



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

V.1)

R6  
189

ESTADO ACTUAL Y  
PERSPECTIVAS DE LA  
GEOTERMIA DE MEDIA Y  
BAJA ENTALPIA EN  
EL ECUADOR

DIRECCION DE DESARROLLO  
ENERGETICO

INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA  
OCTUBRE 1988  
QUITO - ECUADOR



C O N T E N I D O

1. EXPLORACION DE RECURSOS GEOTERMICOS DE BAJA Y MEDIA ENTALPIA
  - 1.1 Introducción
  - 1.2 Estudio de reconocimiento del recurso
    - 1.2.1 Proyecto Geotérmico Valle de los Chillos
      - 1.2.1.1 Generalidades
      - 1.2.1.2 Ubicación
      - 1.2.1.3 Actividades realizadas en el proyecto
      - 1.2.1.4 Resumen de los resultados actuales
    - 1.2.2 Proyecto Geotérmico Cuenca
      - 1.2.2.1 Generalidades
      - 1.2.2.2 Ubicación
      - 1.2.2.3 Actividades realizadas en el proyecto
      - 1.2.2.4 Resumen de los resultados actuales
  - 1.3 Definición de proyectos de utilización del recurso
  - 1.4 Fuentes de financiamiento
  - 1.5 Problemas encontrados y soluciones
2. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS 5 AÑOS
3. RECURSOS HUMANOS
  - 3.1 Requerimientos de capacitación



## 1. EXPLORACION DE RECURSOS GEOTERMICOS DE BAJA Y MEDIA ENTALPIA

### 1.1 Introduccion

Dada la variedad de recursos energéticos en el Ecuador (petróleo, gas, hidroelectricidad); el desarrollo de la Energía Geotérmica se ha planteado en términos de diversificación energética con el aprovechamiento de yacimientos de alta entalpía para generación eléctrica y en términos de sustitución y/o complementación de recursos energéticos convencionales con el aprovechamiento de yacimientos geotérmicos de media y baja entalpía dirigidos al sector industrial y agroindustrial del país.

Los primeros estudios geotérmicos en el país estuvieron a cargo del Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), desde finales de 1978, en que se empezó a recopilar información básica a partir de un convenio suscrito por INECEL con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); en 1979 se empezaron los trabajos de campo de reconocimiento a nivel nacional, cuyo informe final fue concluido a mediados de 1980.

Como conclusión del informe se definieron varias áreas de estudio, consideradas prioritarias y potencialmente interesantes desde el punto de vista de alta, media y baja entalpía. El estudio de reconocimiento realizado por OLADE-INECEL se concentró a lo largo de la Cordillera Andina, dado que en ésta se encuentran las mejores manifestaciones superficiales del recurso geotérmico, es así como se reconoció 3 áreas para proyectos de alta entalpía (prioridad A) y 3 para proyectos de media y baja entalpía (prioridad B); Fig. No. 1.

Luego del estudio de reconocimiento, el INE inició su actividad en geotermia respaldado por la Ley de Creación del Instituto, dedicándose al desarrollo y coordinación de proyectos geotérmicos de media y baja entalpía para uso directo del calor.

En su dedicación geotérmica, el INE orientó su interés en áreas que por su sistema hidrogeológico particular, evidenciado por manifestaciones superficiales coinciden con posibles utilidades del calor directo (Parque Industrial).

El Instituto Nacional de Energía, INE consciente de la enorme potencialidad geotérmica del país, abrió sus puertas a la investigación de esta fuente energética no convencional, la misma que, con el fin de lograr que esta sea algún día accesible y aprovechable a gran escala, se ha planteado cumplir con los objetivos siguientes:



**INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA**

Area IMBABURA  
CAYAMBE

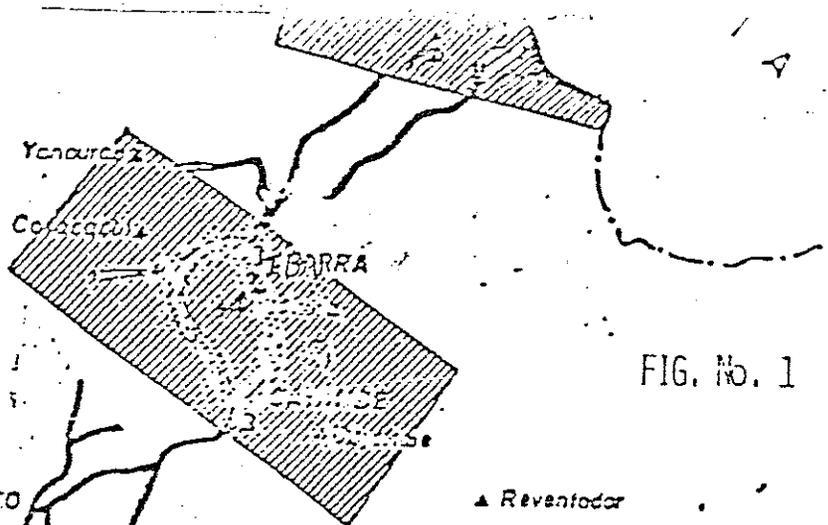
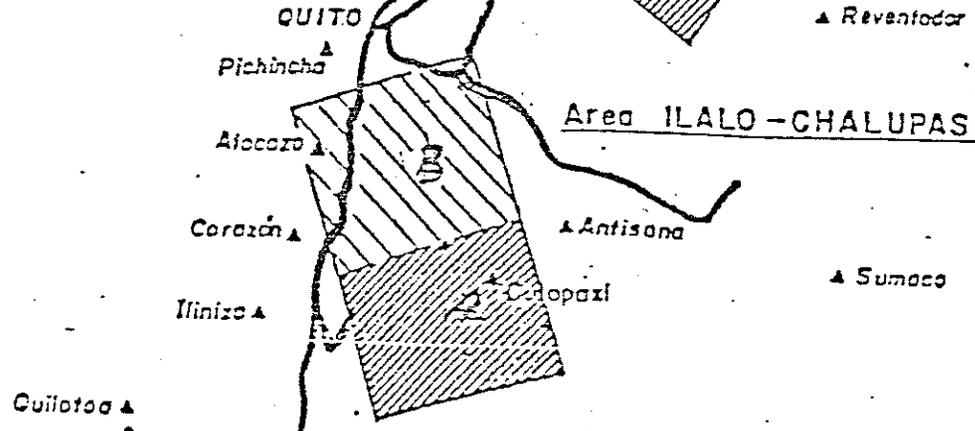


FIG. No. 1

Area ILALO-CHALUPAS



LATACUNSA

AMBATO

PUYO

Ubicación de los Proyectos Geotérmicos en el Ecuador

Prioridad A



Prioridad B



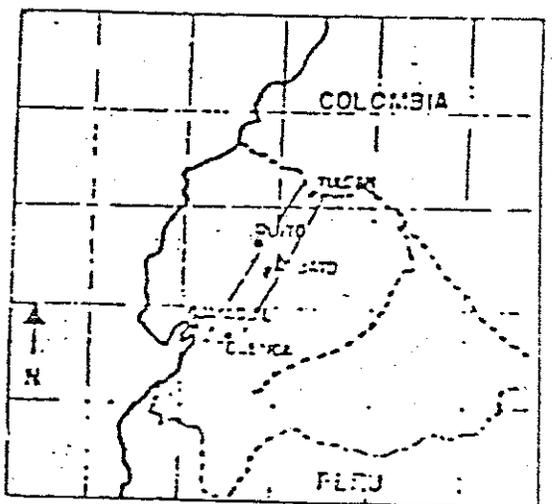
Area CHIMBORAZO



RIOBAMBA

Sangay

Tixón



AZOGUES

CU

Area CUENCA-AZOGUES



INSTITUTO  
NACIONAL  
INE DE ENERGIA

- Debe existir un proyecto experimental demostrativo de la factibilidad técnica económica del empleo de esta fuente energética en el país ejecutado por el estado.
- Crear, entre las diferentes instituciones del estado, un grupo de técnicos capacitados en las áreas de exploración, explotación y uso final de la energía geotérmica.
- Probar que las técnicas requeridas para el desarrollo de la energía geotérmica, son totalmente compatibles con el nivel de desarrollo tecnológico del país.

Con miras a cumplir estos objetivos, el INE en 1982 inició los estudios geocientíficos de reconocimiento y prefactibilidad, en las áreas consideradas de prioridad B como son el área alrededor del Volcán Ilaló que se le conoce como el proyecto "Valle de los Chillos" y el área al Sur del Ecuador que se le conoce como el proyecto "Cuenca"; se escogió las dos áreas para desarrollar, en razón de que coinciden los requerimientos de oferta (manifestaciones termales superficiales) y demanda (presencia de parque industrial).

## 1.2 ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DEL RECURSO

### 1.2.1 Proyecto Geotérmico "Valle de los Chillos"

#### 1.2.1.1 Generalidades

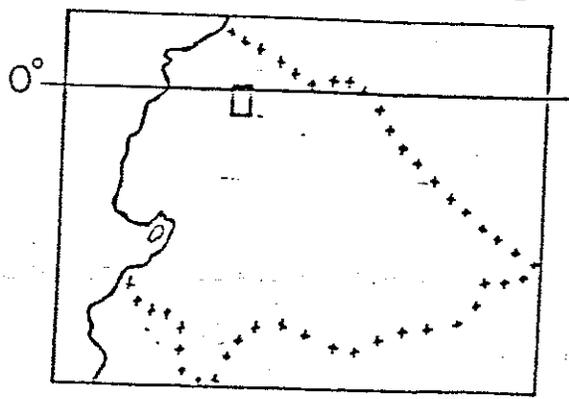
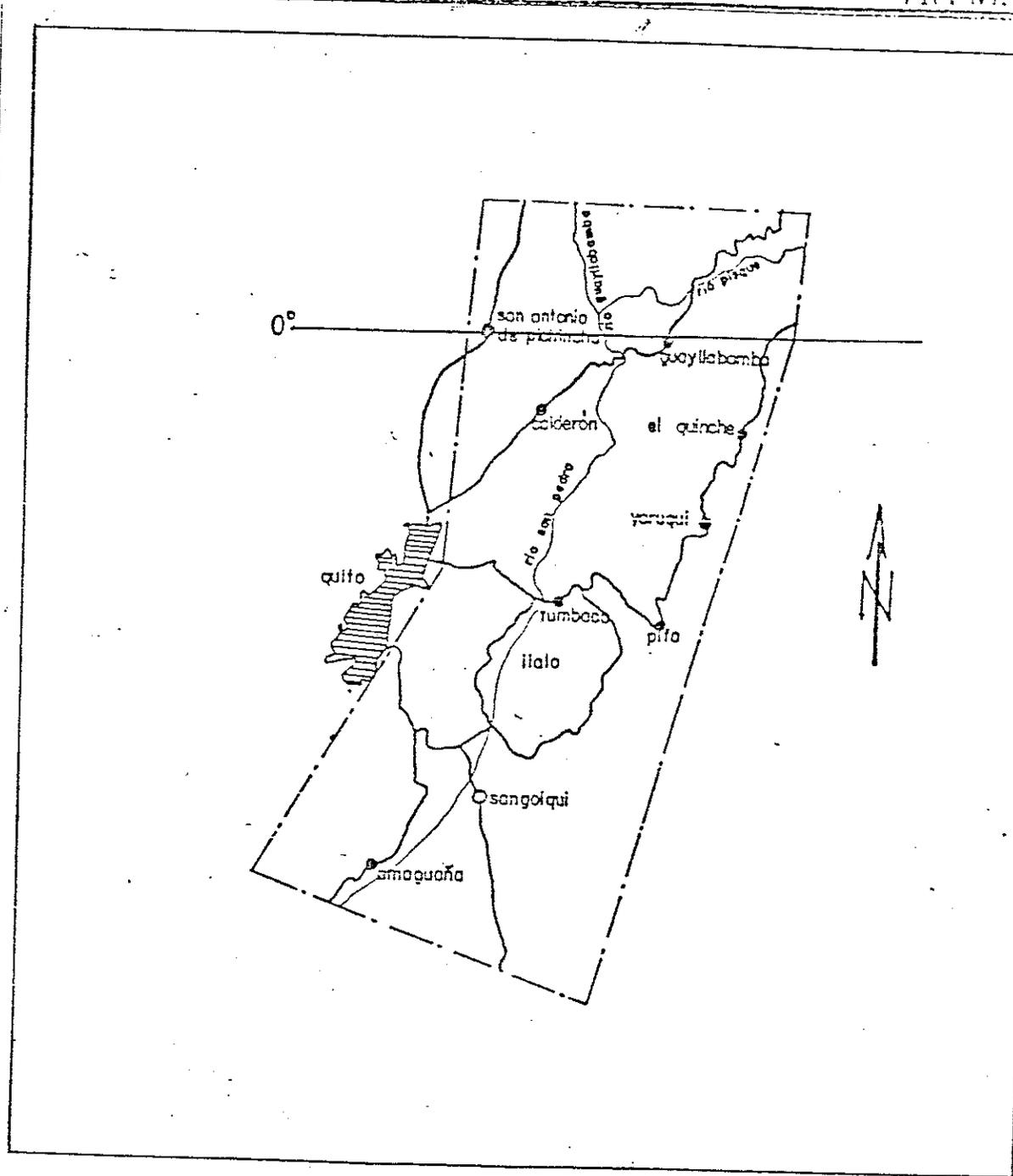
Con miras a cumplir con los objetivos antes expuestos, el INE inició en 1982, la realización del primer proyecto geotérmico de media y baja entalpía en el Ecuador y quizás de Latinoamérica.

Dado el carácter de vanguardia y demostrativo del proyecto, éste servirá como marco comparativo de esta fuente energética (Geotermia de baja entalpía) con otras formas de energía, entregando un aporte definitivo al país.

#### 1.2.1.2 Ubicación

En la etapa de reconocimiento geotérmico se realizaron estudios: geológico, hidrogeológico, hidrogeoquímico y estructural, en una área que abarcó una superficie aproximada de 1300 Km<sup>2</sup> (Fig. 2).

Para la etapa de prefactibilidad, se delimitaron 3 áreas prioritarias de estudio, que en su levantamiento aerofotogramétrico planimétrico fueron denominadas como:



LEYENDA	
□	Localización Generalizada
+ + + +	Límite Internacional
○	Cabecera Cantonal
●	Parroquia
—	Carretero Principal
—	Río Principal
- - - -	Límite del Area Referente



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGÍA

Area No. 1	Tumbaco - Cumbayá	25 Km <sup>2</sup>
Area No. 2	Sangolquí - El Tingo	63 Km <sup>2</sup>
Area No. 3	La Merced - Ilaló	24 Km <sup>2</sup>

Según Fig. 3

Las 3 áreas prioritarias se encuentran separadas por el Volcán Ilaló, rasgo geográfico dominante de la zona con 3.185 m. de altura en su punto más elevado, el mismo que se encuentra en un alargado valle de varias decenas de kilómetros de largo, cuyo eje es de dirección NS, al que lo denominamos como "Valle de los Chillos", este valle en la zona de estudio se encuentra limitado al Este por la Cordillera Real y al Oeste por las colinas de Puengasí e Ilumbisi, cuyas alturas varían entre 3.000 y 3.185 m. que a la vez lo separan de un valle subparalelo, donde se asienta la ciudad de Quito.

Los ríos principales de la zona son el río de la alcantarilla, que bordea el Ilaló por el Este y toma el nombre de Río Chiche al terminar de cruzar este volcán hacia el Norte, desde el Sur también vienen las aguas de los ríos San Pedro y Pita (afluente del anterior), que unen sus cauces antes de cruzar el Ilaló por su flanco occidental; todos estos ríos forman parte del drenaje del Río Guayllabamba.

En las áreas prioritarias de estudio se encuentran varias poblaciones, cuyo crecimiento es acelerado; el desarrollo de esta zona también se refleja en el sector industrial, habiéndose instalado varias fábricas principalmente en las áreas de Sangolquí-El Tingo y Tumbaco-Cumbayá y otras, cuya demanda de energía térmica constituye la contraparte del proyecto geotérmico "Valle de los Chillos".

#### 1.2.1.3 Actividades realizadas en el proyecto

Desde el inicio del proyecto a mediados de 1982 se han realizado en el área de interés los siguientes estudios, con la colaboración de instituciones nacionales y el aporte financiero externo, tanto de la Agencia Interamericana de Desarrollo (AID) de los Estados Unidos, como de la Comunidad Económica Europea (CEE), Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

- Estudio Geológico Regional de Reconocimiento (INE-EPN, 1982).
- Estudio Geológico detallado (INE-EPN, 1983).
- Posible modelo geotérmico para el Ilaló (INE-EPN, 1983).



**INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA**

FIG. No. 3



ESCALA 1:100.000

- Los tres recuadros marcados con líneas gruesas, delimitan las áreas prioritarias
- Area N° 1 : Tumbaco-Cumbayá. Recuadro Superior
  - Area N° 2 : Sangolquí-El Tingo. Recuadro Inferior Izquierdo
  - Area N° 3 : La Merced-Illaló. Recuadro Inferior Derecho



# INSTITUTO NACIONAL

## INE DE ENERGIA

- Evaluación preliminar de las posibilidades de sustitución de hidrocarburos por Geotermia en el sector industrial (INE., CEE, 1983 ).
- Estudio Hidrogeoquímico (INE-1984).
- Estudio Hidrogeológico del área referencial (INE-CEE, 1984).
- Estudio Geológico estructural áreas prioritarias, (INE-EPN, 1985).
- Estudio de prefactibilidad técnico-económico (INE-CEE, 1985).
- Estudio Isotópico del acuífero de Quito y del Valle de los Chillos (INE, OIEA, CEEA, INERHI, 1985).
- Estudio Geofísico de resistividad eléctrica (INE-INEMIN, ESL/UURI, 1985).
- Estudio Geofísico de gravimetría (INE, ESL/UURI, 1986).

Para todos estos estudios se ha tratado de aprovechar la tecnología local con el concurso de expertos nacionales y la colaboración puntual de expertos internacionales.

### 1.2.1.4 Resumen de los Resultados Actuales

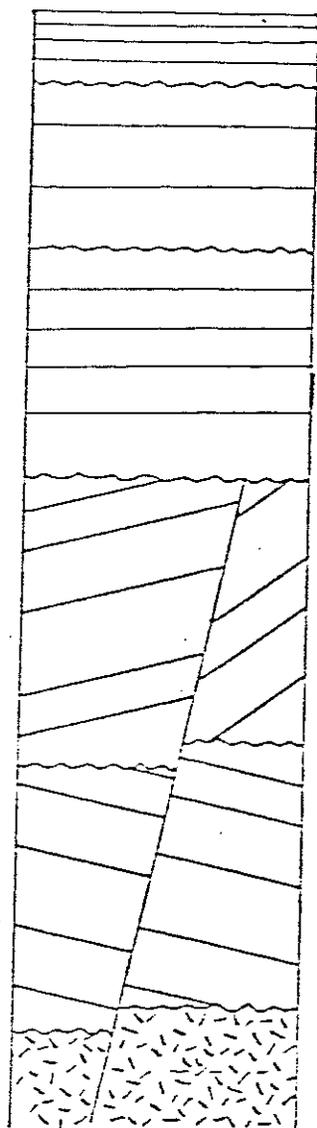
La estratigrafía del Valle de los Chillos, está conformada por una secuencia de rocas volcánicas y sedimentarias que rellenan el Graben Interandino, llegando esta secuencia a tener algunos miles de metros de espesor.

En dicha secuencia (Fig. 3.A) las unidades superiores (Formaciones Chiche, Cangahua y depósitos recientes), no tiene mayor interés como acuíferos para este Proyecto, puesto que la cantidad y en especial, la temperatura de las aguas que albergan, no parecen ser suficientes para su aprovechamiento como fuente energética en el Parque Industrial del "Valle de los Chillos". Sin embargo, estas unidades por su baja permeabilidad forman la Capa Sello, necesaria para evitar el escape de fluidos geotérmicos a la superficie.

Por el contrario, las unidades inferiores (volcánicos Ilaló, productos de su erosión, y depósitos equivalentes de la Formación San Miguel), poseen algunos niveles con buenas características como acuíferos estando su permeabilidad fuertemente incrementada por el fracturamiento y fallamiento. En estos niveles se debe encontrar el agua caliente con temperaturas notablemente superiores a la del agua contenida en las 3 unidades superiores.



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA



Erosión  
Unidad 6 (Depósitos recientes)

Unidad 5 (Depósitos Jóvenes de Can-  
gahua).  
Tectonismo y Erosión

Unidad 4 (Formación Chiche)  
Tectonismo Regional y Erosión

Unidad 3 (Depósitos volcano-sedimen-  
tarios equivalentes a la  
formación San Miguel

Erosión

Unidad 2 (Productos de erosión del  
Ilaló)

Erosión

Unidad 1 (Volcánicos Ilaló)

Columna Estratigráfica Esquemática para el "Valle de los  
Chillos".



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

Los datos de fotointerpretación demuestran los hechos siguientes:

Los lineamientos señalados en el mapa corresponden a eventos tectónicos tanto antiguos como jóvenes; a consecuencia de un ambiente tectónico de tipo tensional aún activo (más de 2.600 eventos sísmicos registrados en 12 meses de operación de una red de sismógrafos). El terremoto de agosto de 1938, estuvo relacionado con las fallas de mayor importancia de dirección NNE-SSW en la cual se ubica el volcán Ilaló.

El intenso fracturamiento que poseen las tres unidades inferiores, así como también las rocas terciarias subyacentes, facilita el movimiento de las aguas subterráneas a través de sus rocas.

El fracturamiento que poseen las unidades superiores es significativamente menor al que tienen las unidades inferiores, por lo que las aguas subterráneas no pueden circular con facilidad a través de sus rocas. Por lo tanto, sólo una pequeña parte del agua caliente contenida en las unidades inferiores, asciende hacia las unidades más jóvenes, produciéndose mezclas de aguas calientes (profundas) con aguas frías (más superficiales), identificadas en el "Estudio Hidro geoquímico" en muestras de agua de pozos poco profundos y vertientes calientes.

Las 3 unidades superiores en su condición de capa sello favorecen la escorrentía superficial, constituyendo un importante obstáculo para la infiltración de las aguas superficiales hacia las rocas más antiguas. Por esta razón, el agua caliente que se encuentra en profundidad, no debe ser enfriada mayormente por aguas superficiales. Se ha estimado, en el sector estudiado un valor promedio de infiltración de 560 mm/año.

Pero la infiltración de aguas meteóricas se produce donde afloran las rocas más antiguas, debido al mayor fracturamiento que poseen estas rocas, estos afloramientos se localizan en las zonas altas que limitan al Valle; el drenaje de las aguas en el "Valle de los Chillos", tanto superficialmente como en el subsuelo, se dirige principalmente de Sur a Norte; Por lo tanto, el mayor aporte de aguas hacia los acuíferos de las unidades inferiores, provienen de las zonas altas que limitan por el Sur al Valle de los Chillos. Estas zonas corresponden al tramo de la Cordillera Occidental, que se extiende desde el Atacazo hasta los Ilinizas; las elevaciones entre los Ilinizas y el Cotopaxi y el tramo de la Cordillera Real que se extiende entre el Cotopaxi y la Carretera Interoceánica.

Las altas precipitaciones que poseen las cordilleras y las zonas altas descritas y por otra parte, el intenso fracturamiento que poseen las viejas unidades rocosas que afloran en



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

dichas zonas sugieren un enorme volumen de agua que recarga los acuíferos de las unidades inferiores del "Valle de los Chillos".

Las numerosas evidencias de actividad volcánica reciente que exhibe el tramo de la cordillera real que limita por el este al Valle de los Chillos, podrían indicar como probable fuente de calor para las aguas que afloran alrededor del Ilaló.

Esta hipótesis se ha descartado ya que mediante el estudio isotópico de la zona se determinó que la más probable presencia de una fuente de calor estaría ubicado en las raíces del Volcán Ilaló localizado en su parte Sur-Oeste (Sector de El Tingo).

Las buenas características de permeabilidad que poseen las rocas del Ilaló, la misma que está evidentemente favorecida por el fracturamiento y fallamiento y por otra parte, la importante profundidad que deben alcanzar los volcánicos Ilaló, permiten actuar a esta estructura volcánica como una esponja, donde confluyen las aguas subterráneas que provienen del Sur, drenando a través de las unidades inferiores.

Las características químicas de las aguas calientes muestreadas en los alrededores del Ilaló indican temperaturas probables en el subsuelo entre 85 y 105 grados centígrados y los estudios de resistividad eléctrica han evidenciado la existencia de anomalías (inferiores a 15 ohm/m) tanto en el Tingo como en Cumbayá y la Merced. En el centro de esas anomalías los valores de resistividad bajan hasta valores de 2 a 6 ohm/m, esos valores son compatibles con los datos de temperatura y de salinidad de las aguas calientes deducidas de los resultados hidrogeoquímicos; la forma y ubicación de las anomalías encontradas confirman la relación entre las zonas de ascenso del agua caliente y las fallas que afectan la zona estudiada.

En base a lo anotado se propuso un modelo geotérmico señalando que el agua profunda de origen regional se calienta al contacto con la fuente de calor localizada en las raíces del Ilaló, esta agua sube por las fallas ubicadas alrededor del Ilaló y se mezclaría en proporciones variables con el agua de infiltración local dando como resultado vertientes y pozos de diferentes temperaturas.

A través del estudio de prefactibilidad técnico y económico del proyecto se determinó la demanda de energía térmica de las industrias del sector.

El estudio en mención se basó en las hipótesis siguientes:



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

- De conformidad con las conclusiones anteriores, se espera una producción de agua caliente a 100 grados centígrados con un caudal probable de 150 m<sup>3</sup>/hora mediante la perforación de un pozo a mediana profundidad (400 a 450 m).
- Precio de los derivados de hidrocarburos (1984) igual al precio internacional (lo que se justifica tanto por la estructura subsidiada actual de los precios internos de venta, como por la probabilidad de una nivelación progresiva de los mismos, a nivel internacional dentro de los próximos 5 años).

Del análisis detallado de los costos del proyecto y de la comparación con los costos de generación térmica mediante utilización de hidrocarburos se desprende los resultados siguientes (en base a los requerimientos igualmente existentes):

1. En el área de Sangolquí, El Tingo, resulta económico la sustitución por Geotermia en las fábricas DANEC y ENKADOR.
2. Al Norte del Ilaló en el área de Tumbaco-Cumbayá, el objetivo de la CERVECERIA ANDINA presenta los mayores atractivos tanto técnicos como económicos, es decir coincidencia de un centro de consumo con una de las anomalías de resistividad; potencial de ahorro de 2.100 TEP/año, limitándose en una primera etapa a 700 TEP/año.

Adicionalmente vale señalar que se han detectado 15 industrias en la zona que en sus diferentes procesos de fabricación utilizan agua caliente, que puede ser sustituido por fluido geotérmico, dando un ahorro total de 3535 TEP/año.

### 1.2.2 Proyecto Geotérmico "Cuenca"

#### 1.2.2.1 Generalidades

El presente proyecto tiene los mismos objetivos que el del Valle de los Chillos, es decir el objeto final es utilizar el fluido geotérmico en el sector industrial y agroindustrial de la zona.

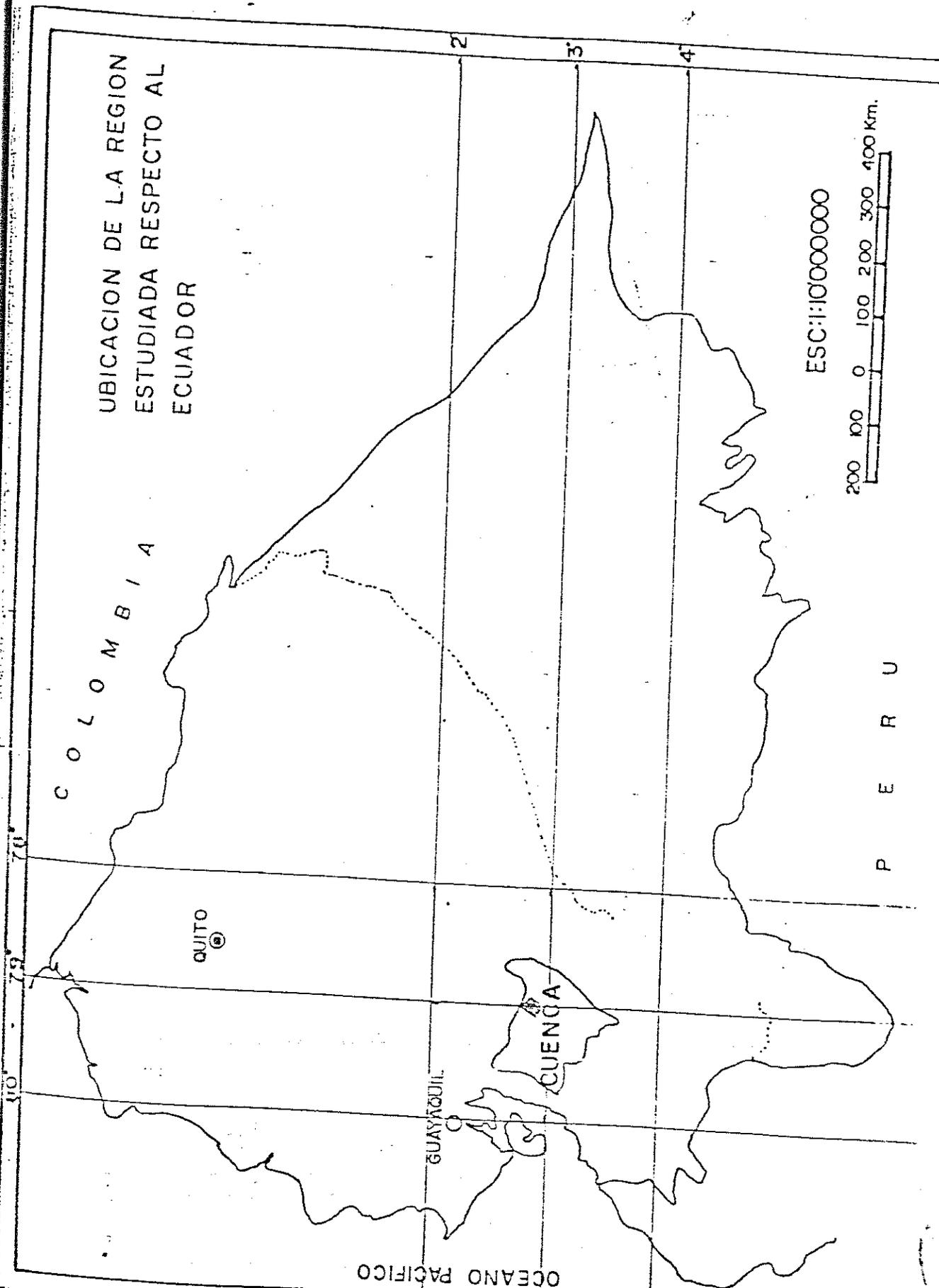
#### 1.2.2.2 Ubicación

Para los estudios geocientíficos de reconocimiento se definió una área referencial, situada en el Sur del Ecuador. (Fig 4) constituyendo la parte norte de la Provincia del Azuay vista en planta, su forma es la de un polígono irregular de cinco



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

FIG. No. 4





INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

lados que en conjunto encierra una superficie de aproximadamente 136 Km<sup>2</sup> cuyos vértices corresponden a las coordenadas geográficas, que se detallan en la Fig. No. 5.

Para la etapa de prefactibilidad, se delinearon 2 áreas prioritarias de estudio, que fueron denominadas como Baños de Cuenca al Suroeste de Cuenca con una distancia aproximada de 8 Km. y una superficie de 40 Km<sup>2</sup>, (Fig. 6) y la área Salado-Patamarca ubicada al Norte de Cuenca con una superficie aproximada de 30 Km<sup>2</sup> (Fig. 7).

Con relación al relieve se puede indicar que el área referencial por hallarse comprendido dentro del Callejón Interandino y ligado a la Cordillera Occidental, la zona presenta un relieve irregular, siendo más notorio en una faja que se extiende en dirección NE-SO, que coincide aproximadamente con el lado más largo de la zona de estudio, en ella aparecen elevaciones que sobrepasan los 3.000 m.s.n.m., como: Loma Shihuín, Loma Yanarumi, Loma Derrumba, etc.

Los recursos hídricos de esta zona de la Provincia del Azuay son muy abundantes y constituyen parte de la Red Hidrográfica del Río Paute de Régimen Amazónico, los ríos que bañan la zona de estudio son: el Tarquí, el Yanuncay, Matadero e Irquis, todos al unirse forman el Tomebamba, circula también por el área el Río Machangara.

#### 1.2.2.3 Actividades realizadas en el proyecto

Desde inicios del proyecto a mediados de 1981, se han realizado en el área con la colaboración de entidades nacionales y el aporte financiero externo, los siguientes estudios:

- Posibilidades de aplicación de la Geotermia de baja entalpía en la zona de Cuenca (INE 1980).
- Estudio de prefactibilidad geológica tendiente al aprovechamiento de los recursos geotérmicos de baja entalpía existentes en la zona de Cuenca (INE, UNIVERSIDAD CENTRAL, 1982).
- Geología del área referencial y prioritarias (INE 1982).
- Estudio geoquímico de las fuentes termales y minerales (INE 1982).
- Estudio hidrogeológico para el proyecto geotérmico Cuenca (INE 1987).
- Amojonamiento y planimetría de las áreas prioritarias de estudio (INE 1987).

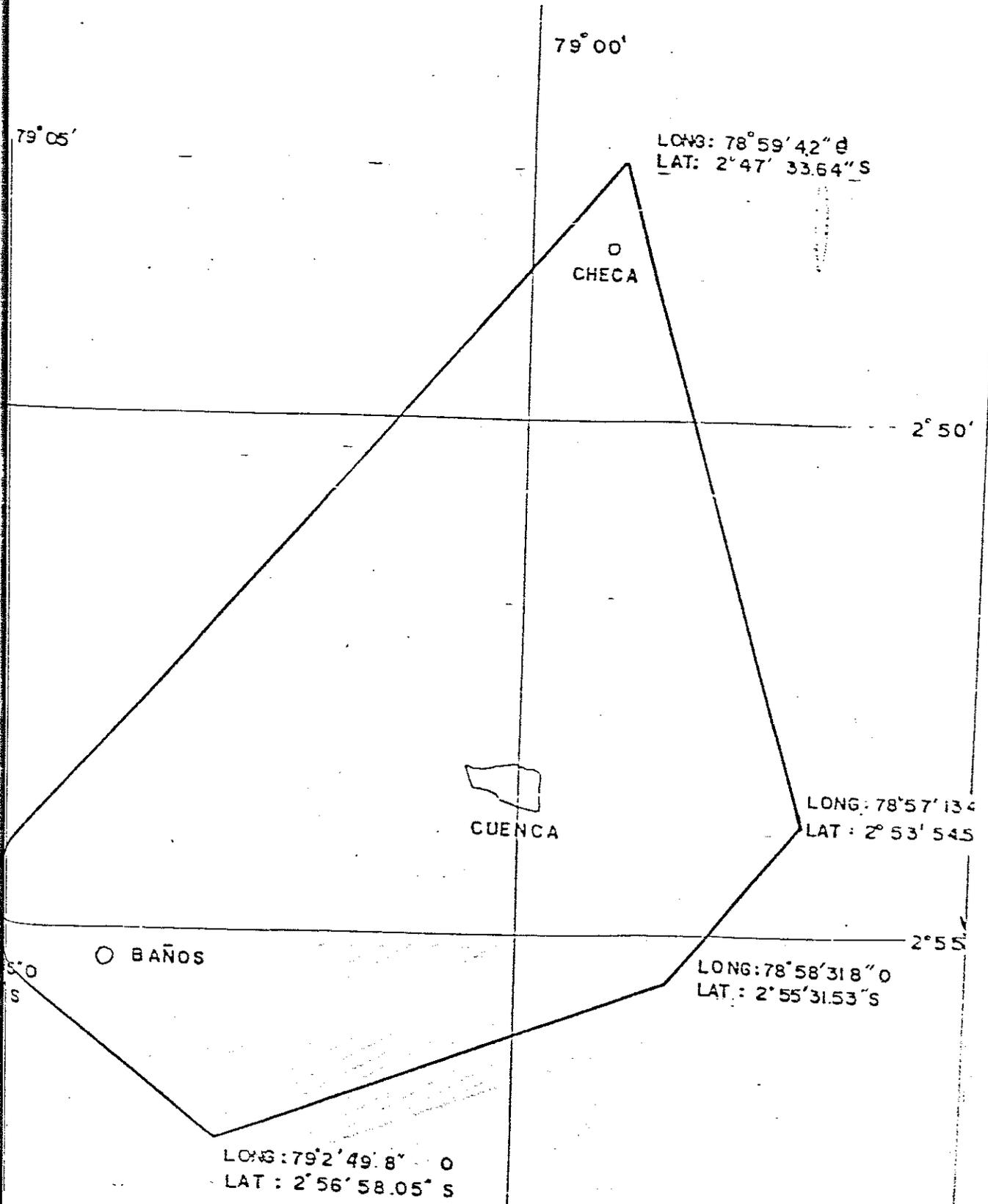


INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

FIG. No. 5

LOCALIZACION DEL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1 : 100.000



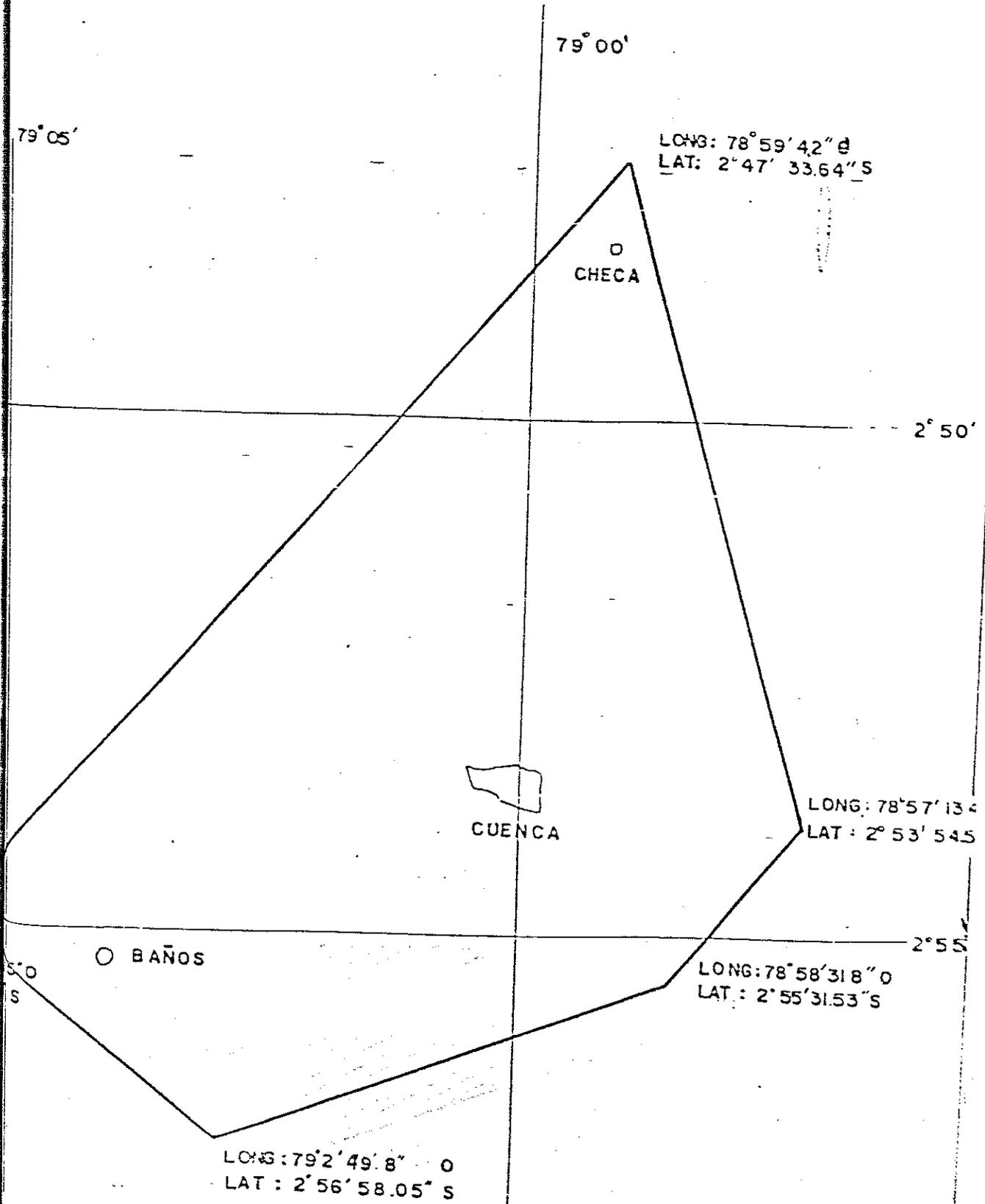


INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

FIG. No. 5

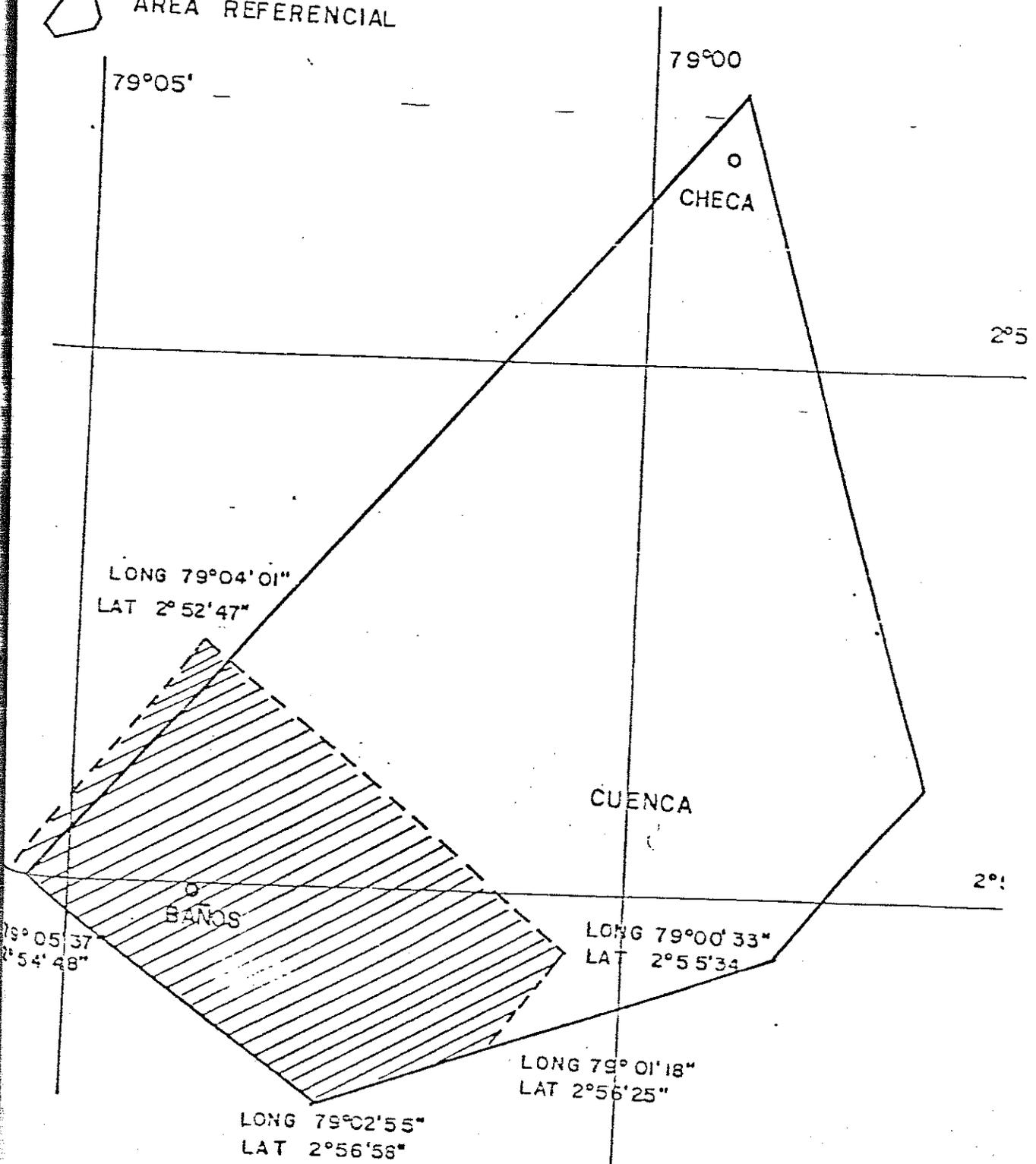
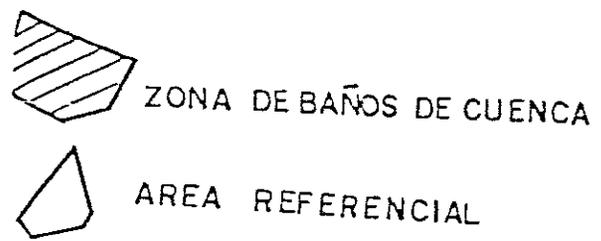
LOCALIZACION DEL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1 : 100.000



UBICACION DE LA ZONA DE BAÑOS DE CUENCA CON RELACION  
AL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1:100000



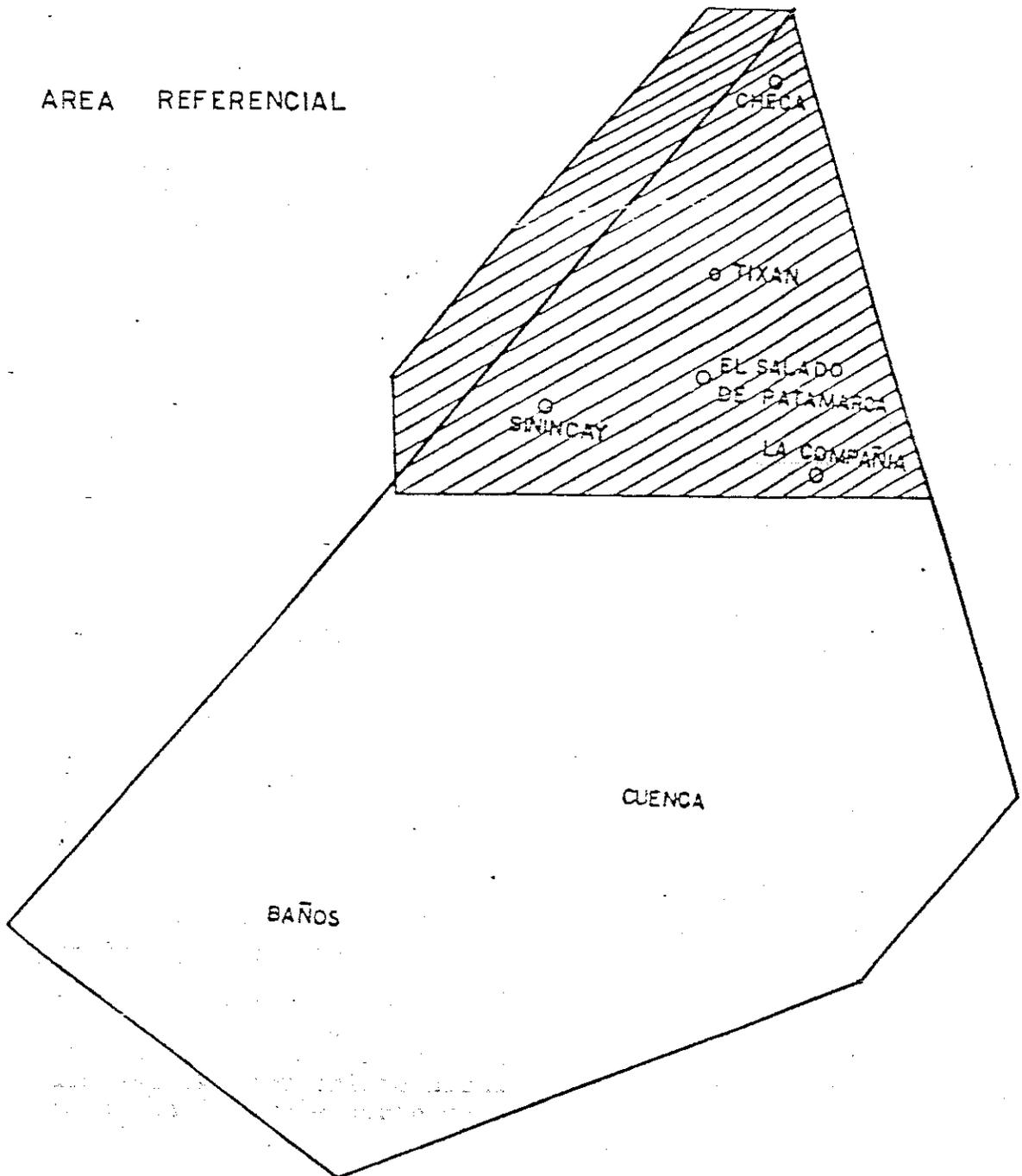
UBICACION DE LA ZONA DE PATAMARCA CON RELACION AL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1: 100,000



ZONA DE PATAMARCA

AREA REFERENCIAL



INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGIA

1.2.2.4 Resumen de los resultados actuales

Se han realizado dos estudios geológicos para el proyecto, un estudio geológico de reconocimiento escala 1:50.000 del área referencial (136 Km<sup>2</sup>.), localizada alrededor de la ciudad de Cuenca.

Por la proximidad a la ciudad de Cuenca y el carácter termomineral, Baños al Suroeste y Salado Patamarca al Norte, fueron priorizadas como zonas de estudio, por lo que se realizó un estudio geológico más detallado de estas (1:25.000).

La zona de Cuenca corresponde a una cubeta sedimentaria de 30 Km. x 25 Km. de largo, encajada entre dos ramales occidental y oriental de la Cordillera de los Andes.

Los límites de estas planicies, están rodeados por un cierto número de sitios de actividad hidrotermal actual (Fuentes de Baños de Cuenca: 74 C y Guapán 54 C) o fósil (Fuentes frías mineralizadas y depósitos de carbonato de calcio sobre los bordes este y oeste de la planicie).

Las dos preguntas mayores que se tenían al momento de iniciar los estudios eran:

- Existe o no en el subsuelo de la planicie un acuífero caliente continuo donde los recursos termales y minerales serían las evidencias.
- Puede o no esperarse encontrar un recurso geotérmico de temperatura superior a los 74 C conocidos en la superficie.

Las características estructurales mayores de este sector, consiste en el hecho de que las dos cordilleras están prácticamente en contacto la una con la otra.

El zócalo de la Cordillera Oriental está representada por dos series metamórficas (Paute), el de la Cordillera Occidental es representada por la formación Macuchi (o Piñón de la Sierra, formada de andesitas de la Fm. Yunguilla.

La cubeta sedimentaria se formó en el Mio-Plioceno y ha dado lugar enseguida a un relleno sedimentario de más de 1.000 m. de espesor en el centro de la cubeta.

Estos sedimentos han estado sometidos, luego de la orogénesis andina, a una fase de compresión que ha producido los plegamientos más importantes de eje norte-sur después a una fase de distensión por fallas normales de dirección norte-sur, sobre todo, en la parte norte de la cubeta.

INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGÍA

1.2.2.4 Resumen de los resultados actuales

Se han realizado dos estudios geológicos para el proyecto, un estudio geológico de reconocimiento escala 1:50.000 del área referencial (136 Km<sup>2</sup>.), localizada alrededor de la ciudad de Cuenca.

Por la proximidad a la ciudad de Cuenca y el carácter termomineral, Baños al Suroeste y Salado Patamarca al Norte, fueron priorizadas como zonas de estudio, por lo que se realizó un estudio geológico más detallado de estas (1:25.000).

La zona de Cuenca corresponde a una cubeta sedimentaria de 30 Km. x 25 Km. de largo, encajada entre dos ramales occidental y oriental de la Cordillera de los Andes.

Los límites de estas planicies, están rodeados por un cierto número de sitios de actividad hidrotermal actual (Fuentes de Baños de Cuenca: 74 C y Guapán 54 C) o fósil (Fuentes frías mineralizadas y depósitos de carbonato de calcio sobre los bordes este y oeste de la planicie).

Las dos preguntas mayores que se tenían al momento de iniciar los estudios eran:

- Existe o no en el subsuelo de la planicie un acuífero caliente continuo donde los recursos termales y minerales serían las evidencias.
- Puede o no esperarse encontrar un recurso geotérmico de temperatura superior a los 74 C conocidos en la superficie.

Las características estructurales mayores de este sector, consiste en el hecho de que las dos cordilleras están prácticamente en contacto la una con la otra.

El zócalo de la Cordillera Oriental está representada por dos series metamórficas (Paute), el de la Cordillera Occidental es representada por la formación Macuchi (o Piñón de la Sierra, formada de andesitas de la Fm. Yunguilla).

La cubeta sedimentaria se formó en el Mio-Plioceno y ha dado lugar enseguida a un relleno sedimentario de más de 1.000 m. de espesor en el centro de la cubeta.

Estos sedimentos han estado sometidos, luego de la orogénesis andina, a una fase de compresión que ha producido los plegamientos más importantes de eje norte-sur después a una fase de distensión por fallas normales de dirección norte-sur, sobre todo, en la parte norte de la cubeta.

**INSTITUTO  
NACIONAL  
DE ENERGÍA**

Los sedimentos postorogénicos demuestran la existencia de una fase de actividad volcánica intensa (Fm. Turi y Tarqui), cuya edad es incierta, pero probablemente muy antigua.

Tampoco ha sido posible geológicamente reconstruir la localización de los centros de emisión de estos productos volcánicos, ni el mecanismo de estas emisiones.

Las permeabilidades de las formaciones sedimentarias o volcano-sedimentarias, son en general débiles con excepción de la formación Biblian, esto explica por otra parte, la pobreza de la zona en puntos de agua, fuentes o pozos; los puntos de agua notable son aquellos asociados a las fallas que bordean a la planicie.

Por otro lado la realimentación de agua subterránea, según una estimación de OLADE, debería ser relativamente elevada ( $2.4 \times 10 \text{ exp } 11 \text{ l/año}$ ).

El estudio hidrogeoquímico de fuentes termales y minerales ha permitido demostrar que no existe similitud de parentesco mínimo entre los diferentes puntos calientes o mineralizados, lo que excluye la posibilidad de la existencia de un acuífero regional en el subsuelo de la planicie.

Este estudio ha sido realizado con mayor detalle en la zona de Baños de Cuenca, que es el área más cercana a los centros actuales de consumo de energía. En esta zona se dispone de 6 vertientes termales, en las cuales las temperaturas varían de 35 a 74 C. Las características químicas de estas fuentes, a pesar de las diferencias de temperatura son prácticamente constantes y excluyen a priori la posibilidad de un enfriamiento por mezclas y dilución con acuíferos superficiales.

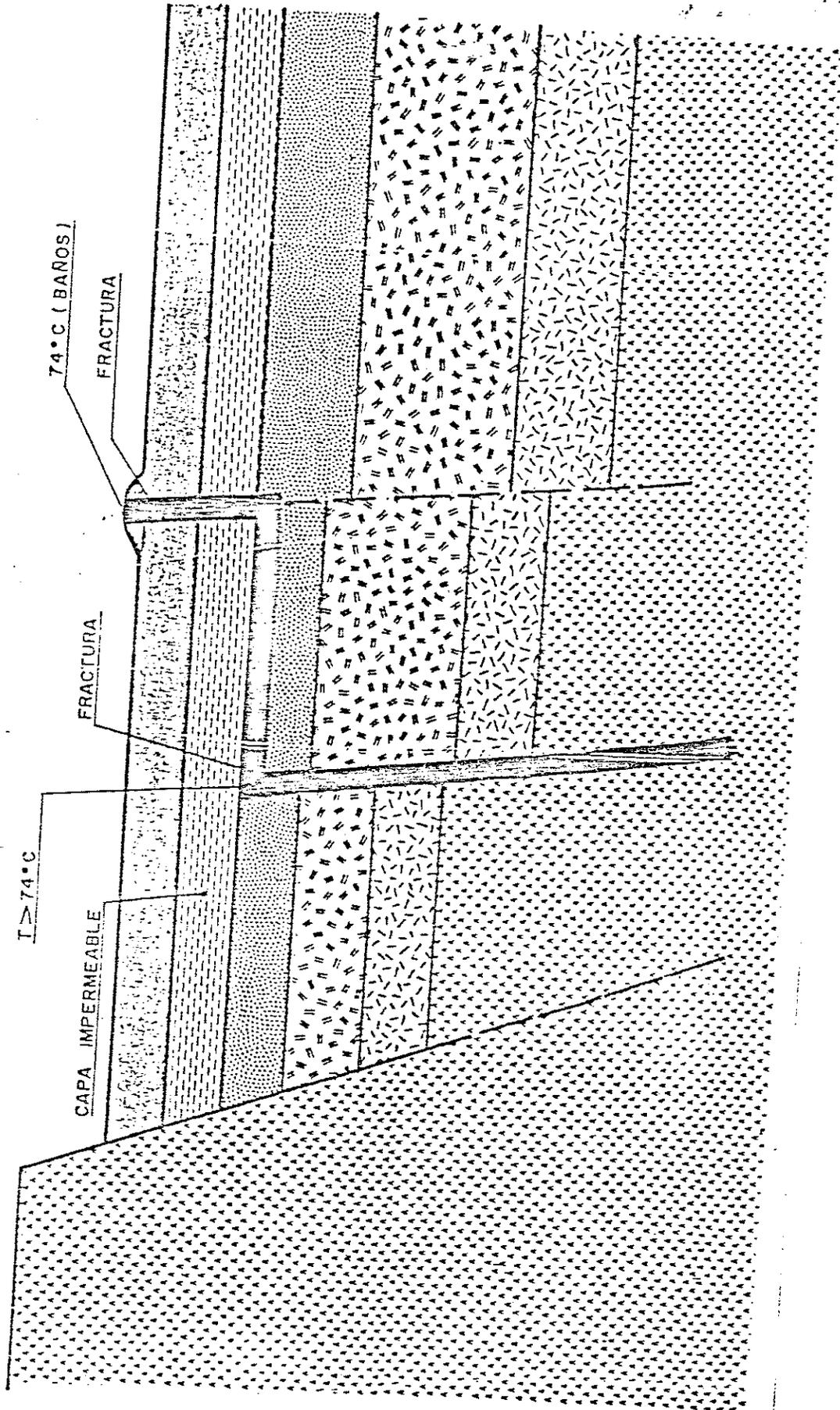
Por comparación con otras fuentes caracterizadas por un ambiente geológico más simple, ha sido posible deducir que las aguas termales de Baños adquieren su composición química por percolación al medio de una red de fracturas en el zócalo de la Cordillera Occidental (Piñón de la Sierra).

Un enfriamiento por dilución está excluido, la explicación más lógica a las diferencias de temperatura constatadas es que las aguas termales ascienden por fallas hasta encontrar un obstáculo (nivel impermeable y plástico) que le imponen un encaminamiento horizontal relativamente importante antes de emerger a la superficie (ver figura 8), lo que implicaría un enfriamiento por conducción hacia los terrenos encajados.

La química de estas aguas ha permitido una estimación de sus temperaturas antes de su enfriamiento, los valores en cuestión son de 92 a 130 C, si este conjunto de hipótesis se demuestra exacto y se comprueba con la geofísica, el objetivo de los



FIG. No. 8





trabajos posteriores podría ser resumido por la figura 8; el agua termal en el curso de su ascenso, toma un trayecto en forma de bayoneta.

El enfriamiento se opera en la parte horizontal de este trayecto, por lo que el objetivo de la perforación consistiría en captar estas aguas, recortando la parte superior de la falla principal, antes que se de el enfriamiento.

Con relación a la demanda potencial de calor el INE realizó un estudio sobre las posibilidades de aplicación de la Geotermia en la zona de Cuenca, este estudio partió de una serie de encuestas en el sector industrial de la zona, con el fin de cuantificar el consumo de calor, en base a la potencia teórica de los calderos y los datos facturados como el consumo mensual de combustibles; los cálculos se realizaron industria por industria, llegando a determinarse el consumo de agua caliente y/o vapor.

Existen industrias que generan agua caliente directamente, y otras que generan vapor que es utilizado directamente o para calentamiento de agua, de aire o de productos mediante intercambiadores.

En la zona se determinó 29 industrias que consumen vapor y agua caliente, se debe suponer que todas las industrias que consumen vapor y agua caliente, en sus diferentes procesos de fabricación lo hacen ha diferentes temperaturas, de ahí la idea de utilizar energía proveniente del fluido geotérmico.

Para las industrias de Cuenca se ha cuantificado un aporte teórico de la Geotermia de unos 2.000 TEP al año.

### 1.3 Definición de proyectos de utilización del recurso

El INE desde el inicio de la investigación geotérmica a través de los dos proyectos mencionados, se planteó utilizar el recurso geotérmico en usos directos o no eléctricos dirigidos al sector industrial.

Es así como justamente los dos proyectos se escogieron por la coincidencia de requerimiento de oferta y demanda; esto es oferta porque existen evidencias termales superficiales y demanda por la presencia de parques industriales.

En el caso del proyecto "Valle de los Chillos" existen muchas industrias ubicadas dentro del área de influencia del proyecto concretamente en los sitios donde aparecen las anomalías térmicas; por lo tanto son las industrias potenciales consumidoras de la energía proveniente del fluido geotérmico, en



# INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA

éstas industrias habrá que realizar ciertos cambios en su estructura que se adapten al nuevo energético, dependiendo de la temperatura y volumen del fluido.

Igualmente se debe indicar que existen un gran número de industrias enclavadas en la ciudad de Quito, las mismas que en algún momento deben salir de la ciudad por el peligro que éstas acarrearán; esta es una oportunidad que una vez que se determine la presencia del recurso se pueda trasladar algunas de las industrias de Quito hacia el Valle de los Chillos logrando un menor costo en el proceso de adaptación e instalación de las nuevas industrias.

Similares condiciones presenta el proyecto "Cuenca" en donde el parque industrial se ubica a unos 6 Km. del área de estudio.

A través de un estudio realizado en el INE se determinó una gran demanda de energía térmica en el sector industrial del país, esta determinación se realizó en base a un encuestamiento efectuado en industrias de 13 provincias del país.

Igualmente se contempla realizar un estudio de usos directos de la energía geotérmica en el Ecuador, que tiene como objetivo identificar aplicaciones no eléctricas potenciales de la energía geotérmica existentes en la industria, agricultura, acuicultura y otros; con una estimación preliminar de la factibilidad económica y financiera.

## 1.4 Fuente de Financiamiento

Los estudios antes mencionados correspondientes al proyecto geotérmico "Valle de los Chillos" ha contado con el auspicio financiero de la Agencia Interamericana de Desarrollo (AID); de la Comunidad Económica Europea (CCE), del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA); el aporte externo ha sido en recursos económicos, en expertos y capacitación; este aporte se podría cuantificar en un 60% correspondiendo el 40% restante a aporte local.

Como se sabe el proyecto "Valle de los Chillos" está pasando a la etapa de factibilidad, es decir a la fase de comprobación de existencia del recurso a través de la perforación de pozos de multipropósito, actividad que al momento se presenta relativamente costosa y dado que el país al momento atraviesa por una grave crisis económica, se ha planteado al Gobierno de Italia se financie esta etapa crítica del proyecto.

Igualmente se debe señalar que para el proyecto "Cuenca" las actividades realizadas han sido con el financiamiento local en un 80% y 20% aporte exterior de AID y la Comunidad Económica Europea (CCE).



# INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA

## 1.5 Problemas encontrados y soluciones

Por ser los proyectos de media y baja entalpía que desarrolla el INE un primer intento por utilizar este recurso en forma directa o utilización no eléctrica, han sido múltiples los problemas que se han suscitado en todo el desarrollo de los mismos, pero básicamente se puede identificar 2 tipos de problemas, el uno demoras en la consecución de financiamiento para los diferentes estudios geocientíficos, demoras de tipo administrativos y otro problema ha sido convencer a las autoridades locales que la utilización del recurso va a ser benéfico para el país desde el punto de vista de sustitución y o complementación de recursos energéticos convencionales.

## 2. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS CINCO AÑOS

### 2.1 Características y resultados esperados

El INE tiene previsto para los próximos 5 años concluir con uno de los dos proyectos y cumplir así con los objetivos iniciales propuestos.

#### 2.1.1 Proyecto "Valle de los Chillos"

Independientemente del financiamiento, en el proyecto geotérmico "Valle de los Chillos" se ha planteado realizar los siguientes estudios para las siguientes etapas.

##### 2.1.1.1 Etapas de Factibilidad

- Reevaluación técnica económica del proyecto.
- Perforación de por lo menos 2 pozos de multipropósito.
- Pruebas y evaluación del campo.
- Perforación de pozos de producción y desarrollo.
- Estudios de factibilidad de adaptación de las industrias actuales o nuevas que van a consumir energía geotérmica.

##### 2.1.1.2 Etapas de Desarrollo

Una vez determinado cuantitativamente y cualitativamente la presencia del recurso geotérmico se procederá con la siguiente etapa, esto es la instalación y desarrollo del campo con los siguientes trabajos:



# INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA

- Instalación de las redes de distribución del fluido.
- Adaptación de equipos a las industrias.
- Eventualmente instalación de nuevas industrias.

## 2.1.1.3 Etapa de operación y mantenimiento

Esta etapa está contemplada como la última del proyecto la misma que contiene los siguientes puntos:

- Operación y funcionamiento del nuevo sistema.
- Administración y mantenimiento del proyecto.
- Seguimiento del proyecto.

## 2.1.2 Proyecto Geotérmico "Cuenca"

En el proyecto geotérmico "Cuenca" se ha planteado realizar un estudio geológico-estructural un estudio geofísico con el fin de definir el modelo geotérmico de la zona, y un estudio técnico-económico de prefactibilidad de adaptación de las industrias actuales como parte final de la etapa de prefactibilidad.

El proyecto por tener los mismos objetivos que el del "Valle de los Chillos" continuará con las siguientes etapas enunciadas en el punto anterior.

## 2.1.3 Otras Actividades

Como actividades complementarias a los dos proyectos y tratando de avanzar en la investigación y desarrollo de la energía geotérmica en el país, el INE se ha planteado realizar algunos estudios como son: elaboración de un inventario geotérmico con banco de datos, una evaluación del potencial geotérmico del país, establecer un marco legal para el desarrollo de esta fuente energética en el Ecuador y plantear otros proyectos de utilización directa dirigidos a la agricultura (invernaderos, secadores, etc.) y acuicultura (cultivo de peces).

## 2.2 Probables fuentes de financiamiento

Para el proyecto geotérmico "Valle de los Chillos" se espera obtener financiamiento de parte del Gobierno de Italia, otra parte se financiará con recursos locales.



# INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA

El proyecto geotérmico "Cuenca" igualmente se espera interesar a alguna entidad crediticia internacional.

Adicionalmente se espera un apoyo de OLADE para obtener cooperación horizontal de otros países más desarrollados en este campo.

## 3. RECURSOS HUMANOS

### 3.1 Requerimientos de capacitación

El país requiere una transferencia tecnológica adecuada en todas las etapas de un proyecto geotérmico de media y baja entalpía cuyos objetivos finales sean usos eléctricos y no eléctricos, a través de cursos cortos de capacitación, se debe aprovechar experiencias de países desarrollados que ya están utilizando el recurso geotérmico como una alternativa energética.

Las áreas en las que se requiere capacitación son:

#### ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

- Vulcanología
- Geoquímica
- Geoquímica Isotópica
- Geofísica

#### ETAPA DE FACTIBILIDAD

- Perforación
- Ingeniería de reservorios
- Evaluación técnica-económica de proyectos
- Usos directos de energía geotérmica

#### ETAPA DE DISEÑO

- Diseño e instalación de sistemas de distribución.
- Instalación de sistemas de utilización en la industria, agroindustria, psicultura, etc.
- Intercambiadores de calor y bombas de calor.



ETAPA DE MANTENIMIENTO Y OPERACION

- Manejo y dirección de proyectos geotérmicos.
- Operación y mantenimiento de proyectos, etc.

La transferencia tecnológica puede ser a través de cursos cortos y/o de pasantías de técnicos locales en países de la región con un mayor desarrollo geotérmico.