
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 HIDROTHERMAL 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**

EXPLORACION GEOTERMICA EN GUATEMALA

PROGRAMA DE RECONOCIMIENTO - OLADE

RESULTADOS PRELIMINARES AL FINAL DE LAS INVESTIGACIONES DE CAMPO

1. INTRODUCCION

Mediante un Convenio de Cooperación Técnica suscrito entre la Organización Latinoamericana de Energía, (OLADE) y el Gobierno de la República de Guatemala, a través del Instituto Nacional de Electrificación, en diciembre de 1980, se inició el estudio de reconocimiento geotérmico a nivel nacional. Para ese fin, la OLADE constituyó un equipo que incluyó geólogos, vulcanólogos, hidrogeólogos y geoquímicos. El trabajo de campo fue llevado a cabo durante el período marzo - mayo de 1981 y este cubrió todo el territorio nacional, principalmente al sur, donde la mayor parte de anomalías termales (aguas termales, fumarolas, actividad volcánica, etc.) están ubicadas (Fig. 1).

Guatemala muestra una situación particular en América Latina, puesto que está ubicada a lo largo de la cordillera volcánica y además en el área de una triple convergencia entre las placas del Pacífico, del Nor-Atlántico y del Caribe. De manera que las zonas de interés geotérmico potencial ocurren en varias situaciones geodinámicas:

1. Al noroeste de la falla de Motagua, el relieve de la cordillera es el más alto (basamento sobre los 2.500 m.). Se observan tres áreas, del oeste hacia el este: el volcán Tacaná, Tajumulco - San Marcos, Quezaltenango - Zunil.
2. En el área de la triple convergencia caracteri-

zada por elevaciones menores (1.000 - 1.500 m.), dos áreas presentan características favorables: Atitlán y Amatitlán.

3. Al sur de la falla de Jalpatagua, la cordillera se caracteriza por unidades vulcanotectónicas más pequeñas, edificadas en grábenes de dirección noroccidental, en una situación parecida a la que prevalece en la República de El Salvador: Tecuamburro, Los Achiotres y Moyuta.
4. Entre las fallas de Jalpatagua y Jocotán, dos unidades se desarrollaron en la intersección de las fallas distensivas con dirección noroccidental, nororiental y norte-sur: Ayarza y Retana.
5. Con la excepción de la región de Palencia, donde se encuentra actividad volcánica silícica reciente en asociación con aguas termales, los manantiales de la falla de Motagua parecen originarse por el ascenso rápido de fluidos a gran profundidad en lugar de relacionarse con un sistema geotérmico asociado con una fuente de calor accesible.

2. ZONAS SELECCIONADAS

Aplicando la metodología de la OLADE, criterios geológicos, vulcanológicos, hidrogeológicos y geoquímicos permitieron la selección de 10 áreas adecuadas para realizar estudio de prefactibilidad en forma sistemática. Todas

sugieren la presencia de una fuente de calor, un reservorio potencial y la recarga de agua adecuada. Debe considerarse que la zona de Tacaná, ubicada a lo largo de la frontera con México, no fue seleccionada debido a su difícil acceso. De oeste a este, las áreas son:

Nº 1. SAN MARCOS

Se desarrolló en una gran caldera terciaria (19 x 16 Km.), reactivada en su parte sur por eventos volcánicos cuaternarios, caracterizados por: erupción piroclástica, colapso de la caldera (14 x 10 km.), y la extrusión de domos recientes a lo largo de los márgenes de la caldera. La hidrogeología se caracteriza por su recarga en las márgenes norte y oeste de la caldera cuaternaria, beneficiada por gran cantidad de precipitación (2000 mm/año); y la descarga por el borde sur erosionado por el río Naranjo que fluye hacia el Pacífico. La química de las aguas termales indican temperaturas de 220°C. Por lo tanto, la zona está caracterizada por una gran fuente de calor, a escala de la caldera cuaternaria, un reservorio potencial en la andesitas terciarias, aglomerados y recarga natural de agua meteorítica.

Nº 2. QUEZALTENANGO

Se caracteriza por condiciones geológicas muy parecidas. La gran caldera terciaria (27 x 27 Km.) fue reactivada al sur por una caldera cuaternaria antigua (20 x 17 Km.), en primer lugar, y después por una más reciente (11 x 8 Km.), bordeada por domos silíceos posteriores. La caldera más reciente está abierta al sur debido a la erosión y afloran aguas termales a lo largo de la falla nororiental bordeando la caldera hacia el sur. La zona de mayor

interés entonces corresponde a la caldera reciente, donde la fuente de calor magmática activa y las condiciones favorables de reservorio están sobrepuestas. El campo geotérmico de Zunil está ubicado marginal en esta zona.

Nº 3. ATITLAN

Es una caldera joven (24.000 años), con una dimensión de 20 x 16 Km., la cual expulsó enormes cantidades de productos silíceos. El fondo de la caldera está ocupada por el Lago Atitlán y los tres volcanes San Pedro, Atitlán y Tolimán al sur. El último es predominantemente silíceo y evidencia que una fuente de calor está ubicada en profundidad. Las aguas termales, se presentan en varios sitios dentro y alrededor de la caldera, pero como el basamento granítico está cercano, condiciones favorables para un reservorio pueden ser encontradas únicamente dentro de la caldera y por razones de acceso sólo en la mitad sur.

Nº 4. AMATITLAN

Es también una unidad vulcanotectónica joven y la zona geotérmica más cercana a la capital. Estuvo continuamente activa desde comienzos del período cuaternario hasta el prehistórico (30.000 A.C.) y actualmente presenta tres calderas acopladas. En la parte sudoccidental de las dos calderas más antiguas (20 x 17 Km.), está situada la más pequeña y más joven. Es en esta caldera (8 x 5 Km.) que las unidades volcánicas más recientes (el estratovolcán andesítico de Pacaya y numerosos domos

silícicos), hicieron erupción. Aguas termales y fumarolas ocurren en la caldera principalmente en su parte occidental y a lo largo de las orillas del Lago Amatitlán. La mayor actividad corresponde las fallas de dirección norte-sur recientes, las cuales afectan la parte central de la caldera. La geoquímica indica condiciones de alta temperatura en el reservorio (con un mínimo de 200°C). Toda la caldera de Amatitlán, especialmente la parte situada al sur del lago, puede ser considerada como una zona geotérmica muy favorable, puesto que incluye fuentes termales activas, recarga hidrogeológica y un reservorio en andesitas cuaternarias afectadas por la tectónica reciente.

Nº 5. TECUAMBURRO

Está constituida de un graben con dirección noroeste - sureste y con una dimensión de 4 Km. de ancho y 14 Km. de largo, el cual está cubierto en la parte sur y central por productos andesíticos y dacíticos del complejo estratovolcánico de Tecuamburro. Las fumarolas ocurren a lo largo del eje del graben y en el cráter del volcán, y se observan amplias zonas hidrotermales, tanto como cráteres de explosión freática en los ejes del graben (Laguna de Ixpaco).

Nº 6. LOS ACHIOTES

Es una zona con alto grado de actividad sismotectónica afectada por temblores volcánicos frecuentes y poco profundos (3-12 Km. de profundidad). Su ubicación corresponde al estrato - volcán de Los Achiotes, que tiene un ancho de 20 Km. Su parte superior está ocupada por una caldera compleja (7 x 3 Km.) formada de un grupo irregular de fallas curvilíneas asociadas con la emisión de domos viscosos

y con el flujo de productos silícicos. Todo esto indica la presencia de una cámara de magna activa y superficial ubicada en la parte superior de la estructura, con condiciones favorables para un reservorio en los flujos de lava fracturados.

Nº 7. MOYUTA

Demuestra una situación geológica parecida a la de Los Achiotes. También está superpuesta en un graben de dirección noroccidental, con estructuras curvilíneas vulcano - tectónicas activas con su centro en la caldera de Moyuta, que tiene un ancho de 3 Km. Los domos silícicos hicieron erupción a lo largo del borde de la caldera. Las fumarolas y las aguas termales son observadas a lo largo de las fallas norte - sur, al norte y al sur. Como en Los Achiotes, se pueden encontrar condiciones favorables para un campo geotérmico en la parte central de la estructura.

Los pozos geotérmicos ya perforados se encuentran desplazados al norte de esta área.

Las áreas 5, 6 y 7 muestran condiciones hidrogeológicas parecidas —más secas que las de las unidades más occidentales— con 2.000 mm. de lluvia por año y 950 mm. de evapotranspiraciones.

Nº 8. AYARZA

Es una caldera de 10 x 4 Km., ubicada en un ancho graben con dirección nororiental, la cual expulsó productos silícicos el cuaternario reciente. Actualmente, está ocupado por un lago.

Nº 9. RETANA

Es algo similar al de Ayarza, pero la caldera con dimensiones de 3 x 6 Km., está rellena con sedimentos recientes.

Ninguna de estas dos zonas muestra actividad hidrotermal y aunque existen productos silíceos en ambos casos corresponden a eventos de vida corta. Por lo tanto, es muy posible que la fuente termal sea bastante limitada. Las dos zonas (8 y 9), sin embargo, merecen mayores investigaciones, con una metodología apropiada para condiciones particulares de esta naturaleza.

Nº 10. PALENCIA

Ubicada cerca de la capital, se caracteriza por la presencia de varias fases de erupciones silíceas (obsidianas, en particular). Las más recientes son cuaternarias y se encuentran aguas termales asociadas. Condiciones favorables para un reservorio, se pueden encontrar en la caliza asociada con el basamento esquistoso.

A lo largo de la falla de Matagua, se observan numerosas aguas termales, pero no hay ninguna evidencia de una fuente de calor adecuada. Así que es probable que esta actividad geotérmica se deba al ascenso rápido de agua caliente de las profundidades, a través de drenaje vertical (fallas). Sin embargo, hay en esta zona buenas probabilidades para aplicaciones de baja y media entalpía que podrían ser desarrolladas.

3. CONCLUSIONES

Aunque han existido programas geotérmicos por muchos años en Guatemala, había, sin embargo, una falta de información básica. De he-

cho, la metodología de la OLADE todavía no estaba disponible cuando comenzó la exploración, y las perforaciones profundas fueron efectuadas cerca de las manifestaciones superficiales. Los resultados en Moyuta y las dificultades en Zunil podrían situar a la geotermia en condiciones localmente desfavorables desde el punto de vista técnico y económico, sin embargo, con la evidente reorientación que impone los primeros resultados obtenidos por el estudio de reconocimiento en progreso por parte de la OLADE, el cual hará posible:

- La selección de las zonas geotérmicas con un alto interés potencial;
- La precisión de prioridades y del trabajo a ser implementado en las etapas subsiguientes; y
- La demostración de que los campos geotérmicos anteriormente explorados realmente existen, pero que aparentemente las perforaciones fueron hechas en los límites de las zonas de principal interés.

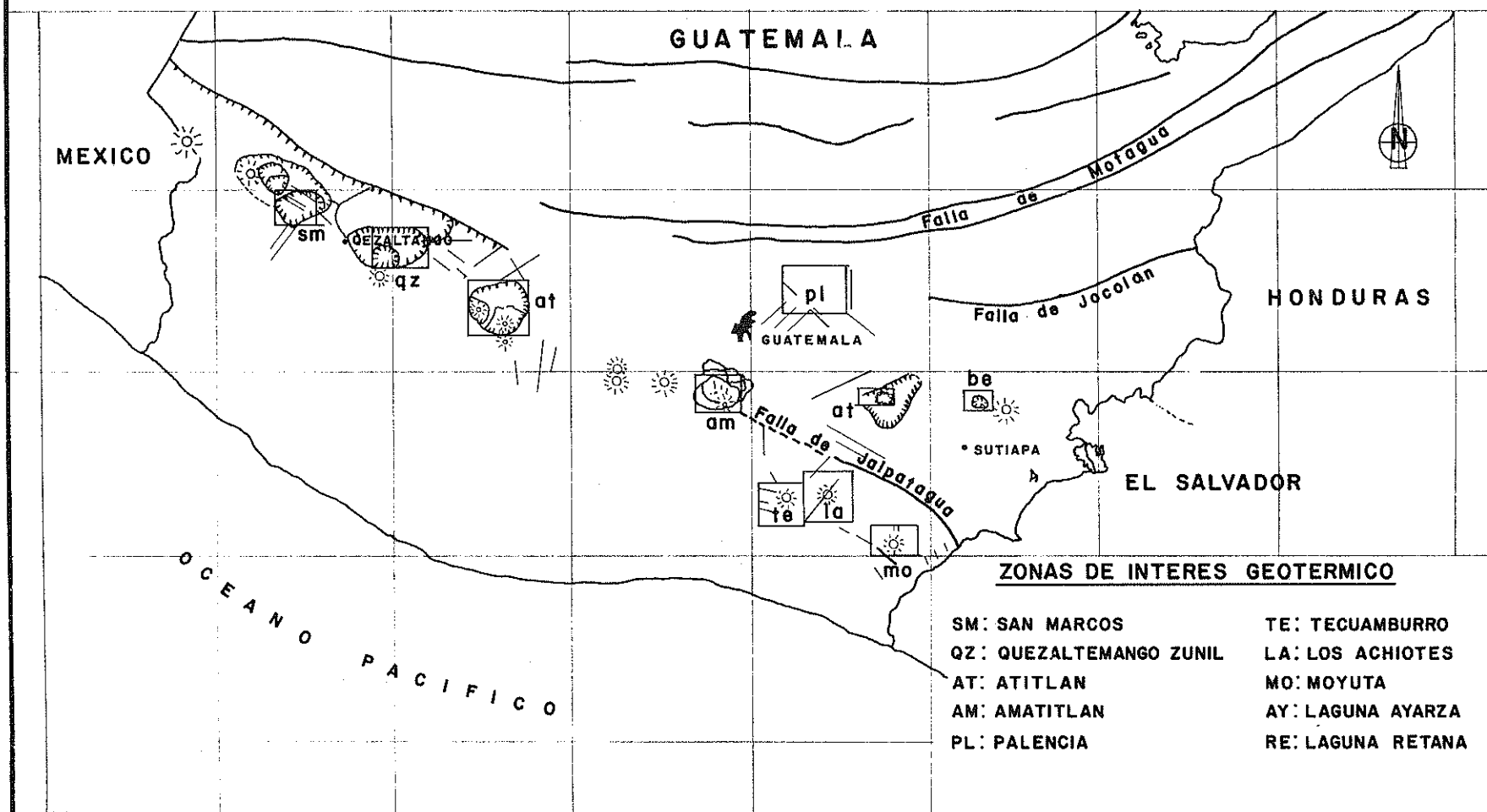
Se está haciendo más trabajo de laboratorio, el cual precisará estas conclusiones y la naturaleza de las actividades a ser realizadas durante las etapas siguientes. El informe final será presentado a fines de 1981.

Como la mayoría de los países latinoamericanos —y probablemente con condiciones geológicas particularmente favorables debido a la interferencia de tres placas litostéricas en esta zona—, Guatemala muestra varios sitios de interés geotérmico potencial, los cuales merecen mayores estudios, para su respectivo desarrollo.

El programa de trabajo desarrollado por la OLADE ha verificado, una vez más, que la Metodología de la OLADE es una herramienta adecuada para un desarrollo apropiado y una oportunidad para intercambiar la experiencia entre equipos técnicos nacionales, regionales y extraregionales, en beneficio de un país miembro y de la tecnología regional.



RECONOCIMIENTO GEOTERMICO DE GUATEMALA



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

GEOHERMAL EXPLORATION IN GUATEMALA

PRELIMINARY RESULTS AT THE END OF THE FIELD INVESTIGATIONS

1.— AIM AND CONDITIONS OF THE STUDY

For geothermal exploration in Guatemala, OLADE constituted a team including geologists, hydrogeologists and geochemists from three groups: INDE (1), G.L. (2), and B.R.G.M. (3). Field work was carried out in the period March - May 1981 and covered the whole country, but mainly the southern part, where all heat manifestations (hotsprings, fumaroles, volcanoes, etc.) are located (Fig. 1).

Guatemala displays a particular situation in Latin America, as it not only is located along the volcanic cordillera, but also in the area of a triple junction between the Pacific, the North Atlantic and the Caribbean plates. Hence, areas of potential geothermal interest occur in various geo-dynamic situations:

1. NW of the Motagua fault, the relief of the cordillera is the highest (basement above 2500 m). Three areas are observed, from west to east: the Tacana volcano, Tajumulco - San Marcos, Quezaltenango - Zunil.
2. In the triple junction area, characterized by lower altitudes (1000—1500 m), two areas have developed favourable characteristics: Atitlan and Amatitlan.

3. South of the Jalpatagua fault, most of the southern part or the cordillera is characterized by smaller volcano - tectonic units built on NW trending grabens, in a situation similar to the one prevailing in El Salvador: Tecuamburro, Los Achiotés and Moyuta.
4. Between the Jalpatagua and Jocotan faults, two units have developed at the intersection of distensive faults of NW, NE and NS direction: Ayarza and Retana.
5. Except in the Palencia region —where recent silicic volcanic activity is found in association with hotsprings— the hotsprings of the Motagua fault seem to be related to a rapid rise from important depth rather than to a geothermal system bearing a heat source.

2.— SELECTED AREAS

Applying OLADE's methodology, geological, volcanological, hydrogeological and geochemical criteria made it possible to select 10 areas suitable for pre - feasibility studies. All display a heat source, a potential reservoir and water recharge. Note that the Tacana area, located along the boundary with Mexico, was not selected due to inaccessibility. From west to east, the ten areas are:

Nº 1: The **San Marcos** area developed in a wide (19 x 16 km) tertiary caldera, reactivated in its

(1) INDE: Instituto Nacional de Electrificación (Guatemala).

(2) G.L.: Geotermia Latinoamericana (Salvador).

(3) B.R.G.M.: Bureau de Recherches Géologiques et Minières (France).

southern part by a quaternary volcanic event characterized by: pyroclastic eruption, caldera collapse (14 x 10 km), and extrusion of recent domes along the margins of the caldera. Hydrogeology is characterized by recharge along the N and W margins of the quaternary caldera, which benefit from high rainfall (2000 mm/year), and by discharge along the southern rim, which has been eroded by the Naranjo river flowing to the Pacific. Hotsprings chemistry indicates temperatures of 220°C. The area is hence characterized by a broad heat source, at quaternary caldera's scale; a potential reservoir in the tertiary andesites and conglomerates; and natural recharge of meteoritic water.

Nº 2: The **Quezaltenango** area is characterized by very similar geological conditions. The wide (27 x 27 km) tertiary caldera was reactivated to the south by old quaternary (20 x 17 km) and then recent quaternary (11 x 8 km) calderas, bordered by more recent silicic domes. The most recent caldera has been opened to the south by erosion, and hotsprings occur along the NE fault bordering the caldera to the south. The area of major interest hence corresponds to the recent caldera, where active magmatic heat sources and favourable reservoir conditions are superposed. The geothermal field of Zunil is located at the limit of this area.

Nº 3: The **Atitlan** area is a young caldera,..... (24,000 years old) 20 x 16 km large, which erupted huge amounts of silicic products. The floor of the caldera is occupied by Lake Atitlan and the three volcanoes of San Pedro, Atitlan and Toliman, to the south. The last is predominantly silicic and shows that a heat source is available at depth. Hotsprings occur in several places in and around the caldera; but as the granitic basement occurs nearby, favourable reservoir conditions may be found only within the caldera, and only in its southern half for reasons of accessibility.

Nº 4: The **Amatitlan** area is also a young volcano - tectonic unit, the nearest geothermal area to the capital. It was continuously active from early qua-

ternary until pre - historic period (30,000 Y. A.) and now displays three fitted calderas. The smallest and youngest caldera is located in the south-western part of the two older ones (20 x 17 km). It is in that caldera (8 x 5 km) that the most recent volcanic units (Pacaya andesitic strato-volcano and numerous silicic domes) erupted. Hotsprings and fumaroles occur in the caldera, mainly in its western part and along the southern shore of Lake Amatitlan. The most active are found to correspond with the recent N-S faulting which affects the central part of the caldera. Geochemistry indicates high-temperature reservoir conditions (200°C minimum).

The whole caldera of Amatitlan, especially the part located south of the lake, can be retained as a highly favorable geothermal area; for it includes active heat sources, hydrogeological recharge, and a reservoir in quaternary andesites affected by recent tectonics.

Nº 5: The **Tecuamburro** area is constituted by a NW - SE trending graben (4 km wide and 14 km long), covered in the southern and central part by andesitic and dacitic products from the Tecuamburro complex strato - volcano. Fumaroles occur along the axis of the graben and in the crater of the volcano, and wide hydrothermal alteration zones as well as freatic explosion craters are observed along the axis of the graben (Laguna de Ixpaco).

Nº 6: **Los Achiotes** is a highly active area seismo tectonically, which is affected by frequent and shallow (3 to 12 km deep) volcanic tremors. Their location corresponds to the 20 km wide strato-volcano of Los Achiotes. Its upper part is occupied by a complex caldera (7 x 3 km) composed of an irregular set of curvilinear faults associated with the emission of viscous domes and the flow of silicic products. All this indicates the occurrence of a shallow, active magma chamber located at the top of the structure, with favourable reservoir conditions in fractured lava flows.

Nº 7: **Moyuta** displays a geological situation similar to that of Los Achiotes. It also lies over a NW graben, with active volcano-tectonic curvilinear structures centered at the 3 km wide Moyuta caldera. Silicic domes erupted along the rim of the caldera. Fumaroles and hot springs are observed along the N-S faults, to the north and to the south. As in Los Achiotes, conditions favourable for a geothermal field may be found in the central part of the structure.

Geothermal wells drilled by INDE/Electroconsult are located north of this area.

Areas Nº 5, 6 and 7 display similar hydrological conditions —but dryer than the more western units— with 2000 mm of rainfall per year and 950 mm evapo-transpirations.

Nº 8: The **Ayarza** area is a 10 x 4 km caldera located in a wide NE trending graben, which erupted silicic products in recent quaternary. It is now occupied by a lake.

Nº 9: The **Retana** area is somewhat similar, but the 3 x 6 km caldera is filled with recent sediments.

Neither of these two areas shows hydrothermal activity, and although silicic products occur, in both cases they correspond to a short-lived event. It is hence quite possible that the heat source is rather limited. However, both areas (8 and 9) deserve further investigations, using a methodology appropriate for such particular conditions.

Nº 10: The **Palencia** region, located near the capital, is characterized by the occurrence of several phases of silicic eruptions (obsidians in particular) along NW faults. The most recent are quaternary

and hot springs are found to be associated. Favourable reservoir conditions may be found in the limestones associated with the schistose basement.

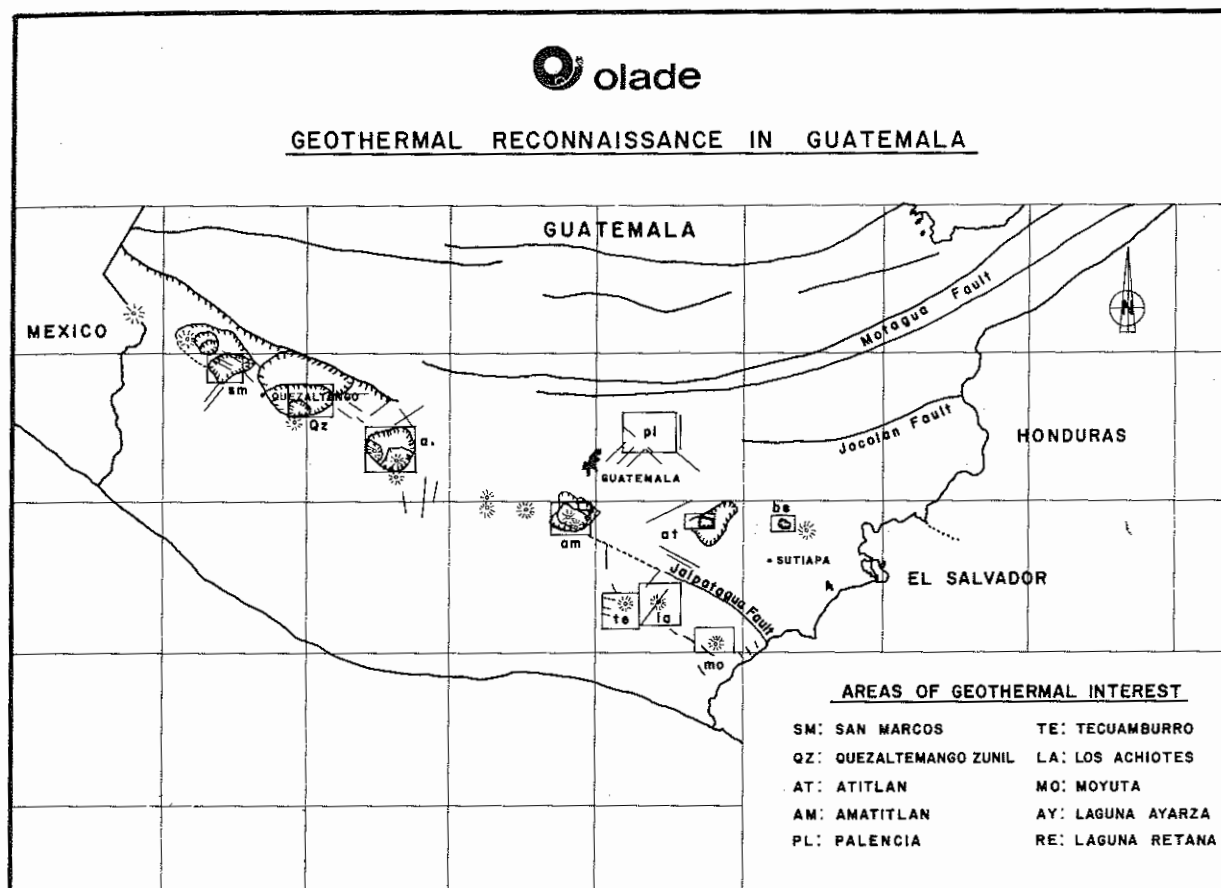
Along the Matagua fault, numerous hot springs are observed; but no evidence for any heat source is available. Hence, this geothermal activity is probably due to the rapid rise of hot water from depth through vertical drainage (faults). Sites suitable for low or medium enthalpy applications certainly can be developed in this area.

3.— CONCLUSIONS

Although geothermal prospecting and development have already occurred for many years in Guatemala, there has been a lack of basic information. In fact, OLADE's methodology was not yet available when INDE started exploration, and deep drilling was performed near surface manifestations. The failure encountered at Moyuta, and the difficulties met at Zunil, may tend to convince the authorities that the Guatemalan geothermal resources are poor, or at least difficult to develop. In order to avoid discouragement or negative decisions in the country, and in order to provide a new impulse to geothermal energy development in Guatemala, the reconnaissance carried out by OLADE made it possible to:

- Select ten geothermal areas of high potential interest;
- Specify an order of priority for the work to be implemented during the prefeasibility stage;
- Show that geothermal fields previously explored really exist, but that the drillings were apparently located on the limits of the areas of major interest.

Further laboratory work, currently in progress, will aid in verifying these conclusions and the nature of the work to be performed during the prefeasibility



stage. The final report is to be presented in late 1981.

As most Latin American countries and probably with particularly favourable geological conditions due to the interference of three lithospheric plates in this area Guatemala displays several sites of potential geothermal interest which deserve further prefeasibility and feasibility studies, as well as development.

The exploration performed in 1981 was not only an opportunity to check that OLADE's methodology

is a suitable tool for proper development, but also an opportunity to cross and mix the experience of three teams which enriched one another with their own experience, to the benefit of geothermal development in Guatemala.

Jacques VARET
Heat Geothermal Department
BRGM - FRANCE

May, 18 1981.