

Documento confidencial

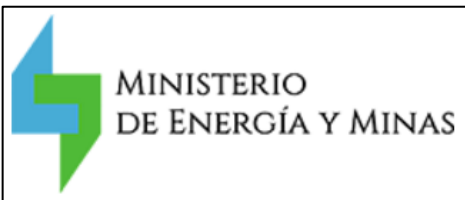
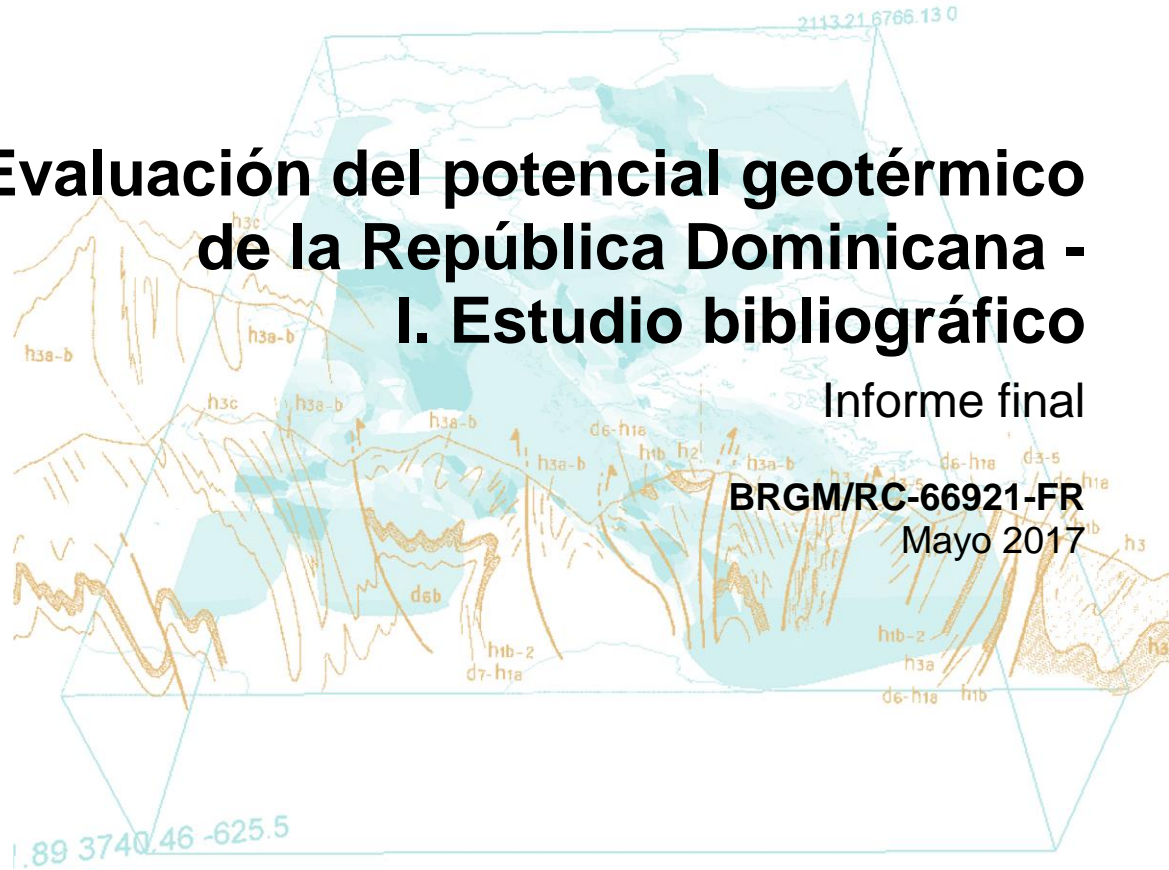


# Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico

Informe final

BRGM/RC-66921-FR

Mayo 2017





Documento confidencial

# Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico

Informe final

**BRGM/RC-66921-FR**

Mayo 2017

Estudio llevado bajo el contrato con el BID # CID-0001.16-00-C

**B. Sanjuan, V. Bouchot, F. Gal, B. Vittecoq**

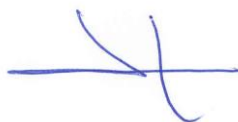
Con la colaboración de **S. Muñoz, J. Rodriguez, Y. Rodriguez**

**Verificador:**

Apellido: J.-Ph. Raçon

Fecha: 15/05/2017

Firma:



**Aprobador:**

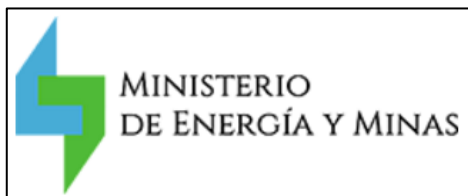
Apellido: Ph. Rocher

Fecha: 21/05/2017

Firma:



El sistema de gestión de la calidad y del medio-ambiente está  
certificado por AFNOR según las normas ISO 9001 e ISO 14 001.



**Palabras claves:** geotermia, República Dominicana, potencial, exploración, geología, geoquímica, mineralogía, fallas, fuentes termales, pozos, geotermómetros

En la bibliografía, este informe será citado de la manera siguiente:

**Sanjuan B., Bouchot V., Gal F., Vittecoq B., Muñoz S., Rodriguez J., Rodriguez Y. (2017) –** Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico. Informe final BRGM/RC-66921-FR, 102 p., 43 fig., 1 tabl., 9 anexos.

## Síntesis

Con el fin de aumentar su producción e independencia energética, diversificar sus recursos y abastecer su consumo creciente de energía, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de la República Dominicana deseó volver a lanzar el estudio del potencial geotérmico del país, que había empezado en los años 1980.

Después de varios intercambios con el MEM y el Servicio Geológico Nacional (SGN) de la República Dominicana, la propuesta hecha por el BRGM para volver a iniciar el desarrollo de la geotermia en la República Dominicana fue aceptada y constituye el estudio presente de "Evaluación del potencial geotérmico de República Dominicana", financiado por el Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID), bajo el contrato # CID-0001.16-00-C. Este estudio cuya duración ha pasado de 12 a 15 meses (Junio 2016 - Agosto 2017) se efectuó con la estrecha colaboración del MEM y del SGN de la República Dominicana.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los principales estudios de exploración geotérmica realizados hasta ahora por el BRGM en 1980 y ELC-ELECTROCONSULT en 1984, y las recomendaciones dadas en los informes respectivos, el BRGM propuso llevar a cabo un proyecto con diferentes etapas, como se suele hacer clásicamente en geotermia. Al final de cada etapa, se decide que continuación se le da al proyecto (GO/NO GO).

Uno de los objetivos principales de esta primera etapa es de saber con más certeza si existe una posibilidad en la República Dominicana de hacer geotermia de alta energía para producir electricidad en las zonas del sector Yayas de Viajama-Constanza-Valle Nuevo definidas como prioritarias en 1980 y en 1984. Efectivamente, en los dos estudios anteriores, las estimaciones de las temperaturas profundas dadas por geotermometría variaban de 80 a 150-160°C (para la fuente termal de Magueyal) y hasta 240°C (para la fuente termal de Guayabal), lo que constituye importantes diferencias. Además, después de la medida de la temperatura en el fondo del único sondeo de gradiente térmico, cuya ubicación fue recomendada por ELC-ELECTROCONSULT en la zona de Constanza-Valle Nuevo, y que fue sólo de 34°C a 200 m, se pararon todas las investigaciones geotérmicas hasta este proyecto. Otro objetivo del proyecto es de mejor definir las zonas potencialmente favorables a la geotermia de baja y mediana energía (< 150°C) como podrían ser las áreas de las fuentes calientes de Canoa y de Pedro Santana, así como las cuencas de Enriquillo y de Azua, identificadas en el estudio de 1980 del BRGM.

Esta primera etapa incluye:

- un estudio bibliográfico de los trabajos existentes;
- un estudio de reconocimiento geotérmico de campo con trabajos en geología y en geoquímica;
- un estudio de pre-factibilidad técnico económico;
- un documento final de síntesis para discutir con el MEM y dar recomendaciones para la continuación del estudio.

Este primer informe final presenta los resultados del estudio bibliográfico, en el cual numerosos datos interesantes para este proyecto se encontraron, especialmente relativos a la formación del volcanismo Plio-Cuaternario y a los perfiles de temperaturas en función de la profundidad, en las cuencas de Azua, San Juan y Enriquillo, a partir de la Base Nacional de Datos de Hidrocarburos (BNDH) del MEM. Sin embargo, existe poca información sobre los acuíferos profundos.



## Sinopsis

|                                                                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introducción.....</b>                                                                                                        | <b>9</b>  |
| 1.1 CONTEXTO GENERAL .....                                                                                                         | 9         |
| 1.2 MARCO DEL ESTUDIO .....                                                                                                        | 10        |
| 1.3 PRINCIPALES OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....                                                                                        | 10        |
| <b>2. Estudio bibliográfico.....</b>                                                                                               | <b>13</b> |
| 2.1. MARCO GEODINAMICO, GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE<br>LA ISLA DE LA ESPAÑOLA .....                                              | 14        |
| 2.1.1. Situación geodinámica .....                                                                                                 | 14        |
| 2.1.2 Sismicidad .....                                                                                                             | 16        |
| 2.1.3 Tectónica .....                                                                                                              | 19        |
| 2.1.4 Geología .....                                                                                                               | 23        |
| 2.1.5 Hidrogeología .....                                                                                                          | 32        |
| 2.2 ESTUDIO GEOTERMICO DEL BRGM DE 1980.....                                                                                       | 40        |
| 2.3 ESTUDIO GEOTERMICO DE ELC-ELECTROCONSULT DE 1983.....                                                                          | 45        |
| 2.4 OTROS ESTUDIOS INTERESANTES PARA LA GEOTERMIA.....                                                                             | 51        |
| 2.4.1 Datos procedentes de la exploración de hidrocarburos sobre las<br>cuencas sedimentarias de Azua, San Juan y Enriquillo ..... | 51        |
| 2.4.2 Aguas minerales y minero-medicinales.....                                                                                    | 59        |
| <b>3. Conclusión.....</b>                                                                                                          | <b>61</b> |
| <b>5. Bibliografía .....</b>                                                                                                       | <b>63</b> |

### Lista de las tablas

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 - Las etapas clásicas de un proyecto de desarrollo de un recurso geotérmico de alta energía para la producción de electricidad (duraciones y costos estimativos)..... | 11 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## Lista de las figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Riesgos asociados a las diferentes etapas de un proyecto clásico de geotermia de alta energía (fuente: Sinclair, Knight & Merz).....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 10 |
| Figura 2 - Contexto de geodinámica de la isla de La Española en el Caribe, según Feuillet <i>et al.</i> (2001). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 14 |
| Figura 3 - Representación esquemática 3D de las relaciones tectónicas entre la Zona de Falla de Enriquillo-Plantain-Garden (EPGFZ), llevada por la placa Caribe, y el bloque continentalizado (antigua cordillera resultando de la colisión de arcos insulares de edad cretácea) de La Española (Derechos reservados - © 2010 Bernard Mercier de Lépinay). Se utiliza, a veces, la noción de "micro-placa de Gonave", para designar el área situado entre estas dos fallas mayores, a lo largo de las cuales se concentran muchos deslizamientos horizontales (siniestros; Mann <i>et al.</i> , 1995). ..... | 15 |
| Figura 4 - Marco sismo-técnico de la placa Caribe, según Terrier (2007). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 16 |
| Figura 5 - Las dos zonas principales de fallas, al norte y al sur de la isla La Española, en las cuales numerosos sismos históricos importantes han tenido lugar ( <a href="http://planet-terre.ens-lyon.fr">http://planet-terre.ens-lyon.fr</a> ). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 17 |
| Figura 6 - (A) Terremotos con profundidad < 50 km y estructuras de frontera de placas mayores en el área noreste de la frontera entre placas de Norteamérica y del Caribe (fuente ISC catalogue, M > 5). (B) Terremotos con profundidad > 50 km y estructuras de frontera de placas mayores en el área noreste de la frontera entre placas de Norteamérica y del Caribe (fuente ISC catalogue, M > 5) (figura extraída de Mann <i>et al.</i> , 1995) .....                                                                                                                                                   | 18 |
| Figura 7 - Terrenos o unidades tectono-estratigráficas de La Española, según Mann <i>et al.</i> (1991) (esta figura fue extraída del informe 7ACP DO 024 de interpretación de la geofísica aeroportada del IGME-BRGM-INYPSA realizado en el marco de la cartografía geotemática de la República Dominicana: "PROYECTO 2007-2010" (CON ZONAS DE AMPLIACIÓN), PROGRAMA SYSMIN). .....                                                                                                                                                                                                                          | 20 |
| Figura 8 - Mapa batimétrico del centro del Caribe resumiendo el contexto tectónico regional (modificado a partir de Case and Holcombe, 1980; Driscoll and Diebold, 1998; Mauffret and Leroy, 1999, y extraído de Granja Bruña <i>et al.</i> , 2014). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| Figura 9 - Mapa de interpretación morfo-tectónica regional extraído del artículo de Granja Bruña <i>et al.</i> (2014). La zona en verde indica la reconstitución de la superficie de desplazamiento debajo de la Fosa de los Muertos. Las líneas naranjas marcan estructuras terrestres. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 22 |
| Figura 10 - Mapa geológico la isla de La Española preparado en el marco del programa SYSMIN I de la Unión Europea, 2004. Esta compilación está basada en los estudios y hojas de cartografía geotemática a la escala 1:50 000 del programa SYSMIN ejecutados de 1995 hasta 2004. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 24 |
| Figura 11 - Carta de correlación litológica generalizada de las formaciones de rocas de la isla de La Española (Lewis, 1981). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 25 |
| Figura 12 - Extracto del mapa geológico la isla de La Española (fig. 10), con las diferentes zonas volcánicas del Cuaternario (San Juan, Yayas de Viajama, Constanza-Valle Nuevo). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 26 |
| Figura 13 - Extracto de la hoja geológica de Yayas de Viajama al 1:50 000 (6071-IV), con coladas volcánicas y centros de emisión traquiandesíticos y traquíticos. Sección transversal SO-NE I-I', que pasa por la zona de la fuente caliente de Magueyal (zona marcada en rojo). .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 27 |



|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 14 - Extracto de la hoja de Padre Las Casas al 1:50 000 (6072-III), en la zona de emergencias de la fuente termal de Guayabal (encuadrada en rojo).<br>Sección transversal SSO-NNE II-II' ..... | 28 |
| Figura 15 - Extracto de la hoja de Sabana Quéliz al 1:50 000 (6072-II), en la zona de Valle Nuevo donde se realizó el sondeo de gradiente térmico.<br>Sección transversal SSO-NNE II-II' .....         | 29 |
| Figura 16 - Mapa fotogeológico del volcanismo reciente de San Juan, según Traineau y Westercamp (1980). .....                                                                                          | 30 |
| Figura 17 - Mapa de la distribución de precipitaciones medias anuales para años medios (Estudio Hidrogeológico Nacional realizado por EPTISA e INDRHI).....                                            | 33 |
| Figura 18 - Principales zonas de recarga interesantes para nuestro estudio (Iundt, 1980). .....                                                                                                        | 33 |
| Figura 19 - Mapa de síntesis hidrogeológica (Estudio Hidrogeológico Nacional realizado por EPTISA e INDRHI, en el marco del programa SYSMIN de la Unión Europea). .....                                | 35 |
| Figura 20 - Leyenda cronoestratigrafía del mapa de síntesis hidrogeológica de la figura 19. ...                                                                                                        | 36 |
| Figura 21 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Padre Las Casas (Guayabal). .....                                                                                                      | 37 |
| Figura 22 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Yayas (Magueyal).....                                                                                                                  | 37 |
| Figura 23 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Gajo de Monte (Bambuses). .....                                                                                                        | 38 |
| Figura 24 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Sabana Quéliz (Valle Nuevo). .....                                                                                                     | 38 |
| Figura 25 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Vicente Noble (Canoa). .....                                                                                                           | 39 |
| Figura 26 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Pueblo Viejo (Ranchería, Galindo). .....                                                                                               | 39 |
| Figura 27 - Zonas de interés geotérmico con diferente orden de prioridad en la República Dominicana (Varet, 1980). .....                                                                               | 41 |
| Figura 28 - Mapa geológico y corte interpretativo de la presencia de las emergencias de la fuente de Canoa, según Traineau y Westercamp (1980). .....                                                  | 42 |
| Figura 29 - Mapa geológico y corte interpretativo de la presencia de las fuentes de Azua, según Traineau y Westercamp (1980). .....                                                                    | 43 |
| Figura 30 - Mapa geológico de la zona Yayas de Viajama-Constanza con dataciones de rocas que indican una migración del volcanismo en sentido NE (informe ELC). .....                                   | 45 |
| Figura 31 - Mapa de los manantiales y drenajes superficiales encontrados en la zona de Yayas de Viajama-Constanza (informe ELC).....                                                                   | 47 |
| Figura 32 - Mapa de síntesis de los trabajos de exploración llevados a cabo en la zona de Yayas de Viajama-Constanza-Valle Nuevo (informe ELC). .....                                                  | 49 |
| Figura 33 - Modelo conceptual y preliminar del sistema geotérmico potencial de la zona de Constanza-Valle Nuevo (informe ELC). .....                                                                   | 50 |
| Figura 34 - Sistema de cuencas sedimentarias en la República Dominicana (documentos DGM y SGN de la República Dominicana). .....                                                                       | 51 |
| Figura 35 - Ubicación y número de pozos de exploración de hidrocarburo en la República Dominicana (documentos MEM) .....                                                                               | 52 |
| Figura 36 - Secciones geológicas estructurales de rumbo SO-NE, que atraviesan las cuencas sedimentarias de la región sur-este (compilación de Mann <i>et al.</i> , 1991). ..                           | 52 |
| Figura 37 - Contextos tectónicos asociados a la distribución de rocas en la corteza y flujo de calor correspondiente (documentos BNDH del MEM). .....                                                  | 53 |

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 38 - Corte SO-NE del anticlinal Maleno en la cuenca sedimentaria de Azua (documento BNHD-MEM).....                                                        | 55 |
| Figura 39 - Grafico de salinidad vs profundidad (pies) en el pozo Maleno DT-1 (documento BNDH-MEM).....                                                          | 55 |
| Figura 40 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Maleno DT-1 de la cuenca sedimentaria de Azua (documento BNDH-MEM). ..... | 56 |
| Figura 41 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Candelón 1 de la cuenca de San Juan (documento BNDH-MEM). .....           | 57 |
| Figura 42 - Línea sísmica CS - III. 596 -110 adquirida por Canadian Superior Oil LTD en 1979, en la cuenca de Enriquillo (documento BNDH-MEM). .....             | 57 |
| Figura 43 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Charco Largo 1 de la cuenca de Enriquillo (documento BNDH-MEM). .....     | 58 |

## Lista de los anexos

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo 1 - Minuta de la estancia de Junio 2016 destinada a iniciar este proyecto .....                                                                                                                              | 67 |
| Anexo 2 - Resultados de los análisis químicos e isotópicos relativos a las aguas termales y los gases libres asociados de la República Dominicana estudiados por el BRGM en 1980 y ELC-ELECTROCONSULT en 1984..... | 71 |
| Anexo 3 - Cuadro resumen de la exploración petrolífera en la República Dominicana.....                                                                                                                             | 75 |
| Anexo 4 - Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en las formaciones Neiba - Plaisance.....                                                                                                               | 79 |
| Anexo 5 - Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en la formación Sombrerito.....                                                                                                                         | 83 |
| Anexo 6 - Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en la formación Trinchera .....                                                                                                                         | 87 |
| Anexo 7 - Características profundas de la cuenca de Azua .....                                                                                                                                                     | 91 |
| Anexo 8 - Características profundas de la cuenca de San Juan .....                                                                                                                                                 | 95 |
| Anexo 9 - Características profundas de la cuenca de Enriquillo.....                                                                                                                                                | 99 |

# 1. Introducción

## 1.1 CONTEXTO GENERAL

Como muchos países del Caribe, la República Dominicana muestra una fuerte dependencia al petróleo para la producción de su electricidad. Con el fin de aumentar su producción e independencia energética, diversificar sus recursos y abastecer su consumo creciente de energía, el Ministerio de Energía y Minas (MEM) de la República Dominicana deseó volver a lanzar el estudio del potencial geotérmico del país, que había empezado en los años 1980.

El primer estudio importante de reconocimiento geotérmico de superficie fue el que la Organización Latino-Americana de Energía (OLADE) confió a la Oficina de Investigación Geológica y Minera francesa (BRGM por sus siglas en francés), en 1980, para identificar zonas de interés geotérmico en la isla de La Española (Hispaniola), constituida por la República Dominicana y la de Haití (Varet, 1980). Al final de este estudio, en República Dominicana, se identificaron cuatro zonas con diferente orden de prioridad de interés geotérmico. El eje volcánico Yayas de Viajama - Constanza fue considerado como uno de los únicos donde se podría desarrollar la geotermia de alta temperatura para producir electricidad.

Otro trabajo importante fue el estudio de pre-factibilidad relativo a este eje volcánico, realizado en 1983, dentro del marco de un programa de cooperación técnica entre los gobiernos de la República Dominicana y de Italia. Este estudio fue ejecutado en estrecha colaboración entre la Dirección General de Minería (DGM) de la República Dominicana y la firma consultora ELC-ELECTROCONSULT S.P.A. de Milán, Italia (ELC, 1984). Tenía como objetivo principal aclarar el arreglo geológico del área, verificar la existencia de las condiciones básicas necesarias para la formación de sistemas geotérmicos, seleccionar zonas de interés prioritario y proponer, en caso de resultados alentadores, un programa de actividades adicionales, el cual incluía la ubicación de pozos exploratorios profundos. Las investigaciones geo-científicas realizadas durante este estudio confirmaron el interés geotérmico del área Yayas de Viajama - Constanza. Toda la faja que se extiende entre el pueblo de Yayas al SO y el pueblo de Constanza al NE está caracterizada por una ancha anomalía térmica, reflejada en superficie por difundidas manifestaciones volcánicas de edad Plio-Cuaternaria y por manantiales termales. La fase de exploración regional, llevada a cabo sobre una superficie de 3 500 km<sup>2</sup>, ha revelado una clara migración del volcanismo en sentido NE, donde productos lávicos han sido fechados a 0,3 Ma. En esta misma dirección, se han observado las máximas concentraciones en el suelo de mercurio y radón, elementos de fuga indicadores de permeabilidad vertical y actividad geotérmica en el subsuelo. En base a estas consideraciones, la zona de Constanza - Valle Nuevo, que cubre la extremidad NE del eje neo-volcánico con una superficie de 140 km<sup>2</sup>, fue seleccionada como zona prioritaria y fue objeto de exploración detallada así como de un modelo geotérmico preliminar. La falta de pronunciadas anomalías geo-eléctricas y la escasez de emergencias y evidencias termales en superficie sugirieron que el sistema geotérmico principal se encontraba a una profundidad elevada, probablemente superior a los 1 500 m.

Uno de los dos sondeos de gradiente térmico recomendados por este estudio, en aquella área, fue sufragado en 1984 por la DGM, y acabado en Junio de 1986. Se había planeado una profundidad de alrededor de 400 m, pero sólo unos 200 m pudieron ser perforados. Las investigaciones se abandonaron ya que en ese sondeo sólo se alcanzaron temperaturas del agua de 34°C, estimándose que la temperatura del reservorio profundo no superaría los 70-80°C, lo cual se consideró insuficiente para continuar las investigaciones (SGN, 2000).

## 1.2 MARCO DEL ESTUDIO

Después de varios intercambios entre el MEM, el Servicio Geológico Nacional (SGN) de la República Dominicana y el BRGM, se le pidió a este último que preparara una propuesta acerca de cuáles deberían ser los primeros pasos a dar (y el costo correspondiente) para volver a iniciar el desarrollo de la geotermia en la República Dominicana.

Esta propuesta que fue aceptada constituye el estudio presente de “Evaluación del potencial geotérmico de República Dominicana”, financiado por el Banco Inter-Americano de Desarrollo (BID), bajo el contrato # CID-0001.16-00-C. Este estudio cuya duración ha pasado de 12 a 15 meses (Junio 2016 - Agosto 2017) se efectuó con la estrecha colaboración del MEM y del SGN de la República Dominicana.

## 1.3 PRINCIPALES OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos hasta ahora y las recomendaciones dadas en los informes de 1980 (Varet, 1980) y en 1984 (ELC, 1984), el BRGM propuso llevar a cabo un proyecto con diferentes etapas, como se suele hacer clásicamente en geotermia (fig. 1 y tabl. 1). Al final de cada etapa, se decide que continuación se le da al proyecto (GO/NO GO).

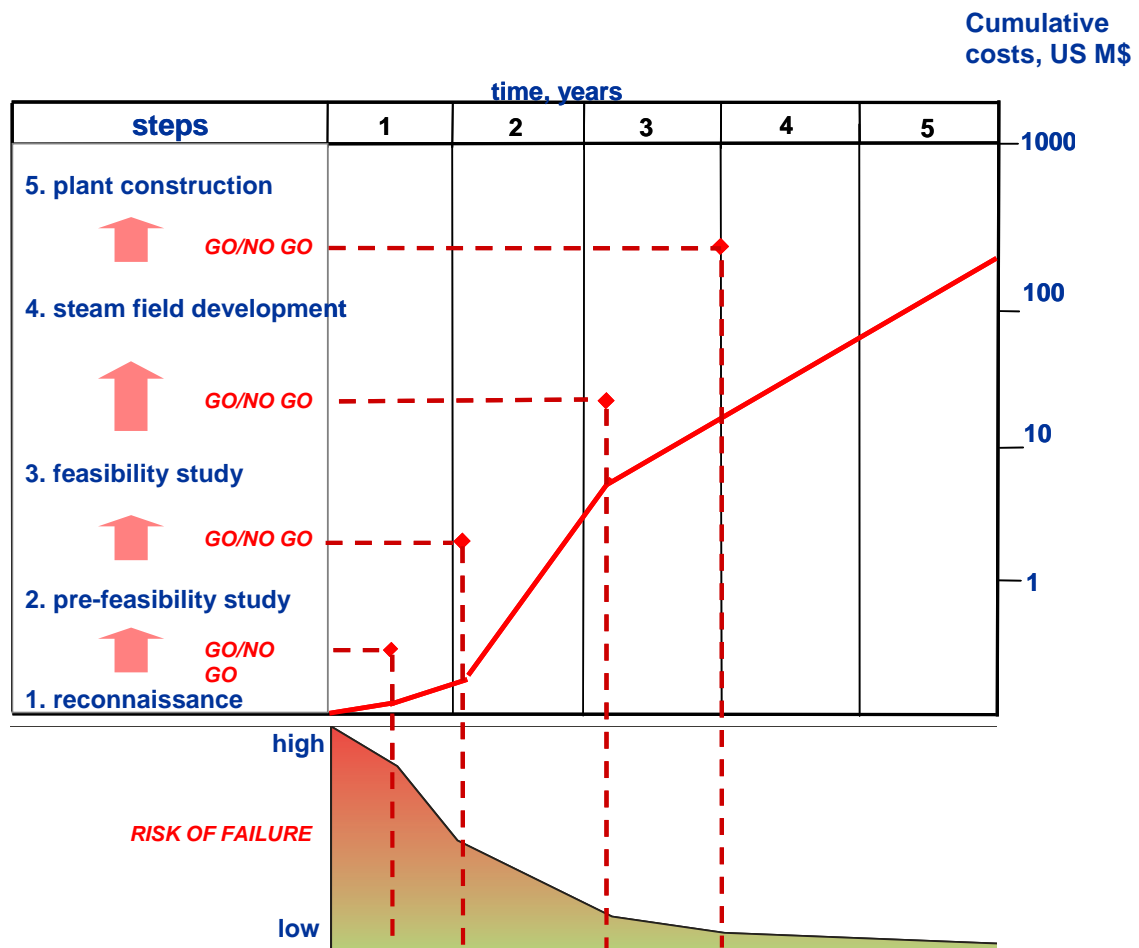


Figura 1 - Riesgos asociados a las diferentes etapas de un proyecto clásico de geotermia de alta energía (fuente: Sinclair, Knight & Merz).

| <b>Fase</b>                                      | <b>Objetivos</b>                                                                                                                                                                                | <b>Trabajos</b>                                                                                                                                            | <b>Duración</b> | <b>Costo aproximativo (referencias mundiales)</b>                             |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1 - Reconocimiento preliminar</b>             | Identificar y seleccionar zonas favorables                                                                                                                                                      | Estudios de superficie (geología, geoquímica de los fluidos)                                                                                               | unos meses      | de 100 a 300 k€                                                               |
| <b>2 - Estudio de pre-factibilidad</b>           | Confirmar la existencia o no de un yacimiento geotérmico de alta energía y elaborar un modelo preliminar de campo<br>Evaluar la pre-factibilidad técnico-económica de un proyecto de desarrollo | Estudios de superficie (geología, geoquímica de los fluidos, geofísica)<br>Orientación técnico-económica preliminar                                        | 1 año           | de 400 k€ a 1 M€                                                              |
| <b>3 - Estudio de factibilidad</b>               | Evaluar la calidad del recurso y la capacidad del reservorio<br>Confirmar la factibilidad técnico-económica de un proyecto de desarrollo                                                        | 3-4 pozos de gradiente térmico<br>3-4 pozos de exploración profundos (1000 m) incluyendo una fase preliminar de ingeniería<br>Evaluación técnico-económica | 1 a 2 años      | 0.5 a 0.8 M€ (pozos de gradiente térmico)<br>7 a 10 M€ (pozos de exploración) |
| <b>4 - Ingeniería del proyecto de desarrollo</b> | Concebir y cifrar el costo de la puesta en explotación del recurso geotérmico<br>Concebir y cifrar el costo de la construcción de la central<br>Elaborar el Plan financiero del proyecto        | Ingeniería especializada en el sub-suelo<br>Ingeniería especializada en centrales e ingeniería financiera                                                  | 1 a 2 años      | 10-20% del costo del proyecto                                                 |
| <b>5 - Desarrollo del campo</b>                  | Foración de los pozos de producción y de reinyección, ensayos de producción<br>(por ejemplo, 6-8 pozos de producción-reinyección para una capacidad de producción de 20 MWe)                    |                                                                                                                                                            | 1 a 2 años      | (~ 25 M€)                                                                     |
| <b>6 - Construcción de la central</b>            | Construcción de la central y del sistema de transporte de los fluidos                                                                                                                           |                                                                                                                                                            | 2 años          | 1.5 a 2.5 k€/kW instalado                                                     |
| <b>7 - Explotación</b>                           |                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                            |                 |                                                                               |

Tabla 1 - Las etapas clásicas de un proyecto de desarrollo de un recurso geotérmico de alta energía para la producción de electricidad (duraciones y costos estimativos).

Uno de los objetivos principales de esta primera etapa es de saber con más certeza si existe una posibilidad en la República Dominicana de hacer geotermia de alta energía para producir electricidad en las zonas definidas como prioritarias en 1980 y en 1984. Otro objetivo es el de mejor definir las zonas potencialmente favorables a la geotermia de baja y mediana energía.

Según los resultados obtenidos y un primer estudio técnico-económico que pasará en revista las necesidades de energía de la República Dominicana y las principales repuestas que podría aportar el desarrollo de la geotermia al ser conocidos los resultados, se discutirá con el MEM y el SGN de la República Dominicana que continuación se quiere dar a la primera etapa de este estudio y si se desea seguir, se definirá entonces las próximas etapas del estudio.

La primera etapa incluye:

- un estudio bibliográfico de los trabajos existentes;
- un estudio de reconocimiento geotérmico de campo con trabajos en geología y en geoquímica;
- un estudio de pre-factibilidad técnico económico;
- un documento final de síntesis para discutir con el MEM y dar recomendaciones para la continuación del estudio.

Este primer informe final presenta los resultados del estudio bibliográfico.

## 2. Estudio bibliográfico

Para llevar a cabo este estudio bibliográfico, se consultaron varios informes y documentos, entre los cuales muchos fueron entregados por el SGN y el MEM al BRGM, durante la estancia de Bernard Sanjuan para el lanzamiento de este proyecto, del 12 al 17 de Junio de 2016 (anexo 1). Los principales documentos son los siguientes:

- los tres informes del estudio de reconocimiento del proyecto de investigación geotérmica de la República Dominicana realizado en 1980 por el BRGM, bajo contrato con la OLADE, que son los siguientes:
  - ✓ el informe geo-volcanológico de Julio de 1980 (Traineau y Westercamp, 1980);
  - ✓ el informe geoquímico de Julio de 1980 (Iundt, 1980);
  - ✓ el informe de síntesis y recomendaciones de Julio de 1980 (Varet, 1980).
- el informe de interpretación geoquímica de zonas de alteración hidrotermal de la República Dominicana de Agosto de 1980 elaborado por el Departamento de Geotermia de la División Fuentes de Energía del Instituto de Investigaciones eléctricas de Méjico, bajo contrato con la OLADE (Mercado y Nieva, 1980);
- el informe de la compañía italiana ELC-ELECTROCONSULT y de la DGM Dominicana, realizado en Mayo de 1984 (ELC, 1984), relativo al estudio de pre-factibilidad de exploración de superficie, en el marco del proyecto geotérmico en la zona Yayas - Constanza, con financiamiento del Gobierno de Italia. El estudio se realizó en dos fases: se empezó al principio del año 1983 por un reconocimiento general de todo este sector, integrando principalmente trabajos de geología, de vulcanología y de geoquímica de las aguas (interpretación fotos aéreas, levantamiento geológico regional, mapeo y levantamiento de los manantiales y análisis geoquímicos de sus aguas, interpretación...), así como análisis químicos (mercurio) y radiométricos (radón) de los suelos. Luego, a mediados de año, se enfocó el interés en un sector más reducido y que se consideró como prioritario (Valle Nuevo), cerca de Constanza, en el cual se desarrolló una exploración de detalle, con trabajos de geología, levantamiento geo-eléctrico, levantamiento geoquímico, análisis petrográficos y mineralógicos. La interpretación de todos estos datos permitió proponer un modelo geotérmico conceptual de este sector y dar recomendaciones para la implantación de sondeos de gradiente térmico de 300 a 500 m de profundidad. Se recomendó también de llevar a cabo prospecciones micro-sísmicas y magneto-telúricas complementarias;
- las hojas topográficas de las zonas de interés geotérmico seleccionadas por este estudio;
- la cartografía geológica del país a la escala 1:250 000 realizada entre 1984 y 1989, en el marco de una cooperación científica entre la República Dominicana y la de Alemania (Mollat *et al.*, 2004), y la que fue hecha a la escala 1:50 000, durante el programa SYSMIN financiado por la Unión Europea (UE) a través del FED-Convenio LOME IV (Muñoz, 2004), dentro de la cual se examinaron memorias y hojas como las de Yayas de Viajama (6071-IV), de Constanza (6072-I), de Sabana Quéliz (6072-II), de Padre Las Casas (6072-III), de Gajo de Monte (6072-IV) de Enero 2000, o de Vicente Noble (5971-II) de Octubre 2004.
- las fotos satélites realizadas dentro del mismo programa UE SYSMIN (trabajo ejecutado por Spot IMAGE y supervisado por la UTG-SYSMIN);
- los estudios hidrogeológicos nacionales del programa UE SYSMIN:
  - ✓ el informe AQUATER de Febrero 2000 (AQUATER, 2000);
  - ✓ el informe EPTISA e INDRHI de Noviembre 2004 (EPTISA, 2004).

- la cartografía geofísica aeroportada del país (datos de densidad, susceptibilidad magnética y magnetización remanente) hecha por el IGME y el BRGM en el marco del programa UE SYSMIN. Se consultó en particular el artículo de García-Lobón y Ayala (2007);
- el estudio geoquímico de los suelos del país hecho también en el marco del programa UE SYSMIN;
- la Base Nacional de Datos de Hidrocarburos (BNHD) del MEM de República Dominicana sobre 70 pozos de exploración de petróleo y gas (relativo a una lista de 84 pozos), así como un número importante de líneas sísmicas. Documentos informativos del MEM y de SCHLUMBERGER sobre esa base de datos como el segundo y tercer informe de avance del proyecto de BNHD de 2015 fueron también consultados;
- el artículo de Gawel *et al.* (1999), que da algunos datos de geotermia para la República Dominicana, y otros artículos científicos (ver el capítulo bibliografía);
- varios archivos del MEM relativos a la estrategia nacional de desarrollo energético hasta el 2030, así como planes estratégicos y energéticos, documentos necesarios para el estudio técnico-económico, fueron entregados al BRGM por Oscar de la Maza, Director de Energía Renovable del MEM.

## 2.1. MARCO GEODINAMICO, GEOLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA ISLA DE LA ESPAÑOLA

### 2.1.1. Situación geodinámica

La isla de La Española (Hispaniola, 77 253 km<sup>2</sup>), junto con Cuba (114 254 km<sup>2</sup>), Jamaica (11 424 km<sup>2</sup>) y Puerto Rico (8 896 km<sup>2</sup>) son las islas de las Antillas Mayores situadas cerca de la frontera norte del dominio tectónico del Caribe con la placa norteamericana (fig. 2).

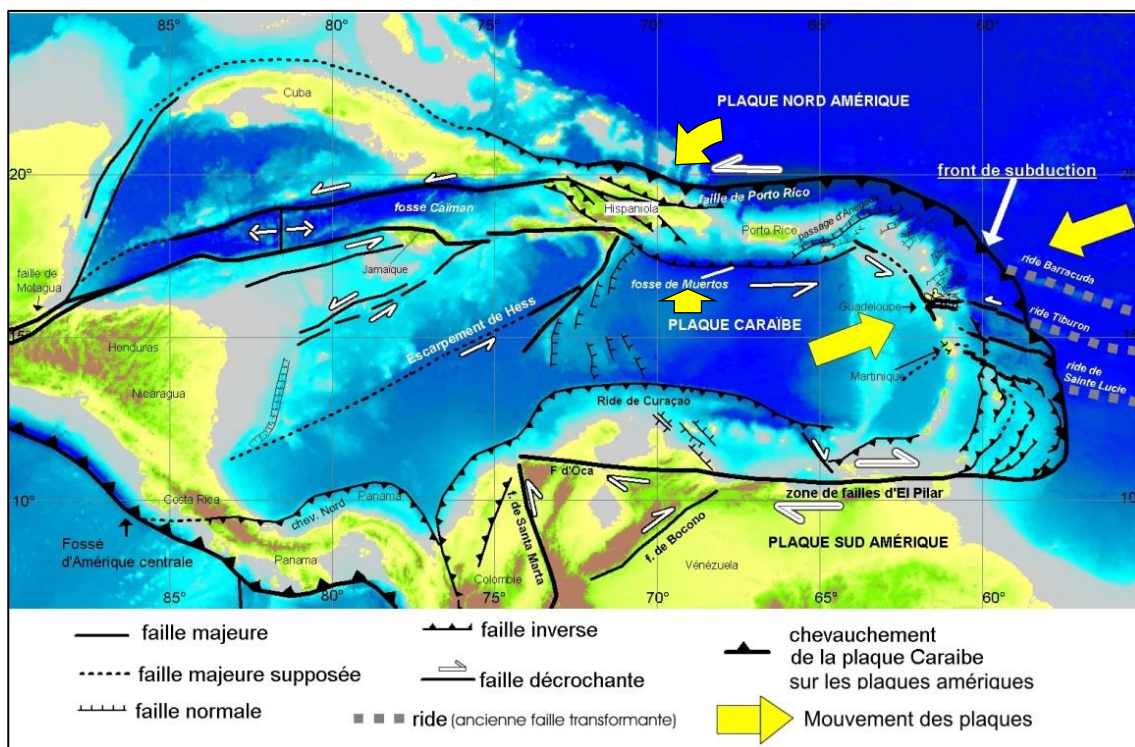


Figura 2 - Contexto de geodinámica de la isla de La Española en el Caribe, según Feuillet *et al.* (2001).



Estas dos placas se desplazan a una velocidad de aproximadamente 2 cm/año la una en relación con la otra.

El dominio tectónico del Caribe se puede considerar como elementos de una pequeña placa litosférica (placa del Caribe), encajada entre los bloques de la placa mixta norteamericana y de la placa mixta suramericana (Traineau y Westercamp, 1980; fig. 2). La Española, conjuntamente con Puerto Rico representan la parte emergida de una unidad, que puede interpretarse como una micro-placa (micro-placa de Gonave, fig. 3), limitada al norte por una zona de subducción con desplazamiento oblicuo a sub-paralelo a su traza (fig. 2; Byrne *et al.*, 1985; Masson y Scanlon, 1991). Al norte de la República Dominicana, la Fosa de Puerto Rico puede alcanzar una profundidad de 8 381 m. Esta misma unidad está limitada al oeste, por la zona de extensión N-S del Caimán, y al sur, por el graben de Cul-de-Sac - Enriquillo, que se prolonga, al este, por otra zona de subducción incipiente a la que se asocia la Fosa de los Muertos, y más al este, por el canal de Anegada, que separa las Antillas Mayores de las Menores (fig. 2).

Esta configuración permite integrar los movimientos de compresión N-S y de deslizamiento E-O que afectan la región de manera simultánea desde el Mioceno medio.

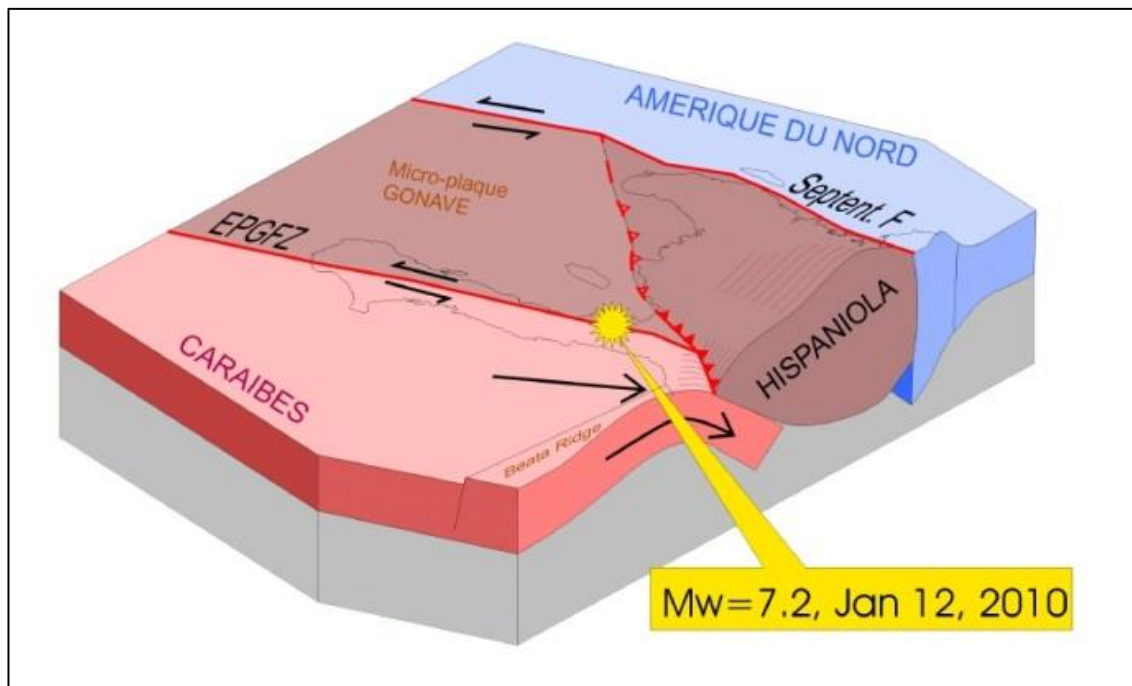


Figura 3 - Representación esquemática 3D de las relaciones tectónicas entre la Zona de Falla de Enriquillo-Plantain-Garden (EPGFZ), llevada por la placa Caribe, y el bloque continentalizado (antigua cordillera resultando de la colisión de arcos insulares de edad cretácea) de La Española (Derechos reservados - © 2010 Bernard Mercier de Lépinay). Se utiliza, a veces, la noción de "micro-placa de Gonave", para designar el área situado entre estas dos fallas mayores, a lo largo de las cuales se concentran muchos deslizamientos horizontales (siniestros; Mann *et al.*, 1995).

### 2.1.2 Sismicidad

El desplazamiento y la colisión de placas tectónicas da como resultados una actividad sísmica importante en esta región. Se puede observar la concentración de la actividad sísmica en la mitad oriental de la República Dominicana, en el Paso Mona, y en el NE de Puerto-Rico (fig. 4). Cabe notar el alineamiento NE-SO de los seísmos superficiales o intermedios en estas dos islas (Traineau y Westercamp, 1980). El esquema de lineamientos sísmicamente activos a lo largo de fallas profundas subcorticales de dirección NE-SO, es el que parece prevalecer (Traineau y Westercamp, 1980).

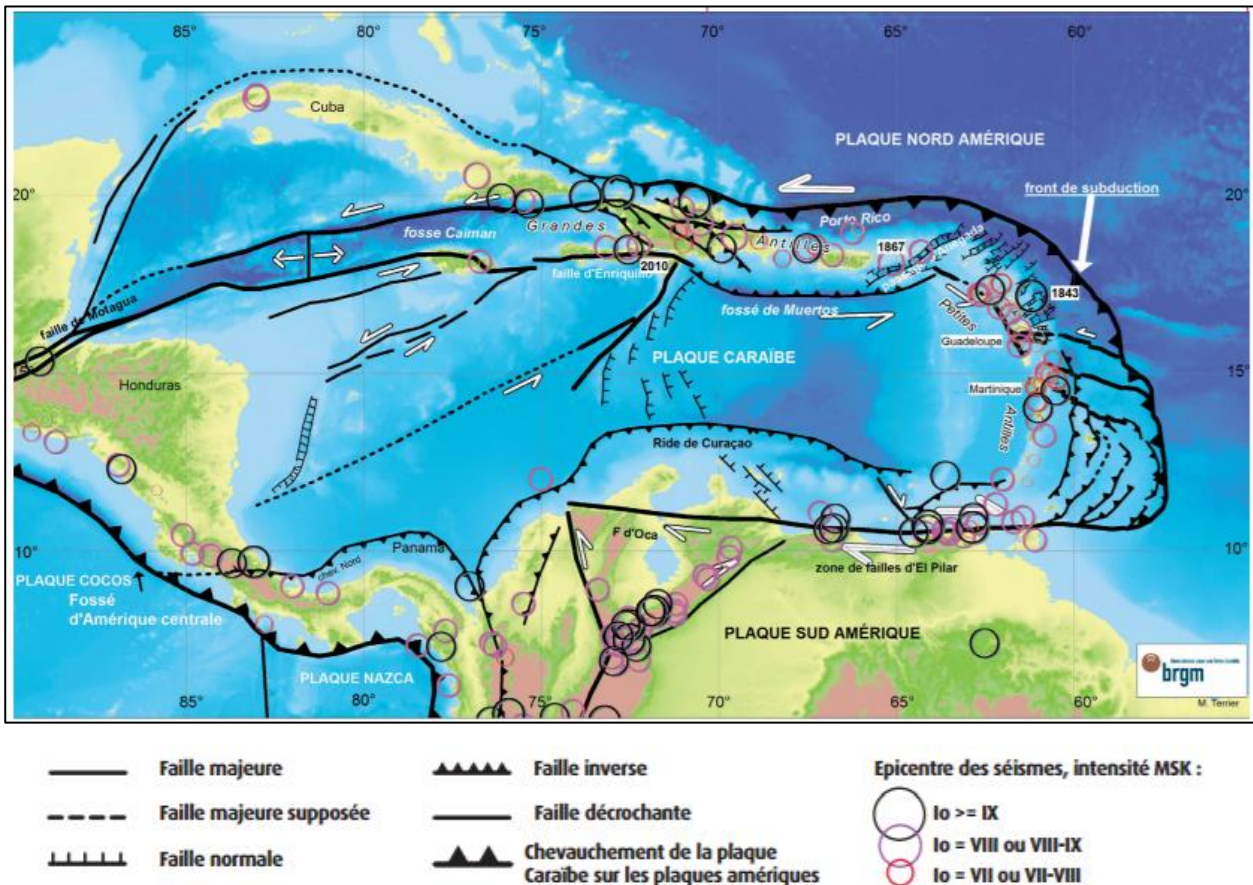


Figura 4 - Marco sísmo-técnico de la placa Caribe, según Terrier (2007).

En La Española, las dos zonas principales de fallas, en las cuales numerosos seísmos históricos importantes han tenido lugar, se encuentran al norte y al sur de esta isla (fig. 5). Estas fallas resisten, al principio, al desplazamiento inexorable de las placas acumulando energía elástica durante varias decenas, o centenares de años, antes de ceder y soltar brutalmente toda esa energía. Se ven también seísmos históricos importantes en la zona axial de la isla (fig. 5).



En la figura 6, que es una figura extraída del artículo de Mann *et al.* (1995), se puede distinguir las zonas con más terremotos superficiales (< 50 km) de las que tienen más terremotos profundos (> 50 km), entre 1963 y 1992. La longitud de 71°O fue propuesta por Sykes *et al.* (1982) como la frontera que separa los terremotos profundos de los superficiales en el noreste del Caribe. Esta frontera fue desplazada de unos 100 km hacia el este, a la longitud de 70°O para incluir todo el levantamiento topográfico de la Cordillera Central de la República Dominicana (Mann *et al.*, 1995).

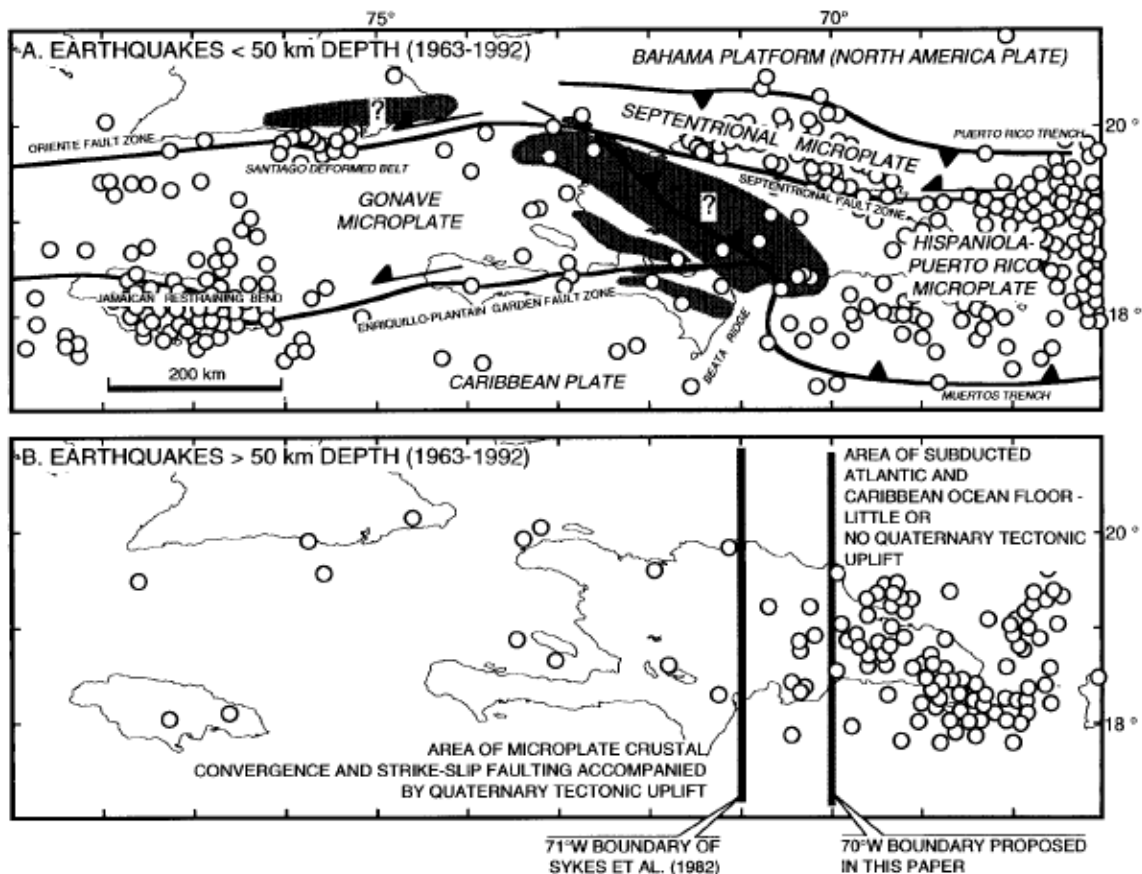


Figura 6 - (A) Terremotos con profundidad < 50 km y estructuras de frontera de placas mayores en el área noreste de la frontera entre placas de Norteamérica y del Caribe (fuente ISC catalogue,  $M > 5$ ).  
 (B) Terremotos con profundidad > 50 km y estructuras de frontera de placas mayores en el área noreste de la frontera entre placas de Norteamérica y del Caribe (fuente ISC catalogue,  $M > 5$ )  
 (figura extraída de Mann *et al.*, 1995)

Si se pueden observar algunos terremotos intermedios o profundos al oeste de la longitud de 70°, la mayoría se concentra en el área de subducción, en la parte este de La Española y en Puerto Rico (fig. 6; Mann *et al.*, 1995). El área de levantamiento mayor del Cuaternario tardío coincide con la convergencia cortical y la presencia de fallas de deslizamiento al borde de la micro-placa de Gonave (fig. 6), al oeste de la longitud de 70°O (Mann *et al.*, 1995), que puede explicar la abundancia de terremotos superficiales en esta zona.

### 2.1.3 Tectónica

Solamente se han considerado los movimientos tectónicos responsables de la configuración actual de la isla de La Española. No se ha tomado en cuenta el desarrollo de la Orogénesis Laramídica (Cretácico tardío), ni del desarrollo del arco insular Paleoceno de las Antillas Mayores. La isla de La Española toma su configuración actual con los movimientos llamados Oligo-Piocenos (Traineau y Westercamp, 1980).

A comienzos del Mioceno, los márgenes norte y este del sector del Caribe son sometidos a grandes cambios, bajo la acción conjugada de un desplazamiento de la placa del Caribe hacia el este y de la compresión N-S provocada por el acercamiento de las dos placas mixtas americanas (Ladd, 1974). Las secuencias carbonatas Eocénico-Oligocenas se pliegan en vastos sinclinales y anticlinales de dirección NO-SE. El conjunto de la región se levanta, la Cordillera de la Beata incluida, aproximadamente de 1 000 m, según Benson *et al.* (1972).

En el Mioceno tardío (alrededor de 6 millones de años), esta fase “andina” se acaba; la subducción del elemento oceánico de las placas mixtas norte y suramericana bajo la placa del Caribe se reanuda normalmente y el arco insular reciente, actualmente activo, de las Antillas Menores se forma (fig. 2; Traineau y Westercamp, 1980).

De manera episódica, la placa del Caribe es comprimida por las dos placas mixtas americanas pero, en el área de la isla de La Española, la Cordillera de Beata sirve de tope. Esto da como resultado un desplazamiento diestro a lo largo del graben Cul-de-Sac - Enriquillo nuevamente formado, un desbordamiento hacia el sur de las estructuras montañosas, un zona de fallas profundas de dirección NE-SO en la prolongación de la cresta de Beata, que extravasa un volcanismo alcalino de origen profundo y provoca la sismicidad regional (Traineau y Westercamp, 1980).

El margen norte de la placa del Caribe es 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 siniestro que acomodan el desplazamiento hacia el este de la placa del Caribe en relación con la placa norteamericana (Mann *et al.*, 1991).

La estructura actual de La Española está dictada por un sistema de fallas de cizalla siniestras de dirección este-oeste. El mismo está asociado al límite meridional entre las placas del Caribe y de Norteamérica. Este sistema rige la forma de los elementos tectónicos de primer orden, haciendo que se acomoden a la forma de la isla y adopten rasgos paralelos al rumbo predominante, que es NO-SE (fig. 7). Estos elementos se disponen en dirección transversal de forma alternante, encontrándose una sucesión de cuencas y elevaciones que se corresponde con la morfología del terreno. El elemento más sobresaliente en todo este sistema orogénico es la Cordillera Central, que es el único no integrado por rocas sedimentarias.



Figura 7 - Terrenos o unidades tectono-estratigráficas de La Española, según Mann et al. (1991) (esta figura fue extraída del informe 7ACP DO 024 de interpretación de la geofísica aeroportada del IGME-BRGM-INYPSA realizado en el marco de la cartografía geotemática de la República Dominicana: "PROYECTO 2007-2010" (CON ZONAS DE AMPLIACIÓN), PROGRAMA SYSMIN).

(Cordillera Septentrional-Península de Samaná: 1) Complejo de puerto Plata; 2) Complejo de Río San Juan; 3) Complejo de Samaná; 4) Grupo Mamey. Valle del Cibao: 5)  
 Cordillera Central: 6) Maimón-Amina; 7) Loma Caribe; 8) Duarte; 9) Tireo; 10) Peralta.  
 Zona Suroccidental: 11) Neiba. Península Meridional: 12) Bahoruco. Península Oriental: 13) Oro; 14) Seibo.

Fallas principales: ZFC, Zona de Falla de Camú; ZFRG, Zona de Falla de Río Grande; ZFS, Zona de Falla Septentrional; ZFBG: Zona de Falla de Bonao-Guácara; ZFH, Zona de Falla de Hatillo; ZFE, Zona de Falla de la Española; ZFSJR, Zona de Falla de San José-Restauración; ZFSJLP, Zona de Falla de San Juan-Los Pozos; ZFEPG, Zona de Falla de Enriquillo-Plantain Garden).



Las estructuras y morfologías más superficiales de la parte norte de la cresta de Beata pueden ser explicadas principalmente por un mecanismo de descarga extensional desde el Cretácico Superior que es todavía residualmente activo a lo largo de la cima de esta cresta (Granja Bruña *et al.*, 2014). La existencia de fallas inversas activas debida a la convergencia oblicua entre la cresta de Beata y el arco insular no puede ser sostenida por la interpretación estructural. La pendiente de la parte este de Bahoruco es el escarpe expuesto de una vieja falla normal que actúa como una falla pasiva de ruptura, acomodando la transición marcada entre un hundimiento, en la Fosa de los Muertos, y una colisión y un levantamiento, en la península de Bahoruco (fig. 9; Granja Bruña *et al.*, 2014).

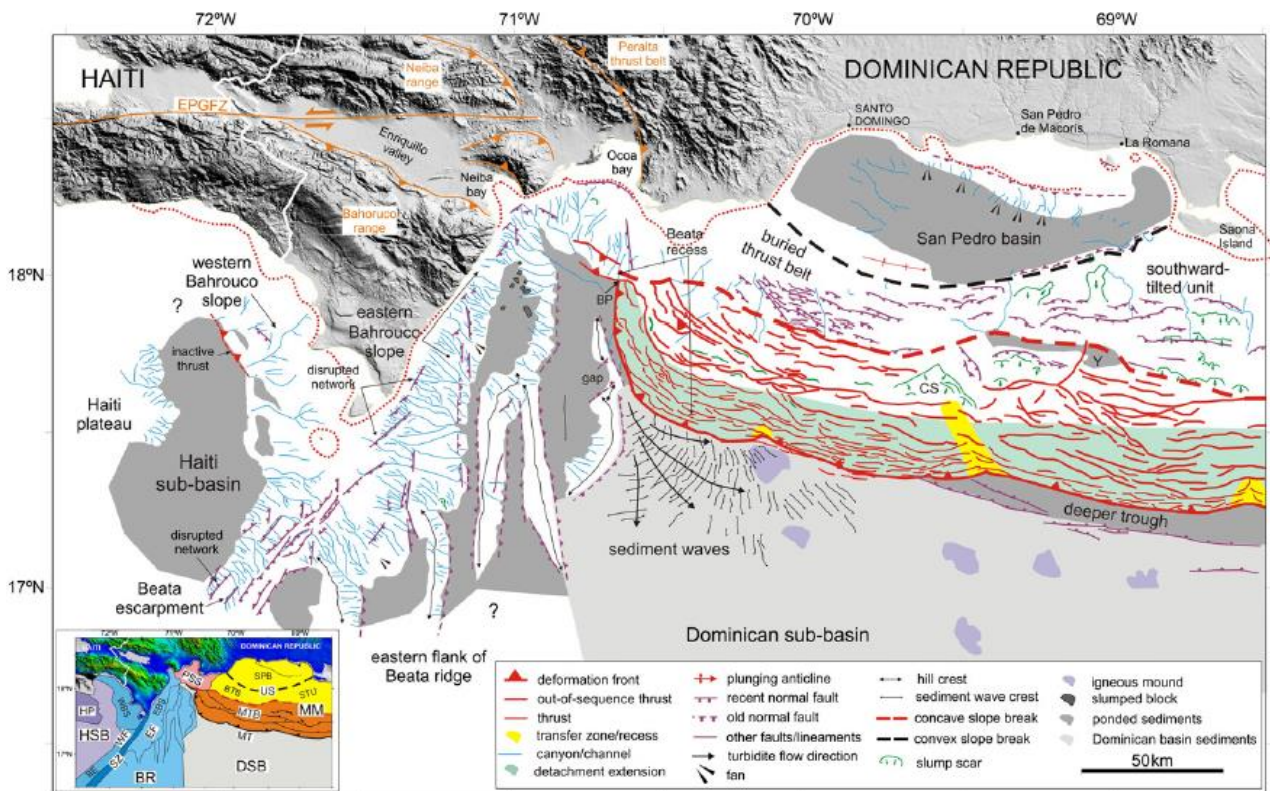


Figura 9 - Mapa de interpretación morfo-tectónica regional extraído del artículo de Granja Bruña *et al.* (2014). La zona en verde indica la reconstitución de la superficie de desplazamiento debajo de la Fosa de los Muertos. Las líneas naranjas marcan estructuras terrestres.

(EPGFZ = Enriquillo-Plantain Garden Fault Zone. CS = Complutense Slump. Y = Big Perched Basin. BP = Branch point. Este mapa indica la existencia de cuatro provincias morfo-tectónicas (DSB = Dominican Sub-Basin; BR = Beata Ridge; HSB = Haiti Sub-Basin; MM = Muertos Margin) y de diferentes zonas en las provincias (HP = Haiti Plateau; WF= Western Flank of Beata Ridge; BE = Beata Escarpment; WBS = Western Bahoruco Slope; SZ = Beata Summit Zone; EF = Eastern Flank of Beata Ridge; EBS = Eastern Bahoruco Slope; PSS = Punta Salinas Slope; MT = Muertos Trough; MTB = Muertos Thrust Belt; BTB = Buried Thrust Belt; US = Upper Slope; STU = Southward-Tilted Unit; SPB = San Pedro Basin). La línea roja gruesa discontinua marca la ruptura cóncava de la pendiente).



#### 2.1.4 Geología

En el año 1984, los gobiernos de la República Dominicana y de la República Federal de Alemania acordaron cooperar en el sector geocientífico. Esta cooperación minera dominicana-alemana fue realizada del 01/10/1984 hasta el 31/12/1989 por la Dirección General de Minería y el instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR). Uno de los resultados de esta cooperación fue la compilación de un nuevo mapa geológico general de la República Dominicana a escala 1: 250 000 (Mollat *et al.*, 2004). Como base de este mapa, se usaron todas las hojas geológicas accesibles y existentes en forma de publicaciones, informes o también manuscritos. Algunos sectores, como por ejemplo la Península de Samaná o la parte occidental de la Cordillera Septentrional, fueron cartografiados de nuevo. Un nuevo y completo mapeo geológico no fue posible por razones de tiempo.

A partir de Enero del 1997, el proyecto de “Cartografía Geotemática de la República Dominicana”, realizado en dos fases, en el marco del programa SYSMIN I de la Unión Europea (fase 1: proyecto “C” con el consorcio Instituto Geológico y Minero de España, IGME, las españolas Informes y Proyectos S.A., INYPSA, y PROINTEC S.A.; fase 2: proyectos “K” o bloque noreste y “L” o zonas suroeste y este, con el consorcio IGME, INYPSA y el BRGM), supervisado por la Dirección General de Minería, ha generado informaciones geo-referenciadas de numerosas hojas geológicas a escala 1:50 000 (fig. 10; Muñoz, 2004), complementadas con datos de estructurales apoyados en imágenes de satélites, geofísica, dataciones, etc.

La geología de la República Dominicana se caracteriza por formaciones geológicas relativamente jóvenes.

##### **a) Mesozoico**

Los terrenos más antiguos fechan del Cretácico Inferior (Mesozoico), y constituyen el esqueleto de las cordilleras y sierras axiales de la isla. Están constituidos por formaciones metamórficas, incluyendo rocas metavolcánicas, peridotitas serpentinizadas y anfibolitas, atravesadas por intrusiones de cuarzos keratofiros, de basaltos, de andesitas, de tonalitas y de dioritas del Cretácico Superior. La fuente caliente de San Jose de las Matas ( $T = 35^{\circ}\text{C}$ ) surge de uno de estos plutones tonalíticos. Las rocas metamórficas pertenecientes al basamento Cretácico-Eocénico cubren en afloramiento más o menos el 30% del área total de la isla de La Española, constituyendo una faja principal con dirección NO-SE, localizada en la parte central de la isla, a lo largo de la Cordillera Central. Además, se encuentran en afloramientos limitados en la parte norte-oriental de la República Dominicana, en las áreas de San Juan, de la península de Samaná y de la Cordillera Oriental. Los afloramientos mayores están asociados con relieves desde 1 000 hasta 3 000 m de altura. Edades entre 123 y 127 millones de años fueron obtenidas por datación K-Ar sobre rocas metamórficas de la formación Duarte o Complejo Duarte (Bowin, 1966; Kesler *et al.*, 1997; Drapper y Lewis, 1991).

La fase Laramídica del Cretácico Superior parece poner fin a la actividad del arco insular del Mesozoico. El Cretácico Superior es calcáreo y susceptible de constituir reservorios potenciales. La sedimentación de calizas iniciada en el Maestrichtiano (65-72 Ma) se prosigue en perfecta continuidad sobre los basaltos Cretácicos en la Península del Sur de la República de Haití, lo que indica que esta región no sufrió la Orogénesis Laramídica, que causó metamorfismo, plegamiento y fallamiento.

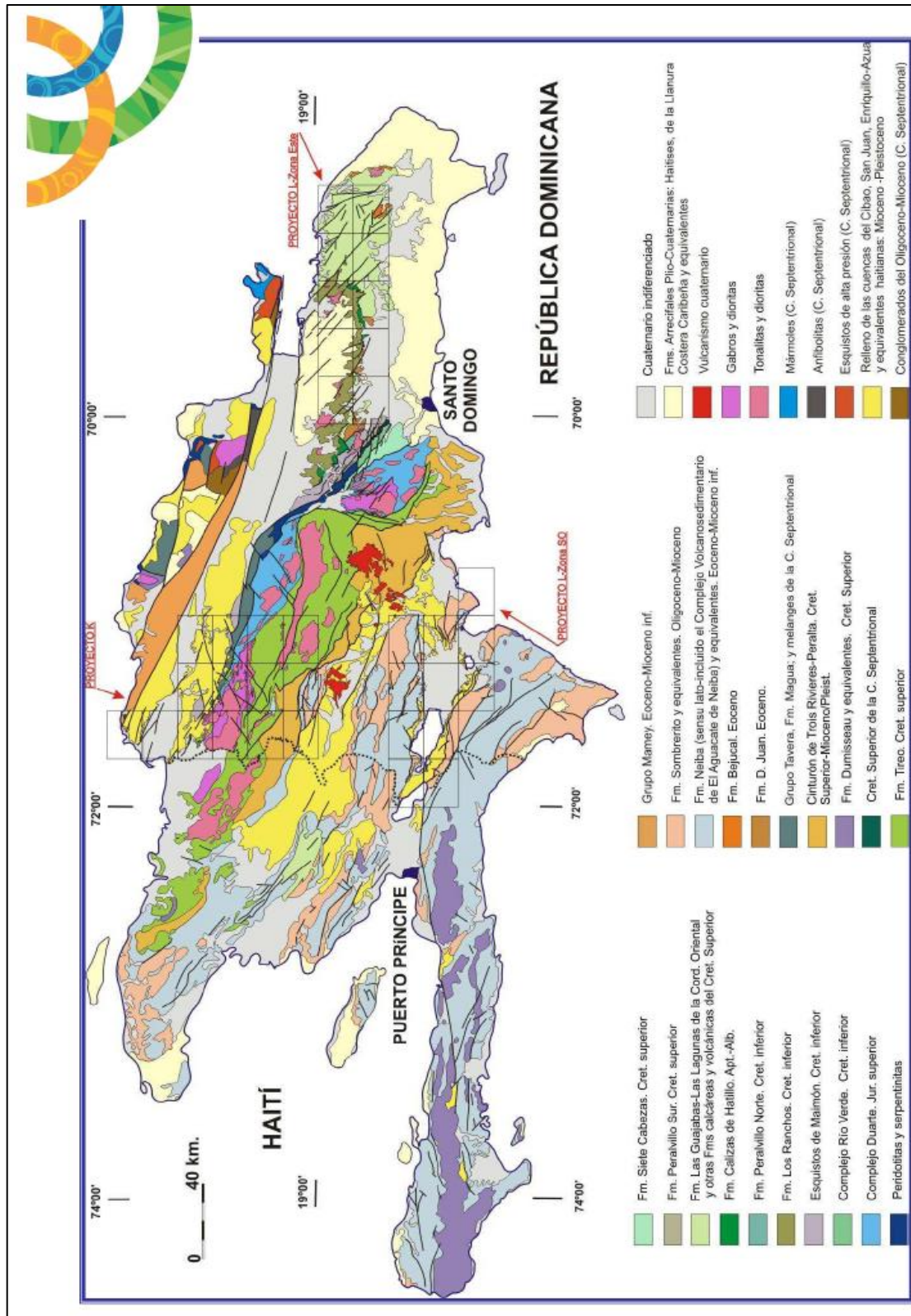


Figura 10 - Mapa geológico la isla de La Española preparado en el marco del programa SYSMIN I de la Unión Europea, 2004. Esta compilación está basada en los estudios y hojas de cartografía geotemática a la escala 1:50 000 del programa SYSMIN ejecutados de 1995 hasta 2004.

**b) Cenozoico**

El Cenozoico se caracteriza por depósitos, en amplias áreas, de rocas sedimentarias variables desde calizas, areniscas hasta lutitas y conglomerados, algunas rocas volcánicas y pocas intrusivas (fig. 11). Al final del Terciario, Plioceno y Pleistoceno, se forman terrazas aluviales y material de relleno que cubre los valles

Las cuencas del Cibao, San Juan, Azua y Enriquillo, con un intenso plegamiento de rumbo NO-SE, se forman como valles ya al final del Mioceno (5.3-6 Ma), al desarrollarse las fallas que limitan sus sierras adyacentes constituyendo depresiones de tipo fosa tectónica. Esta deformación y hundimiento rápido permitió depositar espesores de varios cientos de metros en el Plioceno (1.6-5.3 Ma) y más de 2 000 m, en el Mioceno.

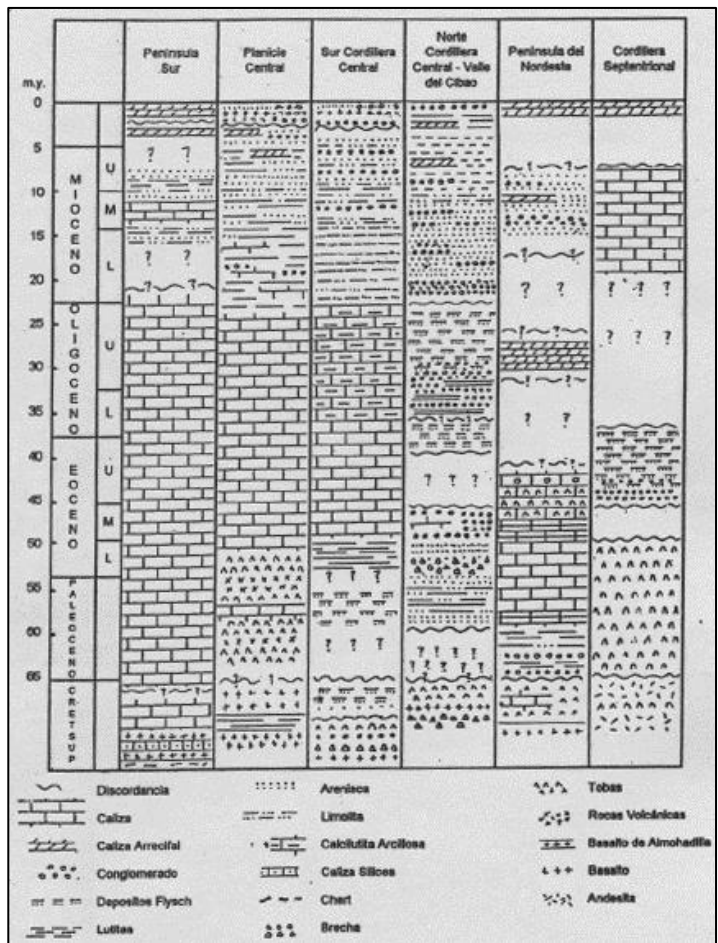


Figura 11 - Carta de correlación litológica generalizada de las formaciones de rocas de la isla de La Española (Lewis, 1981).

El Paleoceno y el Eoceno Inferior a Medio (40-65 Ma) están representados por sedimentos detríticos, que provienen de la erosión del arco insular Mesozoico, y por una potente secuencia de calizas. Las formaciones volcano-sedimentarias del Eoceno Inferior están intersectadas por intrusiones de diorita cuarcífera de extensión limitada de edad Eoceno Medio. Las calizas Eocenas que no se pueden separar de las secuencias Oligocenas de la misma facies constituyen el núcleo de los anticlinales, que representa otro reservorio potencial. Es a lo largo de un contacto anormal Oligoceno-Mio-Plioceno que surgen las fuentes calientes como la de Magueyal (T = 39°C), situada en la ribera derecha del río Yaqué del Sur, y también las de la cuenca de Azua como Galindo (T = 35°C), Ranchería Alta y Baja (T = 42 y 35°C).

Durante o a fines del Oligoceno (23,5-28 Ma), las formaciones más antiguas son plegadas y la sedimentación Miocena se hace más detrítica y se localiza en los valles (depressiones sinclinales), que separan las cadenas y cordilleras. El Mioceno Inferior y Medio es de tipo flysch, en las cuencas de Azua y de Enriquillo, mientras que en las otras zonas, predomina una facies de tipo molasico, con intercalaciones de formaciones lagunares (lignito, secuencias salinas). El Mioceno Superior es francamente continental, salvo en el graben Enriquillo - Cul-de-Sac, el cual se individualiza claramente en esta época.

Es evidente que, durante el Plioceno, la isla de La Española emerge y los sedimentos que se depositan son continentales o de bajos fondos: secuencias salinas, calizas arrecifales. La individualización del graben Enriquillo - Cul-de-Sac se acentúa.

### **c) Cuaternario**

El Cuaternario está representado principalmente por aluviones acumulados en las depresiones y por calizas arrecifales que, en algunos sectores, han sido levantadas de varios centenares de metros.

Varios episodios volcánicos aparecen en diferentes lugares de la isla durante el Cuaternario (fig. 12). A nivel regional, los centros de emisión de tipo calco-alcalino, que se pueden asociar con regímenes compresivos, siguen la dirección SO-NE y parecen relacionarse con el avance y la "identación de la cresta de Beata".

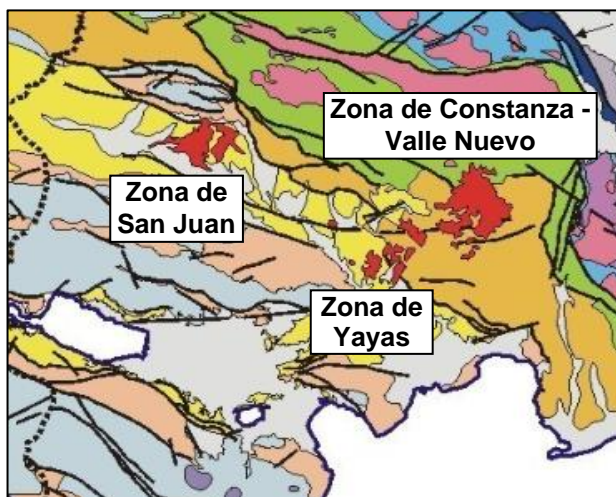


Figura 12 - Extracto del mapa geológico la isla de La Española (fig. 10), con las diferentes zonas volcánicas del Cuaternario (San Juan, Yayas de Viajama, Constanza-Valle Nuevo).

Según los datos radiométricos existentes, se pueden distinguir las siguientes manifestaciones volcánicas, con cronologías variadas:

- el centro eruptivo de Yayas de Viajama, que se encuentra al sur-oeste del centro de Valle Nuevo, extendiéndose desde Padre Las Casas hasta Yayas de Viajama (fig. 13), según una banda orientada NE-SO de aproximadamente 12 km de ancho por 50 km de largo. En la zona de Yayas de Viajama, es un conjunto de pequeños edificios puntuales, intrusiones en su mayoría. En ciertos casos, a esas intrusiones, están asociadas nubes ardientes. De la petrografía, se puede distinguir diferentes fases magmáticas: i) entre 2.7 y 1.7 Ma, emisión de una serie calco-alcalina potásica, que parece completa desde las andesitas básicas hasta riolitas (cabe mencionar que, a concentración idéntica de sílice, esas rocas son más pobres en potasio que las rocas de la serie de Constanza);

ii) a partir de 1 Ma y hasta 0.6 Ma, o tal vez menos, el quimismo de la actividad volcánica cambia totalmente: aparecen, pues, basanitas a nefelinitas, con centros de emisiones alcalinos de dirección más bien E-O. Este tipo de rocas es bien conocido en la zona de San Juan de Maguana. Clásicamente, el enriquecimiento en potasio del magma original de una serie volcánica es consecuencia de un origen más profundo del mismo magma;

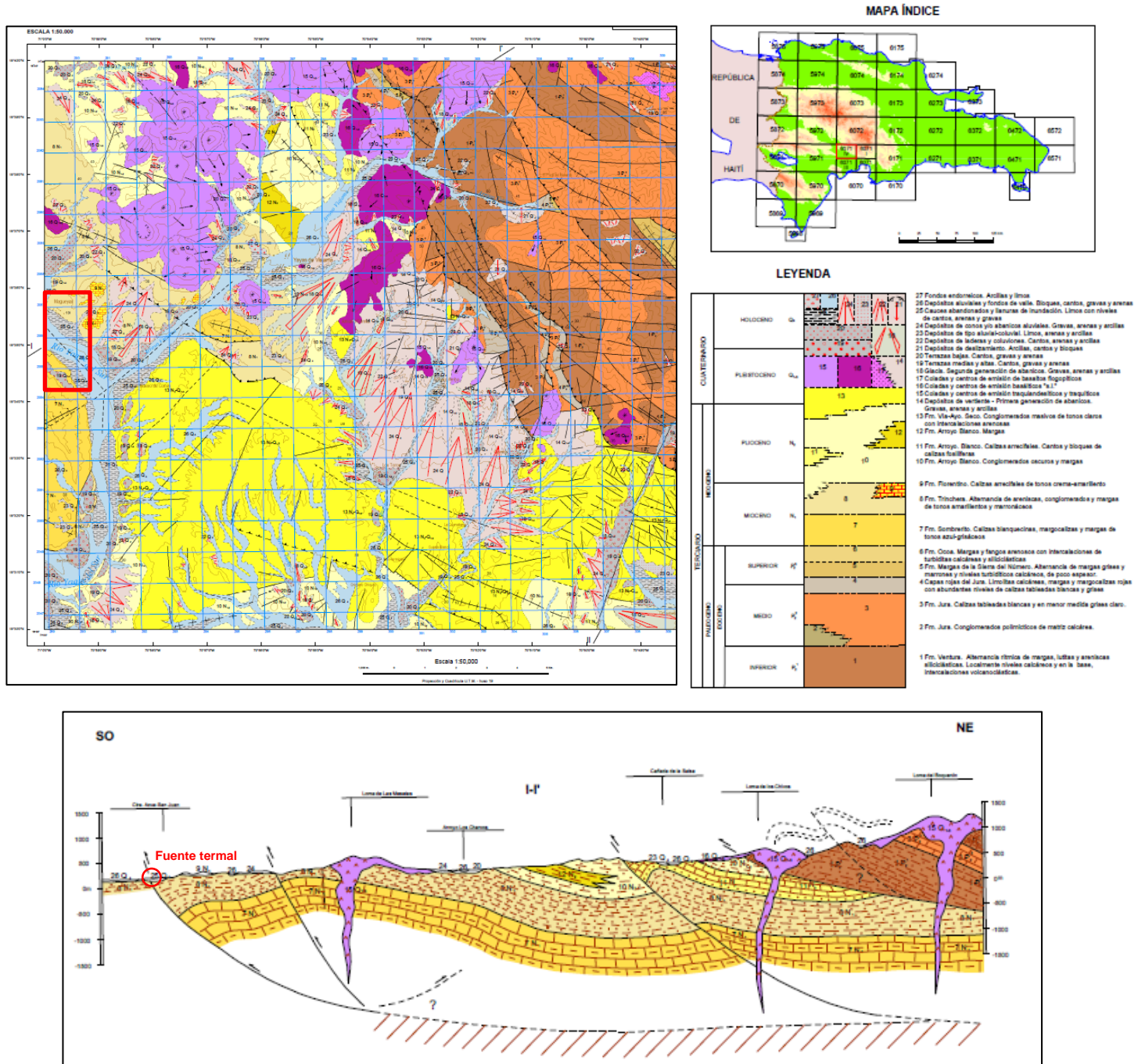


Figura 13 - Extracto de la hoja geológica de Yayas de Viajama al 1:50 000 (6071-IV), con coladas volcánicas y centros de emisión traquiandesíticos y traquíticos. Sección transversal SO-NE I-I', que pasa por la zona de la fuente caliente de Magueyal (zona marcada en rojo).

iii) cerca de la vertiente de Guayabal (fig. 14), un flujo de andesita en posición baja en el valle (950 m de altura) parece estar relacionado con el sistema volcánico de Constanza y podría constituir entonces un nuevo hiato entre ambos conjuntos volcánicos.

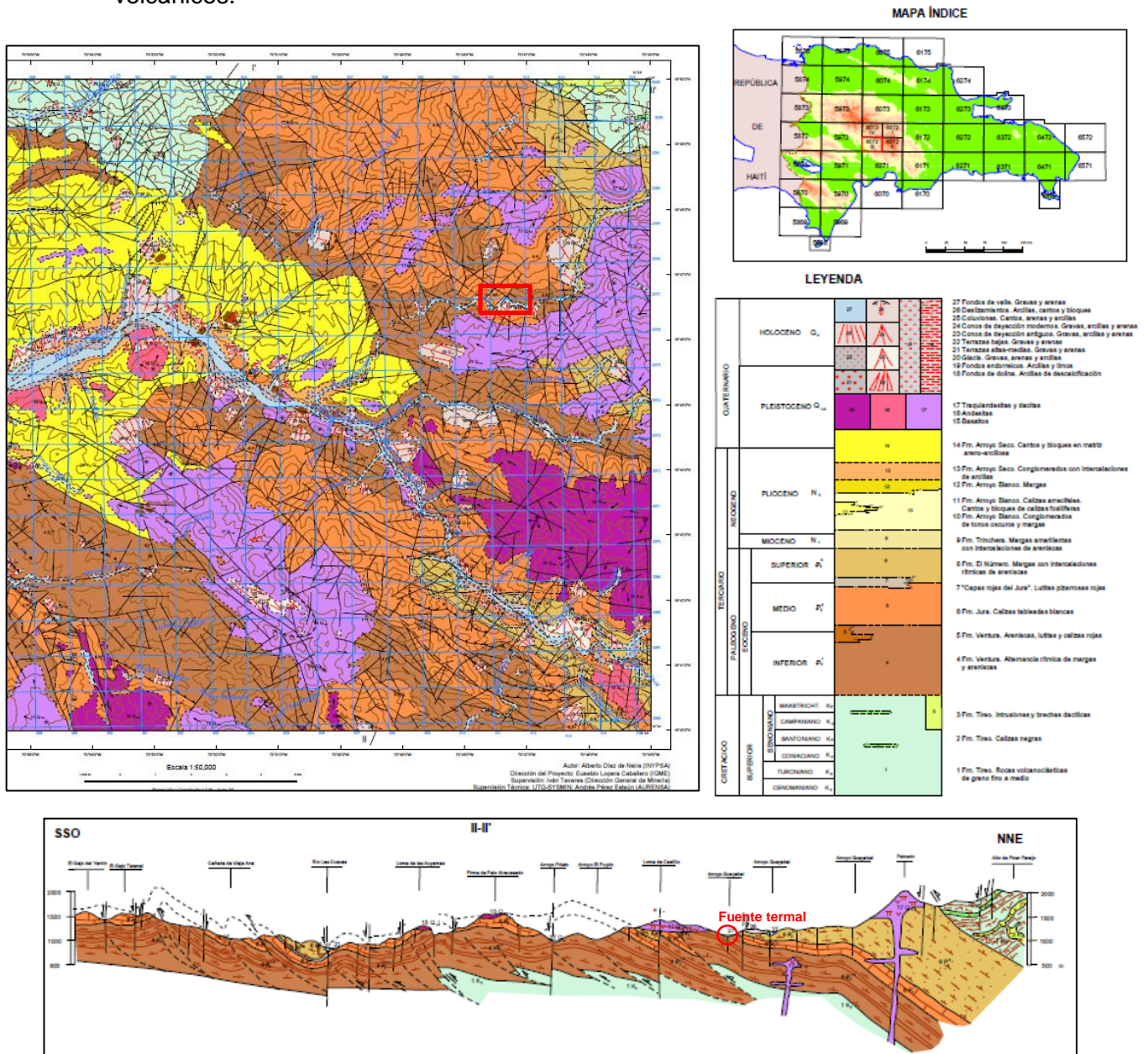


Figura 14 - Extracto de la hoja de Padre Las Casas al 1:50 000 (6072-III), en la zona de emergencias de la fuente termal de Guayabal (encuadrada en rojo). Sección transversal SSO-NNE II-II'.

Ha existido pues, entre 2.7 y 0.6 Ma, una anomalía de calor que se ha desplazado a lo largo del eje volcánico SO-NE Yayas de Viajama - Constanza. Esa anomalía, que nunca fue de mayor importancia, tiene efectos bastante limitados en el periodo actual. Sin embargo, la intensa tectónica que la acompaña aun permite actualmente que se establezcan circulaciones de aguas profundas en ciertos sectores. El agua así calentada puede, durante su subida, almacenarse en reservorios sedimentarios de tamaño que puede ser importante;

- el centro eruptivo de Valle Nuevo, localizado en plena Cordillera Central, que se extiende desde la área de Constanza hacia el sur, hasta Sabana Quéliz (fig. 15), y hacia el oeste, hasta las vecindades de Padre Las Casas. Este centro, que es el mayor de todos los centros eruptivos, tiene coladas basálticas de edad más joven que los demás. Muestra las principales variaciones litológicas con corrientes separadas de tipo máfico.

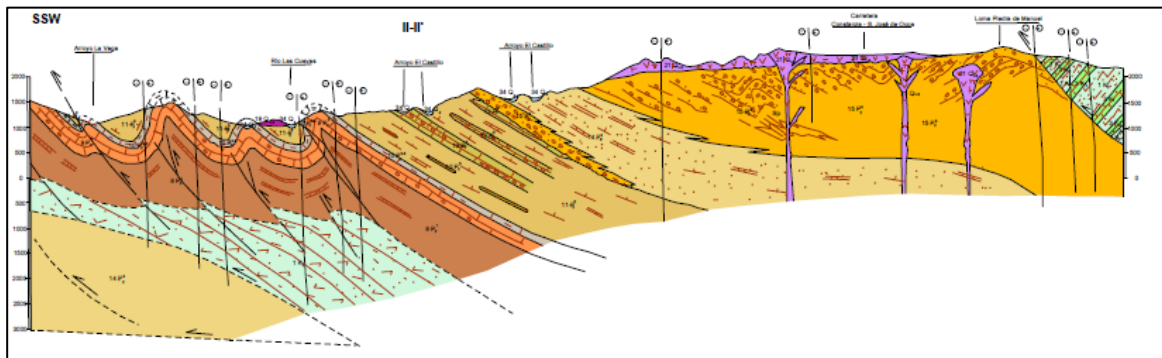
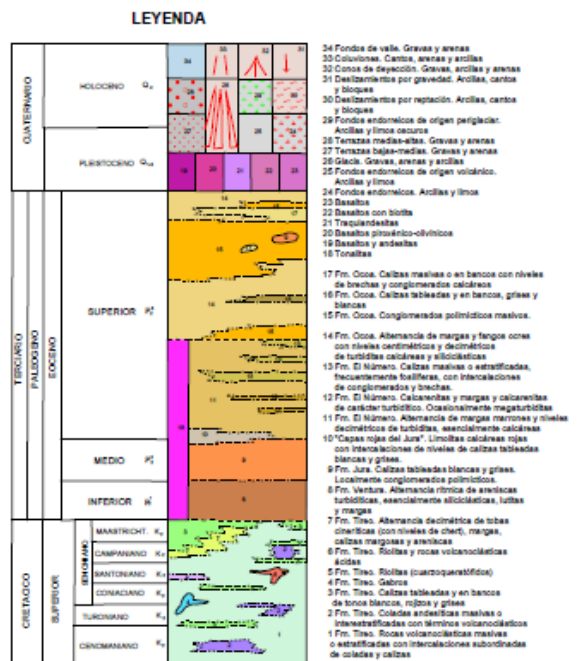
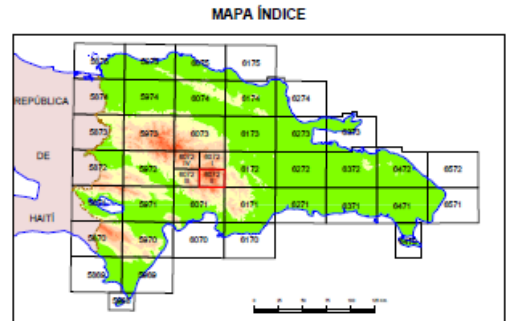
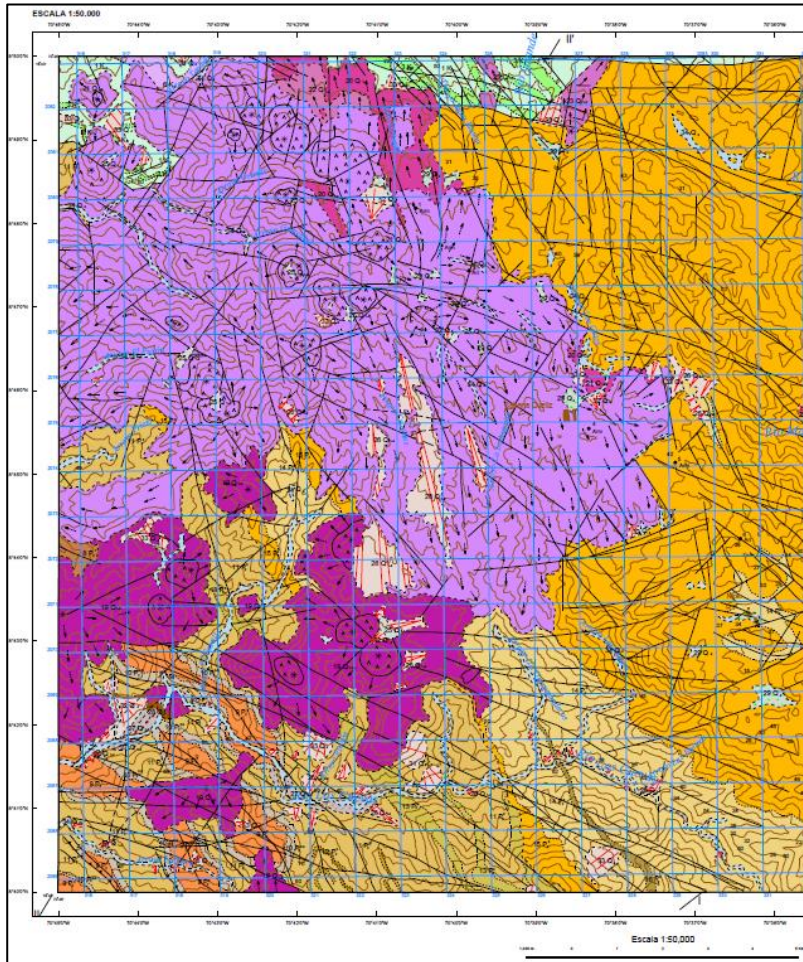
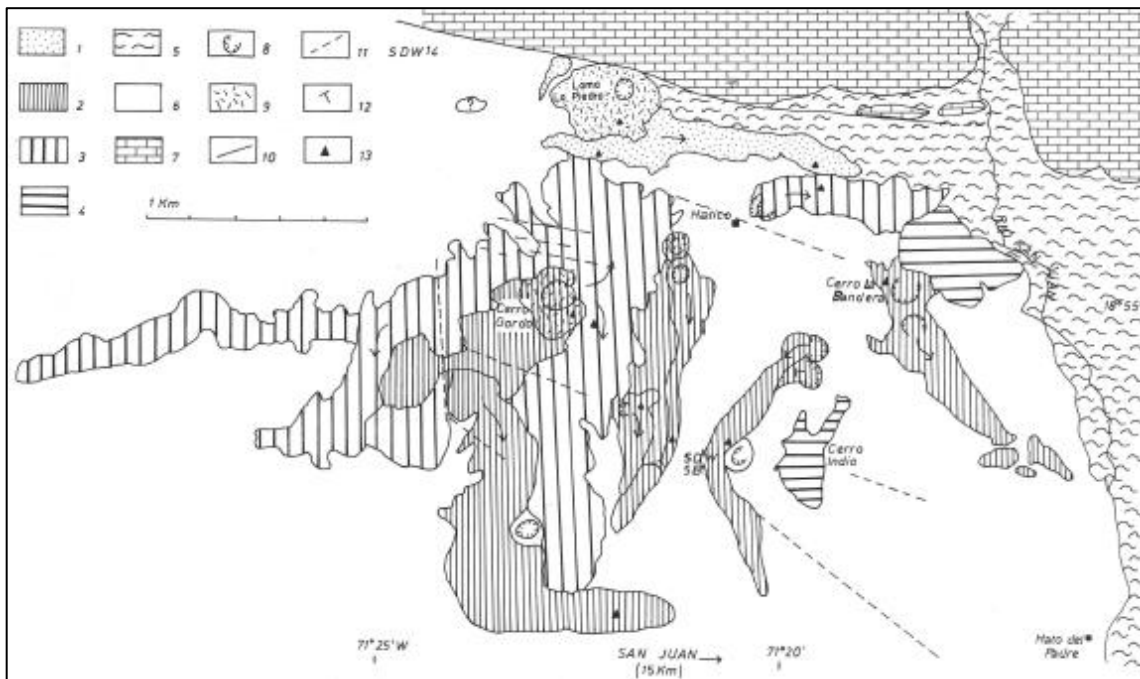


Figura 15 - Extracto de la hoja de Sabana Quéliz al 1:50 000 (6072-II), en la zona de Valle Nuevo donde se realizó el sondeo de gradiente térmico. Sección transversal SSW-NNE II-II'.

Dos periodos se definen muy claramente: i) entre 1.2 Ma y menos de 1 Ma, en la cuchilla entre Cerro Castillo y Rancho en Medio, emisión de una serie andesítica enriquecida en potasio, caracterizada por un cierto grado de evolución tanto dinámica como magmática (primera secuencia sólo con flujos de andesita básica - segunda secuencia de carácter más explosivo con flujos muy fluidos, ignimbritas (?), nubes ardientes de andesitas acidas - últimos episodios con domos y domos flujos de andesita rica en potasio. A lo que parece, hay un aumento de viscosidad del magma junto con una diferenciación que se traduce por un aumento de la sílice y del potasio. Los volúmenes respectivos de la primera y la última secuencia son muy comparables, mientras que la secuencia intermedia se caracteriza por volúmenes más importantes). ii) desde 0.8-0.6 Ma hasta 0.3 Ma, y siempre en relación clara con la fracturación, aparecen flujos aislados que se derraman en los valles. Estos flujos, desde un punto de vista geográfico, no coinciden con el episodio anterior, y además las composiciones químicas son muy distintas de las emisiones precedentes. Se trata de productos básicos (andesitas - basaltos), relativamente poco evolucionados. Cabe anotar que las edades en mención corresponden a algunos eventos alcalinos basálticos de San Juan relacionados a la tectónica. Tanto la dispersión de los focos de emisión como la naturaleza básica de los productos permiten descartar la idea de un almacenamiento de magma a favor de subidas rápidas de lava de origen profundo a lo largo de fracturas durante crisis tectónicas;

- el centro eruptivo que se sitúa en una área de unos 100 km<sup>2</sup>, al noroeste de la ciudad de San Juan de la Maguana, y que muestra coladas de varios tipos de volcánicos alcalinos máficos (fig. 16).



- |                                                                                                      |                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1: Colada de basalto con olivino, clinopiroxeno y plagioclasas                                       | 6: Conglomerado Miocénico                          |
| 2 a 4: Coladas de basanita con olivino y clinopiroxeno (2 más reciente que 3 y 3 más reciente que 4) | 8: Cono volcánico                                  |
| 5: Aluviones actuales                                                                                | 10: Fallas y fracturas posibles según fotogeología |
| 7: Caliza maciza Eocénica                                                                            | 12: Buzamientos                                    |
| 9: Escorias y cenizas                                                                                | 14: Muestra analizada y flechada                   |
| 11: Fallas y fracturas posibles según fotogeología                                                   |                                                    |
| 13: Punto de control sobre el terreno                                                                |                                                    |

Figura 16 - Mapa fotogeológico del volcanismo reciente de San Juan, según Traineau y Westercamp (1980).



El volcanismo está localizado sobre depósitos clásticos Miocénicos. En el sur, ellos tienen una inclinación poco pronunciada mientras que, en el norte, la inclinación es a menudo vertical (Mc Donald y Melson, 1969). Esto indica la presencia de una falla (La Yagua fault), orientada groseramente E-O y que separa los conglomerados Miocenos de las calizas masivas Eocénicas del norte. Algunas fallas identificadas por aerofotografía afectan el substrato sedimentario y las formaciones volcánicas. Ellas están orientadas según una dirección E-O a NO-SE, raramente según una dirección N-S. El alineamiento de los centros de emisión supone la posibilidad de un control de estos por fallas secundarias NE-SO. Tres episodios volcánicos se han sucedido, los que son clasificados en función de las formas morfológicas recientes, de los criterios de superposición y de la inversión del relieve. Los productos emitidos en el transcurso de las diferentes fases son petrográficamente uniformes, con la aparición sin embargo de microlitas de plagioclasa en las lavas de una de las coladas más recientes (Traineau y Wetercamp, 1980). Se puede notar la buena conservación de los conos volcánicos de la fase final, lo que hace suponer una deposición muy reciente, incluso sub-actual, de por lo menos una parte de este volcanismo. La mayor parte del complejo está compuesta de derrames basálticos con fenocristales de olivino y clinopiroxeno y de titano-magnetita (Mc Donald y Melson, 1969). Los cuerpos son muchas veces singulares con extensiones hasta de 10 km y espesores hasta de 10 m, que se pueden sobreponer para formar acumulaciones con espesores totales de más de 200 m. Según Traineau y Westercamp (1980), un afloramiento de basalto junto a la presa de Sabana Yegua fue datado en 1.7 millones de años. Los centros de emisión de tendencia alcalina como este centro y los de la zona de Haití, suelen tener magmas más profundos, que se relacionan con fisuras en distensión. El carácter químico de las basanitas y basaltos de San Juan sitúan estas rocas en las secuencias alcalinas intra-placas y su origen debe haber sido provocado por la fusión parcial, en proporciones variables, del manto en condiciones anhidras, a aproximadamente 100-150 km de profundidad (Green, 1970). Estos fluidos poco diferenciados sugieren, por otro lado, un ascenso directo y rápido del magma desde su lugar de origen.

Uno de los mayores problemas aún no totalmente resuelto es el del origen de estos magmas y su explicación en el contexto geodinámico de La Española. Este magmatismo dio comienzo hace algo menos de 3 Ma en relación con procesos de subducción mal establecidos, relacionados con la convergencia entre las placas del Caribe y de Norteamérica, cuyo resultado son las manifestaciones calco-alcalinas, que por otra parte son las volumétricamente más importantes. Su distribución espacial estaría condicionada por el avance de la cresta de la Beata hacia La Española, en sentido SO-NE, y favorecida por las fracturas de dirección NO-SE.

Un cambio en el régimen geodinámico, hace aproximadamente 1 Ma provocó la actuación de grandes desgarres de orientación general E-O, y con ella, el ascenso de magmas alcalinos más profundos. Por último, los episodios magmáticos más recientes del área de Valle Nuevo, no tienen una correspondencia exacta con ninguno de estos dos procesos, pero parecen estar más cercanos a la actividad de la cresta de la Beata.

### 2.1.5 Hidrogeología

Esta sección fue realizada a partir de los datos obtenidos durante los dos estudios hidrogeológicos nacionales, que fueron ejecutados en el marco del programa UE SYSMIN, y presentados en los informes de AQUATER del 2000 y de EPTISA e INDRHI del 2004.

La localización de la República Dominicana en el extremo norte de la zona intertropical y en el sector Occidental del Océano Atlántico del Norte (el territorio dominicano queda comprendido entre las latitudes Norte 17°36' - 19°58' y longitudes Oeste 68°18' - 71°45'), determina las características generales de su clima, de tipo predominante tropical marítimo. En cambio, a escala local, son las características morfológicas y orográficas las que determinan el comportamiento del clima y, en particular, la distribución de la lluvia y de la evapotranspiración (sucesión en corto espacio de condiciones húmedas y de aridez). En efecto, la República Dominicana presenta un relieve muy irregular, con elevaciones que van desde los 44 m por debajo del nivel del mar, en el Lago Enriquillo, hasta 3 175 m en el Pico Duarte y posee cuatro sistemas orográficos, orientados ESE-ONO aproximadamente.

Entre los principales factores que conforman el clima de la República Dominicana, se evidencian:

- el flujo permanente de la circulación de los alisios, con el arrastre de humedad desde el Atlántico;
- la ubicación geográfica con respecto al desplazamiento anual del sol;
- las altas y constantes temperaturas de los mares que bañan sus costas;
- el alejamiento de la Isla de las grandes extensiones continentales, con predominio de la influencia marina;
- la extensión de la Isla y su variado relieve.

Predominan durante casi todo el año temperaturas cálidas sin invierno real, con temperaturas frescas durante ese período en las zonas montañosas solamente. La temperatura media al nivel del mar es de 28°C. Las diferencias más notables se deben a la diferencia de altura, ya que el gradiente vertical de temperatura anual es de 0.67 °C por cada 100 metros de elevación. La temperatura media del aire presenta valores anuales que fluctúan entre menos de 19 °C en los terrenos altos (Constanza con  $t = 18.4$  °C, a 1 500 m de altura), 24.5°C en Padre Las Casas a 300 m de altura, 26.8°C en Azua y más de 28 °C en terrenos más bajos, ubicados en áreas circunvecinas al Lago Enriquillo (Duvergé con  $t = 28.4$  °C, La Descubierta con  $t = 28.2$  °C).

Las precipitaciones medias son de 1.8 m por año, y el régimen es de tipo torrencial. Se observa una variación geográfica importante en el nivel de precipitaciones, mucho más elevada en el sur que en el norte (fig. 17). A esta variación regional, se superpone una variación liada a la altura. La variación espacial de precipitación es bien contrastada, presentando valores medios anuales menores de 500 mm y menos de 50 días de lluvia en el valle de Neiba, en Pedernales, en la Planicie de Azua y en la cuenca baja del río Yaqué del Sur. Valores de precipitación superiores a los 2 000 mm y a los 140-150 días de lluvia se presentan sobre las cuencas de los ríos Nizaíto, Ozama, Haina, y en la Cordillera Central, hacia los nacimientos de los ríos Artibonito, San Juan, Higuamo, Soco y Chavón. En particular, los valores anuales medios oscilan entre 487 mm (Duvergé, Lago Enriquillo), 493 mm (El Sisal, río Tábara) y 2 688 mm (Presa de Isa, río Haina), 2 346 mm (Villa Nizao, río Nizaíto), 2 344 mm (Yamasá, río Ozama). En Constanza, se observa una precipitación media de 1 050 mm cuando el valor medio en Padre Las Casas es de 817 mm y alrededor de 900 mm en Guayabal.

La zonas de recarga interesantes para nuestro estudio están presentadas en la figura 18 (Iundt, 1980).



La distribución de la evapotranspiración potencial de referencia anual (cantidad de agua que puede retornar a la atmosfera por evaporación directa o a través la vegetación) tiene cierta correlación con las características morfológicas, ocurriendo los valores mínimos, alrededor de los 1 300-1 500 mm, el mínimo en Alto Bandera (1 033 mm), en las áreas montañosas (Cordillera Central y cuenca del Río Nizaíto), y los máximos, alrededor de los 1 800-1 900 mm, en el sector meridional de la cuenca del Río Macasía (Las Matas de Farfán, El Cercado, Elías Piña), en las áreas secas costeras de Pedernales, de Azua-Baní y alrededor de La Romana, y en el Valle de Neiba (cuenca cerrada). Alcanza 1 500 mm, en el centro del graben de Enriquillo, contra 1 200 mm, en sus vertientes. Estos datos indican un régimen hidrológico deficitario en el graben, con realimentación de agua a lo largo de sus vertientes, donde la series calcáreas levantadas constituyen excelentes zonas de recarga. El mismo tipo de régimen existe en la región de Enriquillo como en la de Yayas de Viajama.

Las áreas más secas, donde se señala un déficit hídrico alrededor de todo el año se encuentran en las zonas costeras de Baní y, en particular, de Azua, alrededor del Lago Enriquillo y de la Laguna de Rincón, cerca de Pedernales, en el sector sur de la cuenca del Río San Juan (desde San Juan hasta Vallejuelo) y alrededor de la ciudad de La Romana en la Planicie Costera Oriental (déficit hídrico alrededor de todo el año según el método de Hergreaves-Samani, y sólo un mes húmedo según el método de Blaney-Criddle). En cambio, las áreas húmedas se encuentran en las zonas intra-montañas y de sierra, ocurriendo los períodos húmedos más largos, hasta 5-7 meses, en las cuencas de los ríos Ozama, Haina, Nigua, Nizao, Ocoa, Nizaíto y Macasía. La elevada pluviometría de la vertiente sur de la cuenca del Río Macasía hace que se llegue a condiciones de humedad aunque hay valores altos de la evapotranspiración. También el área costera desde Barahona hasta Juancho tiene 3-4 meses húmedos repartidos en dos temporadas.

En el ámbito de zonas hidrogeológicas, las más húmedas, en sentido general, son la planicie costera oriental, a excepción del área alrededor de la ciudad de La Romana, y el sector occidental del Valle de San Juan (cuenca del río Macasía); las más secas son el Valle de Neiba y la Planicie de Azua.

En mayoría, los ríos principales suelen ser controlados por los sistemas regionales de fallas SO-NE y NO-SE, mientras que los tributarios parecen ser en máxima parte controlados por sistemas secundarios N-S y E-O. La red hidrográfica resultante está caracterizada por curvas abruptas, a menudo ortogonales, de los cursos de agua, lo que permite clasificar el drenaje superficial generalmente maduro y bien desarrollado como de tipo "trellis".

El segundo Estudio Hidrogeológico Nacional, ejecutado en el marco del programa UE SYSMIN, ha realizado un mapa de síntesis hidrogeológica que esta presentado en las figuras 19 y 20. Este estudio distingue varias unidades o agrupaciones hidrogeológicas principales, constituidas por formaciones con diferentes litologías y características hidrogeológicas, según también el nivel de fracturación. Los principales tipos de formaciones son:

- formaciones porosas, sede de acuíferos de permeabilidad alta, y muy productivos como los depósitos fluviales, destacando los asociados con el río Yaqué del sur, y los depósitos gruesos de abanicos, conos aluviales y depósitos calcáreos arrecifales;
- formaciones porosas, sede de acuíferos de permeabilidad variable y productividad media a baja como los restos de depósitos cuaternarios, sin acuíferos significativos;
- formaciones porosas, sede de acuíferos locales y discontinuos, de permeabilidad moderada o baja, poco productivos como las formaciones terrígenas del relleno Neógeno de las cuencas (formaciones Trinchera y parte de Arroyo Blanco, por ejemplo);

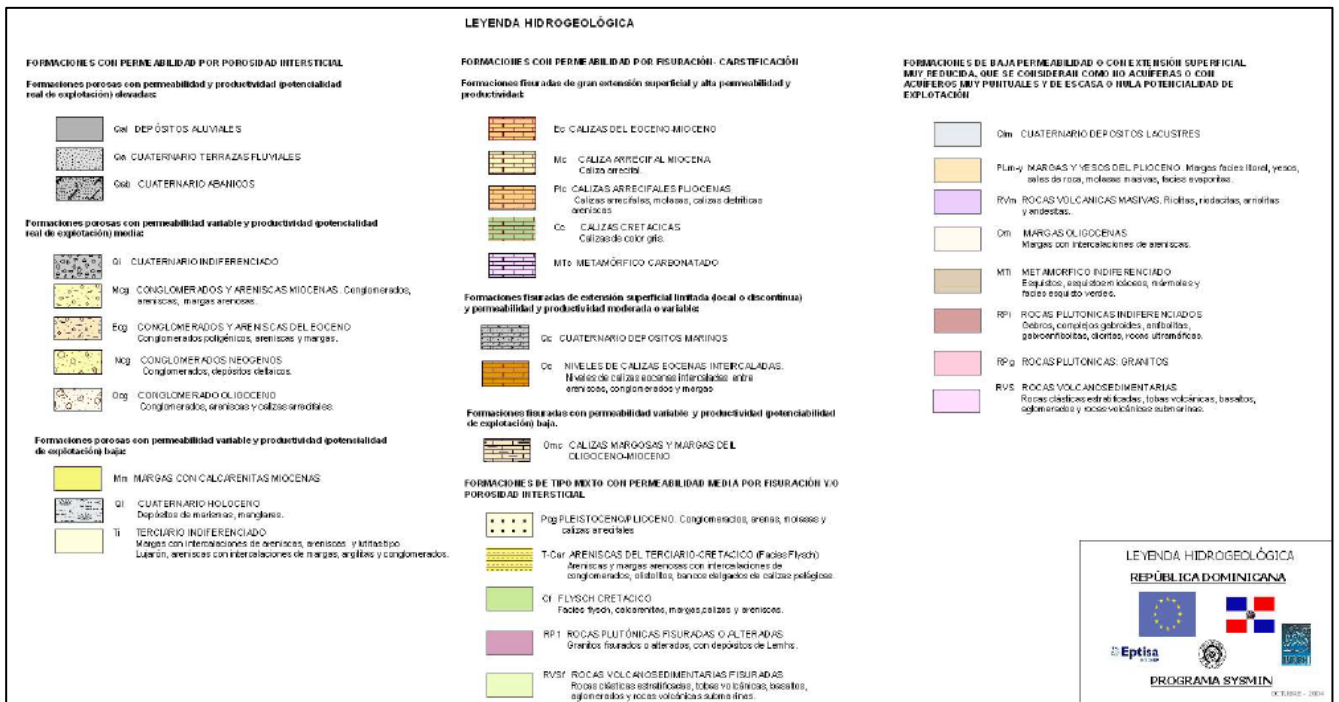
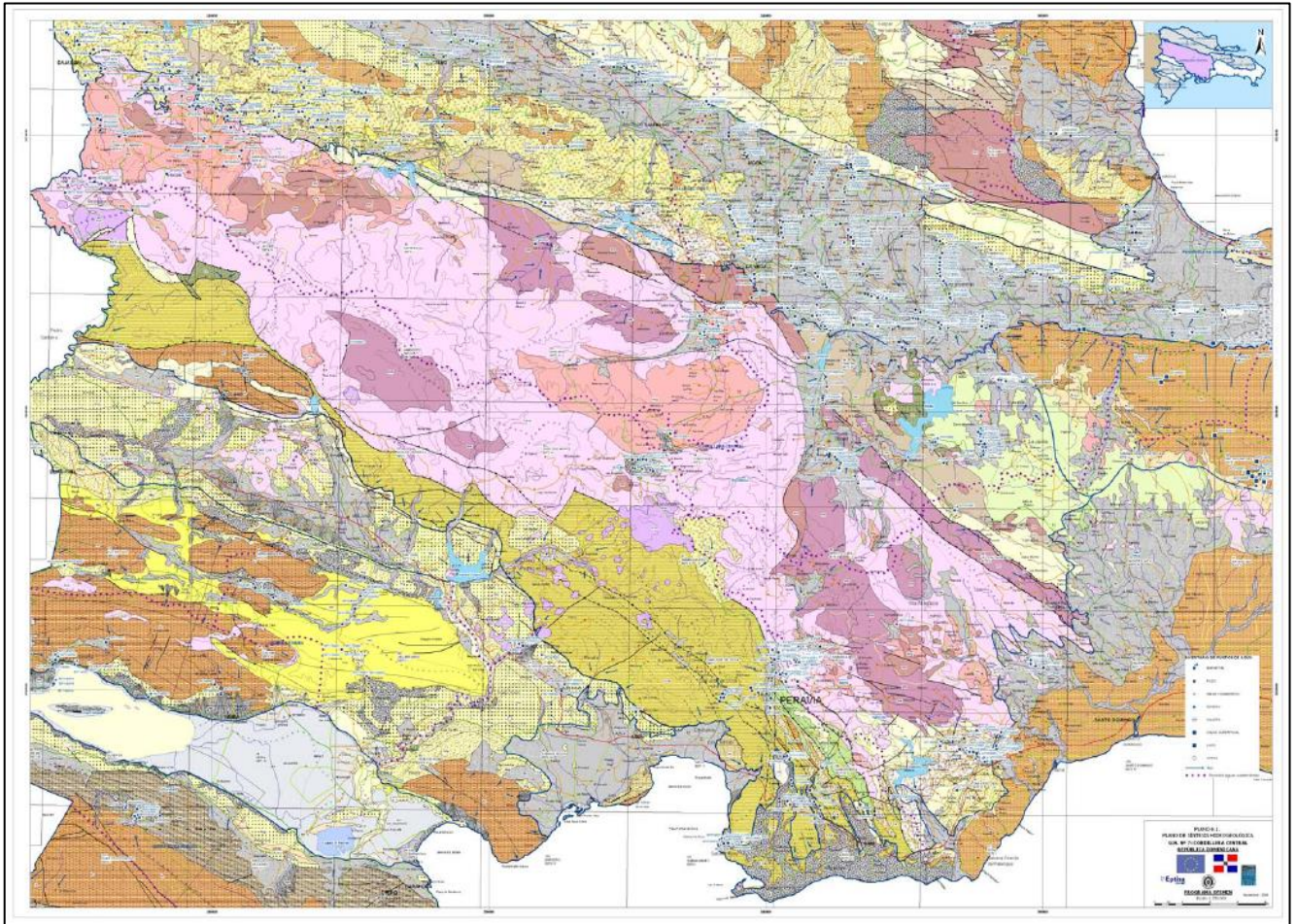


Figura 19 - Mapa de síntesis hidrogeológica (Estudio Hidrogeológico Nacional realizado por EPTISA e INDRHI, en el marco del programa SYSMIN de la Unión Europea).



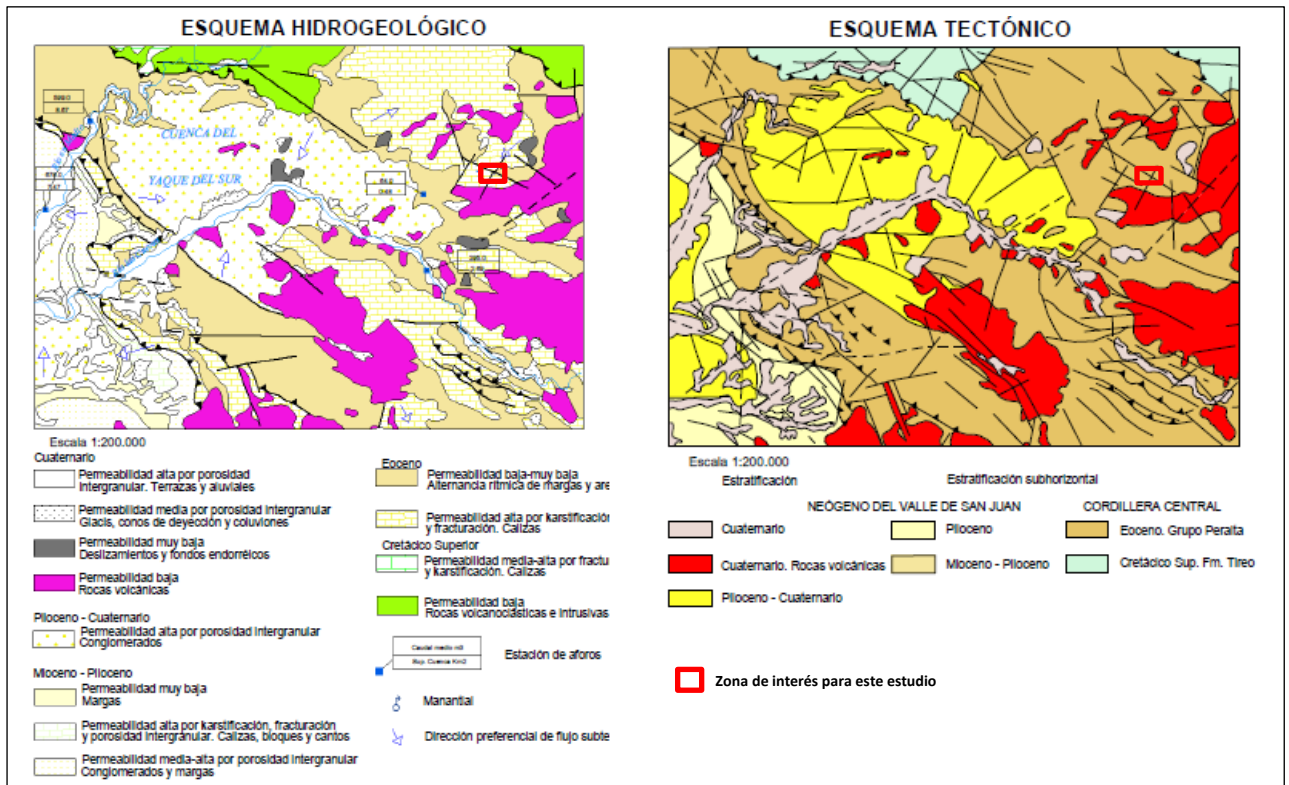


Figura 21 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Padre Las Casas (Guayabal).

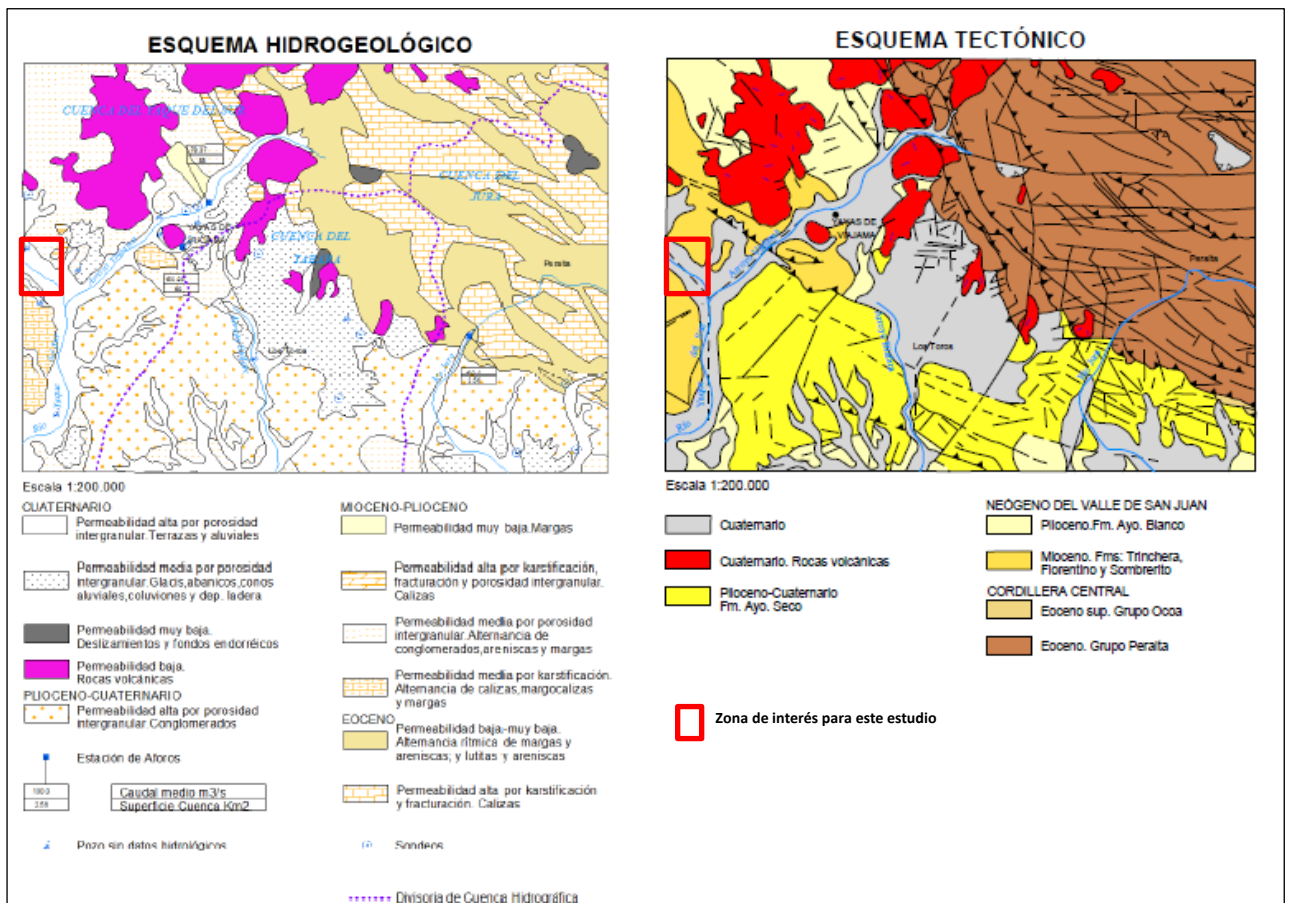


Figura 22 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Yayas (Maguayal).

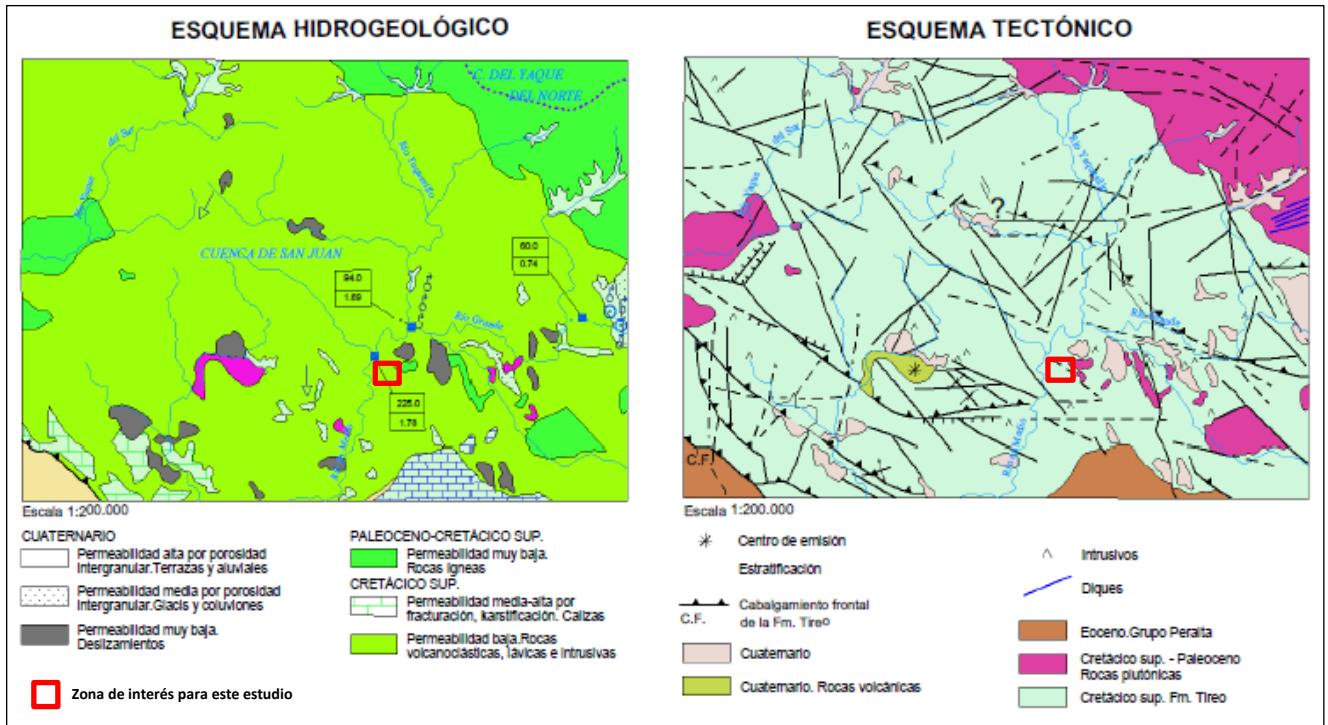


Figura 23 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Gajo de Monte (Bambuses).

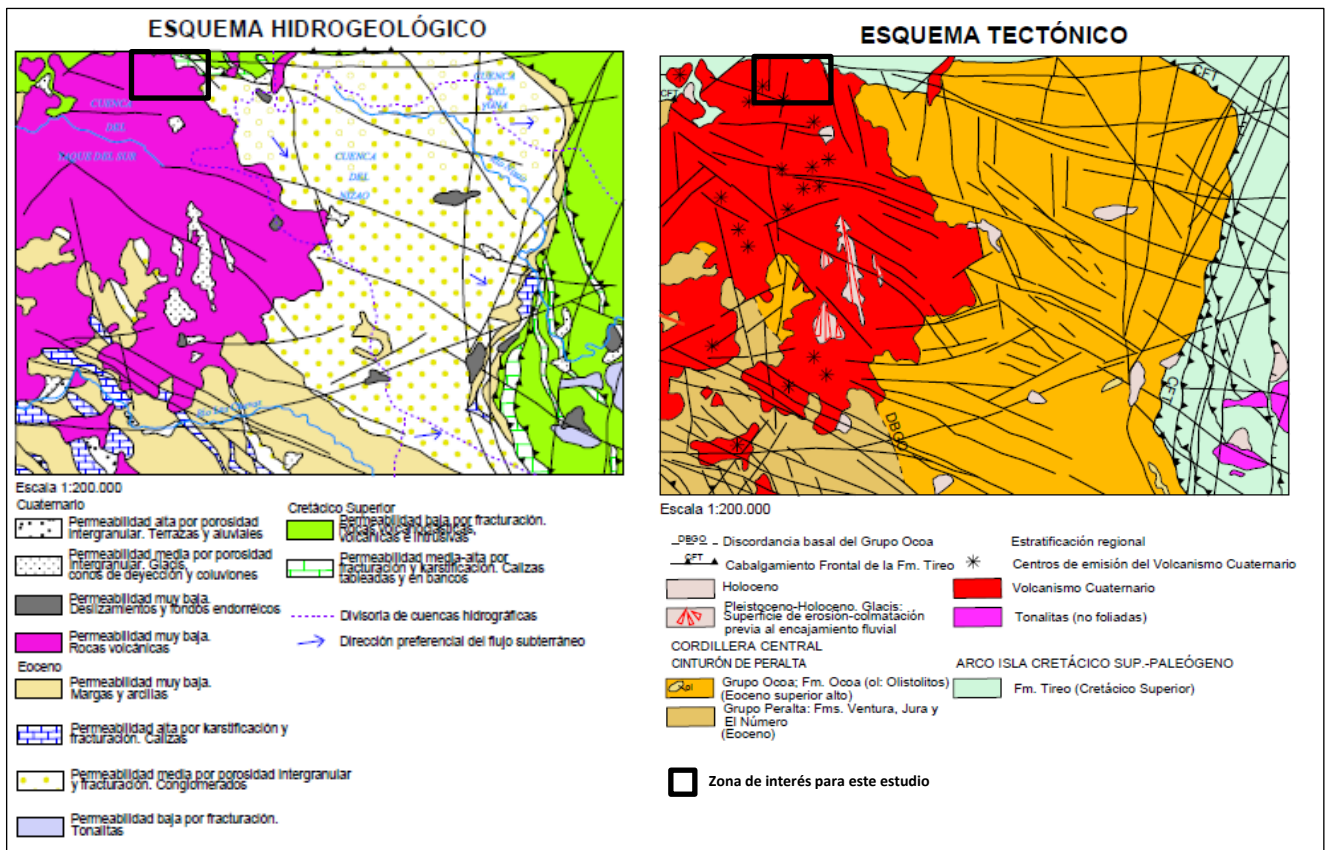


Figura 24 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Sabana Quéliz (Valle Nuevo).



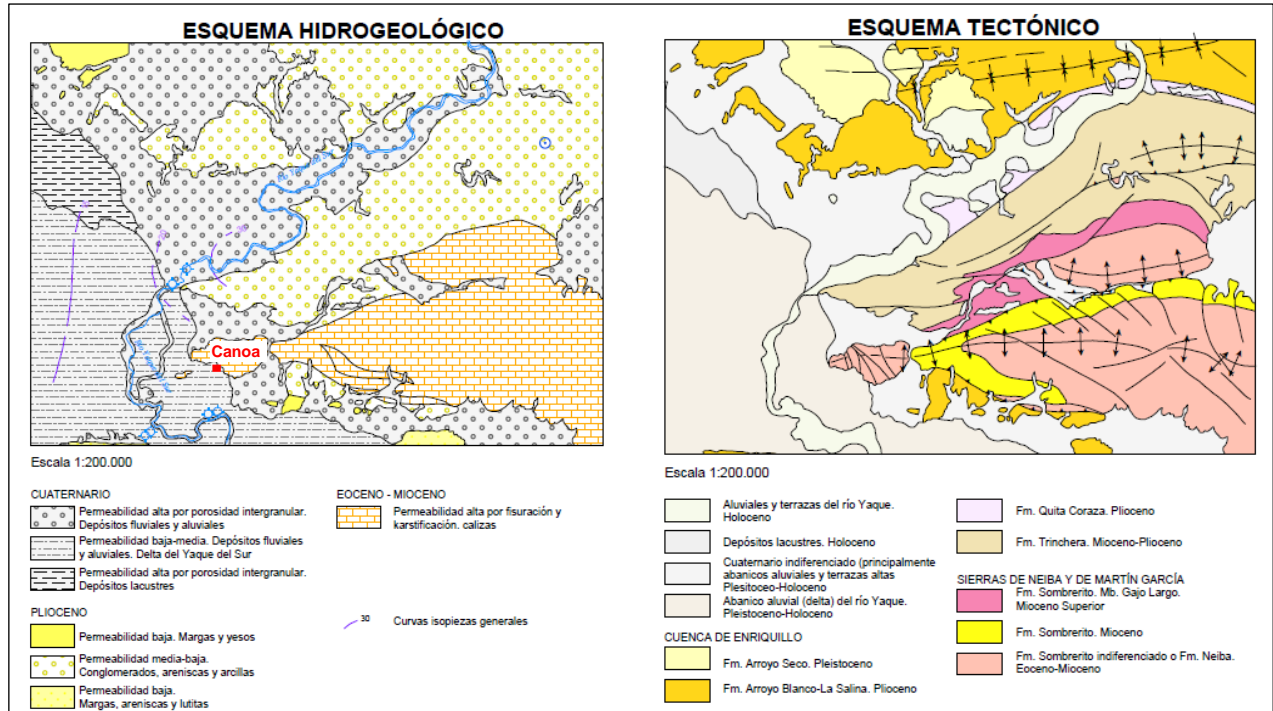


Figura 25 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Vicente Noble (Canoa).

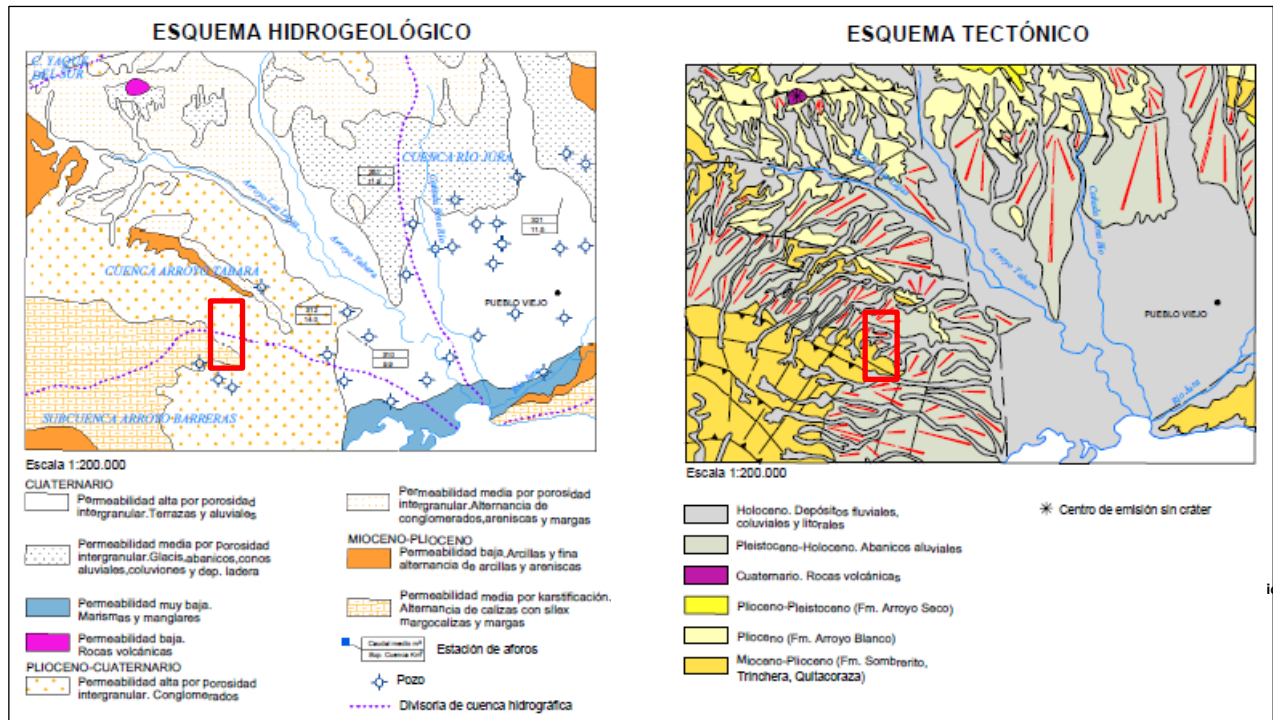


Figura 26 - Esquemas hidrogeológicos y tectónicos de la hoja de Pueblo Viejo (Ranchería, Galindo).

En numerosos casos, los datos hidrogeológicos indican un régimen favorable para campos geotérmicos, con reservorios de relativamente buena calidad, que pueden ser realimentados en las zonas de montaña anticlinales vecinas.

## 2.2 ESTUDIO GEOTERMICO DEL BRGM DE 1980

El principal objeto de este estudio realizado en 1980 por el BRGM, bajo contrato con la OLADE, y en colaboración con los miembros de la Dirección General de Minería, era un reconocimiento de las zonas de interés geotérmico potencial de la República Dominicana. En el marco de este estudio, se efectuaron principalmente trabajos de reconocimiento geológico, geoquímico e hidrogeológico (Traineau y Westercamp, 1980; lundt, 1980; Mercado y Nieva, 1980; Varet, 1980).

Al final de este estudio, se distinguieron cuatro zonas de la República Dominicana con diferente orden de prioridad de interés geotérmico:

1. la zona de Yayas de Viajama - Constanza (fig. 27 - zona n°1), de interés geotérmico potencial de primer orden y prioritario para la alta energía, con elementos suficientemente favorables para la existencia de un campo geotérmico de alta temperatura. En efecto, se destacó a lo largo del eje volcánico de edad Cuaternaria de esta zona (1.7-2.5 Ma) la existencia simultánea de rocas volcánicas diferenciadas recientes, de trazas de una actividad basáltica sub-actual (centenares de miles de años) y de fuentes termales calientes (Padre Las Casas-Guayabal con 35°C en su emergencia, Magueyal con 39°C y Vuelta Grande con 32°C; fig. 27), que presentan características químicas favorables de sus aguas como la facies de tipo cloruro-sódico (Na-Cl), la concentración elevada en boro (anexo 2) y los geotermómetros Na-K y Na-K-Ca que indican temperaturas profundas entre 169 y 236 °C (las más elevadas de todas las aguas termales analizadas en la isla de La Española), así como el origen magmático del CO<sub>2</sub> ( $\delta^{13}\text{C} \approx -7.5\text{‰}$ ), gas predominante entre los gases asociados a las aguas. Sin embargo, las temperaturas profundas estimadas a partir de los geotermómetros sílice y Na-Li indican valores mucho más bajos (41 a 84°C y 58 a 90°C, respectivamente). Este punto crucial para el desarrollo de un campo geotérmico de alta temperatura dedicado a la producción de electricidad deberá ser examinado de cerca. La distribución del volcanismo en una zona importante de 50 x 15 kilómetros y la extensión del volcanismo ácido traducen la presencia de un amplio cuerpo magmático profundo. La existencia de una actividad tectónica regional, combinando direcciones regionales NO con direcciones transversas NE y con fases muy recientes, es susceptible de favorecer la permeabilidad del reservorio y la circulación de fluidos hidrotermales. Es, de todos modos, gracias a la presencia de estas fallas que aparecen en superficie las fuentes termales del área. La estructura y la litología del substrato sedimentario parecen favorables a la formación de reservorios geotérmicos en el seno de las calizas masivas del Oligoceno. La cobertura impermeable podría estar asegurada por la secuencia de tipo "Flysch", del Mioceno y la alimentación del reservorio por el núcleo del anticlinal del Eoceno de Padre de las Casas.
2. las zonas de San Juan (fig. 27 - zona n°3) y de Canoa (fig. 27 - zona n°4), de interés geotérmico secundario para la alta energía, que presentan algunos elementos favorables, pero que no fueron juzgados suficientes para ser seleccionadas como zonas prioritarias y necesitan trabajos complementarios. En la zona de San Juan, como ya lo vimos, el volcanismo está presente con varios edificios volcánicos, de tipo stromboliano, alineados según una falla E-O. Una doble fracturación de dirección principal E-O y de dirección secundaria NE-SO controla la edificación de estos aparatos volcánicos. La actividad volcánica dio lugar a tres episodios de los cuales el último es relativamente reciente (1.2 Ma); sin embargo, el carácter no diferenciado del volcanismo sugiere la ausencia de intrusión magmática en la corteza terrestre superficial como fuente de calor y, por otro lado, la actividad hidrotermal está ausente.

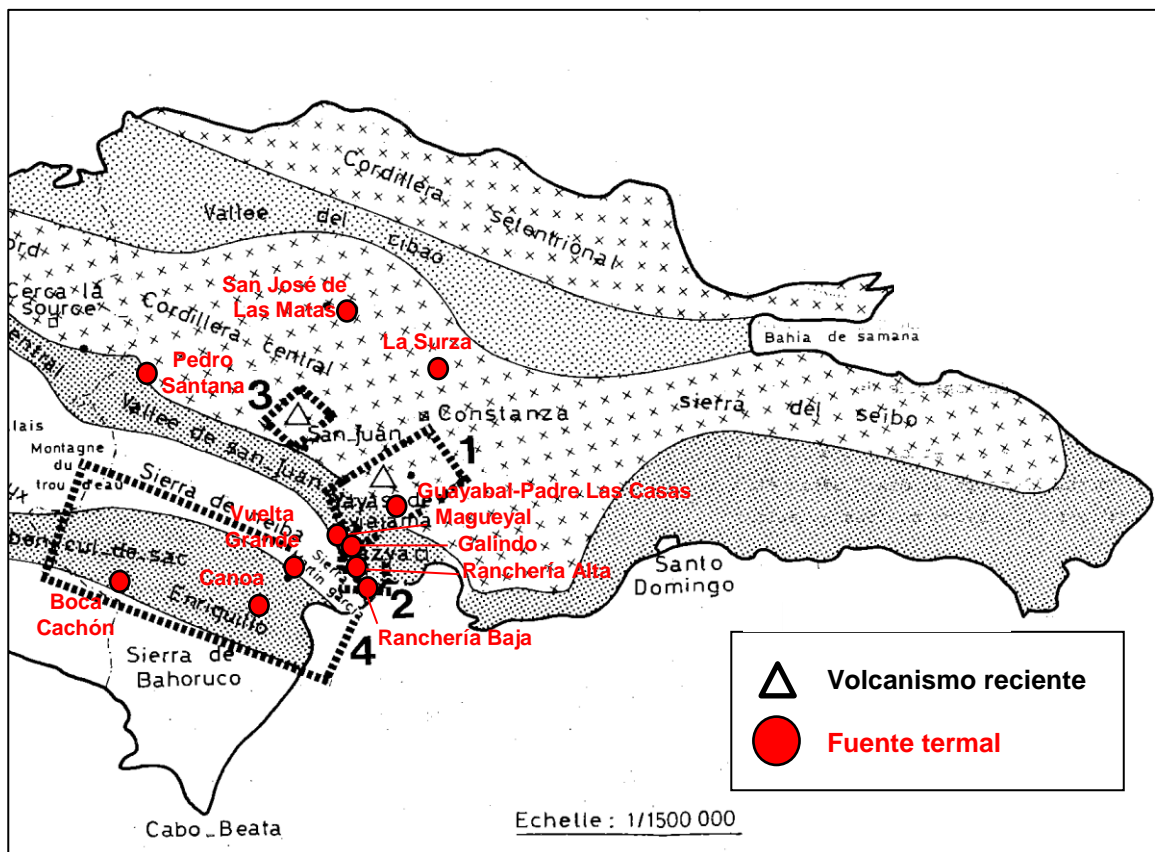


Figura 27 - Zonas de interés geotérmico con diferente orden de prioridad en la República Dominicana (Varet, 1980).

En la zona de la fuente caliente de Canoa, que indica una temperatura de 42°C a la emergencia (fig. 27), los índices de la actividad hidrotermal fueron juzgados insuficientes. Esta fuente, que cuenta por lo menos con 2 emergencias, está situada en el extremo este del graben de Enriquillo a 3 km, al SE de Vicente Noble. Se encuentra en el contacto de las formaciones terminales Miocénicas (formación Bao del Mioceno Medio compuesta de calizas duras con estratificaciones de margas, arenas y de margas yesosas y formación Sombrero del Oligoceno al Mioceno Medio, compuesta de calizas litográficas) del anticlinal de la Sierra de Martín García y de los depósitos Cuaternarios, representados por aluviones recientes (conglomerados, arenas y arcillas) de la margen norte de la cuenca de Enriquillo (fig. 28). Las emergencias presentan a menudo depósitos termales. Se observan también depósitos de travertinos. Se encuentran a una altura media de 20 m y están alineadas según una dirección ONO-ESE. La situación de estas emergencias está íntimamente ligada al cruce de dos sistemas de fallas. El primer sistema comprende fallas marginales NO-SE que, en esta zona, están ocultas por los depósitos recientes. El segundo está compuesto por fallas transversales NE-SO, que toman la dirección del valle del río Yaqué del Sur, y se pueden encontrar a 5 km al sur de las emergencias, o también al norte. Este sistema de fallas transversales ha sido el causante del cambio de rumbo del anticlinal de Sierra Martín García, que pasa de NO-SE a E-O, y posiblemente de su enterramiento en la cuenca.

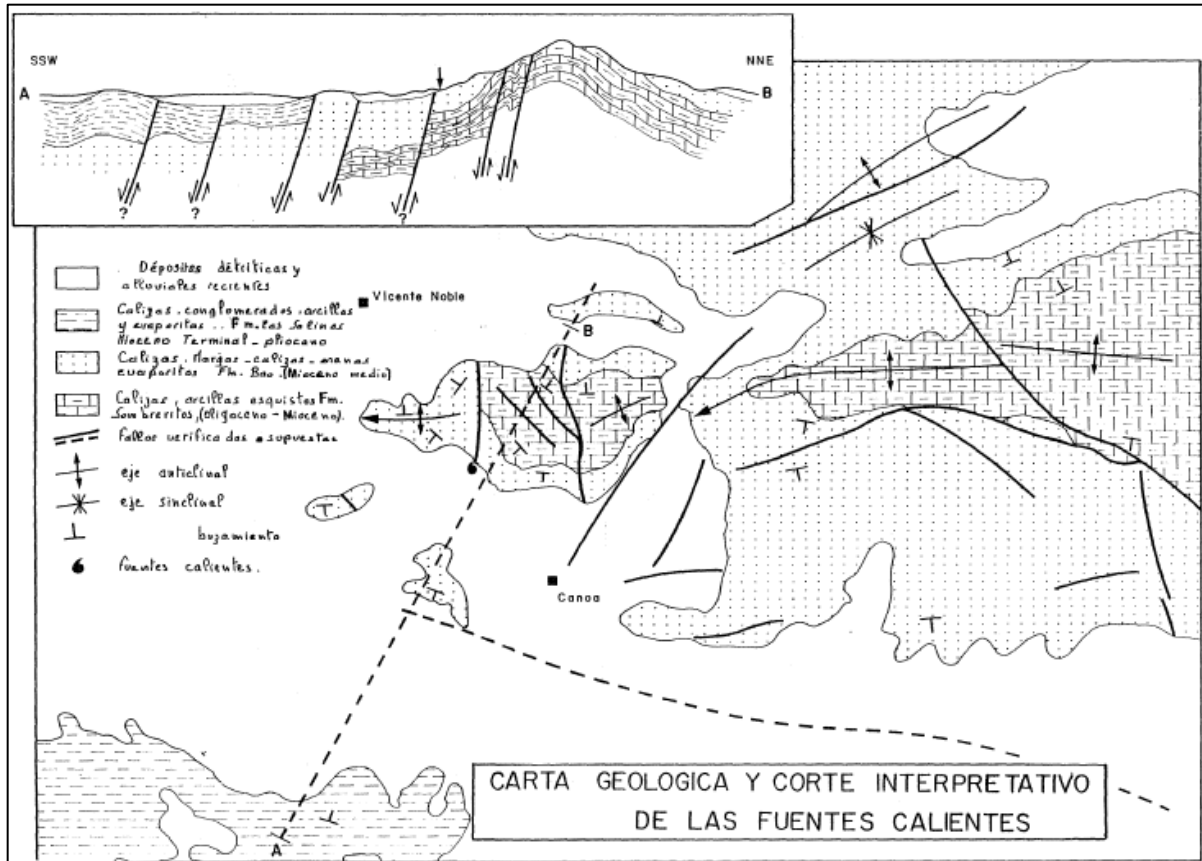


Figura 28 - Mapa geológico y corte interpretativo de la presencia de las emergencias de la fuente de Canoa, según Traineau y Westercamp (1980).

Los resultados de los análisis químicos del agua de esta fuente indican que es de tipo cloruro sódico (Na-Cl) y sugieren temperaturas profundas comprendidas entre 150 y 160°C, a partir de los geotermómetros Na-K y Na-K-Ca, y temperaturas más bajas, a partir de los geotermómetros sílice y Na-Li (67°C y 41°C, respectivamente). Esta importante discordancia de estimación de temperatura profunda y la ausencia de otras fuentes vecinas de tipo parecido, que permitirían una mejor definición de las características del sistema hidrotermal, fue sin duda la principal razón para juzgar los índices de actividad hidrotermal insuficientes. Este punto sobre la estimación más precisa de la temperatura del agua de la fuente de Canoa en profundidad tendrá también que ser examinado de más cerca, sabiendo además que el origen del CO<sub>2</sub> de los gases asociados al agua, sería más bien un origen magmático ( $\delta^{13}\text{C} \approx -6.9\text{‰}$ ). Según Traineau y Westercamp (1980), este tipo de origen podría estar en acuerdo con la presencia de un bolsón magmático aprisionado en la base de las secuencias sedimentarias cercanas a la superficie de esta zona del graben, que está situada en la prolongación del eje volcánico Yayas de Viajama - Constanza y del curso inferior del río Yaqué del Sur. Las formaciones post-Oligocénicas están compuestas por sedimentos de tipo Flysch y por secuencias detríticas y evaporíticas. Este conjunto puede asegurar una cobertura de 1 000 a 4 000 m de espesor de un reservorio eventual y ser el origen del amortiguamiento de los accidentes transversales NE-SO, así como de la detención del ascenso de posibles masas magmáticas. La estructura profunda de esta zona merecería ser más estudiada (campana magnética terrestre, por ejemplo) para detectar la presencia eventual de un tal cuerpo magmático.

3. las zonas de Azua (fig. 27 - zona n°2), Enriquillo (fig. 27 - zona n°4) y Pedro Santana, que no presentan características favorables a la existencia de yacimientos geotérmicos de alta energía pero que, sin embargo, señalan índices importantes de yacimientos de baja (< 100°C) o mediana (< 150°C) energía. El desarrollo de estudios específicos a estos sitios está subordinado a la necesidad de que la demanda energética (calor o frío) este cerca de este tipo de recurso.

Las fuentes calientes de la zona de Azua (fig. 27 - zona n°2), conocidas bajo el nombre de Galindo, Ranchería Alta y Ranchería Baja, están situadas en el borde SO de la cuenca de Azua, sobre el reborde de la Sierra de Martín García, a unos 20 km al SO de Azua. Están alineadas según una falla de dirección NO-SE (fig. 29), que debe pertenecer a la red de fallas marginales que separan el anticlinal de la Sierra Martín García de la cuenca de Azua.

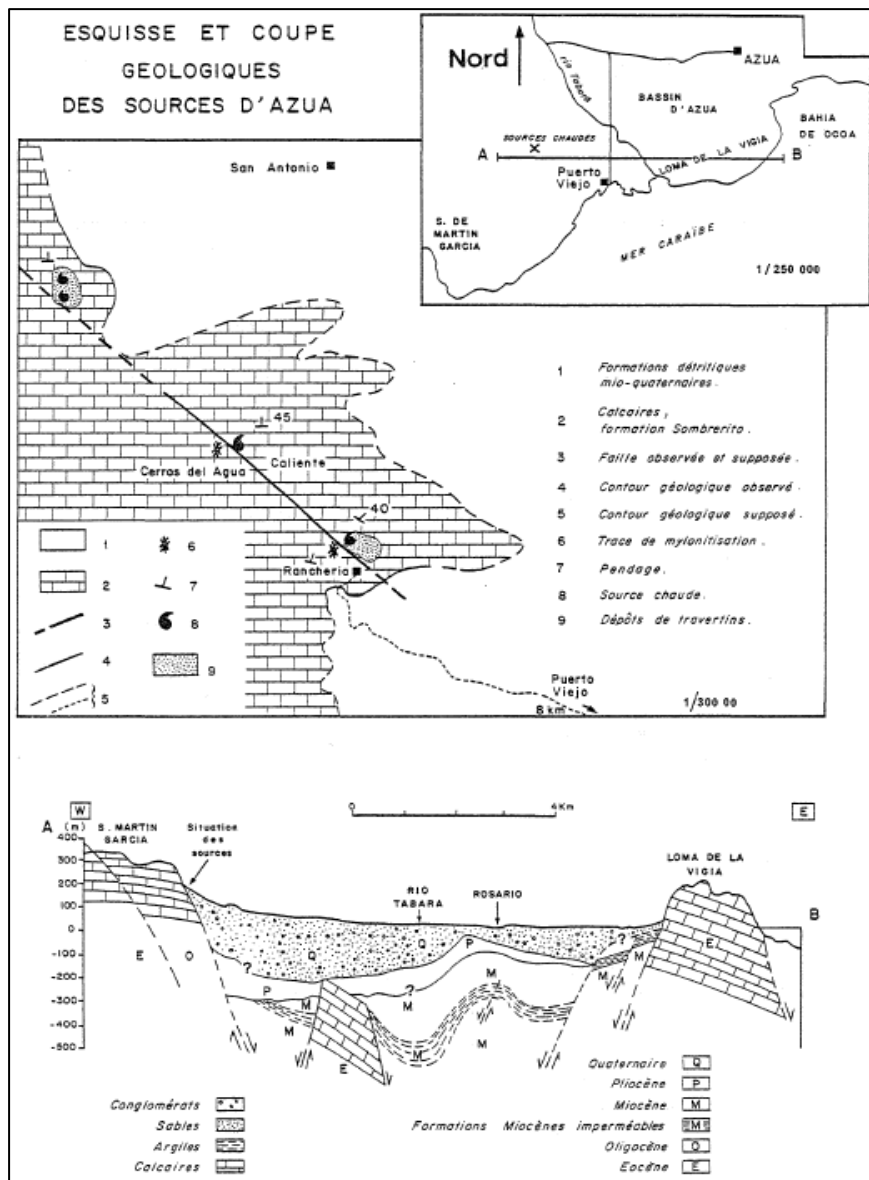


Figura 29 - Mapa geológico y corte interpretativo de la presencia de las fuentes de Azua, según Traineau y Westercamp (1980).

Las temperaturas de emergencia de estas fuentes varían entre 35°C (Galindo, Ranchería Baja) hasta 42°C (Ranchería Alta). Las fuentes calientes están situadas en una formación constituida de calizas duras (fig. 29), más o menos estratificadas en capas de 10 a 20 cm, con niveles más o menos clásticos, que pertenece posiblemente a la formación Sombrerito, reconocida más hacia el este en la Sierra de Martín García y que ha sido fechada como Oligocena a Miocena Media. Hay otra formación representada, que está compuesta de aluviones recientes de la cuenca de Azua (conglomerados, arenas y arcillas) y de depósitos clásticos Mio-Pliocénicos. Cerca de las fuentes, se han observado también depósitos importantes de travertinos. El corte geológico esquemático de la figura 29 realizado a partir de datos de pozos de agua muestra, sobre todo, la existencia de un nivel arcilloso impermeable entre 200 y 400 m de profundidad. Los análisis químicos del agua de estas tres fuentes indican que poseen composiciones químicas similares y parecen ser alimentadas por un mismo acuífero, lo cual refleja una posición estructural común. Las temperaturas profundas determinadas por los geotermómetros químicos son relativamente bajas (de 50 a 80°C). Un aumento de los caudales por sondeo poco profundo permitiría a lo mejor la utilización del agua termal para aplicaciones de baja entalpía. En conclusión, la cuenca de Azua y particularmente su margen SO no parece presentar un interés geotérmico de tipo alta o media entalpía.

Las características litológicas, tectónicas e hidrogeológicas de la cuenca de Enriquillo, de un largo de 100 km, conocidas por los pozos de prospección de hidrocarburos, son favorables a la presencia de reservorios geotérmicos de baja energía en las calizas del Eoceno. Convendrá buscar zonas de "horsts" bajo los terrenos de relleno detrítico recientes: pequeñas estructuras anticlinales, domos u "horsts". Estas zonas siendo también objetivos de busca de petróleo, fue recomendado aprovecharse de las campañas de exploración de hidrocarburos para mejorar los conocimientos sobre el potencial geotérmico de esta región. En su parte occidental, la cuenca está ocupada por el lago Enriquillo que tiene una superficie aproximada de 250 km<sup>2</sup> y cuyas aguas son sobre-saladas, con un nivel de 44 m debajo del nivel del mar.

La región de Pedro Santana, situada en una zona aislada en la parte central de la isla (fig. 27), corresponde a un sistema de circulación hidrotermal mediante una falla ENE-OSO, que se extiende parte a otra de la frontera. La fuente de agua caliente indica una temperatura de 26°C en su emergencia. Los indicadores geoquímicos (Na-K y Na-K-Ca, en particular) sugieren temperaturas medias, pudiendo ser superiores a 100°C.

4. las zonas de San José de las Matas (temperatura de emergencia de 35°C; fig. 27) y de la Surza (temperatura de emergencia de 32°C) son sin interés geotérmico particular. Las diferentes emergencias de la fuente de San José de las Matas están localizadas en una zona de tonalitas. Las temperaturas profundas estimadas con los geotermómetros químicos son bajas (de 25 a 65°C). La presencia relativamente importante de tritio en estas aguas (12 UT) revela una circulación rápida en el subsuelo y sugiere pues, una ascensión rápida de esta aguas ligeramente calentadas en profundidad. El agua de la fuente de La Surza parece ser infiltrada en los terrenos metamórficos próximos a su emergencia. Los análisis químicos utilizados por los geotermómetros indican bajas temperaturas en profundidad (de 25 a 31°C).

Se dieron también una serie de recomendaciones (Varet, 1980) para continuar los trabajos de exploración geotérmica, hacer un estudio de pre-factibilidad incluyendo la perforación de pozos de gradiente térmico y pozos más profundos de exploración, así como efectuar trabajos complementarios para el desarrollo de la geotermia en República Dominicana, como puede ser un estudio técnico-económico.



Además de la migración del volcanismo hacia el NE, los resultados más importantes del estudio geo-vulcanológico con respecto a las implicaciones geotérmicas fueron los siguientes:

- evidencia de una relación del volcanismo Plio-Cuaternario con la subducción de la Beata del Caribe por debajo de la micro-placa Dominicana, y del control de su distribución por la Dorsal de Beata, que corta transversalmente las dos placas;
- la actividad magmática más intensa, y por consiguiente la fuente de calor presumiblemente más activa, debía encontrarse localizada en las cercanías de la extremidad NE del eje volcánico, alrededor de Constanza;
- en la zona prioritaria, las formaciones volcánicas recientes y los conglomerados de "Alto de la Bandera" forman una cobertura discontinua y relativamente delgada sobre la formación Tireo. Esta formación tiene, por lo tanto, el doble papel de potencial capaxello y capa-reservorio;
- la faja que presenta la evidencia más acentuada de neo-tectonismo es la que se extiende entre Constanza y Rancho en Medio, con un ancho de unos 4 km. En esta faja, el volcanismo reciente ha originado fenómenos de reajuste, que se asocian con una difundida fracturación;
- la evidencia de una pronunciada diferenciación magmática, expresada por la variación de los productos volcánicos, desde latitas y latitandesitas hasta basaltos y andesitas. Esta diferenciación constituye un elemento positivo, en cuanto refleja la presencia de sub-cámaras magmáticas a una profundidad relativamente moderada (probablemente, menos de 10 km), que puedan haber determinado extendidas anomalías térmicas a profundidades "útiles".

El estudio concluyó que, en conjunto, las indicaciones vulcanológicas y estructurales eran suficientemente prometedoras en la zona prioritaria para suponer la existencia de sistemas geotérmicos. Por otro lado, la situación estratigráfica todavía no permitía establecer con seguridad la presencia de horizontes permeables de suficiente extensión lateral y espesor adecuado.

Un total de 30 muestras de manantiales y ríos fueron recolectadas durante la campaña hidro-geoquímica (fig. 31). Catorce de estas provienen de la zona prioritaria de Constanza-Valle Nuevo, cuatro del área de Guayabal, once del área de Yayas de Viajama y una de la zona de Vicente Noble (afuera del área del estudio). El estudio geoquímico de las aguas indicó que los manantiales muestreados pertenecían a dos categorías distintas y las principales conclusiones del estudio fueron las siguientes:

- en las zonas de Yayas de Viajama y de Guayabal, se observan fuentes con aguas relativamente salinas de tibias a calientes, claramente relacionadas con fallas y fracturas normalmente del sistema E-O, y conectadas con acuíferos profundos constituidos, por lo menos, de sedimentos clásticos y calizas del Terciario, con permeabilidad mediana. Solamente en este sector, se observaron aguas de tipo cloruro sódico (fig. 31), con aportes variables de sulfatos, perteneciendo a fuentes termales que emergen a lo largo del eje neo-volcánico, extendiéndose aún más al sur hasta la zona de Vicente Noble. La salinidad relativamente elevada, las anomalías de indicadores positivos (litio y boro), el tipo clorurado sódico y la alta concentración de CO<sub>2</sub> libre concuerdan en indicar que estas fuentes son indicativas de una importante anomalía térmica en el sub-suelo. Cálculos geotermométricos (Na-K, Ca-Na, Na-K-Ca) sugieren que el acuífero parece poseer una temperatura mediana (140-160°C), no adecuada para producción de fluidos de alta entalpía. Solamente la fuente caliente de Guayabal, situada en el sector norte de esta área, indica una temperatura notablemente más elevada, cerca de 240°C.



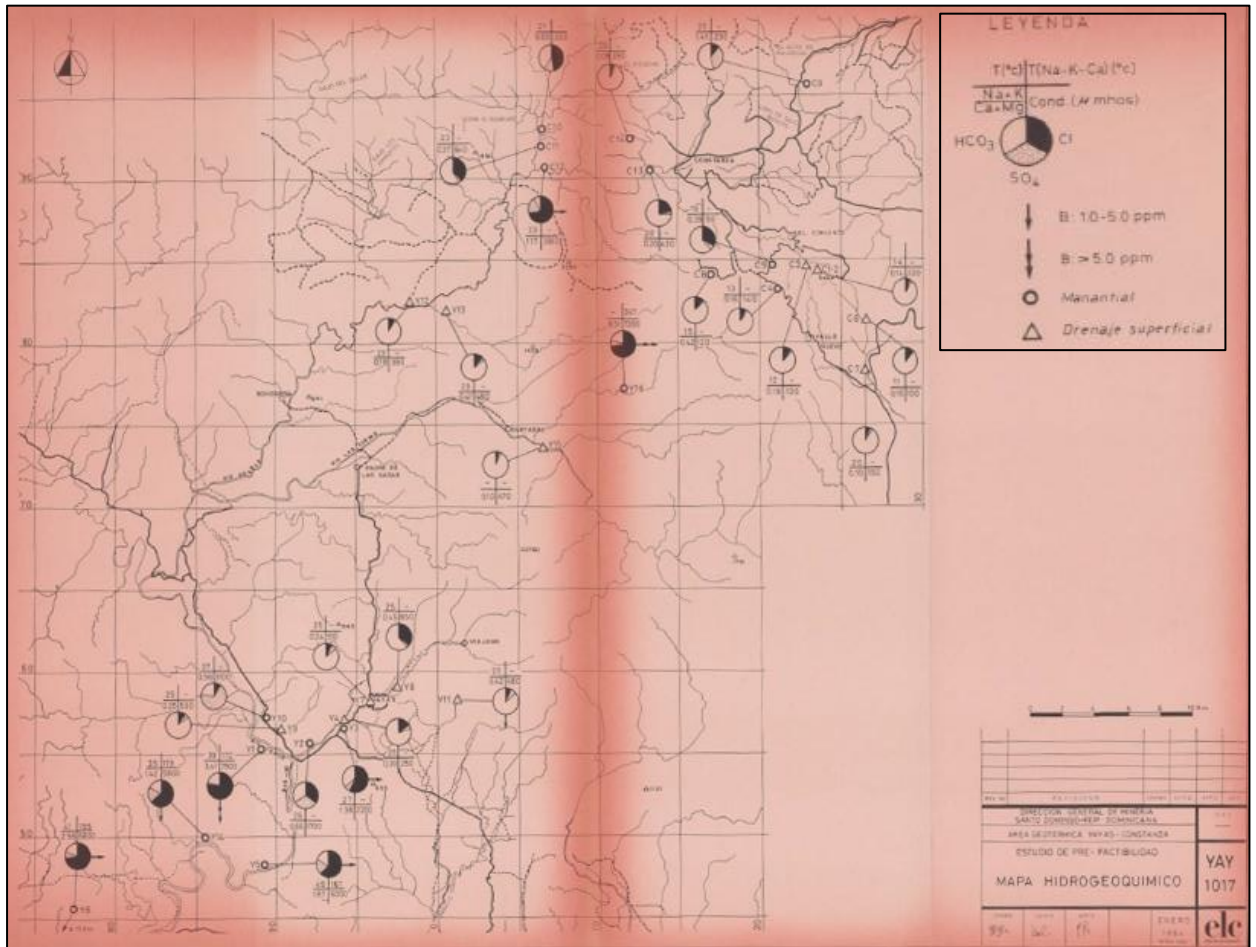


Figura 31 - Mapa de los manantiales y drenajes superficiales encontrados en la zona de Yayas de Viajama-Constanza (informe ELC).

Las bajísimas concentraciones de sílice, especie utilizada también en geotermometría, fueron interpretadas como claramente relacionadas con acentuados fenómenos de dilución de las aguas por aguas frías más superficiales, ante de su emergencia, lo que impide una correcta aplicación del uso de la sílice para una estimación de la temperatura profunda;

- en la zona juzgada como prioritaria de Constanza-Valle Nuevo, por el contrario, las aguas de las fuentes son diluidas y frías, y tienden a desprenderse cerca del contacto entre las riolitas Cretácicas y las volcanitas Plio-Cuaternarias, con las tobas de la formación Tireo: se trata entonces de aguas superficiales infiltradas en las lavas, que emergen en correspondencia del contacto con un nivel subyacente impermeable. Existen escasas evidencias de carácter químico ligadas a anomalías térmicas en el subsuelo. Solo las muestras C-12, y en menor medida, C-10, podrían indicar algún aporte de acuíferos profundos calientes, relacionado con la salinidad relativamente elevada de estas aguas, su abundancia en sodio y cloruro y la presencia de litio y boro. Respeto al arreglo hidrogeológico de esta zona prioritaria, el estudio supone una circulación profunda restringida en la formación Tireo, caracterizada por una permeabilidad globalmente baja, que se desarrollaría principalmente en el interior de niveles estratigráficos (lentes permeables de calizas o secundariamente, horizontes de riolitas y brechas) y de zonas fracturadas bien definidas (área entre la falla de El Convento y la falla de Cerro Castillito-Aserradero, por ejemplo).

La dirección preferencial de flujo de esta circulación profunda no es conocida, pero debería coincidir con el rumbo estructural regional NO-SE. Para los autores del informe, la ausencia de indicios superficiales de anomalías térmicas a partir de las aguas subterráneas podría ser debida a la gran profundidad de esas anomalías y a la presencia de una espesa capa-sello, que no permite escapes directos de fluidos geotérmicos.

Con más de 1 000 muestras de suelo a 30-40 cm de profundidad, en los 3 500 km<sup>2</sup> del sector del estudio, las anomalías de mercurio, en la zona prioritaria Constanza-Valle Nuevo, revelaron la existencia de fuertes máximos en el área del cerro Castillo-arroyo Pinar Bonito y a lo largo del arroyo Guayabal, más al sur (fig. 32). Ambas anomalías, que indican la presencia de buena permeabilidad vertical y podrían ser relacionadas con la existencia de un campo geotérmico profundo, están orientadas aproximadamente este-oeste, con desviación NO-SE en el caso del arroyo Pinar Bonito. Las demás anomalías son más suaves y anchas, probablemente reflejando menor actividad convectiva geotérmica o mayor lapso de tiempo desde su momento de formación.

A partir de unas 1 300 medidas de radón, se observó que solo existía una zona anómala en radón, en todo el sector del estudio, en sobre-posición con la principal anomalía de mercurio entre Constanza y Valle Nuevo (fig. 32). Estas emanaciones de radón están concentradas en zonas alargadas y finas, orientadas preferentemente SO-NE y NO-SE. Las anomalías así formadas no coincidían directamente con las del mercurio (fig. 32). Dos máximos de radón, ambos orientados NO-SE, se encuentran en el centro-oeste de la zona prioritaria: una primera anomalía, sin ninguna correspondencia con las de mercurio, se extiende desde la loma de Cabeza de los Limoncitos hacia el NO, mientras la segunda corta la anomalía de mercurio del cerro Castillo-arroyo de Pinar Bonito. Otras dos anomalías de radón ocurren en Valle Nuevo y Rancho en Medio. Estas dos últimas se encuentran en zonas de notable escasez de mercurio, indicando que el radón podría estar subiendo a lo largo de nuevas fracturas de recién actividad.

La investigación geofísica se llevó a cabo por medio de una prospección geo-eléctrica concentrada en la zona prioritaria de Constanza-Valle Nuevo ( $\approx 140$  km<sup>2</sup>), con sondeos de calidad generalmente buena, realizados en 49 distintas localidades. Los objetivos de esta campaña fueron solo parcialmente alcanzados debido a las condiciones geológicas particulares del área. En realidad, si los resultados de esta prospección proporcionaron, por un lado, informaciones muy valiosas para aclarar la situación estratigráfico-estructural del sub-suelo, por otro lado, no permitieron localizar fuertes anomalías de alteración hidrotermal. La única zona que mostró algunos indicios de conductividad eléctrica anómala fue la ubicada en los alrededores del Aserradero (fig. 32). Esta ausencia de anomalías podría ser interpretada por una profundidad elevada ( $> 1 500$  m) de un eventual sistema geotérmico.

La interpretación de todos estos datos (fig. 32) permitió proponer un modelo geotérmico conceptual y preliminar de la zona de Constanza-Valle Nuevo, elegida como prioritaria (fig. 33). Toda la faja que se extiende en sentido SO-NE, entre Yayas de Viajama y Constanza, por un largo de 50 km y una anchura de 15 km, constituye una zona de potencial anomalía térmica, relacionada con la intensa actividad magmática, que se ha desarrollado en los 3 últimos millones de años y que se ha manifestado en más de 130 edificios volcánicos (domos y volcanes propiamente dichos) de composición desde basáltica hasta dacítica. Los criterios adoptados para seleccionar, dentro de esta faja, la zona prioritaria de Constanza-Valle Nuevo, fueron esencialmente vulcanológicos (migración del volcanismo más reciente hacia el NE, que sugiere que la fuente de calor actualmente más activa esté localizada cerca de la extremidad NE de la faja), en combinación con la existencia de un tectonismo particularmente intenso y la sobre-posición de fuertes anomalías de radón y mercurio.

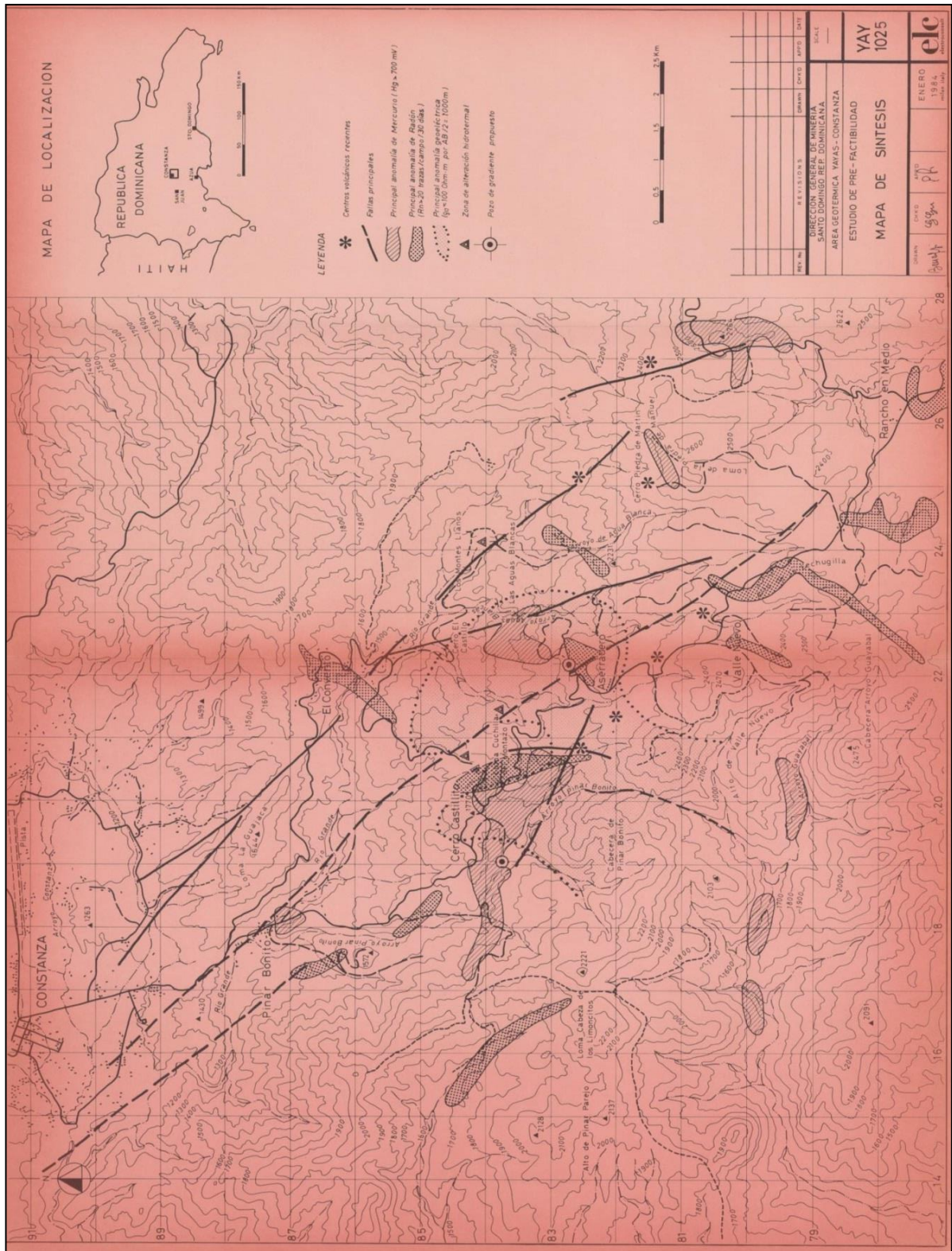


Figura 32 - Mapa de síntesis de los trabajos de exploración llevados a cabo en la zona de Yayas de Viajama-Constanza-Valle Nuevo (informe ELC).

Se concluyó que la coincidencia de todos estos criterios así como la existencia de alteraciones hidrotermales con capas de resistividad eléctrica reducida en el área de Cerro Castillito-Aguas Blancas hacían de esta área un sector geotérmico potencialmente activo, donde se podía esperar una temperatura elevada en profundidad y donde existían fracturas verticales que deberían permitir la llegada, a la superficie, de gases profundos. En el modelo conceptual y preliminar de la figura 33, los acuíferos profundos son totalmente alimentados por aguas meteóricas procedentes, por infiltración, de las lluvias que caen en las vertientes de la cordillera Central. Al profundizarse y al llegar en un ambiente de elevada anomalía térmica relacionada con el magmatismo sub-actual, esas aguas meteóricas se calientan gradualmente y fluyen, según su propio gradiente hidráulico. Es probable que la faja entre Constanza y Valle Nuevo, caracterizada por una permeabilidad particularmente acentuada debida a la intensa fracturación neo-tectónica, constituya un importante colector hídrico, hacia el cual converjan los fluidos calientes y a lo largo del cual estos fluyan (circulación convectiva de los fluidos). Según los resultados de este estudio, el acuífero principal del reservorio geotérmico podría corresponder a tobas litificadas y fracturadas de la formación del Tiro, que se encontraría a profundidades superiores a 1 500 m.

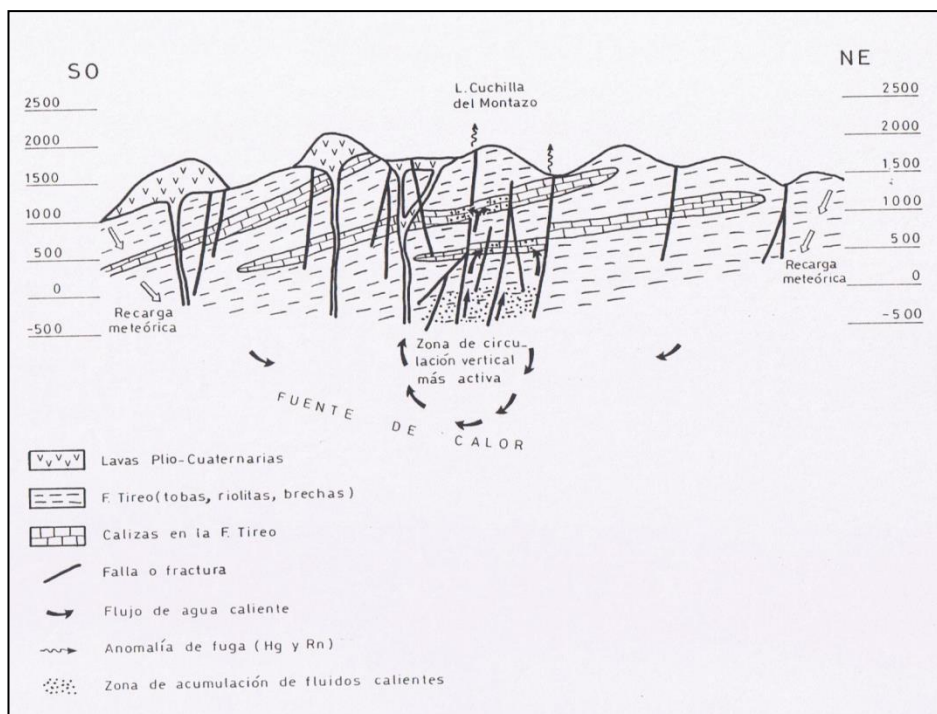


Figura 33 - Modelo conceptual y preliminar del sistema geotérmico potencial de la zona de Constanza-Valle Nuevo (informe ELC).

Al final de este estudio, se recomendó llevar a cabo prospecciones micro-sísmicas y magnetotélúricas complementarias, que puedan alcanzar una mayor profundidad de investigación que la precedente. Se dieron también recomendaciones para la implantación de sondeos de gradiente térmico de 300 a 500 m de profundidad.

Uno de los dos sondeos de gradiente térmico recomendados por este estudio en aquella área (GT-1; fig. 32), fue sufragado en 1984 por la DGM y acabado en Junio de 1986 (anexo 11). Se había planeado una profundidad de alrededor de 400 m, pero sólo unos 200 m pudieron ser perforados. Aunque los trabajos no llegaran a la profundidad recomendada, las investigaciones se abandonaron ya que en ese sondeo sólo se alcanzaron temperaturas del agua de 34°C, estimándose que la temperatura del reservorio profundo no superaría los 70-80°C, lo cual se consideró insuficiente para continuar las investigaciones (SGN, 2000).

## 2.4 OTROS ESTUDIOS INTERESANTES PARA LA GEOTERMIA

### 2.4.1 Datos procedentes de la exploración de hidrocarburos sobre las cuencas sedimentarias de Azua, San Juan y Enriquillo

Aunque no representen contextos favorables para la geotermia de alta temperatura ni pues, para la producción de electricidad, las principales cuencas sedimentarias de la República Dominicana como las de Azua, de San Juan y de Enriquillo, de dirección NO-SE (fig. 34), cuyo sub-suelo ha sido relativamente bien estudiado con la perforación de más de 80 pozos de exploración de hidrocarburos (fig. 35; anexo 3) y la realización de numerosas líneas sísmicas (9 líneas con un total de 42 km en la cuenca de Azua, 21 líneas con un total de 262 km en la cuenca de San Juan y 65 líneas con un total de 1 007 km en la cuenca de Enriquillo; BNDH-MEM, 2015), pueden ser investigadas para usos directos de la geotermia.

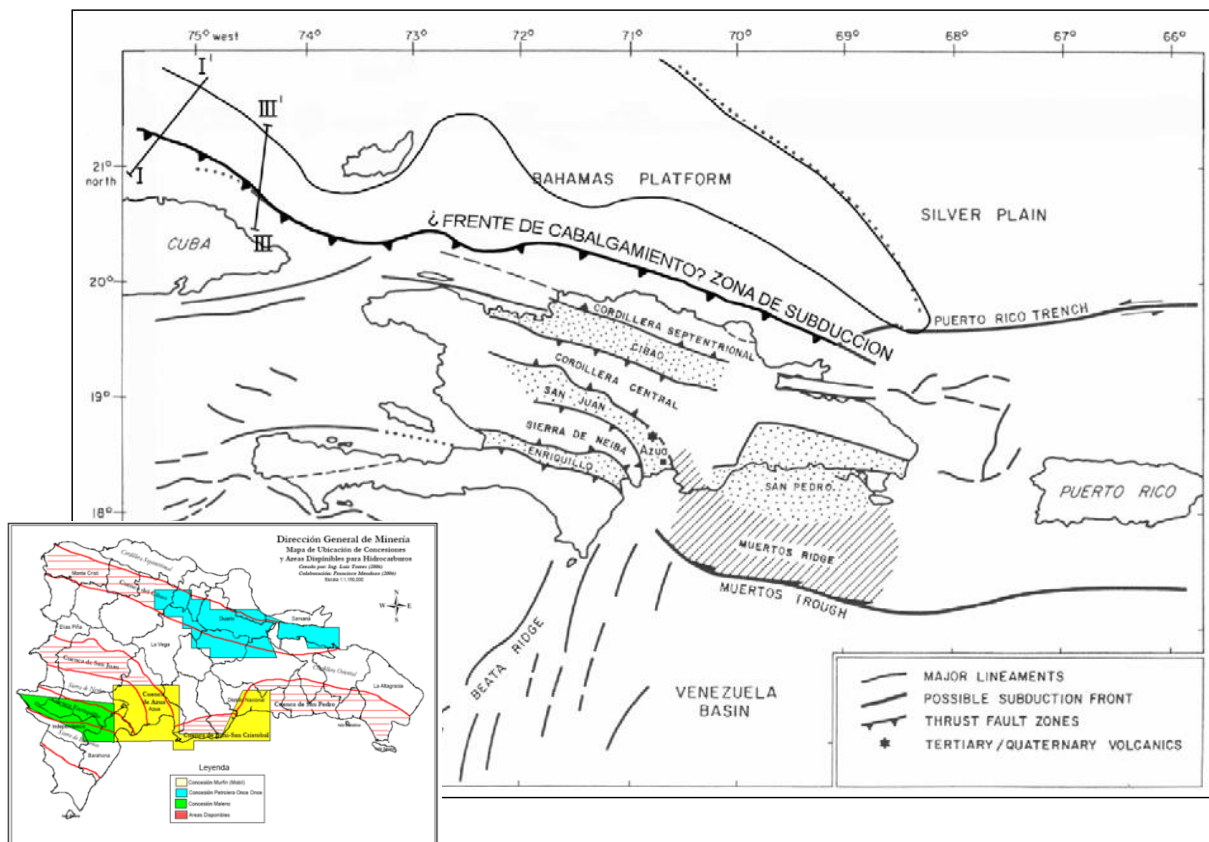


Figura 34 - Sistema de cuencas sedimentarias en la República Dominicana (documentos DGM y SGN de la República Dominicana).

En el marco de este estudio bibliográfico, no entraremos en el detalle de la estructura estratigráfica, ni tectónica de cada cuenca, que son de gran complejidad (fig. 36), pero nos interesaremos más bien a perfiles de temperatura obtenidos en función de la profundidad, a partir de los datos de pozos de exploración de hidrocarburos que corresponden, en la mayoría de las veces, a temperaturas del gradiente térmico más o menos normal, que se puede encontrar en este tipo de contexto geológico ( $\approx 30^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ; fig. 37).

Intentaremos también identificar, a partir de los mismos datos de esos pozos, algunas características de aguas encontradas en zonas permeables cruzadas por estos últimos aunque, como lo veremos, existen pocas informaciones de este tipo.

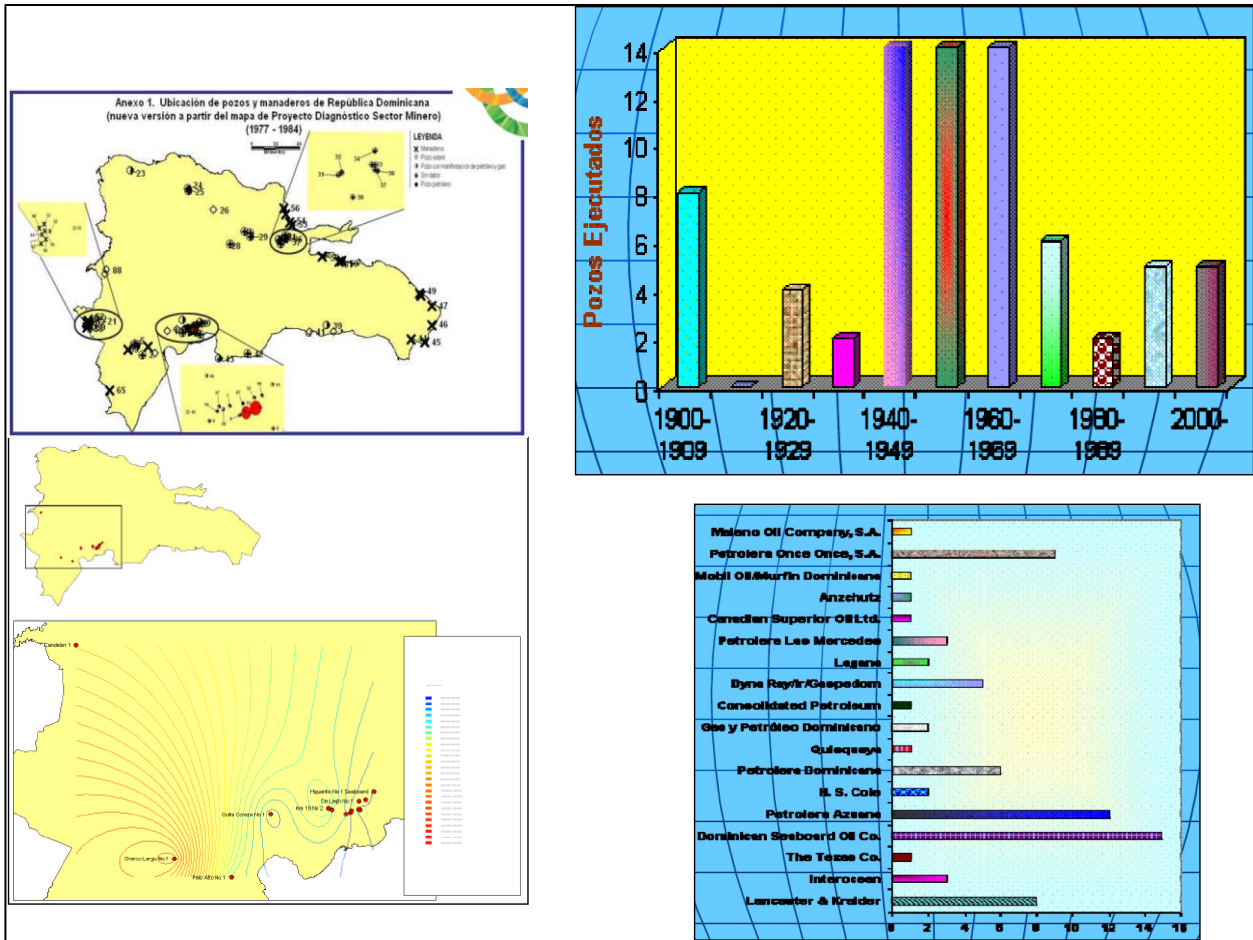


Figura 35 - Ubicación y número de pozos de exploración de hidrocarburo en la República Dominicana (documentos MEM).

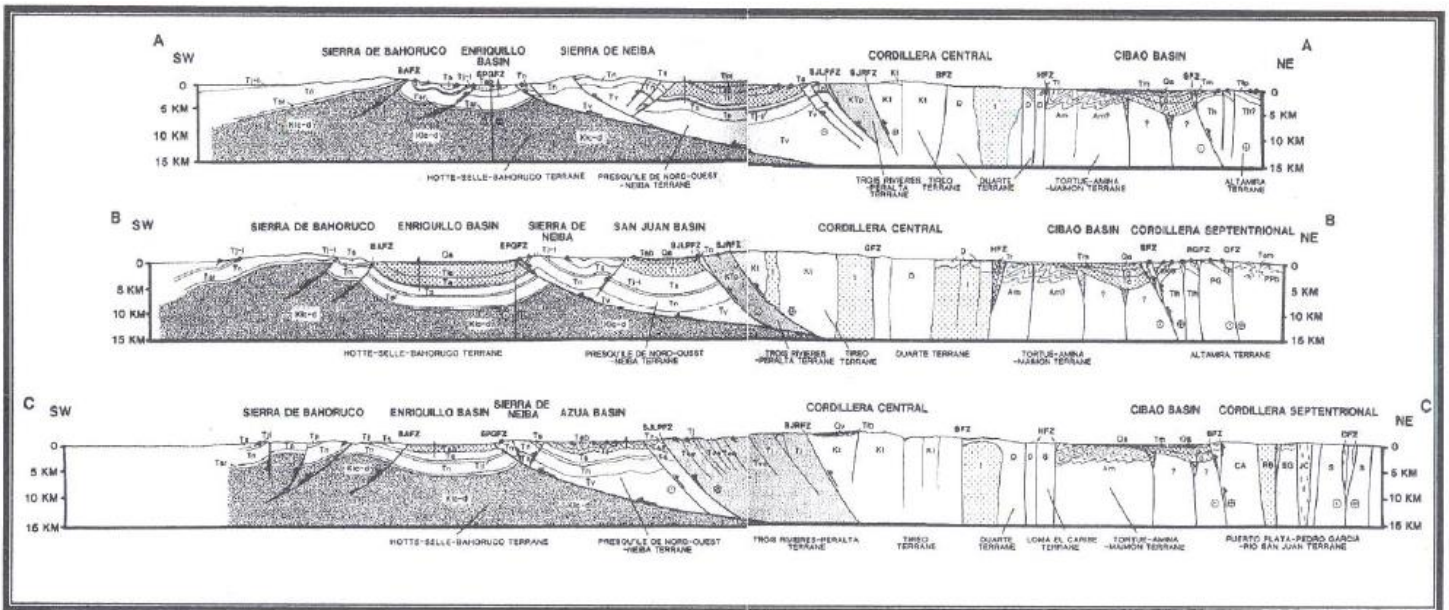


Figura 36 - Secciones geológicas estructurales de rumbo SO-NE, que atraviesan las cuencas sedimentarias de la región sur-este (compilación de Mann et al., 1991).

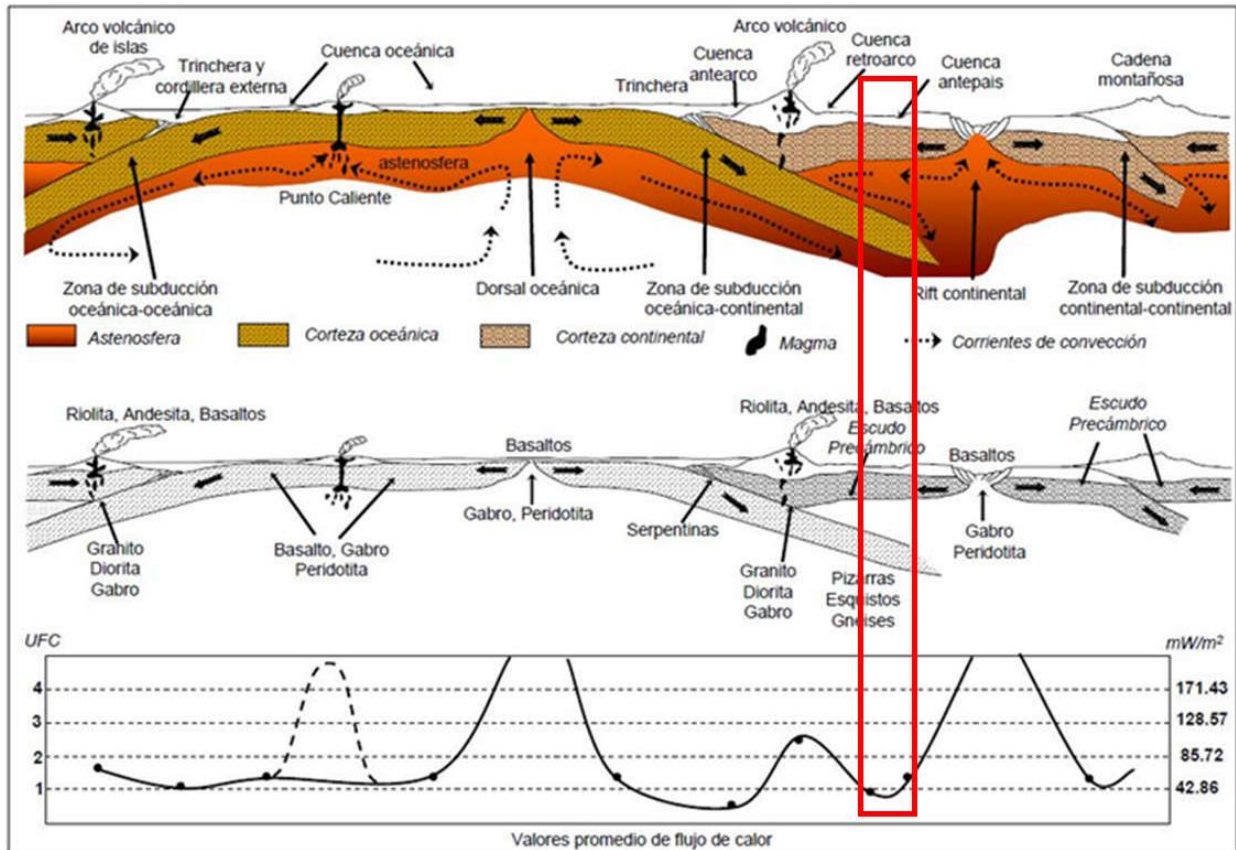


Figura 37 - Contextos tectónicos asociados a la distribución de rocas en la corteza y flujo de calor correspondiente (documentos BNDH del MEM).

### a) Formaciones de interés

Las cuencas de Azua, San Juan y Enriquillo tienen en común la presencia de las formaciones Neiba-Plaisance, Sombrerito y Trinchera, que son las formaciones que pueden ser profundas y más interesantes para tener temperaturas, por lo menos, superiores a 50°C. Las dos primeras son de origen carbonatado y de edad Eocénico Medio-Superior y Oligoceno. Constituyen las rocas más viejas descubiertas en los pozos y datadas en superficie. La formación Trinchera es de origen clástico y de edad Mioceno Medio.

Si las formaciones Neiba-Plaisance se diferencian bien en superficie, no es posible hacerlo en los pozos. La formación Plaisance se refiere a gruesos bancos de calizas cristalinas con nódulos de pedernal, aunque hay evidencias de biomicrofitas y mudstone, también fragmentos de corales y moluscos. La formación Neiba está constituida de estratos de calcilutitas duros, con lentes y nódulos de pedernal. Al parecer, esta formación es de aguas más profundas que la de Plaisance. Estas rocas se encuentran en sólo 4 pozos de los perforados y ningún pozo las atravesó. Tienen espesores mayores de 1 363 m en el pozo Maleno DT-1.

De los pozos que descubren estas formaciones, hay poca información, registros que permitan obtener algún dato interesante (anexo 4). Sólo en el pozo Maleno DT-1, se efectuó una prueba de formación entre 2 317 y 2 363 m de profundidad, donde se obtuvo una entrada no cuantificada de lodo y agua salada de 33 000 ppm; en el pozo, hubo manifestaciones de petróleo durante la perforación. El otro dato que pueda indicar que esta secuencia sea posible reservorio es el del pozo Palo Alto 1, que tuvo una pérdida de circulación a 1 704 m de profundidad.

La formación Sombrero está constituida, en superficie, por estratos delgados de calizas cretáceas hasta cristalinas, localmente micro-fosilíferas y porosas, de color gris que alternan con capas similares de margas y lutitas calcáreas grises con abundante fauna pelágica. Ha sido descubierta en 17 pozos y atravesada por cuatro de ellos. Está ubicada en diferentes posiciones siendo los pozos más altos el Higüerito 1 de Petrolera Azuana, con una entrada de petróleo, en el intervalo 737 m-747m, y el pozo Higüerito 1 de Dominican Seaboard, cuyo tope está a 735 m, pero sin datos que indiquen la presencia de petróleo. En el resto de los pozos, está más bajo y en los ensayos, por lo general, se obtuvo agua, agua y gas, agua con manchas de petróleo. El espesor atravesado por los pozos es variable entre 207 y 472 m de profundidad.

Aunque haya sido descubierta en varios pozos, la mayoría no tiene información que permita definir sus propiedades como reservorio (anexo 5). Sólo el pozo Charco Largo 1, perforado en la cuenca de Enriquillo, cuenta con material suficiente para ello. Se pudieron estimar valores de porosidad que varían, con la profundidad, de 16% entre 4 511 m y 4 535, a 12% entre 4 535 m y 4 572 m, y a 9% entre 4 572 m y 4 663 m.

La formación Trinchera es una secuencia clástica compuesta por arcillas, areniscas y conglomerados, margas y algunas calizas. Predominan las rocas arcillosas que pueden constituir sellos, pero con intercalaciones caóticas de arenas densas finas, a veces gruesas, donde se puede acumular petróleo; de hecho, la única producción de petróleo reportada en la República Dominicana procede de estas capas de areniscas. Esta formación aparece en todos los pozos perforados en las cuencas de Azua y de San Juan, y sólo en dos pozos de la cuenca de Enriquillo. El pozo descubridor es el Maleno 1 perforado por Dominican Seaboard en 1939, que produjo 12 997 bbl de petróleo. Los otros dos pozos productores fueron el Maleno 1A de Dominican Seaboard y el Maleno 3 perforado por Petrolera Azuana. Todos produjeron a profundidades inferiores a 150 m. También se reportó una pequeña entrada de petróleo en el pozo Higüerito 1 de Petrolera Azuana. En el pozo Maleno 2, se puede observar que las arenas o conglomerados tienen poco espesor, y resistividades y potencial espontáneo variables. En los pozos Charco Largo 1 y Maleno DT-1, que contemplan, el corte completo, se observa que predominan las bajas resistividades y potencial espontáneo positivo, que indican la presencia de arcilla. Las pocas informaciones sobre las características de llegadas de agua en esta formación figuran en el anexo 6. Estas llegadas de agua suelen ser generalmente bastante superficiales (< 600 m de profundidad).

Lo más interesante de la formación Trinchera es su carácter de sello, que por su extensión, puede constituir un sello regional para los carbonatos de la formación Sombrero que la infrayacen. En los pocos pozos que tienen registros que cubran a las formaciones Trinchera y Sombrero, se puede observar que la formación Trinchera, en su base, es totalmente arcillosa y que sobre-yace a la formación Sombrero. El espesor promedio de este sello fue estimado a 783 m.

Por encima de la formación Trinchera, aparecen las formaciones Arroyo Seco-Arroyo Blanco en 6 pozos de la cuenca de Azua y en 1 pozo de las cuencas de San Juan y Enriquillo. Estas formaciones son secuencias clásticas, pero con mayor aporte de conglomerados y menos arcillas, por lo que deben ser preferiblemente reservorios. Sin embargo, ninguna llegada de agua se menciona hasta profundidades de 4 000 m, como en el pozo Candelon-1 de la cuenca de San Juan.



**b) Ejemplos de gradientes térmicos en las diferentes cuencas sedimentarias**

La cuenca de Azua, con una extensión de 1 500 km<sup>2</sup> (fig. 34), es la más estudiada por los manaderos de petróleo y gas de Higüerito; además, se han realizado la mayoría de las perforaciones petrolíferas. La estructuración de esta cuenca es compleja por el intenso fallamiento, la cual condicionara la preservación de las trampas de hidrocarburos. De acuerdo con los datos de magnetometría del proyecto SYSMIN, se calcula un espesor sedimentario de hasta 10 km, al igual que su vecina, la cuenca San Juan. Una ficha sintética sobre los datos relativos a esta cuenca esta presentada en el anexo 7.

En el pozo Maleno DT-1 (fig. 38), se hicieron varias pruebas de formación y ensayos que, en la mayoría, arrojaron entradas de agua de diferentes salinidades; con esta información y la del ensayo de las formaciones Neiba-Plaisance en el pozo, se confeccionó un gráfico de dependencia de salinidad vs profundidad (fig. 39).

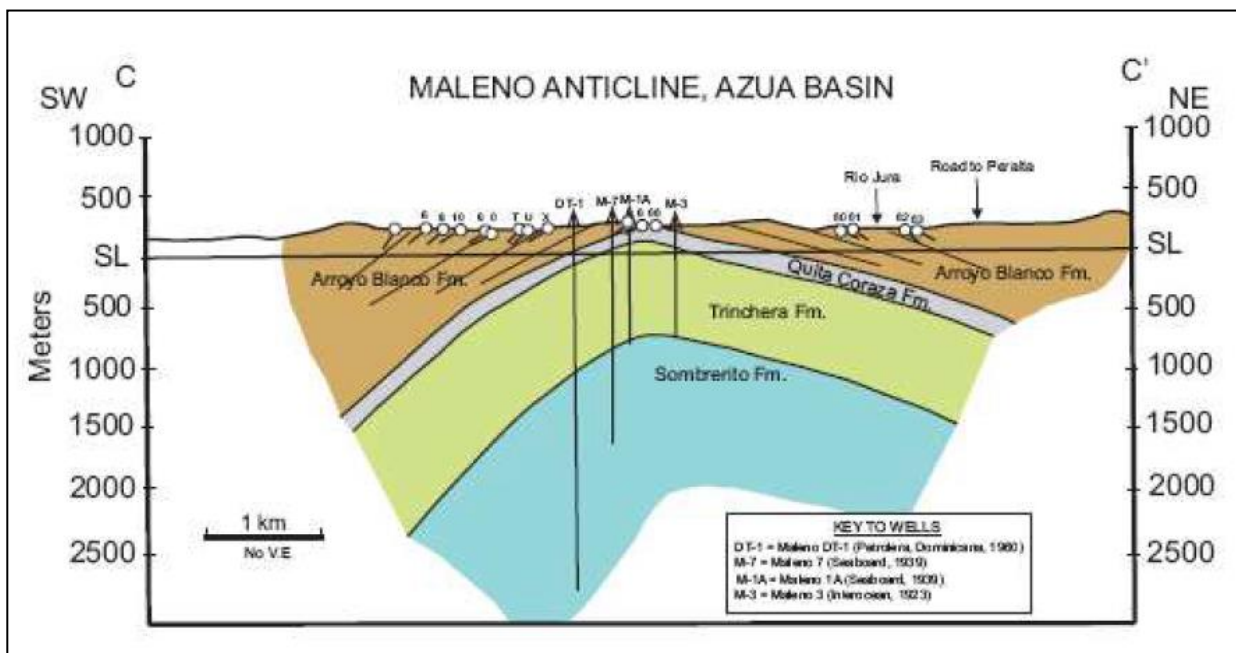


Figura 38 - Corte SO-NE del anticlinal Maleno en la cuenca sedimentaria de Azua (documento BNHD-MEM).

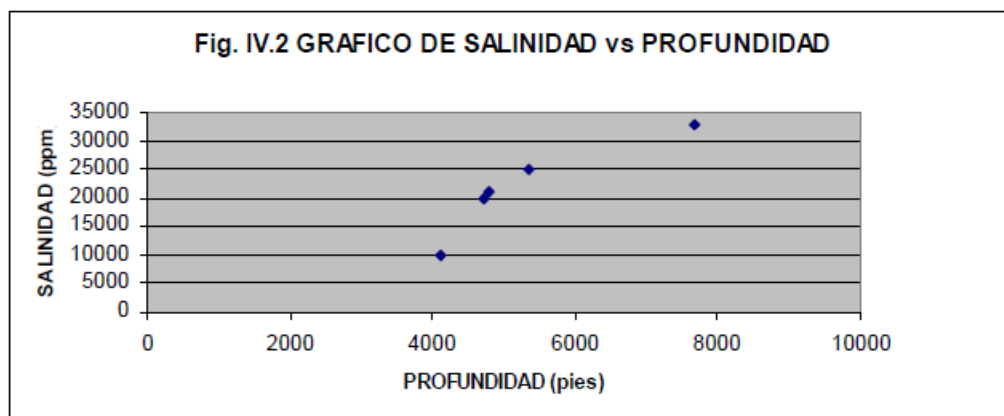


Figura 39 - Grafico de salinidad vs profundidad (pies) en el pozo Maleno DT-1 (documento BNDH-MEM).

A partir de este pozo con una profundidad final de 3 027 m, se pudo también establecer un perfil de temperatura en función de la profundidad (fig. 40). En el fondo del pozo, la temperatura está cerca de 97°C, lo que corresponde a un gradiente térmico más o menos normal (30°C/km).

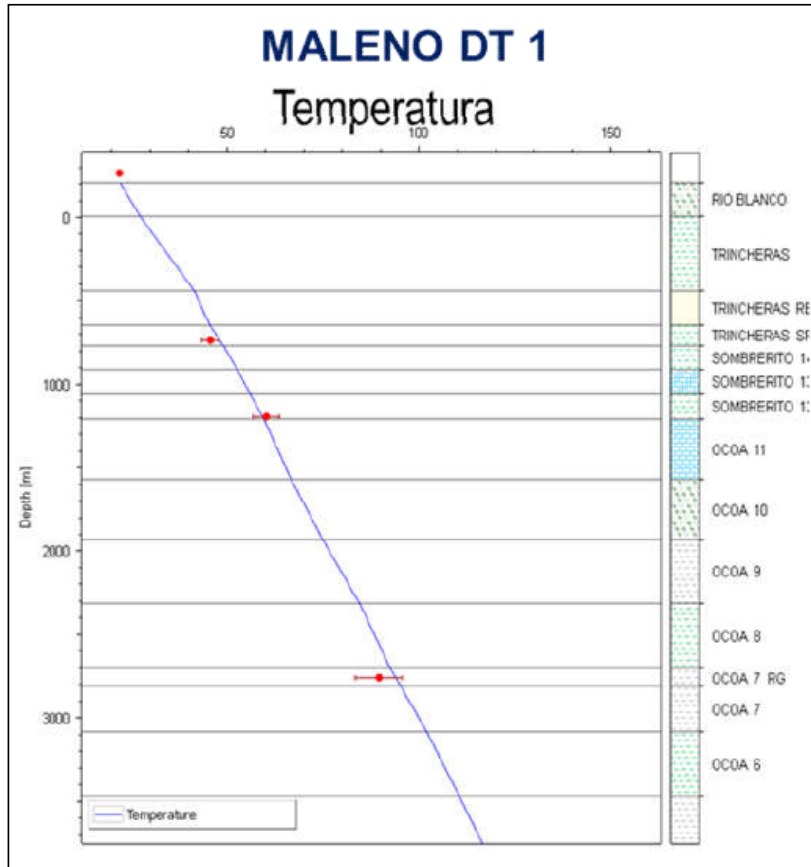


Figura 40 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Maleno DT-1 de la cuenca sedimentaria de Azua (documento BNDH-MEM).

La cuenca de San Juan ocupa una extensión de 2 000 km<sup>2</sup> en la parte central del territorio Dominicano (fig. 34). Tiene un rumbo de SE a NO, con una extensión de 100 km. Al igual que la cuenca de Azua, está limitada, tanto al norte como al sur, por fallas compresivas (o transpesivas) que buzan hacia el norte. Este sistema de fallas se desarrolla también en la zona interna de la cuenca donde se localizan múltiples dislocaciones derivadas de los sistemas principales. El espesor sedimentario calculado a partir de los datos de magnetometría es de 6 000 a 7 000 m. Una ficha sintética sobre los datos relativos a esta cuenca esta presentada en el anexo 8.

En el pozo Candelón 1, cuya profundidad final es de 3 947 m, las medidas de temperatura en función de la profundidad (fig. 41) indican la existencia de un gradiente térmico un poco inferior al normal (30°C/km). Se midió una temperatura cerca de 103°C en el fondo del pozo.

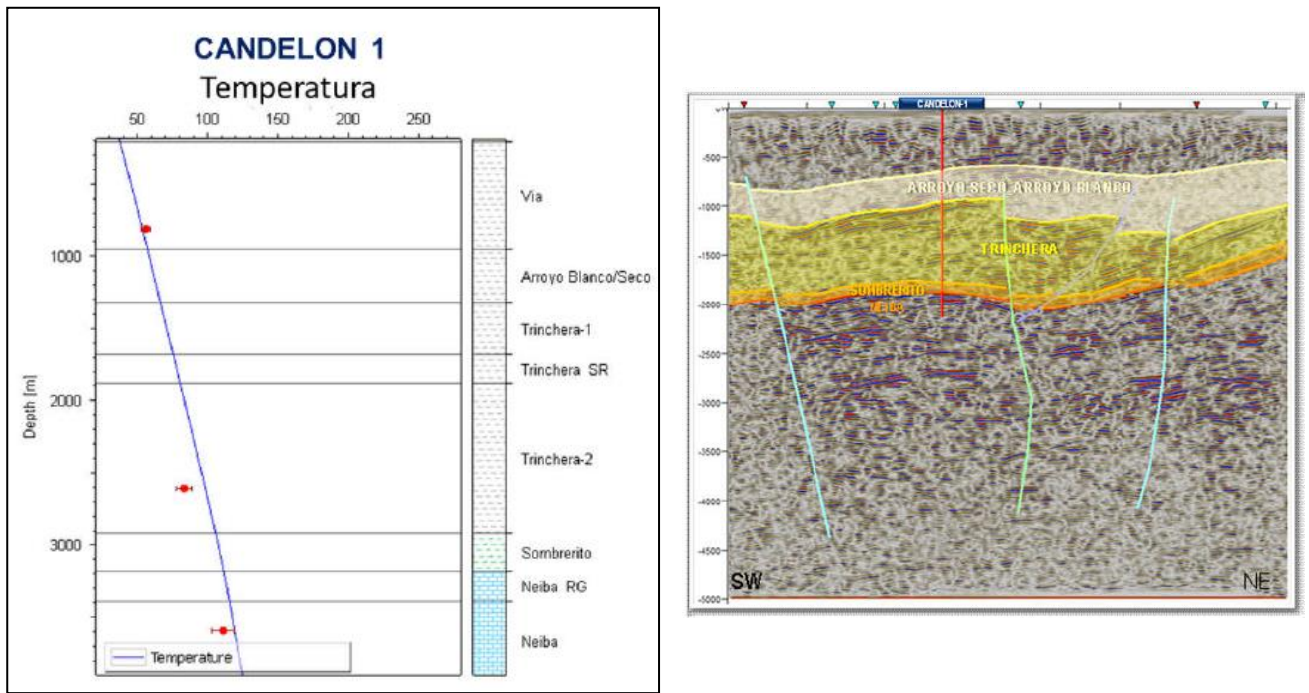


Figura 41 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Candelón 1 de la cuenca de San Juan (documento BNDH-MEM).

La cuenca de Enriquillo, localizada en el suroeste del territorio Dominicano (fig. 34), es una depresión alargada con rumbo NO-SE, que mide unos 96 km de largo por 22 km de ancho y está, en gran parte, situada bajo el nivel del mar (-44 m). Está delimitada, en el norte, por la sierra de Neiba, y en el sur, por la sierra de Bahoruco. El área que ocupa varía entre 1 950 km<sup>2</sup>, 2 100 km<sup>2</sup> y 3 300 km<sup>2</sup>, según diferentes autores. Las fallas que limitan, tanto por el norte como por el sur a esta cuenca, muestran una fuerte componente compresiva. El sistema de fallas, evidentemente transpesivo, indica una geometría de cabalgamiento de bajo ángulo, en las secciones geológicas. Las estructuras localizadas probablemente son una respuesta a esta compresión y muestran un rumbo NO-SE, y están limitadas por fallas de igual dirección. Se destaca la estructura Charco Largo, donde se perforó el pozo homónimo, así como los pozos Mella (fig. 42), que se muestra como un dúplex de bajo ángulo limitado por fallas inversas.

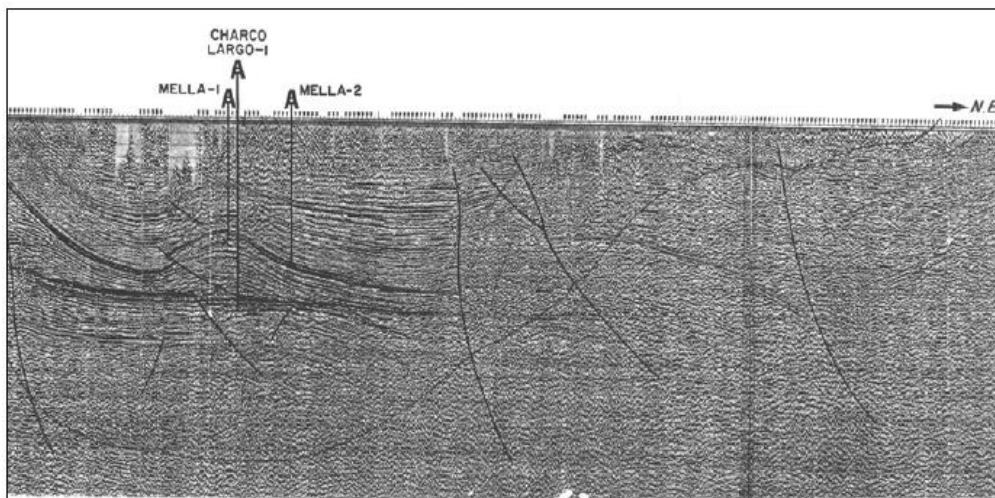


Figura 42 - Línea sísmica CS - III. 596 - 110 adquirida por Canadian Superior Oil LTD en 1979, en la cuenca de Enriquillo (documento BNDH-MEM).

El salto de las fallas normales que delimitan este graben con hundimiento reciente puede alcanzar 1 500 m, en particular en el sur. La cuenca esta también afectada por fallas transversas NE. El espesor sedimentario post-Cretácico de esta cuenca se sitúa entre 7 000 y 10 000 m. Las calizas masivas del Eocénico pueden constituir un buen reservorio potencial. Una ficha sintética sobre los datos relativos a esta cuenca está presentada en el anexo 9.

La existencia de las formaciones Angostura y Salinas, de edad Mioceno Inferior y Medio, que se ubican por encima de la formación Trinchera y que no aparecen en el corte tipo Azua-San Juan, es típica de la cuenca de Enriquillo.

La formación Angostura está constituida de estratos variables de 30-80 cm (a veces hasta 2 m) de yesos blancos a amarillentos, con capas de lutitas de color verde oscuro, con vetas de yesos. En la parte superior, los yesos inter-digitan a estratos masivos de sal gema (halita) muy pura. Aparece en muchos pozos perforados en la cuenca de Enriquillo, como los de Mella 1 y 2, Los Cabritos y Charco Largo 1 (fig. 43). Esta formación, por su litología, tiene eminentemente una función de sello. No obstante, en el pozo Cabrito 1, se reportó una pérdida de circulación a unos 600 m de profundidad, en unas calizas que se encuentran dentro de esta formación. En el pozo Charco Largo 1 (fig. 43), esta formación fue encontrada entre 2 398 m y 4 343 m. Si la base es arcillosa, la mayor parte, entre 2 398 m y 4 191 m, es evaporítica (anhidritas y sal), con intercalaciones arcillosas o de limolitas.

La formación Las Salinas está constituida por sedimentos clásticos como areniscas amarillas, lutitas grises y azules, areniscas calcáreas de grano fino con clastos de cuarzo, algunos feldspatos, calizas y rocas ígneas, conglomerados, que muestran estratificación y exhiben buena porosidad, aunque la cementación la reduce. Son depósitos de aguas poco profundas. Esta formación aparece en los pozos Mella 1 y 2, Los Cabritos 1 y Charco Largo 1. Según los datos relativos al pozo Charco Largo, esta formación tiene más carácter de reservorio que de sello. Ninguna llegada de agua fue observada hasta profundidades de 2 800 m, en los pozos perforados en esta formación.

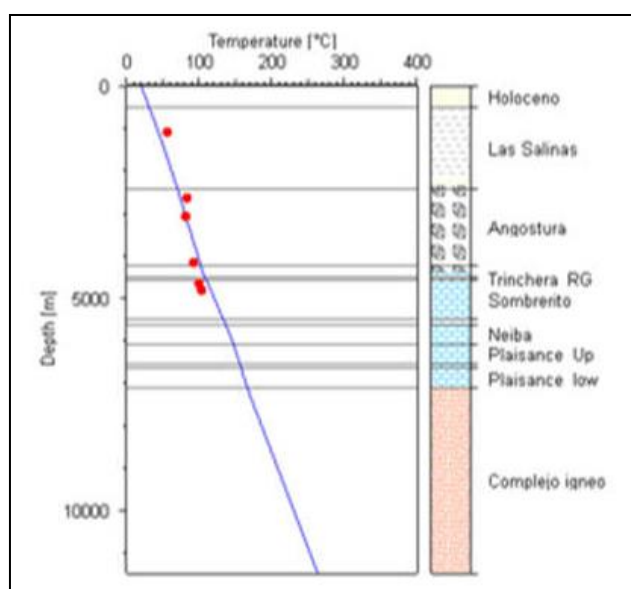


Figura 43 - Perfil de temperatura en función de la profundidad (m) obtenido en el pozo Charco Largo 1 de la cuenca de Enriquillo (documento BNDH-MEM).

En el pozo petrolífero Charco Largo 1, cuya profundidad final es de 4 827 m, las medidas de temperatura en función de la profundidad (fig. 43) indican la existencia de un gradiente térmico inferior al normal (30°C/km). Se midió una temperatura cerca de 110°C en el fondo del pozo.

### **c) Conclusión**

A partir de la base de datos referente a la exploración de hidrocarburos de la República Dominicana (BNDH-MEM), si se puede tener una buena idea de la estratigrafía geológica y del gradiente térmico más o menos normal de las cuencas sedimentarias de Azua, San Juan y Enriquillo, existen muy pocos datos relativos a las llegadas de aguas en los pozos perforados, lo que impide tener informaciones detalladas sobre sus características, especialmente los caudales, la salinidad y la composición química de esas aguas. Las formaciones profundas de calizas masivas del Eocénico y Oligoceno como las formaciones Neiba-Plaisance y Sombrerito parecen ser las formaciones más adecuadas para ser reservorios de agua con temperaturas superiores a 50°C.

#### **2.4.2 Aguas minerales y minero-medicinales**

En el marco del primer estudio de hidrogeología de la República Dominicana llevado a cabo por AQUATER dentro del programa SYSMIN (AQUATER, 2000), se estudiaron las aguas de nueve importantes manantiales localizados en la planicie costera oriental y en el valle de Neiba, con el objetivo de definir las características de esas aguas minero-medicinales.

Los manantiales estudiados fueron los siguientes:

- Bayahibe, que brota en la localidad de Bayahibe, en el municipio de La Romana, con una temperatura en su emergencia de 26.1°C, un agua mineral hipo-termal de tipo bicarbonato-alcalino-térreo, y un residuo fijo de 608 mg/l;
- Los Tres Ojos, que está en la localidad de Los Tres Ojos, en el municipio de Santo Domingo, con una temperatura en su emergencia de 26.8°C, un agua mineral de tipo bicarbonato-salado-sulfatado-yódico-alcalino-térreo, y un residuo fijo de 1 058 mg/l;
- Cachón al Medio, que brota en la localidad de Cachón al Medio, en el municipio de Villa Jaragua, con una temperatura en su emergencia de 25°C, un agua oligo-mineral hipotermal, y un residuo fijo de 280 mg/l;
- Las Caritas, que está en la localidad de Las Caritas, en el municipio de La Descubierta, con una temperatura en su emergencia de 24.9°C, un agua mineral hipotermal de tipo sulfúreo-salado-yódico, y un residuo fijo de 2 320 mg/l;
- Las Barias, que brota en la localidad de Las Barias, el municipio de La Descubierta, con una temperatura en su emergencia de 19.1°C, un agua oligo-mineral fría, y un residuo fijo de 210 mg/l;
- Bartolomé, que está en la localidad de Bartolomé, en el municipio de La Descubierta, con una temperatura en su emergencia de 24.6°C, un agua oligo-mineral hipotermal, y un residuo fijo de 362 mg/l;
- Bartolomé, que brota en un contexto análogo al precedente, con una temperatura en su emergencia de 24.3°C, un agua mineral hipotermal de tipo salado-yódico-bicarbonato-sulfatado-fluorurado, y un residuo fijo de 1 684 mg/l;
- Boca Cachón, que está en el municipio de Boca Cachón, con una temperatura en su emergencia de 26°C, un agua mineral hipotermal de tipo bicarbonato-salado-sulfatado-alcalino-térreo, y un residuo fijo de 840 mg/l;

- Duvergé, que brota en la localidad de La Surza, en el municipio de Duvergé, con una temperatura de emergencia de 23.3°C, un agua oligo-mineral hipotermal bicarbonato-salado-sulfato-alcálico-térrico, y un residuo fijo de 450 mg/l.

Sin embargo, ninguna de estas aguas mineralizadas presenta características de aguas calientes; en particular, las concentraciones de sílice son generalmente muy bajas (< 10 mg/l).

### 3. Conclusión

Este primer informe final del proyecto de evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana presenta, como convenido en los términos de referencia del contrato con el BID, los resultados obtenidos durante el estudio bibliográfico de los trabajos anteriores realizados no solamente en exploración geotérmica, pero también en geología y en hidrogeología. Integra también la colecta de datos existentes en geología, geoquímica, geofísica, hidrogeología y perforación de pozos profundos como los que provienen de la exploración de hidrocarburos, etc., que pueden ser interesantes para este proyecto (perfiles de temperatura y de permeabilidad en función de la profundidad, evidencias y caracterización de acuíferos profundos...).

En esta primera fase del proyecto, se confirmó que los dos principales estudios existentes de exploración geotérmica son el del BRGM en 1980 y el de ELC-ELECTROCONSULT, en 1984. Se descubrió también que un sondeo de gradiente térmico (GT-1) había sido perforado hasta una profundidad de 200 m, en la zona de Constanza-Valle Nuevo, y que la temperatura medida al fondo de este sondeo sólo había indicado 34°C. Después de este resultado decepcionante en una zona que había sido seleccionada por ELC-ELECTROCONSULT de interés geotérmico prioritario relativo a sus estudios de reconocimiento, no se persiguieron más investigaciones geotérmicas hasta este proyecto. A pesar de la ausencia de fuentes termales con índices de aguas profundas y calientes, contrariamente a las áreas de las fuentes termales de Guayabal y de Magueyal, situadas más al oeste, los criterios adoptados por ELC-ELECTROCONSULT para seleccionar esta zona fueron esencialmente vulcanológicos (migración del volcanismo más reciente hacia el NE con dataciones de 0.3 a 0.5 Ma, lo que sugiere la presencia de la fuente de calor más activa), en combinación con la existencia de un tectonismo particularmente intenso y la sobre-posición de fuertes anomalías de radón y mercurio, en los suelos.

De los numerosos datos interesantes que fueron encontrados durante este estudio bibliográfico, se pueden destacar los relativos al origen de los magmas del volcanismo Plio-Cuaternario y su explicación en el contexto geodinámico de La Española, que aún no están totalmente resueltos. Si este magmatismo dio comienzo hace algo menos de 3 Ma, los procesos de subducción aparentemente relacionados con la convergencia entre las placas del Caribe y de Norteamérica quedan mal establecidos. Las manifestaciones calco-alcalinas que resultan de estos procesos son las volumétricamente más importantes y su distribución espacial estaría condicionada por el avance de la cresta de la Beata hacia La Española, en sentido SO-NE, y favorecida por las fracturas de dirección NO-SE.

Un cambio en el régimen geodinámico, hace aproximadamente 1 Ma, provocó la actuación de grandes desgarres de orientación general E-O, y con ella, el ascenso de magmas alcalinos más profundos. Por último, los episodios magmáticos más recientes del área de Valle Nuevo, no tienen una correspondencia exacta con ninguno de estos dos procesos, pero parecen estar más cercanos a la actividad de la cresta de la Beata.

Los centros de emisión de tendencia alcalina como el centro de San Juan y los de la zona de Haití, suelen tener magmas más profundos, que se relacionan con fisuras en distensión. El carácter químico de las basanitas y basaltos de San Juan sitúan estas rocas en las secuencias alcalinas intra-placas y su origen debe haber sido provocado por la fusión parcial, en proporciones variables, del manto en condiciones anhidras, a aproximadamente 100-150 km de profundidad.

Estos fluidos poco diferenciados sugieren, por otro lado, un ascenso directo y rápido del magma desde su lugar de origen.

Otros datos muy interesantes son los relativos a los pozos de exploración de hidrocarburos, que se encuentran en la BNDH del MEM, y que han permitido dar perfiles de temperatura en función de la profundidad, en las cuencas de Azua, San Juan y Enriquillo. Sin embargo, desgraciadamente, hay muy poca información sobre los acuíferos profundos

De todos modos, todos estos datos volverán a ser considerados con los nuevos elementos aportados por nuestra campaña de campo de reconocimiento geotérmico, en las fases de interpretación de los resultados y de conclusiones de este proyecto.



## 5. Bibliografía

- AQUATER (2000) - Estudio Hidrogeológico Nacional (EHN) de la República Dominicana - Fase I. Seis informes finales AQUATER-INDRHI del programa de desarrollo geológico-minero SYSMIN de la Unión Europea - Convención Lomé IV.
- Benson W.E., Gerard R.D., Hay W.W. (1972) - Summary and conclusions. In D.E. Bader, R.D. Gerard *et al.*, 1972: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project, 4, *U.S. Government Print. off.*, 753 p.
- Bowin C.O. (1966) - Geology of Hispaniola in ocean, basin and margins, vol. 3, *Plenum Press*, 501-552.
- Byrne D.B., Suarez G., McCann W.R. (1985) - Muertos Trough subduction, microplate tectonics in the northern Caribbean? *Nature*, 317, 420-421.
- Case J.E., Holcombe T.L. (1980) - Geologic-Tectonic map of the Caribbean region: Reston, Virginia, USA, *U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Series Map I-1100*, scale: 1:2 500 000.
- Draper G., Lewis J.F. (1991) - Metamorphic belts of central Hispaniola. In: Mann P., Draper G. and Lewis J.F. (Eds), Geological and tectonic development of the North American-Caribbean plate boundary in Hispaniola. *Geol. Soc. America*, Special paper 262, 29-45.
- Driscoll N.W., Diebold J.B. (1998) - Deformation of the Caribbean region: one plate or two? *Geology*, 26 (11), 1043-1046.
- ELC (1984) - Proyecto geotérmico Yayas - Constanza. Estudio de pre-factibilidad, exploración de superficie. *Informe final ELC-ELECTROCONSULT*, 62 p. + 12 anexos.
- EPTISA (2004) - Estudio Hidrogeológico Nacional (EHN) de la República Dominicana - Fase II. Diez informes finales EPTISA-INDRHI del programa SYSMIN de la Unión Europea.
- García-Lobón J.L., Ayala C. (2007) - Cartografía geofísica de la República Dominicana: datos de densidad, susceptibilidad magnética y magnetización remanente. *Boletín Geológico y Minero*, 118 (2), 175-194.
- Gawell K., Reed M., Wright P.M. (1999) - Preliminary report: Geothermal Energy, the potential from clean power from the Earth. *Geothermal Energy Association*, Washington D.C. USA, 14 p.
- Granja Bruña J.L., Carbó-Gorosabel A., Llanes Estrada P., Muñoz-Martín A., ten Brink U.S., Gómez Ballesteros M., Druet M., Pazos A. (2014) - Morphostructure at the junction between the Beata ridge and the Greater Antilles island arc (offshore Hispaniola southern slope). *Tectonophysics*, 618, 138-163.
- Green D.H. (1970) - The origin of basaltic and nephelinitic magmas. *Trans. Leicester Literary and Philosophical Soc.*, vol. LXIV.
- Iundt F. (1980) - Proyecto de investigación geotérmica de la isla Hispaniola. Estudio de reconocimiento geoquímico. *Informe final BRGM-OLADE*, 24 p + 2 anexos.

- Ladd J.W. (1974) - Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 87, 969-976.
- Mann P., Draper G., Lewis J.F. (1991) - An overview of the geologic and tectonic development of Hispaniola. In: P. Mann, G. Draper and J.F. Lewis (Editors), Geologic and Tectonic Development of the North America-Caribbean Plate Boundary in Hispaniola. *Geol. Soc. Am., Spec. Pap.*, 262, 1-28.
- 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 northeastern Caribbean plate margin. *Tectonophysics*, 246, 1-69.
- Masson D.G., Scanlon K.M. (1991) - The neotectonic setting of Puerto Rico. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 103, 144-154.
- Mauffret A., Leroy S. (1999) - Neogene intraplate deformation of the Caribbean plate at the Beata Ridge. In: Hsü, K.J., (Series Ed.), *Sedimentary Basins of the World, 4. Caribbean Basins*. Mann, P. (Ed.), Elsevier Science, N. Y. 627-669.
- Mauffret A., Leroy S., Vila J.-M., Hallot E., Mercier de Lépinay B., Duncan R.A. (2001) - Prolonged magmatic and tectonic development of the Caribbean Igneous Province revealed by a diving submersible survey. *Mar. Geophys. Res.*, 22, 17-45.
- Mc Donald W.D., Melson W.G. (1969) - A late Cenozoic volcanic province in Hispaniola. *Caribbean J. Sci.*, vol. 9, n°3-4, 81-91.
- MEM (2015) - Proyecto de Base Nacional de Datos de Hidrocarburos de la República Dominicana (BNDH). *Segundo y tercer informe Schlumberger de avance*, 84 p. y 60 p.
- Mercado S., Nieva D. (1980) - Interpretación geoquímica de zonas de alteraciones hidrotermales de la República Dominicana. Informe final OLADE, 66 p.
- Mercier de Lépinay B., Mauffret A., Jany I., Bouysse P., Mascle A., Renard V., Stephan J.F., Hernandez E. (1988) - Une collision oblique sur la bordure nord-caraïbe à la jonction entre la ride de Beata et la fosse de Muertos. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 307 (Serie II), 1289-1296.
- Millot R., Guerrot C., Innocent Ch., Négrel Ph., Sanjuan B., 2011 - Chemical, multi-isotopic (Li-B-Sr-U-H-O) and thermal characterization of Triassic formation waters from the Paris Basin. *Chemical Geology*, 283, 226-241.
- Mollat H., Wagner B.M., Cepek P., Weiss W. (2004) - Mapa geológico de la República Dominicana al 1:250 000. *Informe final BGR*, 100 p.
- Muñoz S. (2004) - Cartografía geotemática en República Dominicana. *Documento SGN-MEPyD*, 9 p.
- SGN (2000) - Mapa geológico de la República Dominicana a escala 1:50 000. *Memoria asociada a la hoja de Viajama*, 122 p.
- Sykes L.R., McCann W.R., Kafka A.L. (1982) - Motion of Caribbean plate during the last 7 million years and implications for earlier Cenozoic movements. *Journal of Geophysical Research*, 87, 10656-76.

- Terrier M. (2007) - Réalisation d'un zonage sismique de la plaque caraïbe préalable aux choix de scénarios de tsunamis aux Antilles françaises. *Rapport BRGM/RP-55376-FR*, 77 p.
- Traineau H., Westercamp D. (1980) - Proyecto de investigación geotérmica de la isla Hispaniola. Estudio de reconocimiento geo-volcanológico. *Informe final BRGM-OLADE*, 40 p.
- van den Berghe, B. (1983) - Evolution sédimentaire et structurale depuis le Paléocène du secteur Massif de la Selle (Haïti) - Bahoruco (République Dominicaine) - Nord de la Ride de Beata dans l'orogène nord Caraïbe (Hispaniola-Grandes Antilles). *PhD Université Pierre-et-Marie-Curie* (N° 83-36, 205 p.).
- Varet J. (1980) - Projet de recherche géothermique en République Dominicaine. Etude de reconnaissance, synthèse et recommandations. *Rapport final BRGM-OLADE*, 26 p. + 1 anexo.




## **Anexo 1**

### **Minuta de la estancia de Junio 2016 destinada a iniciar este proyecto**



**AGENDA SEMANA DEL 12 AL 17 DE JUNIO DE 2016**  
**PROYECTO DE INVESTIGACION GEOTERMIA, BERNARD SANJUAN DEL BRGM**

| Domingo 12                                            | Lunes 13                                                                                                                                                                                                                       | Martes 14                                                                                                                                       | Miércoles 15                                                                                                                             | Jueves 16                                                                                                                                                       | Viernes 17                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                       | 10:30 am<br>Reunión con Oscar De la Maza y Santiago Muñoz en el Ministerio de Energía y Minas (MEM)<br><br>11:00 am<br>Reunión con el Vice-Ministro Ernesto Vilarta, Oscar De la Maza, Vilma Arbaje y Santiago Muñoz en el MEM | 8:00 am<br>Charla de Geotermia en el MEM en presencia del Vice-Ministro Ernesto Vilarta<br><br>10:00 am<br>Continuación de trabajos Oficina SGN | 9:00 am<br>Reunión de trabajo en el MEM, revisión Base de Datos de Hidrocarburos<br><br>11:00 am<br>Continuación de trabajos Oficina SGN | 9:00 am<br>Continuación de trabajos Oficina SGN                                                                                                                 | 10:00 am<br>Reunión informativa y despedida de Bernard Sanjuan con el Vice-Ministro Ernesto Vilarta, Oscar De la Maza y Santiago Muñoz en el MEM<br><br>12:00 am<br>Reunión de Cierre y despedida de Bernard Sanjuan con Santiago Muñoz y el equipo de proyecto SGN, Oficina SGN |
| 1:00 a 2:30 pm                                        | Hora de Almuerzo                                                                                                                                                                                                               | Hora de Almuerzo                                                                                                                                | Hora de Almuerzo                                                                                                                         | Hora de Almuerzo                                                                                                                                                | Hora de Almuerzo                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8:00 pm<br>Llegada de Bernard Sanjuan a Santo Domingo | 2:00 pm<br>Reunión de trabajo, Oficina Servicio Geológico Nacional (SGN)                                                                                                                                                       | 2:00 pm<br>Continuación de trabajos Oficina SGN                                                                                                 | 3:00 pm<br>Reunión Oficina SGN con GEOCIVIL para tratar tema de perforaciones antiguas y posible en el futuro                            | 2:00 pm<br>Continuación de trabajos Oficina SGN.<br><br>7:00 pm<br>Charla de Geotermia en la Sociedad Dominicana de Geología, con el auspicio del MEM y del SGN | Regreso de Bernard Sanjuan a Francia                                                                                                                                                                                                                                             |



Ref.: DGR/REG N°36/2016 BS/EO Orleans, el 6 de julio 2016

| MINUTA DE ESTANCIA                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Redactor: B. Sanjuan                                                                                                                                                                                                                                                     | Entidad: DGR/REG     |
| Objeto: Estancia de B. Sanjuan en República Dominicana referente al lanzamiento del proyecto de evaluación del potencial geotérmico en este país                                                                                                                         |                      |
| Fecha: del domingo 12 al viernes 17 de Junio de 2016                                                                                                                                                                                                                     | Lugar: Santo Domingo |
| Difusión: Oscar de la Maza (MEM), Santiago Muñoz, Jesús Rodríguez, Yenny Rodríguez, Australia, María Caizadilla, Leonardo Concepción (SGN), Bernard Sanjuan, Vincent Bouchot, Alexis Gutierrez, Frederick Gal, Jean-Philippe Rançon (BRGM), Erwan Bourdon (CFG Services) |                      |

| RESUMEN Y CONCLUSIONES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>1 – Agenda semana del 12 al 17 de Junio de 2016 del proyecto de evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ver agenda adjunto a este documento.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <p><b>2 – Reunión en el Ministerio de la Energía y de las Minas (MEM), Avenida Tiradentes – Lunes 13 de Junio por la mañana</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión con Oscar de la Maza (Director de Energía Renovable) y Santiago Muñoz (Director del Servicio de Geología Nacional, SGN) para hablar del proyecto de evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana, en general, y preparar la semana de trabajo;</li> <li>• Reunión con el vice-Ministro de energía Ernesto Vilarta, Vilma Arbaje (Directora de Cooperación y de Relaciones Internacionales), Miguel Torres (Coordinador de Cooperación), Oscar de La Maza y Santiago Muñoz para discutir de los principales objetivos y etapas del proyecto. Se seguirá con máxima atención e interés el desarrollo de este proyecto.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><b>3 – Reunión en oficina del Servicio Geológico Nacional, Avenida Winston Churchill – Lunes 13 de Junio por la tarde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión con Santiago Muñoz, Oscar de la Maza, Jesús Rodríguez y Yenny Rodríguez para definir los equipos SGN y BRGM que formaran parte del proyecto así como la planificación de los trabajos. El proyecto será también seguido por Oscar de la Maza en lo que se refiere al MEM;</li> <li>• Equipo SGN: Santiago Muñoz (Director), Jesús Rodríguez (Recursos geológicos y mineros), Yenny Rodríguez (Hidrogeología y Calidad de aguas), Australia Ramirez (Hidrogeología y Calidad de aguas), María Caizadilla (Geología Ambiental y Aplicada), Leonardo Concepción y Francisco Mendoza (Sistema Geográfico de Información);</li> <li>• Equipo BRGM: Bernard Sanjuan (Jefe de proyecto y Geoquímica Aguas), Vincent Bouchot (Geología), Frederick Gal (Geoquímica Aguas y Gases), Alexis Gutierrez (Hidrogeología), Erwan Bourdon (Estudio técnico-económico), Mathieu Darnet (Geofísica), Jean-Philippe Rançon (Director internacional);</li> </ul> |

M 192 (20/07/06) 1/5

- La primera fase del proyecto consiste en un levantamiento de la información el más completo posible integrando todos los documentos existentes en el SGN, el MEM y el BRGM que puedan ser interesantes para el proyecto. Una lista de estos documentos figura a continuación, en esta minuta. A partir de estos documentos, se establecerá un mapa sintético reuniendo las informaciones geológicas (formaciones geológicas, principales estructuras y zonas de alteración hidrotermal, etc.), geoquímicas (fuentes termales con temperaturas y composición química del agua) e hidrogeológicas (las más importantes). La segunda fase del proyecto - la campaña de terreno relativa al levantamiento geológico y estructural, al muestreo de 10 a 15 aguas termales y a la hidrogeología - que tiene como principal objetivo, completar los resultados existentes y mejorar las conclusiones de los trabajos anteriores, se iniciará a mediados de octubre y será focalizada en la zona definida como prioritaria en los precedentes estudios (eje Yayas de Viajama - Constanza). Sin embargo, otras zonas interesantes como las de Azua, San Juan, y Canoa serán también investigadas. La interpretación de los resultados que se prevé para principios del año 2017 deberá esperar la realización de los análisis petrográficos y mineralógicos de las zonas de alteración hidrotermal, de las dos dataciones de rocas previstas y de los análisis geoquímicos de las aguas de las fuentes termales. La tercera fase del proyecto, un estudio técnico-económico preliminar, realizado por la compañía CFG Services subsidiaria del BRGM, pasará en revista las necesidades de energía de la República Dominicana y las principales respuestas que podría aportar la geotermia, según los resultados obtenidos en este proyecto sobre los recursos geotérmicos. En la cuarta fase del proyecto, se discutirá de la continuación de este último después del análisis de los resultados obtenidos en el informe final;
- Bernard Sanjuan enviará los términos de referencias del proyecto asociados al contrato entre el BRGM y la BID (Annex B) a Santiago Muñoz y Oscar de la Maza.

**4 – Reunión en el Ministerio de la Energía y de las Minas (MEM), Avenida Tiradentes – Martes 14 de Junio por la mañana**

- Presentación general referente a la geotermia con enfoque al proyecto de evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana, al final de esta presentación, en presencia de Vice-Ministro de la Energía y de una parte de su equipo del Ministerio, así como del Director del SGN. La presentación Power Point fue entregada a Oscar de la Maza.



2/5

**6 – Reunión en el Ministerio de la Energía y de las Minas (MEM), Avenida Tiradentes – Miércoles 16 de Junio por la mañana**

- Reunión de trabajo con Santiago Muñoz, Oscar de la Maza, Jesús Rodríguez y el equipo del Ministerio encargado de la base numérica de datos de Hidrocarburos para revisar, ver cómo funciona e interrogar esta base. La base se puede consultar muy fácilmente en la siguiente dirección del sitio Web: [www.mem.gob.do](http://www.mem.gob.do) (clic visita de la base nacional de datos de hidrocarburos – BNDH). Se requiere Internet Explorer 8 o versión superior. Charra con el Vice-Ministro de los Hidrocarburos Alberto Reyes sobre la base de datos. A primera vista, existen pocos datos de temperatura de los 80 pozos que constituyen la base de datos pero un examen más profundizado es necesario. Existen también otros datos (litología de los pozos, datos geofísicos, etc., que pueden interesar el estudio geotérmico).

**6 – Reunión en oficina del Servicio Geológico Nacional, Avenida Winston Churchill – Miércoles 16 de Junio por la tarde**

- Reunión con Santiago Muñoz, Oscar de la Maza y la sociedad GEOCIVIL (Juan Gil Argelés y Alejandro Gil), especialista de investigaciones del subsuelo y de remediaciones geotécnicas desde 1954, para tratar el tema de las perforaciones antiguas y posibles en el futuro. En septiembre de 1981, Juan Gil participó a la realización de 3 sondeos de gradiente térmico (dos a 60 m de profundidad y uno a 200 m) en la zona de Magueyales. Uno de los sondeos de 50 m indicó una temperatura alrededor de 57°C al fondo del pozo. La profundidad máxima de los pozos realizados por GEOCIVIL no ha superado 500 m. Para saber más sobre datos de sondeos de la zona de Constanza - Padre las Casas (200-300 m de profundidad), Juan Gil dio las señas de los ingenieros civiles de Minería Julio Espayot y Guillermo Panlagua (móvil: 8092231334, oficina: 8095633873), que Santiago Muñoz consultara. Presencia de indicios de aguas tibias en las zonas de San José de las Matas, Río Bao, Azua-Guayabal y Nelba - Las Marías;
- Alejandro Gil entregó a los participantes un folleto de los servicios ofrecidos por la sociedad GEOCIVIL. Posibilidad de realizar pozos hasta 1000 m de profundidad.

**7 – Charra de geotermia en la Sociedad Dominicana de Geología, con el auspicio del Ministerio de Energía y Minas y el Servicio Geológico Nacional – Jueves 16 de Junio por la tarde**

- Entrega del archivo de la charra a Santiago Muñoz.

**8 – Reunión en oficina del Servicio Geológico Nacional, Avenida Winston Churchill – Martes 14 y Jueves 16 de Junio**

- Discusiones con María Calzadilla y Jesús Rodríguez sobre zonas que podrían ser potencialmente interesantes para el proyecto de geotermia (aguas termales de la Sierra de Nelba, aguas termales del río Bao, olor azufre en el río Biran, fuente caliente de Barahona en una mina de travertino, zona de Azua - Vicente Noble con un yacimiento de travertino, agua caliente en Nagua...). La zona de Bao Cachón está probablemente encharcada con la presa Montegrande en construcción. ONAMET es la oficina Nacional de Meteorología. INDRHI: Recursos hidráulicos, red telemétrica de medida de caudales;
- Colecta de todas las informaciones disponibles en el SGN que podrían ser interesantes para el proyecto de geotermia. Hasta ahora se posee los principales documentos siguientes:

3/5

- los Informes del BRGM-OLADE de 1980 sobre el proyecto de investigación geotérmica de la República Dominicana (originales disponibles en el BRGM);
- el informe de ELECTROCONSULT de 1984 sobre el proyecto geotérmico Yayas-Constanza - Estudio de prefactibilidad, exploración de superficie (original disponible en el SGN);
- Gawell Karl, Reed Marshall y Wright Michael (1999) - Preliminary Report: Geothermal Energy. The Potential from Clean Power from the Earth, Geothermal Energy association, Washington D.C. USA;
- las hojas topográficas de las zonas de interés geotérmico;
- la cartografía geológica de la República Dominicana hecha en el marco del programa SYSMIN financiado por la Unión Europea a través del FED-Convênio LOMÉ IV;
- las fotos satélites realizadas dentro del mismo programa SYSMIN de la República Dominicana (trabajo ejecutado por Spot Image y supervisado por la Utg -Sysmin);
- el estudio hidrogeológico nacional hecho por AQUATER en febrero 2000, República Dominicana - UE, Programa de Desarrollo Geológico-Minero (SYSMIN) Convención Lomé IV;
- el estudio hidrogeológico nacional hecho por EPTISA e INDRHI en noviembre 2004, también en el marco del programa SYSMIN;
- el estudio de cartografía geofísica aeroportada de la República Dominicana (datos de densidad, susceptibilidad magnética y magnetización remanente) hecho por el IGME y el BRGM en el marco del mismo programa SYSMIN;
- el estudio geoquímico de los suelos de la República Dominicana hecho también en el marco del mismo programa SYSMIN.

- Determinación por Leonardo Concepción y Jesús Rodríguez de las coordenadas UTM X y UTM Y de las fuentes termales estudiadas por ELECTROCONSULT en 1984, a partir del mapa hidrogeoquímico que se encuentra al final del informe del proyecto geotérmico Yayas-Constanza (estudio de prefactibilidad, exploración de superficie). Integración de los datos geoquímicos correspondientes a estas fuentes en la tabla relativa a las fuentes termales existentes en República Dominicana creada para este nuevo proyecto (ver documento Excel adjunto);
- A partir de estos datos y de los demás datos existentes relativos a la geología (mapa geológico, centros volcánicos recientes, fallas principales, zonas de alteración hidrotermal, etc.), a la geoquímica (principales anomalías de mercurio y de radón,...), a la geofísica y a la hidrogeología, el equipo SIG del SGN, con el apoyo de Jesús Rodríguez, de Bernard Sanjuan y de los equipos de proyecto, establecerá un mapa sintético que evolucionará según se vayan adquiriendo nuevos datos;
- Para la campaña de terreno SGN-BRGM en geología, geoquímica e hidrogeología de dos semanas prevista a mediados de octubre, se necesitará preparar previamente el programa correspondiente entre el BRGM y el SGN para prever los lugares de hospedaje, dos vehículos 4x4 con chóferes y el material necesario. El SGN que está presente en República Dominicana se encargará de hacer las reservaciones necesarias. El BRGM traerá consigo la mayoría del material necesario para la campaña de muestreo del agua y gases de las fuentes termales.

4/5

**10 – Reunión en el Ministerio de la Energía y de las Minas (MEM), Avenida Tiradentes – Viernes 17 de Junio por la mañana**

- Reunión de cierre y de balance del lanzamiento del proyecto de geotermia con Oscar de la Maza y Santiago Muñoz. Entrega de Oscar de la Maza a Bernard Sanjuan de las fotos correspondientes a la firma del contrato entre la BID y el BRGM, y a la presentación de la geotermia hecha en el MEM el martes por la mañana. Entrega también de varios archivos relativos a la estrategia nacional de desarrollo energético hasta el 2030, de planes estratégicos y energéticos así como numerosas leyes referentes al desarrollo energético del país, documentos necesarios al estudio técnico-económico de este proyecto;
- Reunión informativa con el Vice-Ministro Ernesto Viarta y despedida de este último y de Oscar de las Mazas.

**11 – Reunión en oficina del Servicio Geológico Nacional, Avenida Winston Churchill – Viernes 17 de Junio por la mañana**

- Despedida de Santiago Muñoz y del equipo de proyecto del SGN.

**12 – Regreso de Bernard Sanjuan a Orleans, Francia - Viernes 17 de Junio por la tarde**

| Asedón                                                                                                                                                 | Responsable                                                                     | Plazo                      | Acabado |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------|
| Mandar a Santiago Muñoz y a Oscar de la Maza los términos de referencias del proyecto asociados al contrato entre el BRGM y la BID (Annex B)           | B. Sanjuan                                                                      | Inmediato                  | X       |
| Realización de un mapa sintético que integre las informaciones más importantes en geología, geoquímica e hidrogeológica para la exploración geotérmica | Equipo SIG del SGN con apoyo de J. Rodríguez, B. Sanjuan y equipos del proyecto | Septiembre 2016            |         |
| Consulta de la base de datos hidrocarburos                                                                                                             | Equipos SGN y BRGM del proyecto                                                 | Finales de Septiembre 2016 |         |
| Consulta de la mayoría de los documentos SGN-BRGM                                                                                                      | Equipos SGN y BRGM del proyecto                                                 | Finales de Septiembre 2016 |         |
| Preparación de la campaña de terreno SGN-BRGM de 2 semanas prevista a mediados de octubre                                                              | J. Rodríguez, B. Sanjuan y equipos del proyecto                                 | Finales de Septiembre 2016 |         |

5/5



## **Anexo 2**

### **Resultados de los análisis químicos e isotópicos relativos a las aguas termales y los gases libres asociados de la República Dominicana estudiados por el BRGM en 1980 y ELC-ELECTROCONSULT en 1984**



Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico

| Nombre del punto de agua | Número | Fecha del análisis | Latitud | Longitud | Coor Utm X | Coor Utm Y | Caudal l/mn | T °C | Conductividad µS/cm | pH   | Na mg/l | K mg/l | Ca mg/l | Mg mg/l | Cl mg/l | HCO <sub>3</sub> mg/l | SO <sub>4</sub> mg/l | SiO <sub>2</sub> mg/l | TDS mg/l | NH <sub>4</sub> mg/l | Li µg/l | B µg/l | BI %   |
|--------------------------|--------|--------------------|---------|----------|------------|------------|-------------|------|---------------------|------|---------|--------|---------|---------|---------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------|----------------------|---------|--------|--------|
| San José Las Matas (M)   | 54     | 24/10/1979         | 70°54'W | 19°15'N  | 300297     | 2129582    | 6           | 35.0 | 615                 | 7.36 | 86.2    | 1.6    | 52.1    | 1.9     | 46.1    | 78.7                  | 207                  | 45.8                  | 474      |                      |         |        | -5.35  |
| La Surza (M)             | 55     | 24/10/1979         |         |          |            |            | 30          | 32.5 | 663                 | 9.38 | 105     | 0.12   | 38.5    | 0.15    | 186     | 253                   | 50.9                 | 29.1                  | 477      |                      |         |        | -46.63 |
| Canoa (M)                | 56     | 27/10/1979         |         |          | 270860     | 2032223    | 360         | 42.0 | 5360                | 6.58 | 989     | 46.9   | 240     | 81.9    | 1718    | 635                   | 531                  | 46.6                  | 2574     |                      | 390     | 2590   | -10.39 |
| Magueyales (M)           | 57     | 27/10/1979         | 71°10'W | 18°35'N  | 271353     | 2056103    | 120         | 39.0 | 7420                | 6.34 | 1489    | 106    | 331     | 127     | 2734    | 1251                  | 150                  | 30.0                  | 3491     |                      | 1460    | 5371   | -6.22  |
| Padre Las Casas (M)      | 58     | 28/10/1979         |         |          | 311598     | 2077097    | 480         | 34.5 | 5750                | 6.19 | 1199    | 242    | 272     | 28.0    | 1925    | 1165                  | 198                  | 26.5                  | 3137     |                      | 1520    | 4480   | -4.03  |
| Galindo (M)              | 59     | 29/10/1979         | 70°57'W | 18°24'N  | 294006     | 2035548    | 72          | 35.0 | 1190                | 7.02 | 156     | 11.3   | 77.0    | 35.0    | 226     | 390                   | 85.5                 | 34.7                  | 789      |                      | 150     | 90     | -5.21  |
| Ranchería alta (M)       | 60     | 29/10/1979         | 70°55'W | 18°22'N  | 297490     | 2031820    | 120         | 42.0 | 1320                | 6.88 | 178     | 14.5   | 79.0    | 34.0    | 267     | 373                   | 84.5                 | 37.7                  | 801      |                      | 170     | 146    | -3.54  |
| Ranchería baja (M)       | 61     | 29/10/1979         | 70°55'W | 18°22'N  | 297490     | 2031820    | 72          | 35.0 | 1350                | 7.22 | 185     | 15.6   | 85.0    | 36.0    | 278     | 400                   | 88.4                 | 34.7                  | 845      |                      | 170     | 221    | -3.61  |
| Vuelta Grande (M)        | 64     | 08/11/1979         |         |          |            |            | 27          | 32.0 | 5570                | 6.68 | 890     | 66.1   | 345     | 125     | 1679    | 555                   | 796                  | 65.0                  | 2846     |                      | 620     | 3070   | -7.16  |
| Boca Cachón (M)          | 65     | 09/11/1979         | 71°50'W | 18°33'N  | 200902     | 2053391    | 54          | 22.0 | 666                 | 6.98 | 47.8    | 0.31   | 72.1    | 21.9    | 121     | 322                   | 20.2                 | 15.0                  | 499      |                      |         |        | -19.54 |
| Pedro Santana (M)        | 66     | 10/11/1979         | 71°02'W | 18°32'N  | 285366     | 2050404    | 30          | 26.0 | 5350                | 6.96 | 929     | 27.0   | 246     | 76.1    | 1889    | 472                   | 314                  | 29.1                  | 2095     |                      | 340     | 1261   | -12.34 |
| Magueyales (M)           | Y1     | 1984               |         |          | 289052     | 2055326    | 39          | 7900 | 6.50                | 1471 | 97.8    | 341    | 30.4    | 2659    | 732     | 86.5                  | 28.8                 | 2795                  | 7.22     | 1318                 | 6480    |        | -2.52  |
| Oeste de Yayas (M)       | Y2     | 1984               |         |          | 292034     | 2055691    | 26          | 1700 | 7.00                | 182  | 8.21    | 162    | 49.8    | 266     | 311     | 269                   | 18.6                 | 1001                  | 0.18     |                      | 430     | 11.01  |        |
| Manantial (M)            | Y3     | 1984               |         |          | 294201     | 2056592    | 27          | 2200 | 6.50                | 276  | 27.0    | 136    | 29.2    | 461     | 421     | 52.8                  | 22.8                 | 967                   | 1.08     | 278                  | 1620    | 4.61   |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y4     | 1984               |         |          | 294178     | 2057064    | 25          | 350  | 6.00                | 17.0 | 1.96    | 401    | 6.7     | 25.2    | 171     | 10.1                  | 16.8                 | 624                   | 0.36     |                      |         |        | -7.24  |
| San Simón (M)            | Y5     | 1984               |         |          | 289246     | 2048313    | 45          | 6000 | 6.00                | 1012 | 70.4    | 240    | 89.9    | 1773    | 421     | 768                   | 60                   | 2666                  | 3.79     | 694                  | 3450    | 0.83   |        |
| Manantial (M)            | Y6     | 1984               |         |          | 277384     | 2045653    | 41          | 5600 | 6.00                | 1012 | 50.8    | 70.1   | 69.3    | 1666    | 433     | 231                   | 42                   | 1910                  | 6.31     | 347                  | 2160    | 7.36   |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y7     | 1984               |         |          | 295788     | 2058223    | 25          | 510  | 6.20                | 25.3 | 1.56    | 102    | 14.6    | 19.9    | 293     | 23.5                  | 16.2                 | 476                   | 0.18     |                      | 220     | 0.00   |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y8     | 1984               |         |          | 297526     | 2059059    | 25          | 850  | 6.20                | 71.3 | 1.56    | 80.2   | 23.1    | 142     | 323     | 12.5                  | 25.2                 | 537                   | 0.36     |                      | 200     | 6.09   |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y9     | 1984               |         |          | 290297     | 2056528    | 25          | 530  | 6.40                | 25.3 | 2.35    | 240    | 8.51    | 28.4    | 317     | 20.7                  | 10.2                 | 626                   | 0.18     |                      | 1190    | -9.11  |        |
| Magueyales (M)           | Y10    | 1984               |         |          | 289375     | 2057300    | 27          | 3100 | 6.50                | 506  | 6.26    | 66.1   | 134     | 160     | 488     | 1489                  | 13.2                 | 2702                  | 1.26     |                      |         |        | 3.90   |
| Drenaje superficial (D)  | Y11    | 1984               |         |          | 301258     | 2058287    | 23          | 480  | 6.60                | 36.8 | 2.35    | 60.1   | 8.51    | 14.5    | 299     | 20.7                  | 19.8                 | 447                   | 0.36     |                      | 270     | -1.05  |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y12    | 1984               |         |          | 298405     | 2082584    | 23          | 390  | 6.60                | 14.5 | 0.78    | 54.1   | 7.90    | 13.8    | 244     | 3.36                  | 22.2                 | 350                   | 0.18     |                      | 2920    | -3.42  |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y13    | 1984               |         |          | 300615     | 2081968    | 23          | 480  | 6.75                | 36.8 | 0.78    | 361    | 15.8    | 29.4    | 287     | 10.6                  | 16.8                 | 729                   | 0.18     |                      | 320     | -2.11  |        |
| Manantial (M)            | Y14    | 1984               |         |          | 285535     | 2049986    | 35          | 5800 | 6.75                | 874  | 70.4    | 78.2   | 122     | 1595    | 421     | 624                   | 66                   | 2262                  | 1.80     | 555                  | 6370    | 4.64   |        |
| Drenaje superficial (D)  | Y15    | 1984               |         |          | 306621     | 2073603    | 470         | 7.00 | 9.9                 | 1.17 | 132     | 7.29   | 9.22    | 299     | 4.32    | 19.8                  | 474                  | 0.36                  |          |                      |         |        | -5.28  |
| Guayabal (M)             | Y16    | 1984               |         |          | 311597     | 2077185    |             | 7200 | 7.20                | 1402 | 278     | 40.1   | 17.0    | 2163    | 732     | 226                   | 28.2                 | 2725                  | 1.26     | 1596                 |         |        | -1.69  |
| Drenaje superficial (D)  | C1     | 1984               |         |          | 323631     | 2084306    | 14          | 230  | 6.25                | 6.44 | 0.78    | 38.1   | 2.43    | 5.67    | 134     | 4.32                  | 9                    | 195                   | 0.18     |                      |         |        | 2.42   |
| Drenaje superficial (D)  | C2     | 1984               |         |          | 323631     | 2084306    | 14          | 220  | 6.25                | 6.21 | 0.78    | 20.0   | 2.43    | 5.67    | 128     | 3.84                  | 10.8                 | 172                   | 0.18     |                      |         |        | 2.53   |
| Drenaje superficial (D)  | C3     | 1984               |         |          | 322945     | 2084607    | 12          | 130  | 6.40                | 4.14 | 1.96    | 14.0   | 2.43    | 5.32    | 79.3    | 0.96                  | 31.2                 | 134                   | 1.26     |                      |         |        | 2.02   |
| Manantial (M)            | C4     | 1984               |         |          | 321143     | 2083213    | 13          | 140  | 6.50                | 2.76 | 1.56    | 3.61   | 3.65    | 4.25    | 75.3    | 0.96                  | 25.8                 | 112                   | 1.26     |                      |         |        | -8.56  |
| Manantial (M)            | C5     | 1984               |         |          | 320864     | 2084693    | 15          | 50   | 6.80                | 2.30 | 0.39    | 13.2   | 1.22    | 4.96    | 15.3    | 0.96                  | 12                   | 45                    | 1.44     |                      |         |        | 13.64  |
| Drenaje superficial (D)  | C6     | 1984               |         |          | 326634     | 2081303    | 11          | 100  | 6.60                | 2.53 | 0.39    | 24.0   | 0.97    | 3.55    | 49.4    | 0.48                  | 3                    | 81                    | 0.18     |                      |         |        | -5.59  |
| Drenaje superficial (D)  | C7     | 1984               |         |          | 32657      | 2078257    | 20          | 150  | 6.50                | 2.99 | 0.39    | 14.4   | 1.82    | 3.55    | 85.4    | 1.44                  | 6                    | 112                   | 0.18     |                      |         |        | -1.98  |
| Manantial (M)            | C8     | 1984               |         |          | 317024     | 2084092    | 15          | 120  | 6.60                | 7.13 | 0.39    | 18.4   | 0.61    | 4.61    | 51.3    | 0.48                  | 9                    | 87                    | 0.18     |                      |         |        | 11.54  |
| Manantial (M)            | C9     | 1984               |         |          | 323031     | 2095740    | 25          | 230  | 6.60                | 32.2 | 0.39    | 5.01   | 0.97    | 9.22    | 73.2    | 37.0                  | 24                   | 173                   | 0.18     |                      |         |        | 8.17   |
| Manantial (M)            | C10    | 1984               |         |          | 306641     | 2093058    | 21          | 300  | 7.00                | 57.5 | 0.39    | 74.1   | 0.12    | 49.6    | 73.2    | 15.9                  | 66                   | 287                   | 0.36     |                      |         |        | -4.90  |
| Manantial (M)            | C11    | 1984               |         |          | 306578     | 2092007    | 23          | 640  | 7.00                | 43.7 | 0.39    | 381    | 17.0    | 103     | 262     | 10.6                  | 28.8                 | 704                   | 0.18     |                      | 220     |        | -5.54  |
| Manantial (M)            | C12    | 1984               |         |          | 306814     | 2090720    | 23          | 3800 | 6.50                | 552  | 7.82    | 54.1   | 19.4    | 1099.04 | 214     | 413                   | 19.2                 | 1279                  | 0.54     | 139                  |         |        | 3.98   |
| Manantial (M)            | C13    | 1984               |         |          | 313271     | 2090527    | 20          | 430  | 6.50                | 17.5 | 0.39    | 50.1   | 14.6    | 39.0    | 207     | 6.72                  | 18                   | 316                   | 0.18     |                      | 1730    |        | 0.86   |
| Manantial (M)            | C14    | 1984               |         |          | 312069     | 2092458    | 20          | 390  | 6.20                | 7.13 | 0.39    | 50.1   | 18.2    | 8.15    | 262     | 0.96                  | 22.2                 | 361                   | 0.36     |                      |         |        | -4.72  |

Resultados de los análisis químicos de las aguas termales.

| Nombre del punto de agua | Número | Fecha del análisis | T °C | Conductividad µS/cm | pH   | δD ‰  | δ <sup>18</sup> O ‰ | <sup>3</sup> H | δ <sup>34</sup> S <sub>SO4</sub> ‰ | δ <sup>34</sup> S <sub>H2S</sub> ‰ | δ <sup>13</sup> C <sub>CO2</sub> ‰ | δ <sup>13</sup> C <sub>HCO3</sub> ‰ |
|--------------------------|--------|--------------------|------|---------------------|------|-------|---------------------|----------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| San José Las Matas (M)   | 54     | 24/10/1979         | 35.0 | 615                 | 7.36 | -13.3 | -3.2                | 12             |                                    |                                    |                                    |                                     |
| La Surza (M)             | 55     | 24/10/1979         | 32.5 | 663                 | 9.38 |       |                     |                |                                    |                                    |                                    |                                     |
| Canoa (M)                | 56     | 27/10/1979         | 42.0 | 5360                | 6.58 | -29.6 | -4.8                | 6              | 16.1                               | 2.0                                | -6.9                               | 2.7                                 |
| Magueyales (M)           | 57     | 27/10/1979         | 39.0 | 7420                | 6.34 | -19.7 | -2.9                | 6              |                                    |                                    | -7.6                               | -1.3                                |
| Padre Las Casas (M)      | 58     | 28/10/1979         | 34.5 | 5750                | 6.19 | -24.6 | -4.0                | 5              |                                    |                                    | -7.4                               | 1.7                                 |
| Galindo (M)              | 59     | 29/10/1979         | 35.0 | 1190                | 7.02 | -36.6 | -6.2                | 3              |                                    |                                    |                                    |                                     |
| Ranchería alta (M)       | 60     | 29/10/1979         | 42.0 | 1320                | 6.88 | -35.9 | -5.9                | 7              |                                    |                                    |                                    |                                     |
| Ranchería baja (M)       | 61     | 29/10/1979         | 35.0 | 1350                | 7.22 | -36.1 | -6.0                | 3              |                                    |                                    |                                    |                                     |
| Vuelta Grande (M)        | 64     | 08/11/1979         | 32.0 | 5570                | 6.68 | -17.9 | -3.1                | 3              |                                    | -3.0                               |                                    |                                     |
| Boca Cachón (M)          | 65     | 09/11/1979         | 22.0 | 666                 | 6.98 | -15.1 | -3.6                | 2              |                                    |                                    | -12.9                              | -4.8                                |
| Pedro Santana (M)        | 66     | 10/11/1979         | 26.0 | 5350                | 6.96 | -12.2 | -2.8                | 2              | 38.0                               | 13.2                               |                                    |                                     |

Resultados de los análisis isotópicos de las aguas termales.

| Nombre de la fuente | Numero | Fecha del análisis | CO <sub>2</sub> % | N <sub>2</sub> % | O <sub>2</sub> % | Ar % | H <sub>2</sub> S % | CH <sub>4</sub> % | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ppm |
|---------------------|--------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|------|--------------------|-------------------|-----------------------------------|
| Magueyales (M)      | 57     | 27/10/1979         | 92.7              | 4.2              | 0.1              | 0.1  | 2.8                | 0.7               | 182                               |
| Ranchería alta (M)  | 60     | 29/10/1979         | 6.1               | 92.4             | 0.2              | 1.1  |                    | 0.3               | 9.0                               |

Resultados de los análisis químicos de los gases asociados a las aguas termales.



## **Anexo 3**

# **Cuadro resumen de la exploración petrolífera en la República Dominicana**



| COMPANÍA                            | FECHA   | AREA                                                                  | SONDEOS                                                                                                    |
|-------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TEXAS COMPANY                       | 1905-29 | Llano de Azua                                                         | Maleno<br>Higuerito                                                                                        |
| SEABOARD OIL<br>COMPANY             | 1939-47 | Llano de Azua<br><br>Valle de Enriquillo<br>Valle de San Juan         | Maleno<br>Maleno-1 A<br>El Mogote-1<br>Las Hormigas-1<br>Quita Coraza-1<br>Mella-1<br>Comendador-1         |
| COMPANIA<br>PETROLERA<br>DOMINICANA | 1956-60 | Valle del Cibao<br>Llano de Azua<br><br>Valle de Enriquillo           | Kilómetro 19-1<br>Arroyo Blanco-1<br>Kilómetro 19-2<br>Maleno DT-1<br>Palo Alto-1<br>Mella-2<br>Cabritos-1 |
| QUISQUEYA OIL CO.<br>GAS Y PETRÓLEO | 1964-69 | Valle del Cibao                                                       | Sorpresa-1                                                                                                 |
| DOMINICANA                          | 1964-70 | sierra de El<br>Número<br>Llano de Azua                               | Dominicanos-1                                                                                              |
| TENNECO                             | 1969    | Bahía de Ocoa<br>Bahía de Neiba<br>Valle del Cibao<br>Bahía de Samaná |                                                                                                            |
| PETROLERA<br>LAS MERCEDES           | 1978-79 | Cuenca de S.<br>Pedro<br><br>Valle del Cibao<br>Llano de Azua         | San Pedro-1<br><br>San Pedro-2<br>Santo Domingo-<br>1                                                      |
| CANADIAN SUP. OIL                   | 1979    | Valle de Enriquillo                                                   | Charco Largo-1                                                                                             |
| ANSCHUTZ CORP.                      | 1980-81 | Valle de San Juan                                                     | Candelón-1                                                                                                 |
| MOBIL OIL COMP.                     | 1991-   | Bahía de Ocoa                                                         |                                                                                                            |





## **Anexo 4**

# **Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en las formaciones Neiba - Plaisance**



| AREA O CUENCA     | PROFUNDIDAD (Pies) | POZO        | COMPAÑIA OPERADORA   | Fm NEIBA - PLAISENCE (Profundidades en pies)                | DATOS DE INTERES (Profundidades en pies)                                                                                                                                                       |
|-------------------|--------------------|-------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CUENCA AZUA       | 9930               | MALENO DT 1 | PETROLERA DOMINICANA | 5460 - 9930 TD (H>4470)<br>Fm. Neiba/Plaisencia             | Prueba de formación de 7 600 – 7 750 pies donde se obtuvo una entrada no cuantificada de lodo y agua salada de 33 000 ppm; en el pozo hubo manifestaciones de petróleo durante la perforación. |
| CUENCA AZUA       | 10004              | Km 19-2     | PETROLERA DOMINICANA | 7180 - 10004 TD (H>2824)<br>Fm. Neiba                       | Manifestaciones de gas.                                                                                                                                                                        |
| CUENCA SAN JUAN   | 12941              | CANDELON 1  | ANSCHUTZ             | 10450? (10156?) - 12941 TD (H>2491)<br>Fm. Neiba/Plaisencia | Sin manifestaciones. No ensayado                                                                                                                                                               |
| CUENCA ENRIQUILLO | 6568               | PALO ALTO 1 | PETROLERA DOMINICANA | 4680 - 6568 TD (H>1888)<br>Fm. Neiba/Plaisencia             | Pérdida de circulación a 5590 pies                                                                                                                                                             |



## **Anexo 5**

# **Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en la formación Sombrero**



## Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico

| AREA O CUENCA     | PROFUNDIDAD (Pies)<br>ELEV=COTA+EMR | POZO           | COMPAÑIA OPERADORA   | Fm. Sombrerito (Profundidades en pies) en metros |                            | DATOS DE INTERES (Profundidades en pies)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|-------------------------------------|----------------|----------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                     |                |                      | TOPE POR LOG                                     | TOPE PARA CONSTRUIR MAPA.  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| CUENCA AZUA       | 3038.<br>ELEV= 547                  | MALENO 1A      | DOMINICAN SEABORD    | 2955 - 3038 TD<br>(H>83)                         | 2408/734                   | Manifestaciones de petróleo durante la perforación en toda la capa. Ensayado de 2971 - 3038 con entrada de lodo (el nivel subió 300 pies)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 5682<br>ELEV=607                    | MALENO 7       | DOMINICAN SEABORD    | 2876 - 5682 (TD)<br>(H>2806)                     | 2269/692                   | Perdida de circulación total a 3876' dentro de la formación. Perforo caliza porosa y fracturada a los 2876'. Produjo 50000bbl agua salada/día hasta que llegó a zona de pérdida.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CUENCA AZUA       | 2937<br>ELEV= 591                   | MALENO 3       | ITEROCEAN            | 2830 - 2937 TD<br>(H>107)                        | 2369/722                   | Escasas manifestaciones de petróleo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CUENCA AZUA       | 9930<br>ELEV= 874                   | MALENO DT 1    | PETROLERA DOMINICANA | 4020 - 5460<br>(H=1440)                          | 3146/959                   | Manifestaciones en la formación. Ensayado con p.f. de: 4091 - 4160' surgió gas durante 15 min después entro gas y agua salada de 10000 ppm.; 4596 - 4740' lodo y agua salada de 20000 ppm.; 4770 - 4820' lodo, gas y agua salada de 21000 ppm.; 5310 - 5395' agua salada de 25000 ppm. Después se ensayaron con punzado dos zonas: 4168 - 4210' lodo con película de petróleo y 4740 - 4790' se obtuvo gas en la superficie durante 30 min y después entro petróleo, gas y agua salada. Los resultados de ensayo de este pozo permitieron confeccionar una dependencia de salinidad vs profundidad (ver gráfico IV.2) |
| CUENCA AZUA       | 4553<br>ELEV= 850                   | MALENO DT 1A   | GASPEDOM             | 4106 - 4553 TD<br>(H>393)                        | 3256/923                   | Manifestaciones de petróleo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CUENCA AZUA       | 4300<br>ELEV= 899                   | QUITA CORAZA 1 | DOMINICAN SEABORD    | 3101 - 4300 TD<br>(H>1199)                       | 2207/673                   | Trazas de asfalto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CUENCA AZUA       | 3078<br>ELEV= 461                   | DE LEON 1      | GASPEDOM             | 2610- 3078 TD<br>(H>468)                         | 2149/655                   | Manifestaciones en todo el corte. Fuerte olor a petróleo y H <sub>2</sub> S. Agua salada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 2802<br>ELEV= 426                   | DE LEON 2      | GASPEDOM             | 2650 - 2802 TD<br>(H>152)                        | 2214/675                   | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| CUENCA AZUA       | 10004<br>ELEV= 685                  | Km 18-2        | PETROLERA DOMINICANA | 5630 - 7180<br>(H=1550)                          | 4945/1508                  | Manifestaciones de gas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CUENCA AZUA       | 3051<br>ELEV=480                    | HIGUERITO 1    | PETROLERA AZUANA     | 2415 - 3051 TD<br>(H>636)                        | 1935/590                   | <b>PRODUJO 48 - 60 bbl DE PETROLEO DE 2418 - 2451 de 0.888 g/cm<sup>3</sup> (28°API). DE 2451 - 2617 LOS ENSAYOS DAN AGUA CON TRAZAS DE PETROLEO (tomado de una carta de Anthony Fenoglio enviada a William D. Pawley, presidente de Petrolera Azuana el 20 de febrero de 1968 y el dato del petróleo fue tomado de un Informe confeccionado por el laboratorio Nacional de la RESP el 14 de febrero de 1968). CAP A 2451' (747 m.) NO HAY DATOS DE LOGS</b>                                                                                                                                                          |
| CUENCA AZUA       | 3459<br>ELEV=492                    | HIGUERITO 1    | DOMINICAN SEABORD    | 2414 - 3459 TD<br>(H>1045)                       | 1922/586                   | Olor fuerte y ácido a gas sulfídrico. Todos los núcleos contienen burbujas de gas al romperlos en la superficie, no hay olor o color de petróleo. Todos los núcleos por debajo de 2510' tiene olor a petróleo. Se hizo un ensayo o pf? De 2532 - 2570' donde se obtuvo gas no inflamable y 660' de gas en lodo y agua salada (el agua salada contenía 5% de sulfitos en suspensión)                                                                                                                                                                                                                                   |
| CUENCA AZUA       | 2893<br>ELEV= 490                   | HIGUERITO 1    | TEXAS CO             | 2460 - 2893 TD<br>(H>433')                       | 1970/601                   | Manifestaciones de petróleo y gas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| CUENCA AZUA       | 2487<br>ELEV= 480                   | HIGUERITO 1    | GASPEDOM             | 2440 - 2487 TD<br>(H>47)                         | 1960/598                   | No manifestaciones de petróleo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| CUENCA SAN JUAN   | 12941<br>ELEV=1158                  | CANDELON 1     | ANSCHUTZ             | 9582? (95167) -<br>10450 (H=868)                 | 8424/2568<br>o 8358/2548   | Sin manifestaciones. No ensayado. Perforado en zona de falla de sobrecimiento que limita de E - O el anticlinal.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CUENCA ENRIQUILLO | 6568<br>ELEV= 22                    | PALO ALTO 1    | PETROLERA DOMINICANA | 4000 - 4680<br>(H=680)                           | 3978/1213                  | Sin manifestaciones. No ensayado. Estructura domal en superficie.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CUENCA ENRIQUILLO | 6413<br>ELEV=+1                     | CABRITOS 1     | PETROLERA DOMINICANA | 3830 - 6413 (TD)<br>(H>2583)                     | 3831/1168                  | Sin manifestaciones. No ensayado. Perforado en anticlinal fallado, demostrado por geofísica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| CUENCA ENRIQUILLO | 15828<br>ELEV= 41                   | CHARCO LARGO 1 | CANADIAN SUPERIOR    | 14250? (148107) -<br>15828 (H>1578)              | 14209/4332<br>o 14769/4503 | Sin manifestaciones. No ensayado en esta formación. Ubicado en falla de comineto en el límite del anticlinal y que fue detectado por métodos geofísicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |





## **Anexo 6**

# **Pozos de exploración de hidrocarburos perforados en la formación Trinchera**



Evaluación del potencial geotérmico de la República Dominicana - I. Estudio bibliográfico

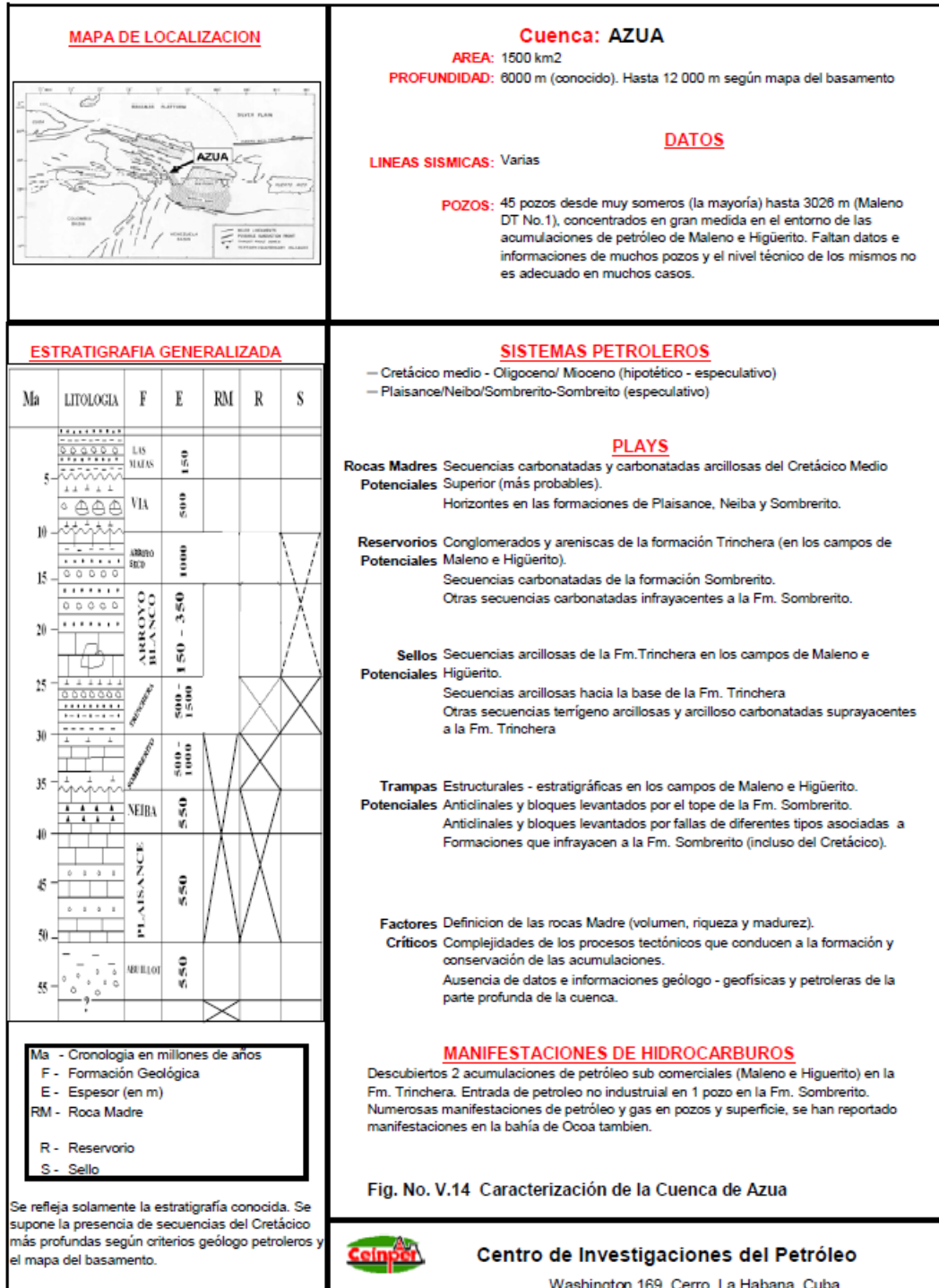
| AREA O CUENCA     | PROFUNDIDAD (Pies) | POZO           | OPERADORA            | Fm Trinchera (Profundidades en pies) | DATOS DE INTERES (Profundidades en pies)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CUENCA AZUA       | 1197               | MALENO 1       | DOMINICAN SEABORD    | 0-1197 TD (H>1197)                   | Produjo 12966 bbl de petroleo de 21°API desde el 17/07/1939 - 31/05/1940; en mayo de 1940 el pozo producía 4,5 bbl/día. Intervalo: 410 - 468'. Por debajo de 475' las arenas ensayadas tuvieron entrada de agua salada. POZO SIN LOGS                                                                                                                                                                            |
| CUENCA AZUA       | 3038               | MALENO 1A      | DOMINICAN SEABORD    | 0- 2955 (H=2955)                     | Produjo 4 55354 bbl de petroleo de 19.9° API desde el 17/07/1939 - 31/05/1940; en mayo de 1940 producía 51.18 bbl/día. Intervalo: 354 - 410'. POZO SIN LOGS. Por pf. 367 - 435': entrada de gas con presión de 110 lb; 475 - 485': 25 bbl/hora de petróleo y agua; 475 - 509': agua salada con poco petróleo; 520 - 570': agua salada.                                                                           |
| CUENCA AZUA       | 808                | MALENO 2       | DOMINICAN SEABORD    | 0- 808 TD (H>808)                    | Manifestaciones de petróleo y gas y agua salada. Datos de pf. 250 - 290': flujo de agua salada; 362-379': 90' de lodo; 367 - 452': gas inflamable con lodo; 485 - 630': flujo agua salada 15 bbl/hora; 725 - 764': inflamable gas y lodo con manchas de petróleo; 757 - 808' recuperado 60' de lodo.                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 1571               | MALENO 3       | DOMINICAN SEABORD    | 0- 1571 TD (H>1571)                  | Manifestaciones de petróleo y gas. Datos pf. 502 - 538': entrada de 47' de lodo con agua salada durante 1 hora; 549 - 593' entrada de 450' de lodo con agua salada durante 40 min.; 727 - 734' entrada débil de gas inflamable y 300' de lodo en 30 min.; 767 - 821' entrada de lodo y agua salada.                                                                                                              |
| CUENCA AZUA       | 846                | MALENO 4       | DOMINICAN SEABORD    | 0 - 846 (H>846)                      | Con manifestaciones de petróleo y GAS. Datos pf. Se realizaron 8 pf. Dos fallaron, 6 tuvieron entradas de agua salada (360 - 377; 415 - 422; 419 - 427; 606 - 623; 667 - 684 y 753 - 767)                                                                                                                                                                                                                        |
| CUENCA AZUA       | 664                | MALENO 5       | DOMINICAN SEABORD    | 0- 664 TD (H>664)                    | Trazas de petróleo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CUENCA AZUA       | 705                | MALENO 6       | DOMINICAN SEABORD    | 0- 705 TD (H>705)                    | Trazas de petróleo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CUENCA AZUA       | 5682               | MALENO 7       | DOMINICAN SEABORD    | 0 - 2876 (H=2876)                    | Manifestaciones de petróleo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| CUENCA AZUA       | 4300               | QUITA CORAZA 1 | DOMINICAN SEABORD    | 0-3101 (3101)                        | Seco ensayado con entrada de agua sulfurosas?.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| CUENCA AZUA       | 5070               | LAS HORMIGAS 1 | DOMINICAN SEABORD    | 2460 - 5070 TD (H>2610)              | No tiene manifestaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| CUENCA AZUA       | 3450               | HIGUERITO 1    | DOMINICAN SEABORD    | 0-2414 (H=2414)                      | Manifestaciones de petróleo. Datos pf. 847 - 861: recuperado 50' de lodo; 904 - 933 entrada de 70' de lodo; 985 - 992: entrada de 600' de lodo, gas y agua salada en mayoría, surgencia fuerte de gas inflamable; 1347 - 1357: entrada de gas y lodo y agua salada; 1733 - 1755: entrada de 70' de lodo; 1793 - 1815 buena surgencia de gas no inflamable durante 50 min, recuperados 280' de gas y agua salada. |
| CUENCA AZUA       | 3137               | HIGUERITO 2    | DOMINICAN SEABORD    | 0 - 3137 TD (H>3137)                 | Manifestaciones de gas. Datos pf. 903 - 908: surgencia muy fuerte de gas inflamable por 6 min y 45' de lodo en 20 min.; 935 - 957: Comenzo a surgir gas inflamable, después de 15 min entraron 210' de lodo salado; 2574 -2590: recupero 60' de lodo en 15 min.                                                                                                                                                  |
| CUENCA AZUA       | 4553               | MALENO DT 1A   | GASPEDOM             | 850 - 4106 (H=3256)                  | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 2487               | HIGUERITO 1    | GASPEDOM             | 0 - 2440 (H=2440)                    | Manifestaciones de gas y petróleo.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CUENCA AZUA       | 3078               | DE LEON 1      | GASPEDOM             | 268 - 2610 (H=2342)                  | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 2802               | DE LEON 2      | GASPEDOM             | 0- 2650 (H=2650)                     | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 3051               | HIGUERITO 1    | PETROLERA AZUANA     | 0 - 2415 (H=2415)                    | Manifestaciones de petróleo y gas en todo el corte. Produjo petróleo en pf 142' - 148': 8 bbl de petróleo. Por datos de manifestaciones en el pozo durante la perforación se reportan: A 1243' entrada de 5 gal de petróleo y 5 gal de (agua?); de 1745 - 1749: recuperados 16 gal de petróleo con 10 gal de ? en 30 min.                                                                                        |
| CUENCA AZUA       | 338                | MALENO 1       | PETROLERA AZUANA     | 0-338 TD (H>338)                     | Manifestaciones de petróleo en arenisca a aprx. 100.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 907                | MALENO 2       | PETROLERA AZUANA     | 0- 907 (TD) (H>907)                  | Manifestaciones de petróleo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CUENCA AZUA       | 423                | MALENO 3       | PETROLERA AZUANA     | 0- 423 TD (H>423)                    | Manifestaciones de gas y petróleo en todo el corte. Durante perforación surgió gas a 380', POZO PRODUJO PETROLEO A DE 402 - 422' 194 bbl en 30 días.                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA AZUA       | 500                | MALENO (4A) 5  | PETROLERA AZUANA     | 0- 500 TD (H>500)                    | Mostro gas no inflamable y agua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| CUENCA AZUA       | 2166               | HIGUERITO 1    | ITEROCEAN            | 0- 2166 TD (H>2166)                  | Manifestaciones de petróleo y gas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| CUENCA AZUA       | 2677               | HIGUERITO 2    | ITEROCEAN            | 0- 2677 TD (H>2677)                  | Pozo seco, pero tuvo manifestaciones de petróleo y gas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| CUENCA AZUA       | 2937               | MALENO 3       | ITEROCEAN            | 0-2830 (H=2830)                      | Pozo con manifestaciones de petróleo y gas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| CUENCA AZUA       | 2893               | HIGUERITO 1    | TEXAS CO             | 0-2460 (H=2460)                      | Manifestaciones de petróleo y gas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| CUENCA AZUA       | 9930               | MALENO DT 1    | PETROLERA DOMINICANA | 996 - 4020 (H=3024)                  | Manifestaciones de gas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| CUENCA AZUA       | 10004              | Km 19-2        | PETROLERA DOMINICANA | 3260 - 5630 (H=2370)                 | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA SAN JUAN.  | 12941              | CANDELON 1     | ANSCHUTZ             | 4340 - 9582 (H=5152)                 | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA ENRIQUILLO | 15828              | CHARCO LARGO 1 | CANADIAN SUPERIOR    | 13750 - 14810 (H=1101)               | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| CUENCA ENRIQUILLO | 6568               | PALO ALTO 1    | PETROLERA DOMINICANA | 2280 - 4000 (H=1720)                 | Sin Manifestaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |



## **Anexo 7**

### **Características profundas de la cuenca de Azua**





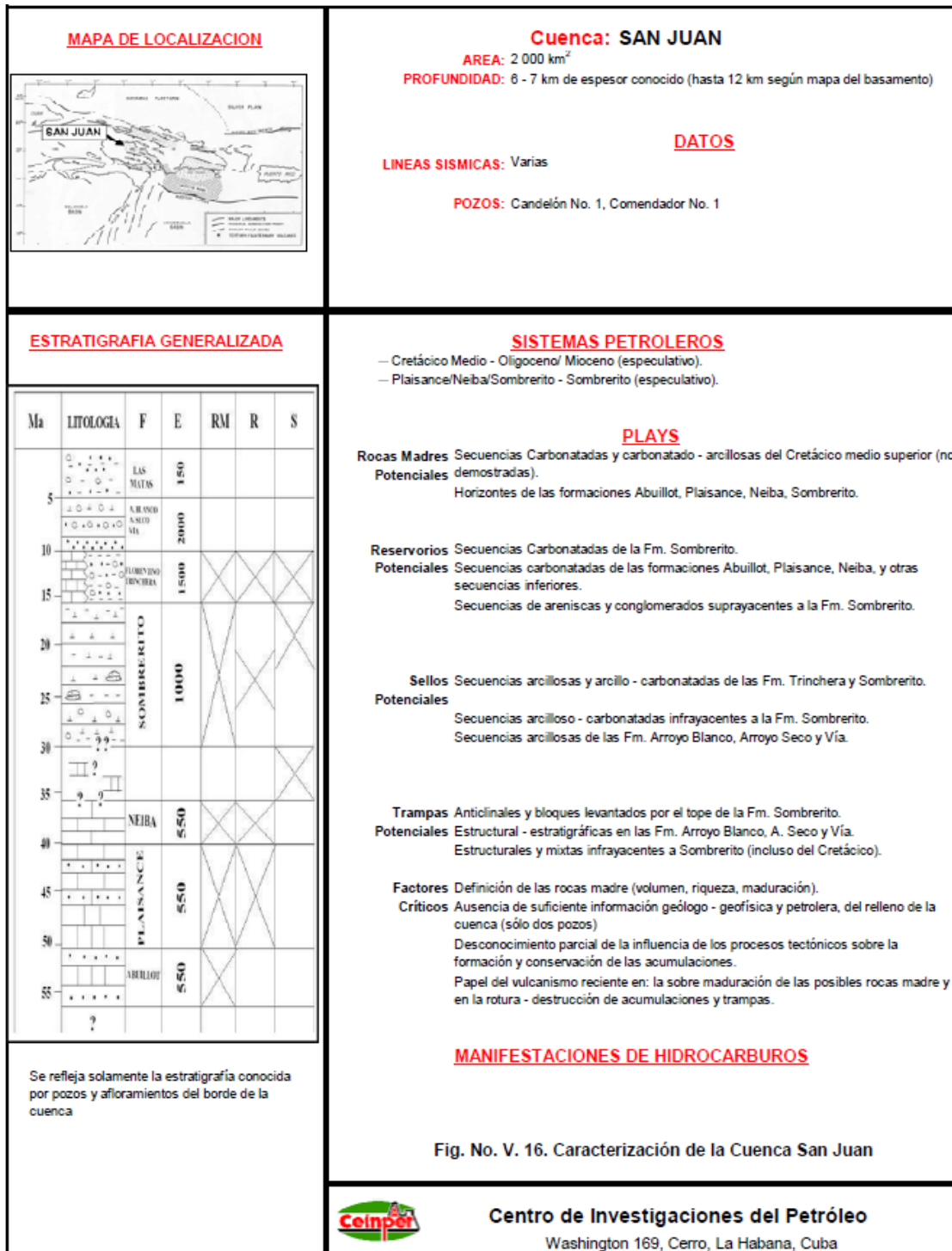




## **Anexo 8**

### **Características profundas de la cuenca de San Juan**



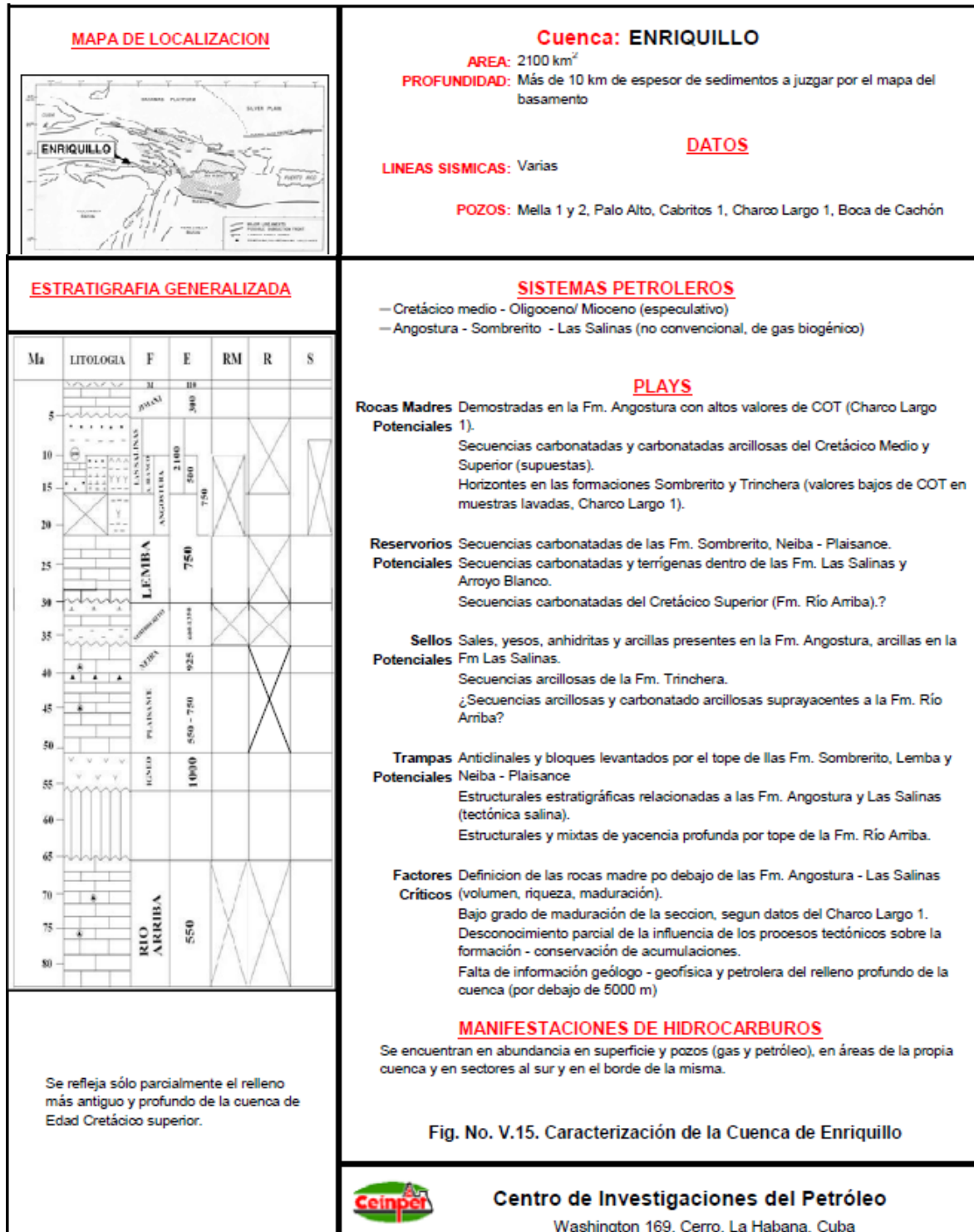




## **Anexo 9**

### **Características profundas de la cuenca de Enriquillo**







Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centro científico y técnico**  
**Dirección de los Geo-Recursos - Departamento de Geotermia**  
3, Avenue Claude-Guillemain  
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34  
[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)