

---

---

# BOLETIN ENERGETICO

---



201 / Organización Latinoamericana  
de Energía

---

---

MAYO/JUNIO/1981

---

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

---

# INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTERMAL DE ECUADOR, PERU, REPUBLICA DOMINICANA Y HAITI

S. MERCADO y D. NIEVA

En cumplimiento del Convenio celebrado entre la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), se efectuó la interpretación geoquímica de fuentes hidrotermales de 4 países sudamericanos y del Caribe con el fin de detectar zonas de interés geotérmico.

Se efectuó así la interpretación de datos de análisis químicos, proporcionados por la OLADE, de muestras de aguas de manantiales de Ecuador, Perú, República Dominicana y Haití.

Antes de efectuar la evaluación, se hizo una visita a los sitios con alteración hidrotermal de los diferentes países y se recolectó datos de campo y datos base o de apoyo que fueron aportados por personal de INECCEL, en el caso de Ecuador; INGEMMET en el caso de Perú; Dirección General de Minería, en el caso de la República Dominicana; y Ministerio de Energía y Minas en el caso de Haití, gran ayuda en la interpretación.

## REPUBLICA DE ECUADOR

Siguiendo principalmente la metodología de exploración geotérmica de la OLADE, se llevó a cabo la evaluación de los datos de los análisis de las muestras provenientes de manantiales localizados en las distintas zonas geotérmicas de la República de Ecuador. Se efectuó un balance de cargas aniónicas y catiónicas, a manera de comprobación de los análisis y se encontró en general un balance adecuado. Se calcularon los índices químicos. Se hizo un análisis hidrogeoquímico y de medio ambiente (origen de las aguas), con lo cual se detectaron aguas subterráneas de origen geotérmico en algunas de las áreas. Se construyeron diagramas hidroquímicos, también

con el objeto de definir el carácter geotérmico de las aguas y para definir grupos de las mismas. Aun cuando se contó con pocos datos, se intentó determinar zonas de fuga mediante graficación iso, con los diferentes componentes, lográndose obtener gradientes de concentración superficial en algunas de las áreas. Se aplicaron los geotermómetros de Na/K y Na/K/Ca, lo cual permitió detectar buenas temperaturas de subsuelo en varios sitios.

Con el fin de obtener un mayor apoyo en la evaluación de los datos geoquímicos, se efectuó un recorrido por las principales zonas con alteración hidrotermal del país en compañía de personal del INECCEL.

Las zonas de las cuales se detectaron sitios de interés geotérmico son, principalmente, las de Carchi (muestras de los alrededores de Tufiño y de El Angel); Imbabura (muestras de Chachimbiro); Azuay (muestras de Cuenca y Azogues) y Cotopaxi (muestras de H. Cotopaxi). En las tres primeras se detectaron aguas subterráneas, de origen geotérmico, con temperaturas alrededor de 200°C, y en la última, aguas de temperatura media. Con base en la evaluación geoquímica efectuada, se recomendó continuar los estudios de exploración en dichas zonas, considerándose importante efectuar perforaciones someras, con el fin de medir gradiente y extraer muestras de agua más representativas. Asimismo, se recomendó efectuar geoquímica de detalle y hacer mediciones de resistividad. Para la aplicación de modelos de mezcla, se recomendó efectuar la determinación de sílice total y para la determinación de puntos de fuga, efectuar un muestreo intensivo en las zonas de interés, incluyendo aguas netamente superficiales.

En las demás zonas evaluadas se detectó, por lo general, una gran dilución o mezcla de aguas, por lo cual se considera conveniente efectuar perforaciones someras para medir gradiente y obtener muestras más representativas con lo cual se podrá apoyar la continuación de estudios.

En general se considera que el Ecuador tiene buenas posibilidades de explotación geotérmica de media y alta entalpía.

#### REPUBLICA DEL PERU

Se calcularon las relaciones geoquímicas y se efectuó la clasificación hidroquímica, habiéndose obtenido resultados bastantes positivos que definieron el carácter geotérmico de la mayoría de las muestras evaluadas. Se efectuó graficación hidrogeoquímica que apoyó el origen o naturaleza geotérmica de las aguas. Se utilizaron los geotermómetros de Na/K y Na/K/Ca, principalmente para detectar las temperaturas en el subsuelo y se encontraron diversas zonas con temperaturas elevadas superiores a los 200°C.

Las áreas consideradas como prioritarias para continuar los estudios de exploración son las de las provincias de Tarata, Chucuito y Mariscal Nieto, en las cuales se recomienda efectuar estudios de geoquímica de detalle, pozos de gradiente y mediciones geofísicas de resistividad, y de ser posible, a la par, efectuar una perforación exploratoria de profundidad media.

En diversas áreas del país, entre las que se encuentran las de las provincias de General S. Cerro (Puente Bello y Omate) y las de Arequipa (Arequipa y Laguna Salinas), deberán continuarse los estudios de exploración.

Definitivamente se considera que el Perú es un país con un gran potencial geotérmico y en el cual existen, en la parte sur de su territorio, varios reservorios geotérmicos de alta y media entalpía económicamente explotables.

#### REPUBLICA DE HAITI

Las manifestaciones hidrotermales de Haití no mostraron, en lo general, un origen geotérmico bien definido, ya que las proporciones químicas, como la clasificación hidroquímica, dan resultados negativos. Los geotermómetros de Na/K/Ca y SiO<sub>2</sub> no indicaron temperaturas elevadas en el subsuelo. La única área considerada como probable para la existencia de un reservorio de entalpía media es la de Fuente Puante, en la cual convendría continuar la exploración. Se considera que Haití es un país con posibilidades geotérmicas de baja y media entalpía.

#### REPUBLICA DOMINICANA

El estudio de las aguas procedentes de las diversas manifestaciones hidrotermales indican buenas posibilidades en un área extensa. La graficación y clasificación hidroquímica, así como el cálculo de diferentes proporciones químicas, reportaron resultados positivos y permitieron definir un grupo de muestras como de carácter geotérmico. En estas muestras los geotermómetros de Na/k y Na/K/Ca indicaron temperaturas elevadas (de 150 a 280°C) en el subsuelo. Las muestras fueron colectadas en Canoa, Maguellales, Padre de las Casas y Vuelta Grande. Se agruparon estas muestras debido a que dieron una clara indicación de ser aguas de origen geotérmico; además se obtuvo un detalle importante que se alinean con rumbo SW-NE en una franja de 50 Km. de longitud, coincidiendo dicha alineación en paralelismo con el Ridge de Beato.

Se hicieron recomendaciones para efectuar estudios de geoquímica de detalle, pozos de gradiente y mediciones geofísicas de resistividad en dicha área, considerándose que es zona en el país con posibilidades geotérmicas de alta entalpía.

Actualmente, por encargo de la OLADE, el IIE está realizando otros estudios de interpretación geoquímica similares a los anteriores en otros proyectos.



J. Orenz

---

---

# 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

---

# GEOCHEMICAL INTERPRETATION OF AREAS WITH HYDROTHERMAL ALTERATIONS IN ECUADOR, PERU, THE DOMINICAN REPUBLIC, AND HAITI

S. Mercado and D. Nieva

In compliance with the agreement signed between the Latin American Energy Organization (OLADE) and the Mexican Institute of Electrical Research (IIE), the hydrothermal sources of four countries in South America and the Caribbean were interpreted in order to detect areas of geothermal interest.

To that end, an interpretation was done for data from chemical analyses provided by OLADE, for water samples from hot springs in Ecuador, Peru, the Dominican Republic, and Haiti.

Before the evaluation was done, a visit was made to the sites of hydrothermal alterations in the different countries and data were collected in the field. Very helpful basic and supporting data were supplied by personnel from INECEL, in Ecuador; by INGEMMET, in Peru; by the Office of Mining, in the Dominican Republic; and by the Ministry of Energy and Mines, in Haiti.

## REPUBLIC OF ECUADOR

Mainly in accordance with the geothermal exploration methodology of OLADE, the data from the analyses of samples from the hot springs were evaluated for the various geothermal areas in the Republic of Ecuador. A balance was done for anion and cation charges, in order to confirm the analyses; and, in general, a suitable balance was found. The chemical indices were calculated. Hydrogeochemical and environmental analyses were done for the origin of the waters; and on the basis of these, underground waters of geothermal origin were detected in some of the areas. Hydrochemical diagrams were also constructed, for the purpose of defining the geothermal nature of the waters, in order to group them. Even when few data were available, an attempt was made to determine areas of leakage on the basis of the isographing of the different components; it was possible to obtain

surface concentration gradients for some of the areas. Na/K and Na/K/Ca geothermometers were employed, and this permitted the detection of good underground temperatures in several areas.

In order to obtain greater support in the evaluation of the geochemical data, a field trip was made with INECEL staff, to the main areas having hydrothermal alterations.

The geothermal areas which proved to be of interest were mainly those detected in the provinces of Carchi (samples taken from areas near Tufiño and El Angel), Imbabura (samples from Chachimbiro), Azuay (samples from Cuenca and Azogues), and Cotopaxi (samples from H. Cotopaxi). In the first three locations, underground waters of geothermal origin were detected, with temperatures of around 200°C; and in the fourth, waters of medium temperatures were found. On the basis of the geochemical evaluation, it was recommended that exploration studies be continued in these areas; and it was considered important to do shallow drilling for the purposes of measuring the gradients and obtaining more representative water samples. Likewise, it was recommended that detailed geochemical work be carried out and that resistivity measurements be taken. For the application of mixing models, it was suggested that the total silica be determined and that intensive sampling of hot springs and fresh water be done in the areas of interest in order to determine the leakage points.

In the other areas which were evaluated, in general great dilution or mixing waters were detected; and, thus, it was thought useful to do some shallow drilling in order to measure the gradients and in order to obtain more representative samples, to support a decision to continue with further studies.

In general, it was considered that Ecuador had good possibilities for medium - and high - enthalpy geothermal exploitation.

#### REPUBLIC OF PERU

The geochemical ratios were calculated and the hydrochemical classification was done. Quite positive results were obtained, and these defined the geothermal nature of most of the samples evaluated. Hydrogeochemical graphing was done to support the origin or nature of the geothermal waters. Na/K and Na/K/Ca geothermometers were used mainly to detect underground temperatures; as a result, various areas with temperatures above 200°C were found.

The areas given priority for the continuation of exploration studies were those in the provinces of Tarata, Chucuito, and Mariscal Nieto. It was recommended that detailed geochemical studies be done therein, along with gradient wells and geophysical resistivity measurements and, if possible, exploratory drilling at medium depths.

Exploratory studies should also be continued in several other areas of the country, among them, areas in the provinces of General S. Cerro (Puente Bello and Omate) and Arequipa (Arequipa and Lake Salinas).

It is definitely thought that Peru has a great geothermal potential, with several high-and medium-enthalpy geothermal reservoirs which are economically exploitable, in the southern part of the Peruvian territory.

#### REPUBLIC OF HAITI

In general, the hydrothermal manifestations in Haiti did not reflect a well - defined geothermal origin,

for the chemical ratios and hydrochemical classification showed negative results. The Na/K/Ca and SiO<sub>2</sub> geothermometers did not indicate high underground temperatures. The only area where a reservoir of medium enthalpy was considered probable was Fuente Puante, and it would be useful to continue exploration therein. Haiti is thought to have both low - and medium - enthalpy geothermal possibilities.

#### THE DOMINICAN REPUBLIC

The study of water from the various hydrothermal manifestations indicates good possibilities over an extensive area. The hydrochemical classifications and graphing, as well as the different chemical ratios, showed positive results and permitted the definition of a group of samples of a geothermal nature. For these samples, the Na/K and Na/K/Ca geothermometers indicated high underground temperatures (150—280°C). The samples were collected in Canoa, Maguallales, Padre de las Casas, and Vuelta Grande. They were grouped together because they clearly indicated waters of geothermal origin and —an important detail— because they are aligned in a SW - NE direction, along a strip 50 km. long, which coincides parallelly with the Beato Ridge.

It was recommended that detailed geochemical studies be done in that area, along with gradient wells and geophysical resistivity measurements, because the area is considered to have high-enthalpy geothermal possibilities.

At the request of OLADE, the IIE is currently carrying out other geochemical interpretation studies, similar to those undertaken previously for other projects.