
BOLETIN ENERGETICO



20 | Organización Latinoamericana de Energía

MAYO/JUNIO/1981

PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA DE LA OLADE **olade** I
COLOQUIO SOBRE EL CAMPO GEOTERMICO DE MOMOTOMBO (NICARAGUA) **olade** ESTUDIOS GEOTERMICOS DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA **olade** EXPLORACION GEOTERMICA EN GUATEMALA **olade** PROYECTO DE EXPLORACION GEOTERMICA **olade**
GEOTERMIA Y MEDIO AMBIENTE **olade** CURSOS DE ESPECIALIZACION EN GEOTERMIA **olade** INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTERMAL DE ECUADOR, PERU, REPUBLICA DOMINICANA Y HAITI **olade** BAJA Y MEDIA ENTALPIA **olade**
EL PROYECTO GEOTERMICO TUFINO **olade** REGISTROS GEOFISICOS EN POZOS GEOTERMICOS **olade** OLADE INFORMA **olade**

PROYECTO DE EXPLOTACION GEOTERMICA

FASE DE RECONOCIMIENTO EN LAS SUBREGIONES ANDINA Y EL CARIBE

El primer proyecto del programa regional de geotérmica establecido por la OLADE se realizó en Ecuador, Perú, Haití y la República Dominicana, habiéndose llevado a cabo estudios de reconocimiento de los recursos, con cubrimiento de las zonas de importancia geotérmica. Dichos estudios fueron realizados siguiendo la metodología propuesta por la OLADE, en la que se contempla para esta primera fase de "Reconocimiento" el empleo de estudios geovulcanológicos, geoquímicos e hidrogeológicos, a nivel regional, de bajo costo, que permiten la selección de áreas prioritarias para continuar con estudios de mayor detalle.

RESULTADO DE LOS ESTUDIOS

La ejecución en los trabajos de exploración geotérmica (fase reconocimiento) en estas subregiones fue orientada a la identificación y priorización de áreas en las cuales el recurso geotérmico de alta entalpía para fines de generación eléctrica esté presente.

En la evaluación del interés geotérmico de las áreas investigadas se consideraron los siguientes aspectos:

- Evidencia de una anomalía térmica a nivel regional.
- Presencia de una actividad volcánica reciente en las inmediatas cercanías del área.

- Indicios de cámaras magmáticas a niveles poco profundos.
- Características hidrogeológicas favorables.
- Importancia de las manifestaciones termales.
- Características geoquímicas de las aguas termales que sugieran la existencia de fluidos de alta entalpía en profundidad.

A fin de determinar la prioridad entre las áreas geotérmicas de alta entalpía, seleccionadas como potencialmente explotables, la consideración de los siguientes parámetros es necesaria:

- Ubicación de la zona en el interior de una región de interés, la cual cuente con fenómenos volcánicos recientes, los cuales la caracterizarían como sede potencial de una anomalía regional de flujo calórico.
- La edad, intensidad, frecuencia y volumen del volcanismo en el interior de cada región y al menos la presencia de productos evolucionados generados por fraccionamiento superficial.
- Las condiciones hidrogeológicas generales, particularmente la presencia de una zona de recarga y la posibilidad de existencia de aquiferos en el substrato de las regiones volcánicas.

- El tipo y las características químicas de las manifestaciones termales, los resultados preliminares de la geotermometría y la valoración relativa a la comparación salinidad-termalidad.

Tomando en cuenta estas características fue posible identificar regiones o zonas geotérmicas, con base en las condiciones propias que presentan.

ECUADOR

Ver proyecto geotérmico Tufiño (ECUADOR).

PERU

Dados los resultados de los estudios realizados en el Perú, se han dividido las áreas investigadas en tres niveles de interés geotérmico:

NIVEL A:

Incluye áreas de interés, donde existen datos suficientes para considerarlas de importancia prioritaria a fin de continuar con investigaciones de mayor detalle.

NIVEL B:

Incluye áreas que presentan cierto interés geotérmico, pero no llenan todas las condiciones necesarias para considerarlas prioritarias.

NIVEL C:

Incluye las áreas que, por sus características generales se consideran de interés muy secundario, en lo que se refiere a la alta entalpía.

En el nivel A se encuentran las áreas de Tutucapa, Calacoa, Maure, Salinas, Chachani y Chivay; en el B, las áreas de Puquio, Parinacochas y Orcopampa-Arcata, y en el nivel C Cotahuasi, Coropuna, Cailloma y Maso Cruz.

Consideraciones generales de las áreas de mayor importancia se hacen a continuación.

AREA CALACOA-TICSANI

El examen del área Calacoa-Ticsani puso en evidencia los siguientes puntos:

- El área manifiesta un volcanismo efusivo y explosivo bastante reciente que eruptó volúmenes no demasiado grandes principalmente de material fraccionado de tipo dacítico, originado de magma básico de tipo andesítico por medio de un fraccionamiento relativamente superficial. Así mismo el área está situada sobre el frente volcánico y/o activo del sistema Andino y por lo tanto potencialmente interesado por una anomalía geotérmica de carácter regional.
- Las manifestaciones y fuentes tienen carácter cloruro sódico, con salinidad bastante alta, alta temperatura y manifestaciones gaseosas asociadas.
- El geotermómetro SiO_2 da una temperatura de 110°C mientras el Na/K da para algunas muestras 180°C .

No obstante que la salinidad y la composición indiquen que la naturaleza de estas manifestaciones está relacionada con ambientes de circulación profundos, las evaluaciones geotermométricas, contenido de Boro, las manifestaciones con contenido CO_2 Y H_2S , llevan a considerar el interés de explotación en esta área. También los caracteres estructurales y volcanológicos de esta área, presencia de productos diferenciados en ambiente relativamente superficial y eruptados en tiempo reciente, llevan a considerar esta área como de interés prioritario.

AREA CANDAVRE-TUTUCAPA

El área norte de Candavre está caracterizada por numerosos aparatos centrales, apoyándose sobre una ancha meseta compuesta por ignimbritas y depósitos sedimentarios en la cumbre, limitados por gran-

des fallas regionales a lo largo de las cuales se encuentran manifestaciones de alta termalidad. Tutucapa ha eructado grandes cantidades de lavas dacíticas probablemente relacionadas con sistemas de alimentación intermedios relativamente superficiales. Dos grupos de fuentes se encuentran en las laderas del Tutucapa: con contenido de sodio y de sulfato de calcio, pH ácido, temperaturas altas y salinidad media y en el área de Candavre, aguas cloruradas y con sulfato de sodio y calcio, pH neutro, temperatura promedio de 50°C y salinidad media. Estas parecen ser aguas del mismo origen, que se diferencian por los componentes gaseosos como el H₂S, CO₂, y vapor contaminante; las temperaturas estimadas son de aproximadamente 140 a 180°C con el geotermómetro SiO₂ y 220°C para el Na/K.

AREA DE MAURE

Los aparatos centrales de tipo mixto representan la estructura volcánica más difusa de toda el área; estos parecen, en general, constituidos por andesitas relativamente básicas que netamente prevalecen sobre los productos más fraccionados; las dataciones efectuadas sobre los productos más antiguos indican que los aparatos centrales se han desarrollado por lo menos desde el Mioceno Superior; sin embargo, sistemas volcánicos recientes constituidos por domos están presentes en la región.

Las fuentes de esta área pertenecen a dos sistemas de circulación distintos uno superficial y uno relacionado con el área termal de Mina Borax, las concentraciones de boro en algunas muestras son muy altas y seguramente de origen profundo. Los valores de temperatura calculados con geotermómetros usuales muestran valores muy semejantes alrededor de los 180°C mientras que el Na/K evidenció valores alrededor de los 200°C. Los indicadores clásicos de fuga y las observaciones generales sobre el químismo y las características de las manifestaciones definen como muy favorable desde el punto de vista geotérmico esta área.

REPUBLICA DOMINICANA

Los estudios realizados en este país revelan únicamente la zona de Yayas-Constanza con suficiente elementos a priori favorables para la existencia de un yacimiento geotérmico. Las demás zonas no presentan todos los elementos favorables para un desarrollo de la geotermia alta entalpía; sin embargo, poseen un interés potencial en el desarrollo de los recursos de baja o media entalpía.

Por lo tanto, se han distinguido las tres siguientes categorías entre las zonas de interés:

- A —Zona de interés prioritario: Yayas-Constanza.
- B —Zona de interés secundario: Canoa y San Juan.
- C —Zona de interés para la media o baja entalpia: Enriquillo, Azua y Pedro Santana.

CATEGORIA A: ZONA DE YAYAS-CONSTANZA

- Esta área reúne numerosos elementos favorables:
- Fuente de calor, reflejada por un volcanismo reciente que incluye diversos productos volcánicos, algunos de los cuales atestiguan de una componente crustal.
 - Acuífero geotérmico localizado en las formaciones calcáreas oligocénicas, en relación con las manifestaciones termales que presentan características químicas favorables: contenido en boro, geotermómetros Na/K y Na/K/Ca, origen profundo del carbono.
 - Cobertura formada por el Flysch mioceno.

La repartición en el espacio del volcanismo (15 por 50 Km.) y la actividad tectónica según las direcciones regionales y transversas son favorables a la formación de un yacimiento geotérmico.

Esta región se debe considerar como de interés prioritario.

CATEGORIA B: ZONA DE CANOA Y DE SAN JUAN

Cada una de estas zonas presentan un elemento favorable pero requiere trabajos complementarios, cuyos resultados determinarán o no su selección. Los indicios favorables que se disponen en la actualidad son demasiado débiles para recomendar un estudio de prefactibilidad.

En Canoa, el conocimiento de la actividad termal es insuficiente. Otras fuentes termales deben ser identificadas, muestreadas y analizadas para poder deducir las características del sistema hidrotermal. Por otra parte, la estructura profunda debe ser precisada, con el fin de detectar la presencia de una eventual masa magmática profunda.

En San Juan, la situación es inversa; está presente el volcanismo pero falta la actividad hidrotermal. Convendría precisar la estructura profunda por medio de métodos geofísicos, pero estos son costosos.

CATEGORIA C: ZONAS DE ENRIQUILLO, AZUA Y PEDRO SANTANA.

Estas zonas no presentan características favorables para la existencia de un yacimiento geotérmico de alta entalpía. Sin embargo, existen indicios de yacimiento de baja o media entalpía. El desarrollo de estudios específicos en estas zonas queda supeditado a la definición de una demanda energética, actual o futura a proximidad del recurso.

ZONA DE ENRIQUILLO

Las características geológicas, tectónicas e hidrogeológicas de la zona son favorables a la existencia de acuíferos geotérmicos de baja entalpía en las calizas del Eoceno. Conviene localizar zonas de horst bajo el relleno detrítico reciente: pequeñas estructuras anticlinales, domos o horst.

ZONA DE AZUA

La situación geológica es del todo similar a la de Enriquillo. La región de Azúa puede ser considerada como una prolongación escalonada hacia el norte. Un acuífero geotérmico ha podido ser identificado, en las calizas del Oligoceno cuya temperatura profunda ha sido precisada: 50 - 80°C.

ZONA DE PEDRO SANTANA

Esta zona situada en una región aislada del centro de la isla corresponde a un sistema de circulación hidrotermal por falla ENERWSW que se extiende a ambos lados de la frontera.

Los indicadores geoquímicos (Na/K y Na/KCa en particular) dan temperaturas medias que superan los 100°C.

HAITI

Ninguna de las zonas de interés seleccionadas durante el estudio, que sin embargo son las únicas de la isla a priori favorables, indican la presencia de campos geotérmicos de alta entalpía. En efecto, no se ha observado relación entre el termalismo y el volcanismo.

Aunque existe volcanismo reciente, no muestra ningún indicio de estacionamiento intracrustal susceptible de dar lugar a una fuente de calor magnético.

Los análisis de las fuentes termales indican siempre temperaturas en profundidad, inferiores a los 100°C, si se analizan en forma crítica los datos de los geotermómetros.

La región de los pozos indica, sin embargo, temperaturas medias (120-130°C). Varios puntos podrían ser favorables a aplicaciones de media entalpía, puesto que las temperaturas profundas indicadas por los geotermómetros sobrepasan los 70°C. Tal es el caso de Los Pozos y de Fuente Puante.

En el campo de la baja entalpía, no conviene iniciar el estudio a partir del recurso, del cual se dispone en abundancia en casi siempre todos los terrenos sedimentarios. Es aconsejable iniciar el estudio estableciendo un inventario de las necesidades energéticas en baja y media entalpía bajo un doble criterio:

- Un criterio sectorial, por tipos de utilización, lo cual requiere un inventario de los usuarios actuales y potenciales, por grandes sectores económicos;
- Un criterio geográfico, que permite establecer una cartografía de la demanda energética de baja y media entalpía que se ha de comparar a la cartografía de los recursos.

Tres áreas son descritas a continuación:

GRABEN DE CUL-DE-SAC

Esta estructura tectónica dominante en la isla de Hispaniola se extiende desde el Graben de Cul-De-Sac hasta el Graben de Enriquillo en la República Dominicana y se prosigue en el mar. La longitud del Graben en su parte emergida es de 130 Km. y la anchura de 20 Km. de media.

Existen calizas masivas, fracturadas, de edad eocena, que podrían constituir un acuífero geotérmico potencial. Sobre esta formación, existe una secuencia impermeable de gran potencia, de edad miocena, constituida por sedimentos tipo "flysch" y sedimentos detríticos continentales.

La continuación de la subsidencia durante el Cuaternario queda reflejada por la potencia de la serie cuaternaria compuesta por calizas arrecifales.

El graben queda delimitado por fallas normales, cuyo salto alcanza 1.500 metros en particular sobre el flanco sur.

Está afectado por fallas transversas de dirección noreste, en particular hacia la terminación este, en el eje Cabo Beata-Ázua.

La fuente termal de "Source puante" ha sido estudiada en el extremo noroeste del graben. Esta fuente mana en el contacto entre los depósitos cuaternarios de la cuenca y las formaciones mio-plioceñas de las márgenes. La persistencia queda atestiguada por importantes depósitos hidrotermales alineados según la dirección de la falla que controla las emergencias (WNW-ESE). Al igual que las otras manifestaciones termales y volcánicas de la isla, esta fuente se sitúa en la intersección de la dirección WNW-ESE con una falla transversa NE-SW.

Los geotermómetros Na/K y Na/K/Ca indican para la fuente de puante una temperatura elevada en profundidad (160 - 165°C); sin embargo se evidencio que se trata de agua de mar diluida. Se sabe que estos geotermómetros dan valores erróneos para agua de mar, no así los del geotermómetro de silice que dió temperaturas de 70°C.

AGUAS DE BOYNES

Esta región termal está desprovista de indicios volcánicos. Cinco emergencias se alinean según una dirección N110-N120. Las temperaturas son de orden de 50°C y el caudal es importante: un total de 80 litros por minuto.

El agua termal emerge en las calizas eocenas milonitzadas que constituyen el acuífero, la geoquímica indica bajas temperaturas (46 a 52°C) las cuales son del mismo orden de magnitud que las aguas emergentes.

LOS POZOS

Situadas en la parte central de la isla, estas fuentes se localizan al norte de la sierra de Paincroix. La relación de estas fuentes termales con la tectonomía de plegamiento post-miocena se evidenció claramente en el estudio de campo.

Todas las aguas provienen del mismo acuífero calcáreo.

El geotermómetro de silice indica bajas temperaturas; sin embargo, los geotermómetros Na/K y Na/K/Ca indican temperaturas medias de 120 a 130°C.

J. Oenz

ENERGY BULLETIN



Latin American Energy Organization

May-June/1981

THE REGIONAL GEOTHERMAL PROGRAM OF OLADE **olade** FIRST COLLOQUIUM ON THE GEOTHERMAL FIELD OF MOMOTOMBO (NICARAGUA) **olade** GEOTHERMAL STUDIES IN THE REPUBLIC OF NICARAGUA **olade** GEOTHERMAL EXPLORATION IN GUATEMALA **olade** GEOTHERMAL EXPLORATION PROJECT: THE RECONNAISSANCE PHASE IN THE ANDEAN AND CARIBBEAN SUB-REGIONS **olade** GEOTHERMICS AND ENVIRONMENT **olade** SPECIALIZED COURSES IN GEOTHERMICS **olade** GEOCHEMICAL INTERPRETATION OF AREAS WITH HYDROTHERMAL ALTERATIONS IN ECUADOR, PERU, THE DOMINICAN REPUBLIC, AND HAITI **olade** LOW AND MEDIUM ENTHALPY **olade** THE TUFINO GEOTHERMAL PROJECT (ECUADOR) **olade** GEOPHYSICAL LOGS IN GEOTHERMAL WELLS **olade** OLADE REPORTS

GEOTHERMAL EXPLORATION PROJECT: THE RECONNAISSANCE PHASE IN THE ANDEAN AND CARIBBEAN SUB-REGIONS

The first project of the regional geothermal program established by OLADE was undertaken in Ecuador, Peru, Haiti, and the Dominican Republic. During that project, reconnaissance studies of the resources were carried out in the geothermally important areas. These studies were done in accordance with the methodology proposed by OLADE, which contemplates, for this first reconnaissance phase, the use of low-cost geovolcanological, geochemical, and hydrogeological studies at a regional level, so as to permit the selection of priority areas before proceeding to more detailed studies.

RESULTS OF THE STUDIES

The execution of the reconnaissance stage of the geothermal exploratory work in these sub-regions was oriented towards the identification of, and the establishment of priorities for, the areas in which high - enthalpy geothermal resources were present for the generation of electricity

In the evaluation of the geothermal interest of the areas under study, the following aspects were taken into account:

- Evidence of a geothermal anomaly at a regional level.
- Presence of recent volcanic activity in the immediate surroundings of the area.
- Evidence of shallow magmatic chambers.
- Favorable hydrogeological characteristics.

- Importance of heat manifestations.
- Geochemical characteristics of the thermal waters which would suggest the existence of high - enthalpy fluids at depth.

In order to determine the priority of the high - enthalpy geothermal areas selected as potentially exploitable, it was necessary to consider the following parameters:

- Location of the area inside a region of interest, which has recent volcanic phenomena, since these are characteristic of a potential site for a regional anomaly of heat flow.
- Intensity, frequency, volume, and age of the volcanism within each region, and at least the presence of products generated and evolved from surface fracturing.
- General hydrogeological conditions, particularly the presence of a recharge area and the possibility of the existence of underground aquifers in the substratum of the volcanic regions.
- Chemical types and characteristics of the thermal manifestations, preliminary results of the geothermometrics, and the assessment of the heat-salinity ratio.

Taking these factors into account, it was possible to identify geothermal regions or areas according to conditions proper to them.

ECUADOR

See the Tufiño Geothermal Project (Ecuador).

PERU

Given the results of studies done in Peru, the areas under study have been divided into three levels of geothermal interest:

Level A: This includes areas of interest where sufficient data exist so that the priority importance of the areas can be established, in order to continue with more detailed investigations.

Level B: This includes areas which present a certain geothermal interest but which do not meet all the necessary conditions for considering them as priorities.

Level C: This includes the areas which, due to their general characteristics, are considered of a very secondary interest with respect to high enthalpy.

Level A includes the areas of Tutucapa, Calacoa, Maure, Salinas, Chachani, and Chivay; Level B, Puquio, Parinacochas, and Orcopamba - Arcata; and Level C, Cotahuasi, Coropuna, Cailloma, and Maso Cruz.

The general considerations for the areas of major importance are presented below:

CALACOA - TICSANI AREA

The examinations of the Calacoa - Ticsani area revealed the following points:

— The area manifests fairly recent effusive and explosive volcanism, with the eruption of fairly small volumes consisting mainly of fractured material of a dacitic type, which originated in basic magma of the andesitic type, through relatively

shallow fracturing. Likewise, the area is located on the volcanic and/or active front of the Andean system and is, therefore, potentially interesting for a geothermal anomaly of a regional nature.

- The thermal manifestations and sources are of a sodium chloride nature, with quite high salinity, high temperatures, and associated gas manifestations.
- The SiO_2 geothermometer gave a reading of 110°C , while the Na/K one indicated 180°C for some samples.

Despite the fact that the salinity and the composition indicate the nature of these manifestations to be related to deep circulations, the geothermometric evaluations on the basis of boron, and the manifestations with a CO_2 and H_2S content, make this area of interest for exploration activities.

In addition, the structural and volcanological nature of this area, the presence of differentiated products relatively close to the surface, and the evidence of recent eruptions lead to the consideration of this area as a top priority.

CANDAVRE - TUTUCAPA AREA

The northern area of Candavre is characterized by numerous central structures which are supported by a wide plateau composed of ignimbrites and sedimentary deposits at the top and bordered by large regional faults along which highly thermal manifestations are found. Tutucapa has erupted large amounts of dacitic lavas, probably related to the intermediate feed systems relatively close to the surface. Two groups of sources are found: the Tutucapa slopes contain sodium and calcium sulfate, an acidic pH, high temperatures, and medium temperatures; and the area of Candavre, chlorated waters with sodium and calcium sulfates, a neutral pH, an average temperature of 50°C , and medium salinity. These seem to be waters from the same origin, but differentiated by their gaseous components such as H_2S , CO_2 , and polluting steam; their temperatures are estimated as

approximately 140—180°C with the SiO₂ geothermometer, and 220°C with the Na/K one.

MAURE AREA

The central structures of a mixed type represent the most diffuse volcanic structure in the whole area; in general, they appear to be constituted by relatively basic andesites which netly prevail on the most fractured products. The dating done for the oldest products indicates that the central structures have developed at least since the Upper Miocene Period; but, nevertheless, recent volcanic systems constituted by domes are present in the region.

The sources in this area belong to two different circulation systems, one close to the surface and another related to the thermal area of Mina Borax. The borum concentrations in some samples are very high and surely of deep origin. The temperature values calculated with the usual geothermometers indicate very similar values, of around 180°C, whereas the Na/K geothermometer shows values of some 200°C. The classic indicators for leakage and general observations on the chemistry and characteristics of the manifestations define this area as quite favorable from the geothermal point of view.

THE DOMINICAN REPUBLIC

The studies done in this country reveal only the Yayas - Constanza area as having sufficient *a priori* elements to favor the existence of a geothermal deposit. The other areas do not present all of the favorable elements for the development of high enthalpy geothermal areas; however, they do offer a potential interest for the development of low - and medium - enthalpy resources.

Therefore, the following three categories have been distinguished for the areas of interest:

- A. Priority area of interest: Yayas - Constanza
- B. Areas of secondary interest: Canoa and San Juan

C. Areas of interest for low or medium enthalpy: Enriquillo, Azua, and Pedro Santana.

CATEGORY A: YAYAS - CONSTANZA AREA

This area shows numerous favorable elements:

- A heat source, reflected by recent volcanism which includes various volcanic products, some of which point to a crustal component.
- A geothermal aquifer located in the oligocene calcareous formations, with respect to the thermal manifestations which present favorable chemical characteristics, as evidenced by the borum content, Na/K and Na/K/Ca geothermometer readings, and the deep origin of the carbon.
- Covering formed by the Miocene flysch.

The division of the volcanic area (15 x 50 km.), and the tectonic activity according to the regional and transverse directions, are favorable for the formation of a geothermal field.

This region should be considered of priority interest.

CATEGORY B: CANOA AND SAN JUAN AREA

Each one of these areas presents a favorable element but requires complementary work, whose results will determine whether or not the area will be selected. The favorable evidence currently available is too weak to be able to recommend a prefeasibility study.

In Canoa, knowledge about the thermal activity is insufficient. Other heat sources must be identified, sampled, and analyzed in order to be able to deduce the characteristics of the hydrothermal system. In addition, the deep structure should be more precisely defined, for the purpose of detecting the presence of a possible deep magmatic structure.

In San Juan, the situation is inverse: volcanism is present, but hydrothermal activity is lacking. It would be useful to define the deep structure more precisely on the basis of geophysical methods, but these are very expensive.

CATEGORY C: AREAS OF ENRIQUILLO, AZUA, AND PEDRO SANTANA

These areas do not present characteristics favorable for the existence of a geothermal field of high enthalpy. However, there is evidence that resources of low and medium enthalpy do exist. The development of specific studies in these areas is subject to the definition of the present and future energy demands near the resource.

ENRIQUILLO AREA

The geological, tectonic, and hydrogeological characteristics of this area are favorable for the existence of geothermal aquifers of low enthalpy in the Eocene limestones. It is useful to locate horst areas under the recent detritic fill-ins: small anticlinal structures, domes, or horsts.

AZUA AREA

The geological situation here totally resembles that of the Enriquillo area. The Azua region can be considered a tiered prolongation towards the north. A geothermal aquifer has been detected in the Oligocene limestones, whose temperatures at depth have been defined as 50—80°C.

PEDRO SANTANA AREA

This area, located in a region isolated from the center of the island, corresponds to a hydrothermal circulation system with ENE - WSW faulting which extends up to both of its borders.

The geochemical indicators (Na/K and Na/K/Ca, in particular) show average temperatures above 100°C.

HAITI

None of the areas of interest selected during the study, although these were the only ones on the island which were *a priori* favorable, indicates the presence of geothermal fields of high enthalpy. Indeed, no relationship has been observed between thermalism and volcanism.

Although recent volcanism exists, it does not show evidence of stationary incrustal material capable of giving rise to a magmatic heat source.

The analyses of the heat sources always indicate temperatures at depth of below 100°C, if the data from the geothermometers are analyzed critically.

The region of Los Pozos indicates, however, medium temperatures of 120—130°C. Several points could be favorable for medium-enthalpy applications, since the deep temperatures indicated by the geothermometers exceed 70°C. Such is the case for Los Pozos and for Fuente Puante.

In the low-enthalpy field, it is not convenient to begin the study on the basis of the resource, which is abundant in almost all of the sedimentary areas, but rather to begin by establishing an inventory of the energy needs for low and medium enthalpy, with two criteria:

- A sectorial criterion, by types of utilization. This would require an inventory of current and potential users, according to broad economic sectors.
- A geographical criterion. This would permit the establishment of maps of the energy demand for low and medium enthalpy, to be compared with the resource maps. Three areas are described below:

CUL - DE - SAC GRABEN

This tectonic structure, dominant on the island of Hispaniola, extends from the Cul-de-Sac Graben up

to the Enriquillo Graben within the Dominican Republic, and then proceeds into the sea. The unimmersed part of the graben is 130 km. long, with an average width of 20 km.

There are massive fractured limestones dating from the Eocene Age, which could constitute a potential geothermal aquifer. Above this formation, there is an impermeable sequence of great potential, dating from the Miocene Age and constituted by flysch-type and continental-detritic sediments.

The continuation of settling during the Quaternary is reflected by the strength of the quaternary series composed of limestone.

The graben is bordered by normal faults whose head reaches up to 1500 meters, particularly along the southern edge.

It is affected by transverse faults in a northeastern direction, particularly towards the end, in the Cabo Beata-Azua axis.

The thermal source of Fuente Puante has been studied at the northwestern end of the graben. This source flows in contact between the quaternary deposits of the basin and the Mio-pliocene formations of the margins. The persistence is manifested by important hydrothermal deposits aligned according to the orientation of the fault which controls the outflows (WNW-ESE). As with other thermal and volcanic manifestations in the island, this source is located at the intersection of the WNW-ESE orientation with a transverse NE-SW fault.

The Na/K and Na/K/Ca geothermometers indicate a high temperature at depth (160-165°C) for Fuente Puante. However, it was seen that it involves diluted sea water, and it is known that these geothermometers provide erroneous values for sea water. This problem does not occur with silica geothermometers, and these indicated temperatures of 70°C.

BOYNES WATERS

This thermal area completely lacks volcanic evidence. Five outflows are aligned along a N110-N120 orientation. The temperatures are on the order of 50°C, and the flow is important, with a total of 80 liters per minute.

The hot water emerges from the milonitized Eocene limestones which constitute the aquifer. The geochemistry indicates low temperatures (46-52°C), of the same magnitude as those of the emerging waters.

LOS POZOS

Situated in the central part of the island, these sources are located north of the Paincroix Sierra. The relationship of these heat sources to the tectonics of Post-Miocene folding is clearly evident from the study of the field.

All of the water originates from the same calcareous aquifer.

The silica geothermometer indicates low temperatures; however, the Na/K and Na/K/Ca geothermometers indicate medium temperatures ranging between 120 and 130°C.