# BOLETIN ENERGETICO

## Organización Latinoamericana de Energía

201

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

Organización Latinoamericana de Energía

# olade

PUBLICACION DE LA ORGANIZACION LATINOAMERICANA DE ENERGIA (OLADE)

20

BOLETIN ENERGETICO
MAYO-JUNIO, 1981
ORGANO DE
DIVULGACION TECNICA

5 EDITORIAL

7 PROGRAMA REGIONAL 112

9 I COLOQUIO SOBRE EL CAMPO GEOTERMICO DE MOMOTOMBO (NICARAGUA) grafs 113

13 ESTUDIOS GEOTERMICOS DE LA REPUBLICA DE NICARAGUA 114

15 EXPLORACION GEOTERMICA EN GUATEMALA 115
maps

21 PROYECTO DE EXPLORACION GEOTERMICA 116

27 GEOTERMIA Y MEDIO AMBIENTE 117

29 CURSOS DE ESPECIALIZACION EN GEOTERMIA 118
ilus, tbs

35 INTERPRETACION GEOQUIMICA DE ZONAS DE ALTERACION HIDROTERMAL DE ECUADOR, PERU, REPUBLICA DOMINICANA Y HAITI 119

37 BAJA Y MEDIA ENTALPIA 120

41 EL PROYECTO GEOTERMICO TUFIÑO 121
maps, ilus

47 REGISTROS GEOFISICOS EN POZOS GEOTERMICOS 122

51 OLADE INFORMA

Los artículos firmados son de la exclusiva responsabilidad de sus autores y no expresan, necesariamente, la posición oficial de la Secretaría Permanente. Toda colaboración deberá ser dirigida a la oficina del Coordinador de Relaciones Públicas, Información y Difusión: OLADE: Casilla 6413 C.C.I., Quito, Ecuador.

Organización Latinoamericana de Energía

# EDITORIAL

Los inicios de la exploración geotérmica en América Latina se remontan a principios de la década de los 50 cuando en Pathe Hidalgo, en México, se instaló la primera planta piloto para generar electricidad. Entre esa fecha y los últimos años de fines de la década de los 70 se realizaron algunos esfuerzos en diferentes países bajo programas del PNUD y la asistencia técnica de algunos países como Italia. Sin embargo, ninguno de estos esfuerzos culminaron con la puesta en explotación de ningún yacimiento geotérmico, excepción hecha de El Salvador que, con un esfuerzo nacional, inauguró en 1974 75 la planta geotérmica de Ahachapan.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), consciente del potencial geotérmico existente en la casi totalidad de sus Estados miembros, elaboró un ambicioso programa que se fundamenta en la élaboración de una metodología de explotación y exploración de yacimientos geotérmicos, y que es la herramienta que ha permitido a la OLADE una eficaz coordinación de los actuales programas de exploración geotérmica en Colombia, Ecuador, Grenada, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Perú, y República Dominicana.

La metodología OLADE es el fruto del trabajo de un selecto grupo de expertos mundiales que, bajo la coordinación de la OLADE, analizaron las alternativas que permitían la mayor eficacia y optimización de los recursos bajo el principio de lograr los menores costos en el riesgoso proceso de explorar el recurso geotérmico; la validez de la metodología ha sido calificada en seminarios del más alto nivel, organizados por OLADE, y está siendo comprobada con gran éxito en los diversos proyectos que OLADE coordina, algunos de los cuales se describen en este boletín.



Organización Latinoamericana de Energía

# PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA DE LA OLADE

FRANCISCO MONTEVERDE Z.*
GUSTAVO A. CUELLAR**

El Programa Regional de Geotermia de OLADE se inició en 1978, mediante la implementación de la Metodología de Exploración y posteriormente de Explotación Geotérmica. En ésta se definen los lineamientos generales de un proyecto geotérmico, los métodos exploratorios a utilizarse, el personal necesario, tiempos de ejecución y el orden de las inversiones requeridas; todo ello, adaptadas flexiblemente a las condiciones y características de cada proyecto y formulado en base a las experiencias adquiridas en las realizaciones geotérmicas de México y El Salvador, en otras investigaciones regionales y extraregionales y acorde con los progresos científicos más avanzados. Dicha metodología, fundamentada en una Filosofía de Exploración Latinoamericana, es apoyada en el inicio de estudios e investigaciones de carácter regional que impliquen costos relativamente bajos, hasta la prospección de mayor detalle sólo para áreas de mayor interés técnicamente seleccionadas, minimizando riesgos.

La aplicabilidad de las diferentes fases de la Metodología de reconocimiento - prefactibilidad - factibilidad - desarrollo y explotación, está prácticamente comprobada por los exitosos resultados obtenidos en los distintos proyectos ejecutados por la OLADE en cooperación con países miembros y la adopción de la metodología por parte de países en fases más avanzadas dentro y fuera de la región.

El primer proyecto de exploración geotérmica, consistente en el estudio de reconocimiento en las zonas Andina y del Caribe, se llevó a cabo entre 1979 y 1981, en beneficio de cuatro países: Haití, República Dominicana, Ecuador y Perú.

* Director Técnico de la OLADE.
** Coordinador del Programa Regional de Geotermia.

## PROGRAMA REGIONAL DE GEOTERMIA

Las conclusiones alcanzadas permitieron identificar varias zonas que justifican la continuación de los estudios con miras a la producción de electricidad en los últimos tres países y aplicaciones directas o industriales en el primero.

El segundo proyecto de exploración comenzó en 1980 y consta de estudios de prefactibilidad en Nicaragua y Ecuador; de reconocimiento en Guatemala, Nicaragua, Colombia, Panamá y Grenada; de reconocimiento orientado a las aplicaciones de baja y media entalpía en Jamaica.

Un tercer proyecto está en proceso de planificación, para ser puesto en marcha próximamente y comprenderá: la continuación de las fases sucesivas en los programas ya finalizados; ejemplo: prefactibilidad y factibilidad; asistencia técnica especializada en aspectos específicos e implementación de un laboratorio isotópico.

Con el objeto de establecer una infraestructura de capacitación y entrenamiento en este campo energético, así como un intercambio sistemático, técnico y científico, cuya necesidad se ha evidenciado después del contacto directo con los cuadros técnicos de los países, la OLADE se propone institucionalizar la realización anual de seis cursos latinoamericanos sobre temas relacionados a la energía geotérmica: geovulcanología, geofísica, geoquímica, ingeniería de producción, perforaciones e ingeniería de reservorios. Los primeros cursos se iniciarán en México el presente año, los cuatro restantes se implementarán gradualmente en otros países miembros de la OLADE.



Organización Latinoamericana de Energía

# I COLOQUIO SOBRE EL CAMPO GEOTERMICO DE MOMOTOMBO

# (NICARAGUA)

Managua, Nicaragua - Febrero 16-20-81

Considerando el interés de aprovechar los recursos geotérmicos del campo Momotombo en una forma óptima, a solicitud del Instituto Nicaragüense de Energía (INE), la OLADE organizó un papel de expertos de nivel mundial, que concluyó en un coloquio de análisis de los siguientes objetivos:

— Diagnóstico del campo de acuerdo a la información existente;
— Recomendaciones de acción inmediata.

La reunión estuvo coordinada por la OLADE bajo la dirección de Gustavo Cuellar, con la asistencia de los expertos F. Barberi, B. Stilwell, W. Mahon, A. Merla, autoridades del INE, técnicos de INE y miembros del grupo consultor para Momotombo.

RESUMEN DE RECOMENDACIONES

Una semana de sesiones técnicas y discusiones permitió el estudio de los contratos y cronogramas ya establecidos para el desarrollo local del programa, particularmente en lo relacionado con los requerimientos de construcción de la primera etapa de la planta de 35 MW en Momotombo (ya en progreso), con el estudio de factibilidad de la etapa II y el estudio de reconocimiento y pre-factibilidad que actualmente lleva a cabo la OLADE.

Las recomendaciones fueron las siguientes:

1. El desarrollo de la segunda etapa de Momotombo debería ser incrementable, posiblemente en fases de 5 a 15 MW, y basado en los resultados de un estudio de factibilidad sobre el suministro actual de vapor, disminución del suministro y la factibilidad de inyección de los deshechos dentro o vecino al sistema. Aún considerando que la disponibilidad actual de vapor es suficiente para generar aproximadamente 70 MW, se consideró inconveniente el desarrollo inmediato de una segunda planta de 35 MW.

2. El desarrollo de un segundo campo geotérmico en Nicaragua debe ser considerado a la brevedad posible. Debido a que aún se desconoce el potencial del sistema de Momotombo, el desarrollo de un segundo sistema evitaría que por desarrollarse demasiado rápido se instale una capacidad todavía desconocida.

3. Es necesario obtener mayor información sobre la geología local del volcán Momotombo para delinear, más detalladamente, la geología estructural de las vecindades inmediatas del proyecto geotérmico.

4. Se requiere de información petrológica y mineralógica sobre recortes de roca tomados de los pozos de Momotombo. Esta información se utilizaría para obtener secciones estratigráficas del sistema, para obtener datos de temperaturas profundas y circulación del fluido y para localizar áreas de permeabilidad en el subsuelo.



Organización Latinoamericana de Energía

5. Mejorar el sistema de manejo de datos de temperatura y presión colectados en los pozos.

6. Implementar un programa de control volcánico en Momotombo.

7. Definir mejor los límites del sistema por medio de técnicas geofísicas, especialmente métodos de resistividad eléctrica, a partir de los cuales se permita la evaluación de las dimensiones y potencial energético del Sistema. Esta información deberá estar correlacionada con datos geológicos y geoquímicos que permitan la ubicación más satisfactoria de pozos.

8. Continuar con el programa geoquímico actual, incorporando muestreos dentro de los pozos, modificando la metodología y estandarizando resultados. Esto permitiría una correlación adecuada entre pozos y la interpretación del flujo de fluidos en el reservorio.

9. Estudios detallados sobre la física del reservorio de Momotombo deberían comenzar lo más pronto posible.

10. Estudios isotópicos detallados en fluidos termales y fríos alrededor del área del proyecto ayudarán en la interpretación de la hidrología local, así como en la evaluación del sistema de recarga y el movimiento de los fluidos en el reservorio durante la explotación.

11. Una estrategia sobre las necesidades de control y manejo del campo de Momotombo durante su explotación, debe ser definida.

12. Debe desarrollarse un adecuado sistema de colección, interpretación y recuperación de datos lo más pronto posible para permitir su uso completo, actualmente y en el futuro.

13. Considerar métodos alternativos para la eliminación de los deshechos, en caso la reinyección presente inconvenientes.

## PROCEDIMIENTO PARA LA REUNION

Información sobre el proyecto y reportes editados por diferentes agencias y compañías asociadas con la etapa de explotación de Momotombo, fueron proporcionados al panel de expertos; se llevaron a cabo sesiones técnicas por la mañana y la tarde para discutir la información con el personal local de I.N.E. y para aclarar los datos en el máximo posible. Intercambio libre de ideas y opiniones ocurrieron durante estas sesiones sobre la manera en que se debería desarrollar un modelo del sistema de Momotombo. Varios modelos propuestos en el pasado fueron discutidos con detalle y se hicieron sugerencias y observaciones a los mismos. Al finalizar las sesiones preliminares, se le solicitó a cada experto expresar sus puntos de vista sobre el estado actual de la información científica y técnica, particularmente en relación a los objetivos de la reunión.

El panel evidenció las dificultades encontradas durante la fase de exploración del proyecto y los lapsos infortunados que habían ocurrido en la recolección e interpretación de los datos. Esta situación se presenta frecuentemente durante los desarrollos geotérmicos iniciales en cualquier país, y se reconoce ahora como parte de cualquier nueva tecnología.

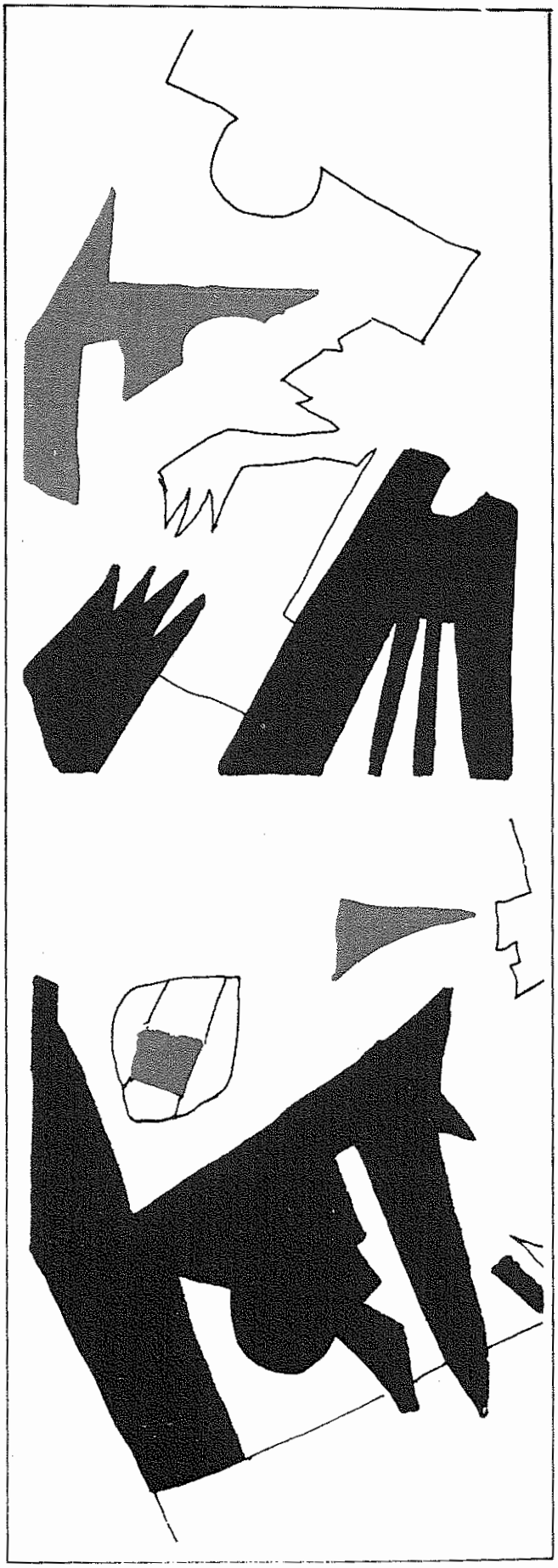
El concenso alcanzado por la reunión fue, considerando la existencia de evidencia suficiente particularmente sobre datos de comportamiento de pozos, indicar que el sistema estaba en capacidad de mantener una generación eléctrica con capacidad de 35 MW y que recomendar un incremento inmediato en la capacidad a 70 MW era extremadamente delicado teniendo en cuenta la información existente. Un incremento gradual, paso a paso, fue considerado más conveniente de alrededor de 5 a 15 MW, que podría ser el más seguro y el avance más apropiado. El incremento actual podría ser declarado únicamente luego de tener los resultados de un estudio de factibilidad sobre el comportamiento de los pozos y luego de que se completara el estudio sobre comportamiento del reservorio. A pesar de que la producción actual de los pozos productivos de Mo-



Organización Latinoamericana de Energía

motombo es del orden de los 70 MW, equivalente eléctrico, la capacidad del sistema para mantener esta producción es aún desconocida considerando la información disponible.

La urgencia de tomar una decisión sobre la instalación de un incremento en la capacidad de Momotombo excluye la posibilidad de extender e iniciar mayores trabajos científicos que podrían ser de ayuda en la toma de esta decisión. Se requiere una decisión final dentro de seis meses y éste sería un lapso insuficiente para poder completar el trabajo necesario. Dentro de este lapso, se deberá establecer la producción de los pozos existentes, el abatimiento de los mismos, el comportamiento del sistema bajo explotación y la factibilidad de reinyección. Sin tomar en cuenta el factor tiempo, se hicieron consideraciones sobre trabajo científico adicional requerido en Momotombo para poder comprender y desarrollar completamente el sistema.





Organización Latinoamericana de Energía

# ESTUDIOS GOTERMICOS EN LA REPUBLICA DE NICARAGUA

## PREFACTIBILIDAD EN EL AREA SAN JACINTO — EL HOYO— MALPAICILLO

Con base en el convenio celebrado entre la OLADE y el INE (Instituto Nicaragüense de Energía) a fin de realizar trabajos de exploración geotérmica en Nicaragua bajo la supervisión y financiamiento de la OLADE, se están llevando a cabo los estudios correspondientes a las fases de reconocimiento y de prefactibilidad en el área de San Jacinto-El Hoyo—Malpacillo. Dichos estudios fueron iniciados en agosto de 1980 por especialistas contratados por la OLADE, y se espera completarlos a fines de 1981.

Durante mayo del presente año se procedió a la revisión del estado actual de las investigaciones realizadas como parte del estudio de prefactibilidad en el área El Hoyo-San Jacinto, con el objeto de proceder a la ubicación de los primeros sitios para perforación de pozos profundos. Las primeras conclusiones alcanzadas son las siguientes:

### Geología-Vulcanología

El sector Caldera de Galán —Cerro Colorado— El Hoyo, sobresale como el más interesante desde el punto de vista de las características geovulcanológicas.

En particular, los datos vulcanológicos y petrológicos han permitido establecer que la Caldera de Galán, está relacionada con una cámara magmática de grandes dimensiones (30 $Km^3$), a una profundidad inferior a 6-8 Km., y con temperaturas al momento de la formación de la Caldera, de 800-850°C (menos de 100.000 años). Ver figura.

Una segunda estructura volcánica similar, pero un poco más antigua (500.000 años) se encuentra inmediatamente al norte de Galán y Caldera de San Juan.

La presencia de estos sistemas magmáticos, someros de grandes dimensiones, garantizan la existencia de una anomalía térmica superficial de gran potencial en esta zona.

En el resto de la cordillera de los Marrabios, los datos geovulcanológicos y petrológicos indican un interés geotérmico regional.

### HIDROGEOLOGIA

Los estudios realizados en la zona de prefactibilidad permiten establecer que la zona principal de recarga, corresponde a las áreas de mayor elevación en la cordillera.

El balance hidrogeológico sugiere una infiltración de 180 m.m./año, lo que establece una adecuada recarga para los acuíferos profundos.

### GEOFISICA

El eje volcánico de los Marrabios está caracterizado por una serie de anomalías positivas de grave-



Organización Latinoamericana de Energía

dad, una de las más importantes coincide con la estructura volcánica.

Los altos gravimétricos de los Marrabios, corresponden generalmente a bajos valores del campo magnético medidos, esto es particularmente claro en El Hoyo-Galán.

Las investigaciones geoeléctricas muestran la presencia de un estrato conductivo superficial con valores mínimos de resistividad menores de 5 m, encontrados en correspondencia de las zonas de manifestaciones termales El Hoyo-Cerro Colorado y San Jacinto.

En la zona El Hoyo, los sondeos geoeléctricos encuentran generalmente un basamento resistivo con profundidades comprendidas entre 800 y 1.300 mts.

Las interpretaciones preliminares de todos los datos geofísicos sugieren que el basamento resistivo puede tener una diferencia de densidad suficiente para explicar las anomalías gravimétricas.

## GEOQUIMICA

Los resultados preliminares de los gases indican una fuente similar en toda la zona de prefactibilidad, a la vez que indican la presencia de temperaturas elevadas.

## CONCLUSIONES

La síntesis de todos estos datos ha permitido elaborar un modelo geotérmico preliminar y ubicar los primeros sitios de perforación de acuerdo al presente estado de investigaciones.

En particular, la coincidencia de altos gravimétricos, amplias áreas de bajos valores del campo magnético y mínimos de resistividad, puede ser explicada por la presencia de un sistema geotérmico de alta temperatura, asociado con las zonas de alimentación de los principales volcanes de la cadena de los Marrabios.

Es así que el área El Hoyo Galán sobresale como la de mayor interés, por lo que se sugiere la perforación de los primeros dos pozos exploratorios profundos en esta zona.

La zona de San Jacinto, aunque de menor prioridad, mantiene un interés geotérmico bastante grande.



Organización Latinoamericana de Energía

# 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 Tacana, Tajamulco - San Marcos, Quezaltenango - Zunil.

2. En el área de la triple convergencia caracterizada 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 Achiotes 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



Organización Latinoamericana de Energía

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 ( $\bar{2}$000 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 $\bar{2}$20°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 silícicos 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 silícicos. 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 silícico 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 sudocidental 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



Organización Latinoamericana de Energía

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.

*N° 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).

*N° 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.

*N° 7. MOYUTA*

Demuestra una situación geológica parecida a la de Los Achiotes. También está superpuesta en un graben de dirección noroccidental, con estructuras curvilineares vulcano - tectónicas activas con su centro en la caldera de Moyuta, que tiene un ancho de 3 Km. Los domos cilícicos 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.

*N° 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.



Organización Latinoamericana de Energía

*Nº 9. RETANA*

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

Ninguna de estas dos zonas muestra actividad hidrotermal y aunque existen productos silícicos 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 silícicas (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 hecho, 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 litosféricas en esta zona—, Guatemala muestra varios sitios de interés geotérmico potencial, los cuales merecen mayores estudios, para su respectivo desarrollo.

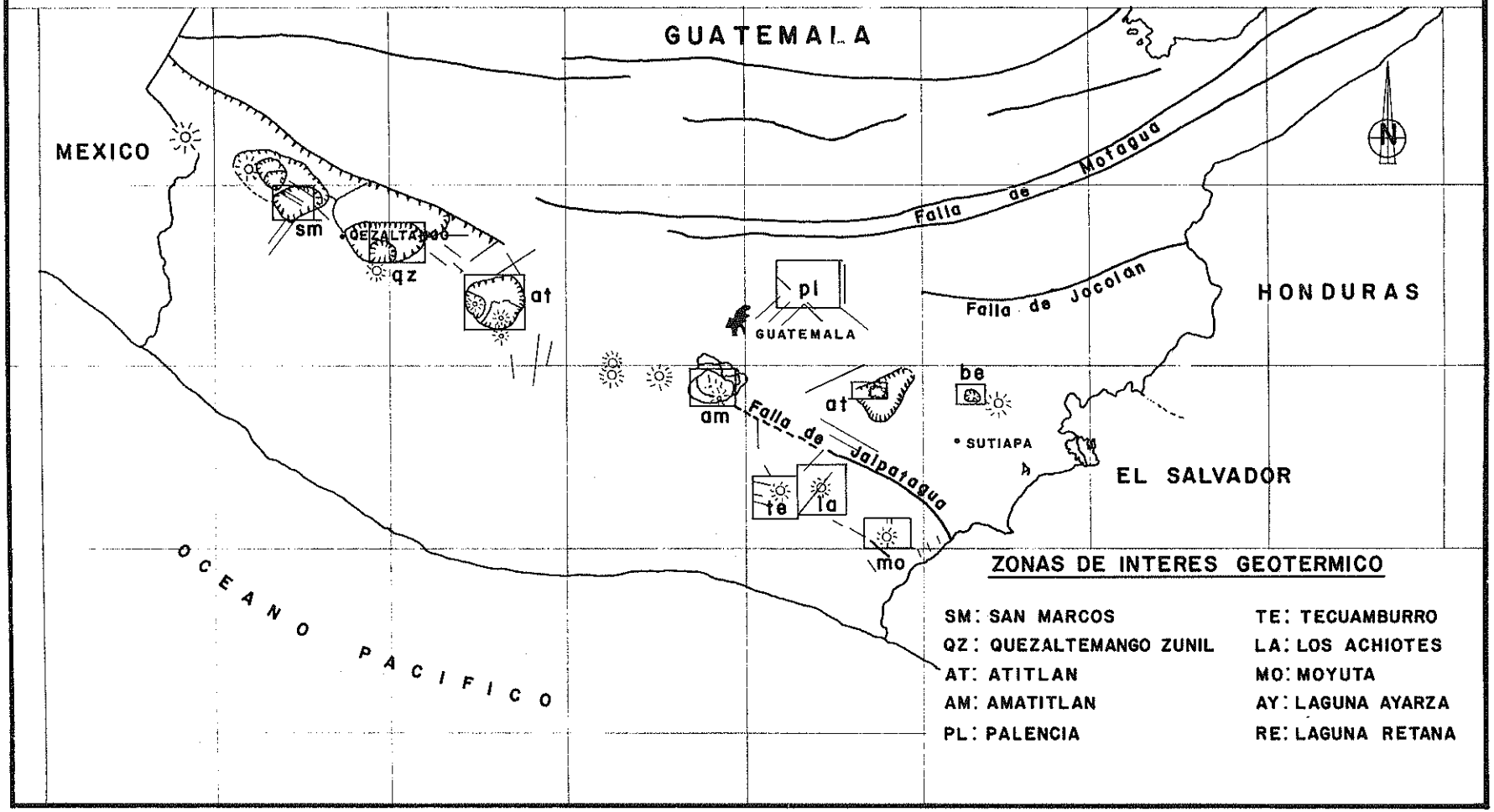
El programa de trabajo desarrollado por la OLADE ha verificado, una vez más, que la Metodología de la OLADE es una herramienta adecuada para un desarrollo apropiado y una oportunidad para intercambiar la experiencia entre equipos técnicos nacionales, regionales y extraregionales, en beneficio de un país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



Organización Latinoamericana de Energía

olade

# RECONOCIMIENTO GEOTERMICO DE GUATEMALA



# 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 fluídos 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 volúmen 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.



Organización Latinoamericana de Energía

— 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 exámen 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 igninbritas y depósitos sedimentarios en la cumbre, limitados por gran-



Organización Latinoamericana de Energía

des fallas regionales a lo largo de las cuales se encuentran manifestaciones de alta termalidad. Tutucapa ha eruptado 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 $H_2S$, $CO_2$, y vapor contaminante; las temperaturas estimadas son de aproximadamente 140 a 180°C con el geotermómetro $SiO_2$ 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, constituídos 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 constituídos 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 quimismo 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 volcanísmo 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 volcanísmo (15 por 50 Km.) y la actividad tectónica según las direcciones regionales y transversas son favorables a la formación de un yacimiento geotérmico.



Organización Latinoamericana de Energía

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 volcanísmo 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 entalpia 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 sobrepasan 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 suceptible de dar lugar a una fuente de calor magmático.

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.



Organización Latinoamericana de Energía

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-Azua.

La fuente termal de "Source puante" ha sido entudiada en el extremo noroeste del graben. Esta fuente mana en el contacto entre los depósitos cuaternarios de la cuenca y las formaciones mio-pliocenas de las márgenes. La persistencia queda atestiguada por importantes depósitos hidrotermales alineados según la dirección de la falta 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 diluída. 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 milonitizadas 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 teconología de plegamiento post-miocena se evidenció claramente en el estudio de campo.

Todas las aguas provienen del mismo acuífero calcareo.

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.



Organización Latinoamericana de Energía

# GEOTERMIA Y MEDIO AMBIENTE

La OLADE ha dado inicio a un Proyecto de Energía y Medio Ambiente, en el cual se contempla la elaboración de una metodología para evaluación del impacto ambiental de los proyectos geotérmicos.

Del 15 al 17 de junio de este año se reunió el Primer Grupo de Trabajo en Energía y Medio Ambiente en La Habana - Cuba. Participaron una serie de especialistas en energía, economía y medio ambiente para proponer a la OLADE los lineamientos de un programa para la década de los 80.

El Grupo de Trabajo fue coordinado por el doctor Francisco Szekely, Profesor de la Universidad de Texas y Consultor de la OLADE. A su vez, participaron Jaime Hurtubia, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en México; Jorge Jenkins, Director del Instituto de Recursos Naturales (IRENA) de Nicaragua; y, Francisco Mieres, Senador de Venezuela y Director del Postgrado en Economía de Hidrocarburos de la Universidad Central de Venezuela. El Gobierno de Cuba estuvo representado por los señores Ramiro León y Juan Abrahantes del Comité Estatal de Cooperación Económica (CECE).

La Secretaría Permanente de la OLADE estuvo representada por el doctor Gustavo Cuellar, Coordinador de Energía Geotérmica, y por el doctor Alvaro Umaña, Jefe del Proyecto de Uso Racional de Energía y Medio Ambiente.

El Grupo de Trabajo recomendó a la OLADE la inclusión del mejoramiento y la protección ambiental como un componente importante en todas las actividades. Al respecto, se dio beneplácito a la preocupación de la OLADE por incluir la dimensión ambiental en la promoción del desarrollo energético.

A su vez, la reunión también se ocupó de discutir una estrategia que permita operacionalizar las medidas y programas propuestas a la OLADE. En este aspecto, se hizo énfasis en las metodologías de evaluación de impacto ambiental de las diferentes tecnologías energéticas.

La transformación y utilización de energía necesariamente producen cambios en el ambiente. En algunas ocasiones, la severidad de estos cambios y su impacto sobre el medio generan costos sociales reales que por lo general no se incluyen en el balance de costo/beneficio del proyecto en cuestión. Otras veces, los proyectos energéticos se ven afectados por su mismo impacto ambiental y cambiar la vida útil o costos de la obra.

Por estas y otras preocupaciones, ha sido necesario considerar sistemáticamente la relación entre la tecnología energética y el medio ambiente durante la planificación y evaluación de proyectos. Durante la década de los años setenta se hizo evidente la importancia de incluir aspectos ecológicos y ambientales en el diseño y planificación de todas las obras públicas y privadas de cierta magnitud; se comenza-



Organización Latinoamericana de Energía

ron a desarrollar métodos para evaluación de proyectos, y se introdujeron nuevas leyes tendientes a institucionalizar el procedimiento. Hoy día muchas naciones y organismos internacionales de financiamiento exigen que se estudie el impacto ambiental de los proyectos como un requisito previo a la aprobación de los mismos. De manera que tanto por razones relacionadas con la utilización racional del patrimonio nacional, al igual que por razones económicas, las naciones latinoamericanas deben sistematizar el estudio del impacto ambiental de las alternativas energéticas. Este procedimiento es a su vez un instrumento útil en la planificación nacional y regional, y en la asignación de recursos en proyectos energéticos.

El impacto ambiental de la tecnología energética es el cambio en los aspectos físico-químicos, biológicos, socio-económicos o culturales del sistema ambiental que sean productos de actividades relacionadas con la utilización de esa tecnología.

La evaluación de impacto ambietal es un procedimiento que pretende:

— Garantizar que todos los factores ambientales de importancia relacionados con el proyecto han sido considerados.
— Proveer un formato sistemático e interdisciplinario para la evaluación de proyectos.
— Generar una estructura para la evaluación conjunta de aspectos técnicos, económicos, sociales, políticos y ambientales.
— Identificar aquellos aspectos en que hay carencia de información de incertidumbre acerca del proyecto y/o sus efectos para tomar medidas adecuadas para proteger a la población.
— Delimitar y evaluar los efectos ambientales a corto, mediano y largo plazo, así como los efectos secundarios o diferidos a distancia.
— Lograr un mecanismo para aumentar la información pública veraz y la participación popular organizada en la planificación y diseño de importantes proyectos de desarrollo.

El Grupo de Trabajo propuso que se tomara la energía geotérmica como primer caso de estudio, ya que existe un alto potencial del recurso en la región, hay un programa establecido en energía geotérmica dentro de la organización, y hay una carencia de métodos apropiados para controlar el impacto ambiental de esta tecnología. Existen una variedad de proyectos geotérmicos en la región en diferentes etapas de ejecución, los cuales deben ser estudiados individualmente dadas sus características específicas. De la consideración detallada de estos casos se desprenderían los principios para elaborar una metodología general para proyectos geotérmicos.

El Programa en Energía Geotérmica de la OLADE ha elaborado ya etodologías para exploración, desarrollo y explotación de manera que una metodología para evaluación de impacto ambiental representará una contribución interesante y un complemento a las actividades realizadas hasta el momento.

El Grupo de Trabajo aprobó una gía que considera en detalle la evaluación del impacto y gestión ambiental en proyectos geotérmicos. Las etapas básicas a considerar son:

1. Descripción y caracterización del ecosistema.
2. Extracción de recursos y producción de desechos.
3. Descripción de la tecnología y caracterización de insumos y emisiones.
4. Flujo y transformación de contaminantes en el medio.
5. Análisis de magnitud y severidad de los efectos.
6. Identificación de costos y/o beneficios sociales.
7. Análisis de planes alternativos.
8. Aspectos legales e institucionales.

El Grupo de Trabajo sugirió a la OLADE que lleve a cabo la implementación de esta metodologóa mediante el estudio de un caso específico. La metodología se elaborará con la participación conjunta de los programas de energía geotérmica y energía y medio ambiente de la Secretaría Permanente de la OLADE.



Organización Latinoamericana de Energía

# CURSOS DE ESPECIALIZACION EN GEOTERMIA

El Primer Curso Latinoamericano sobre Perforación de Pozos Geotérmicos y el Primer Curso Latinoamericano sobre Ingeniería de Reservorios Geotérmicos se iniciarán simultáneamente el 7 de septiembre de 1981. El período inicial sobre aspectos teóricos se realizará en México D.F. El período final de prácticas de campo se efectuará en las zonas geotérmicas del país-sede del curso. Se ha logrado la participación, como profesores, de los más destacados expertos regionales y extraregionales en los diferentes temas.

La OLADE coordinó la realización de estos cursos con la colaboración de la Universidad Nacional Autonoma de México (UNAM), de la Comisión Federal de Electricidad de México (CFE), del Instituto de Investigaciones Eléctricas del mismo país (IIE) y de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO).

PERFORACION

La duración del curso es de doce semanas y está orientado a entrenar a los participantes en las técnicas de perforación geotérmica mediante el trabajo intensivo con equipos y herramientas y la comprensión de la Teoría y los métodos técnicos aplicados en la selección, preparación y control de las operaciones de perforación aplicables a pozos geotérmicos.

El contenido del curso es, fundamentalmente, el siguiente:

TEMA 1 : Geohidrología
OBJETIVO: Conocer el comportamiento de las aguas subterráneas para su localización, extracción y utilización.

CURSOS GEOTERMIA

*CONTENIDO:*

I. 1 Introducción
I. 2 Sistema de extracción del agua subterránea
I. 3 Flujo del agua subterránea
I. 4 Pruebas de bombeo
I. 5 Simulación matemática de acuíferos
I. 6 Acuíferos geotérmicos
I. 7 Práctica de campo

TEMA II: Equipos y Herramientas de Perforación.

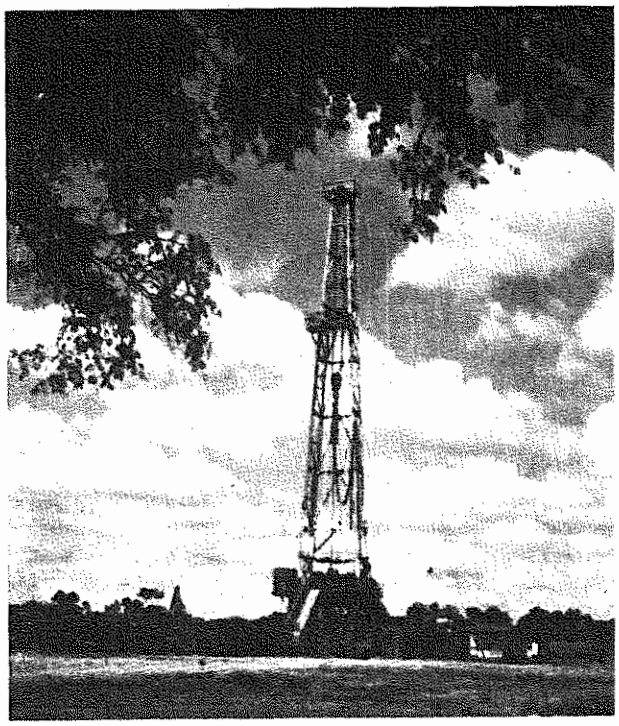
OBJETIVO: Comprensión del sistema de perforación de pozos geotérmicos y conocimiento de la integración y el funcionamiento de equipo y herramientas requeridas para ello.

*CONTENIDO:*

II. 1 Introducción
II. 2 Examen general del sistema rotatorio de perforación.



Organización Latinoamericana de Energía



II. 3 Descripción de un pozo geotérmico terminado
II. 4 Examen detallado de los elementos de un equipo de perforación.
II. 5 Equipo necesario para la perforación con aire.
II. 6 Equipo y herramienta para operaciones especiales y auxiliares.
II. 7 Motores de fondo
II. 8 Personal para la perforación de pozos geotérmicos.
II. 9 Elementos adicionales al equipo de perforación.
II. 10 Desmantelamiento, transporte e instalación de equipo de perforación.
II. 11 Prácticas de campo.

TEMA III: Fluídos de Perforación Geotérmica.

OBJETIVO: Comprensión de la teoría y de las técnicas que se aplican en la selección, preparación, tratamiento y control de los fluídos de perforación aplicables a pozos geotérmicos.

*CONTENIDO:*

III. 1 Diferentes tipos de fluídos de perforación.
III. 2 Funciones de fluídos de perforación.
III. 3 Físico-química en el lodo de perforación.
III. 4 Análisis y control de los lodos de perforación geotérmicos.
III. 5 Aditivos empleados en el tratamiento químico de los lodos.
III. 6 Aire como fluído de perforación.
III. 7 Perforación de espuma.
III. 8 Prácticas de campo.

TEMA IV : Perforación I.

OBJETIVO: Comprensión de las técnicas básicas que se emplean en la perforación de pozos de pequeño diámetro y para la explotación de acuíferos.

*CONTENIDO:*

IV. 1 Historia de la perforación de pozos.
IV. 2 Conceptos básicos.
IV. 3 Perforación de pozos en pequeño diámetro para la explotación.
IV. 4 Equipos de perforación.
IV. 5 Explotación y aforo de pozos.
IV. 6 Prácticas de campo.

TEMA V : Perforación II.

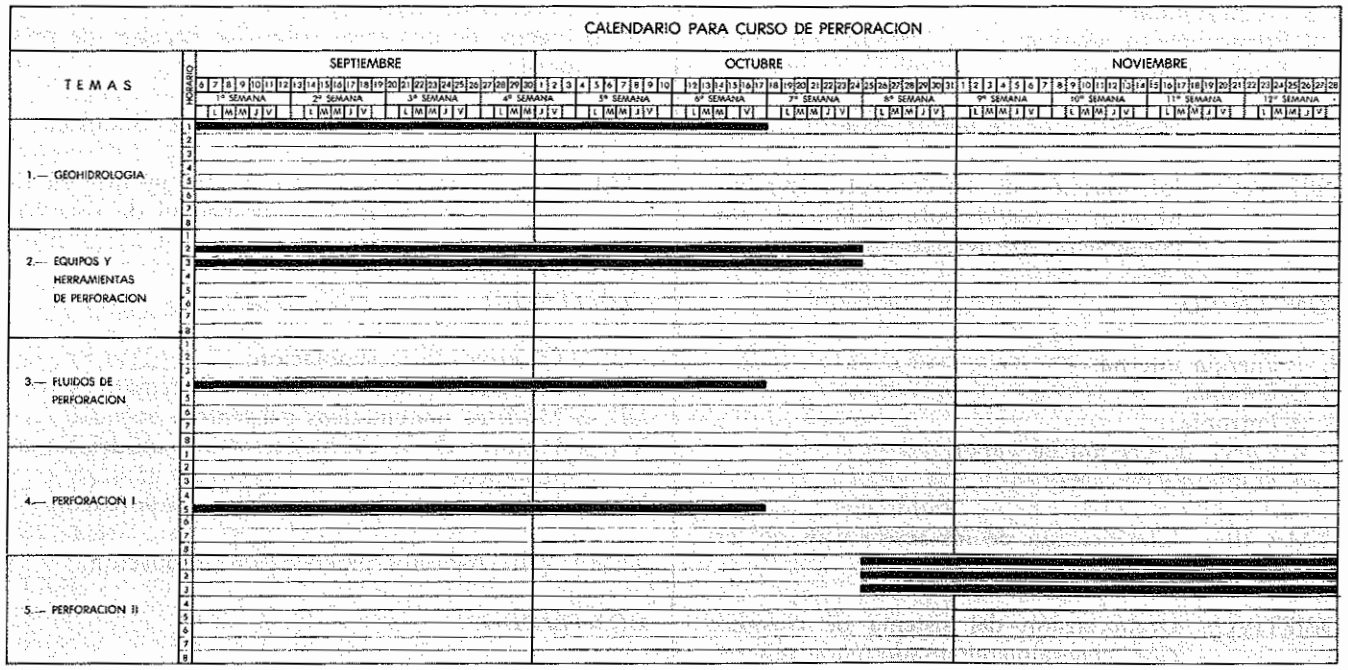
OBJETIVO: Comprensión de la teoría y de las técnicas que se aplican en las operaciones de perforación de pozos geotérmicos y en la resolución de los diferentes problemas inherentes a los trabajos de perforación.

*CONTENIDO:*

V. 1 Geología de un campo geotérmico.



Organización Latinoamericana de Energía




V. 2 Programa general base para la perforación.
V. 3 Sistema de circulación hidráulica del pozo.
V. 4 Sartas de perforación.
V. 5 Perforación de pozos geotérmicos.
V. 6 Terminación de pozos geotérmicos.
V. 7 Pérdidas de circulación en pozos geotérmicos.
V. 8 Tuberías de ademe o revestimiento.
V. 9 Cementaciones de las tuberías de ademe en pozos geotérmicos.
V. 10 Registros térmicos y eléctricos en pozos geotérmicos.
V. 11 Perforación direccional controlada.
V. 12 Pegaduras y atrapamientos.
V. 13 Pesca y operaciones de lavado.
V. 14 Perforación por contrato.

## INGENIERIA DE RESERVORIOS

La duración del curso es de nueve semanas y ha sido orientado para lograr de los participantes la comprensión de los fundamentos teóricos y prácticos de la ingeniería de reservorios geotérmicos. En la teoría se analizarán los principios del flujo de fluídos y calor en medio poroso. En la práctica se colectarán los datos básicos mediante experimentos de campo y se correlacionarán con las teorías previamente estudiadas.

El contenido del curso fundamentalmente es el siguiente:

TEMA 1 : Fundamentos de hidrología.

OBJETIVO: Introducir los conceptos y parámetros comunmente usados en flujo en medio poroso.

*CONTENIDO:*

I. 1 Porosidad.
I. 2 Compresibilidad

I. 3 Permeabilidad
I. 4 Permeabilidad relativa
I. 5 Ecuación de Darcy

TEMA II : Fundamentos de termodinámica

OBJETIVO: Introducción de los conceptos termodinámicos necesarios para analizar el comportamiento de reservorios geotérmicos.

*CONTENIDO:*

II. 1 Energía interna
II. 2 Entalpía
II. 3 Entropía
II. 4 Curva de presión de vapor
II. 5 Equilibrio de fases

TEMA III : Clasificación de los reservorios geotérmicos.

OBJETIVO: Comprensión del sistema de clasificación generalmente usado para reservorios geotérmicos.

*CONTENIDO:*

III. 1 Clasificación de acuerdo a la curva de presión de vapor.
III. 2 Reservorios geotérmicos semi-termales.
III. 3 Reservorios geotérmicos hiper-termales.

TEMA V : Pruebas de presión.

OBJETIVO: Discusión de los diferentes tipos de pruebas de presión.

*CONTENIDO:*

VI. 1 Derivación de la ecuación de difusión de presión.
VI. 2 Difusividad hidráulica.
VI. 3 Pruebas de incremento y decremento en un solo pozo.
VI. 4 Pruebas de Interferencia.
VI. 5 Pruebas de inyección.
VI. 6 Efectos de dos fases sobre las pruebas de prepresión.

TEMA VII: Modelos matemáticos de Simulación.

OBJETIVO: Conocimiento del estado del arte en lo que concierne a simulación de reservorios geotérmicos.

*CONTENIDO:*

VII. 1 Objetivo de la simulación.
VII. 2 Modelos físicos vs. modelos matemáticos.
VII. 3 Modelos matemáticos existentes.
VII. 4 Historia de la evolución de los modelos matemáticos.
VII. 5 Estado actual de los modelos matemáticos.

TEMA VIII: Aspectos prácticos de producción.

*CONTENIDO:*

VIII. 1 Evolución de los diferentes sistemas bajo exexplotación.
VIII. 2 Etapa de calentamiento de pozos.

VIII. 4 Reservorios geotérmicos geopresurizados.
VIII. 5 Hipótesis acerca del origen y naturaleza de los reservorios geotérmicos.
VIII. 6 Modelo geológico típico de un reservorio geotérmico.

TEMA IV : Flujo de fluídos y calor en medio poroso.

OBJETIVO: Derivación de las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento de reservorios geotérmicos.

*CONTENIDO:*

IV. 1 Balance de masa.
IV. 2 Balance de momentum.
IV. 3 Balance de energía.



Organización Latinoamericana de Energía

IV. 4 Ecuaciones de estado.
IV. 5 Relaciones empíricas para permeabilidad relativa.
IV. 6 Flujo en una sola fase.
IV. 7 Flujo bifásico.

TEMA V: Flujo de Fluídos y calor en pozos geotérmicos.

OBJETIVO: Derivación de las ecuaciones fundamentales que describen el comportamiento pozos geotérmicos.

*CONTENIDO:*

V. 1 Balance de masa.
V. 2 Balance de momentum.
V. 3 Balance de energía.
V. 4 Flujo compresible e incomprensible en una sola fase.
V. 5 Flujo bifásico.
V. 6 Correlaciones empíricas para caída de presión en flujo bifásico.

a) Registros de temperatura y presión.
b) Inducción.

VIII. 3 Etapa de desarrollo.
a) Curva característica de producción.
b) Métodos de medición y cálculo de flujo.
c) Potencia del pozo.

VIII. 4 Instrumentación de pozos.
a) Equipo para registros de temperatura y presión.
b) Separadores y silenciadores.
c) Placas de orificio, conos de descarga y vertedores.
d) Muestreadores.

## CONTENIDO DEL CURSO

### TEMAS

| Núm. | TITULO | Nº Horas |
|---|---|---|
| I | FUNDAMENTOS DE HIDROLOGIA | 12.5 |
| II | FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA | 12.5 |
| III | CLASIFICACION DE LOS RESERVORIOS GEOTERMICOS | 12.5 |
| IV | FLUJO DE FLUIDOS Y CALOR EN MEDIO POROSO | 25.0 |
| V | FLUJO DE FLUIDOS Y CALOR EN POZOS GEOTERMICOS | 25.0 |
| VI | PRUEBAS DE PRESION | 25.0 |
| VII | MODELOS MATEMATICOS DE SIMULACION | 12.5 |
| VIII | ASPECTOS PRACTICOS DE PRODUCCION | 25.0 |

# 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 INECEL, 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 INECEL.

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.



Organización Latinoamericana de Energía

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 $SiO_2$ 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.



Organización Latinoamericana de Energía

# BAJA Y MEDIA ENTALPIA

GUSTAVO A. CUELLAR*

La energía geotérmica en el ámbito latinoamericano ha sido orientada principalmente a la generación de electricidad. Sin embargo, fuentes geotermales de baja y media temperatura presentan alternativas atractivas en la satisfacción de necesidades energéticas.

El uso de los fluídos de baja y media entalpía presenta características de conveniencia económica dado su alto grado de eficiencia, ya que:
a) no hay conversión de energía;
b) hay amplia disponibilidad de recursos;
c) gran variedad de posibles usos;
d) generalmente simple metodología de exploración;
e) simplicidad de aplicación; y
f) bajo costo.

Un grupo de trabajo, para evaluar las posibilidades de aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja y media entalpía en la región y esquematizar la metodología respectiva, se reunió en Puerto Príncipe, Haití, los días 11 al 13 de febrero de 1981.

Los temas tratados fueron orientados a definir la mecánica para la evaluación del recurso y el desarrollo de un proyecto modelo. Las fases sugeridas fueron las siguientes:

| | |
|---|---|
| PRIMERA FASE: | Definir objetivos<br>Metodología (costos, personal, tiempo) - Recursos. |
| SEGUNDA FASE: | Identificación del usuario<br>Estudios económicos<br>Planificación de Proyectos |
| TERCERA FASE: | Financiamiento |
| CUARTA FASE: | Ejecución |

Adicionalmente se analizaron exhaustivamente las distintas aplicaciones de la energía geotérmica de baja temperatura, disponible en gran número de países, especialmente sistemas de enfriamiento, refrigeración, conservación de alimentos, procesamiento de minerales y generación de electricidad y otras posibles aplicaciones.

El Grupo de Trabajo fue dirigido por la OLADE y estuvo integrado por las siguientes personas: Baldur Lindal, de Islandia; Robert Shannon, de Nueva Zelandia, Ronald Hilker, de los Estados Unidos; Jean Coudert, de Francia, Jean Guy, Rigaud, de Haití; Loctamard Antilus, de Haití, y Gustavo Cuellar, Coordinador Geotérmico de la OLADE.

## RECURSOS

En términos prácticos es posible definir la utilidad de los recursos de baja y media entalpía para usos no eléctricos, dada las siguientes características:

* Coordinador del Programa Regional de Geotermia



Organización Latinoamericana de Energía

a. Disponibilidad local, tales como fuentes termales u obtención del fluído mediante perforaciones.

b. Temperatura suficiente para una aplicación dada.

Presentes estos factores, los usos posibles de la energía geotérmica puede dividirse en tres grupos:

a. USOS ENERGETICOS - Producción de energía térmica para usos domésticos y/o industriales.

b. Usos químicos.— Obtención de sustancias disueltas o asociadas con el tipo de fluído.

c) Usos varios.— Recreacionales, terapéuticos, etc.

Aunque las anteriores aplicaciones están orientadas a usos directos de los recursos, es factible el uso de los fluídos de baja y media entalpía para generar energía eléctrica en plantas de baja eficiencia. Sin embargo, este uso es conveniente para producción limitada y uso local en áreas en donde el costo de generación por otros métodos es muy alto.

Esta generación puede darse en plantas:

a) De ciclo binario

b) Flasheo y condensación barométrica

c) Combustible fósil, usando en las calderas agua con precalentamiento geotérmico.

PROCESOS

Usos energéticos: Aplicaciones de fluídos de baja y media entalpía para fines energéticos tienen gran diversidad a nivel regional, la aplicación dada a estos recursos esta condicionada por características geográficas y climáticas de las áreas en donde el recurso ha de emplearse. Uno de los usos en gran escala de estos fluídos es con fines de calefacción, aunque, esta aplicación sería mínima en el ambiente latinoamericano, no así el proceso inverso, como es el de refrigeración; además, la diversidad de aplicaciónes para uso industrial hacen atractiva esta fuente de energía en nuestra región.

Refrigeración: Considerando el uso de la geotermia para fines refrigerantes existen dos opciones:

1. Máquinas de compresión de vapor, eléctricas o mecánicas.

2. Unidades de absorción y compresión de vapor a propulsión.

Fluídos geotérmicos han sido usados satisfactoriamente en el suministro de enfriamiento para acondicionamiento de aire, con uso de plantas de refrigeración por absorción. La primera aplicación conocida de esta técnica ha sido en un hotel turístico en Rotorua, Nueva Zelandia. Para la mayoría de aplicaciones de este tipo, una combinación de Bromuro de Litio y agua puede ser usada, en donde el Bromuro de Litio es el absorbente y el agua el refrigerante.

Estas unidades pueden suplir de agua enfriada del orden de 4 a 10°C. Igualmente plantas de vapor a propulsión pueden ser usadas en donde la fuente de vapor es derivada del flasheo del agua geotérmica o de un generador de vapor limpio usando el agua geotérmica como el medio primario.



Organización Latinoamericana de Energía

Usos Industriales: Muchas industrias en la región latinoamericana necesitan emplear energía térmica para sus procesos de producción, empleando para ello combustibles fósiles. El uso de agua geotérmica a temperaturas óptimas hace este proceso más barato. Algunos de los usos industriales como secado, evaporación y destilación son presentados.

a) Secado

El secado consiste simplemente en la evaporización y remoción de agua de un material sólido. Usualmente este proceso es efectuado pasando una corriente de aire caliente sobre el material; esto suplirá energía para la evaporación, acarreando el vapor resultante. Es posible secar también sin el uso de aire como transportador, aunque el vapor tiene que tener la posibilidad de escapar o algún otro transportador debe ser usado.

En el secado comercial, las temperaturas usadas varían de 25° C, por tanto, el uso de energía geotérmica de media y baja temperatura es completamente posible. Para este fin el aire es calentado mediante contacto indirecto con el agua geotérmica en una unidad de calentamiento.

b) Evaporación

Estos procesos se dan con temperaturas oscilantes entre 30 y 150°C; por tanto, los rangos de temperatura de fluídos de baja y media entalpía pueden ser usados efectivamente. Procesos de evaporación pueden ser usados efectivamente en Latinoamérica, tales como en la industria de la caña de azúcar y algunas posibilidades en proceso de material orgánico.

c) Destilación

Procesos de destilación envuelven grandes consumos de energía térmica ya que implica vaporizar por medio de calentamiento, tal como destilación de alcohol, destilación de petróleo y muchas otras operaciones relacionadas, la mayoría con materiales orgánicos. El equipo normalmente usado consiste en alambiques, condensadores y columnas de fraccionamiento.

El fluído geotérmico puede ser aplicado a través de un intercambiador de calor conectado al alambique. Normalmente temperaturas sobre 100°C son requeridas, teniendo en cuenta la temperatura diferencial requerida; un margen de 10°C sobre la temperatura inicial es suficiente.

Usos Varios: a) Recreaciones

La industria del turismo se ha desarrollado grandemente en las últimas décadas, al grado que en muchos países un alto porcentaje de ingresos son provenientes de esta actividad.

El uso de la energía geotérmica



Organización Latinoamericana de Energía

para el desarrollo turístico presenta grandes alternativas para aquellos que cuentan con el recurso. La construcción de facilidades en las zonas de actividad geotérmica serían la única inversión requerida. Instalaciones tales como hoteles, restaurantes, zonas recreacionales, serían convenientes como complemento al ambiente natural presente. La construcción de piscinas termales a diferentes temperaturas y sauna ofrecerían un atractivo turístico durante todo el año junto a las actividades geotérmicas naturales, tales como fumarolas, pilas de lodo hirviente, cráteres, etc.

b) Terapeúticos

El uso de aguas minerales calientes para el tratamiento de padecimientos artríticos y reumáticos y algunos padecimientos de la piel es efectuada en áreas termales bajo tratamiento médico.

Es posible efectuar bombeo de agua termal directamente desde fuentes o pozos a los baños ácidos o alkalinos, pasando el agua por tanques de enfriamiento si la temperatura es demasiado alta.

Usos químicos: Los fluídos geotérmicos pueden contener diferentes cantidades de componentes volátiles, tales como $CO_2$, $H_2$, B y $NH_3$, lo mismo que considerables cantidades de elementos químicos utilizables. Aunque normalmente estos elementos, con excepción del $CO_2$, son encontrados en mínimas cantidades en fluídos de baja y media entalpía, la recuperación del bióxido de carbono podría ser económica en algunos casos, al ser colectado, refinado de ser necesario, y comprimido en cilindros para ser comercializado.

Al presente plantas piloto para recuperación de sal común, cloruro de potasio y cloruro de calcio están siendo operadas económicamente en distintos países.

Algunos otros elementos tales como bromo, litio, manganeso, han sido considerados, aunque es más factible que se encuentren en fluídos de alta temperatura, no obstante cualquier fluído geotérmico pueden contener componentes útiles bajo dependencia de condiciones locales.



Organización Latinoamericana de Energía

# EL PROYECTO GEOTERMICO TUFIÑO

# (ECUADOR)

Eduardo Aguilera Ortíz*
JEFE DEL PROYECTO GEOTERMICO — INECEL

*1. Antecedentes*

El aumento siempre creciente de los precios de los combustibles ha planteada a todos los países la improrrogable necesidad de buscar y desarrollar nuevas fuentes de energía. Entre dichas fuentes, la energía geotérmica tiene la ventaja de ser un recurso natural, generalmente renovable, que resulta apto para la producción de electricidad a costos competitivos.

Dentro de este enfoque y en vista de la situación fisiogeográfica favorable del territorio nacional, ubicado en el "Cinturón Circumpacífico", se presentan condiciones alentadoras para el desarrollo de los recursos geotérmicos aprovechables para la generación eléctrica.

Con estos antecedentes y cumpliendo sus objetivos fundamentales señalados en la Ley Básica de Electrificación, a partir de 1977 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL) incluyó a la geotermia entre los recursos naturales con posibilidades de utilización y que, por lo tanto, debían ser adecuadamente estudiados y evaluados.

La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), por otra parte, de acuerdo con los objetivos fundamentales del Capítulo II de su convenio constitutivo, en cuanto a la necesidad de promover, coordinar y orientar a los Estados Miembros sobre las posibilidades de utilización de fuentes no convencionales, inició en 1979 un programa sobre geotermia mediante un proyecto regional que incluyó a la República del Ecuador.

Mediante un convenio de Cooperación Técnica, suscrito entre INECEL y OLADE el 17 de mayo de 1979, se ha desarrollado un proyecto conjunto de reconocimiento de los recursos geotérmicos de alta entalpía.

Los resultados geocientíficos obtenidos permiten individualizar las áreas prospectivamente más interesantes dentro de un ámbito regional de unos 18.000 $Km^2$ e, incluso, la conformación de un orden de prioridades para un eventual desarrollo de los estudios de detalle correspondientes a las fases de exploración sucesivas (prefactibilidad y factibilidad).

Los estudios de campo y laboratorio, inherentes a este proyecto, fueron realizados de acuerdo con la metodología OLADE para el reconocimiento de recursos geotérmicos en áreas volcánicas dentro de un plazo de 14 meses que fuera establecido desde el inicio.

Conviene señalar que con este proyecto se empezó a utilizar dicha metodología con resultados positivamente alentadores.



Organización Latinoamericana de Energía

## 1.1 METODOLOGIA DE EXPLORACION Y RASGOS GEOLOGICOS GENERALES DEL EDUADOR.

Como queda dicho, los trabajos de investigación fueron realizados según la metodología OLADE para la fase de reconocimiento de recursos geotérmicos, que de modo general se inspira en un modelo de campo geotérmico que comprende los siguientes elementos esenciales:

Una fuente de calor, un reservorio, una cobertura impermeable y una recarga de agua hacia el reservorio.

El territorio continental ecuatoriano está integrado por cuatro ambientes geológicos muy diversos:

1.— *La Plataforma Costera* constituída por un zócalo de corteza oceánica levantada sobre el cual se apoyan formaciones sedimentarias. Esta formaciones son marinas desde el Cretácico hasta el Plioceno medio y continentales desde este último hasta la actualidad;

2.— *La Cordillera Andina* gran macizo montañozo que se extiende en dirección aproximada NNE-SSW, sobre el cual se ha concentrado casi toda la actividad volcánica reciente. Los materiales volcánicos forman una amplia cobertura que recubre, discordantemente, un substrato pre-Plioceno formado por rocas metamórficas y vulcano-sedimentarias muy transformadas durante los episodios orogénicos;

3.— *La Franja Subandina Oriental* que agrupa a varias sierras bajas situadas en el tránsito de la Cordillera Andina a la Llanura Amazónica. Tectónicamente es una zona de escamas que convergen hacia el E. en donde el macizo metamórfico andino cabalga sobre formaciones meso y cenozoicas.

4.— *La llanura amazónica* perteneciente ya al ámbito del escudo guyano-brasileño, aunque se encuentra recubierta por una potente capa de sedimentos.

La Cordillera Andina en el Ecuador presenta rasgos distintos según se trata de la porción septentrional o de la meridional. En el norte, los Andes se bifurcan en dos cadenas montañosas (Cordillera Occidental y Cordillera Real) que corren paralelamente separadas por un gran valle logitudinal (Depresión Interandina). Esta topografía tiene una correlación estructural bien definida puesto que las cordilleras pueden considerarse como sendos horst en tanto que la depresión corresponde a un graben.

Es precisamente en este segmento septentrional donde se ha concentrado la actividad volcánica durante el Pliocuaternario, y actualmente existen estrato-volcanes en actividad persistente o residual.

Por el contrario, en el segmento andino y meridional no se observan tales características fisiográficas y estructurales. Tampoco parece haber existido actividad volcánica reciente, aunque hay una amplia secuencia de ignimbritas riolíticas de edad dudosa. En cualquier caso, en el segmento meridional no aparece el gran vulcanismo andesítico pliocuaternario que, en el norte, ha construído numerosos y elevados estravolcanes.

Ambos segmentos parecen tener una historia geológica común hasta mediados del Plioceno cuando comienza a diverger su comportamiento tectónico y, correlativamente, la intensidad y naturaleza de los fenómenos volcánicos.

La porción meridional es una prolongación de los Andes Peruanos y seguiría ligada, por lo tanto, a la subducción de la placa Nazca bajo la placa Sudamericana con una actividad más o menos contínua de compresión. Por el contrario, en el sector septentrional parece repercu-



Organización Latinoamericana de Energía

tir el movimiento de la placa Cocos que se dirige hacia el NE y, probablemente, arrastra mediante fallas de cizalla algunos fragmentos de continente. En todo caso, lo que parece claro es que la subducción cesó en el Plioceno medio para dar paso a un período de distensión que continúa en la actualidad.

Para fines prácticos en cuanto a la explotación geotérmica en el área de interés podría, entonces, restringirse a la región andina septentrional donde se encuentra el vulcanismo andesítico, tipo central, con indicios de diferenciación. Las manifestaciones hidrotermales, pese a no presentarse espectaculares, son frecuentes precisamente en esta zona, surgiendo en las vecindades de los volcanes.

## 1.2 DEFINICION DE PRIORIDADES PARA LA EXPLORACION SUCESIVA.

Una tentativa de definición de prioridades de las áreas seleccionadas como potencialmente interesantes desde el punto de vista geotérmico de alta entalpía puede ser hecha tomando en cuenta los siguientes parámetros:

a) Ubicación de la zona dentro de una región afectada por fenómenos volcánicos recientes que lo convierten, potencialmente, en sede de una anomalía regional de flujo de calor.

b) Intensidad, volúmen y edad del vulcanismo en el interior de cada una de las áreas; presencia, o no, de productos magmáticos evolucionados originados por fraccionamiento superficial.

c) Condiciones hidrogeológicas generales, particularmente en cuanto a la presencia de zonas de recarga con posibilidades de alimentar a acuíferos del substrato volcánico.

d) Tipo y características químicas de las manifestaciones termales, resultados preliminares de la geotermometría y valorización de la relación salinidad termalidad. Evaluando sintéticamente, bajo esta óptica, los resultados obtenidos del estudio de reconocimiento, las zonas seleccionadas pueden ser subdivididas en dos grupos de diverso interés geotérmico (Ver Fig. 1).

GRUPO A:

Es la categoría prioritaria en donde se encuentran todas las condiciones geovulcanológicas e hidrogeoquímicas favorables para la presencia de sistemas geotérmicos. De norte a sur entran en esta categoría las zonas de Tufiño, Imbabura - Cayambe y Chalupas.

GRUPO B:

Esta categoría comprende zonas que presentan interesantes indicios geotérmicos pero incompletos respecto a las del grupo A. Aquí se encuentra las zonas de Ilaló Chimborazo y Cuenca.

En vista de los resultados del estudio de Reconocimiento y del análisis de la información complementaria, obtenida por INECEL, se ha señalado finalmente a la zona de Tufiño como la primera prioridad para continuar realizando la exploración geotérmica.

## 2. PRINCIPALES CARACTERISTICAS VULCANOLOGICAS E HIDROGEOLOGICAS DEL AREA DE TUFIÑO Fig. 2)

Comprende una faja de unos 10 - 15 Km. de ancho, paralela a la frontera con Colombia. Se destaca la presencia de los volcanes Cerro Negro de Mayasquer y Chiles, ubicados sobre una misma fractura de dirección E-W, con centros de emisión que se localizan en el cruce con fracturas de dirección N-S.

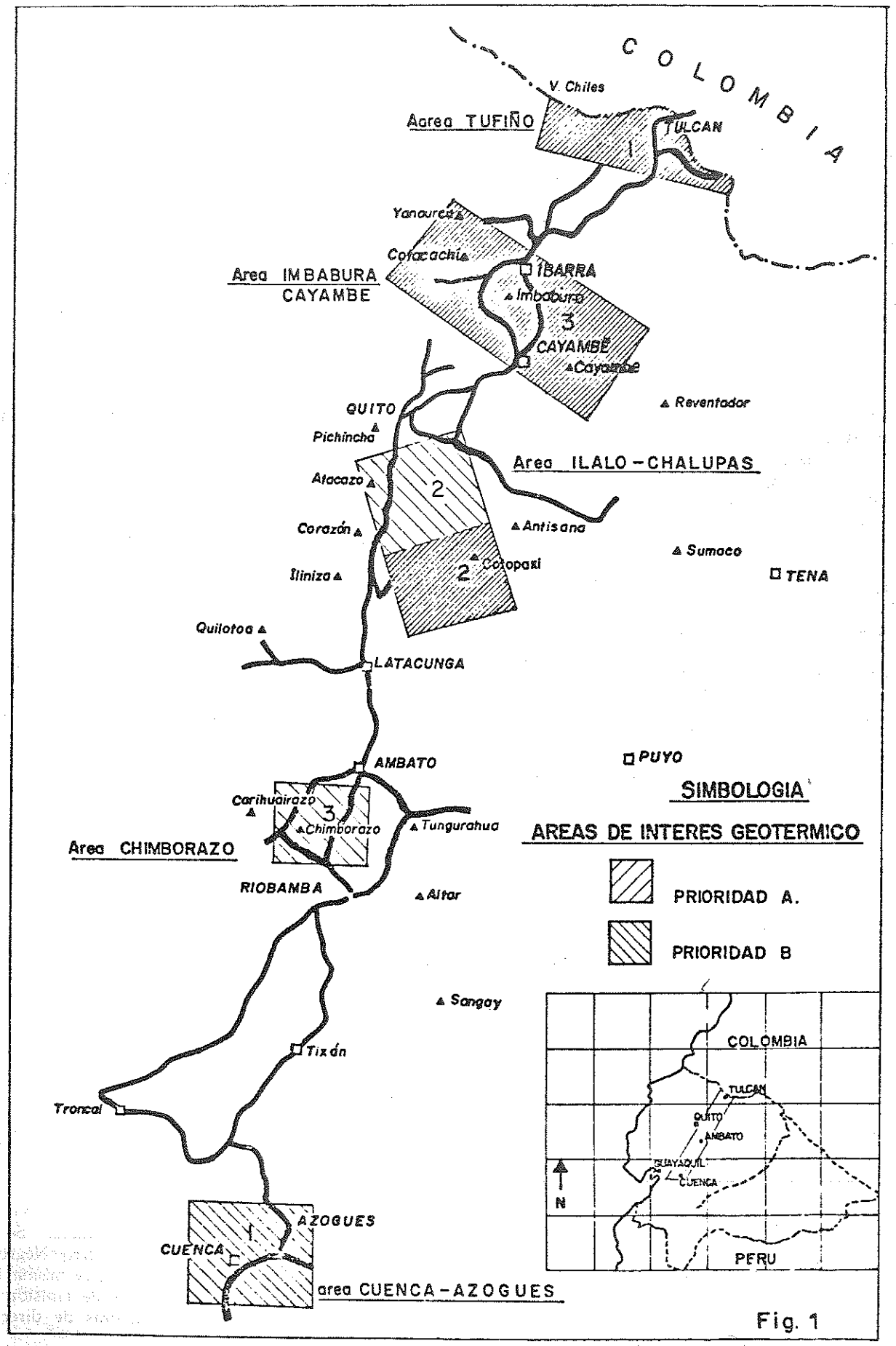



Fig. 1



Organización Latinoamericana de Energía

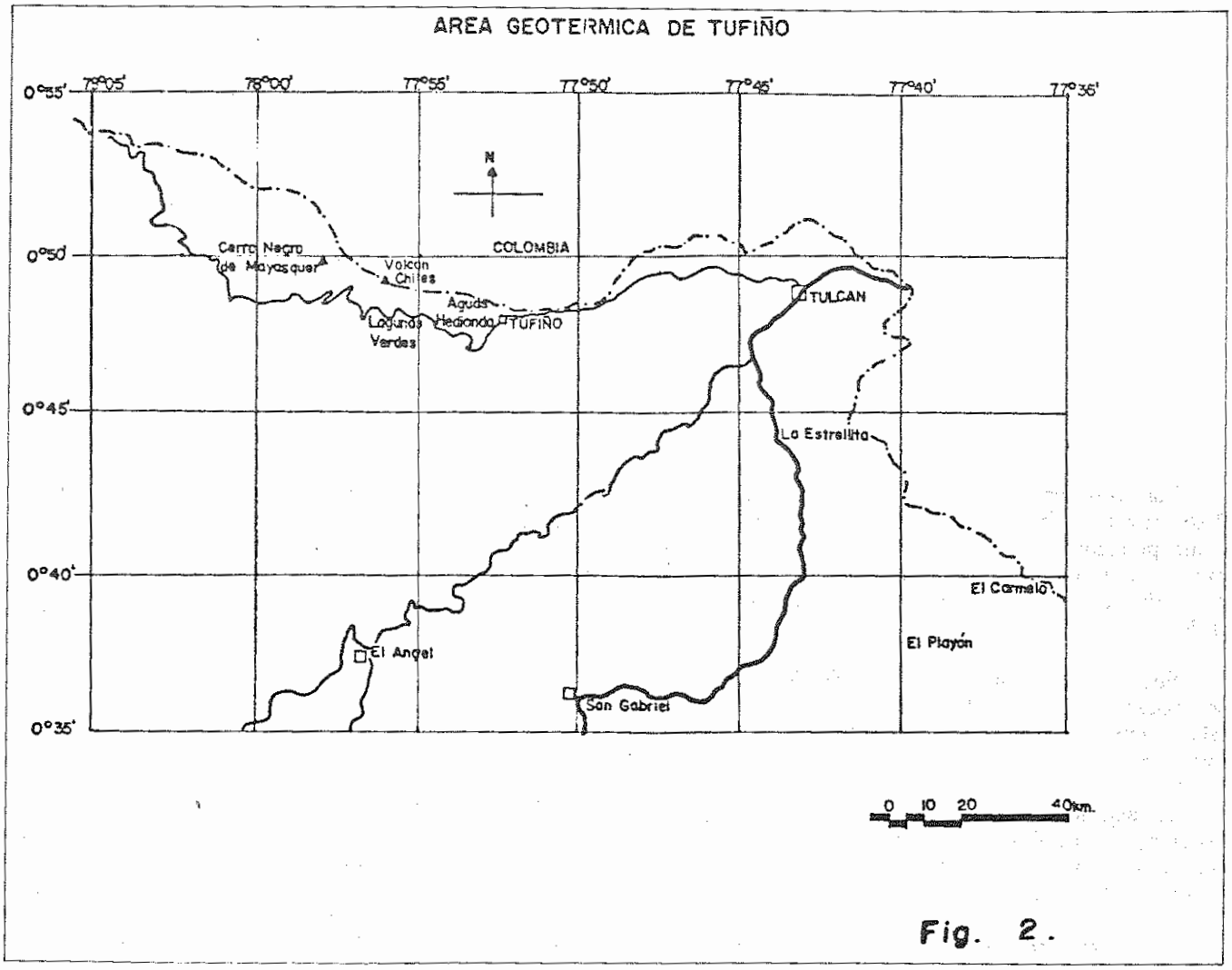
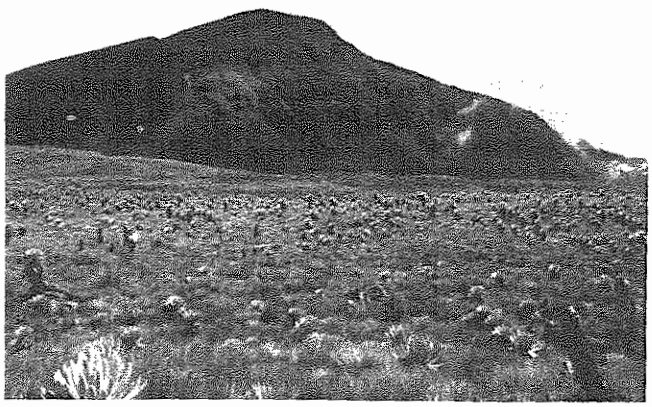
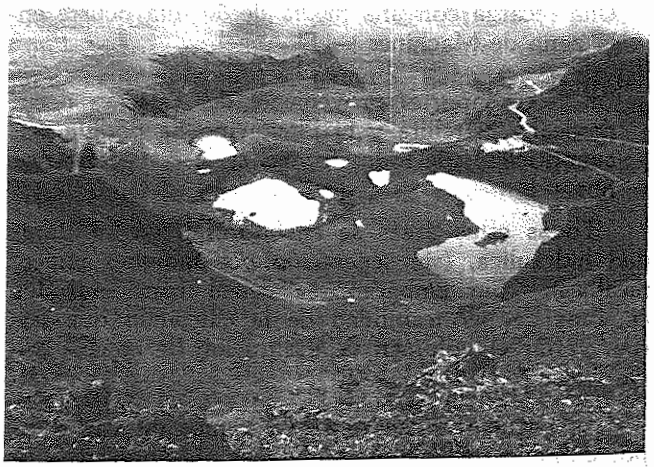



Fig. 2.

Volcán Cerro Negro de Mayasquer, 4460 m.s.n.m. hasta hace muy poco tiempo se veía actividad fumarólica en el interior de su cráter, del cual se extraía azufre hace dos décadas.

Lagunas verdes 3.900 m.s.n.m. extenso cráter de explosión freática de aproximadamente 500 m de diámetro ubicado en el flanco sur del volcán Chiles. Este tipo de cráteres se forman por la explosión de acuíferos superficiales al ser calentada el agua hasta convertirla en vapor el cual vence la presión de las rocas que cubren el acuífero explosionado y formando un cráter. En este sitio antiguamente se extraía azufre. El calor proveniente del interior del volcán Chiles produjo este cráter de explosión freática.





Los dos aparatos son muy recientes (Chiles 0.16 m.a.) y han evolucionado tanto estructural como petrológicamente. La composición de los productos emitidos varía entre basaltos y riodacitas, lo cual afirma la idea de la existencia de un magma estacionario.

Sobre la vertiente meridional del Volcán Chiles se encuentra un cráter tipo maar y trazas de una intensa actividad fumarólico-hidrotermal que afecta intensamente a los productos precaldera.

La actividad termal persiste y se evidencia en las fuentes termales (50°C) con emisión de gases ricos en $CO_2$ y $H_2S$ presentes en el sitio Aguas Hediondas y Lagunas Verdes.

El vulcanismo reciente sigue, más al norte, en Colombia, con el gran volcán activo Cumbal y con otros estratovolcanes activos (Galeras, Doña Juana, etc.).

El modelo de circulación hídrica subterránea en esta zona puede esquematizarse del modo siguiente:

— La recarga en la zona del Volcán Chiles — Tufiño-Cerro Negro — El Angel es importante (400 mm anuales).

— Una recarga con una media de 50 mm ocurre en la zona de Machines — El Angel.

— Un tercer aporte, proveniente del Este, es decir desde La Estrellita y El Playón no ha podido ser cuantificado; de todas formas se le considera menor.

Todas estas áreas se encontrarían en continuidad hidráulica, (sin separación por tabiques impermeables). Sin embargo, se deben considerar los cambios de permeabilidad de la cangahua que harían variar el volumen de infiltración de zona a zona.

Se encuentran en esta área aguas de varios tipos químicos tales como sulfatadas alcalinotérreas — alcalinas, bicarbonatadas alcalinotérreas — alcalinas de baja y medio — alta salinidad, sulfatadas — bicarbonatadas — cloruradas alcalinas que no pueden incluirse dentro del esquema clasificativo general.

Con los geotermómetros se han estimado temperaturas interesantes (T 250°C con el geotermómetro Na/K).

## 3. ESTADO ACTUAL DE LOS ESTUDIOS

La realización de los estudios inherentes a la fase de prefactibilidad requiere, obviamente, de un esfuerzo financiero que por algunas causas no se ha logrado aún concretar; sin embargo, en vista, principalmente, de que INECEL dispone de un grupo de trabajo formado en geotermia, se ha decidio subdividir los estudios de prefactibilidad, sin apartarse de la metodología de OLADE.

En efecto, se ha previsto realizar en una primera fase los estudios geocientíficos referentes a vulcanología, hidrogeología y geoquímica que permitirán, incluso, una optimización de los programas de investigación del subsuelo que se realizarán más tarde una vez que se haya definido el problema financiero.

Para la ejecución de la primera fase de los estudios de prefactibilidad del Proyecto Tufiño se ha implementado un Convenio de Cooperación Técnica INECEL-OLADE, el mismo que fue suscrito el 29 de Mayo del año en curso.

Dentro de un plazo de ocho meses se aspira a realizar los estudios geovulcanológicos y geoquímicos mediante el propio personal del INECEL con la asistencia técnica de la OLADE y de expertos extraregionales contratados para el efecto.

## REFERENCIAS

OLADE (1980). Proyecto de Investigaciones Geotérmicas de la República del Ecuador. Informe Final.

INECEL (1979). Estudio Geológico Preliminar del Area de Tufiño — Carchi.

INECEL (1979). Estudio Hidrogeoquímico Preliminar del Area de Tufiño — Carchi.



Organización Latinoamericana de Energía

# REGISTROS GEOFISICOS EN POZOS GEOTERMICOS

LUIS ZUÑIGA A.*

La introducción de nuevas técnicas de exploración a fin de optimizar las fases de factibilidad, desarrollo y explotación de áreas geotérmicas, desempeña un papel muy importante, dado el alto costo que estas fases implican.

Los registros corridos en pozos geotérmicos fueron limitados normalmente a mediciones de presión y temperatura, hasta épocas recientemente cuando técnicas aplicadas a la industria del petróleo están siendo adaptadas también a estos propósitos.

Dado el diferente ambiente geológico de los campos geotérmicos y de petróleo, muchos conceptos deben ser modificados para el uso adecuado de estos métodos, ya que la respuesta de rocas volcánicas, donde los campos geotérmicos están normalmente situados, es bastante diferente de los ambientes sedimentarios de los campos de petróleo.

La información obtenida sobre características físicas de las estructuras atravezadas por las perforaciones vienen a complementar los estudios litológicos comunmente efectuados mediante inspección de muestras de canal y núcleos obtenidos durante el proceso de perforación.

Características tales como condiciones del pozo, (Caliper), radiación natural (Rayos gamma), porosidad (Neutron - Neutron), densidad (gamma - gamma) resistividad eléctrica y auto potencial de las formaciones, son obtenidas mediante estos métodos, e información adicional sobre el completamiento del pozo se obtiene con los registros de cementación (CBL) y localizador de juntas en la tubería (C.C.L.), además registros continuos de temperatura absoluta y temperatura diferencial.

## IMPLEMENTACION DE LAS TECNICAS

La medición consiste en introducir una sonda dentro del pozo, la cual es bajada a una velocidad determinada mediante un cable multiconductor conectado a un equipo electrónico en la superficie, el cual recibe la señal detectada en el interior del pozo en forma de pulsos y la registra en forma gráfica.

Al correr estos registros, es necesario tener en forma clara el objetivo del registro, es decir si es un registro de reconocimiento o de detalle. Al correr un registro, especialmente los nucleares (rayos gamma, neutron - neutron, gamma - gamma), es de mucha importancia acomodar la velocidad y la constante de tiempo (intervalo de tiempo en la cual los pulsos del detector, situado en la sonda, son registrados) de lo cual dependerá la exactitud de la información obtenida.

Es factible detectar cambios en la formación, zonas de permeabilidad, tipos de formación, espesor de capas, densidad y porosidad de formaciones, resistividad de la formación y condiciones generales del estado del pozo.

* Jefe del Proyecto de Geotermia de la OLADE.



Organización Latinoamericana de Energía

Breves descripciones de las técnicas son dadas a continuación:

*CALIPER (CALIBRACION)*

Este registro tiene por objeto obtener información del estado general de completamiento del pozo.

Consiste en introducir una sonda en la cual están colocados unos brazos movibles, los cuales pueden ser abiertos o cerrados accionando un pequeño motor situado en la sonda misma, el tipo más generalizado consta de tres brazos, los cuales son abiertos en el fondo del pozo dejándolos hacer contacto contra las paredes. A medida que la sonda es recuperada y los trazos hacen contacto con las formaciones, se obtiene un promedio del diámetro del agujero para cada punto a lo largo de él. Este registro se efectúa también en pozos entubados a finde conocer el estado general de la tubería de revestimiento.

La calibración se efectúa colocando la sonda en una platina que consta de diversos agujeros a diferentes distancias, cada uno de los cuales corresponde a un diámetro determinado, en donde son colocados los brazos, a fin de tener una referencia de la respuesta en el equipo de superficie. Esta calibración se efectúa antes y después de corrido el registro dado las diferencias en respuesta que podrían existir a causa de interferencias por temperatura y así tener una información más confiable.

*RESISTIVIDAD ELECTRICA*

Existen diversos métodos de medición de resistividad eléctrica, los cuales pueden ser aplicados dependiendo de características propias de medición y ambientes; uno de ellos el registro normal de resistividad, ha producido buenos resultados en ambientes volcánicos.

En los registros normales un arreglo de 4 electrodos es usado, 2 electrodos de corriente y 2 de potencial; un electrodo de corriente y uno de potencial, son situados en la sonda, la cual es colocada dentro del pozo conectada al cable multiconductor, los 2 electrodos restantes son colocados bastante lejos del conjunto de electrodos de la sonda, el de potencial en la superficie y el de corriente en el cable. La corriente es enviada entre un electrodo A situado en la sonda y electrodo B colocado en el cable aproximadamente 30 M. sobre la sonda. Los electrodos de potencial ubicados en la sonda y en la superficie registran la diferencia de potencial causada por la resistencia de las formaciones al paso de la corriente. Las dos clases de registros normales: el corto normal y el largo normal difieren en la separación de los electrodos ubicados en la sonda, la que es llamada A M, en el corto normal esta separación es de 16" y en el largo normal de 64".

Dado que la resistividad dependerá de temperatura, salinidad, contenido de agua, etc., estos registros son aplicados a fin de conocer propiedades de las formaciones tales como porosidad de la formación, grado de contenido de agua, correlaciones estratigráficas, resistividad del fluido y formación.

*AUTO POTENCIAL*

Este método consiste en registrar las fuerzas electro-motrices entre la superficie y diferentes puntos a lo largo del pozo.

Esta técnica registra pequeñas diferencias de voltaje, medidas en milivoltios, las cuales son asociadas con propiedades de las formaciones y están dadas por la migración de iones de una solución de mayor concentración a otra de menor concentración separadas por una pared permeable o por el paso de un electrolito a través de un medio permeable. En los pozos, este potencial puede darse cuando hay circulación de fluido a través de medios permeables debido a presión diferencial.

La información obtenida puede ser usada para:

a) Correlación estratigráfica.



Organización Latinoamericana de Energía

b) Determinación del espesor de capas permeables.
c) Determinación de salinidad del agua.

La curva del auto potencial es registrada mediante la introducción de una sonda con un electrodo dentro del agujero y otro electrodo en la superficie; normalmente se efectúa junto con el registro de resistividad eléctrica usando el electrodo de potencial de 16" para la respuesta de Auto Potencial, el cual registra la caída de potencial causada por la corriente fluyendo a través de las formaciones o desde el pozo hacia las formaciones.

*REGISTRO DE RAYOS GAMMA NATURALES*

El registro de rayos gamma es una medida de la radioactividad natural de las rocas penetradas por el pozo. Esta radiación es emitida por isótopos radiactivos presentes en la formación, principalmente potasio, uranio y torio. Aunque la presencia de estos elementos no es muy conocida en formaciones no sedimentarias, ellos siguen el grado de diferenciación de las rocas. Un estudio ejecutado en rocas de Islandia por Stefansson y Emerman (1980) muestra una relación entre el contenido de $SiO_2$ y la intensidad de rayos gamma.

La unidad estandarizada para medir la radiación gamma natural es la unidad Gamma API (American Petroleum Institute), esta es definida como el 5% de diferencia entre el rango de conteo de altas y bajas zonas radioactivas en un agujero de calibración en la Universidad de Texas.

Dada la respuesta, al diferente tipo de roca esta técnica es usada principalmente para correlación estratigráfica e identificación de litología en los pozos.

*REGISTRO DE NEUTRON - NEUTRON*

Este registro es sensitivo a la porosidad de las formaciones atravezadas por el pozo, al igual que los otros registros nucleares puede ser corrido en pozos libres o entubados. Una sonda conteniendo una fuente y un detector es introducido dentro del pozo.

Al introducir esta sonda, neutrones de alta energía son emitidos por la fuente; estos neutrones colisionan con núcleos del material en las formaciones, perdiendo alguna energía en cada colisión, la mayor pérdida de energía es causada cuando colisionan con núcleos de aproximadamente igual masa, como lo es el núcleo de hidrógeno, estas colisiones llevan a los neutrones a alcanzar bajos niveles de energía y alcanzar equilibrio térmico con el ambiente para ser absorbidos por los núcleos de elementos en los alrededores, excitarlos y causar emisión de radiación gamma, que es detectada y enviada al registrador.

La calibración de los registros de neutron - neutron es normalmente hecha en unidades Neutro de la A.P.I. y es definida como 1/100 de la respuesta del equipo al 19% de porosidad de las calizas de Indiana de acuerdo a la Universidad de Texas.

*REGISTRO GAMMA - GAMMA*

El registro de gamma-gamma consiste en enviar fotones de una fuente, situada en la sonda, hacia las formaciones, en donde radiación gamma es generada.

Por esta técnica se mide la densidad total de la formación a partir del registro de la intensidad de la radiación gamma dispersada por las formaciones dependiendo de los fotones absorbidos, ya que la radiación absorbida es proporcional al número de electrones y la densidad de electrones es proporcional a la densidad total del material que se está estudiando.

La calibración del equipo es hecha usando agujeros especiales con diferentes densidades en donde se introduce el equipo y el conteo de los pulsos se relaciona con la densidad a que se obtienen.

A la par de estos registros, mediciones complementarias son efectuadas a finde conocer características que si bien no son determinantes en la explota-



Organización Latinoamericana de Energía

ción, sin embargo son importantes en el proceso de la perforación.

El registro sónico de cementación da información del estado de adherencia de la tubería a las formaciones después de cementada y servirá de referencia para futuras operaciones en el pozo; con el localizador de collares de la tubería, se obtiene la localización exacta de las juntas de cada tubo, y la temperatura diferencial informa de los cambios en temperatura que se dan a lo largo de las formaciones, ayudando así en la interpretación y localización de diferentes capas encontradas.

No obstante la restricción de operación de este equipo a temperaturas mayores a 180°C, su uso es factible en las etapas de perforación cuando el pozo está frío, y se puede obtener, con su aplicación, información que, complementada con los estudios litológicos y petrológicos, efectuados con técnicas geológicas, sea más objetiva a fin de minimizar riesgos en etapas subsiguientes.



Organización Latinoamericana de Energía

# OLADE INFORMA

I REUNION INTERAGENCIAL SOBRE COOPERACION ENERGETICA EN AMERICA LATINA

EN EL PRESIDIUM de la Reunión Interagencial sobre Cooperación Energética en América Latina aparecen (i. a d.): ingeniero Gustavo Rodríguez Elizarrarás, Secretario Ejecutivo de la OLADE; economista Eduardo Ortega, Ministro de Recursos Naturales y Energéticos del Ecuador; ingeniero Francisco Monteverde, Director Técnico de la OLADE, y licenciado Boris Castillo, Asesor de Coordinación Regional de la OLADE.

## ESTABLECIDO EL PRIMER SISTEMA INTERAGENCIAL DE INFORMACION ENERGETICA DE AMERICA LATINA

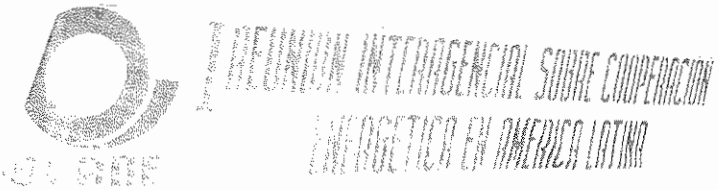
La OLADE actuará como el mecanismo coordinador del Instrumento de Operación del Sistema Interagencial de Información Energética.

Dada la existencia de diversas agencias que actúan directa o indirectamente en el ámbito de la energía en América Latina, La Reunión Interagencial sobre Cooperación Energética en América Latina, ha considerado, al término de sus sesiones, "conveniente reforzar los diversos mecanismos de información, cooperación y coordinación interagenciales actualmente existentes".

A tal efecto, se deberán nominar, según las conclusiones adoptadas, puntos focales en cada una de las agencias, que sirvan de base para el intercambio de información relativa a los proyectos, estudios y otras actividades de importancia que se hallen en ejecución, programados e identificados.



Organización Latinoamericana de Energía




DELEGADOS de diversos organismos regionales e internacionales acudieron a la reunión interagencial de Quito, al término de la cual se estableció el primer sistema interagencial de información energética de América Latina.

Con la información enviada a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), con sede en Quito, ella preparará los informes, los cuales deberán permitir la identificación de áreas comunes de actividad, posible duplicación de esfuerzos, áreas insatisfechas y otras para facilitar la cooperación interagencial y la coordinación de sus actividades.

Los representantes de alto nivel de 27 organismos internacionales, tanto mundiales como regionales, convocados por la OLADE, sesionaron aquí durante tres días (18-21 de mayo) y aprobaron lineamientos para establecer esquemas y mecanismos de cooperación y coordinación interagencial en la primera reunión de este tipo que se celebra en el mundo.

Y, sin perjuicio de los mecanismos de consulta y coordinación particular que utilicen las diversas agencias, la OLADE podrá convocar a reuniones informales de consulta para establecer una coordinación más efectiva entre las mismas.

De esta reunión de alto nivel fue adoptado el Sistema Interagencial de Información Energética (SIIE), que tiene como objetivo recabar, recopilar y distribuir la información energética de cada organismo para que la misma sea procesada y distribuida entre todos. Cada año la Secretaría Permanente de la OLADE preparará los informes pertinentes sobre los programas energéticos.

## LA OLADE COMO CENTRO DE COORDINACION

El ministro de recursos naturales y energéticos del Ecuador, economista Eduardo Ortega, quien en nombre del Presidente Constitucional del Ecuador inauguró el evento, dijo: "el fortalecimiento científico, técnico, financiero y administrativo de nuestros organismos regionales así como la búsqueda de la optimización de estos recursos que actualmente se emplean para el desarrollo de programas energéticos en la región, constituyen en la actualidad una tarea imprescindible y de alta prioridad".

Agregó el ministro que en el mundo moderno "la información juega un papel preponderante en las relaciones de los Estados. Un pueblo o una región bien informados disponen de los elementos de juicio suficientes para delinear sus programas y proyectos con profundidad, tomando en cuenta no solamente sus propios parámetros, sino además aquellos que le permitan ubicarse dentro del contexto de interrelación que exige la conciencia global del mundo".

Precisó el ministro Ortega que, "cumpliendo con la Declaración de San José, en la cual se otorgó a la OLADE la función de principal mecanismo para la coordinación y cooperación en asuntos energéticos entre los estados Miembros, así como con otras organizaciones, la Secretaría Permanente de la OLADE debe servir como centro de recolección y distribución de la información energética. Creemos además que este constituye un mecanismo importante para el fortalecimiento y consolidación de OLADE".

Por su parte, el ingeniero mexicano Gustavo Rodríguez Elizarrarás, Secretario Ejecutivo de la OLADE, quien clausuró la reunión, manifestó que "la humanidad está entrando en un período de obligada transición energética. La comunidad internacional y dentro de ella los múltiples organismos que intervienen en ello en América Latina por primera vez en su historia, se ha visto presionada a deliberar sobre el tema con el propósito de desarrollar acciones responsables que viabilicen el fenómeno, compatibilizando intereses, mancomunando esfuerzos, respondiendo así de manera profunda a una interdependencia orbital inobjetable".

El ingeniero Rodríguez Elizarrarás enfatizó que "consideramos razonables y justas las apreciaciones y propuestas para soluciones globales dentro de enfoques socioeconómicos integrales", al tiempo que "creemos muy sinceramente también en la posibilidad de que el tema energético, visto también dentro de estos parámetros, comenzará a resolverse en el plano de cooperación mucho más fácil por el lado regional".



Organización Latinoamericana de Energía

Y en cuano a los resultados de esta reunión, el Secretario Ejecutivo de la OLADE precisó que "queremos demostrar al mundo que estamos en capacidad de coordinar esfuerzos y canalizar la cooperación internacional en la resolución de uno de los problemas más angustiosos de nuestro tiempo, como es el energético, el cual, indudablemente, tien conjuntamente con el de alimentos prioridad en todos los planes de desarrollo tanto a nivel nacional como internacional".

¿QUIENES ASISTIERON A ESTA CONFERENCIA?

A esta reunión concurrieron los siguientes delegados: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (AID): John A. Sanbrailo, Director AID en el Ecuador. Fondo de Inversiones de Venezuela (FIV): Eduardo E. Texier, Subgerente de Cooperación Financiera Internacional. Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE): León Paredes, Gerente de Programación y Promoción. Banco de Desarrollo del Caribe (CDB): Ainsley Constantine Elliott, Director Encargado, Diseño de Proyectos y Análisis. Secretaría de la Comunidad del Caribe (CARICOM): Cesare F. Granger, Jefe de la Unidad de Energía. Secretaría Permanente del Tratado General de Integración Económica Centroamericana (SIECA): Julio E. Obiols. Asistencia Recíproca Petrolera Estatal Latinoamericana (ARPEL) Fernando Mendoza, Secretario General. Banco Interamericano de Desarrollo (BID): Leonardo da Silva, Jefe de Economía Industrial e Infraestructura. Comisión de Integración Eléctrica Regional (CIER): Samuel del Canto, Secretario General. Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar (GEPLACEA): Mario Campodónico, Coordinador Iberoamericano (ICI): Gabriel Guzmán, Director de Cooperación Científico Técnica. Alfredo Bistinduy, Jefe de Sección de la Subdirección General de Planificación Energética, Ministerio de Industria y Energía. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Jorge Montoya Jefe de la División de Agroenergía y Augusto Donoso Director IICA en el Ecuador. Organizaciones de los Estados Americanos (OEA): Gabriel Ospina Restrepo, Director OEA en el Ecuador y Abel Willett Duque, Subdirector en el Ecuador. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE): Gustavo Rodríguez Elizarrarás, Secretario Ejecutivo; Francisco Monteverde, Director Técnico; Boris Castillo Barroso, Asesor para la Coordinación Regional y Extraregional; Joao Pimentel, Coordinador de Estudios Económicos; Pedro Pablo Camargo, Coordinador de Relaciones Públicas, Información y Difusión y Luis Enríque Benítez, asesor del Secretario Ejecutivo. Sistema Económico Latinoamericano (SELA): Luis Alberto Chocano, Jefe de Proyectos de Cooperación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO): C.H.H. Ter Kuile, Representante FAO en el Ecuador. Comisión Económica para América Latina (CEPAL): Joseph W, Mullen, División de Recursos Naturales. Organización Meteorológica Mundial (OMM): Olivier Moch, Funcionario de Asuntos Científicos. Organización Panamericana de la Salud (OPS): José Antonio Godoy, Consultor de Ingeniería Sanitaria, Oficina Sanitaria Panamericana y Alvaro Martínez, Consultor de Ingeniería Sanitaria, Oficina Sanitaria Panamericana. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI): Luis Soto Krebs, SIDFA/Brasil. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD): Elizabeth Fong, Oficial Area-Punto Focal Energía. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA): Jaime Hurtubia, Representante Regional Adjunto. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura (UNESCO): Giovani Zorzi, Funcionario Senior. Banco Internacional de Reconstrucción y fomento (BIRF): Rafael Mascote Q., Jefe de la División de Energía de la Región Latinoamericana y del Caribe. Comisión de las Comunidades Europeas (CEE): (Delegación de Caracas) Michele Levante, Pierre Venet Colaborador Instituto Nacional de Energía INE en el Ecuador. Fondo OPEP: Mehdi Garadaghipour, Asistente del Director General. Instituto Italo Latinoamericano (IILA): José D. Faldini. Organización de los Países Exportadores de Petróleo (OPEP): Baham Karbassioun, Jefe de Planificación y Editorial y Fernando Santos A. Jefe de la Unidad de Asuntos Legales.

# EXPERTOS DE LA OLADE ANALIZARAN USO DE LA LEÑA Y EL CARBON EN AMERICA LATINA

Para un 50 por ciento de la población latinoamericana, la leña y otros recursos vegetales continúan siendo la principal, y a veces única, fuente de suministro energético. Ingnorados por las estadísticas u omitidos en las fuentes nacionales, los combustibles tradicionales de los pobres, tanto del medio rural como urbano marginal, representan, por lo menos, una cuarta parte del consumo total de energía en la región.

Esta realidad, común a todos los países y regiones del mundo en desarrollo, plantea problemas ineludibles: la amenaza de una paulatina extinción de los árboles para leña bajo la presión de una demanda creciente, al igual que la estrecha relación que el consumo indiscriminado de estas fuentes no comerciales de energía tienen con los problemas del uso de la tierra, la deforestación, la erosión y la sedimentación de ríos.



Organización Latinoamericana de Energía

Frente a lo que los entendidos denominan como "la otra crisis energética", la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ha programado una serie de acciones orientadas a mejorar las técnicas y eficiencia de la utilización de la leña y otros combustibles biomásicos, principalmente carbón vegetal, estiércol animal y desperdicios agrícolas. Al mismo tiempo, el organismo propondrá el diseño de políticas para incrementar y utilizar racionalmente estos recursos forestales. Dentro de estos objetivos, OLADE constituyó el I Grupo de Trabajo sobre la materia con expertos de Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, y República Dominicana, que sesionó del 22 al 24 de Junio en Quito, Ecuador.

## LUJO CARO

El mundo no puede permitirse el lujo de continuar cortando, quemando y envenenando su riqueza forestal. Sin embargo, con el crecimiento de la población y el aumento acelerado de los precios de los combustibles fósiles, son cada vez mayores las masas obligadas a utilizar el recurso vegetal para satisfacer sus necesidades domésticas. Al respecto, el documento preparatorio elaborado por la OLADE para la reunión citó que, de acuerdo a estudios recientes, "hacia el año 2.000 cerca de 250 millones de latinoamericanos vivirán en zonas catalogadas como deficitarias para el abastecimiento de leña". Otro factor se suma al ya alto costo de ser pobre: el creciente interés del sector industrial por sustituir el petróleo por combustibles derivados de la biomasa en algunas tareas del proceso productivo; tales son los casos de la utilización del bogazo de caña de azúcar como combustible de la industria del ramo y de desechos agrícolas y el estiércol con la producción de biogas. Este hecho —según el documento— vendría a representar una demanda adicional a los usos domésticos ya tradicionales.

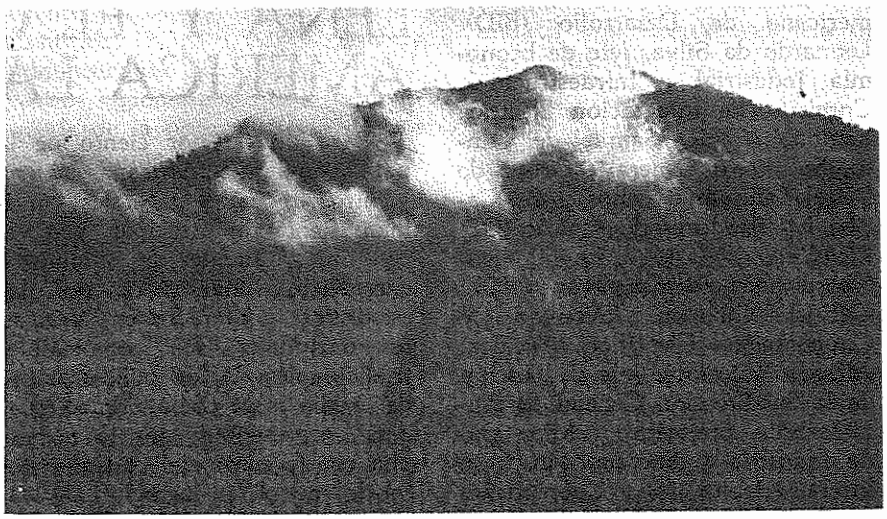
Por otra parte, anota, que dado el carácter marginal de estos combustibles, generalmente se ignora el papel que juegan en el cuadro de la energía nacional y en la comercialización, pese a que éstos pueden contar hasta por el 60-80 por ciento del consumo total.

Frente a la magnitud del consumo de leña y otros combustibles vegetales, así como de sus peculiares características, la elaboración de un diagnóstico sobre la situación requiere de un profundo estudio. Para ello, el grupo de trabajo que constituirá OLADE se abocará, principalmente, a analizar la variedad de tecnologías existentes relacionadas con la producción de combustibles biomásicos, cuya utilización eficiente aún no se ha popularizado en la región. En esta área se consideran las tecnologías y procesos para mejorar la eficiencia en la combustión mediante nuevos diseños de estufas y hornos, y de aquellas referidas al uso racional de los recursos forestales, tales como reforestación, especies productoras de leña adaptables al medio ecológico, control de erosión y aspectos relacionados con la utilización del bosque como recurso renovable.

También se elaborarón las bases de una metodología regional congruente para analizar el problema y determinar porcentajes de población que utilizan estos combustibles, así como los patrones culturales, geográficos y de ingreso y su impacto socio-económico y ambiental. Al respecto, el programa de Balances Energéticos de OLADE ha puesto en uso un método para cuantificar preliminarmente la demanda.

Otra opción a considerar por el grupo a considerar por el grupo de expertos es la formulación de proyectos pilotos integrados, destinados a demostrar el problema en su globalidad: uso de la tierra, reforestación con especies adaptadas al medio, utilización racional, introducción de nuevas teconológicas y programas comunitarios. Para estos proyectos se contaría con el apoyo de los programas técnicos que la OLADE desarrolla en biogas, pequeñas centrales hidroeléctricas, energía eólica, entre otros, "para lograr un aprovechamiento total de las fuentes disponibles, así como para evaluar la respuesta social a las nuevas tecnologías y diseñar mecanismos que faciliten su aceptación".

Finalmente, el grupo de expertos elaboró los términos de referencia de una planificación y política energética en este campo. Ello podría contribuir a demostrar el potencial de sustitución de combustibles tradicionales por los de origen biomásico "identificando usos actuales, evolución histórica e insertándolos en la planificación regional nacional", como parte importante dentro del programa de Energía y Medio Ambiente que OLADE está promoviendo en el ámbito latinoamericano.





Organización Latinoamericana de Energía

# CURSOS PARA EXPERTOS EN CONTRATOS DE RIESGO PARA LA EXPLOTACION Y PRODUCCION DE HIDROCARBUROS PUSO EN MARCHA LA OLADE EN COSTA RICA

Concurrieron delegados de Barbados, Costa Rica, Cuba, Grenada, Guatemala, Guyana, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, República Dominicana, Surinam y Trinidad y Tobago.

Auspiciado por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), con sede en Quito, se efectuó en San José de Costa Rica el primer curso subregional de capacitación de contratos de riesgo para la exploración y producción de hidrocarburos, con asistencia de profesionales de trece países centroamericanos y del Caribe.

El curso tuvo por objeto orientar a los profesionales que actuarán como negociadores de la región en contratos de riesgo a fin de que estén en mejores condiciones de conocer mejor los diversos aspectos jurídicos, técnicos y económicos de la cuestión.

Los contratos de riesgo son una modalidad en los negocios petroleros. Tienen por objeto explorar, desarrollar y producir los hidrocarburos en los Estados contratantes, asegurando mayores beneficios para ellos.

Fueron analizados aspectos tales como la situación y perspectivas de la industria petrolera internacional, el riesgo de las inversiones en la exploración de hidrocarburos, la rentabilidad e impuestos, el Estado y el control de las obligaciones contractuales, etc.

Los cursos estuvieron a cargo de expertos de los ministerios de energía del Brasil, Ecuador, México, Perú y Venezuela, con apoyo del ministerio de energía y minas de Costa Rica.

# LA OLADE CONSTITUYO EN RIO DE JANEIRO EL GRUPO ASESOR SOBRE ENERGIA EOLICA DE LATINOAMERICA

Se elaborará el Atlas Regional de Vientos

Con representación de Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México y Perú se constituyó el 4 de mayo en Río de Janeiro el grupo asesor de energía eólica para América Latina, a iniciativa de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

El grupo de expertos tiene como objetivos inmediatos colaborar en la elaboración del Atlas de Vientos de América Latina y el Caribe y supervisar la puesta en marcha de proyectos piloto con sistemas conversores de energía eólica, o sea "máquinas de viento".

Asimismo, cooperar en la formulación de las bases de una metodología común para el procesamiento y análisis de información meteorológica generada en la región y discusión de los términos de referencia de un programa latinoamericano de cooperación para la década del 80.

Además, los expertos pondrán en marcha el programa del Primer Curso-Seminario Latinoamericano sobre Diseño, Construcción y Operación de Molinos de Viento, que se verificará del 3 al 7 de agosto próximo, en Lima.

La constitución del grupo asesor se hizo en Río de Janeiro del 4 al 11 de mayo. Lo integran José Luis Aiello, del Centro Espacial de San Miguel, de Argentina; Pablo César Villaca, del Centro Tecnológico Aeroespacial, y Lucy Pinto Hack, de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro, de Brasil; Luis Alberto Olarte, de la Universidad Nacional y Jorge Valencia Franco, del Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT) de Colombia; Luis Guardamanga Sanhueza, del Instituto de Investigaciones Tecnológicas, de Chile; Enrique Caldera Muñoz, del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), de México y Alfredo Oliveras, del Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC) del Perú. La coordinación del grupo está a cargo de Luis Augusto Marciano da Fonseca, jefe del programa regional de energía eólica de la OLADE, con sede en Quito, Ecuador.



Organización Latinoamericana de Energía

# SE INSTALO EN BOGOTA EL GRUPO ASESOR DEL CARBON DE LOS PAISES PRODUCTORES DE LATINOAMERICA

Se ocupará de impulsar la exploración, explotación y uso térmico del carbón en la región.—

— — —

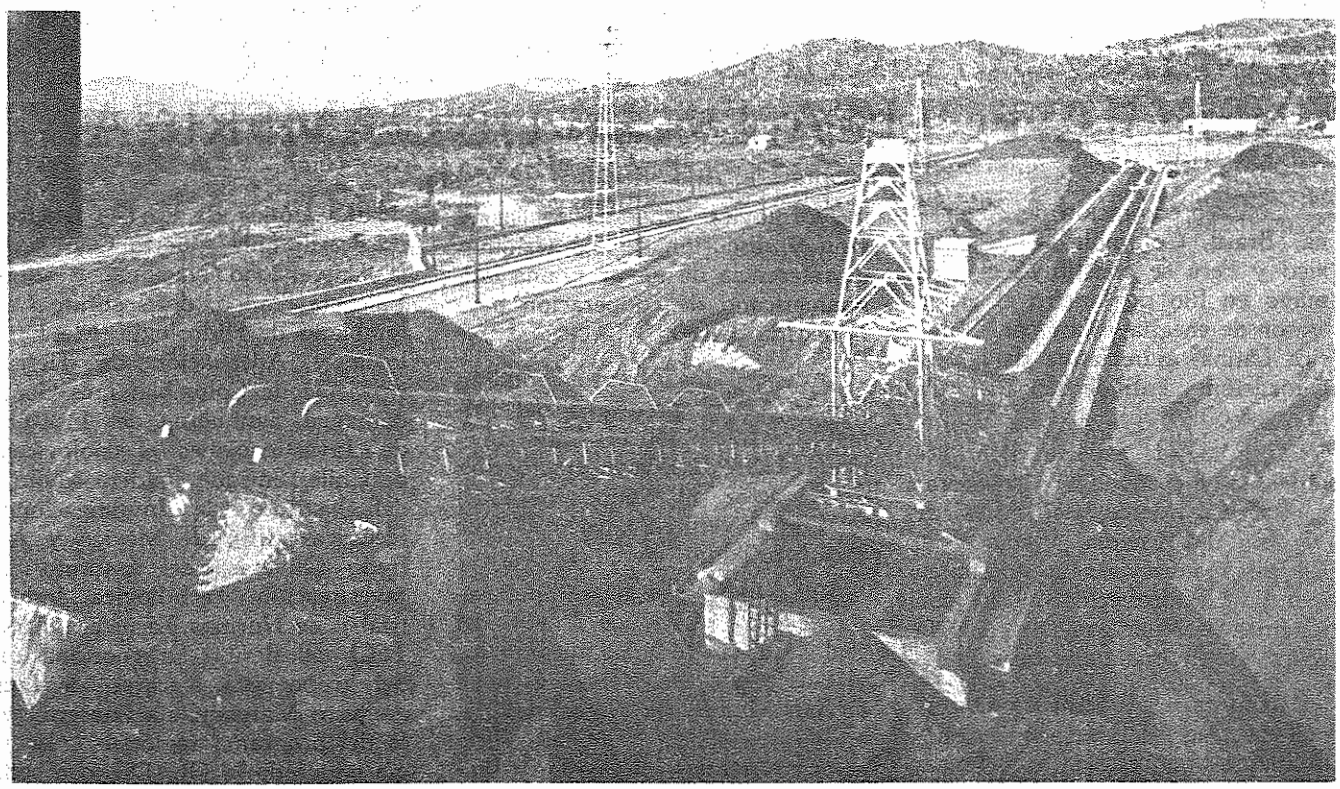
La Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), efectuó en Bogotá la constitución del Grupo Asesor del Carbón de los países de América Latina, el cual se ocupará de impulsar la exploración, explotación y uso térmico del carbón en la región, dentro de la estrategia para reemplazar los hidrocarburos como la fuente principal energética.

El Grupo Asesor está integrado por Miguel Sarris (Argentina), William Monachesi (Brasil). Carlos Ospina G. y Jaime Toro Gómez (Colombia), Luis R. Brizuela (México), Mateo Román (Perú) y Antonio Ferrer (Venezuela).

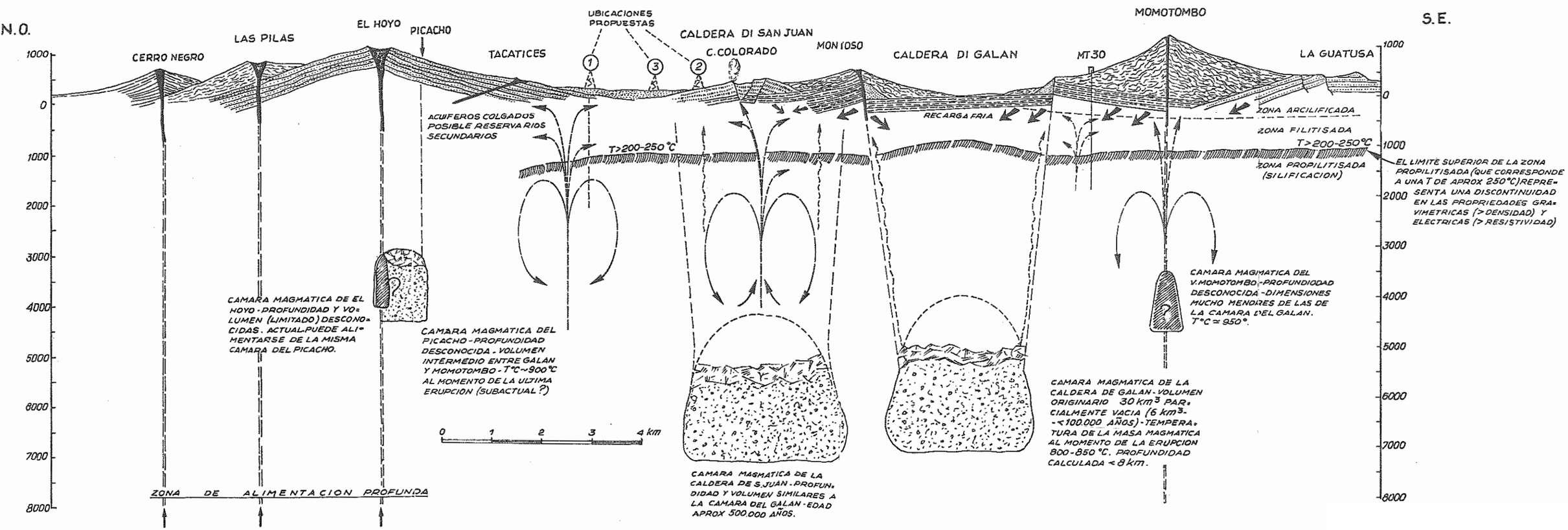
La constitución del Grupo Asesor del Carbón se efectúo en Bogotá el 20 de abril, y la ceremonia estuvo a cargo del doctor Carlos Rodado Noriega, Ministro de Energía y Minas de Colombia y actual Presidente de la XI Reunión de Ministros de la OLADE, del ingeniero mexicano Gustavo Rodríguez Elizarrarás, Secretario Ejecutivo de OLADE, y del ingeniero Fernando Copete, Director de Carbones de Colombia, S.A. CARBOCOL).

La formación de este primer Grupo Asesor responde, según la OLADE a los objetivos de cooperación, coordinación y asesoría determinados en el Convenio constitutivo de OLADE, suscrito en Lima, Perú, en 1973; a los mandatos de la Declaración de San José de Costa Rica de 1979 y la XI Reunión de Ministros realizada en Bogotá, en 1980. Igualmente responde a la decisión de los países de impulsar la incorporación del carbón a la estructura energética regional para el desarrollo económico social de sus pueblos.

Además, la constitución del Grupo Asesor del Carbón da cumplimiento a una decisión aprobada por la X Reunión de Ministros de la OLADE que realizó en la ciudad de Panamá en 1979 reafirmada por la II Reunión Extraordinaria de Ministros de OLADE, efectuada en Lima en marzo de este año. Próximamente se constituirán otros grupos asesores.





Organización Latinoamericana de Energía

# MODELO GEOTERMICO PRELIMINAR DEL AREA EL HOYO-GALAN