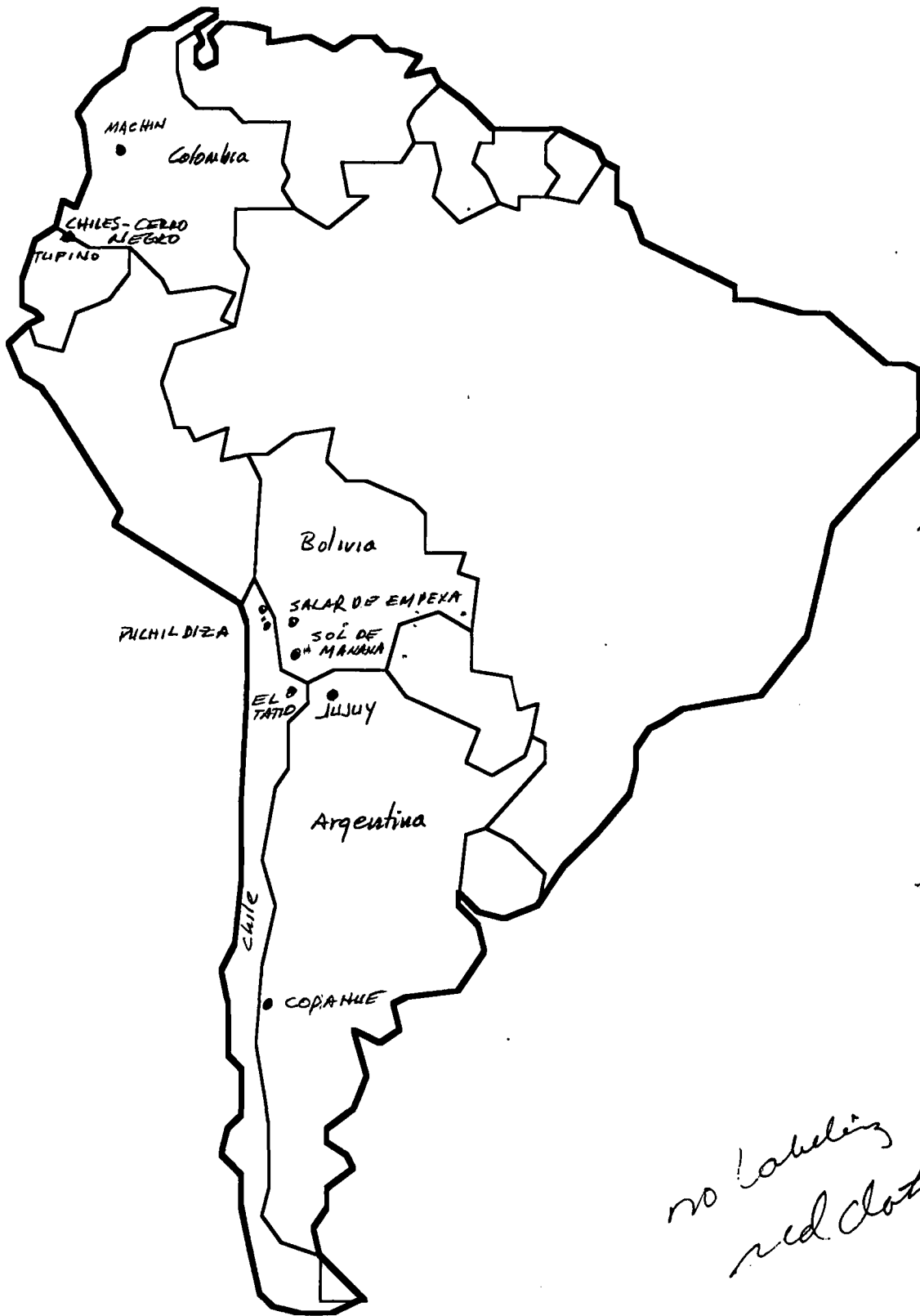


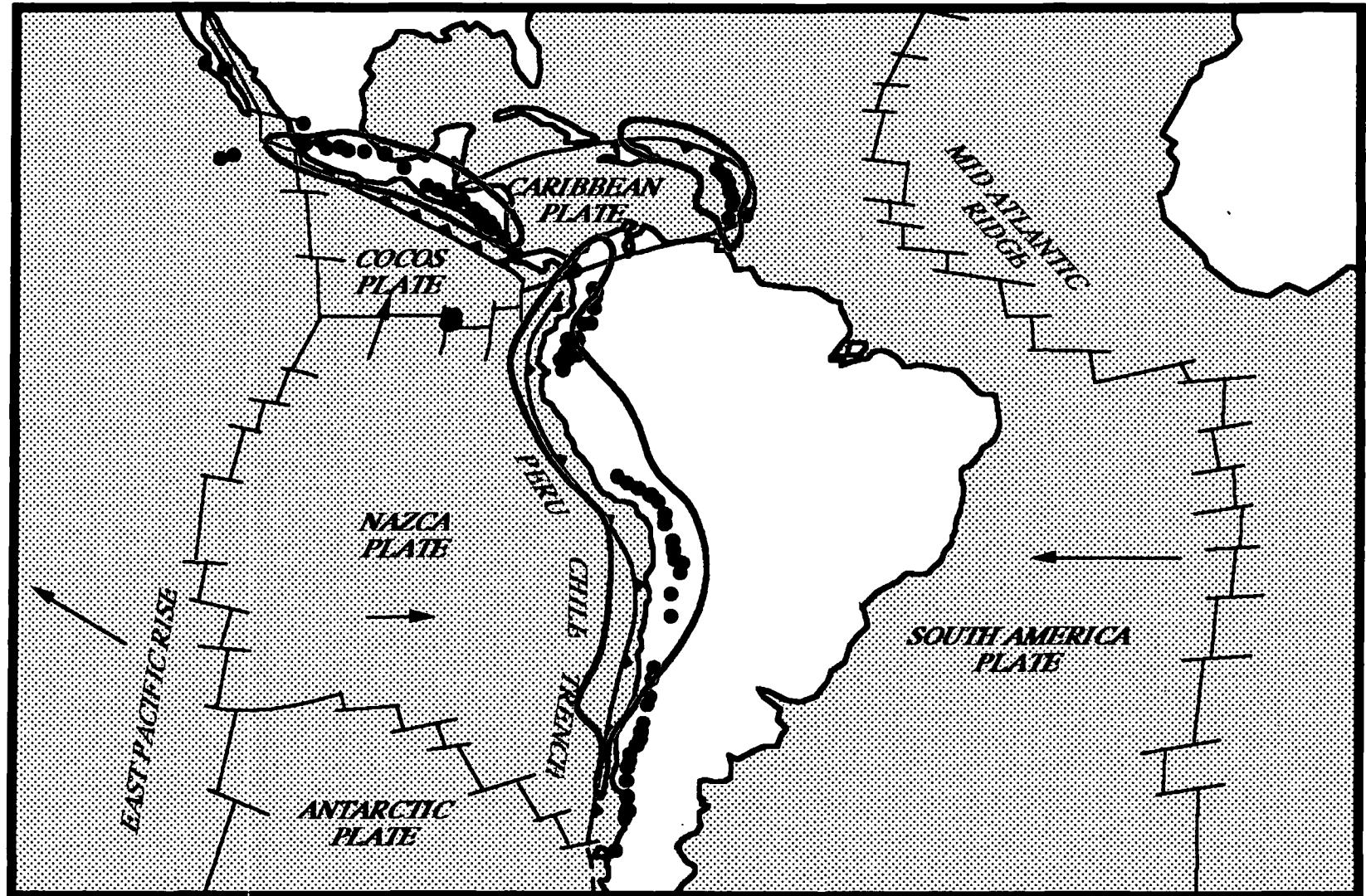
South America



*no labels
red dots*

GLD1491

ACTIVE VOLCANOES





ACTIVE VOLCANOES

FOCUS ON

DRAFT

ARGENTINA

A GEOTHERMAL INTERNATIONAL SERIES

SPONSORED BY:

**U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
GEOTHERMAL TECHNOLOGY DIVISION (GTD)**

PREPARED FOR:

**LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY
UNDER CONTRACT No. 9-X36-3652C**

PREPARED BY:

**MERIDIAN CORPORATION
4300 KING STREET, SUITE 400
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22302-1508
(703) 998-3600**

PREFACE

The *Focus on Series* is prepared to give the U.S. Geothermal Industry a quick profile of several foreign countries. The countries depicted were chosen for both their promising geothermal resources and for their various stages of geothermal development, which can translate into opportunities for the U.S. geothermal industry. The series presents condensed statistics and information regarding each country's population, economic growth and energy balance with special emphasis on the country's geothermal resources, stage of geothermal development and most recent activities or key players in geothermal development. The series also offers an extensive list of references and key contacts, both in the U.S. and in the target country, which can be used to obtain detailed information.

The series is available for the following countries: Argentina, Azores (Portugal), China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Ethiopia, Guatemala, Honduras, Indonesia, Jordan, Mexico, St. Lucia, Thailand.

Additional countries might be available in the future.

The series is to be used in conjunction with four other publications specifically designed to assist the U.S. geothermal industry in identifying and taking advantage of geothermal activities and opportunities abroad, namely:

- The "*Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities.*" Final Report, August 1987. Prepared for Los Alamos National Laboratory.
- The "*Summary Report*" of the above publication.
- "*Equipment and Services for Worldwide Applications,*" U.S. Department of Energy.
- The "*Listing of U.S. Companies that Supply Goods and Services for Geothermal Explorers, Developers and Producers Internationally,*" August 1987, prepared by GRC.

Copies of these publications can be obtained from the Geothermal Technology Division of the U.S. Department of Energy. Correspondence should be addressed to:

Dr. John E. Mock
Geothermal Technology Division (GTD)
1000 Independence Avenue
U.S. Department of Energy
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

CONTENTS	PAGE
Focus on Argentina	1
Geothermal Resources	3
References and Key Contacts	
A. Business Climate Sources of Information	6
B. Geothermal-related Sources of Information	7
C. Key Contacts	8

FOCUS ON

ARGENTINA

Official Name: Republic of Argentina

Area: 2,771,300 Sq. Km (1.1 million sq. mi.)

Capital: Buenos Aires

Population (1985): 30.5 million

Population Growth Rate: 1.5%

Languages: Spanish (official), English,
Italian, German, French

Economic Indicators:

Real GDP (1985): \$65.4 billion

Real Annual Growth Rate (1985): -4.4%

Per Capita Income (1985): \$2,140

Avg. Inflation Rate (1985): 28%

Trade and Balance of Payments:

(1985) Exports: \$8.4 billion;

Major Markets: USSR, U.S., Brazil, European
Community

(1985) Imports: \$4.1 billion;

(Dec. 31, 1986) Official Exchange Rate: 1 Austral= US \$1.255

Energy Profile: (Based on 1982 data unless otherwise indicated)

- Commercial Fuel Energy Consumption:

Total: 36.348 million ton of oil equivalent (mtoe)
1-yr growth: 2.9%

- Commercial Fuel Breakdown:

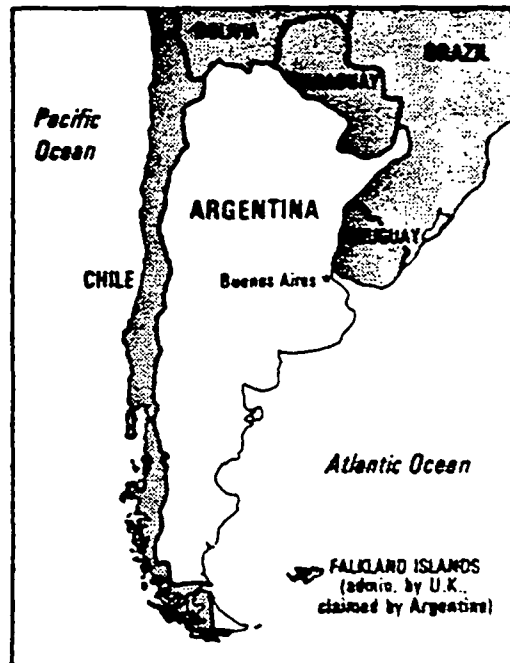
Liquid Fuels Pct: 67%

Solid Fuel Pct: *

Natural Gas Pct: 6%

Electric Pct: 20%

Commercial Fuel Consumption Growth Rate (1970-1980): 3.6%

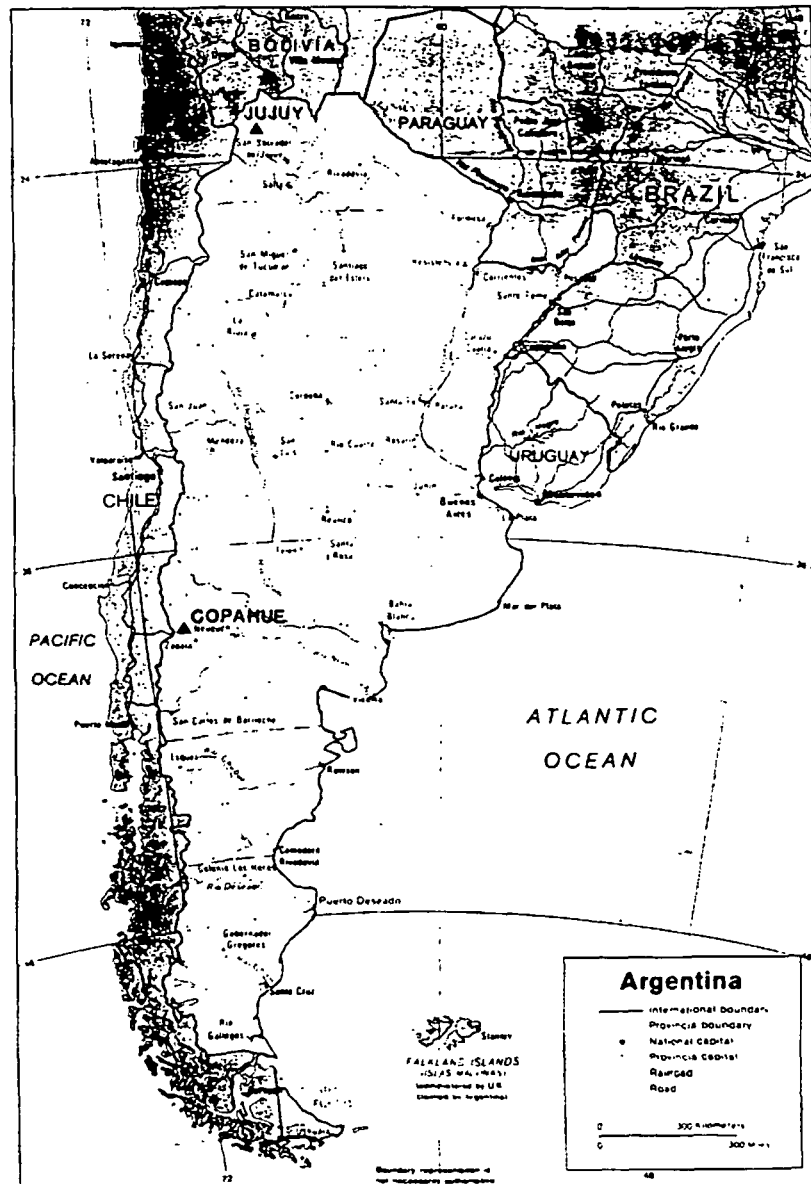


* Not available

GEOHERMAL RESOURCES

Argentina's geothermal resources are in many stages of geothermal development. The highest level of development, thus far, is the proven geothermal fields that have not been financed for production.

Geothermal fields have been identified at Copahue in the Neuquen district of the Patagonia region (Western-central Andes Mountains) and at Jujuy near the Bolivian border. Preliminary studies have been completed at Copahue and, following a UNDP mission in February of 1983, the funds for the drilling of an exploratory well were appropriated. The successful exploratory well displayed high temperatures around 230°C. The well produced 4.4 Kg/s of saturated steam, enough to drive a 2.5 MWe condensing turbine. The field power potential may be in excess of 50 MWe. The Copahue project will be presented to the Inter-American Development Bank for financing. The project entails deep drilling and continued studies to complete the feasibility assessment for the country's first geothermal power plant.



**REFERENCES
AND
KEY CONTACTS**

B. Geothermal-Related Sources of Information

The following reports and documents are suggested for further information regarding geothermal energy and export opportunities overseas:

Los Alamos National Laboratory:

- Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities

U.S. Department of Energy

- Equipment and Services for Worldwide Applications
- Guide to the International Development and Funding Institutions for the U.S. Renewable Energy Industry
- Federal Export Assistance Programs Applicable to the U.S. Renewable Energy Industry
- International Data Base for the U.S. Renewable Energy Industry
- Committee on Renewable Energy Commerce and Trade: CORECT's Second Year - October 1985-November 1986

California Energy Commission (CEC)

- Foreign Geothermal Energy Market Analysis
- Small Scale Electric Systems Using Geothermal Energy: A Guide to Development

U.S. Department of Commerce - International Trade Administration

- A Competitive Assessment of the U.S. Renewable Energy Equipment Industry

U.S. Export Council for Renewable Energy

- International Renewable Energy Industry Trade Policy

- Bureau for Latin America/Caribbean

Mr. Terrence Brown
Director, Office of Development Resources
Bureau for Latin America and the Caribbean
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-9149

- Publications

Ms. Dolores Weiss
Director, Office of Publications
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-4330

U.S. Department of Commerce/International Trade Administration

- Office of International Major Projects

Mr. Leo E. Engleson
Office of International Major Projects
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2732

- Foreign Industry Sector

Mr. Les Garden
International Trade Specialist for Renewable Energy Equipment
Office of General Industrial Machinery
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-0556

- International Economic Policy

Mr. Peter B. Field
Director, Office of South America
Office of International Economic Policy
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2436

- Office of Trade Promotion

Mr. Saul Padwo
Director, Office of South America
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-1468

Export-Import Bank

- International Lending

Mr. James R. Sharpe
Senior Vice President, International Lending
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8187

- Latin America Division

Mr. Richard D. Crafton
Vice President, Latin America Division
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8943

Geothermal Resources Council

Mr. David N. Anderson
111 Q Street, Suite 29
P.O. Box 1350
Davis, CA 95617-1350
(916) 758-2360

Inter-American Development Bank

Mr. Gustavo Calderon
Chief
Non-Conventional Energy Section
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-1978

Mr. Calvin DePass
Macroeconomist
Division of Country Studies
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-2441

International Trade Commission

Office of Publications
701 E Street, NW
International Trade Commission
Washington, DC 20436
(202) 523-5178

Small Business Administration

Mr. Michael E. Deegan
Director, Office of International Trade
U.S. Small Business Administration
1441 L Street, NW, Room 100
Washington, DC 20416
(202) 653-7794

Trade and Development Program

- Latin America and Central America

Mr. Joe J. Sconce
Regional Director
320-21st Street, NW
Washington, DC 20523
(703) 235-3657

United Nations

- United Nations Development Program

Mr. A. Bruce Harland
Director
UNDP Energy Office
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 906-6090

- United Nations Department of Technical Cooperation
for Development

Mr. Edmund K. Leo
Chief
Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8773

Mr. Nicky Beredjick
Director
National Resources and Energy Division
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8764

Mr. Mario Di Paola
Technical Adviser on Geothermal Energy
Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8596

Mr. Alain Thys
Division Chief, CD IV
Infrastructure and Energy Operations Division
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-0001

Mr. Everardo C. Wessels
Technical Director
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-1051

Mr. Miguel E. Martinez
Technical Adviser
Infrastructure and Energy Division
Latin American and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 477-2185

- Public Affairs Office

The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC
(202) 477-1234

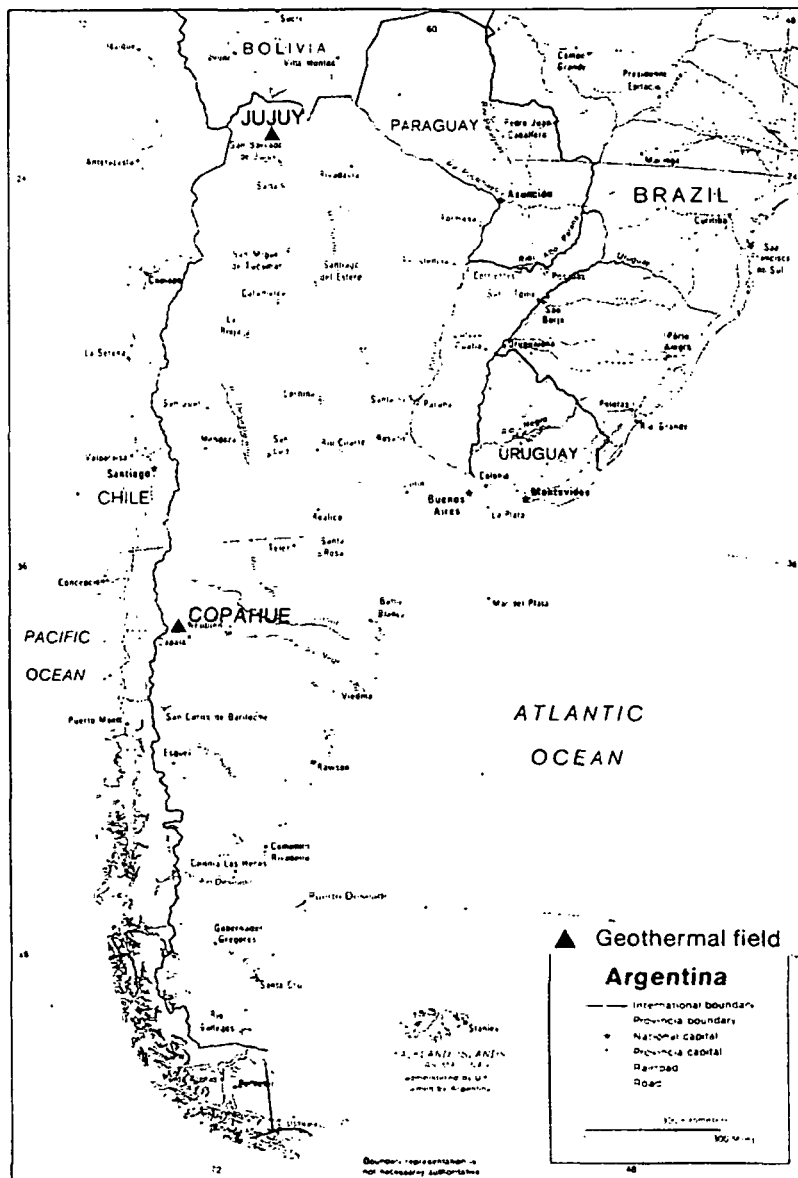
- Publications

Development Business
P.O. Box 5850
Grand Central Station
New York, NY 10163-5850
(212) 754-4460

ARGENTINA

Argentina's geothermal resources are in many stages of geothermal development. The highest level of development, thus far, is the proven geothermal fields that have not been financed for production.

Geothermal fields have been identified at Copahue in the Neuquen district of the Patagonia region and at Jujuy near the Bolivian border. Preliminary studies have been completed at Copahue, and in February of 1983 the funds for the drilling of an exploratory well were appropriated. The successful exploratory well displayed high temperatures around 230°C. The well produced 4.4 kg/s of saturated steam, enough to drive a 2.5 MWe condensing turbine. The field power potential may be in excess of 50 MWe. The Copahue project will be presented to the Inter-American Development Bank for financing. The project entails deep drilling and continued studies to complete the feasibility assessment for the country's first geothermal power plant.

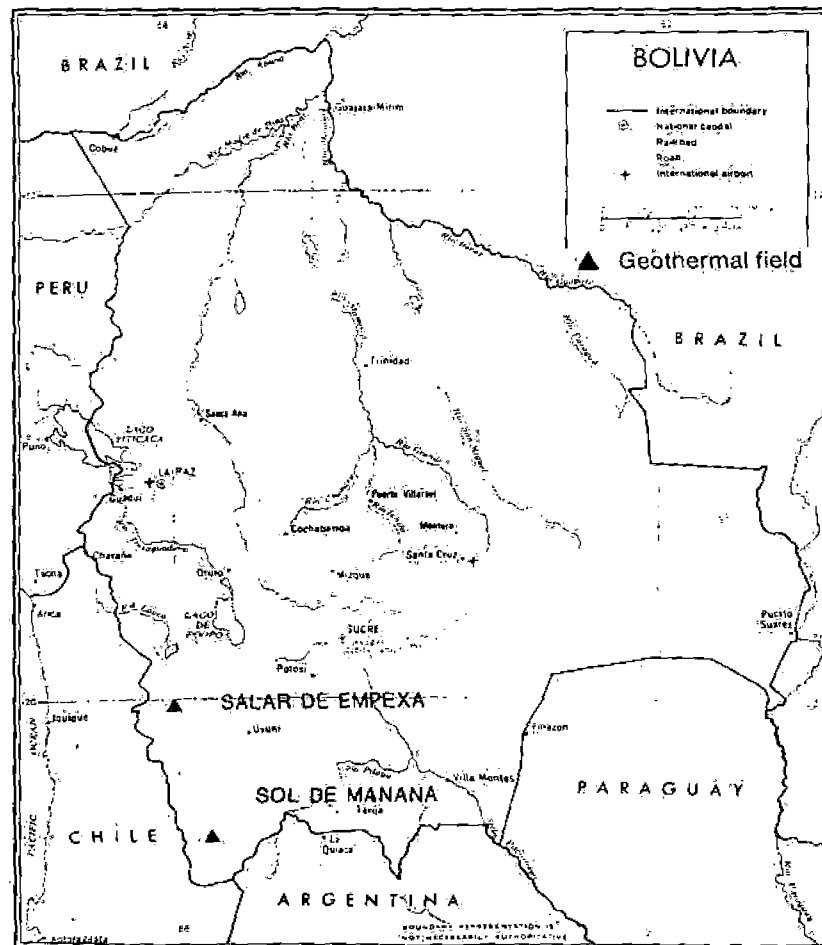


BOLIVIA

A nationwide inventory and assessment of Bolivia's hot springs, thermal areas, and other surface thermal expressions began in 1976. Since then, a total of 42 thermal features have been identified within the southwestern region of the country. The most favorable areas observed are located within the Empexa River Valley (Salar de Empexa) and Laguna Colorada (Sol de Manana field).

The early studies showed that the most valuable geothermal prospects were situated adjacent to the Chilean border in the province known as the Western Cordillera, and were related to recent volcanic activity. Other attractive areas for future prospecting were identified within the Highlands (Altiplano Basin) and in the Eastern Cordillera.

The 1976 assessment was funded as part of the United Nations Development Program (UNDP), and carried out under the direction of Bolivia's National Electric Power Company (ENDE). Prefeasibility studies within the Empexa River Valley (Solar de Empexa) and at Laguna Colorada were completed in 1978-79. The investigations included geoscience studies, remote sensing techniques, and thermal gradient drilling.

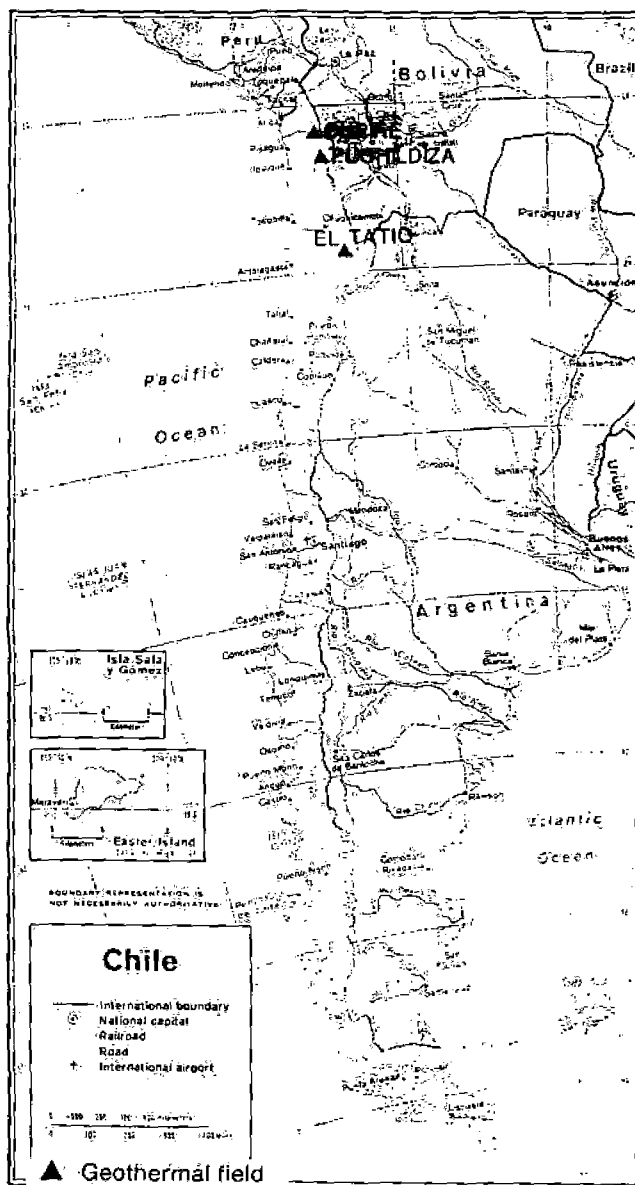


CHILE

The full extent of Chile lies east of the Peru-Chile Trench, explaining the great amount of tectonic and thermal activity in the country. Though often inaccessible due to the Andes Cordillera, the geothermal potential is high.

Systematic exploration of Chile's geothermal resources began in 1968 as a result of an agreement signed between the United Nations Development Program (UNDP) and the Chilean government. The assessment of the country's geothermal resources was done by the Chilean owned company, Production Development Corporation (CORFO).

Initially, reconnaissance exploration was performed and preliminary geoscience studies were undertaken at selected areas in northern Chile. As a result of this program, favorable areas for additional studies were identified and prioritized on the basis of resource potential. The El Tatio area was recognized as the most valuable area and thereby given high priority for future work. Detailed studies including geology, geochemistry, shallow thermal studies, and electromagnetic surveys were carried out at El Tatio and Puchildiza. Preliminary geoscience investigations were also performed at Surire and Pampa Lirima.



COLOMBIA

Colombia is located in a fault zone close to where the Peru-Chile Trench and the Middle American Trench meet. Western Colombia is traversed by three cordilleras of the Andean mountain system. A few warm thermal springs are located around Bogota and in the southwest corner of the country.

In 1968, an agreement was made between ENEL (Italy) and the Caldas Hydroelectric Station (CHEC) to perform a preliminary assessment of the geothermal resource potential of a 15,000 km² region of Colombia. The region is known as the Volcanic Massif Del Ruiz and extends southward from the department of Antioquia between the Magdalena and Cauca Rivers.

By 1978, smaller areas within the study region had been identified for more detailed exploration. Area exploration was begun with the cooperation of ENEL, the Colombia Institute of Electricity (ICEL), and CHEC. Partial funding was provided by the Development Project Fund (FONADE). A Colombian consulting group (CONTECOL) was contracted to perform much of the work. Geological,

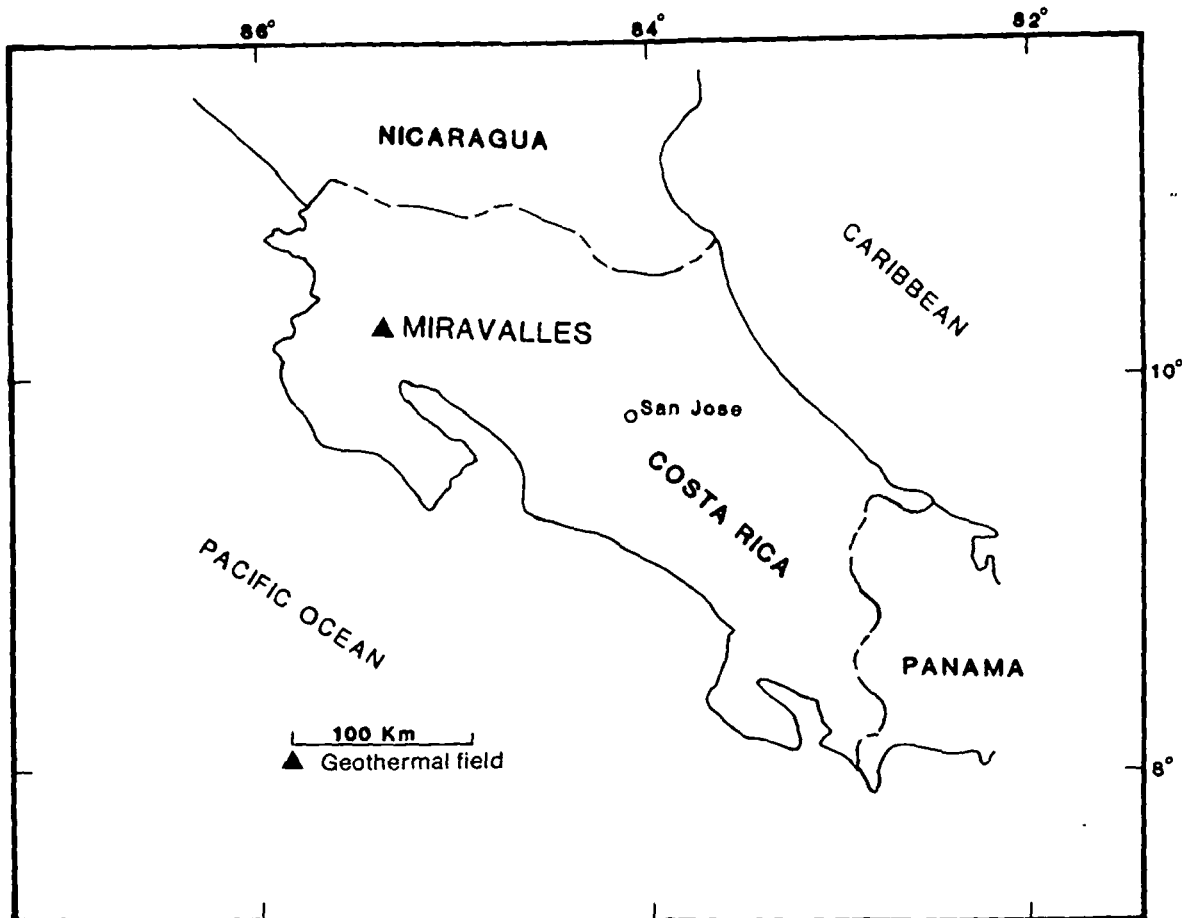


COSTA RICA

As a product of the subduction of the Cocos plate beneath the Caribbean plate, Costa Rica is a volcanically active region. Hot springs are very prevalent in the central part of the country.

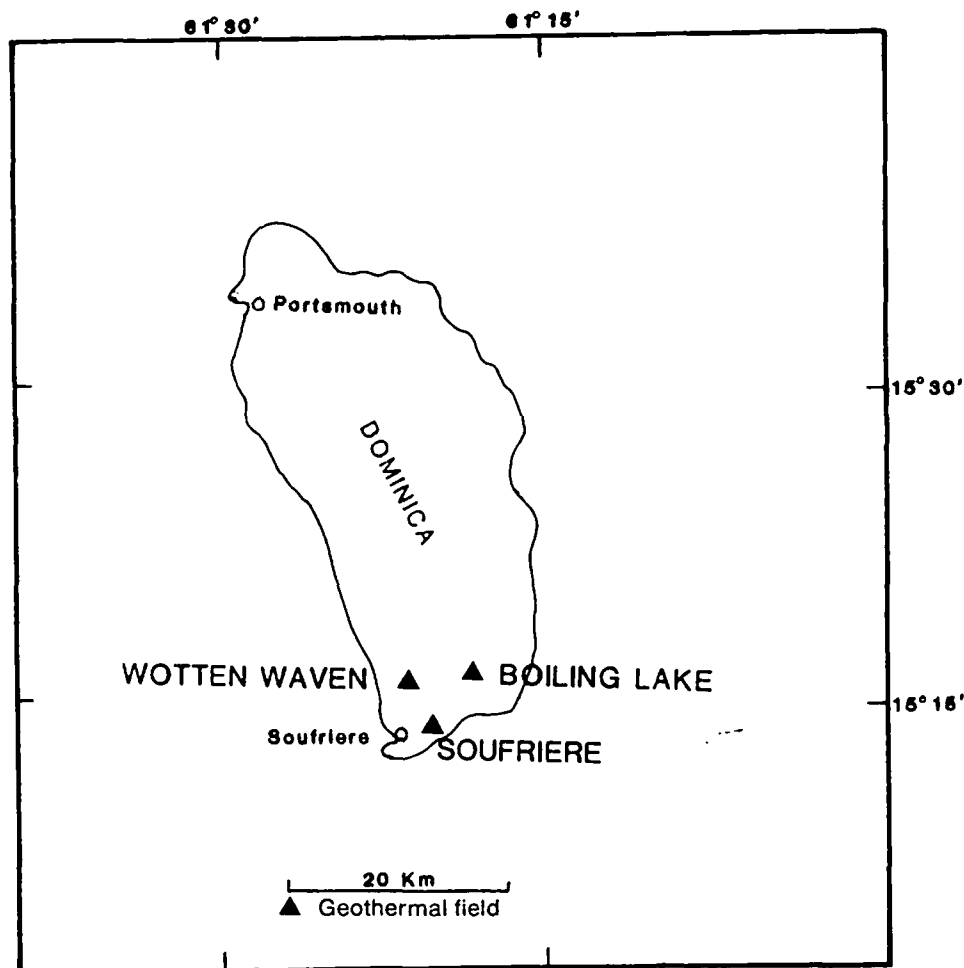
Geothermal energy has been of interest in Costa Rica since 1959, when preliminary nationwide inventories of thermal manifestations were made. Subsequent visits by United Nations geothermal experts indicated the importance of detailed exploration in the thermal areas of the volcanic Guanacaste Range. Between 1964 and 1974, however, no specific effort was made toward geothermal development.

Interest in geothermal development was renewed in 1975 and a regional assessment was begun in the area surrounding the Miravalles, Ricon de la Vieja, and Santa Maria volcanoes. Based on a prefeasibility study funded with IDB assistance, Miravalles was targeted as the most promising area.



DOMINICA

Dominica, one of the largest islands of the volcanically active Lesser Antilles island arc, is located within the Caribbean plate. Dominica is a good prospect for high temperature geothermal resources. In 1982-83, the French Bureau de Recherches Geologiques et Minieres conducted a prefeasibility study of the Soufriere, Wotten Waven, and Boiling lake prospects. The effort included volcano logic, geochemical, and geophysical studies and resulted in the selection of Wotten Waven as the zone of priority. According to DiPippo (1985), 10 to 15 gradient wells have reportedly been drilled at Soufriere and Wotten Waven. Each of these sites may have a geothermal potential in the range of 50 to 100 MWe.



Bibliography:

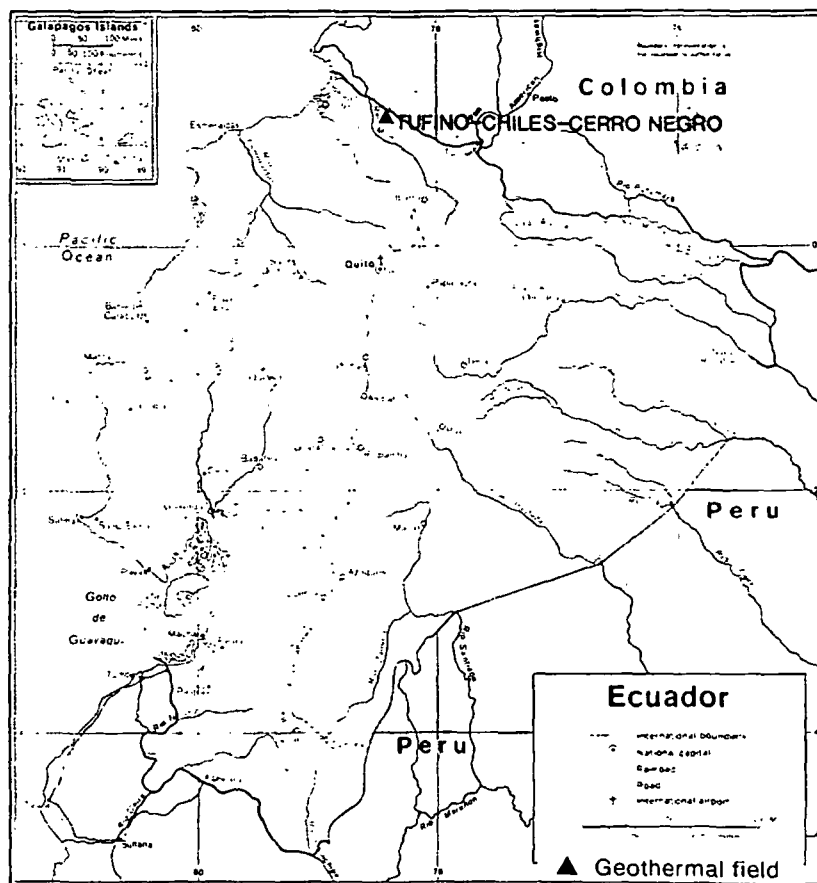
Demange, J., Iundt, F., and Puvilland, P., 1985, "Geothermal Field Model of Wotten Waven, Island of Dominica, lesser Antilles," Geothermal Resources Council Transactions, Volume 9, Part 1, pp. 409-415.

ECUADOR

Ecuador is located along the equator between Columbia and Peru in South America. Volcanic activity is prevalent in central Ecuador, where over 40 hot springs are located in the Andes Mountains.

The Ecuadoran Institute of Electrification (INECEL) began the first assessment of the geothermal resources of Ecuador in 1978. Reconnaissance investigations were carried out nationwide jointly by INECEL and OLADE technicians. From these initial studies, which were completed in 1980, potential high-enthalpy geothermal areas were selected and prioritized based on the results of hydrologic studies and water chemistry, and spacial relationship with recent volcanic rocks. Three areas were eventually classified as high priority areas.

As a result of the reconnaissance investigations, the Tufino-Chiles area of Ecuador was identified as having the greatest geothermal potential. In 1981, INECEL began prefeasibility studies in the Tufino geothermal area, located along the Colombia-Ecuador border in the Western Andean Cordillera. The border between the two nations passes through the peaks of two volcanic centers (Chiles in Ecuador and Cerro Negro in Colombia) dividing the area in two. The Tufino area is characterized by pervasive hydrothermal alteration and wide-spread distribution of young volcanic rocks (less than 35,000 years old). A small phreatic explosion crater is also present.



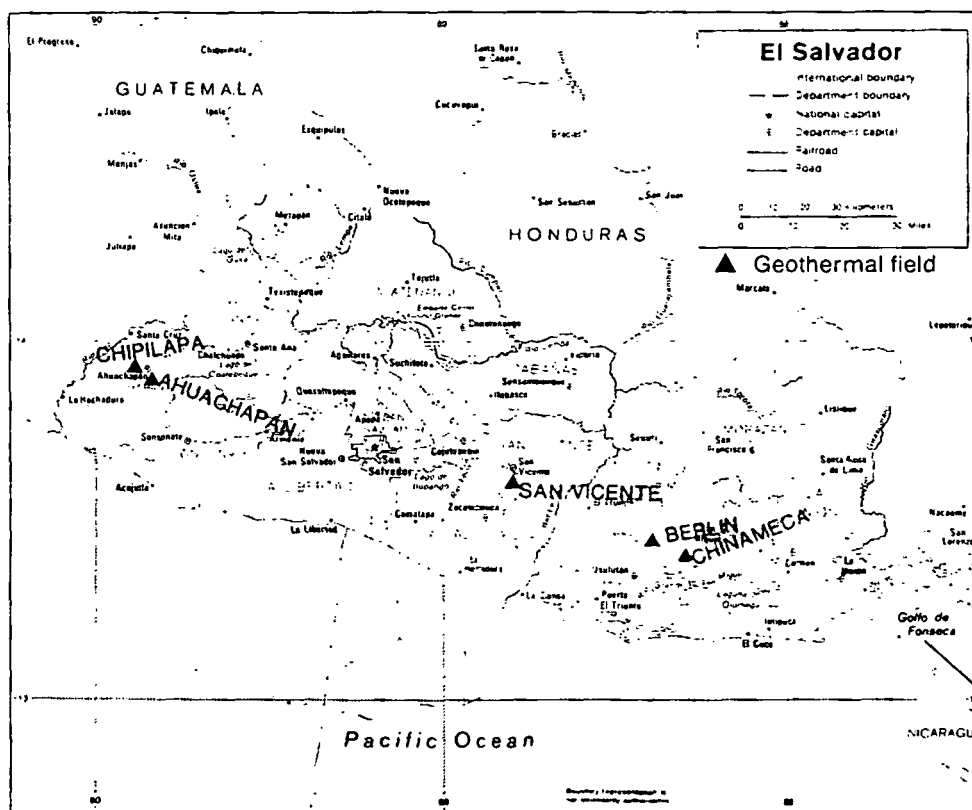
EL SALVADOR

El Salvador is located in a volcanically active zone containing numerous hot springs. The country lies just northeast of the Middle America Trench.

Geothermal studies in El Salvador began in 1953 by the Geological Survey of El Salvador and the Lempa River Executive Hydroelectric Commission (CEL). The studies, which began at Ahuachapan, included geoscience surveys and shallow temperature gradient drilling. CEL continued geothermal studies with support from the El Salvadorian government and the United Nations Development Program. The results of the regional investigations showed that five areas had geothermal development potential. In order of priority, potential areas for further studies include: Ahuachapan, Berlin, San Vicente, Chinameca, and Chipilapa. Other promising areas have also been noted from preliminary studies.

Continued efforts by CEL, with UN assistance, eventually led to the completion of four production wells at Ahuachapan by 1970. The results of testing led to the decision to develop the Ahuachapan geothermal field.

The Ahuachapan geothermal field is located in western El Salvador, approximately 18 km east of the Rio Paz. Within the region occur many fumaroles, hot-springs, and other thermal manifestations. To date, nearly 30 wells have been completed in the field. A typical well is completed to a depth of approximately 800 m in the fractured Ahuachapan and sites. Geofluid from the reservoir is produced at temperatures of approximately 230°C and provided to two single-flash steam generating units of 30 MWe capacity, and one dual-flash unit with a rated capacity of 35 MWe. The third unit came on-line in 1980, after installation by the CEL. The power plant units were installed by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

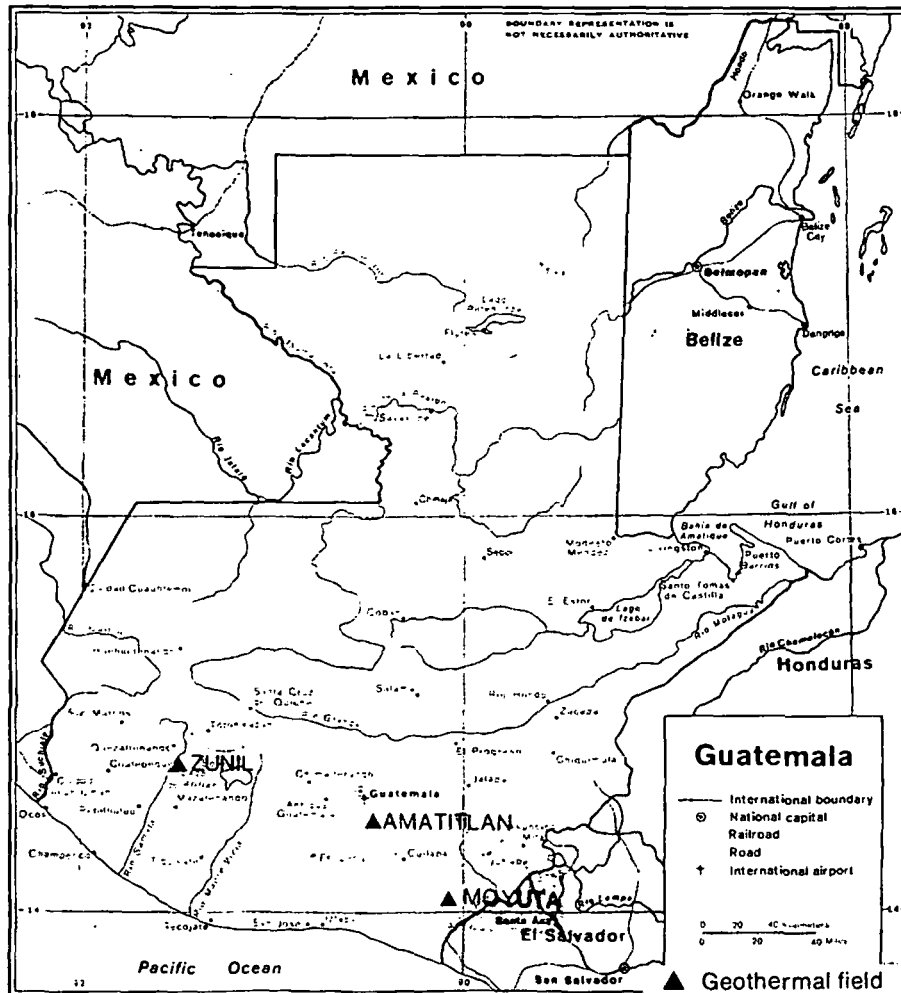


GUATEMALA

The southern part of Guatemala lies along the Middle Trench in a volcanically active area. Numerous hot springs are also present within the high-temperature geothermal prospects of Guatemala.

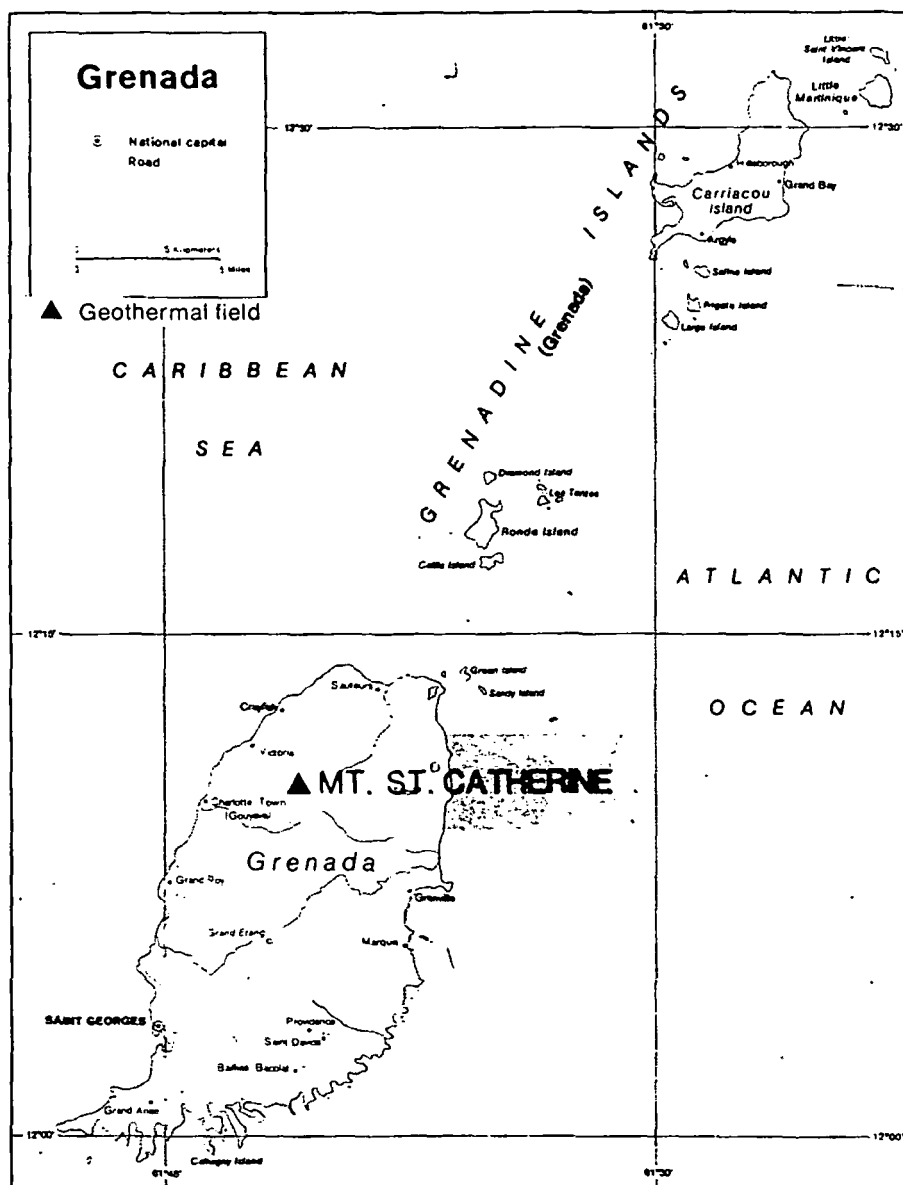
Geothermal exploration began in Guatemala during 1972. Initial studies were performed at the Moyuta and Zunil geothermal fields. The volcanic belt that hosts the geothermal areas lies in a convex strip, nearly 40 km wide and containing 35 volcanoes (three of which are active). Volcanic activity has continued from the Tertiary to the present, as early fissure eruptions and lateral flows were later covered by composite volcanoes.

The Zunil geothermal field is located in western Guatemala's volcanic province, near the Cerro Quemado and Volcan Santa Maria volcanoes. Preliminary exploration at Zunil began in 1973 and continued through 1977. Technical assistance was provided by the government of Japan through geophysical studies. Deep drilling began in 1977, by the National Electrification Institute (INDE) as a prelude to a power plant feasibility study. The drilling program was successful in discovering a high-temperature (287°C) reservoir encountered at



GRENADA

The 344 km² island of Grenada is located at the southern tip of the Lesser Antilles Volcanic Arc. Surface temperatures of springs on the island close to 50°C. The tectonically active area may be a good geothermal resource prospect. Mount Saint Catherine has been defined for prefeasibility studies.



Bibliography:

Donovan P.R., 1985, "The Status of High Enthalpy Geothermal Exploration in Developing Countries," Geothermics, Volume 14, No. 2/3, pp. 487-494.

NICARAGUA

Nicaragua is situated in a tectonically active region in Latin America along the Middle American Trench. Volcanoes, earthquake epicenters, and thermal springs manifest the high-temperature geothermal resources of Nicaragua.

The first geothermal studies in Nicaragua were performed during the late 1960's and the early 1970's. During this period, the Momotombo area and the San Jacinto-Tisate area were explored under a program sponsored by the U.S. Agency for International Development (AID).

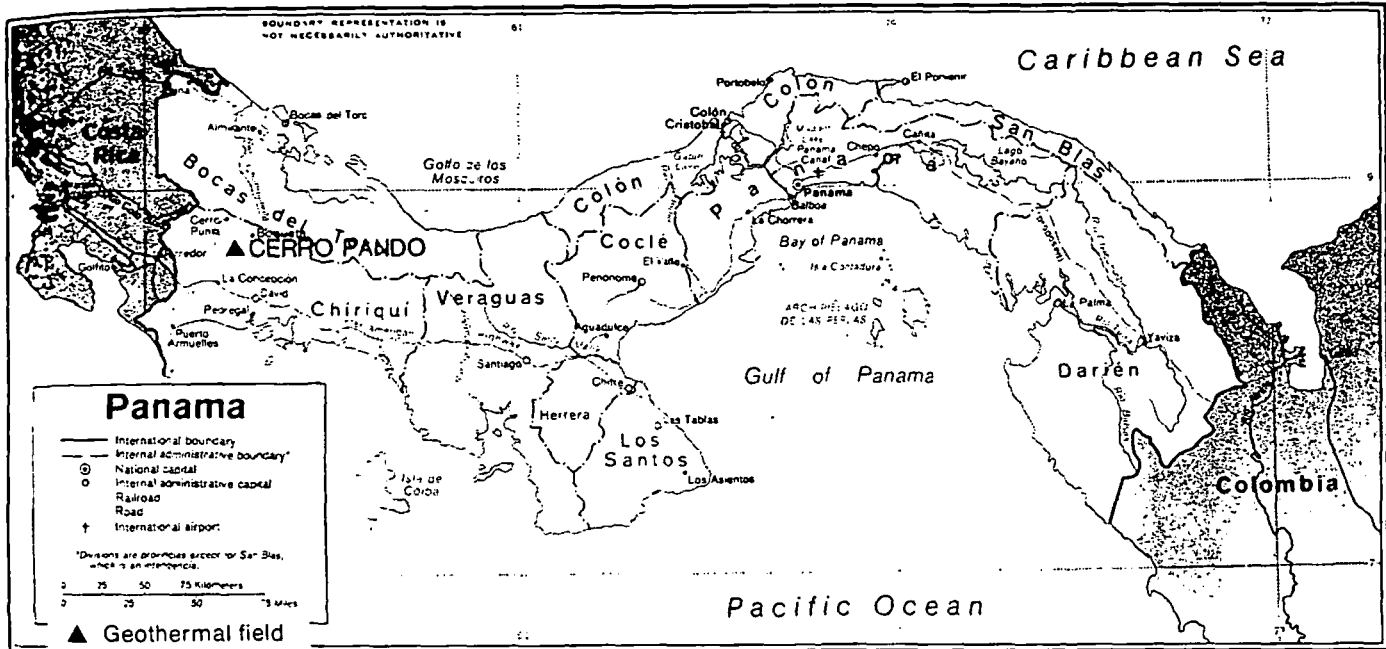
The Momotombo geothermal field is located at the north end of Lake Managua, along the flank of the Momotombo Volcano. Momotombo is the southernmost volcano of the Marabios Volcanic Axis of northern Nicaragua. The geothermal field is situated within a small graben structure and measures less than one km² in surface area. Over 30 exploratory and production wells have been drilled in the field defining a reservoir that results from a laterally



PANAMA

Panama is tectonically situated near the intersection of the Middle American Trench, the Peru-Chile Trench, and the Cocos Ridge (spreading center).

Geothermal studies in Panama were initiated by the government in the early 1970's, with the assistance of the UN and OLADE. Through OLADE's work, data gathering functions and a prefeasibility study have been performed at the Cerro Pando and the Baru Cerro Colorado geothermal areas in western Panama. In Cerro Pando, six gradient wells have been drilled to an average depth of 635 m. In addition, a nationwide reconnaissance study of prospective areas has been completed. Six other geothermal localities have been identified including El Valle, Calobre, Huacas de Quije, Los Santos, Aguas Calientes, and Coiba.



Bibliography:

Donovan, P.R., 1985, "The Status of High Enthalpy Geothermal Exploration in Developing Countries," Geothermics, Vol. 14, No. 2/8, pp. 487-494.

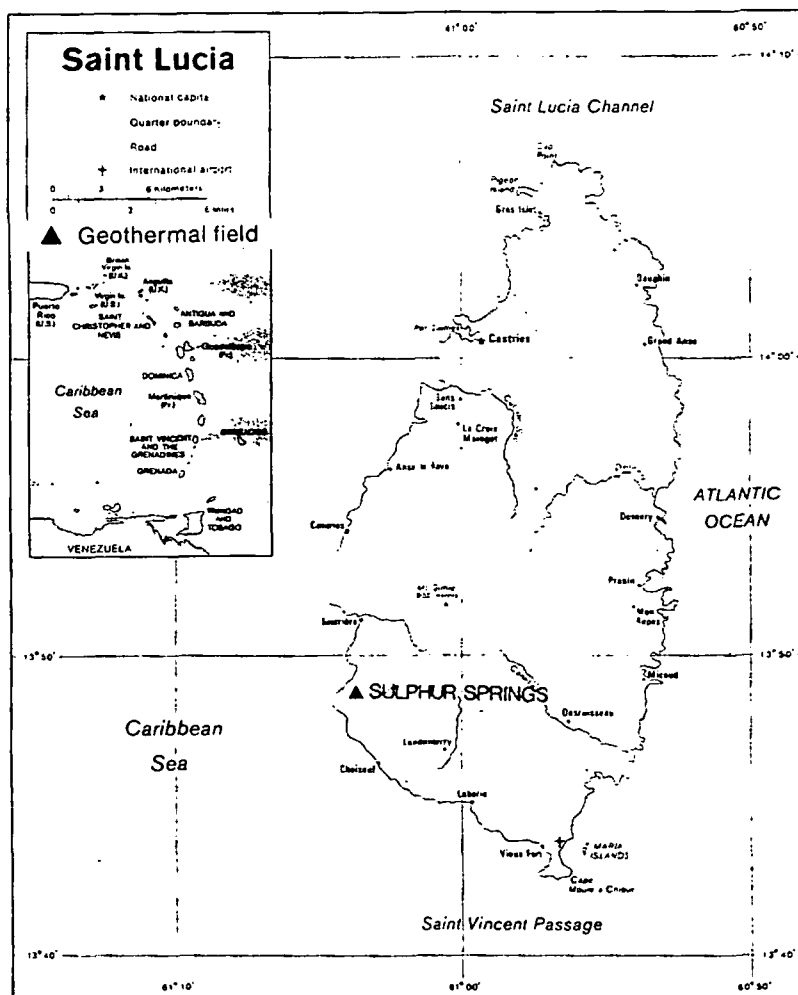
Rios, V.E., and Ramirez, H., 1983, "The Current Status of Geothermal Exploration in Panama" Latin American Seminar on Geothermal Exploration, OLADE, pp. 155-156.

SAINT LUCIA

St. Lucia, of the Lesser Antilles island arc, is an independent country of the Eastern Caribbean Commonwealth. An initial comprehensive geothermal resource exploration program at St. Lucia was conducted by the United Kingdom's Ministry of Overseas Development in the early 1970's, followed by engineering testing in 1976. An evaluation of existing information, including recommended drilling areas, was later completed in 1982 by Aquater (Italy). In 1984, Los Alamos National Laboratory (LANL) implemented a geological, geophysical, hydro-geochemical, and engineering investigation including life-cycle cost estimates and recommendations for future exploratory work.

St. Lucia is part of a 10 million year old, migrating volcanic chain where pre-caldera cones and domes of predominantly andesitic composition began forming 2.5 million years ago. Recent dacitic eruptions, beginning 250,000 years ago, occurred mainly in the Petit and Gros Pitons areas. The eruption of the Choiseul Pumice resulted in the formation of the Qualibou Caldera at about 39,000 to 32,000 years ago. The latest (32,000 to 20,000 years ago) magmatic activity, centered around Belfond, created ten phreatic rhyodacitic vents in the southern part of the caldera.

Two regional northeasterly trending faults border the Qualibou Caldera. These regional faults and ring structures, associated with formation of



FOCUS ON

DRAFT

CHILE

A GEOTHERMAL INTERNATIONAL SERIES

SPONSORED BY:

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
GEOTHERMAL TECHNOLOGY DIVISION (GTD)

PREPARED FOR:

LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY
UNDER CONTRACT No. 9-X36-3652C

PREPARED BY:

MERIDIAN CORPORATION
4300 KING STREET, SUITE 400
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22302-1508
(703) 998-3600

PREFACE

The *Focus on Series* is prepared to give the U.S. Geothermal Industry a quick profile of several foreign countries. The countries depicted were chosen for both their promising geothermal resources and for their various stages of geothermal development, which can translate into opportunities for the U.S. geothermal industry. The series presents condensed statistics and information regarding each country's population, economic growth and energy balance with special emphasis on the country's geothermal resources, stage of geothermal development and most recent activities or key players in geothermal development. The series also offers an extensive list of references and key contacts, both in the U.S. and in the target country, which can be used to obtain detailed information.

The series is available for the following countries:
Argentina, Azores (Portugal), China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Ethiopia, Guatemala, Honduras, Indonesia, Jordan, Mexico, St. Lucia, Thailand.

Additional countries might be available in the future.

The series is to be used in conjunction with four other publications specifically designed to assist the U.S. geothermal industry in identifying and taking advantage of geothermal activities and opportunities abroad, namely:

- The "*Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities.*" Final Report, August 1987. Prepared for Los Alamos National Laboratory.
- The "*Summary Report*" of the above publication.
- "*Equipment and Services for Worldwide Applications,*" U.S. Department of Energy.
- The "*Listing of U.S. Companies that Supply Goods and Services for Geothermal Explorers, Developers and Producers Internationally,*" August 1987, prepared by GRC.

Copies of these publications can be obtained from the Geothermal Technology Division of the U.S. Department of Energy. Correspondence should be addressed to:

Dr. John E. Mock
Geothermal Technology Division (GTD)
1000 Independence Avenue
U.S. Department of Energy
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

CONTENTS	PAGE
Focus on Chile	1
Geothermal Resources	3
References and Key Contacts	
A. Business Climate Sources of Information	6
B. Geothermal-related Sources of Information	7
C. Key Contacts	8

FOCUS ON

CHILE

Official Name: Republic of Chile

Area: 756,945 sq. km. (302,778 sq. mi.)

Capital: Santiago

Population (1985): 12.1 million

Population Growth Rate: 1.7%

Languages: Spanish

Economic Indicators:

Real GDP (1985): \$16 billion

GDP Growth Rate (1980-1985): 1.1%

Per Capita Income (1985): \$1,480

Avg. Inflation Rate (1984): 23%

Trade and Balance of Payments:

(1985) Exports: \$3.7 billion; Major Markets: U.S., Japan, FRG, Brazil

(1985) Imports: \$2.7 billion; Major Suppliers: U.S., Japan, Brazil,
Venezuela, FRG

(December 1985) Official Exchange Rate: 183 Chilean pesos = U.S. \$1

Energy Profile: (Based on 1982 data unless otherwise indicated)

- Commercial Fuel Energy Consumption:

Total: 8.491 million ton of oil equivalent (mtoe)

1-Yr. Growth: 8.5%

- Commercial Fuel Breakdown:

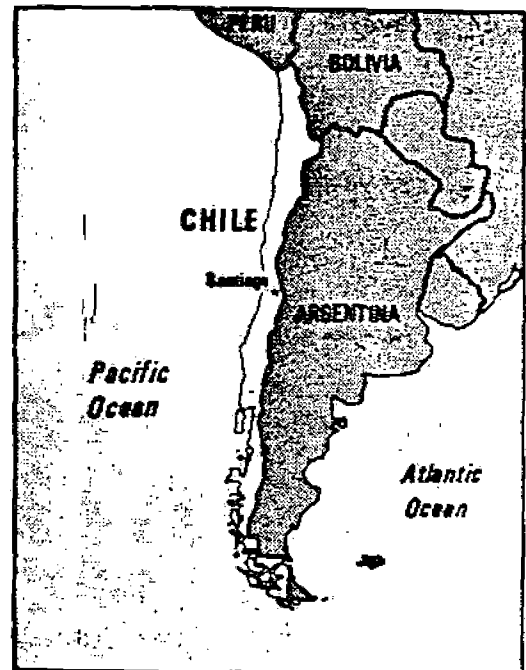
Liquid Fuels Pct: 50%

Solid Fuel Pct: 14%

Natural Gas Pct: 17%

Electric Pct: 19%

Commercial Fuel Consumption Growth Rate (1970-1980): 0.6%



GEOTHERMAL RESOURCES

The full extent of Chile lies east of the Peru-Chile Trench, explaining the great amount of tectonic and thermal activity in the country. Though often inaccessible due to the Andes Cordillera, the geothermal potential is high.

Systematic exploration of Chile's geothermal resources began in 1968 as a result of an agreement signed between the United Nations Development Program (UNDP) and the Chilean government. The assessment of the country's geothermal resources was done by the Chilean-owned company, Production Development Corporation (CORFO).

Initially, reconnaissance exploration was performed and preliminary geoscience studies were undertaken at selected areas in northern Chile. As a result of this program, favorable areas for additional studies were identified and prioritized on the basis of resource potential. The El Tatio area was recognized as the most valuable area and thereby given high priority for future work. Detailed studies including geology, geochemistry, shallow thermal studies, and electromagnetic surveys were carried out at El Tatio and Puchuldiza. Preliminary geoscience investigations were also performed at Surire and Pampa Lirima.



▲ Geothermal Resources

**REFERENCES
AND
KEY CONTACTS**

B. Geothermal-Related Sources of Information

The following reports and documents are suggested for further information regarding geothermal energy and export opportunities overseas:

Los Alamos National Laboratory:

- Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities

U.S. Department of Energy

- Equipment and Services for Worldwide Applications
- Guide to the International Development and Funding Institutions for the U.S. Renewable Energy Industry
- Federal Export Assistance Programs Applicable to the U.S. Renewable Energy Industry
- International Data Base for the U.S. Renewable Energy Industry
- Committee on Renewable Energy Commerce and Trade: CORECT's Second Year - October 1985-November 1986

California Energy Commission (CEC)

- Foreign Geothermal Energy Market Analysis
- Small Scale Electric Systems Using Geothermal Energy: A Guide to Development

U.S. Department of Commerce - International Trade Administration

- A Competitive Assessment of the U.S. Renewable Energy Equipment Industry

U.S. Export Council for Renewable Energy

- International Renewable Energy Industry Trade Policy

- Bureau for External Affairs

Ms. Rhea Johnson
Director, Office of Public Inquiries
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-1850

- Bureau for Latin America/Caribbean

Mr. Terrence Brown
Director, Office of Development Resources
Bureau for Latin America and the Caribbean
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-9149

- Publications

Ms. Dolores Weiss
Director, Office of Publications
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, D.C. 20523
(202) 647-4330

U.S. Department of Commerce/International Trade Administration

- Office of International Major Projects

Mr. Leo E. Engleson
Office of International Major Projects
Room 2015-B
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2732

- Foreign Industry Sector

Mr. Les Garden
International Trade Specialist for Renewable Energy Equipment
Office of General Industrial Machinery
Room 2805
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-0556

U.S. Department of Energy

Dr. Robert San Martin
DAS/RE
Office of Conservation and Renewable Energy
CE-030
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-9275

Dr. John E. Mock
Director, Geothermal Technology Division (GTD)
Office of Conservation and Renewable Energy
CF-342
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

Export-Import Bank

- International Lending

Mr. James R. Sharpe
Senior Vice President, International Lending
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8187

- Latin America Division

Mr. Richard D. Crafton
Vice President, Latin America Division
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8943

Geothermal Resources Council

Mr. David N. Anderson
111 Q Street, Suite 29
P.O. Box 1350
Davis, CA 95617-1350
(916) 758-2360

Inter-American Development Bank

Mr. Gustavo Calderon
Chief, Non-Conventional Energy Section
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-1978

Mr. John Paul Andrews
Managing Director, Major Projects
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7196

- Office of Development

Mr. Michael R. Stack
Development Assistance Director
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7135

Small Business Administration

Mr. Michael E. Deegan
Director, Office of International Trade
U.S. Small Business Administration
1441 L Street, NW, Room 100
Washington, DC 20416
(202) 653-7794

Trade and Development Program

Mr. Joe J. Sconce
Regional Director
Latin America and Central America
320-21st Street, NW
Washington, DC 20523
(703) 235-3657

United Nations

- United Nations Development Program

Mr. A. Bruce Harland
Director
UNDP Energy Office
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 906-6090

- United Nations Department of Technical Cooperation
for Development

Mr. Edmund K. Leo
Chief, Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8773

- Regional Offices

Mr. Pieter P. Bottelier
Country Director, CD IV
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-9378

Mr. Alain Thys
Division Chief, CD IV
Infrastructure and Energy Operations Division
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-0001

Mr. Everardo C. Wessels
Technical Director
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-1051

Mr. Miguel E. Martinez
Technical Adviser
Infrastructure and Energy Division
Latin American and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 477-2185

- Public Affairs Office

The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC
(202) 477-1234

- Publications

Development Business
P.O. Box 5850
Grand Central Station
New York, NY 10163-5850
(212) 754-4460



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

"EL ECUADOR HA SIDO,
ES Y SERA PAIS AMAZONICO"

Luciano Cepeda
Casilla 565 - A
INECEL

Quito - Ecuador

Phone 237862

Needs info on este

LA GEOTERMIA EN EL ECUADOR

DIRECCION Y COORDINACION:

Dpto. Estudios y Proyectos
Energéticos (MEM)

AUTORES:

ALTA ENTALPIA.- Ing. Eduardo
Almeida (INECEL)

BAJA Y MEDIA ENTALPIA.- Ing.
Milton Balseca (INE)

SEPTIEMBRE/88.

ECRE Conferencia
May 30 - June 3 1989
Miami FL



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

I N D I C E

ESTADO ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES GEOTERMICAS

	<u>PAG.</u>
INTRODUCCION	1
1. ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS	2
1.2 Características de las áreas de interés	
1.3 Prioridades asignadas	10
1.4 Fuentes de financiamiento	10
1.5 Problemas y soluciones	10-11
2. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS DE ALTA ENTALPIA	11
2.1 Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño-Chiles- Cerro Negro	
2.2 Proyecto Geotérmico Chalupas	14
3. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS CINCO AÑOS	16
4. RECURSOS HUMANOS	16
6. EXPLORACION DE RECURSOS GEOTERMICOS DE BAJA Y MEDIA ENTALPIA	17
6.1 Proyecto Geotérmico "Valle de los Chillos"	17
6.2 Proyecto Geotérmico "Cuenca"	23
7. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS CINCO AÑOS	30
8. RECURSOS HUMANOS	31



ESTADO ACTUAL DE LAS ACTIVIDADES GEOTERMICAS EN LA REPUBLICA
DEL ECUADOR

INTRODUCCION:

Dada la variedad de recursos energéticos existentes en el Ecuador (petróleo, gas, hidroelectricidad); el desarrollo de la energía geotérmica se lo 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.

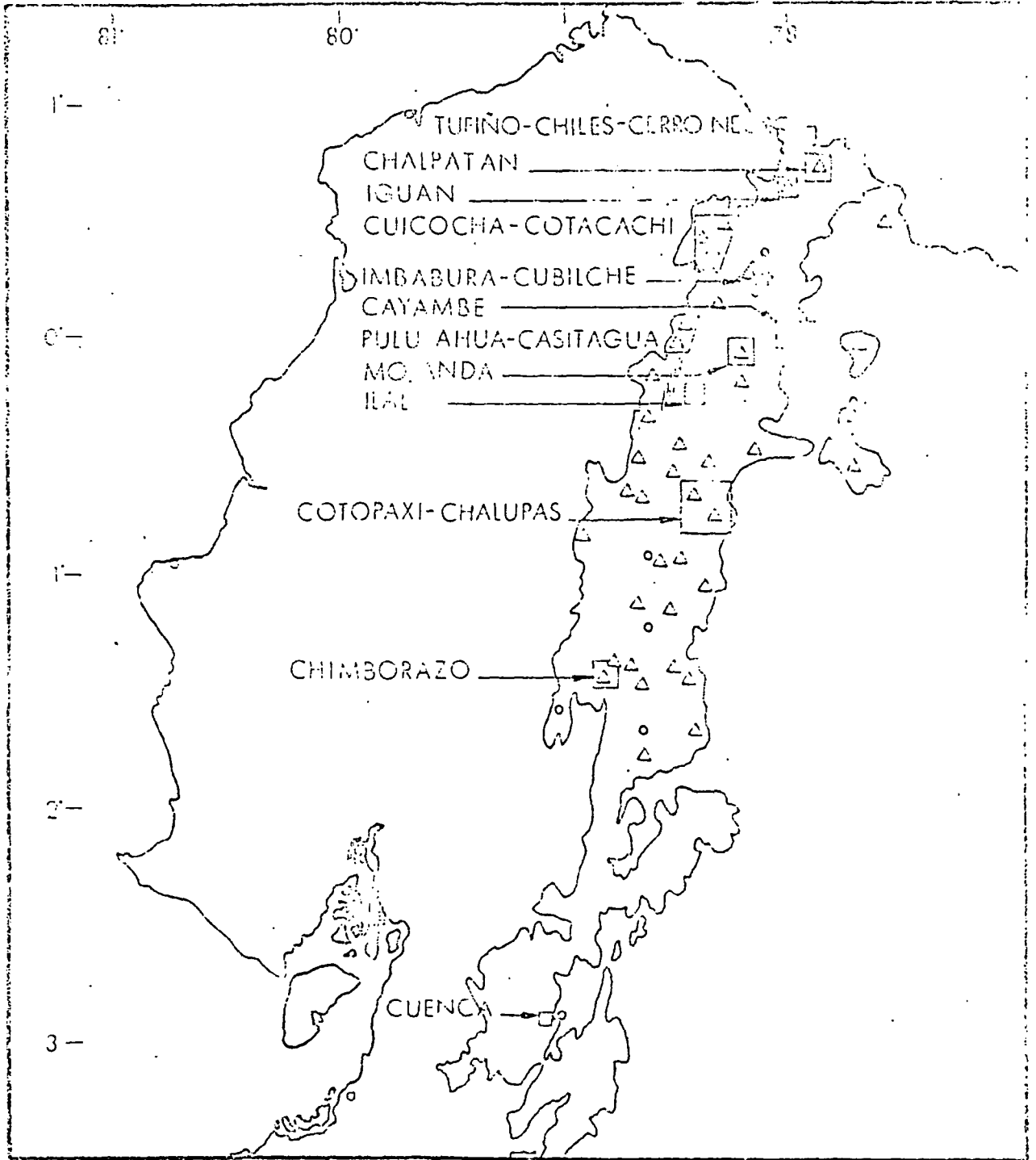
El estudio y desarrollo de esta fuente, se encuentra bajo la responsabilidad del Ministerio de Energía y Minas, el mismo que dicta las políticas energéticas, que son ejecutadas a través de sus diversos organismos estatales. En este caso concreto de la geotermia, se ha trabajado con el Instituto Ecuatoriano de Electrificación, para la alta entalpía, y del Instituto Nacional de Energía para la baja y media entalpía.

Las primeras investigaciones geotérmicas se iniciaron a fines de 1978 cuando se empezó a recopilar información básica para el estudio de reconocimiento a nivel nacional, tuvo su apogeo en el año 1979 y concluyó en 1980, trabajo éste que estuvo a cargo del INECEL a partir de un convenio suscrito con la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).

El área prospectada a nivel nacional tiene una extensión aproximada de 22.000 kilómetros cuadrados que representan el 8% del territorio continental ecuatoriano y comprende exclusivamente la cadena volcánica de la Cordillera de los Andes. Hasta el momento, el Proyecto Geotérmico ha identificado doce áreas favorables para la existencia de recursos geotérmicos (Figura No. 1).

Todos los estudios efectuados en el marco del reconocimiento de los recursos geotérmicos fueron realizados siguiendo los lineamientos dados por la Metodología OLADE.

FIGURA No. 1



AREAS DE INTERES GEOTERMICO EN EL ECUADOR CONTINENTAL.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 2 -

1. ESTUDIOS DE RECONOCIMIENTO DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS

1.2 Características de las áreas de interés:

AREA DE TUFINO-CHILES-CERRO NEGRO

El interés del área se debe a la presencia de los volcanes Chiles y Cerro Negro, alimentados por cámaras magmáticas ubicadas a profundidades someras. La región es afectada, por una anomalía térmica regional, puesta de manifiesto por abundantes manifestaciones termales para las cuales se han calculado temperaturas de equilibrio comprendidas entre los 220 y 230 grados centígrados en la zona vecina a los volcanes antes mencionados.

Un flujo de calor muy importante en el área de los volcanes, es evidenciado por aguas de origen meteórico, según indica su elevado contenido de tritio, salinidad muy baja y con temperaturas que alcanzan los 55 grados centígrados en una región donde la temperatura media anual es de 9 grados.

Independientemente de los favorables indicadores geológicos, la región es muy interesante por su situación geográfica ya que al encontrarse en la frontera entre las Repúblicas de Colombia y Ecuador, (figura No. 1) el recurso es compartido por las dos naciones. Los estudios exploratorios ya ejecutados por los Institutos eléctricos nacionales Instituto Colombiano de Electrificación (ICEL) e Instituto Ecuatoriano de Electrificación (INECEL), con el apoyo de OLADE, son un claro ejemplo de integración energética regional.

AREA DE CHALPATAN

El interés radica en la existencia de una caldera de aproximadamente 8 kilómetros de diámetro cuyo origen se debe al colapso del techo de una gran cámara magmática, de la cual emergieron considerables volúmenes de productos diferenciados y además cuyo volcanismo ha persistido posteriormente al colapso. Esto, ciertamente garantiza una anomalía térmica en el interior de la caldera.

La prospección geoquímica ha puesto en evidencia la existencia de algunas manifestaciones termales, con temperaturas hasta de 40 grados centígrados, para las cuales se han calculado temperaturas de equilibrio de 140 y 160 grados centígrados con los



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 3 -

geotermómetros de agua y gas respectivamente. Las manifestaciones más interesantes tienen altos contenidos de Na., K y cloruros (40% del balance iónico). El valor isotópico del oxígeno 18 se desplaza aproximadamente en una unidad indicando una eficaz interacción agua-roca y además existen anomalías de fuga de B, NH₃ y CO₂.

Un estudio geofísico exploratorio realizado en el área, indica la existencia de mínimos gravimétrico, magnético y de resistividad en el interior de la caldera.

La coincidencia de positivas evidencias geovolcanológicas, estructurales, geoquímicas y geofísicas ameritan emprender los estudios de prefactibilidad en este sector.

AREA DEL VOLCAN IGUAN

Un área de 100 kilómetros cuadrados (Fig. No. 1) presenta favorables indicios geovolcanológicos y geoquímicos que apoyan la existencia de un sistema geotérmico vinculado con el volcán Iguán. Por lo menos dos grandes episodios eruptivos tipo pliniano, sucedidos durante el Pleistoceno han sido identificados. El estudio de sus productos sugiere la presencia de una cámara magmática fuertemente diferenciada. Además, los depósitos piroclásticos dejados por esas erupciones, permiten asegurar que la secuencia de rocas sobre la cual se construyó el edificio volcánico del Iguán reúnen condiciones apropiadas para albergar un reservorio geotérmico, ya que las erupciones antes mencionadas tuvieron un componente freatomagmático importante.

Numerosas fuentes termales con temperaturas que alcanzan hasta los 40 grados centígrados han sido identificadas en el sector, evidenciando un flujo de calor directamente relacionado con la presencia del volcán.

AREA DE CUICOCHA-CHACHIMBIRO

Se trata de una zona (Fig. No. 1) de aproximadamente 450 kilómetros cuadrados, donde el volcanismo ha persistido desde el Pleistoceno, reflejándose en la gran concentración de aparatos volcánicos presentes en el área. Se han identificado cuatro grandes estratovolcanes (Cotacachi, Huagrabola, Yanahurco y Negro Puno), una caldera de colapso, tres pequeños centros de emisión y 17 domos ácidos.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 4 -

La característica vulcanológica fundamental y en donde radica el interés geotérmico del área, desde el punto de vista de la fuente de calor, es que los centros eruptivos han sido alimentados por cámaras magmáticas que han experimentado avanzados procesos de diferenciación por cristalización fraccionada. Los productos emitidos pertenecen a series composicionales que van desde andesitas con un bajo contenido de sílice hasta riolitas.

El volcanismo en el área ha sido caracterizado por violentas erupciones explosivas con un fuerte componente freatomagmático, indicando de esta manera, la presencia de favorables condiciones geológicas para la existencia de circuitos hídricos y acuíferos profundos en las rocas que constituyen el basamento de todo el complejo volcánico.

Numerosas fuentes termales han sido indentificadas en el sector, a pesar de la gruesa cobertura piroclástica. El tipo químico más común de las aguas es el alcalino-clorurado con temperaturas que alcanzan los 56 grados centígrados, se han detectado además anomalías de boro.

AREA DE IMBABURA-CUBILCHE

Una zona de aproximadamente 360 kilómetros cuadrados (Fig. No. 1) fue identificada como sede de una anomalía térmica relacionada a la presencia de numerosos centros de emisión entre los que sobresale el estratovolcán Imbabura cuyos productos muestran una clara evolución desde lavas de composición andesítica hasta domos y piroclásticos asociados de composición dacítica. La génesis de estos productos serían procesos de diferenciación ocurridos en una cámara magmática que alimentó el volcán. Asociado al Imbabura se encuentra el volcán Cubilche, el mismo que presenta numerosos centros de emisión en donde predominan los materiales de composición básica e intermedia (andesitas pobres en sílice).

Si bien el sistema de alimentación magmática del Imbabura ha inducido una anomalía térmica puesta en evidencia por la vulcanología, que permite asegurar la existencia de una fuente de calor, los estudios geoquímicos no han ayudado a clarificar las características hídricas del subsuelo, por



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 5 -

cuanto son escasas las manifestaciones termales en sus alrededores. Esto se debe en gran parte a la existencia de potentes depósitos piroclásticos que impiden la salida de fluidos, lo que en cierta medida garantiza un eficaz sello al sistema.

AREA DEL VOLCAN CAYAMBE

Estudios geovulcanológicos efectuados en el estratovolcán Cayambe han permitido inferir la presencia de una anomalía térmica inducida por procesos evolutivos ocurridos en el sistema de alimentación magmática de este volcán. Un área de aproximadamente 400 kilómetros cuadrados (Fig. No. 1) en torno a su centro de emisión se ha delimitado para futuros estudios de prefactibilidad.

El Cayambe es un volcán cuya actividad inicial se remonta hace más de un millón de años, construyéndose en sus inicios un gigantesco estratovolcán constituido principalmente por andesitas. Desde su origen, hasta el presente, la actividad se ha interrumpido por lo menos durante dos períodos relativamente largos. Su última reactivación ocurrida en el Holoceno, está caracterizada por la emisión de productos de composición dacítica que contrastan notablemente con las andesitas de los períodos iniciales.

La hipótesis planteada es que al menos los últimos productos fueron creados en una cámara magmática instalada bajo el volcán, la cual experimentó procesos de diferenciación durante los largos períodos de inactividad. Esto implica necesariamente el estacionamiento de una masa magmática y consecuentemente la transferencia de calor hacia las rocas encajantes, creándose una zona de anomalía térmica.

Al momento no se dispone de suficiente información de las aguas, por falta de estudios geoquímicos aún no emprendidos en esta región.

AREA DEL VOLCAN MOJANDA

Un área de aproximadamente 400 kilómetros cuadrados y ubicada en el interior de la depresión interandina (Fig. No. 1), presenta condiciones geovulcanológicas favorables para la



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 6 -

existencia de una anomalía térmica. El volcán Mojanda tuvo un período eruptivo que se inició hace 0,6 millones de años edificándose en primer lugar un amplio estratovolcán, posteriormente erosionado durante un período de inactividad de extensión no definida. La actividad se reinicia en el Holoceno pero con características explosivas, por lo menos cuatro erupciones plinianas cubrieron de un importante manto de piroclásticos todos los flancos del volcán. Dos calderas sommitales coronan al edificio, las mismas que parcialmente son ocupadas por domos.

Los productos emitidos en la primera etapa son andesíticos, en tanto que los productos más recientes, holocénicos, son riolíticos. La interpretación de los datos geovolcanológicos permite asegurar la presencia de una cámara magmática cuya larga residencia bajo el volcán habrá inducido una anomalía térmica. Las investigaciones geoquímicas exploratorias se dificultan por la relativa ausencia de manifestaciones termales, motivadas en gran parte por las difíciles condiciones hídricas superficiales al estar toda el área cubierta por piroclastos impermeables.

AREA DE PULULAHUA-CASITAGUA

Inmediatamente al norte de la ciudad de Quito (Fig. No. 1) ha sido identificada una zona de 350 kilómetros cuadrados que comprende los volcanes Pululahua y Casitagua.

El primero está constituido por una caldera de aproximadamente tres kilómetros de diámetro cuyo interior está ocupado parcialmente por cuatro domos. Además, se ha reconocido en el exterior de la caldera ocho domos petrológicamente asociados a los anteriores. El Pululahua ha tenido una actividad eminentemente explosiva y la mayoría de sus episodios muestran fenómenos de interacción aguamagma, ocurridos en el conducto volcánico, indicando favorables condiciones para la existencia de circuitos hídricos profundos.

El volcán Pululahua experimentó un colapso caldérico durante su desarrollo, lo que permite inferir la existencia de una atractiva situación estructural, en el sector colapsado, para la presencia de gruesos paquetes de rocas con una elevada permeabilidad.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 7 -

La composición química de los productos del Pululahua es predominantemente dacítica y riolítica, poniendo de manifiesto el elevado grado de diferenciación de la cámara magmática que los engendró. Si bien el Pululahua debe considerarse un volcán joven ya que su actividad se extiende desde épocas subhistóricas hasta el límite Holoceno-Plioceno, las dimensiones de la cámara magmática son importantes, a juzgar por la distribución de los domos y los volúmenes de materiales extruidos, lo que en cierta medida garantiza un importante flujo de calor hacia la superficie.

El Casitagua es un estratovolcán coronado por una caldera de aproximadamente 5 kilómetros de diámetro ubicado inmediatamente al sur del Pululahua. El período más importante de su desarrollo es precisamente una gran erupción pliniana con claras evidencias de tener un componente freatomagmático. Luego de esta erupción, se produjo el colapso y posteriormente la reactivación del volcanismo en el interior de la caldera mediante la extrusión de un domo dacítico.

El interés del área de los volcanes Pululahua y Casitagua radica en la presencia de por lo menos dos cámaras magmáticas que habrán inducido una fuerte anomalía térmica al sector. Condiciones hidrodinámicas favorables para la existencia de sistemas geotérmicos han sido inferidas del estudio de los depósitos dejados por las erupciones freatomagmáticas.

La gruesa cobertura piroclástica en toda el área dificulta la emergencia de fluidos termales profundos, faltando realizarse un muestreo geoquímico detallado de los mismos.

AREA DEL VOLCAN ILALO

Esta área se ubica en torno al volcán Ilaló (Fig. No. 1), en el interior de la depresión interandina. Su interés geotérmico radica en la existencia de numerosas fuentes termales en sus alrededores, con temperaturas de emergencia de hasta 40 grados centígrados. El tipo químico más común de estas aguas es el bicarbonato-alcalino.

Desde el punto de vista geovulcanológico, el Ilaló no muestra evidencias claras que apoyen la existencia de una fuente



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 8 -

de calor, ya que se trata de un estratovolcán andesítico no evolucionado y con una edad que sobrepasa los 1,5 millones de años.

AREA DE COTOPAXI-CHALUPAS

Una caldera de aproximadamente 17 kilómetros de diámetro formada por el colapso del estratovolcán Chalupas, luego de que éste emitió por lo menos 100 kilómetros cúbicos de materiales de composición riolítica, constituye el centro de interés, geotérmico del área (Fig. No. 1).

Posteriormente al colapso caldérico, hubo una reactivación de la actividad en el interior de la caldera, contruyéndose el estratovolcán Quilindaña que en su estado final de crecimiento también emitió productos evolucionados (dacitas). Estas evidencias apoyan la existencia de una fuente de calor provocada por una cámara magmática de grandes dimensiones situada en los niveles superiores de la corteza. La fuente de calor inducida por el sistema de alimentación de Chalupas además se ve incrementada por la cercana presencia del volcán Cotopaxi, quien también ha tenido una historia evolutiva compleja a partir de un sistema de alimentación similar al de Chalupas.

Si bien la geovulcanología ha sido una herramienta muy valiosa en la exploración del área, la geoquímica ha tenido fuertes limitaciones a causa de la escasez de manifestaciones termales. La razón fundamental es que toda el área está cubierta por una potente capa de materiales piroclásticos, depósitos morrenicos y fluyiolacustres que forman un eficaz sello al sistema.

AREA DEL CHIMBORAZO

Esta zona se localiza en torno al volcán Chimborazo (Fig. No. 1), el más alto del Ecuador, y tiene una superficie aproximada de 400 kilómetros cuadrados. El interés de este sector se fundamenta principalmente en las características evolutivas del volcán.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 9 -

El Chimborazo ha experimentado tres etapas importantes en su desarrollo, las dos iniciales fueron la construcción del gran estratovolcán con materiales predominantemente andesíticos durante el Pleistoceno. La tercera etapa ocurrida en el Holoceno, más importante desde el punto de vista geotérmico, se caracterizó por la emisión explosiva de materiales de composición dacítica y culminando con la salida de materiales andesíticos pobres en sílice.

La interpretación de estos datos sugiere la presencia de una cámara magmática en donde se formaron los productos de la tercera etapa evolutiva. Este sistema debió permanecer un largo período estacionado bajo el volcán para permitir la diferenciación del magma originalmente básico (basáltico-andesítico) de las dos etapas iniciales, hasta un producto final de composición dacítica-riolítica. Durante este período, el magma transfirió calor al medio encajante provocando una anomalía térmica, cuya primera evidencia en superficie es la presencia de fuentes termales de composición clorurada-alcalina y con temperaturas que alcanzan los 46 grados centígrados.

AREA DE CUENCA

Esta pequeña área, no mayor que un kilómetro cuadrado, ha sido señalada como de gran interés por la existencia de fuentes termales con las mayores temperaturas registradas en el país. En efecto, unos manantiales denominados Baños de Cuenca registran una temperatura de 72 grados centígrados, elevada conductividad y un caudal de aproximadamente 20 litros por segundo. Estas aguas están cargadas de carbonatos y brotan en una zona de trayertinos que están siendo explotados como roca ornamental.

El tipo químico de las aguas es clorurado-sódico con una elevada salinidad. Aún cuando no está definido ningún modelo geotérmico para este sector, se plantea la hipótesis de que estas aguas sean calentadas durante un profundo recorrido por un sector de la corteza en donde exista una zona de anomalía térmica aún no identificada. Vale destacar el hecho de que esta zona termal se encuentra en una cuenca sedimentaria cretácica y los materiales volcánicos más próximos son de edad terciaria.



- 10 -

1.3 Prioridades asignadas:

En base al nivel de conocimientos geocientíficos que sobre cada una de las áreas se dispone al momento y considerando que INECEL tiene como objetivo la exploración de los recursos geotérmicos de alta entalpía, con fines de explotarlos para la generación eléctrica, se asignan las siguientes prioridades:

AREAS DE PRIMERA PRIORIDAD

Tufiño-Chiles-Cerro Negro
Chalpatán
Cuicocha-Chachimbiro
Imbabura-Cubilche
Pululahua-Casitagua
Cotopaxi-Chalupas

AREAS DE SEGUNDA PRIORIDAD

Volcán Iguán
Volcán Mojanda
Volcán Cayambe
Volcán Ilaló
Volcán Chimborazo
Cuenca

1.4 Fuentes de Financiamiento:

El estudio de reconocimiento se llevó a cabo en base a un Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable suscrito entre OLADE e INECEL en mayo de 1979, mediante el cual OLADE contribuyó con la suma de US.\$ 246.000 e INECEL con un monto de US.\$ 89.900.

INECEL y la OIEA, establecieron un programa de investigaciones geoquímicas en las áreas de Cuicocha-Chachimbiro, Chalupas y Cuenca mediante el empleo de técnicas isotópicas. La OIEA contribuye con US.\$ 7.000 y la contraparte de INECEL es de US.\$ 6.000.

1.5 Problemas encontrados y soluciones:



- 11 -

- a) Elevado costo de las determinaciones analíticas para rocas, lo que condiciona en gran parte las investigaciones geovulcanológicas.

El grupo de vulcanólogos de la Universidad de Pisa, colabora gratuitamente en la solución de este problema, mediante un programa de investigación de los Andes Ecuatorianos conjuntamente con INECEL.

- b) Ausencia en el país de laboratorios para análisis químicos de aguas, afines con las sensibilidades requeridas para la exploración geotérmica. Se ha solucionado parcialmente este problema, mediante la implementación de un laboratorio propio que funciona en el INECEL.

2. ESTUDIOS DE PREFACTIBILIDAD DE LOS RECURSOS GEOTERMICOS DE ALTA ENTALPIA:

2.1 Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño-Chiles-Cerro Negro:

2.1.1 Introducción

El estudio de prefactibilidad del proyecto se inició en 1981 y al momento tiene un avance físico del 85%. La superficie estudiada a nivel regional alcanza los 1.800 kilómetros cuadrados, en tanto que el área de detalle es de 250 kilómetros cuadrados. El área se encuentra localizada en la frontera colombo-ecuatoriana e incluye los volcanes Chiles y Cerro Negro.

Las técnicas empleadas en el estudio de prefactibilidad, incluyen investigaciones geovulcanológicas, geoquímicas, hidrogeológicas, geofísicas (gravimetría, magnetometría, geoelectrica, magnetotelúrica) y análisis técnico-económico.

2.1.2 Modelo geotérmico preliminar,



- 12 -

FUENTE DE CALOR

Una anomalía térmica regional ocasionada por un volcanismo calcoalcalino persistente durante los últimos cuatro millones de años en el segmento de la cordillera donde se encuentra el Proyecto, ha sido incrementada por cámaras magmáticas que alimentaron a los volcanes Cerro Negro y Chiles desde el límite Plioceno-Pleistoceno hasta hace aproximadamente 40.000 años. El estudio petrológico de los productos emitidos por los volcanes, indica presiones de cristalización muy bajas y que ocurren únicamente en una cámara magmática somera. En conclusión, la geovulcanología indica que la máxima anomalía térmica está localizada precisamente en la cercanía de los dos volcanes, atenuándose radialmente hacia la periferia.

RESERVORIO, CAPA SELLO Y RECARGA HIDRICA

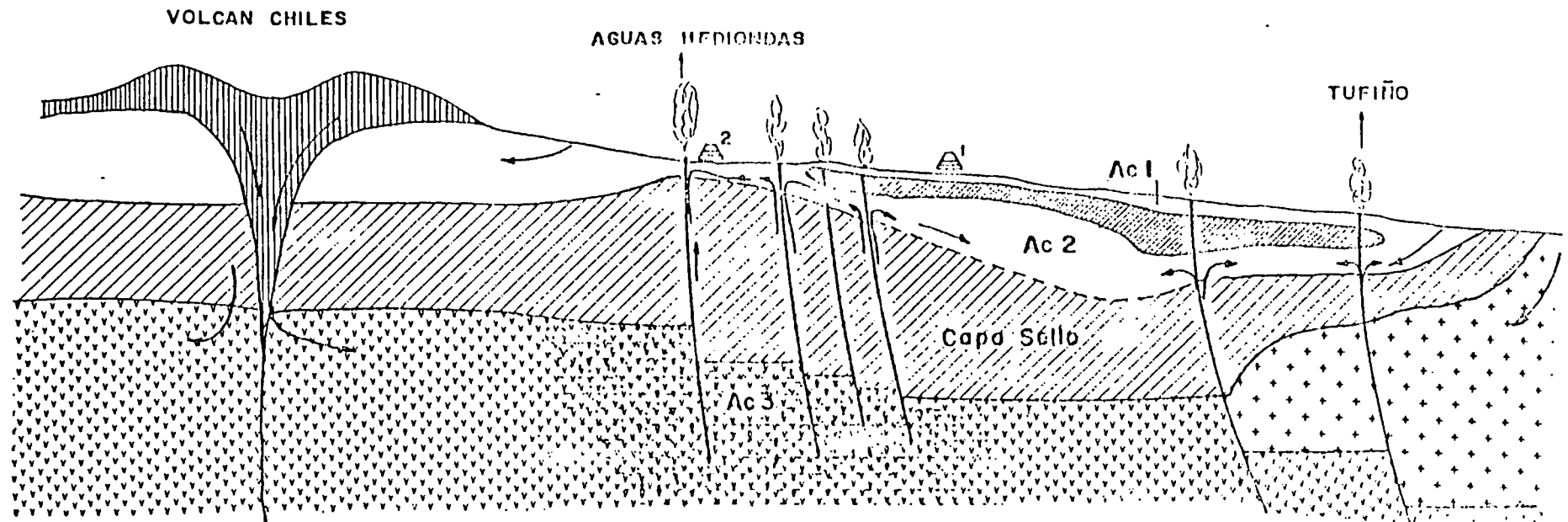
Una sucesión de niveles impermeables alternados con acuíferos caracterizan a la capa sello del sistema geotérmico. En su totalidad son materiales volcánicos, lavas y piroclastos fuertemente hidrotermalizados en la cercanía de los volcanes. Los acuíferos superficiales (Ac1 y Ac2 de la figura No. 2) contienen fluidos tanto fríos como de baja a media termalidad, alimentados por aguas meteóricas que se infiltran en las partes altas de los volcanes. La capa sello propiamente dicha tendría un espesor variable entre los 1.000 y 2.000 metros, resistividades muy bajas, densidad entre 2,2 y 2,4 gr/cc y susceptibilidad magnética casi despreciable.

El reservorio del sistema (Ac3 de la figura No. 2) estaría ubicado a profundidades de 2.000 metros, en rocas permeables del basamento. El sistema de recarga serían circuitos hídricos regionales profundos a lo largo de los principales sistemas de fallas.

2.1.3 Evaluación técnico-económica de la factibilidad

Una evaluación técnico-económica de la factibilidad fue realizada como una primera aproximación, ya que, al no estar concluida la prefactibilidad falta información relativa a los principales parámetros físicos del sistema (gradiente térmico, quimismo de los fluidos profundos, permeabilidades, etc.).

FIGURA No. 2




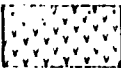

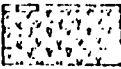


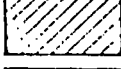
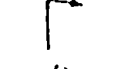


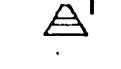
- | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|
|  | CHIMENEA DEL VOLCAN CHILES |  | BASAMENTO |
|  | FORMACION LAVICA PERMEABLE SOMERA
(ACUIFEROS Ac1 Y Ac2) |  | RESERVORIO PROFUNDO Ac3 |
|  | NIVEL IMPERMEABLE SOMERO |  | RECARGA METEORICA |
|  | CAPA SELLO |  | SUBIDA DE FLUIDOS GEOTERMICOS |
|  | DOMO LAVICO DE TUFÍO |  | MANIFESTACION TERMAL |
|  | UBICACION DE POZOS SOMEROS | | |

FIG. 2 MODELO GEOTERMICO CONCEPTUAL A LO LARGO DEL PERFIL CHILES - TUFÍO.



- 13 -

El área de influencia del Proyecto Binacional Tufiño-Chiles-Cerro Negro, es económicamente deprimida y acusa un déficit de generación eléctrica ya que las plantas locales (hidráulicas y térmicas) no abastecen la demanda interna. Por esta razón estos sistemas dependen fuertemente del suministro de energía desde lejanas centrales de generación, al estar en los extremos de los sistemas nacionales de transmisión, lo que ocasiona también elevados niveles de pérdidas.

El análisis efectuado permitió fijar el mínimo interés económico del proyecto, que estaría dado por la instalación de una central con una potencia inicial de 30 MW para, complementariamente a la potencia hidráulica ya instalada, servir a una población de un millón y medio de habitantes del área fronteriza. Se determinó además que hasta concluir la factibilidad será necesario efectuar inversiones del orden de los 14 millones de dólares.

2.1.4 Fuentes de financiamiento

Los estudios correspondientes a la primera fase de la prefactibilidad del Proyecto (geovulcanología, geoquímica e hidrogeología) fueron financiados mediante un Convenio de Cooperación Técnica no Reembolsable suscrito en el año de 1981 entre INECEL y OLADE.

Los estudios correspondientes a la segunda fase de la prefactibilidad (geovulcanología, geoquímica, hidrogeología, geofísica y estudio técnico-económico) fueron financiados mediante un Acuerdo de Cooperación Técnica no Reembolsable suscrito en noviembre/85 entre ICEL, INECEL y OLADE, para los cuales el Gobierno de Italia contribuyó con US\$ 1'100.000 y los Institutos Nacionales con US\$ 225.000 cada uno. Previo a ello, fue necesario firmar un Acuerdo Complementario del Convenio de Cooperación Técnica y Científica con el Gobierno de la República de Colombia que se efectuó el 26 de mayo/82.

INECEL además, ha obtenido el apoyo de la OIEA para un estudio geoquímico empleando técnicas isotópicas, la contribución de este organismo fue de US\$ 7.000 y la contraparte de INECEL US\$ 6.000.



- 14 -

2.1.5 Problemas encontrados y soluciones

Un problema que retrasó el inicio de los estudios de la segunda fase de la prefactibilidad, fue lograr un entendimiento entre OLADE, administrador de los fondos asignados por el Gobierno de Italia para el Proyecto, y los Institutos Nacionales ICEL e INECEL en aspectos relacionados con los equipos adquiridos para el Proyecto y la contratación de la consultoría.

2.2 Proyecto Geotérmico Chalupas:

2.2.1 Introducción

El estudio de prefactibilidad del proyecto se inició en el año de 1982 y al momento tiene un avance físico de 15%, la superficie estudiada a nivel regional alcanza los 1.600 kilómetros cuadrados y comprende la caldera de Chalupas y el volcán activo Cotopaxi. El área se encuentra localizada aproximadamente a 40 kilómetros al sur de la ciudad de Quito.

Las técnicas empleadas en el estudio incluyen investigaciones geovolcanológicas, geoquímicas e hidrogeológicas correspondientes a la primera fase de la prefactibilidad. Está por concluirse un estudio gravimétrico efectuado para comprobar el modelo estructural de la zona y ratificar la existencia del colapso calderínico.

2.2.2 Modelo geotérmico preliminar

FUENTE DE CALOR

Una cámara magmática de gran tamaño y emplazada en los niveles superiores de la corteza terrestre ha servido como sistema de alimentación al complejo volcánico de Chalupas. En el Pleistoceno superior, se produjeron violentas erupciones explosivas emitiéndose flujos piroclásticos que dejaron depósitos de ceniza riolítica del orden de los 100 kilómetros cúbicos, cubriendo una extensa región. Una gran caldera de 18



- 15 -

kilómetros de diámetro se formó inmediatamente, por el colapso del techo de la cámara, a consecuencia del vaciado parcial de la misma. Posteriormente se reactivó el volcanismo en el interior de la caldera construyéndose un gran estrato volcán con materiales de composición variable entre andesitas pobres en sílice y dacitas. La actividad volcánica en el interior de la caldera continuó hasta el límite Holoceno-Pleistoceno.

Las evidencias arriba resumidas dejan en claro que un importante sistema de alimentación magmática está activamente presente desde hace un millón de años, favoreciendo un importante flujo de calor apropiado para la existencia de un sistema geotérmico en el interior de la caldera de Chalupas.

RESERVORIO

Los materiales que constituían el edificio volcánico pre-colapso así como los volcánicos terciarios sobre los que estaban yaciendo, debieron fracturarse intensamente durante el colapso, adquiriendo de esta manera una elevada permeabilidad. El reservorio se localizaría entonces en estos niveles (Fig. No. 3).

Debido a la escasez de aguas termales emergentes en el área, se dificulta levantar hipótesis sobre los fluidos profundos. Las condiciones hidrogeológicas de superficie no son las más idóneas para un estudio geoquímico (potentes acuíferos fríos superficiales y gruesa cobertura morrénica y piroclástica).

CAPA SELLO

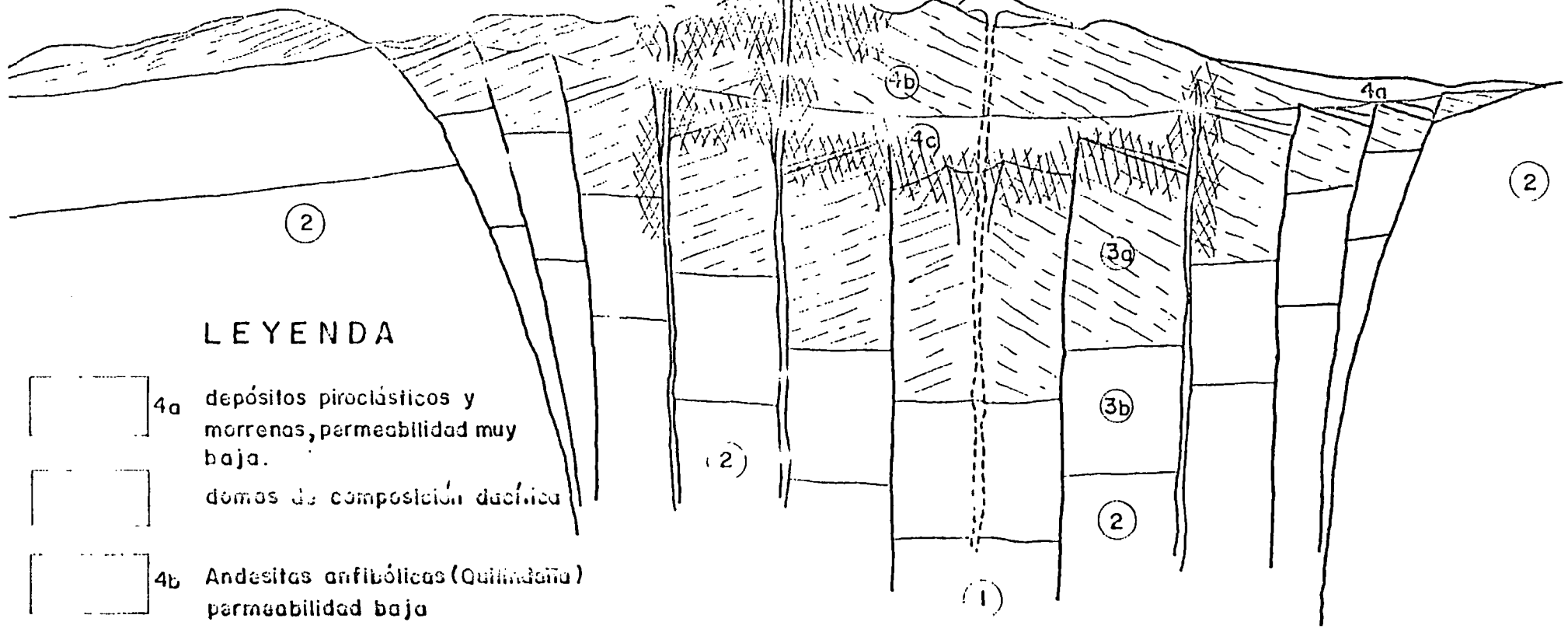
El sello del sistema geotérmico vendría dado por materiales piroclásticos, lavas, morrenas y sedimentos fluviolacustres hidrotermalizados.

RECARGA

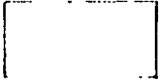



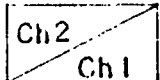
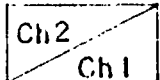
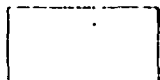

La región está caracterizada por una elevada pluviosidad, los circuitos hídricos profundos serían alimentados por agua meteórica circulando por los bordes del colapso y por sistemas de fallas regionales que cortan el área.

JATUN CONDA

BUENAVISTA (proyectado)



LEYENDA

- 
4a depósitos piroclásticos y morrenas, permeabilidad muy baja.
- 
4b domos de composición dacítica
- 
4c Andesitas anfibólicas (Quilindaya) permeabilidad baja
- 
4c morrenas, piroclásticos y depósitos glacio-lacustres (relleno de la caldera) permeabilidad muy baja.
- 
3a Ch 1: Andesitas anfibólicas de Chalupas, de baja permeabilidad y muy alta por fracturamiento.
- 
3a Ch 2: Flujo de ceniza Chalupas, permeabilidad muy baja.
- 
3b Volcanico Terciario, andesitas anfibólicas de baja permeabilidad primaria y muy alta por fracturamiento.
- 
 Basamento metamórfico impermeable

SIMBOLOGIA



Zona de alteración hidrotermal y autosellamiento.

ELEMENTOS DEL SISTEMA

- 1 Fuente de calor
- 2 Basamento
- 3 Reservorio: 3a en lavas de Chalupas
3b en lavas Terciarias
- 4 Capa sello
- 5 Recarga



- 16 -

2.2.3 Fuentes de Financiamiento

Los estudios de prefactibilidad ejecutados a través de INECEL han sido financiados totalmente con recursos propios, mediante el empleo de su personal técnico y e quipos.

2.2.4 Problemas encontrados y soluciones

Un problema importante constituyó la falta de recursos para efectuar determinaciones analíticas en rocas (análisis químicos, dataciones, microsonda, etc.) por cuanto necesariamente deben ser realizadas en el extranjero.

Para la continuación de los estudios se requiere un financiamiento que está siendo solicitado al Gobierno de Italia.

3. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS CINCO AÑOS:

Conforme con las prioridades asignadas a las respectivas áreas geotérmicas, se continuará brindando total apoyo al Proyecto Geotérmico Binacional Tufiño-Chiles-Cerro Negro para lo cual se cuenta con la cooperación de OLADE. Próximamente se gestionará el financiamiento para la conclusión de la prefactibilidad al Gobierno de Italia.

INECEL se encuentra gestionando la Cooperación Técnica del Gobierno del Japón, para el desarrollo geotérmico del área de Cuicocha-Chachimbiro, hasta la fase de la factibilidad, y al Gobierno de Italia para el Proyecto Chalupas. Las actividades que se efectúen en los próximos cinco años dependen del éxito de estas gestiones.

4. RECURSOS HUMANOS.

INECEL cuenta con un equipo humano con experiencia en la ejecución de estudios geotérmicos hasta completar la prefactibilidad, por esto, los requerimientos de capacitación se enfocan hacia temas específicos como son la Petrología, geoquímica de gases e isotópica y procesamiento automatizado de información geocientífica.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 17 -

6. EXPLORACION DE RECURSOS GEOTERMICOS DE BAJA Y MEDIA ENTALPIA

6.1 ESTUDIO DE RECONOCIMIENTO DEL RECURSO:

Proyecto Geotérmico "Valle de los Chillos"

6.1.1. Generalidades

La República del Ecuador a través del Instituto Nacional de Energía (INE) inició en 1982, la realización del primer proyecto geotérmico de media y baja entalpía.

6.1.2.. Ubicación

En la etapa de reconocimiento geotérmico se realizaron estudios: geológico, hidrogeológico, hidrogeoquímico y estructural, en un área que abarcó una superficie aproximada de 1300 Km² (Fig. 4).

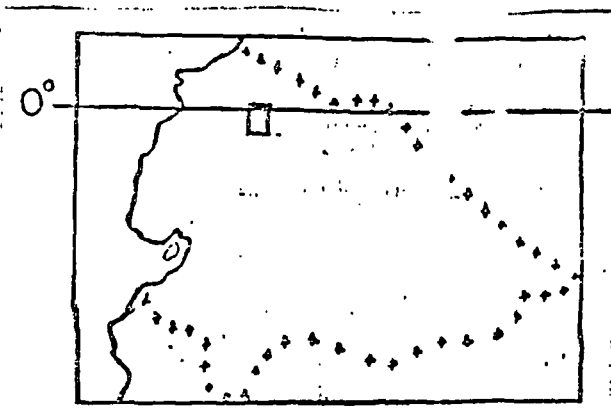
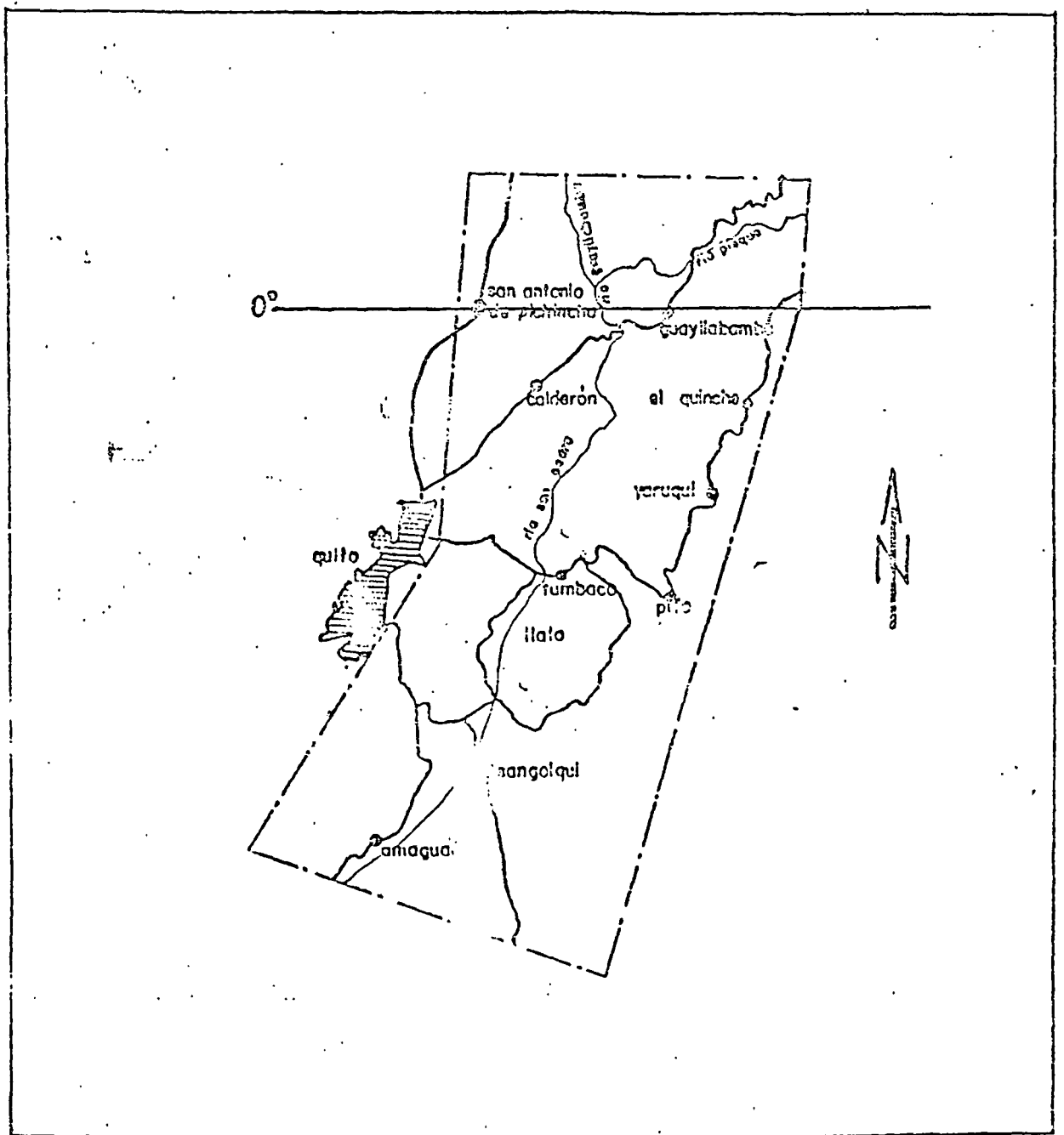
Para la etapa de prefactibilidad, se delimitaron 3 áreas prioritarias de estudio, que en su levantamiento aerofotogramétrico planimétrico fueron denominadas como:

Area No. 1	Tumbaco-Cumbayá
Area No. 2	Sangolquí-El Tingo
Area No. 3	La Merced-Ilaló

Según Fig. 5

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 alcantarrilla, que bordea el Ilaló por el Este y toma el nombre de río Chiche al terminar de cruzar hacia el Norte este volcán. Desde el Sur también vienen las aguas de los



LEYENDA	
□	Localización Generalizada
+	Limite Internacional
•	Cabecera Cantonal
•	Parroquia
—	Carretero Principal
—	Río Principal
- - -	Limite del Area Referente



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 - Ilaí. Recuadro Inferior Derecho

Figura Localización de las Areas prioritarias del Proyecto Geotérmico Valle de los Chillos.



ríos San Pedro y Pita (afluente del anterior), 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 es en el campo 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".

6.1.3. 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).

- Estudio Geológico Regional de Reconocimiento (INE - EPN, 1982).
- Estudio geológico detallado (INE-EPN, 1983).
- 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, INHERI, 1985).
- Estudio Geofísico de resistividad eléctrica (INE-INE-MIN, ESL/UURI, 1985).
- Estudio Geofísico de gravimetría (INE, ESL/UURI, 1986).



- 19 -

6.1.4. 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, 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.

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.



REPUBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 20 -

El intenso fracturamiento que poseen las tres unidades inferiores, así 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, solo 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 Hidrogeoquímico" en muestras de agua de pozos poco profundos y vertientes calientes.

Las 3 unidades superiores en su condición de capa sellada 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, y estos afloramientos se localizan en las zonas altas que limitan al Valle. El drenaje de las aguas en el "Valle de los Chillós", tanto superficialmente como en el subsuelo, se dirige principalmente de Sur a Norte. Por 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 Chillós. Estas zonas corresponden al tramo de la Cordillera Occidental, que se extienden desde el Atacazo hasta los Ilinizas; las elevaciones entre los Ilinizas y el Cotopaxí y el tramo de la Cordillera Real que se extiende entre el Cotopaxí y la Carretera Interoceánica.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 21 -

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 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 Suroeste (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.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

"EL ECUADOR HA SIDO.
ES Y SERA PAIS AMAZONICO"

- 22 -

En base a lo anotado se propuso un modelo geotérmico para la zona; 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:

- De conformidad con las conclusiones anteriores, se espera una producción de agua caliente a 100 grados centígrados con un caudal probable de 150 m³/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 económica 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.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 23 -

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.

Proyecto Geotérmico "Cuenca"

6.2.1 Generalidades

El presente proyecto tiene los mismos objetivos que el del Valle de los Chillos, es decir el objetivo final es utilizar el recurso en el sector industrial y agro-industrial de la zona.

6.2.2 Ubicación

Para los estudios de reconocimiento se definió un área referencial del estudio, situada en el sur del Ecuador. (Fig. 6) constituyendo la parte norte de la provincia del Azuay vista en planta, su forma es la de un polígono irregular de cinco lados que en conjunto encierra una superficie de aproximadamente 136 Km² cuyos vértices corresponden a las coordenadas geográficas, que se detallan en la Fig. No.7.

Para la etapa de prefactibilidad, se delinearon dos 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 Km², (Fig.8) y el área Salado-Patamarca ubicada al norte de Cuenca con una superficie aproximada de 30 Km² (Fig. No. 9).

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.

UBICACION DE LA REGION ESTUDIADA RESPECTO AL ECUADOR

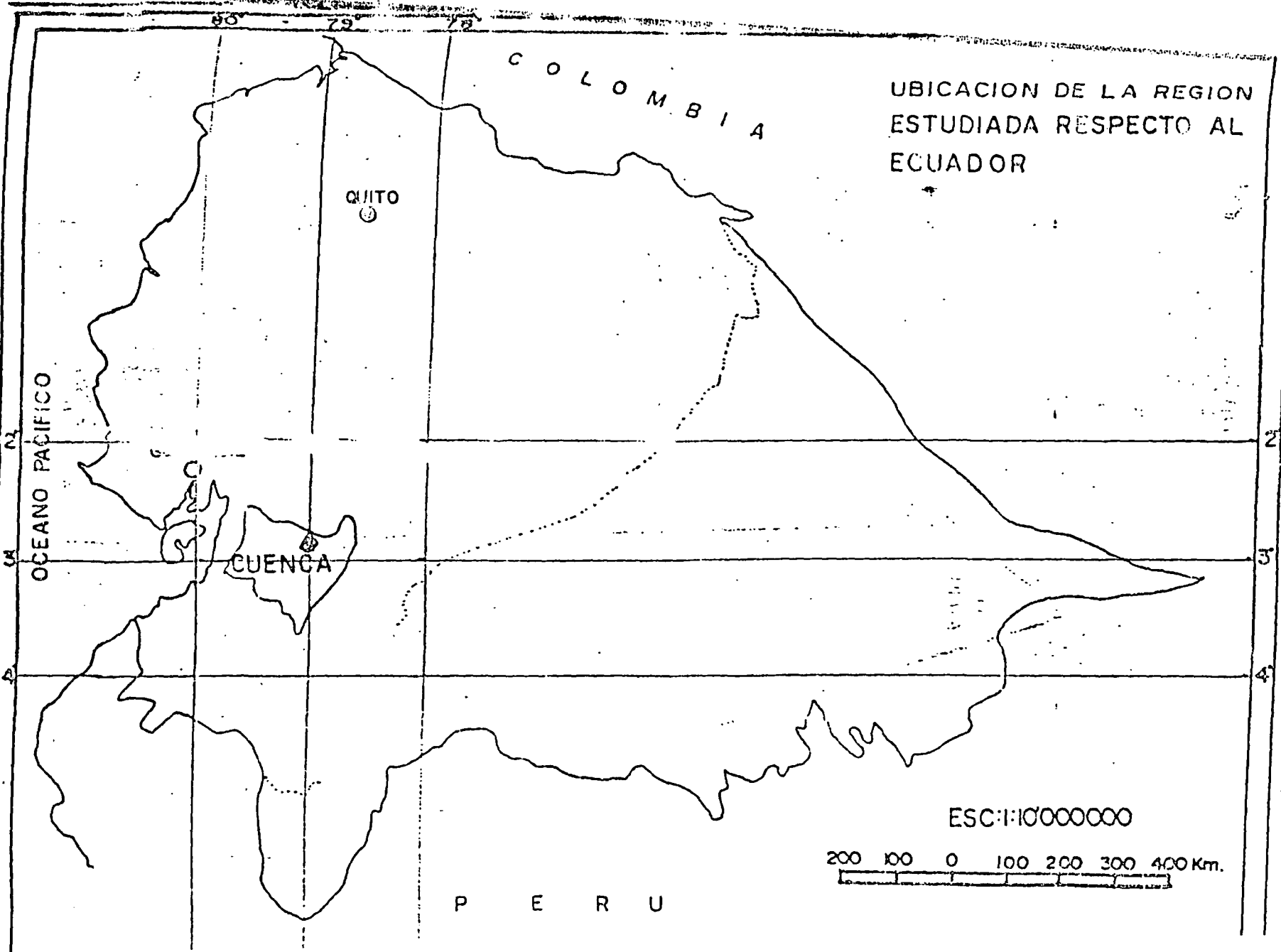


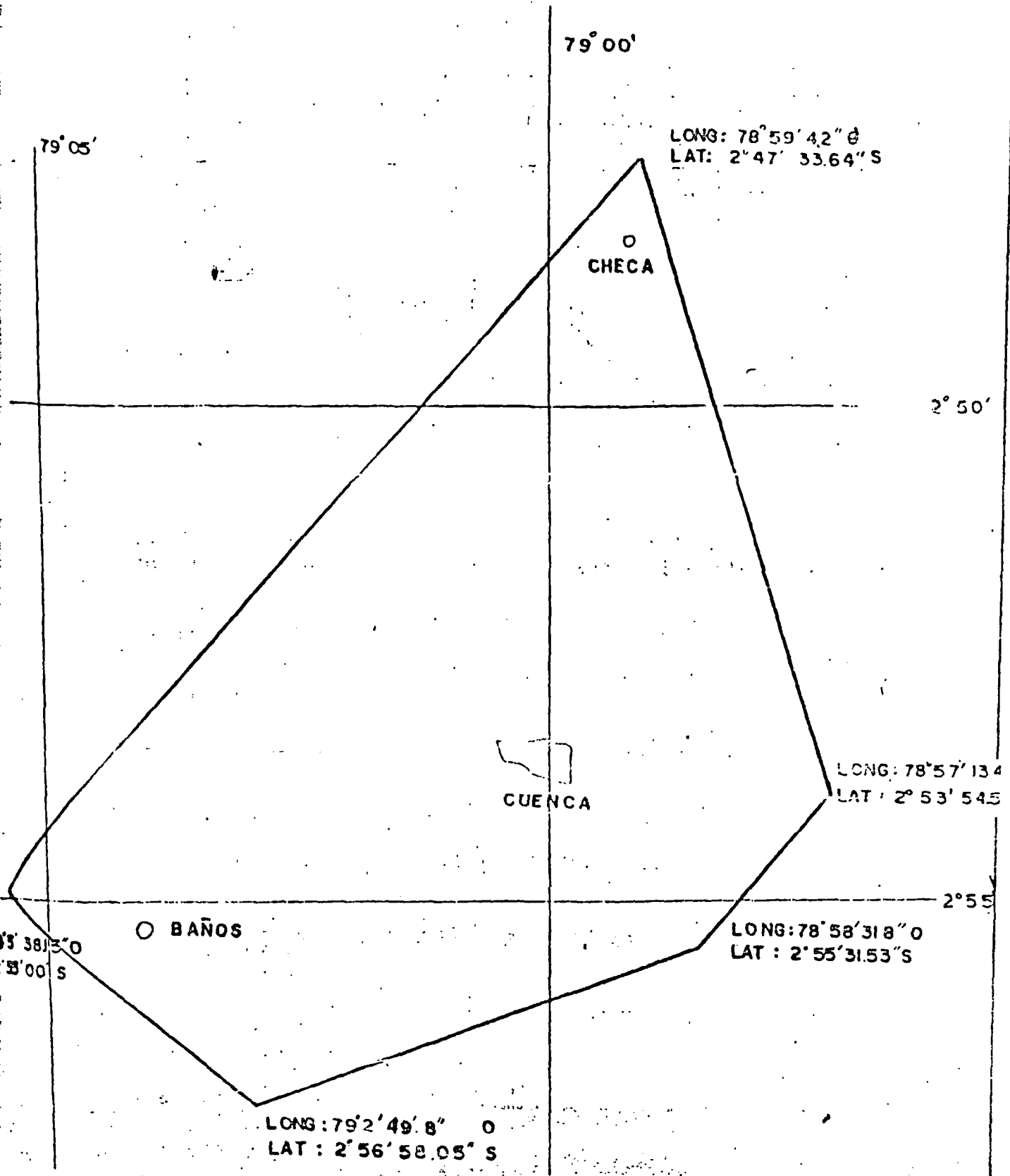
FIG. No. 6

Av. Mariana de Jesús, N° 2307 y Martín de Urrebas, TELEX 2991 INE-ED, Telfs.: 434-153 - 434-157 - 438-001 Casilla 007-C
Quito - Ecuador



LOCALIZACION DEL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1 : 100.000

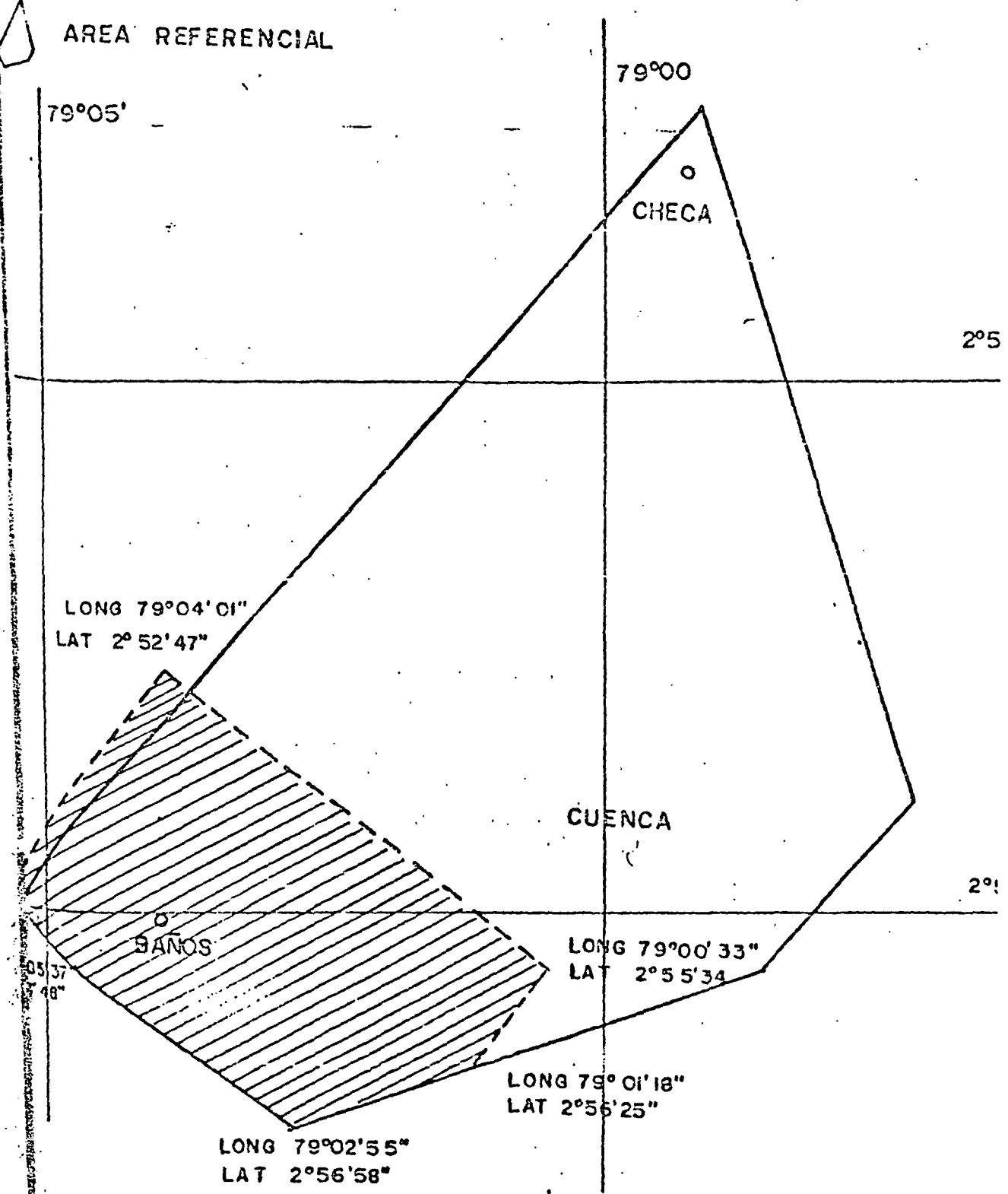


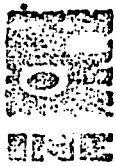
UBICACIÓN DE LA ZONA DE BAÑOS DE CUENCA CON RELACION
AL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1:100000

ZONA DE BAÑOS DE CUENCA

AREA REFERENCIAL



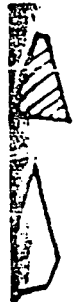


INSTITUTO
NACIONAL
DE ENERGÍA

FIG. No. 9

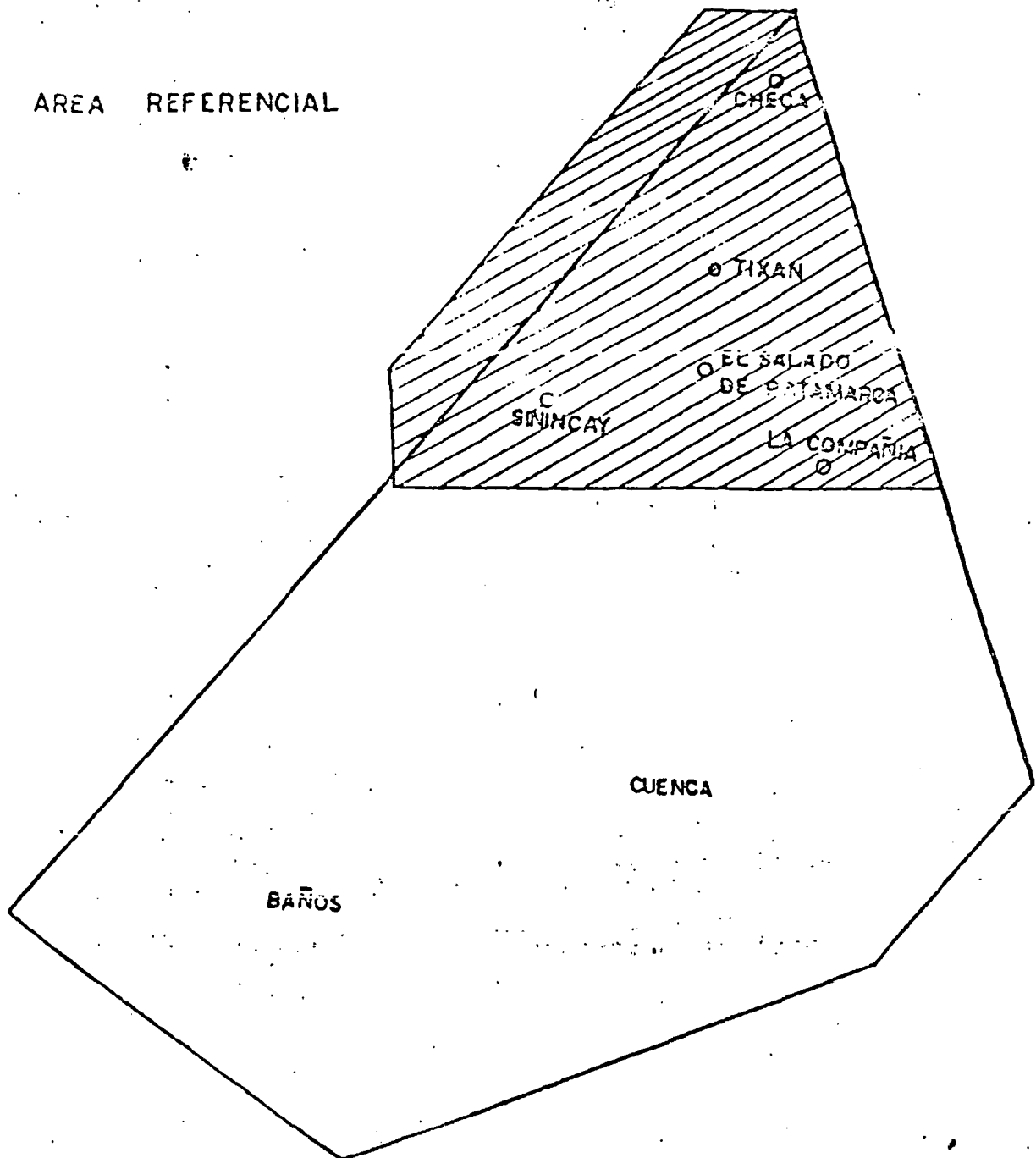
UBICACION DE LA ZONA DE PATAMARCA CON RELACION AL AREA REFERENCIAL

ESCALA 1: 100.000



ZONA DE PATAMARCA

AREA REFERENCIAL





- 24 -

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 Ma-chángara.

6.2.3 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 a provechamiento de los recursos geotérmicos de baja entalpía existentes en la zona de Cuenca (INE, Universidad Central, 1982).
- Geología del área referencial y prioritaria (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).

6.2.4 Resumen de los resultados actuales

Se han realizado dos estudios geológicos para el proyecto, un estudio geológico de reconocimiento escala 1:50.000 de un área referencial aproximada de 136 Km², localizada alrededor de la ciudad de Cuenca.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 25 -

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 éstas (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 representado por dos series metamórficas (Paute), el de la cordillera Occidental es representado 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.



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

- 26 -

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.

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.

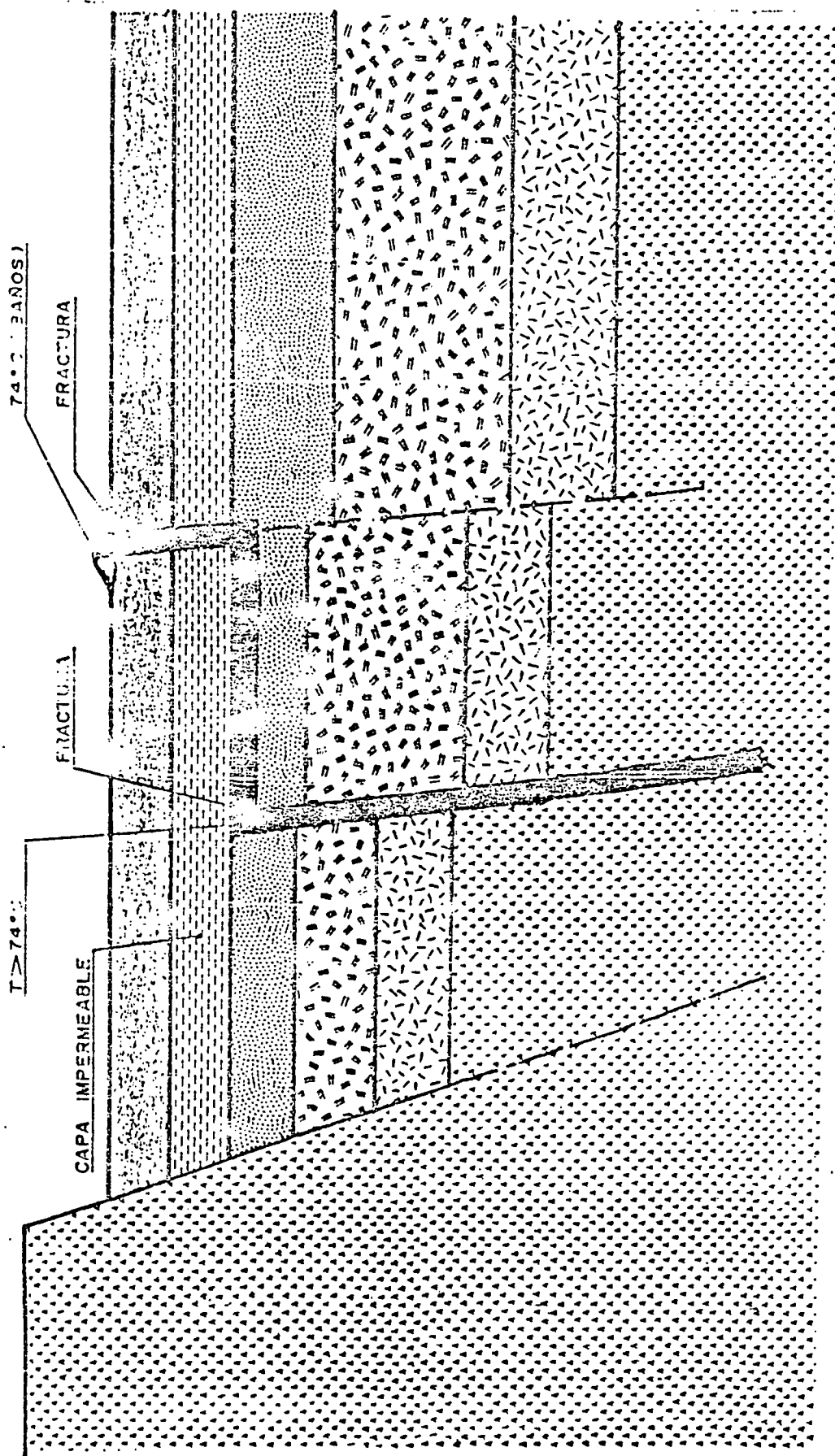
Tampoco ha sido posible geológicamente reconstruir la localización de los centros de emisión de estos productos volcánicos, ni el mecanismo de estas emisiones.

Las permeabilidades de las formaciones sedimentarias o volcano-sedimentarias, son en general débiles con excepción de la formación Biblián, 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 (2.4×10^{11} 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.





- 27 -

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 Fig. 10). 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 trabajos posteriores podría ser resumido por la figura; 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 dé 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 a diferentes temperaturas, de ahí la idea de utilizar energía proveniente del fluido geotérmico.



- 28 -

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

6.3 Definición de proyectos de utilización del recurso

El INE desde el inicio de la investigación geotérmica, se planteó utilizar el recurso geotérmico en usos directos o no eléctricos sean éstos dirigidos al sector industrial o agroindustrial.

Al momento en el país no se tiene un proyecto en marcha, pero sin embargo de acuerdo al estado de los proyectos, se ha determinado una posible utilización del recurso a nivel de prefactibilidad en el sector industrial para los dos proyectos, como se desconoce la cantidad, calidad y temperatura del recurso a encontrarse es imposible al momento definir los proyectos concretos de utilización.

Sin embargo se puede indicar que en el área de Tumbaco-Cumbayá las industrias potenciales consumidoras serían: CERVECERIA ANDINA, HILANDERIAS CUMBAYA y LATINRECO; en el área de Sangolquí-Tingo, las industrias MERCK SHARP & DHOME, CLUB BANCO DEL PACIFICO, INTEX, PROGRESO, DANEC entre otras.

Una vez que se concluya con la etapa de factibilidad; esto es con las perforaciones y se determine la presencia o no del recurso en subsuperficie, se realizaría un estudio de factibilidad en las industrias anotadas con datos concretos y reales.

6.4 Fuente de financiamiento

Los trabajos y estudios geocientíficos realizados hasta el momento en los dos proyectos se han realizado con el financiamiento y aporte de entidades externas.



- 29 -

Para el proyecto "Valle de los Chillos" se recibió aporte financiero de la Agencia Interamericana de Desarrollo, (AID), de los Estados Unidos; Comunidad Económica Europea (CEE); Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y Naciones Unidas; el aporte ha sido con fondos no reembolsables.

El aporte externo al proyecto ha sido de un 80%, el 20% aporte nacional.

Para el proyecto "Cuenca", de igual forma se ha recibido aporte financiero de AID, Comunidad Económica Europea; estableciéndose en un 40% su aporte.

Se debe recalcar que el aporte cuantificado ha sido financiero y de recursos humanos a través de expertos.

6.5 Problemas encontrados y soluciones

Durante la realización del proyecto geotérmico "Valle de los Chillos" no han existido mayormente problemas, luego del reconocimiento geotérmico nacional.

Todos los trabajos se han realizado con expertos nacionales, bajo la supervisión de un experto extranjero, con excepción de ciertos estudios como el isotópico cuyos análisis se realizaron en Viena: al igual los datos de Geofísica se interpretaron en Estados Unidos.

Los problemas encontrados no han sido de índole técnico sino más bien de tipo administrativo en demoras hasta la aprobación de los financiamientos respectivos.

El proyecto "Valle de los Chillos" está pasando a una etapa crítica como es la de factibilidad (perforación) cuyos costos son relativamente altos, que de acuerdo a la situación económica del país es difícil financiarlo; sin embargo se ha presentado la documentación necesaria al Gobierno de Italia para su financiamiento.



- 30 -

En el proyecto geotérmico "Cuenca" han sido diferentes los problemas; en la etapa de prefactibilidad, el proyecto sufrió un retraso por falta de interés de entidades seccionales por desarrollar el proyecto; problema que ha sido superado en su totalidad.

7. ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LOS PROXIMOS CINCO AÑOS

Para los próximos cinco años se prevé que por lo menos un proyecto de media y baja entalpía esté funcionando en el país.

En el proyecto geotérmico "Valle de los Chillos" se prevé realizar las siguientes actividades:

Etapa de Factibilidad

- Perforación de 2 pozos exploratorios de multipropósito.
- Perforación de pozos de producción
- Estudios de factibilidad de adaptación de las industrias actuales o nuevas que van a utilizar el fluido geotérmico.

Etapa de Desarrollo

- Instalación de las redes de distribución del fluido
- Adaptación de equipos a las industrias

Etapa de Operación y Mantenimiento

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



- 31 -

El proyecto Geotérmico "Cuenca", por tener los mismos objetivos que el anterior debe seguir la misma secuencia a notada, faltando un estudio geofísico como parte final de la etapa de prefactibilidad en la que se definirían las estructuras y anomalías de calor en subsuperficie.

8. RECURSOS HUMANOS

8.1 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 alterantiva 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



REPUBLICA DEL ECUADOR
MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS

- 32 -

Etapa de Diseño

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

Etapa de Mantenimiento y Operación

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

FOCUS ON

DRAFT

ECUADOR

A GEOTHERMAL INTERNATIONAL SERIES

SPONSORED BY:

**U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
GEOTHERMAL TECHNOLOGY DIVISION (GTD)**

PREPARED FOR:

**LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY
UNDER CONTRACT NO. 9-X36-3652C**

PREPARED BY:

**MERIDIAN CORPORATION
4300 KING STREET, SUITE 400
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22302-1508
(703) 998-3600**

SECRET

This report was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. Neither the United States nor the United States Department of Energy, nor any of their employees, nor any of their contractors, subcontractors, or their employees, makes any warranty, expressed or implied, or assumes any legal liability or responsibility for the accuracy, completeness or usefulness of any information, apparatus, product or process disclosed, or represents that its use would not infringe upon privately owned rights.

PREFACE

The *Focus on Series* is prepared to give the U.S. Geothermal Industry a quick profile of several foreign countries. The countries depicted were chosen for both their promising geothermal resources and for their various stages of geothermal development, which can translate into opportunities for the U.S. geothermal industry. The series presents condensed statistics and information regarding each country's population, economic growth and energy balance with special emphasis on the country's geothermal resources, stage of geothermal development and most recent activities or key players in geothermal development. The series also offers an extensive list of references and key contacts, both in the U.S. and in the target country, which can be used to obtain detailed information.

The series is available for the following countries:
Argentina, Azores (Portugal), China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Ethiopia, Guatemala, Honduras, Indonesia, Jordan, Mexico, St. Lucia, Thailand.

Additional countries might be available in the future.

The series is to be used in conjunction with four other publications specifically designed to assist the U.S. geothermal industry in identifying and taking advantage of geothermal activities and opportunities abroad, namely:

- The "*Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities.*" Final Report, August 1987. Prepared for Los Alamos National Laboratory.
- The "*Summary Report*" of the above publication.
- "*Equipment and Services for Worldwide Applications,*" U.S. Department of Energy.
- The "*Listing of U.S. Companies that Supply Goods and Services for Geothermal Explorers, Developers and Producers Internationally,*" August 1987, prepared by GRC.

Copies of these publications can be obtained from the Geothermal Technology Division of the U.S. Department of Energy. Correspondence should be addressed to:

Dr. John E. Mock
Geothermal Technology Division (GTD)
1000 Independence Avenue
U.S. Department of Energy
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

NOTE

Data presented in this document are based on several U.S. government official publications as well as international organizations, namely:

- Background Notes (U.S. Department of State)
- Foreign Economic Trends (U.S. Department of Commerce)
- World Development Report 1987 (World Bank)
- International Data Base for the U.S. Renewable Energy Industry, May 1986 (U.S. Department of Energy)

The country's geothermal resources write-up is a revision and update of the Appendix in the "Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities." LANL, August 1987.

CONTENTS	PAGE
Focus on Ecuador	1
Geothermal Resources	3
References and Key Contacts	
A. Business Climate Sources of Information	6
B. Geothermal-related Sources of Information	7
C. Key Contacts	8

FOCUS ON

ECUADOR

Official Name: Republic of Ecuador

Area: 283,561 sq. km. (109,483 sq. mi.)

Capital: Quito

Population (1985): 9.4 million

Population Growth Rate: 2.8%

Languages: Spanish (official), Indian languages, especially Quechua.

Economic Indicators:

Real GDP (1985): \$12.1 billion

Real Annual Growth Rate (1985): 3.8%

Per Capita Income (1985): \$1,299

Avg. Inflation Rate (1985): 24.4%

Trade and Balance of Payments:

(1985) Exports: \$2.9 billion; Major Markets: U.S., Latin American Integration Association

(1985) Imports: \$1.8 billion; Major Suppliers: U.S., E.E.C, Japan

(August 20, 1986) Official Exchange Rate: 95.5 sucres = U.S. \$1 (official);
162 sucres = U.S. \$1 (market)

Energy Profile: (Based on 1982 data unless otherwise indicated)

- Commercial Fuel Energy Consumption:

Total: 4,882 million ton of oil equivalent (mtoe)
1-Yr. Growth: 1.2%

- Commercial Fuel Breakdown:

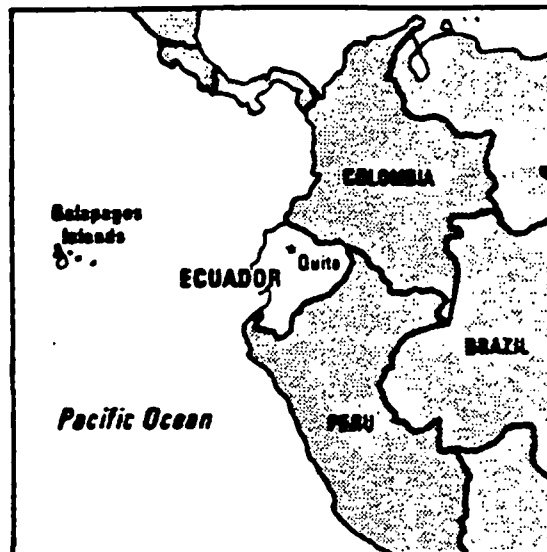
Liquid Fuels Pct: 92%

Solid Fuel Pct: *

Natural Gas Pct: 2%

Electric Pct: 6%

Commercial Fuel Consumption Growth Rate (1970-1980): 11.7%



* Negligible

- Electricity Generation Capacity:
 - (1982) Total Installed Elec. Capacity: 1,200 MW
 - Hydro: 19%
 - Hydro Potential: 22,733 MW
 - Steam: 0%
 - Gas Turbine: 0%
 - Diesel: 81%
 - Other: 0%
- Electricity Sales:
 - Total: 2,930 GWh
 - Residential: 39%
 - Commercial: 14%
 - Industrial: 38%
 - Government: 9%
 - Other: *
 - Average Electricity Price: *
- Geothermal Power Generation Status:
 - Reservoir Potential (MW): *
 - Temperature Range: *
- Geographic Locations: Andes Mountains and along Colombia-Ecuador border
- Development Status: General reconnaissance throughout the country and preliminary prefeasibility study in Valle De Los Chillos
- Countries Actively Involved: Italy, U.S.
- General Need for Assistance: Further prefeasibility studies, exploratory drilling, reservoir testing and modeling, production drilling and financing

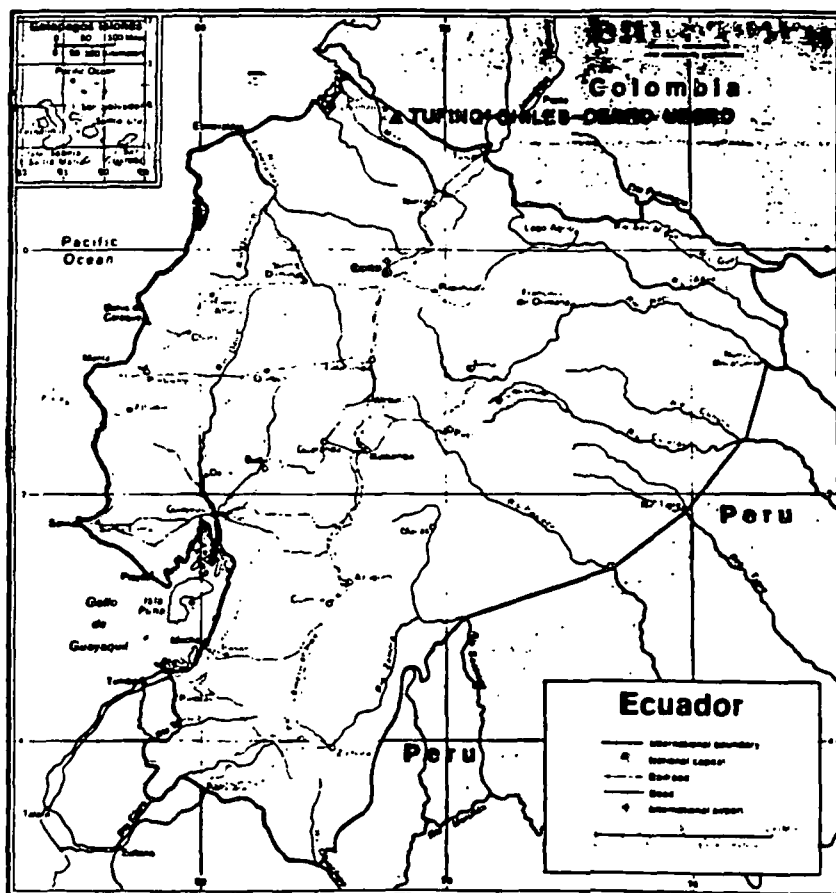
* Not available

GEOHERMAL RESOURCES

Ecuador is located along the equator between Colombia and Peru in South America. Volcanic activity is prevalent in central Ecuador, where over 40 hot springs are located in the Andes Mountains.

The Ecuadorian Institute of Electrification (INECEL) began the first assessment of the geothermal resources of Ecuador in 1978. Reconnaissance investigations were carried out nationwide jointly by INECEL and the Latin American Energy Organization (OLADE) technicians. From these initial studies, which were completed in 1980, potential high-enthalpy geothermal areas were selected and prioritized based on the results of hydraulic studies and water chemistry, and special relationships with recent volcanic rocks. Three areas were eventually classified as high priority areas.

As a result of the reconnaissance investigations, the Tufino-Chiles area of Ecuador was identified as having the greatest geothermal potential. In 1981, INECEL began prefeasibility studies in the Tufino geothermal area, located along the Colombia-Ecuador border in the Western Andean Cordillera. The border between the two nations passes through the peaks of two volcanic centers (Chiles in Ecuador and Cerro Negro in Colombia) dividing the area in two. The Tufino area is characterized by pervasive hydrothermal alteration and widespread distribution of young volcanic rocks (less than 35,000 years old). A small phreatic explosion crater is also present.



▲ Geothermal Resources

The first binational integration project based on the utilization of geothermal energy was negotiated between ICEL of Colombia and INECEL of Ecuador for the Tufino-Chiles-Cerro Negro field. The prefeasibility studies proposed for this field would probably be carried out by OLADE with financing from the IDB and the Italian government.

The Chalupas geothermal area is located approximately 70 km southeast of Quito, Pichincha Province. The thermal anomaly is centered within a caldera formed from an eruption/collapse of the Chalupas Volcano. The caldron substrate consists of Pliocene volcanics that are thought to be potential reservoir rocks.

The Imbabura area is situated in the Province of Imbabura approximately 20 km north of Quito and includes three volcanic centers and one volcanic dome complex. According to reconnaissance studies, numerous hot springs are present with high dissolved gas contents. An application to finance a prefeasibility study in the Imbabura Cayambe geothermal fields has been submitted.

The Iguan Volcano and the Chalpatan Caldera, located in the Province of Charchi, have also been identified by regional studies as two other promising areas.

The Valle de los Chillos Geothermal project, located 12 km east of Quito, started in 1982 with U.S. AID funds was completed in June 1985. It is the first Latin American geothermal direct-use project. The National Institute of Energy (INE), in charge of national energy planning and development, is now looking for financing exploratory and production drilling.

Bibliography:

Almeida, E., 1983, "Summary of the Status of Geothermal Exploration in Ecuador as Carried Out by the Ecuadoran Institute of Electrification (INECEL)." Latin America Seminar on Geothermal Exploration, OLADE.

Inter-American Development Bank, 1984, "Activities of the Inter-American Development Bank in the Development of New and Renewable Energy Resources in Latin America and the Caribbean."

Acosta, M.A., 1986, "Valle de los Chillos Low Enthalpy Geothermal Project - A Case History." UN workshop on the Development and Exploitation of Geothermal Energy in Developing Countries. Iceland and Italy, Sept. 1986.

**REFERENCES
AND
KEY CONTACTS**

A. Business Climate Sources of Information

The following references are suggested for timely information on the business climate in Ecuador.

U.S. GOVERNMENT PUBLICATIONS

U.S. Department of Commerce

- Foreign Economic Trends (FET) and their Implications for the U.S.
- Overseas Business Reports (OBR)

U.S. Department of State

- Background Notes

NON-GOVERNMENT PUBLICATIONS

- International Series, published by Ernst and Whinney
- Businessman's Guide to....., published by Price Waterhouse and Co.
- Information Guide: Doing Business in, published by Price Waterhouse and Co.
- Task and Trade Guide, published by Arthur Andersen
- Task and Investment Profile, published by Touche Ross and Co.

B. Geothermal-Related Sources of Information

The following reports and documents are suggested for further information regarding geothermal energy and export opportunities overseas:

Los Alamos National Laboratory:

- Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities

U.S. Department of Energy

- Equipment and Services for Worldwide Applications
- Guide to the International Development and Funding Institutions for the U.S. Renewable Energy Industry
- Federal Export Assistance Programs Applicable to the U.S. Renewable Energy Industry
- International Data Base for the U.S. Renewable Energy Industry
- Committee on Renewable Energy Commerce and Trade: CORECT's Second Year - October 1985-November 1986

California Energy Commission (CEC)

- Foreign Geothermal Energy Market Analysis
- Small Scale Electric Systems Using Geothermal Energy: A Guide to Development

U.S. Department of Commerce - International Trade Administration

- A Competitive Assessment of the U.S. Renewable Energy Equipment Industry

U.S. Export Council for Renewable Energy

- International Renewable Energy Industry Trade Policy

C. KEY CONTACTS

Ecuador

Ministry of Energy and Mines
Santa Prisca 223
Quito, Ecuador
Telex 22272
Attn: Javier Espinosa

Quito Chamber of Commerce
Box 202
Quito, Ecuador

U.S. Embassy
Avenida Patria 120
Quito, Ecuador
Tel: 23-570
Attn: Frank Almaquer
Officer in Charge
USAID Mission
Tel: 521100

Agency for International Development

- Bureau for Science and Technology

Dr. James Sullivan
Director, Office of Energy
Bureau for Science & Technology
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(703) 235-8902

- Bureau for Private Enterprise

Mr. Sean P. Walsh
Director, Office of Investment
Bureau for Private Enterprise
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-9843

Mr. Russell Anderson
Director, Office of Project Development
Bureau for Private Enterprise
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-5806

- Bureau for External Affairs

Ms. Rhea Johnson
Director, Office of Public Inquiries
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-1850

- Bureau for Latin America/Caribbean

Mr. Terrence Brown
Director, Office of Development Resources
Bureau for Latin America and the Caribbean
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-9149

- Publications

Ms. Dolores Weiss
Director, Office of Publications
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-4330

U.S. Department of Commerce/International Trade Administration

- Office of International Major Projects

Mr. Leo E. Engleson
Office of International Major Projects
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2732

- Foreign Industry Sector

Mr. Les Garden
International Trade Specialist for Renewable Energy Equipment
Office of General Industrial Machinery
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-0556

- International Economic Policy

Mr. Peter B. Field
Director, Office of South America
Office of International Economic Policy
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2436

- Office of Trade Promotion

Mr. Saul Padwo
Director
Office of Trade Promotion
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-1468

- Export Development

Ms. Laverne Branch
Latin America, Middle East and Africa
U.S. and Foreign Commercial Service (USFCS)
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-4756

- Minority Business Development Centers

Minority Business Development Agency
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-1936

or contact:

Regional Offices:

Atlanta, GA (404) 881-4091
Chicago, IL (312) 353-0182
San Francisco, CA (415) 556-7234
Dallas, TX (214) 767-8001
New York, NY (212) 264-3262
Washington, DC (202) 377-8275 or 8267

- DOC Marketing Periodicals

Superintendent of Documents
U.S. Government Printing Office
Washington, DC 20402
(202) 783-3238

U.S. Department of Energy

Dr. Robert San Martin
DAS/RE
Office of Conservation and Renewable Energy
CE-030
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-9275

Dr. John E. Mock
Director, Geothermal Technology Division (GTD)
Office of Conservation and Renewable Energy
CF-342
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

Export-Import Bank

- International Lending

Mr. James R. Sharpe
Senior Vice President, International Lending
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8187

- Latin America Division

Mr. Richard D. Crafton
Vice President, Latin America Division
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8943

Geothermal Resources Council

Mr. David N. Anderson
111 Q Street, Suite 29
P.O. Box 1350
Davis, CA 95617-1350
(916) 758-2360

Inter-American Development Bank

Mr. Gustavo Calderon
Chief, Non-Conventional Energy Section
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-1978

Mr. Calvin DePass
Macroeconomist
Division of Country Studies
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-2441

International Trade Commission

Office of Publications
701 E Street, NW
International Trade Commission
Washington, DC 20436
(202) 523-5178

Office of the U.S. Trade Representative

Mr. Fred Ryan
Director, Private Sector Liaison Division
Office of the U.S. Trade Representative
600 17th Street, NW
Washington, DC 20506
(202) 456-7140

Overseas Private Investment Corporation

- Insurance Department

Mr. John W. Gurr
Regional Manager, Latin America Division
Insurance Department
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7054

- Energy Program

Mr. R. Douglas Greco
Manager, Natural Resources
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7044

- Finance Department

Ms. Suzanne M. Goldstein
Managing Director, Financial Services and Product
Development
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7192

Mr. John Paul Andrews
Managing Director, Major Projects
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7196

- Office of Development

Mr. Michael R. Stack
Development Assistance Director
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7135

Small Business Administration

Mr. Michael E. Deegan
Director, Office of International Trade
U.S. Small Business Administration
1441 L Street, NW, Room 100
Washington, DC 20416
(202) 653-7794

Trade and Development Program

- Latin America and Central America

Mr. Joe J. Sconce
Regional Director
320-21st Street, NW
Washington, DC 20523
(703) 235-3657

United Nations

- United Nations Development Program

Mr. A. Bruce Harland
Director, UNDP Energy Office
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 906-6090

- United Nations Department of Technical Cooperation
for Development

Mr. Edmund K. Leo
Chief, Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8773

Mr. Nicky Beredjick
Director, National Resources and Energy Division
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8764

Mr. Mario Di Paola
Technical Adviser on Geothermal Energy
Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8596

Mr. Joseph V. Acakpo-Satchivi
Secretary, Committee on the Development and Utilization of New
and Renewable Sources of Energy
United Nations
New York, NY 10017
(212) 963-5737

- Publications

Development Business
P.O. Box 5850
Grand Central Station
New York, NY 10163-5850
(212) 963-4460

World Bank

Mr. Anthony A. Churchill
Director, Industry and Energy Department
Sector Policy and Research
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 477-4676

Mr. Gunter Schramm
Division Director
Energy Development Division
Industry and Energy Department
Sector Policy and Research
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 473-3266

Mr. Robert J. Saunders
Division Director
Energy Strategy, Management and
Assessment Division
Industry and Energy Department
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 473-3254

- Regional Offices

Mr. Pieter P. Bottelier
Country Director, CD IV
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-9378

Mr. Alain Thys
Division Chief, CD IV
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-0001

Mr. Everardo C. Wessels
Technical Director
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-1051

Mr. Miguel E. Martinez
Technical Adviser
Infrastructure and Energy Division
Latin American and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 477-2185

- Public Affairs Office

The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC
(202) 477-1234

- Publications

**Development Business
P.O. Box 5850
Grand Central Station
New York, NY 10163-5850
(212) 754-4460**

FOCUS ON

DRAFT

ECUADOR

A GEOTHERMAL INTERNATIONAL SERIES

SPONSORED BY:

**U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
GEOTHERMAL TECHNOLOGY DIVISION (GTD)**

PREPARED FOR:

**LOS ALAMOS NATIONAL LABORATORY
UNDER CONTRACT NO. 9-X36-3652C**

PREPARED BY:

**MERIDIAN CORPORATION
4300 KING STREET, SUITE 400
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22302-1508
(703) 998-3600**

FOCUS ON

ECUADOR

Official Name: Republic of Ecuador

Area: 283,561 sq. km. (109,483 sq. mi.)

Capital: Quito

Population (1985): 9.4 million

Population Growth Rate: 2.8%

Languages: Spanish (official), Indian languages, especially Quechua.

Economic Indicators:

Real GDP (1985): \$12.1 billion

Real Annual Growth Rate (1985): 3.8%

Per Capita Income (1985): \$1,299

Avg. Inflation Rate (1985): 24.4%

Trade and Balance of Payments:

(1985) Exports: \$2.9 billion; Major Markets: U.S., Latin American
Integration Association

(1985) Imports: \$1.8 billion; Major Suppliers: U.S., E.E.C, Japan

(August 20, 1986) Official Exchange Rate: 95.5 sucres = U.S. \$1 (official);
162 sucres = U.S. \$1 (market)

Energy Profile: (Based on 1982 data unless otherwise indicated)

- Commercial Fuel Energy Consumption:

Total: 4,882 million ton of oil equivalent (mtoe)

1-Yr. Growth: 1.2%

- Commercial Fuel Breakdown:

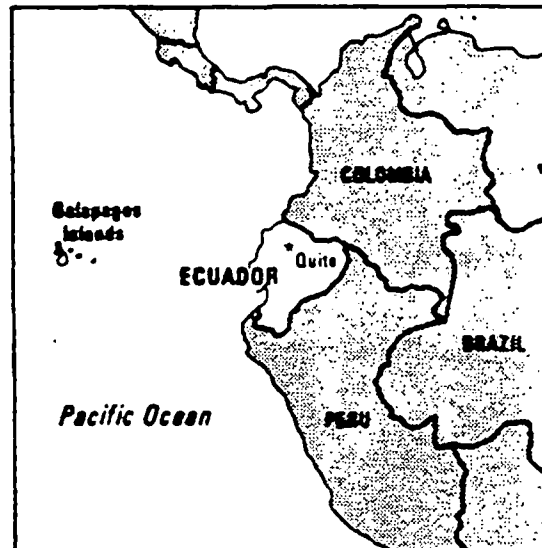
Liquid Fuels Pct: 92%

Solid Fuel Pct: *

Natural Gas Pct: 2%

Electric Pct: 6%

Commercial Fuel Consumption Growth Rate (1970-1980): 11.7%



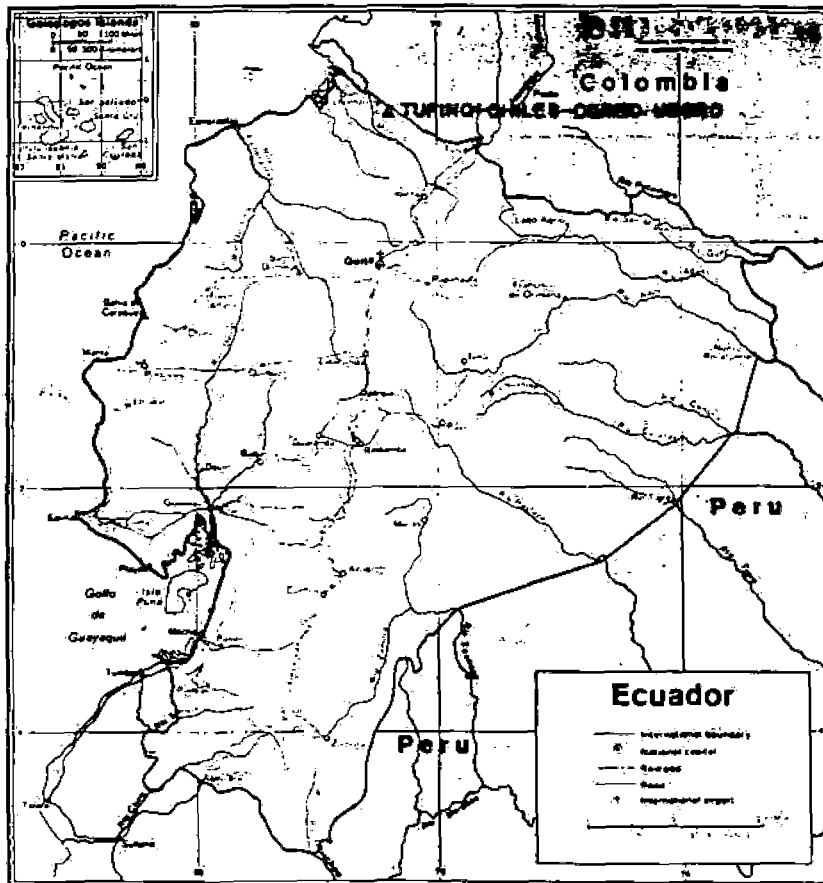
* Negligible

GEOHERMAL RESOURCES

Ecuador is located along the equator between Colombia and Peru in South America. Volcanic activity is prevalent in central Ecuador, where over 40 hot springs are located in the Andes Mountains.

The Ecuadorian Institute of Electrification (INECEL) began the first assessment of the geothermal resources of Ecuador in 1978. Reconnaissance investigations were carried out nationwide jointly by INECEL and the Latin American Energy Organization (OLADE) technicians. From these initial studies, which were completed in 1980, potential high-enthalpy geothermal areas were selected and prioritized based on the results of hydraulic studies and water chemistry, and special relationships with recent volcanic rocks. Three areas were eventually classified as high priority areas.

As a result of the reconnaissance investigations, the Tufino-Chiles area of Ecuador was identified as having the greatest geothermal potential. In 1981, INECEL began prefeasibility studies in the Tufino geothermal area, located along the Colombia-Ecuador border in the Western Andean Cordillera. The border between the two nations passes through the peaks of two volcanic centers (Chiles in Ecuador and Cerro Negro in Colombia) dividing the area in two. The Tufino area is characterized by pervasive hydrothermal alteration and widespread distribution of young volcanic rocks (less than 35,000 years old). A small phreatic explosion crater is also present.



▲ Geothermal Resources

**REFERENCES
AND
KEY CONTACTS**

B. Geothermal-Related Sources of Information

The following reports and documents are suggested for further information regarding geothermal energy and export opportunities overseas:

Los Alamos National Laboratory:

- Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities

U.S. Department of Energy

- Equipment and Services for Worldwide Applications
- Guide to the International Development and Funding Institutions for the U.S. Renewable Energy Industry
- Federal Export Assistance Programs Applicable to the U.S. Renewable Energy Industry
- International Data Base for the U.S. Renewable Energy Industry
- Committee on Renewable Energy Commerce and Trade: CORECT's Second Year - October 1985-November 1986

California Energy Commission (CEC)

- Foreign Geothermal Energy Market Analysis
- Small Scale Electric Systems Using Geothermal Energy: A Guide to Development

U.S. Department of Commerce - International Trade Administration

- A Competitive Assessment of the U.S. Renewable Energy Equipment Industry

U.S. Export Council for Renewable Energy

- International Renewable Energy Industry Trade Policy

- Bureau for External Affairs

Ms. Rhea Johnson
Director, Office of Public Inquiries
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-1850

- Bureau for Latin America/Caribbean

Mr. Terrence Brown
Director, Office of Development Resources
Bureau for Latin America and the Caribbean
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-9149

- Publications

Ms. Dolores Weiss
Director, Office of Publications
Bureau for External Affairs
Agency for International Development
Washington, DC 20523
(202) 647-4330

U.S. Department of Commerce/International Trade Administration

- Office of International Major Projects

Mr. Leo E. Engleson
Office of International Major Projects
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-2732

- Foreign Industry Sector

Mr. Les Garden
International Trade Specialist for Renewable Energy Equipment
Office of General Industrial Machinery
International Trade Administration
U.S. Department of Commerce
Washington, DC 20230
(202) 377-0556

U.S. Department of Energy

Dr. Robert San Martin
DAS/RE
Office of Conservation and Renewable Energy
CE-030
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-9275

Dr. John E. Mock
Director, Geothermal Technology Division (GTD)
Office of Conservation and Renewable Energy
CF-342
U.S. Department of Energy
1000 Independence Avenue, SW
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

Export-Import Bank

- International Lending

Mr. James R. Sharpe
Senior Vice President, International Lending
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8187

- Latin America Division

Mr. Richard D. Crafton
Vice President, Latin America Division
Export-Import Bank
811 Vermont Avenue, NW
Washington, DC 20571
(202) 566-8943

Geothermal Resources Council

Mr. David N. Anderson
111 Q Street, Suite 29
P.O. Box 1350
Davis, CA 95617-1350
(916) 758-2360

Inter-American Development Bank

Mr. Gustavo Calderon
Chief, Non-Conventional Energy Section
Inter-American Development Bank
1300 New York Avenue, NW
Washington, DC 20577
(202) 623-1978

Mr. John Paul Andrews
Managing Director, Major Projects
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7196

- Office of Development

Mr. Michael R. Stack
Development Assistance Director
Overseas Private Investment Corporation
1615 M Street, NW
Washington, DC 20527
(202) 457-7135

Small Business Administration

Mr. Michael E. Deegan
Director, Office of International Trade
U.S. Small Business Administration
1441 L Street, NW, Room 100
Washington, DC 20416
(202) 653-7794

Trade and Development Program

- Latin America and Central America

Mr. Joe J. Sconce
Regional Director
320-21st Street, NW
Washington, DC 20523
(703) 235-3657

United Nations

- United Nations Development Program

Mr. A. Bruce Harland
Director, UNDP Energy Office
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 906-6090

- United Nations Department of Technical Cooperation
for Development

Mr. Edmund K. Leo
Chief, Energy Resources Branch
Department of Technical Cooperation for Development
One United Nations Plaza
New York, NY 10017
(212) 963-8773

Mr. Robert J. Saunders
Division Director
Energy Strategy, Management and
Assessment Division
Industry and Energy Department
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 473-3254

- Regional Offices

Mr. Pieter P. Bottelier
Country Director, CD IV
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-9378

Mr. Alain Thys
Division Chief, CD IV
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-0001

Mr. Everardo C. Wessels
Technical Director
Latin America and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 676-1051

Mr. Miguel E. Martinez
Technical Adviser
Infrastructure and Energy Division
Latin American and Caribbean Region
The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC 20433
(202) 477-2185

- Public Affairs Office

The World Bank
1818 H Street, NW
Washington, DC
(202) 477-1234

PREFACE

The *Focus on Series* is prepared to give the U.S. Geothermal Industry a quick profile of several foreign countries. The countries depicted were chosen for both their promising geothermal resources and for their various stages of geothermal development, which can translate into opportunities for the U.S. geothermal industry. The series presents condensed statistics and information regarding each country's population, economic growth and energy balance with special emphasis on the country's geothermal resources, stage of geothermal development and most recent activities or key players in geothermal development. The series also offers an extensive list of references and key contacts, both in the U.S. and in the target country, which can be used to obtain detailed information.

The series is available for the following countries:
Argentina, Azores (Portugal), China, Costa Rica, Ecuador, El Salvador,
Ethiopia, Guatemala, Honduras, Indonesia, Jordan, Mexico, St. Lucia, Thailand.

Additional countries might be available in the future.

The series is to be used in conjunction with four other publications specifically designed to assist the U.S. geothermal industry in identifying and taking advantage of geothermal activities and opportunities abroad, namely:

- The "*Review of International Geothermal Activities and Assessment of U.S. Industry Opportunities.*" Final Report, August 1987. Prepared for Los Alamos National Laboratory.
- The "*Summary Report*" of the above publication.
- "*Equipment and Services for Worldwide Applications,*" U.S. Department of Energy.
- The "*Listing of U.S. Companies that Supply Goods and Services for Geothermal Explorers, Developers and Producers Internationally,*" August 1987, prepared by GRC.

Copies of these publications can be obtained from the Geothermal Technology Division of the U.S. Department of Energy. Correspondence should be addressed to:

Dr. John E. Mock
Geothermal Technology Division (GTD)
1000 Independence Avenue
U.S. Department of Energy
Washington, DC 20585
(202) 586-5340

CONTENTS	PAGE
Focus on Ecuador	1
Geothermal Resources	3
References and Key Contacts	
A. Business Climate Sources of Information	6
B. Geothermal-related Sources of Information	7
C. Key Contacts	8