

PROYECTO DE DESARROLLO GEOTERMICO
EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN
REPUBLICA ARGENTINA

ULTIMA (TERCERA) ETAPA
INFORME FINAL
SINTESIS

NOVIEMBRE 1984

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

PROYECTO DE DESARROLLO GEOTERMICO
EN LA ZONA NORTE DE LA PROVINCIA DEL NEUQUEN,
REPUBLICA ARGENTINA

ULTIMA (TERCERA) ETAPA
INFORME FINAL
SINTESIS

NOVIEMBRE 1984

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

國際電力集團	
於 86.9.96	701
登錄號 15363	643
	MPN

INTRODUCCION

El presente informe constituye la síntesis de los puntos sobresalientes del Informe Final correspondiente a la terminación de los estudios, análisis e interpretaciones de la Última Etapa (Tercera Etapa) del “Proyecto de Desarrollo Geogénico en la Zona Norte de la Provincia del Neuquén”, poniendo énfasis en los resultados obtenidos en esta última etapa.

INDICE

Conclusiones y Recomendaciones	1
Conclusiones	1
Recomendaciones	3
Objetivos y Metodologías del estudio	5
Primera etapa de estudios	5
Segunda etapa de estudios	6
Tercera etapa de estudios	6
Participantes	7
Contenido de las tareas realizadas	7
Resultados de los estudios de la tercera etapa	9
Estudios de Flujos Calor (100m de profundidad)	9
Revantamiento Geoelectrico (Metodo Schlumberger)	9
Revantamiento ismico (Reflexion poco profunda de alta resolución)	10
Estudio de Isótopos	11
Resultados del Analisis Integral	13
Análisis Integral en Perfil (Perfiles Integrales de Interpretación)	13
Análisis Integral en Planimetría (Mapa Integral de Interpretación)	14

LISTA DE FIGURAS Y CUADROS

OBJETIVO Y METODOLOGIAS DE TRABAJO

Figura

- Fig. 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIOS
(Location map of the survey area)

Cuadros

- Cuadro 1 ESQUEMA DE FLUJO Y CONTENIDO DE LAS 3 ETAPAS DE ESTUDIO
(Flow chart of the survey in 3 phases)
- Cuadro 2 ESQUEMA OPERATIVO DE LAS TAREAS DE LAS 3 ETAPAS DE ESTUDIO
(Progress of the survey in 3 phases)
- Cuadro 3 INTEGRANTES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO EN LAS 3 ETAPAS
(Members of the survey team of 3 phases)
- Cuadro 4 TAREAS ESPECIFICAS REALIZADAS EN LAS 3 ETAPAS
(Specific survey work carried out by 3 phases surveys)

RESULTADOS DE LAS ESTUDIOS DE LA TERCERA ETAPA

Figura

- Fig. 2 MAPA DE UBICACION DEL AREA ESTUDIADA EN LA TERCERA ETAPA
(Location map of the third phase survey)

1 – ESTUDIOS DE FLUJOS DE CALOR

Figuras

- Fig. 3 CUADRO DE LAS PERFORACIONES Y TEMPERATURAS MEDIDAS
(Period of drilling and measuring ground temperature)
- Fig. 4 DISTRIBUCION DE LAS TEMPERATURAS DE EQUILIBRIO EN PERFORACIONES
(Profile of an equilibrium temperature)
- Fig. 5 EJEMPLOS DE PERFILES DE POZOS
(Examples of geological logs)
- Fig. 6 DISTRIBUCION DE TEMPERATURAS A 100 m DE PROFUNDIDAD
(Distribution map of ground temperature at the 100 m depth)
- Fig 7 DISTRIBUCION DE FLUJOS CALORICOS
(Distribution map of heat flow)

Cuadro

- Cuadro 5 CUADRO DE LAS PERFORACIONES REALIZADAS
(Drilling scheme)

2.- REVANTAMIENTO GEOELECTRICO

Figuras

- Fig. 8 PERFILES DE RESISTIVIDAD APARENTE (Linea A-E)
(Apparent resistivity sections, Line A-E)
- Fig. 9 MAPA DE DISTRIBUCION DE LA RESISTIVIDAD APARENTE
(AB/2:250 m)
(Plan map of apparent resistivity, AB/2:250 m)
- Fig. 10 MAPA DE DISTRIBUCION DE LA RESISTIVIDAD APARENTE (AB/
2:1,500 m)
(Plan map of apparent resistivity, AB/2 1,500 m)
- Fig. 11 PERFIL COLUMNAR ESQUEMATICO CON RESISTIVIDAD Y PORO-
SIDAD EFECTIVA
(Schematic columnar section of resistivity and effective porosity)
- Fig. 12 PERFILES DE INTERPRETACION DE RESISTIVIDAD (Linea A-E)
(Resistivity sections, Line A-E)
- Fig. 13 MAPA ESTRUCTRAL DEL BASAMENTO SEGUN RESISTIVIDAD
(Structural map of the resistivity basements)

3.- REVANTAMIENTO SISMICO

Figuras

- Fig. 14 PERFILES DE REGISTROS SISMICOS (Linea A-E)
(Seismic sections, Line A-E)
- Fig. 15 PERFILES DE INTERPRETACION DE PROFUNDIDAD (Linea
A-E)
(Seismic interpretation depth sections, Line A-E)
- Fig. 16 CUADRO DE PERFIL COLUMNAR SOBRE VELOCIDAD SONICA
(Schematic columnar section of sonic velocity)
- Fig. 17 MAPA ESTRUCTRAL DEL BASEMENTO SISMICO
(Structural map of the seismic basements)

4. ESTUDIO DE ISOTOPOS

Figuras

- Fig. 18 GRAFICO DE CORRELACION ENTRE δD Y $\delta^{18}O$ (Correlation between
(Correlation between δD and $\delta^{18}O$)
- Fig. 19 EJEMPLOS MUNDIALES DE CORRELACION ENTRE δD Y $\delta^{18}O$
(Examples of Correlation between δD and $\delta^{18}O$)

Cuadro

- Cuadro 6 CUADRO DE LOS ANALISIS ISOTOPICOS EN EL AREA DOMUYO
(List of isotopic analysis of hot water in Domuyo)

RESULTADOS DE ANALISIS INTEGRAL FIGURAS

Figuras

- Fig. 20 MAPA GEOLOGICO
(Geological map of the survey area)
- Fig. 21 ZONACION DE LA DISTRIBUCION DE LA ANOMALIA DE BOU-
GUER
(Zoning of Bouguer anomaly map)
- Fig. 22 ZONACION SEGUN TIPOS DE FUENTES Y TEMPERATURAS
(Composite map of zoning of hot spring-fumarole and geochemical geo-
thermo-temperature)

Fig. 23 MODELS DEL RESERVORIO DE FLUIDOS GEOTERMIOS
(Model of circulation mechanism of geothermal fluid and geotherma reservoir structure)

Cuadro

Cuadro 7 CLASIFICACION DE ESTRUCTURA GEOTERMICA
(Geothermal System of the Domuyo area)

1.— ANALISIS INTEGRAL EN PERFIL

Figura

Fig. 24 PERFILES INTEGRALES DE INTERPRETACION SINTETICA
(Synthetic interpretation sections of geophysical prospectings (Line A–E))

2.— ANALISIS INTEGRAL EN PLANIMETRIA

Figura

Fig. 25 MAPA INTEGRAL DE INTERPRETACION SINTETICA
(Synthetic interpretation map)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

En la zona norte de la provincia del Neuquén se realizaron sucesivamente los siguientes estudios: 1) interpretación geológica de imágenes satelitarias y de fotografías aéreas, con relevamiento geológico de campo, en un área de 15.000 Km². 2) selección de 40 Km² en el sector de Domuyo, como resultado de relevamientos geológicos, geoquímicos y gravimétricos, y 3) estudios de flujos calóricos, relevamientos geoelectrico y sísmico y estudios de isótopos.

Como conclusión basada en el análisis integral de todas las tareas mencionadas anteriormente, se ha seleccionado, como se detalla a continuación, el lugar más promisorio para llevar a cabo futuros estudios tendientes a su desarrollo.

1.- Luego de la finalización de la Segunda Etapa de estudios, se había elegido como sector para emprender la Tercera Etapa, el rodeado por el arroyo Manchana Covunco por el norte, el arroyo Covunco por el sur, cerro Domo por el este y el río Varvarco por el oeste.

Sus caracteres geológicos, las anomalías térmicas a 1m de profundidad, y las anomalías geoquímicas de Hg y CO₂ en suelo permitieron concluir que se trata de un sector de intersección y concentración de zonas de fracturación de diversas direcciones, siendo esta estructura la que controla las manifestaciones de agua termal, vapor y gas que se ubican en las cercanías.

De acuerdo a los estudios gravimétricos, el sector se ubica al oeste de una zona de transición de la anomalía de Bouguer, que muestra una caída hacia el este, y se infiere también la existencia de estructuras secundarias de caídas.

Con la termometría geoquímica se calcula un rango de temperaturas de 214°C - 223°C, esperándose la existencia de fluidos clorurados y mezcla agua-vapor.

Los estudios hidrológicos permiten ubicar al sector dentro de la cuenca de drenaje de los arroyos Manchana Covunco y Covunco, que tienen sus orígenes en

los glaciares formados en las alturas del Co. Domuyo, ubicado hacia el este. El suministro de agua superficial, estable a través de todo el año, es una condición favorable para el transporte del flujo calórico desde las fuentes térmicas subterráneas.

2 - De la evaluación integral de los resultados obtenidos en la Tercera Etapa y las anteriores, se han seleccionado finalmente los siguientes dos sectores:

Sector (A)

Se ubica al norte de la importante manifestación de Los Tachos Grandes, con una superficie de 2.5 Km² (2.5 Km en dirección N-S y 1.0 Km en E-O), conteniendo a la intersección de las líneas A y D de geofísica.

En las perforaciones de 100m efectuadas en las cercanías, las rocas del Terciario se ubican a una profundidad mayor de 60 - 70m. y en este sector se esperaría como reservorio rocas mesozoicas y tobáceas terciarias, de baja a mediana densidad, y de mediana a alta porosidad efectiva.

El basamento según las resistividad, medidas por la geoeléctrica, y el plano de reflexión profundo encontrado por sísmica se ubican entre 800 a 1.000m; esto unido a los resultados del relevamiento gravimétrico, permiten considerar la existencia de una gran estructura de caída, y relacionado a esta, una gran zona de fracturamiento, que afectaría también al basamento

Sector (B)

Presenta 0.6 Km² (1.2 Km en dirección N-S y 0.5 Km en E-O), y se ubica al sur del sector de El Humazo, que constituye una importante manifestación geotérmica superficial.

Se espera que este sector se encuentre en continuidad estructural con el sector de El Humazo, y si bien los testigos recuperados en las perforaciones de 100m en sus alrededores permiten inferir que el basamento se encuentra relativamente a escasa profundidad, evidencias tales como el hecho de que El Humazo, con surgencias de agua-vapor de altas temperaturas se ubique dentro de la faja de basamento, la caída del límite inferior de la capa de baja resistividad (más de 800m) encontrada por geoeléctrica, y la caída y fallamiento encontrados por sísmica, permiten inferir y esperar que en este sector estas estructuras han pro-

Diámetro final: HQ (97,5mm)

Testigos: en principio, recuperación total

3.- Estudios petrográficos y de propiedades físicas de testigos.

Realizar en los testigos recuperados en las perforaciones, estudios tales como medición de la densidad, porosidad efectiva, susceptibilidad magnética, resistividad eléctrica, conductividad térmica, minerales de alteración por difracción de Rayos X, observaciones microscópicas, etc., para elaborar los datos básicos necesarios para los distintos perfilajes de pozo y evaluación del reservorio.

4.- Perfilaje eléctrico y de temperaturas en el pozo de exploración

Realizar en forma continua el perfilaje eléctrico y de temperaturas en el pozo de exploración, para evaluar la magnitud vertical y caracteres físicos del reservorio, y al mismo tiempo utilizarlos como fundamentos para una reinterpretación de los resultados ya obtenidos.

5.- Análisis de características del pozo y su fluido

Realizar análisis de características estáticas y dinámicas en el pozo de exploración, para determinar la capacidad de producción.

6.- Reinterpretación global

Realizar una reinterpretación global cotejando los resultados obtenidos con anterioridad, no solo para reevaluar el presente estado, sino también para lograr un conocimiento más preciso de la estructura del reservorio de fluidos geotérmicos.

Una vez ejecutados los pasos anteriores, y teniendo en cuenta los caracteres integrales del potencial geotérmico del área, debería planearse la perforación de un número mayor de pozos para una exploración ulterior.

ducido fuertes fracturamientos, los cuales afectados por una fuerte alteración hidrotermal, conformarían un reservorio elongado verticalmente y ubicado en forma paralela a esa estructura.

RECOMENDACIONES

Con respecto a futuros estudios de desarrollo del área de Domuyo, con centros en los sectores (A) y (B), elegidos como consecuencia de las conclusiones obtenidas en los sucesivos estudios de la Primera a la Tercera Etapa, se hacen las recomendaciones que se detallan más adelante

A su vez, los trabajos que se hacen necesarios en el área de Domuyo consisten en: la perforación de pozos de exploración en la zona de los reservorios esperados, demostrar experimentalmente su existencia, realizar distintos tipos de análisis par llegar finalmente a una evaluación global del potencial del reservorio. Para ello se debe pensar en los riesgos, costos implicados y tecnologías existentes, y en consecuencia, los estudios deberan ser ejecutados en sucesivos pasos.

1.- Perforación de un pozo de 400m para estudios de flujos calóricos, y medición de temperaturas.

Continuar con el pozo de 400m, que si bien fue programados y comenzados en la Tercera Etapa, tuvo que suspenderse por razones climáticas. Se recomienda realizar por lo menos una perforación en los respectivos sectores (A) y (B), para la obtención de temperaturas y datos más detallados de gradientes térmicos, que puedan ser útiles para el conocimiento del reservorio.

2.- Perforación de un pozo de exploración de 1.500m

Se recomienda llevar a cabo una perforación de 1.500m en el sector (A). Si las perforación de 400m diera resultados dignos de tenerse en cuenta, cabria la posibilidad de reconsiderar la profundidad a alcanzarse.

Los detalles del pozo serían:

Cantidad de pozos: 1

Inclinación: vertical

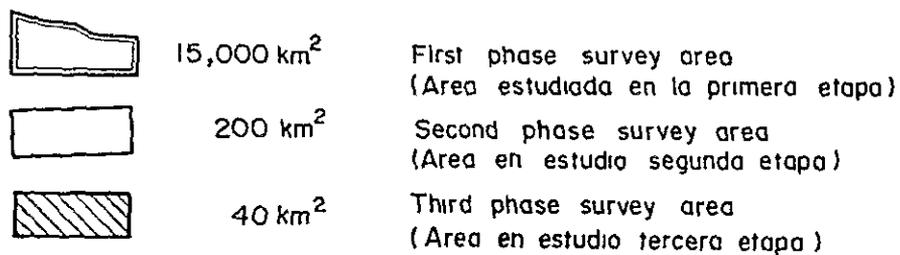
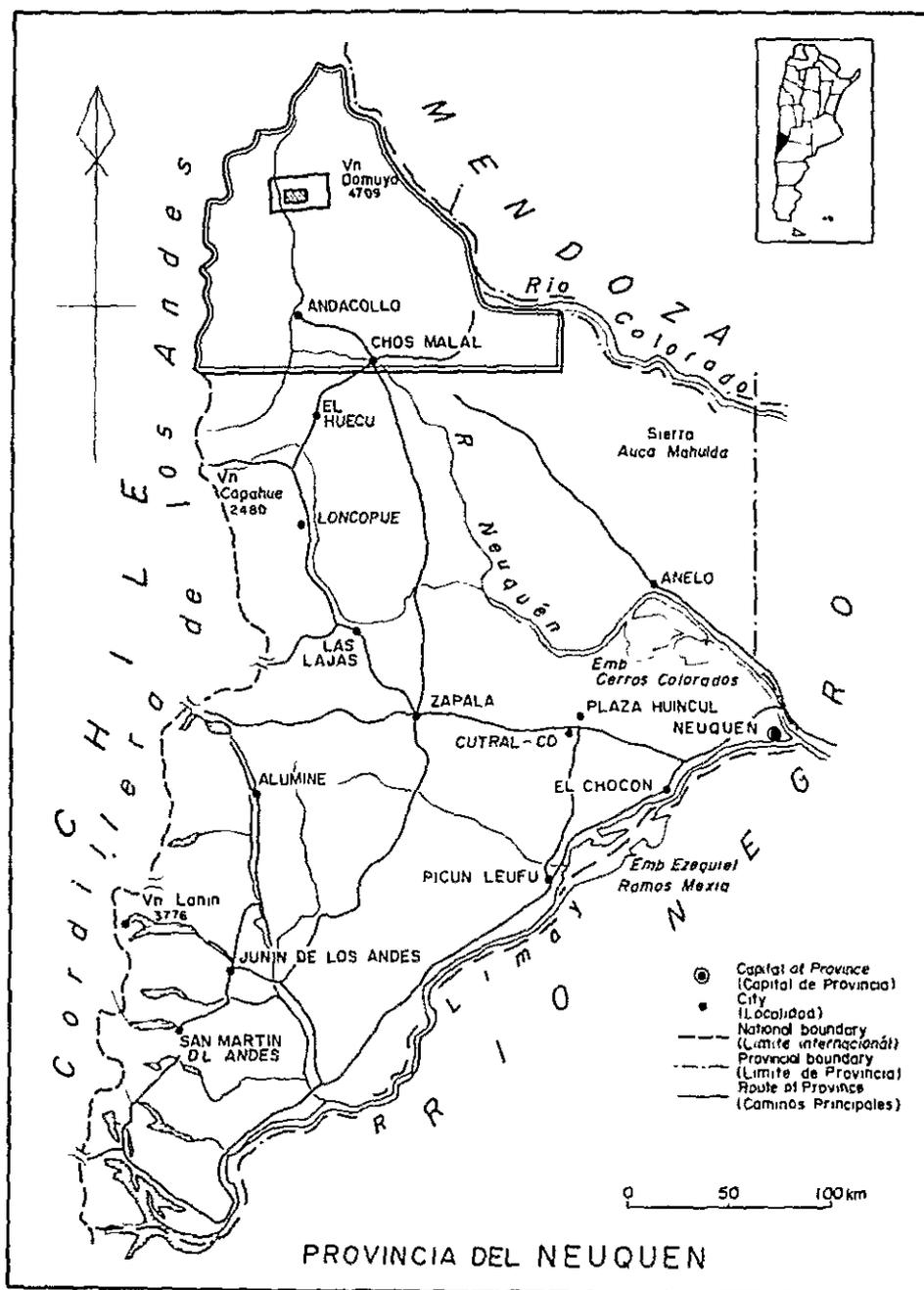


Fig.1 Location map of the survey areas

OBJETIVOS Y METODOLOGIAS DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene su comienzo en el Esquema de Trabajo firmado el 25 de febrero de 1982, de común acuerdo entre los Gobiernos de la República Argentina y Japón. Dicho Esquema de Trabajo fue firmado por los siguientes organismos intervinientes.

Parte Argentina: Secretaría de Planeamiento
Secretaría de Energía, Ministerio de Obras y Servicios
Públicos
Gobierno de la Provincia del Neuquén

Parte Japonesa Agencia de Cooperación Internacional del Japón

El objetivo del presente estudio es llevar a cabo en la zona norte de la provincia del Neuquén, República Argentina, distintos trabajos divididos en 3 etapas, desde un relevamiento regional general hasta estudios de detalle, de manera de ir seleccionando los objetivos, hasta localizar el área más promisoría para la ubicación del reservorio geotérmico, a la vez que proponer los planes y orientaciones adecuadas para las tareas de las etapas subsiguientes, incluyendo perforaciones de pozos de exploración.

El área estudiada, el esquema de flujo de las tareas realizadas y el esquema operativo de las 3 etapas están en las figura y cuadros adjuntados. A continuación se detallan de las tareas realizadas en estas etapas.

PRIMERA ETAPA DE ESTUDIOS

La primera etapa abarcó los meses de febrero a marzo de 1982, llevándose a cabo en el área correspondiente del norte de Neuquén: interpretación de imágenes satelitarias (15.000 Km²), fotografías aéreas (1.200 Km²) y relevamientos de campo. De estos resultados y de la evaluación conjunta de los datos bibliográficos existentes, se seleccionó un área de 200 Km² para llevar a cabo los estudios de la segunda etapa.

SEGUNDA ETAPA DE ESTUDIOS

Con anterioridad a las tareas de campo, en esta etapa se confeccionó un mapa topográfico del área correspondiente (200 Km²), en base a fotografías aéreas. En el campo se llevaron a cabo entre los meses de noviembre de 1982 y marzo de 1983, estudios geológicos, litológicos y sus análisis, gravimétricos, de zonas de alteración, mediciones de temperaturas a 1m de profundidad, estudios geoquímicos, hidrológicos, de aguas termales y vapores surgentes. De la interpretación integral de sus resultados, se han esclarecido la geología, estructuras geológica, térmica, de circulación de fluidos geotérmicos y del reservorio geotérmico.

A su vez, al obtenerse datos sumamente interesantes y promisorios, se confirmó la necesidad de realizar los estudios de la tercera etapa, seleccionándose para ello un área de 40 Km², y planeándose concretamente las metodologías a seguirse.

TERCERA ETAPA DE ESTUDIOS

Luego de la confirmación de la prosecución de los estudios, hecha por las partes Argentina y Japonesa en octubre de 1983, las tareas correspondientes a la tercera etapa fueron ejecutadas entre noviembre de 1983 y marzo de 1984, consistentes en estudios de flujos calóricos (incluyendo perforaciones), relevamiento geoeléctrico, sísmico y de isótopos en aguas termales. Aparte de analizarse sus resultados individuales, se ha hecho una interpretación global junto con los resultados obtenidos hasta la segunda etapa, y de ello ha surgido un conocimiento más profundo de las estructuras térmica, del reservorio y de la circulación de los fluidos geotérmicos, y se han seleccionado finalmente 2 sectores, como puntos para realizar pozos de prueba, teniendo en cuenta futuras posibilidades de desarrollo.

A través de las tareas de las distintas etapas, la Provincia del Neuquén, que es la contraparte argentina ejecutiva en los aspectos técnicos, ha participado y colaborado eficazmente en las tareas de campo, y en especial en la tercera etapa. Ha llevado a cabo las perforaciones para los estudios de los flujos calóricos, con personal y equipo de la Provincia, en parte utilizando elementos de perforación donado por la parte japonesa.

PARTICIPANTES

Se detalla en cuadro aparte la organización de los participantes argentinos y japoneses de las 3 etapas.

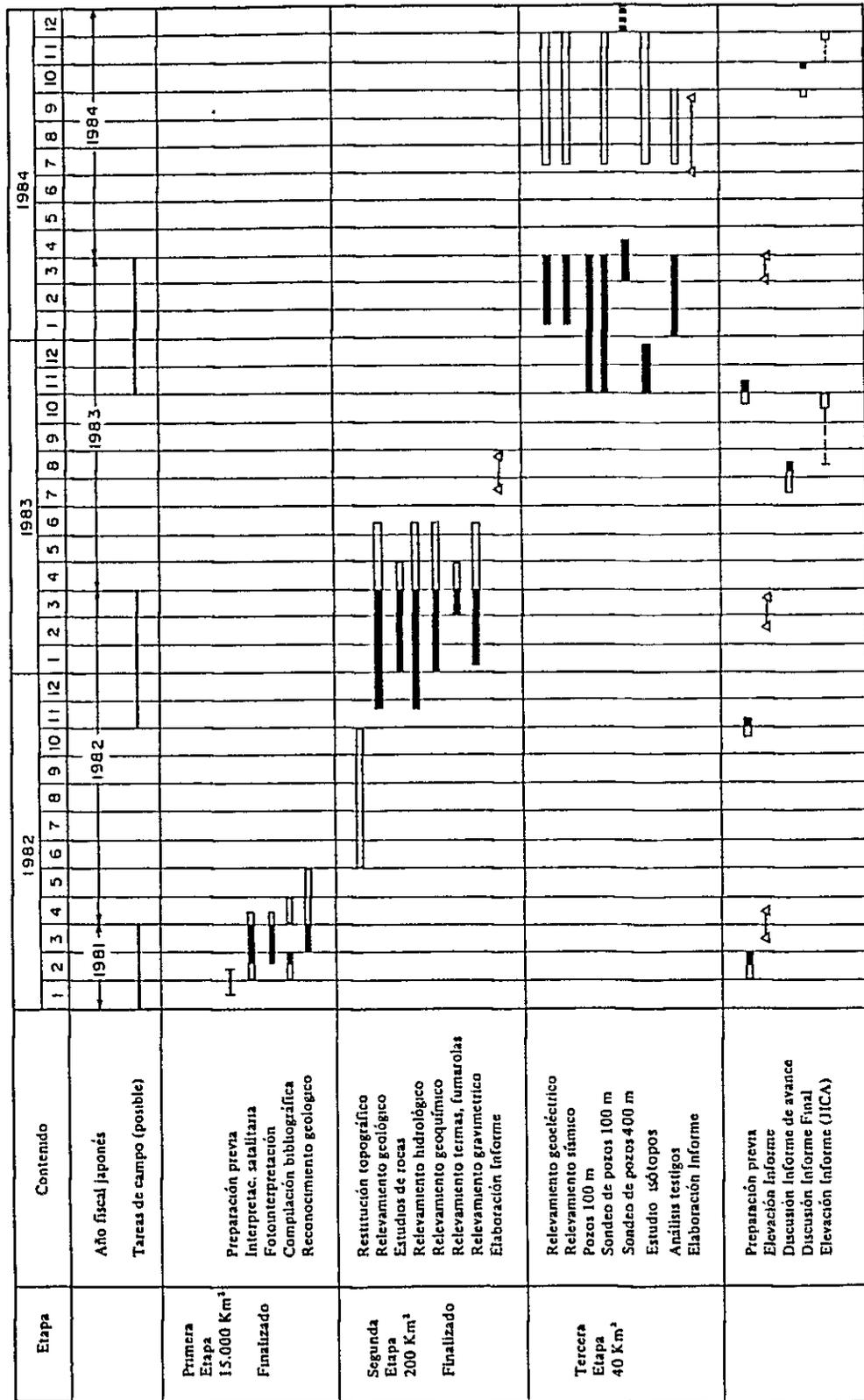
CONTENIDO DE LAS TAREAS REALIZADAS

También figura en cuadro aparte las tareas realizadas en las 3 etapas.

Cuadro 1 Esquema de flujo y contenido de las 3 etapas de estudio

Etapa	Área relevada	Metodología	Contenido de la investigación	Datos que se esperan
Primera Etapa	Primera Parte 15.000 Km ² Segunda Parte 5.000 Km ²	<p>Compilación y análisis bibliográfico Interpretación de imágenes satelitarias</p> <p>Selección 5.000 Km²</p> <p>Interpretación fotogeológica Reconocimiento geológico (Reconocimiento del terreno y de las manifestaciones)</p> <p>Selección 200 Km²</p>	<p>Geología, estructura, volcanes, distribución de manifestaciones geotérmicas, sistemas de fracturas, zonas de ciras, cuencas hídricas, grado de porosidades relativas, usos de terrenos, características de las manifestaciones, accesibilidad, topografía</p>	<p>Background de la actividad magmática y geotérmica Balance hídrico, modelo de reservorio, manifestaciones termales y volcanes Área más promisoría y adecuada para el desarrollo geotérmico. Estimación del sistema geotérmico.</p>
Segunda Etapa	200 Km ²	<p>Restitución topográfica Relevamiento geológico, petrográfico, hidroológico, de áreas de alteración Estudio de rocas (densidad, porosidad, susceptibilidad magnética, microscopía, Rayos X, datación absoluta) Relevamiento geoquímico (temperatura a 1m prof., Hg en suelo, CO₂ gaseoso, agua termal, gases) Relevamiento gravimétrico</p> <p>Selección 40 Km²</p>	<p>Constitución geológica, estratigrafía, estructura, sistemas de fracturas, caudales hídricos superficiales, caudales de surgentes, estimación de infiltración y su esquema, distribución, tipos y extensión de zonas de alteración Textura, composición, densidad, porosidad, alteración, edad, relación con temperatura, Hg, CO₂ Distribución de fuentes y fumarolas Tendencias, caudales, composición, temperatura, pH, conductiv. eléctrica Gravedad, estructura subterránea</p>	<p>Extensión de los estratos, relaciones estratigráficas, espesores, estructuras macroscópicas de las rocas Balance hídrico, esquema de suministro del agua como conductor geotérmico. Actividad geotérmica y magmática (fuente de calor) en el tiempo absoluto, historia térmica, sistema geotérmico, magnitud del reservorio, esquema de ascenso de los fluidos hidrotermales Estructura del subsuelo profundo. Modelo del reservorio</p>
Tercera Etapa	40 Km ²	<p>Relevamiento geoelectrico (Schlumberger), sísmico (reflexión) Pozos de gradiente (100 m) Pozos de gradiente (400 m) Estudio de testigos, cutting Determinaciones en testigos (densidad, porosidad, susceptibilidad magnética, resistividad eléctrica, microscopía, conductividad térmica, velocidad de onda, eléctrica) Estudio isotopos</p>	<p>Resistividad eléctrica, estructura profunda Velocidad de propagación de ondas elásticas (ondas P) Gradiente térmico, distribución de temperaturas, resistividad eléctrica, potencial espontáneo Distribución y variación espacial de densidad de rocas, porosidad, resistividad, susceptibilidad magnética, alteración, conductividad térmica, velocidad de onda eléctrica Estudio isotopos</p>	<p>Zonas de baja resistividad eléctrica, extensión, profundidad, forma, estructura geotérmica Estructura del subsuelo, capas de baja velocidad de propagación, su extensión, profundidad, forma, temperatura de fuentes calbicas, estimación de la dispersión calbica, temperaturas subterráneas, distribución y gradiente, sistema geotérmico, variación de texturas de las rocas Modelo del reservorio Estimación de origen aguas termales</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Evaluación del potencial geotérmico Proposición del programa de perforación de pozos de exploración</p> </div>

Cuadro 2 Esquema operativo de las tareas de las 3 etapas



 En Argentina
 " (Plan)
 En Japón

Cuadro 3 INTEGRANTES DE LOS EQUIPOS DE TRABAJO

(1) Primera Etapa

Parte Argentina			Parte Japonesa		
Tarea-Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece	Tarea-Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece
Responsable	Ing. Alfredo Esteves	COPADE, prov. del Neuquén	Jefe de la Misión	Sr. Kaneo Kakegawa	JICA
Ingeniería química	Ing. Jose L. Sierra	"	Geología	Sr. Fukio Kayukawa	"
			Sensore remotos, geología	Sr. Tokichiro Tani	"

(2) Segunda Etapa

Parte Argentina			Parte Japonesa		
Tarea-Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece	Tarea-Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece
Responsable	Ing. Alfredo Esteves	COPADE, prov. del Neuquén	Jefe de la Misión	Sr. Kaneo Kakegawa	JICA
Ingeniería química	Ing. José L. Sierra	"	Geología Petrografía	Sr. Fukio Kayukawa	"
Geología	Lic. Mario Gings	Dir. Minería Prov. del Neuquén	"	Sr. Osamu Miyaishi	"
"	Lic. Luis C. Mas	Adm. Gral. Aguas, prov. Neuquén	Geoquímica	Sr. Hisanori Fozumi	"
Geoquímica	Lic. Miriam Loewy	"	"	Sr. Fuzuyasu Sugawara	"
Topografía	Sr. Juan Albornoz	Dir. Gral. Catastro, Neuquén	Gravimetría	Sr. Kenichi Nomura	"
"	Sr. Carlos Fernández	"	"	Sr. Shigeo Moribayashi	"
				Sr. Ikuo Takahashi	"

(3) Tercera Etapa

Parte Argentina			Parte Japonesa		
Tarea Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece	Tarea Especialidad	Nombre	Organismo a que pertenece
Responsable	Ing. Alfredo Esteves	COPADE, Prov. del Neuquén	Jefe de la Misión	Sr. Kaneo Kakegawa	JICA
Ingeniería química	Ing. Jose L. Sierra	"	Geofísico	Sr. Harunobu Sumida	"
Geología	Lic. Mario G. Gings	"	Perforación	Sr. Yutaka Shiraishi	"
"	Lic. Luis C. Mas	Adm. Gral. Aguas Prov. del Neuquén	Geología	Sr. Susumu Hidaka	"
Geoquímica	Lic. R. Miriam Loewy	"	Geofísico	Sr. Tomoyoshi Tanaka	"
Geología	Lic. Dello G. Lanchas	COPADE, Prov. del Neuquén	"	Sr. Masasamu Oyanagi	"
Geoquímica	Ing. Jose A. Dates	"	"	Sr. Toshiaki Fujimoto	"
Perforación	Sr. Antonio Sanchez	Adm. Gral. Aguas Prov. del Neuquén	"	Sr. Shinichi Sugiyama	"
Topografía	Sr. Carlos Fernandes	Dic. Gral. del ATASTRO			
"	Sr. Juan de Dios Albornoz	"			

Cuadro 4

TAREAS ESPECIFICAS REALIZADAS

Etapas	Contenido		Cantidad trabajo	
Primera Etapa	Interpretación imágenes satelitarias (escala 1:250.000)		15.000 Km ² (3 imágenes)	
	Interpretación geológica fotos aéreas (escala 1:50.000)		1.200 Km ² (150 fotos)	
	Reconocimiento Geológico	Reconoc. regional Longitud relevada Area Domuyo Longitud relevada	500 Km 150 Km	
Segunda Etapa	Confección mapa topográfico (escala 1:25.000)		200 Km	
	Relevamiento Geológico	Superficie relevada		200 Km
		Longitud relevada		315 Km
		Cantidad de muestras	Para cortes petrográficos	106 muestras
			Para datación radiométrica	8 "
			Para determinac. Rayos X	130 "
	Para medición propieds. físicas		60	
	Medición de caudales		28 puntos	
	Relevamiento Geoquímico	Temperaturas 1m profundidad regional	460 "	
		Determ. CO gaseoso de detalle	57 "	
Determ. Hg en suelo total		510 "		
Muestras de aguas termales		18 muestras		
Muestras de gases		9 "		
Relevamiento Gravimétrico	Topografía	Medición a nivel	85 puntos	
		Distanciómetro y teodolito	137 "	
		Altimetro	94 "	
	Total		316 "	
	Mediciones de gravedad		316 "	
Relevamiento regional	Mediciones efectuadas Longitud relevada	31 " 1.050 Km		
Tercera Etapa	Contenido		Volúmen de trabajo	
	Construcción de caminos de acceso a los pozos (Deión. pcial. de Vialidad)		32.3 km en total con 14 prtaforma de los pozos	
	Levantamiento topográfico y Nivelación de las líneas geofísicas (JICA)		28.3 km con 2.830 puntos en total	
	Levantamiento topografico básico (Deión. Gral. del Catastro)		23 puntos en total	
	Perforación de pozo de clase 100 m (Admción. Pcial. del Agua)		1.162,5 m en 12 pozos	
	Perforación de pozo de clase 400 m (Admción, Pcial, de Agua)		80 m en 1 pozo en perforación (19-4-84). Recomiencará en 12 - 84.	
	Medición de gradiente de temperatura de los pozos (COPADE-JICA)		13 pozos perforados	
	Estudio Geeléctrico por método Shulumberger (COPADE-JICA)		26.5 km con 50 centros en 5 líneas total	
	Estudio Sísmico por metodo Mini-Sosie (COPADE-JICA)		22 km en 5 líneas total	
Muestreo de aguas termales, gases y Análisis (COPADE-JICA)		Isotópico 8 muestras Químico 10 muestras		

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LA TERCERA ETAPA

1.- ESTUDIOS DE FLUJOS DE CALOR (100m de profundidad)

(a) De los 11 pozos de gradiente de 100m perforados en el área, en 7 se encontraron en su base temperaturas anómalas mayores a 30°C, y dentro de ellos, los valores fueron de más de 50°C en 3.

(b) El área con anomalía térmica mayor a 30°C y de alto flujo calórico de 10×10^{-6} cal/cm² seg fue localizada en el sector comprendido entre las cuencas de drenaje del arroyo Manchana Covunco y arroyo Covunco, y presenta una estructura de medio domo que se extiende hacia el este

(c) El total del flujo calórico calculado en los 40 Km² estudiados en la tercera etapa asciende a $4,5 \times 10^6$ cal/seg, de acuerdo a la conductividad térmica, y con un valor promedio de $11,3 \times 10^{-6}$ cal/cm². seg Este valor indica un potencial geotérmico extremadamente alto en el área.

(d) Si bien el error implicado sería grande al calcularse la temperatura subterránea en base a los gradientes de temperaturas obtenidas directamente de los pozos de 100m, un intento simple para los 11 pozos, teniendo en cuenta un rango de seguridad, ha dado en promedio:

A 500m de profundidad temperatura de 118°C

A 1.000m de profundidad temperatura de 228°C

2.- RELEVAMIENTO GEOELECTRICO (METODO SCHLUMBERGER)

(a) Exceptuando los alrededores de la intersección de las líneas D y E y el extremo oriental de la línea A, en general el área puede ser dividida en una capa superficial de mediana a alta resistividad, una capa de mediana profundidad y de baja resistividad, y una profunda de alta resistividad.

(b) La capa superficial de mediana a alta resistividad tiene un espesor de 20 – 200m, y se correlaciona principalmente con las dacitas cuaternarias y tobas soldadas y vulcanitas andesíticas del Terciario al Cuaternario.

(c) Las capas de baja resistividad y de mediana profundidad se correlacionan principalmente con las tobas escoriáceas y pumiciticas del Terciario – Cuaternario, pero dado su valor inferior a 25 Ω .m, se infiere que se hallan alteradas hidrotermalmente

(d) Las capas profundas con valores mayores a 500 Ω m constituyen el basamento en cuanto a resistividad de esta área, y se correlacionan con las rocas basamentales, que corresponden a granodioritas y esquistos pre-Jurásico inferior.

(e) En los alrededores de la intersección de las líneas D y E y en el extremo oriental de la línea A, se observa una estructura de sólo 2 capas: una superficial de baja resistividad, y una de mediana a gran profundidad y de baja a mediana resistividad. Ambos casos corresponden geológicamente a tobas brechosas andesíticas del Terciario inferior y a tobas andesíticas y areniscas del Jurásico, pero las alteraciones existentes en superficie indicarían que las rocas poco profundas se hallan con alteración hidrotermal.

3.- RELEVAMIENTO SISMICO (REFLEXION POCO PROFUNDA DE ALTA RESOLUCION)

(a) Con excepción de los alrededores de las líneas A y D, se constata un sector con un fuerte tren de ondas reflectivas a los 100 – 600m de profundidad, infiriéndose con frecuencia, fallas con rechazos de alrededor de los 200m.

(b) En los alrededores de la intersección de las líneas A y D, se observan trenes de ondas reflectivas más o menos continuas a los 1.000 – 1.500m de profundidad, considerándose que la estructura presenta una gran caída en este sector.

(c) Los fallamientos que se infieren con cierta frecuencia en los sectores de mediana a gran profundidad, o las estructuras locales de caída, son fuertes indicadores de posibilidades de que constituyan rutas de ascenso y circulación de los fluidos geotérmicos, y que las zonas de fracturación de los alrededores correspondan a reservorios para estos fluidos.

4.- ESTUDIO DE ISOTOPOS

(a) Se tomaron muestras de aguas termales de 8 surgentes (agua fría en una de ellas) y se analizaron los isótopos de δD , $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$, $\delta^{34}S$ y 3H . En todas las muestras se obtuvieron valores relativamente semejantes, infiriéndose caracteres comunes en la génesis de las aguas termales del área.

(b) Los isótopos de hidrógeno y oxígeno se hallan cerca de la línea de composición teórica del agua meteórica del área, con una ligera tendencia al corrimiento hacia el O y hacia el D. Esto indica que las aguas termales del área tienen su origen fundamental en las aguas precipitadas en sectores de mayor altitud, las cuales habrían sido calentadas al infiltrarse y circular por el subsuelo.

(c) Los análisis de tritio (3H), uno de los isótopos del hidrógeno, dan valores promedio de 1 – 2. Este valor indica que las aguas termales del área tienen su origen en precipitaciones anteriores a los experimentos de bombas de hidrógeno del año 1952.

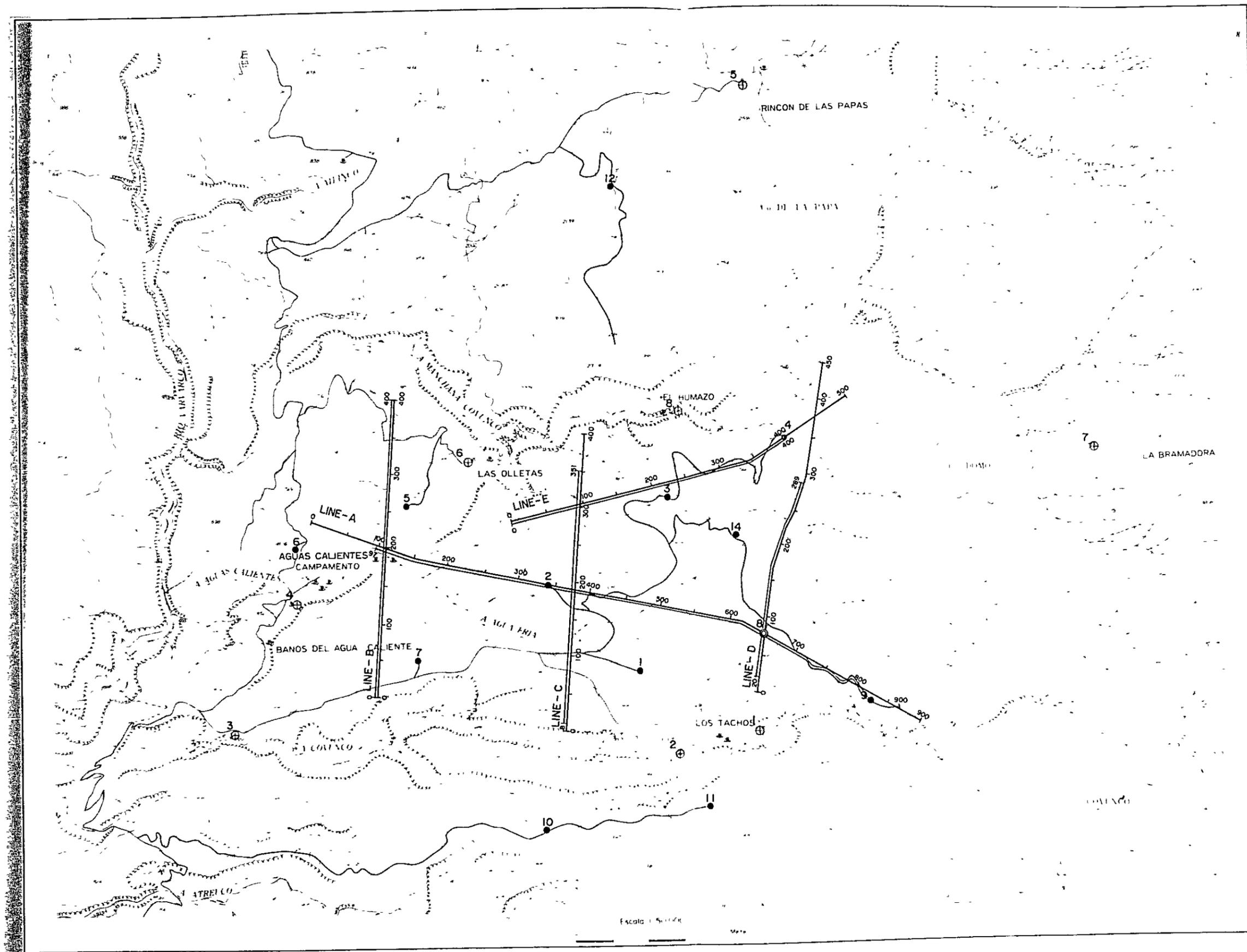
(d) Estos resultados permiten considerar que los fluidos térmicos (aguas térmicas o vapores) del área provienen de un sistema de infiltración, circulación y calentamiento de las aguas precipitadas en lugares más altos, y son indicadores del potencial referente al tiempo de circulación, distancias de calentamiento y profundidades alcanzadas.

Cuadro 5 Drilling Scheme

Hole No.	Duration		Depth (m)		Reference a temperature at the bottom (°C)
	from	to	drilled	scheduled	
1	5 Dec. 1983	13 Dec. 1983	101.0	100.0	57.9
2	5 Dec. 1983	20 Dec. 1983	103.0	100.0	74.5
3	14 Dec. 1983	20 Dec. 1983	101.0	100.0	31.4
4	21 Dec. 1983	* ———	24.5	100.0	88.0
5	9 Jan. 1984	23 Jan. 1984	102.0	100.0	30.1
6	18 Jan. 1984	21 Jan. 1984	100.0	100.0	33.5
7	12 Jan. 1984	16 Jan. 1984	105.0	100.0	8.9
9	26 Jan. 1984	27 Feb. 1984	120.0	100.0	77.9
10	6 Apr. 1984	9 Apr. 1984	102.0	100.0	10.5
11	23 Mar. 1984	27 Mar. 1984	102.0	100.0	11.1
12	25 Jan. 1984	6 Mar. 1984	101.0	———	15.0
14	15 Mar. 1984	20 Mar. 1984	101.0	———	37.5
Total	5 Dec. 1983	9 Apr. 1984	1,162.5	1,000.0	———
8	1 Mar. 1984	** 19 Apr. 1984	80.0	400.0	———

* Stopped at the depth of 24.5m due to sharp increase of temperature

** Stopped due to a weather condition, such as snowing and a low temperature down to minus 20 °C



LEGEND

- Resistivity line
- Seismic line
- 100 meter depth borehole
- 400 meter depth borehole
- ⊕ Water sampling for isotopic analysis

Sample No	location
1	Los Tachos Grandes
2	Los Tachos Chicos
3	Los Tachos Vertiente de Agua Fría
4	Aguas Calientes
5	Rincón de Las Papas Sur
6	Las Olletas
7	La Bramadora
8	El Humazo

Fig. 2 Location map of the third phase survey

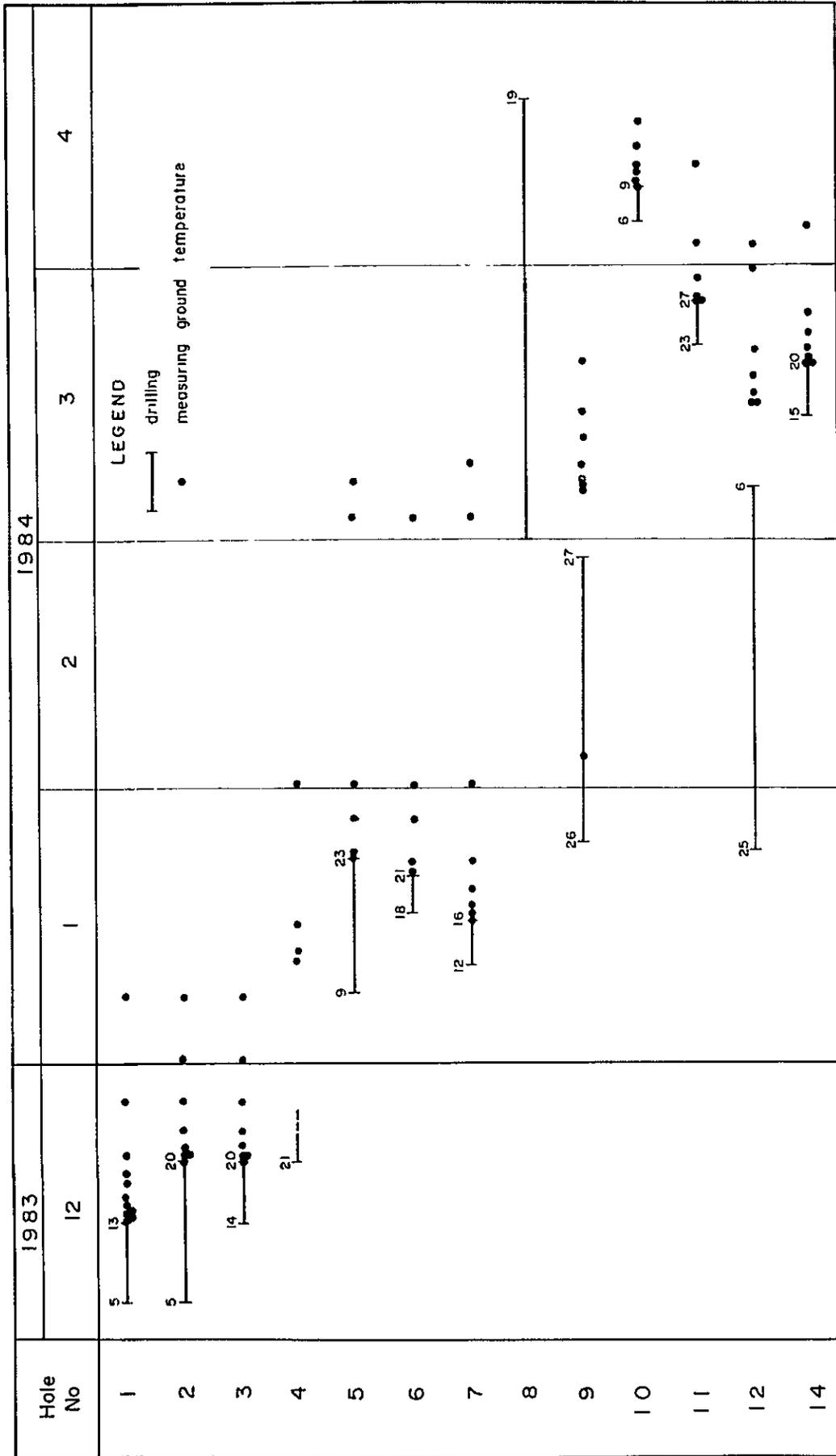


Fig. 3 Period of drilling and measuring ground temperature

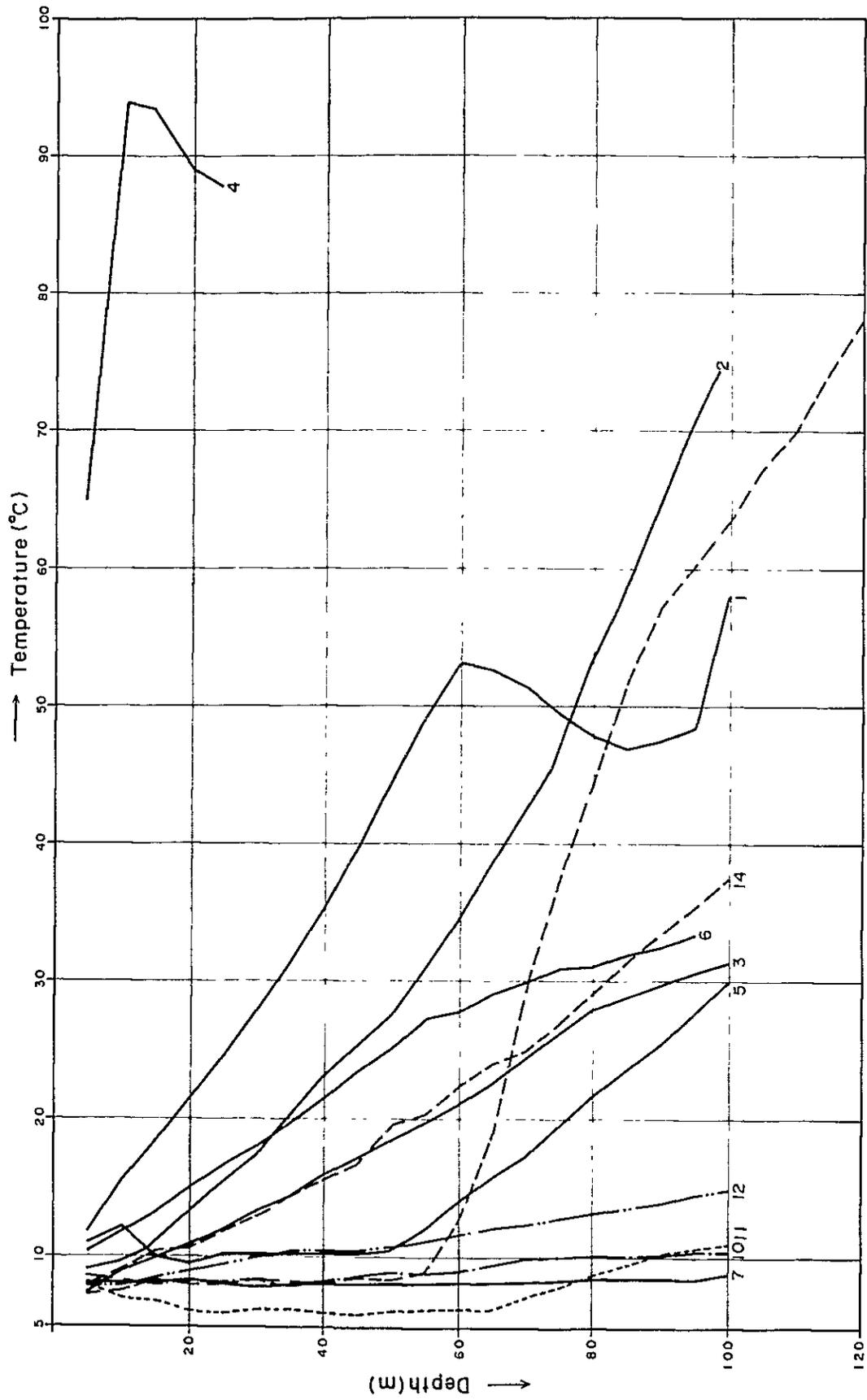
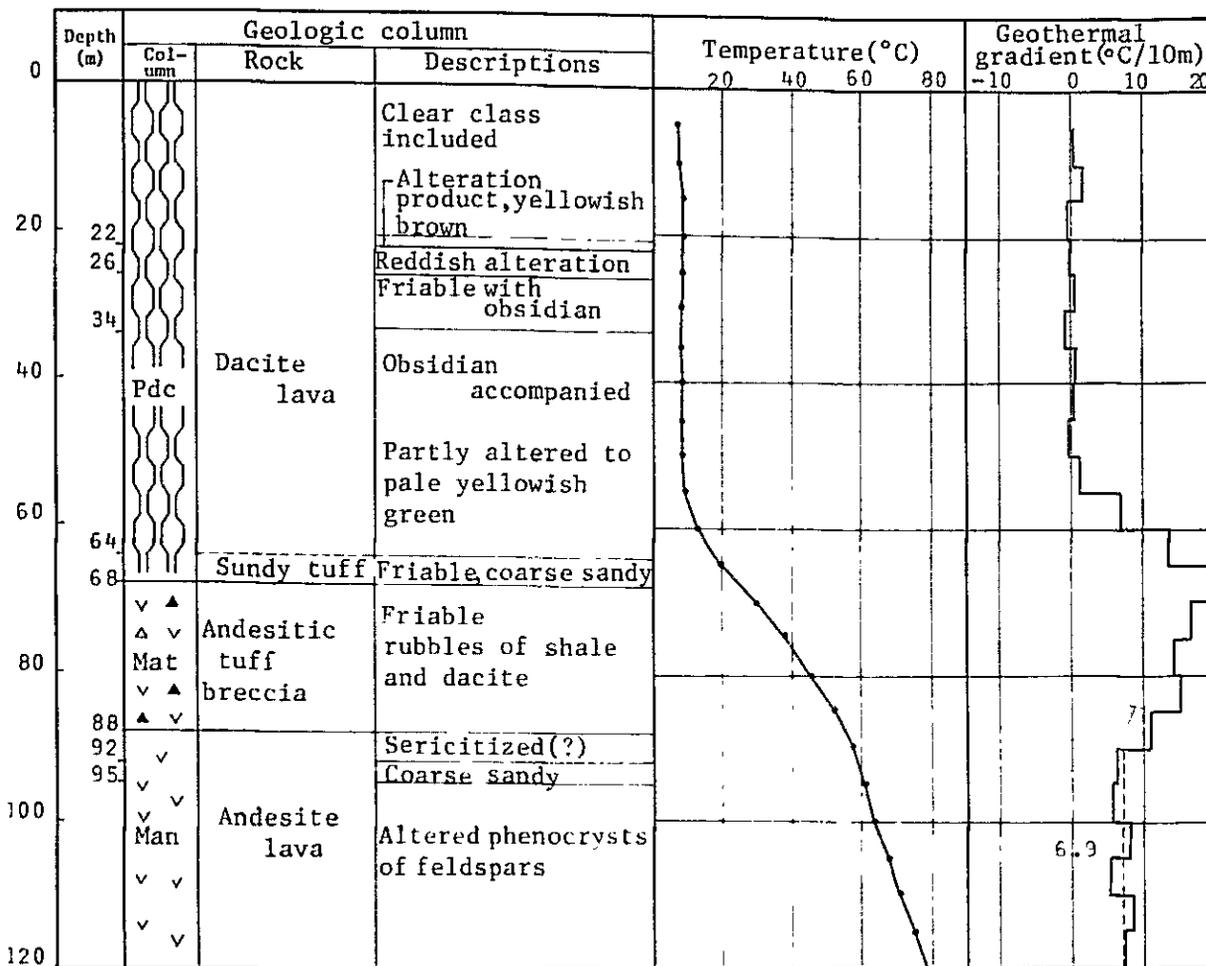


Fig. 4 Profile of an equilibrium temperature

Hole No. 9



Hole No. 14

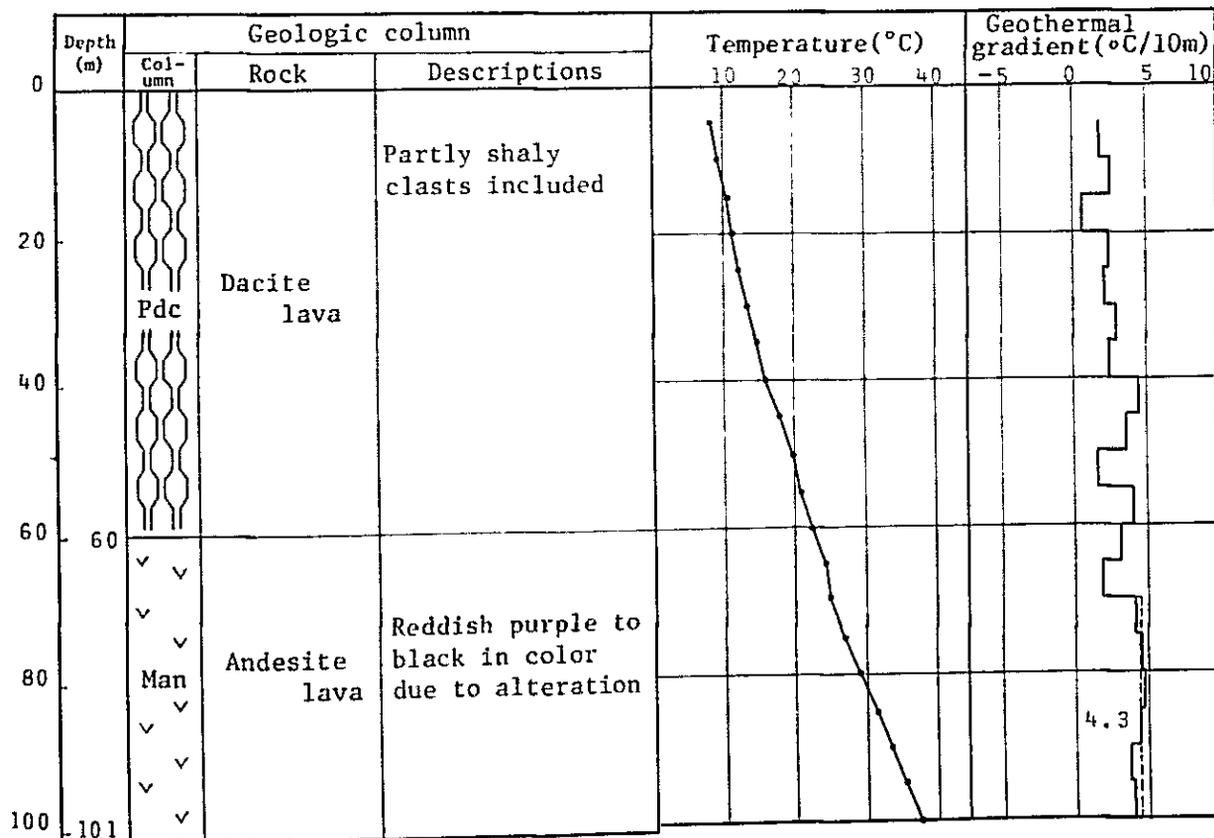


Fig. 5 Examples geological logs (No. 9 & No. 14)

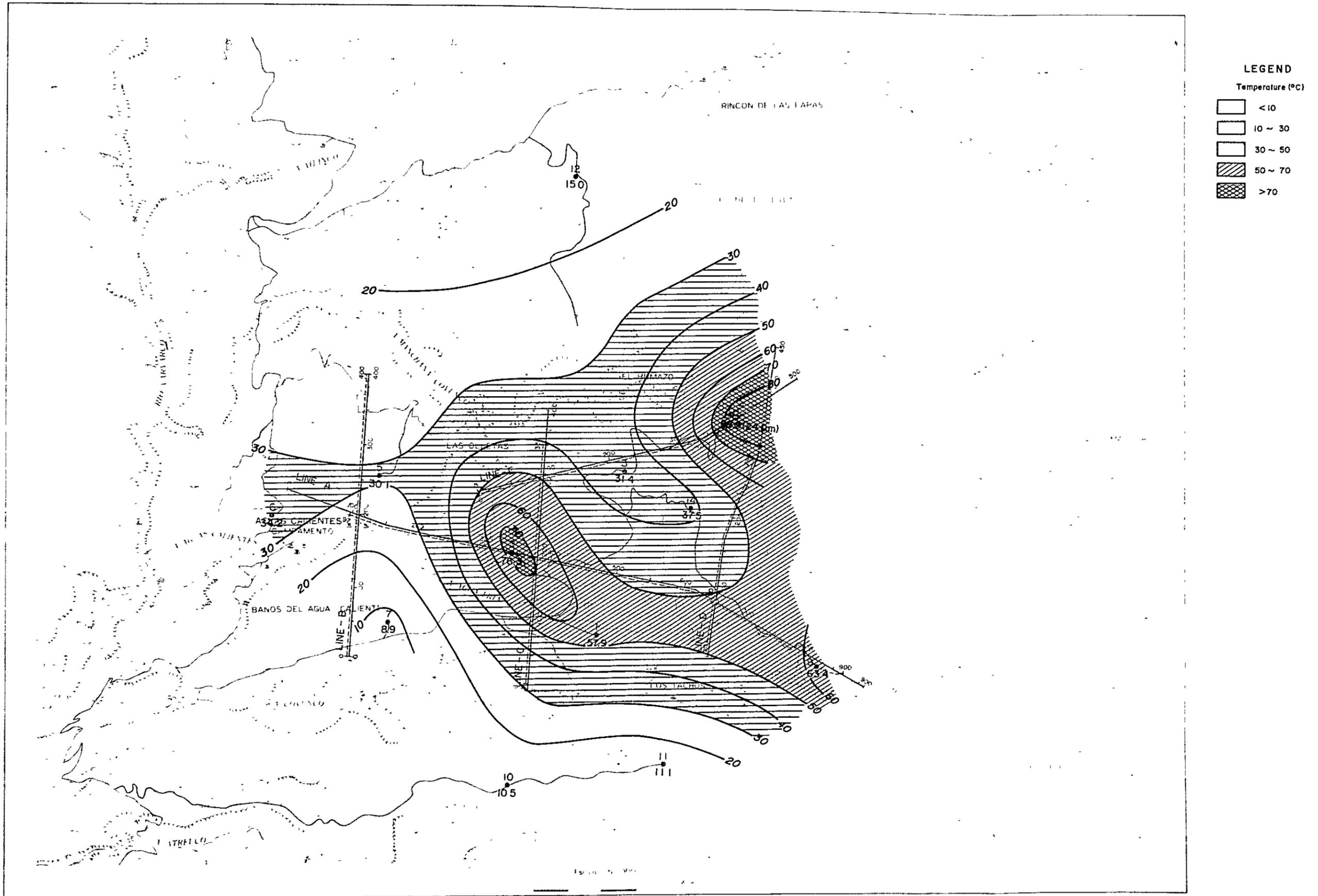


Fig. 6 Distribution map of ground temperature at the 100m depth

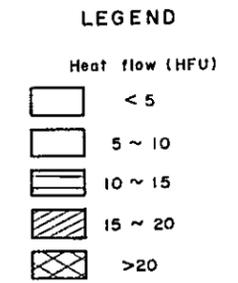
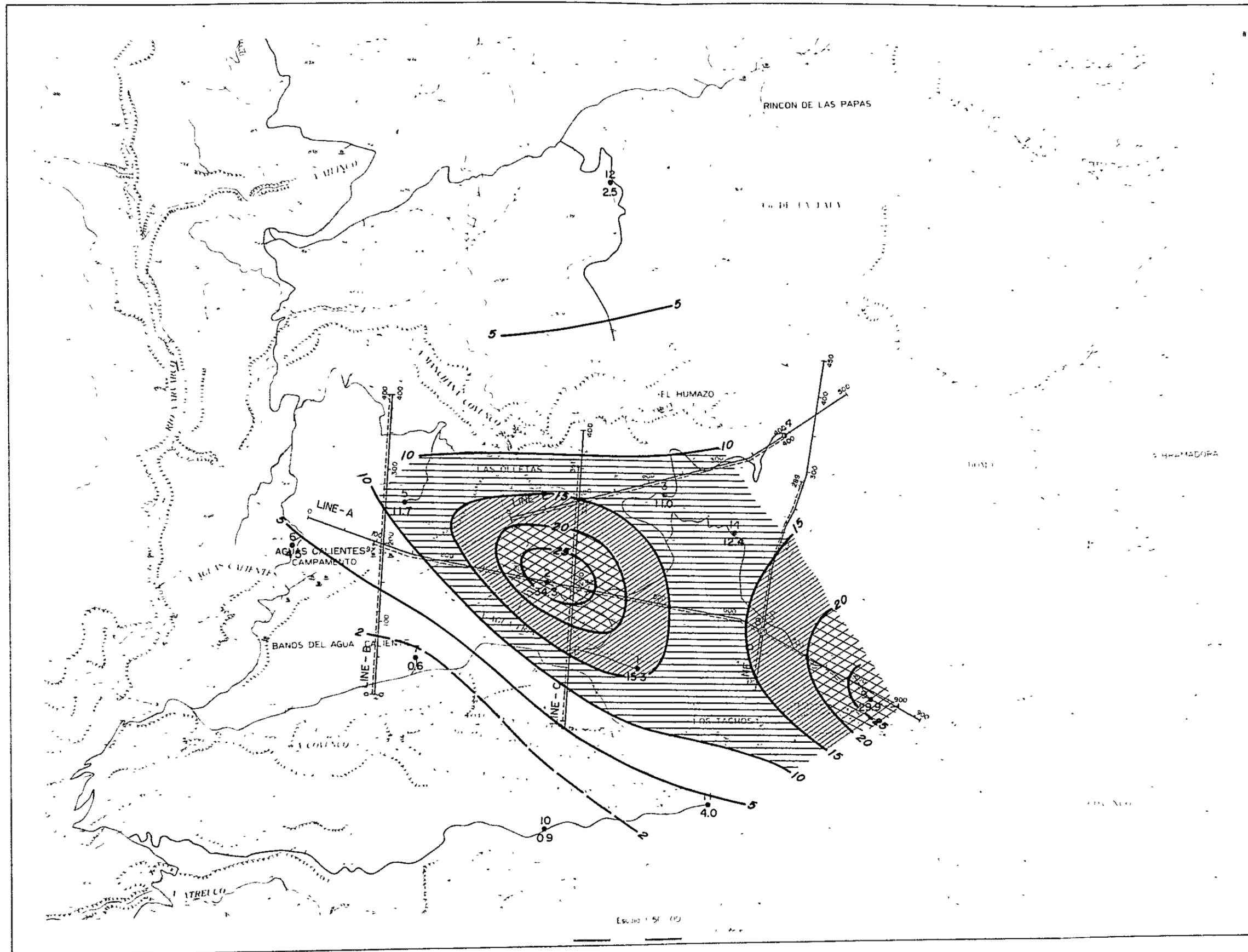


Fig. 7 Distribution map of heat flow

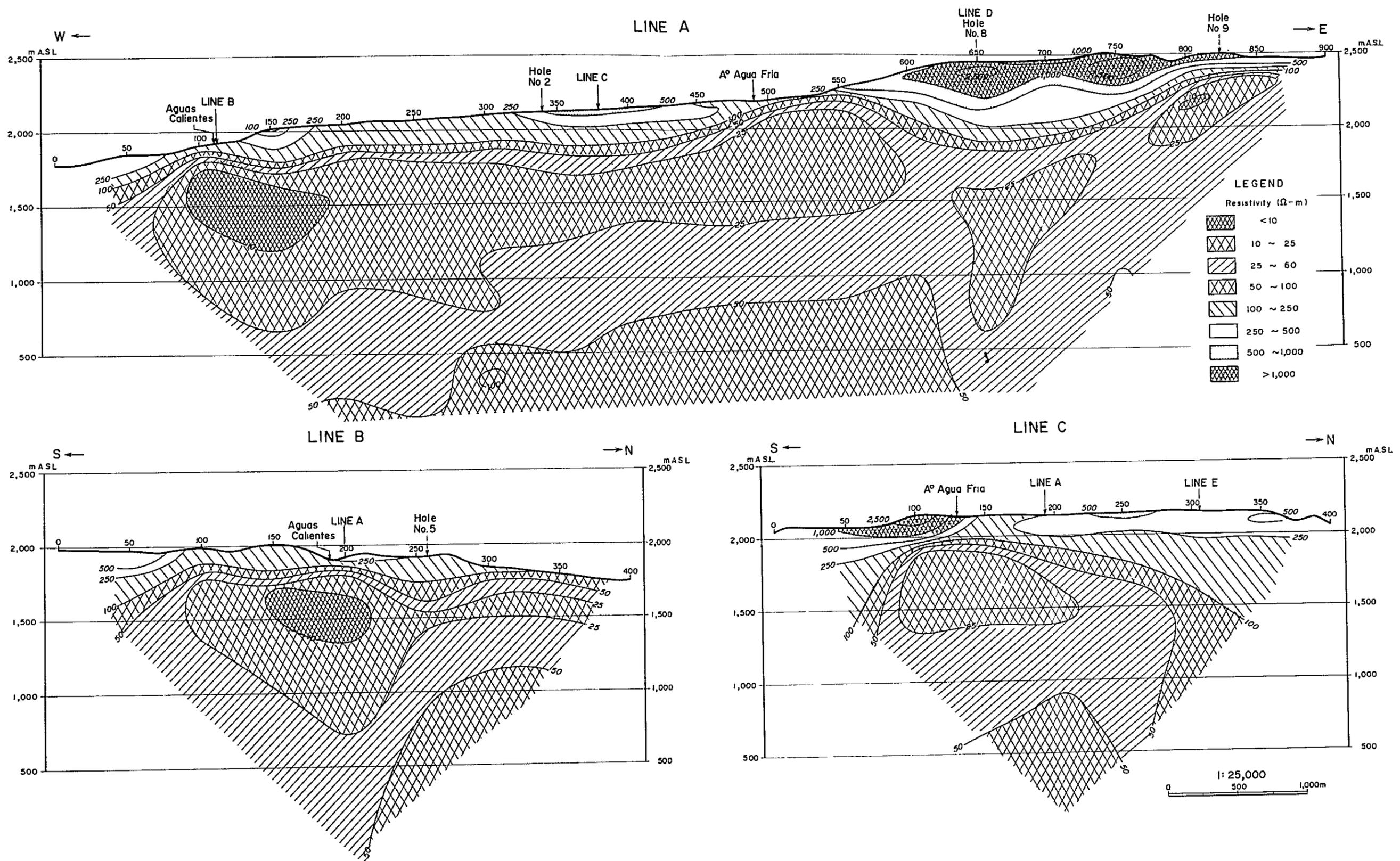


Fig. 8 (I) Apparent resistivity sections, (Line A, B & C)

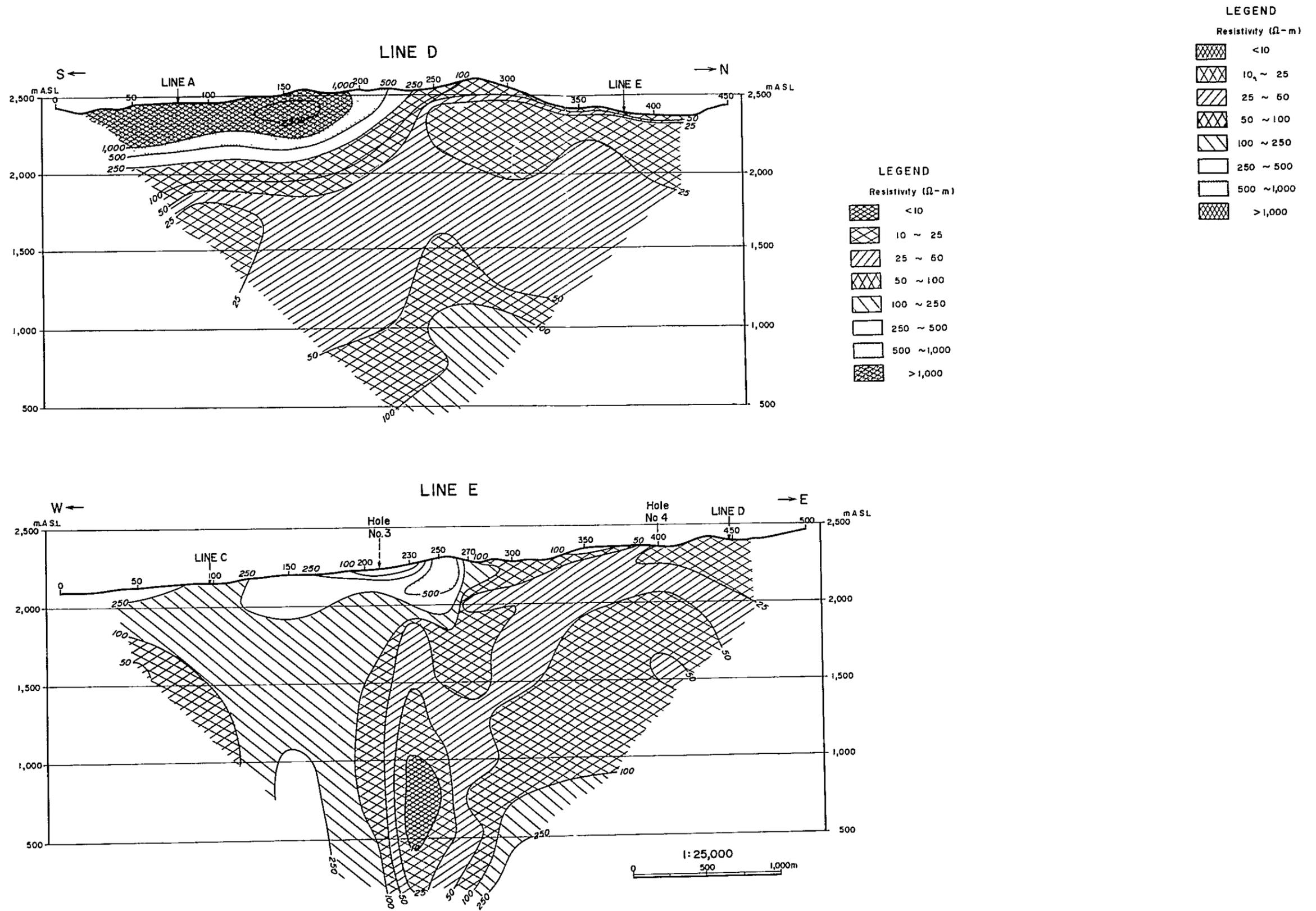


Fig. 8 (2) Apparent resistivity sections, (Line D & E)

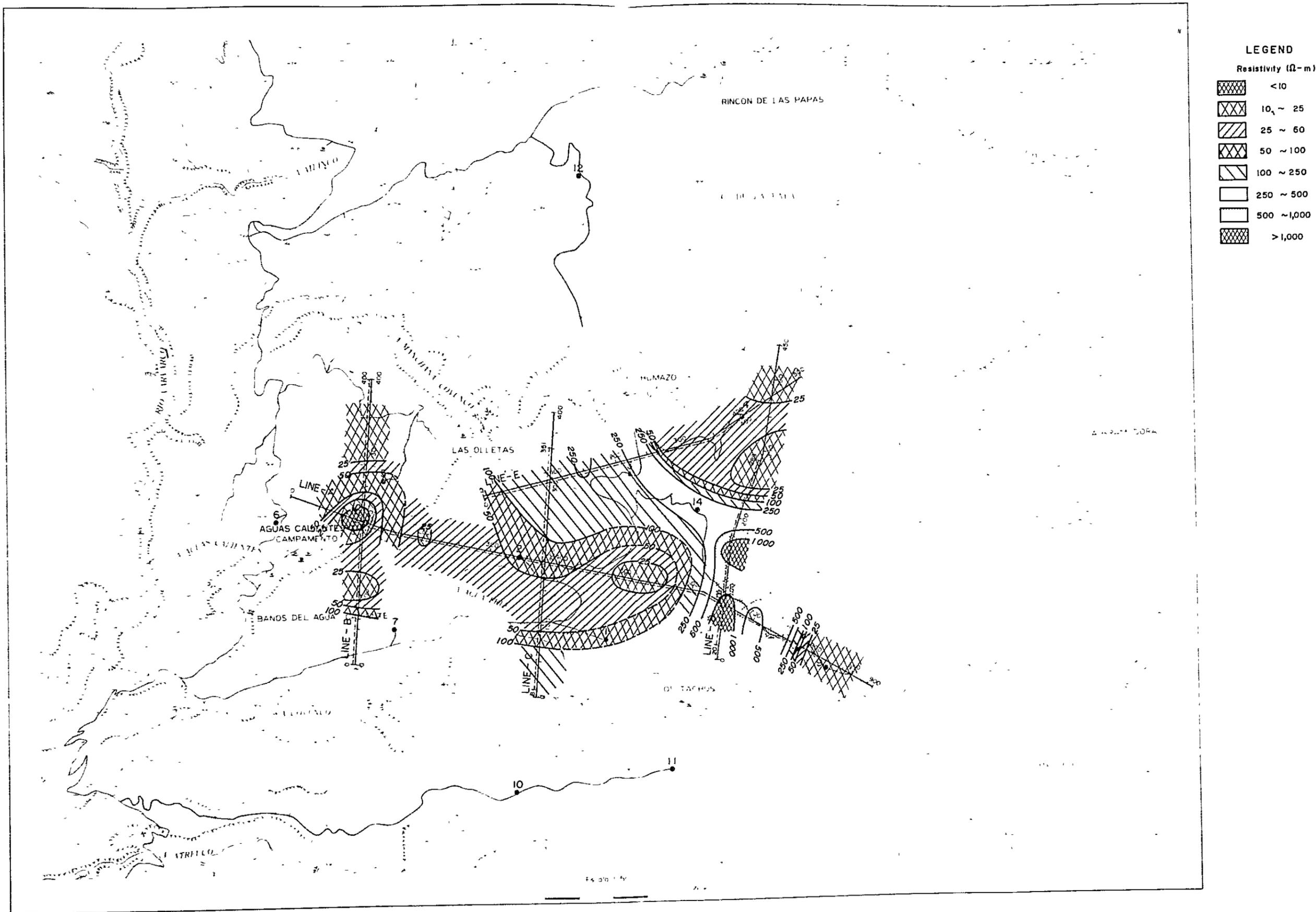


Fig. 9 Plan map of apparent resistivity, $AB/2 = 250\text{m}$

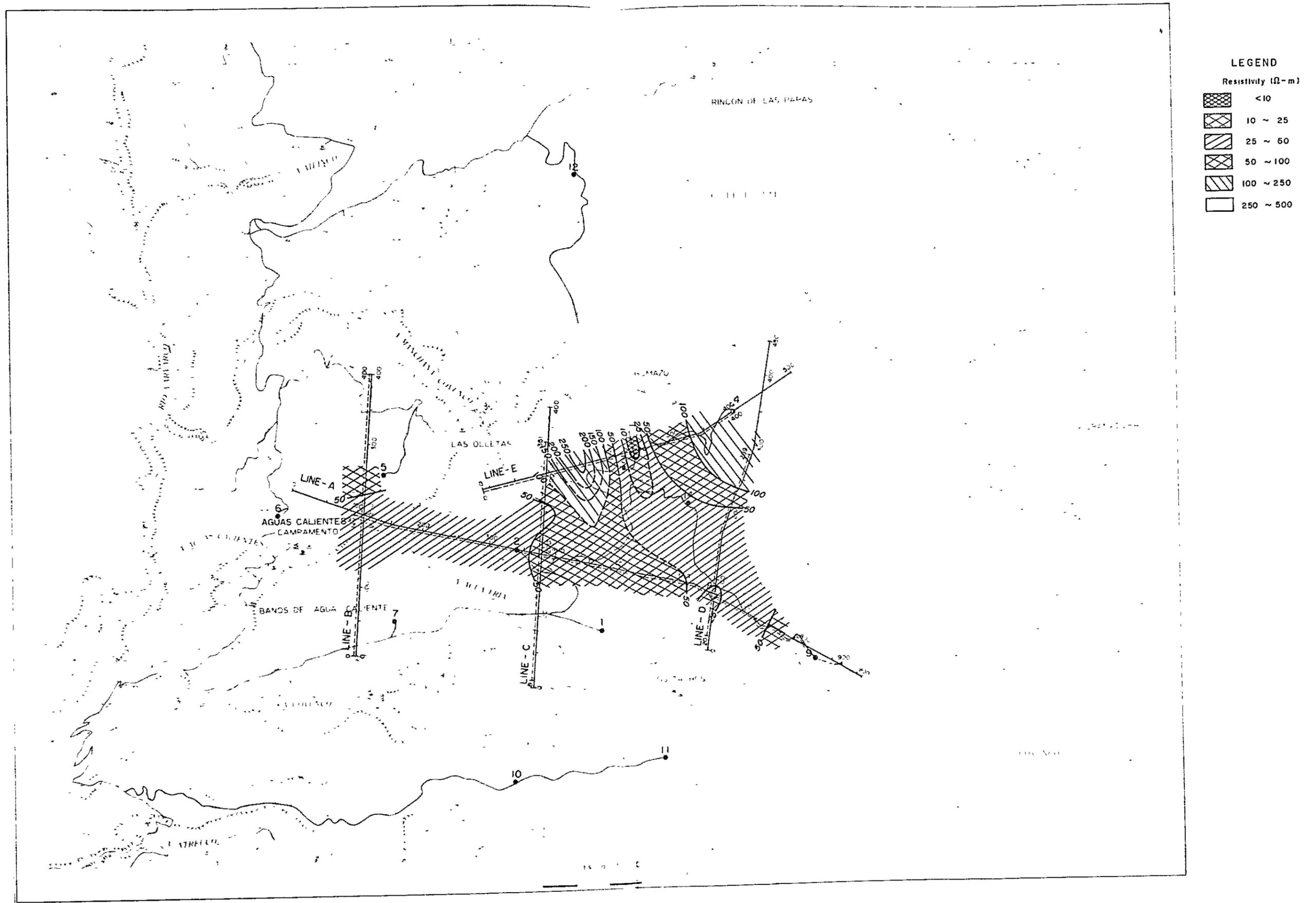


Fig. 10 Plan map of apparent resistivity, $AB/2=1,500\text{m}$

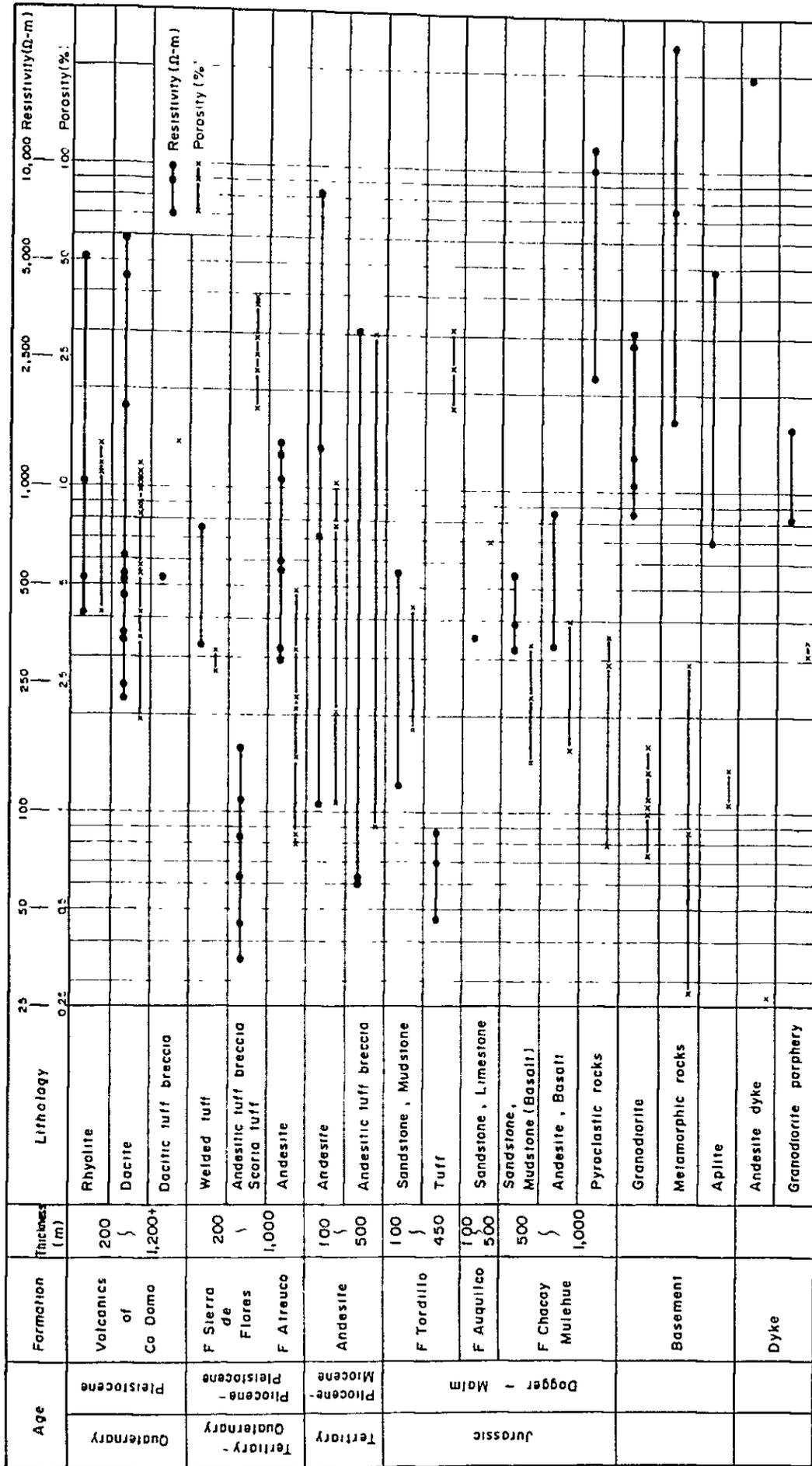


Fig. 11 Schematic columnar sections of resistivity and effective porosity

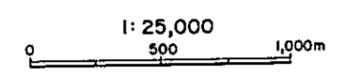
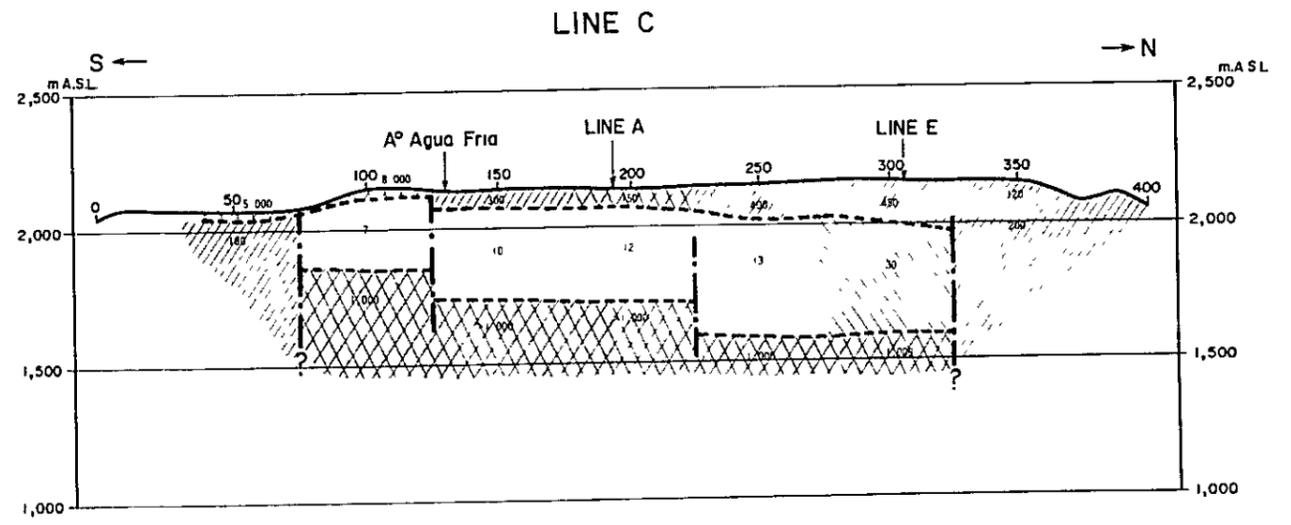
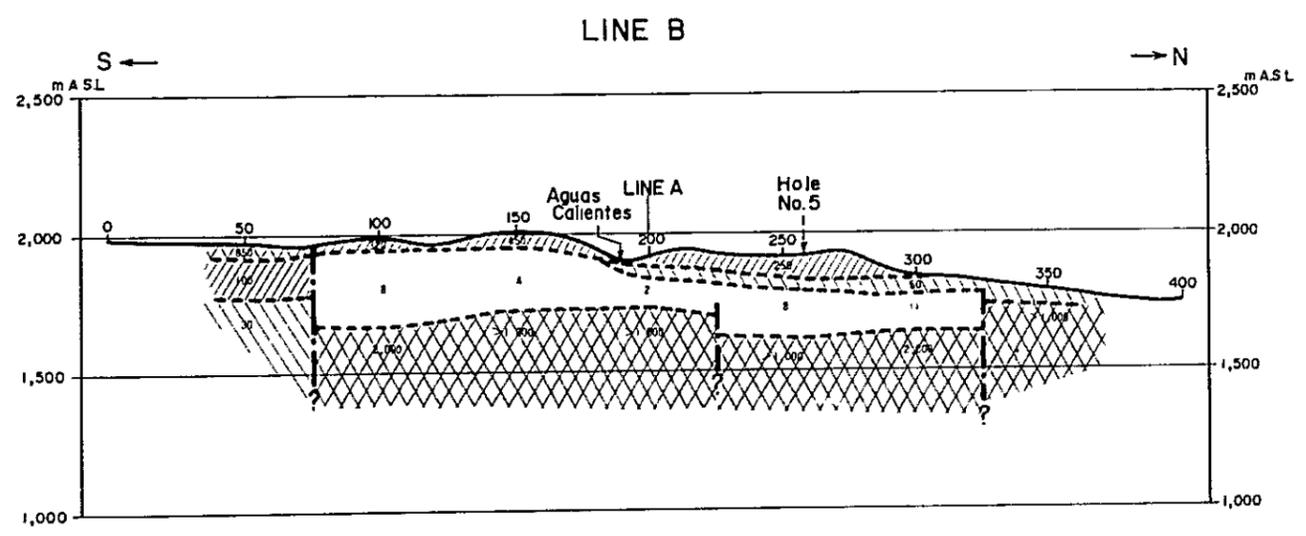
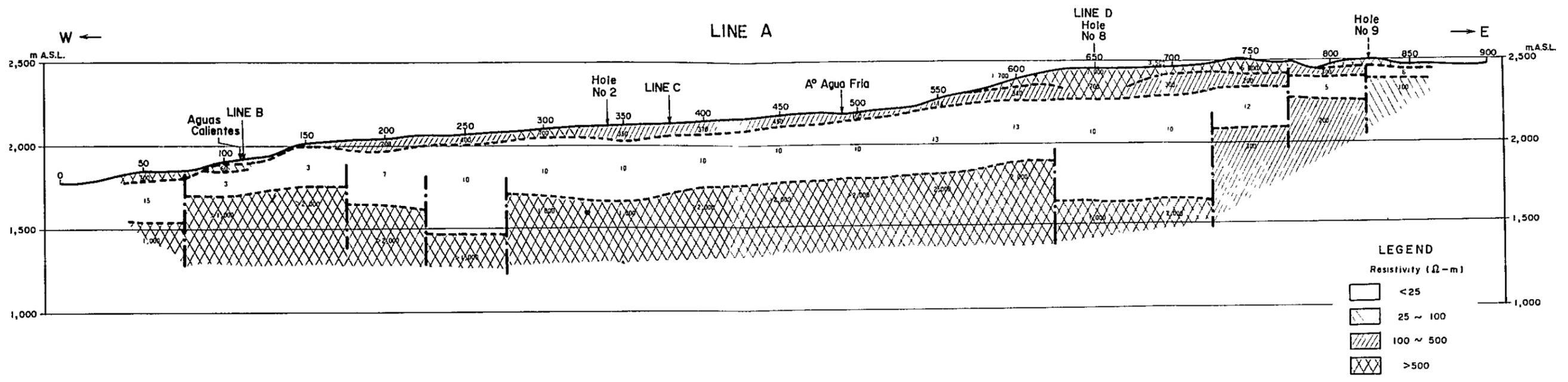


Fig. 12 (i) Resistivity sections, (Line A, B & C)

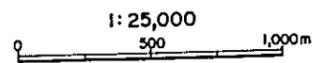
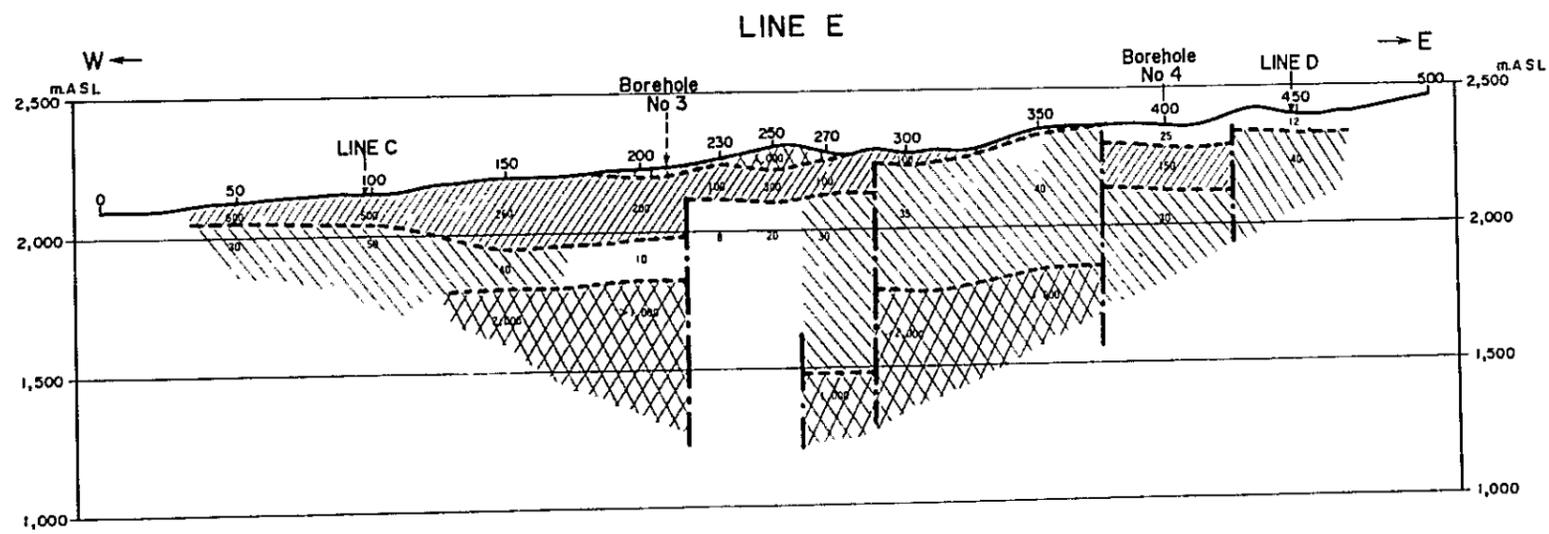
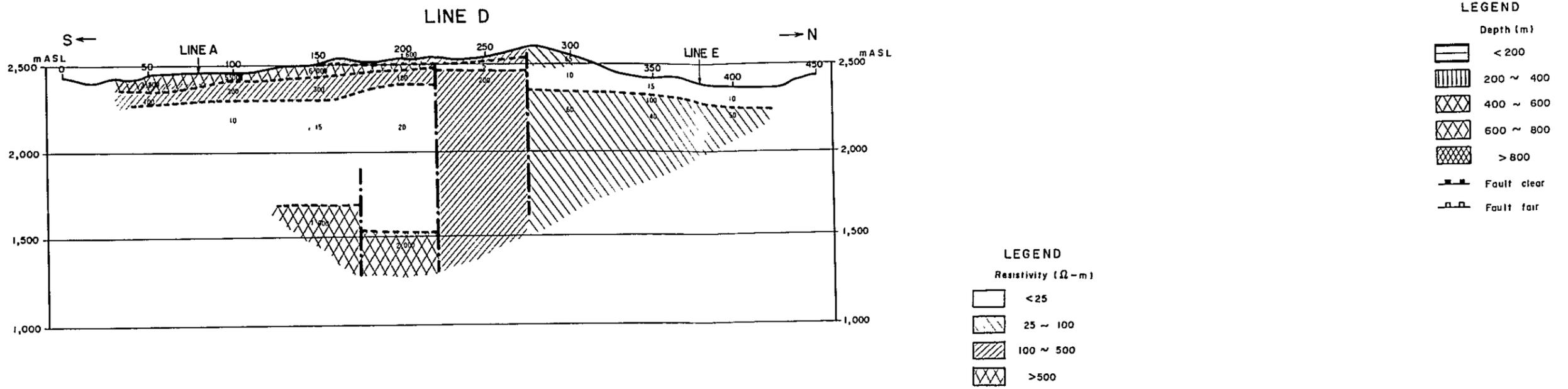


Fig. 12 (2) Resistivity sections, (Line D & E)

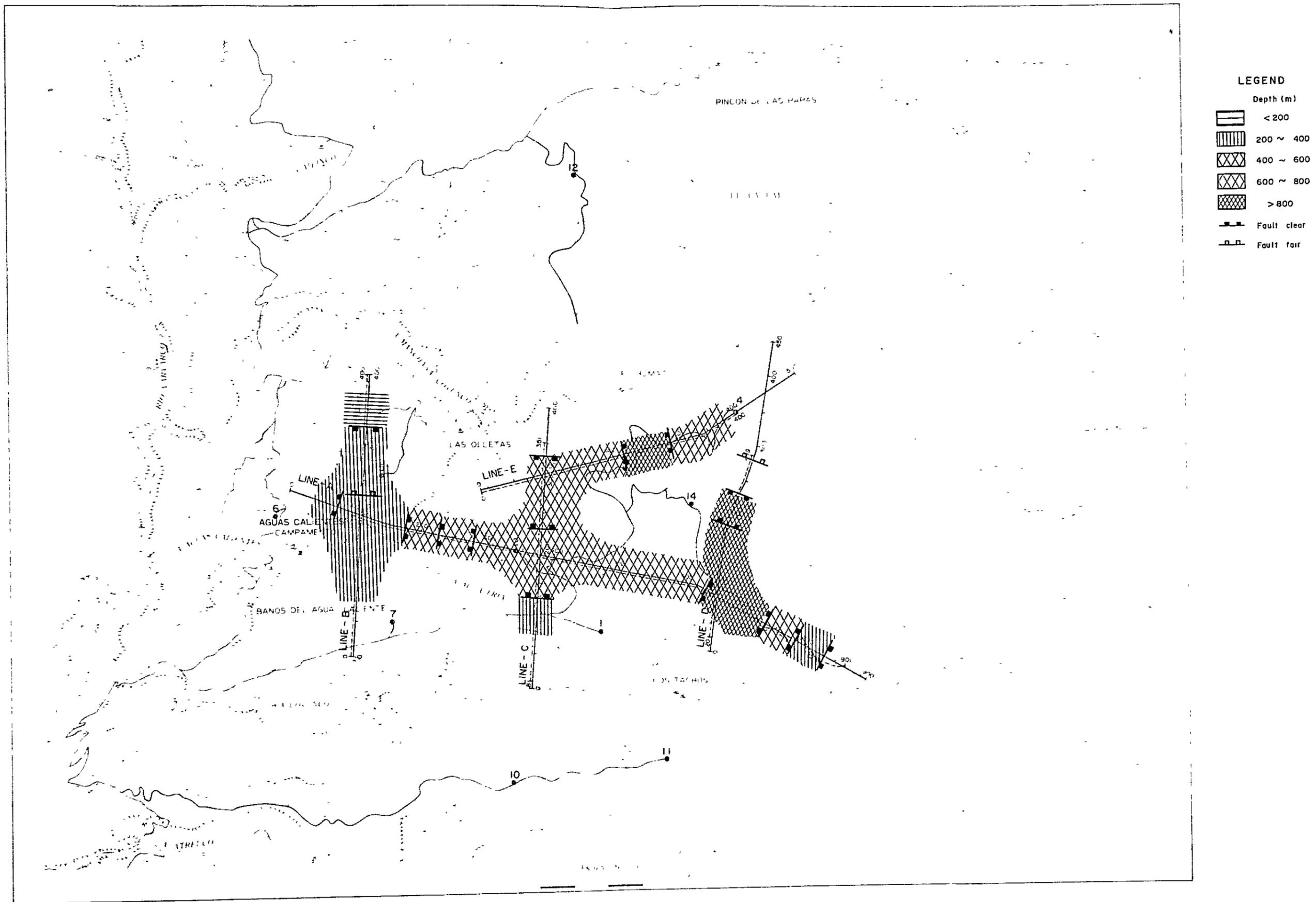


Fig. 13 Structural map of the resistivity basements

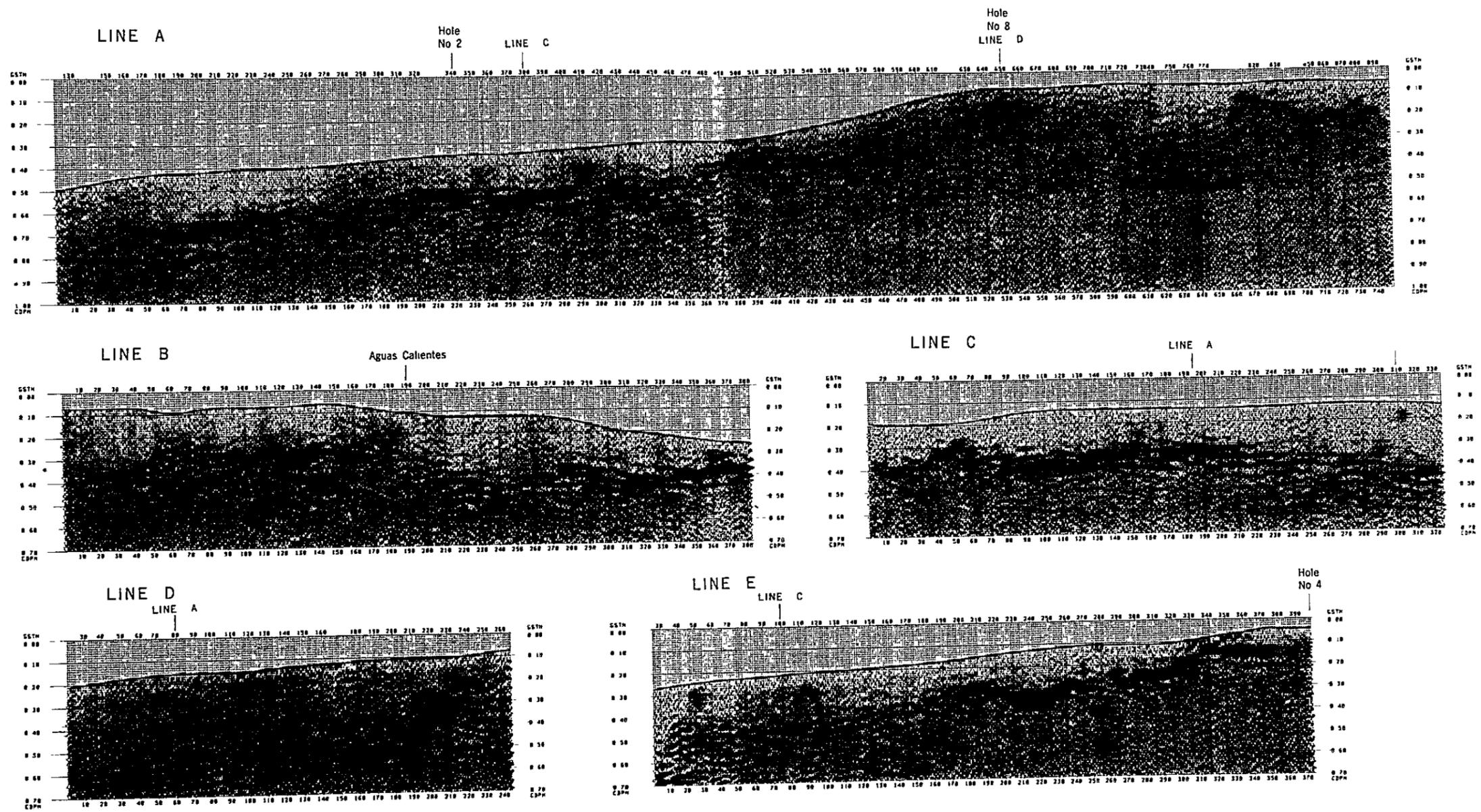


Fig. 14 Seismic time sections (Line A ~ E)

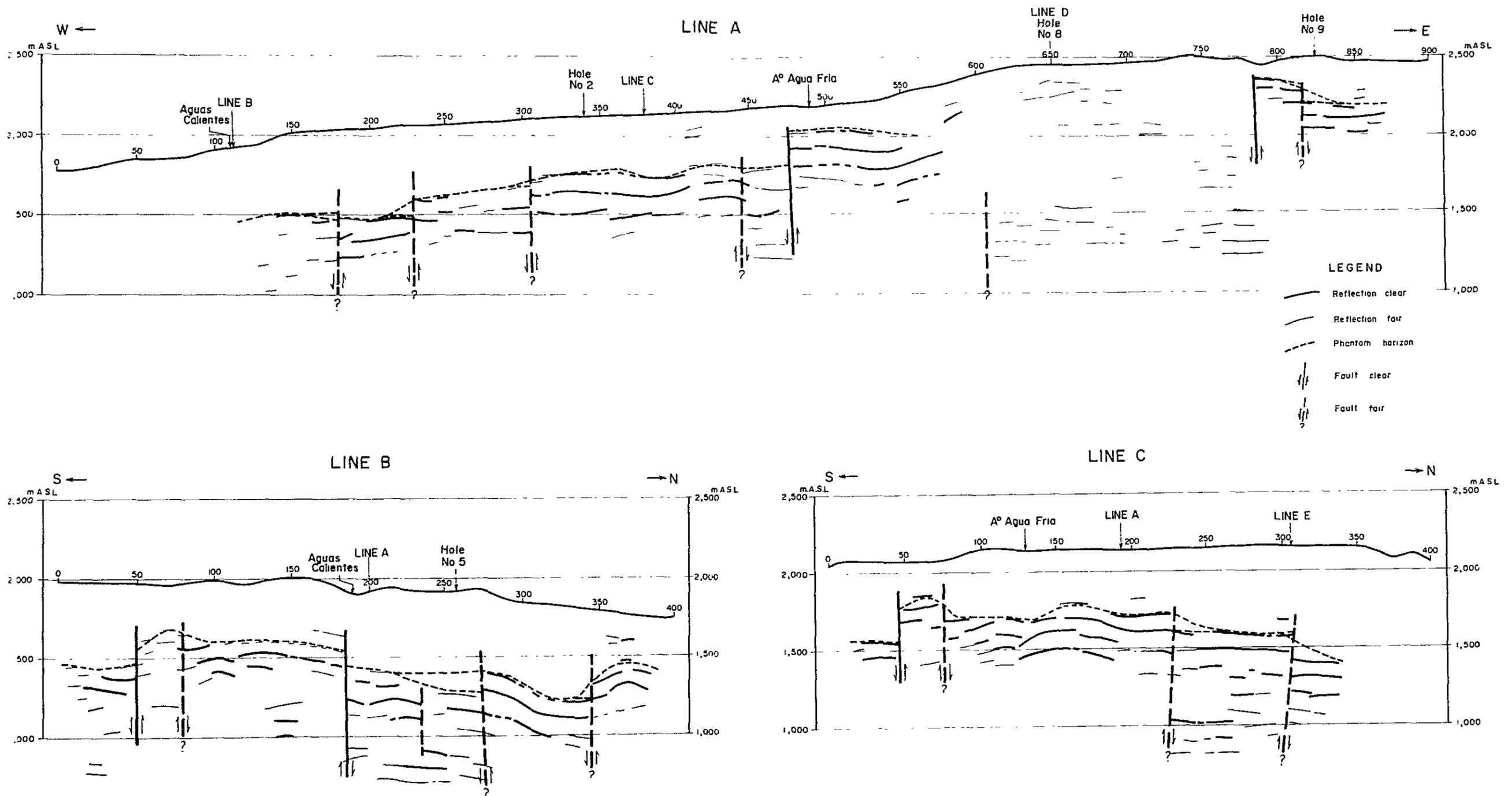


Fig. 15(1) Seismic interpretation depth sections (Line A, B & C)

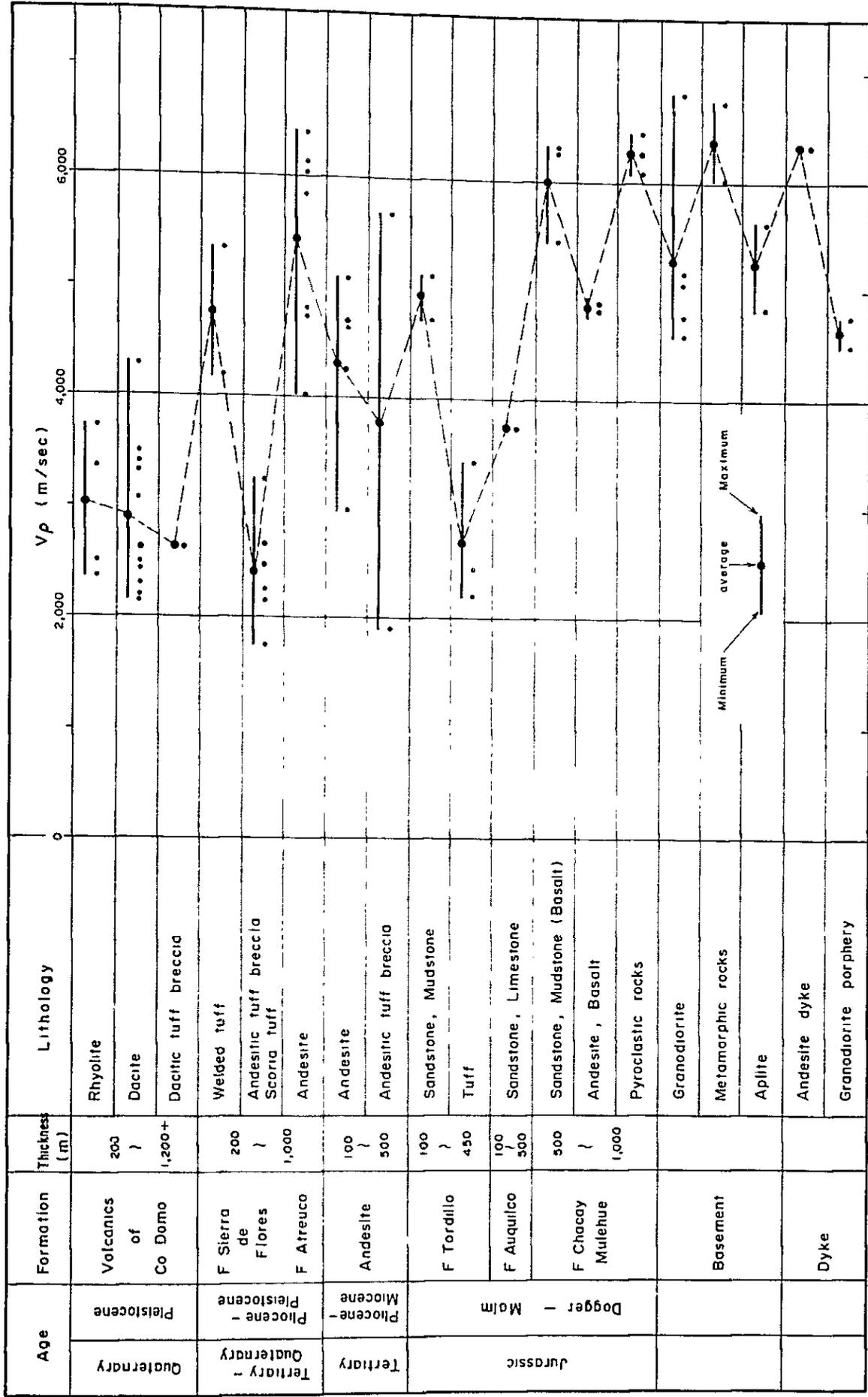


Fig. 16 Schematic columnar section of some velocity

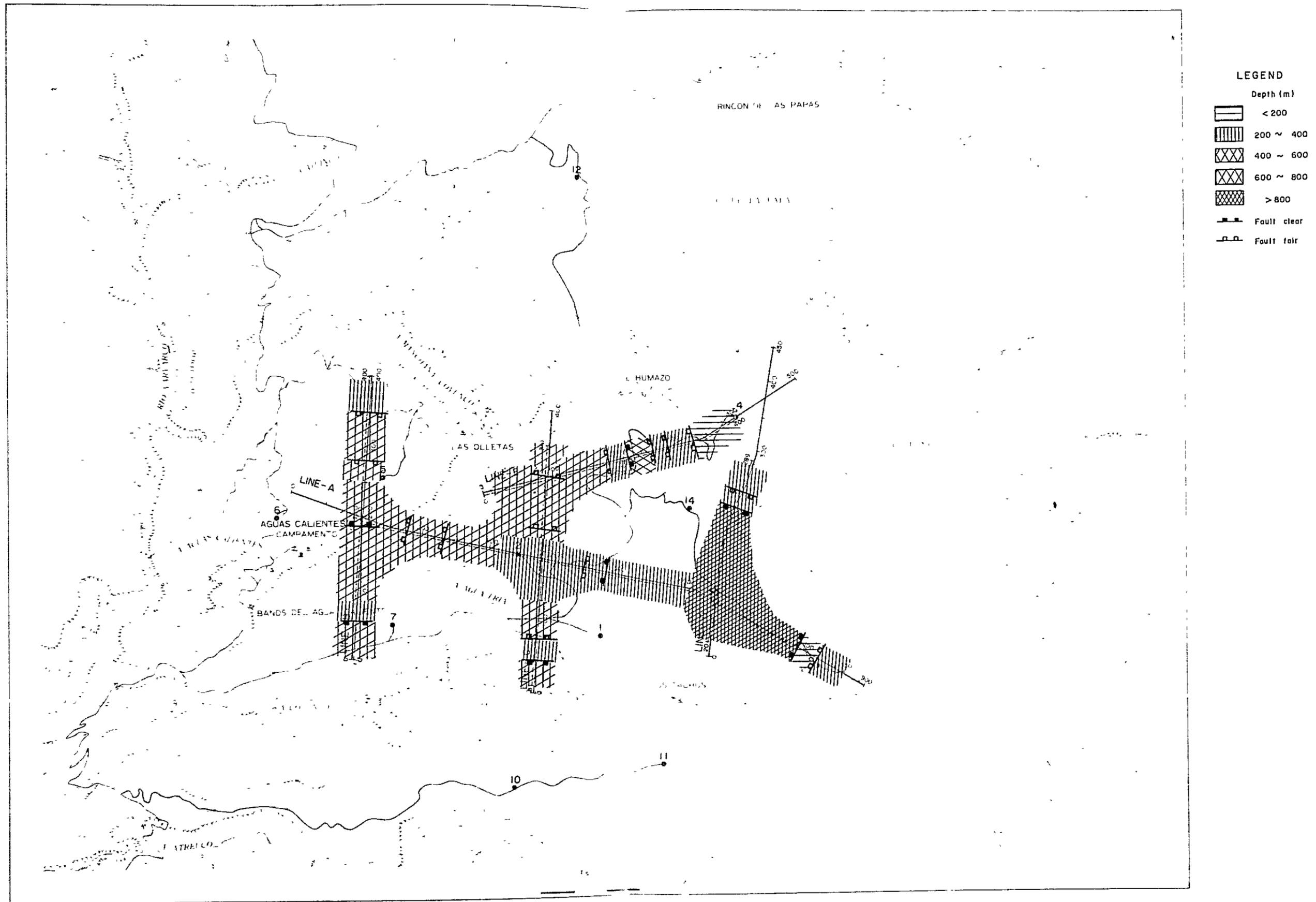


Fig. 17 Structural map of the seismic basements

Cuadro 6 List of isotopic analysis of hot water in Domuyo

No	Location of sampling		Analysis						Date of sampling	Temperature Air (°C) / Water (°C)	pif
	Name of spring	Sea level (m)	δD (SMOW)‰	$\delta^{18}O$ (SMOW)‰	$\delta^{13}C$ (PDB)‰	$\delta^{34}S$ (CD)‰	3H TR				
1	Los Tachos Grandes	2 350	-100	-130	-282	121	10	13-3-84	115 / 935	62	
2	Los Tachos 'Hicos	2 250	111	-139	132	120	11	"	180 / 930	74	
3	Vertiente Fría Los Tachos	1 900	106	-115	164		23	"	125 / 125	71	
4	Aguas Calientes	1 800	109	-144	-133	120	11	"	225 / 670	71	
5	Lincón de Las Papas	2 300	112	-135	-59	130	10	"	200 / 400	69	
6	Las Olletas	2 150	-110	-137	-183	120	10	"	185 / 900	80	
7	La Bramadora	3 250	-113	-154	-50	149	18	"	75 / 525	66	
8	El Humazo	2 200	-110	-133	-240	119	17	"	180 / 930	74	

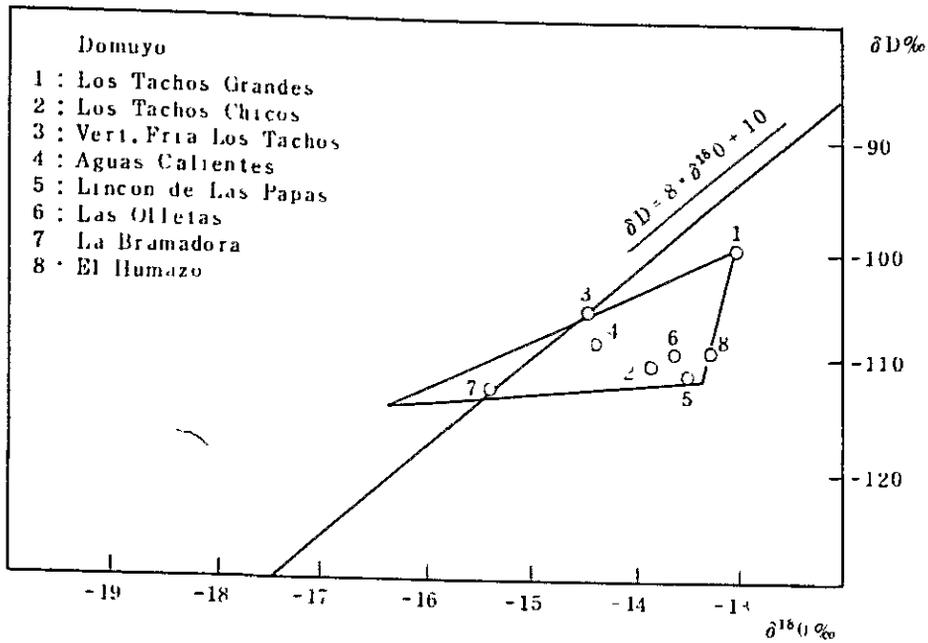


Fig. 18 Correlation between δD and $\delta^{18}O$ in Domuyo

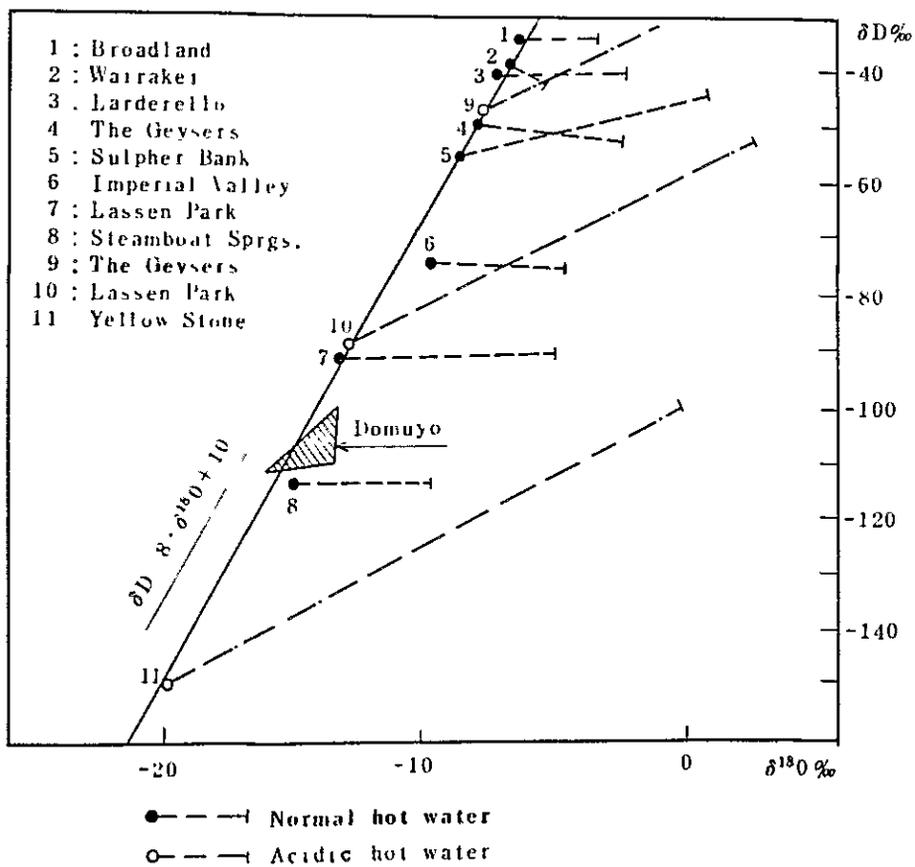


Fig. 19 Examples of Correlation between δD and $\delta^{18}O$ in the World

ANALISIS INTEGRAL

RESULTADOS DEL ANALISIS INTEGRAL

Se han evaluado todos los estudios efectuados a través de los 3 años hasta el presente, superponiendo sus resultados, para realizar un análisis integral en planimetría y en perfil, con el objeto de seleccionar el objetivo para ejecutar los siguientes pasos de exploración. Se eligieron así 2 lugares de mayor potencial geotérmico.

1.- ANALISIS INTEGRAL EN PERFIL (PERFILES INTEGRALES DE INTERPRETACION)

En los análisis en perfiles, se integraron principalmente los resultados de la geoelectrónica, sísmica y gravimetría

De ello, y de acuerdo a los caracteres estructurales, el área estudiada puede ser dividida en 3 sectores, sector occidental-central, oriental, y su sector limítrofe.

(a) Sector occidental-central.

Exceptuando pequeños detalles, muestran coincidencia de ubicación dentro de los 200 - 700m, la superficie superior de la capa profunda de alta resistividad (geoelectrónica), la superficie superior de fuerte reflexión (sísmica) y la profundidad interpretada en perfil gravimétrico ($\Delta\delta = 0.4$) Estos caracteres corresponden físicamente a una alta densidad y una gran velocidad de ondas sísmicas, pudiendo inferirse que representan a las granodioritas que conforman el basamento del área.

Según los resultados de la geoelectrónica, se considera que las capas superficiales de mediana a alta resistividad corresponden principalmente a dacitas cuaternarias y a tobas soldadas y andesitas del Terciario a Cuaternario, y que las capas de mediana profundidad y baja resistividad corresponden esencialmente a tobas escoriáceas y pumicíticas del Terciario a Cuaternario.

Se considera que las rocas de baja resistividad y mediana profundidad se hallan con fuerte alteración hidrotermal, o a altas temperaturas.

(b) Sector oriental

En perfil, este sector queda subdividido en la parte septentrional (que incluye al pozo N°4) y austral (que incluye al pozo N°9).

En ambos casos, presentan grandes variaciones en valores de resistividad entre puntos sucesivos, dando en general, valores bajos a escasa profundidad, y medianos a media y gran profundidad. A su vez, las reflexiones sísmicas son poco profundas.

En cuanto a la gravimetría, el basamento se halla a escasa profundidad en la parte norte, y a más de 1.000m en la sur, y en general, los resultados de los 3 métodos no presentan buena correlación.

Las rocas sedimentarias mesozoicas de este sector presentan gran espesor, y de acuerdo a la resistividad, se considera que se hallan fuertemente afectadas por alteración hidrotermal o que presentan complicadas estructuras, encontrándose a altas temperaturas.

(c) Sector limítrofe.

Se subdivide en 2 partes: al norte de la línea E, y la que incluye a la intersección de las líneas A y D.

En ambas partes, se pueden dividir en 3 capas según geoelectrónica, de la misma manera que en el sector occidental-central, pero la capa de mediana profundidad y baja resistividad es aquí más espesa, estando la superficie superior de la capa profunda y de alta resistividad a más de 800m. A su vez, en ambas partes se infiere una estructura de caída según los resultados de la gravimetría y la sísmica

De acuerdo a la geología encontrada en los pozos de 100m perforados en los alrededores, se puede considerar que la capa de baja resistividad de este sector corresponde a estratos del Terciario inferior

2.- ANALISIS INTEGRAL EN PLANIMETRIA (MAPA INTEGRAL DE INTERPRETACION)

(a) Distribución de temperaturas geoquímicas.

El sector en donde se esperan fluidos mayores a 200°C, del tipo mezcla agua-vapor, o vapor dominante (tipo II), abarca gran parte de El Humazo y Los Tachos, conformando una estructura de medio domo cuyo eje tiene dirección E-O, con tendencia a presentar temperaturas mayores hacia el este.

(b) Distribución de temperaturas a 100m de profundidad.

Los sectores de temperaturas mayores a 30°C muestran correlación con la distribución de temperaturas geoquímicas, y se ubican entre las cuencas de drenaje del arroyo Manchana Covunco y arroyo Covunco, con tendencias a extenderse hacia el este.

(c) Distribución de curvas isogálicas.

Si bien presentan una fuerte caída hacia el este de la línea que une El Humazo y Los Tachos, hacia el occidente también sucede algo similar, conformando una estructura de caída en el sector triangular limitado por El Humazo, Aguas Calientes y Los Tachos

(d) Sector promisorio

De la estructura de 3 capas encontradas por geoelectrónica, los sectores donde el límite inferior de la capa de baja resistividad se halla a más de 800m son los 2 siguientes:

(A) línea E. N° 215 - 285

(B) línea A. N° 625 - 725 y línea D. N° 100 - 225.

En estos 2 sectores hay coincidencia de 3 metodologías distintas, en cuanto a la posibilidad de existencia de estructuras de caída, verificada por bajos valores de la gravedad y por los resultados de la sísmica. Si bien por geoelectrónica se constata la estructura en sólo su dimensión lineal, su extensión areal se verifica como sector de bajos valores de anomalía de Bouguer, en gravimetría.

SECTOR (A)

Se ubica al norte de Los Tachos, e incluye la intersección de las líneas A y D, con una extensión N-S de 2.5 Km, E-O de 1.0 Km y una superficie de 2.5 Km².

En los pozos N° 9 del SE del sector y 14 del NO se han detectado rocas terciarias a los 68m y 60m respectivamente. Si estos 2 lugares se hallan en continuidad lineal, se puede esperar como reservorio, las tobas andesíticas terciarias o tobas dacíticas de la parte superior del Grupo Tordillo (Mesozoico), que presentan baja a mediana densidad, y mediana a alta porosidad efectiva.

De todos modos, de acuerdo a los resultados de la gravimetría, se puede

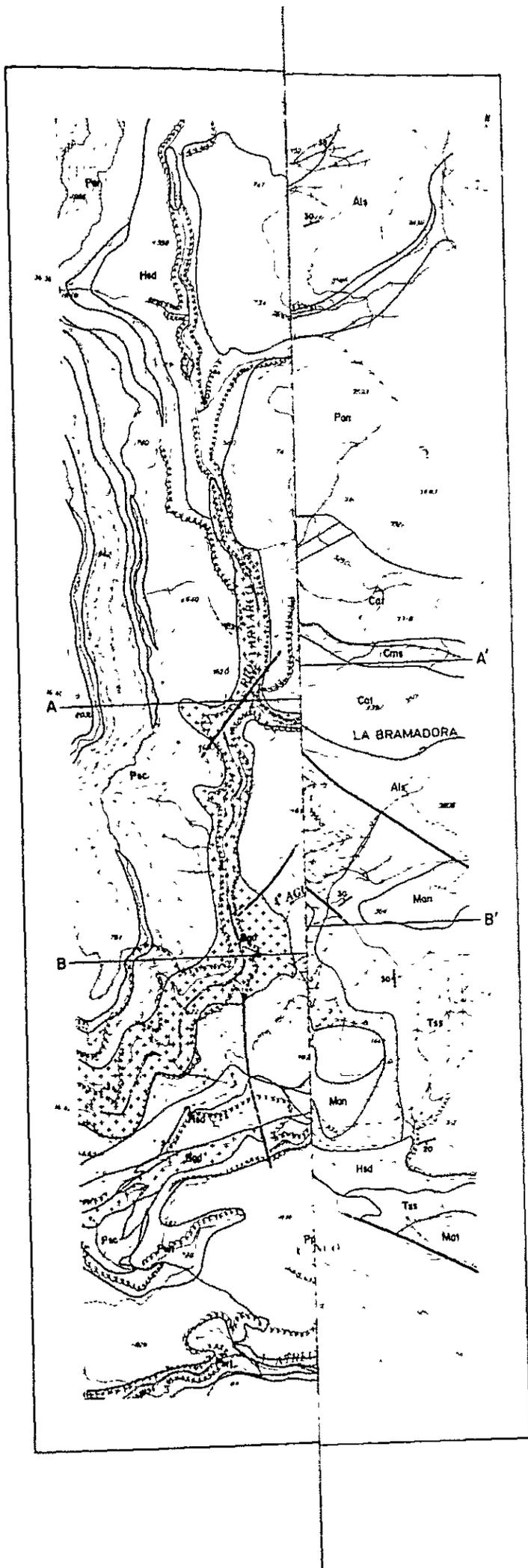
pensar también en la posibilidad de una gran caída que afecta asimismo a las rocas de los niveles superiores, o bien que en relación a esto otras rocas de alta densidad y baja porosidad efectiva se hallan fuertemente fracturadas.

SECTOR (B)

Se ubica al sur de El Humazo, con una extensión de 1,2 Km en dirección N-S y 0.5 Km en E-O, abarcando una superficie de 0,6 Km².

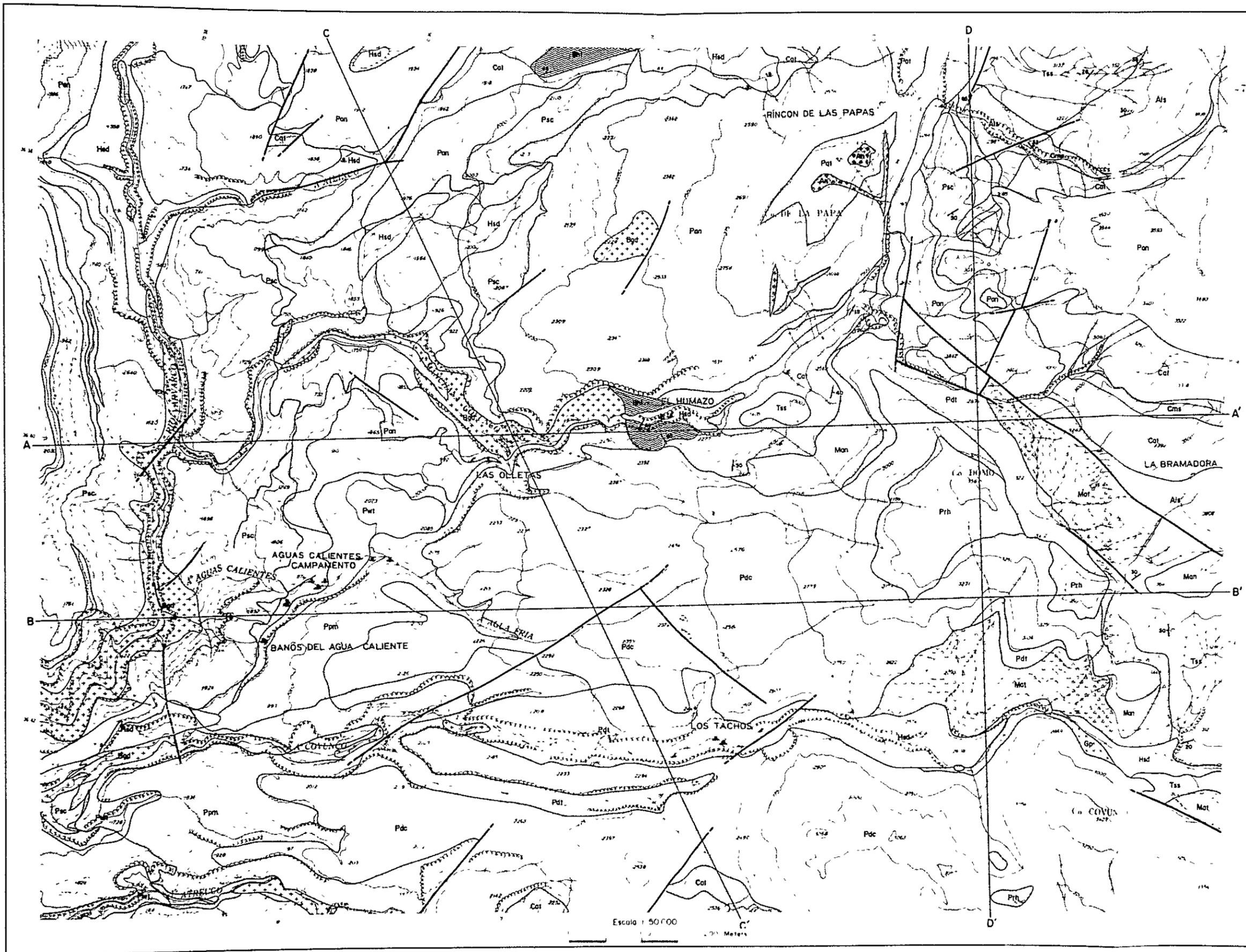
Aquí se espera una continuidad con el sector de El Humazo. Rocas del Mesozoico inferior fueron ubicadas a 35m en el pozo de 100m N°3, en el borde SO del sector. A juzgar por la geología de superficie, el reservorio esperado se encontraría en estos estratos del Mesozoico o en rocas basamentales.

Por otro lado, estas rocas presentan por sus caracteres físicos, alta densidad y baja porosidad efectiva, y en primera instancia se podría considerar que no son adecuadas para conformar un reservorio. Pero el hecho de que El Humazo, ubicado en un sector de baja gravedad, se halle dentro de la faja de basamento y que presente fuertes efusiones de agua y vapor, alienta a pensar que estas rocas, fracturadas por efectos de las estructuras de caída, y con fuerte alteración hidrotermal, conforman el reservorio en este sector.



LEGEND

Quaternary	Holocene	Hed	Sand, gravel
	Pleistocene	Prn	Rhyolite lava
		Pac	Dacite lava
		Pst	Dacitic tuff breccia
Quaternary-Tertiary	Pleistocene & Pliocene	Pwt	Andesitic volcanic breccia
		Pan	Andesite
		Ppm	Plumbeous tuff
		Pwt	Welded tuff
		Psc	Scoria tuff
Tertiary	Pliocene & Miocene	Man	Andesite lava
		Mat	Andesitic tuff breccia
Jurassic	F Torillo	Tss	Red sandstone, Dacitic tuff, Limestone
	F Augulla	Als	Limestone, sandstone, mudstone, Gypsum
	F Checoy Melehu	Cms	Black mudstone
		Cst	Andesitic tuff breccia, Sandstone
Basement		Hornfels schal	
		Bgd	Granodiorite
Intrusive rocks		And	Andesite
		Gp	Granodiorite porphyry
		30	Bedding plane
		—	Fault
		A—A'	Section line

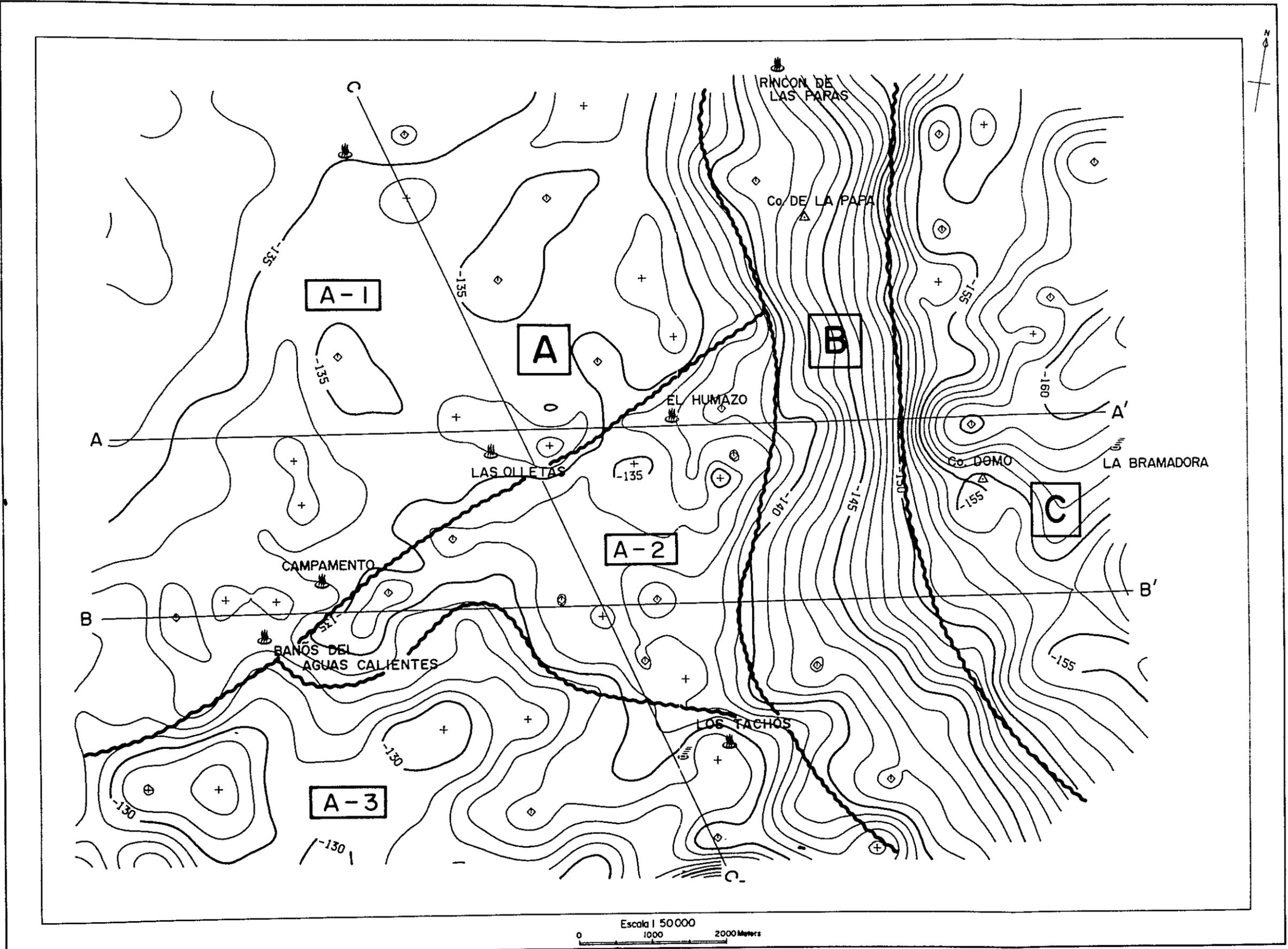


LEGEND

Quaternary	Hsd	Sand, gravel	
	Prh	Rhyolite lava	spring
	Pdc	Dacite lava	ole
	Pdt	Dacitic tuff breccia	geochemical geothermo-temperature
Quaternary-Tertiary	Pat	Andesitic volcanic breccia	
	Pan	Andesite	
	Ppm	Pumiceous tuff	
	Pwt	Welded tuff	
Tertiary	Man	Andesite lava	
	Mat	Andesitic tuff breccia	
Tertiary	Tss	Red sandstone, Dacitic tuff, Limestone	(> 200 °C)
	Als	Limestone, sandstone, mudstone, Gypsum	(< 200 °C)
Jurassic	Cms	Black mudstone	(< 200 °C)
	Cal	Andesitic tuff breccia, Sandstone	(< 200 °C)
Basement	Hornfels schist		
	Bgd	Granodiorite	
Intrusive rocks	Andesite		
	Granodiorite porphyry		
	30	Bedding plane	
	—	Fault	
	A—A'	Section line	



Fig. 20 Geological map of the survey area



GEND

tation)

ty of classification of hot spring
nical composition

y of existence of fumarole

(geochemical
geothermo-
temperature

r-dominated type
ate spring (unknown)

r-vapor-mixed type
nmon salt spring (a) (> 200°C)

r-dominated
nmon salt spring (b) (< 200°C)

r-dominated type
-Mg bicarbonate spring (< 200°C)

emistry)

area

al ground temperature

ncentration

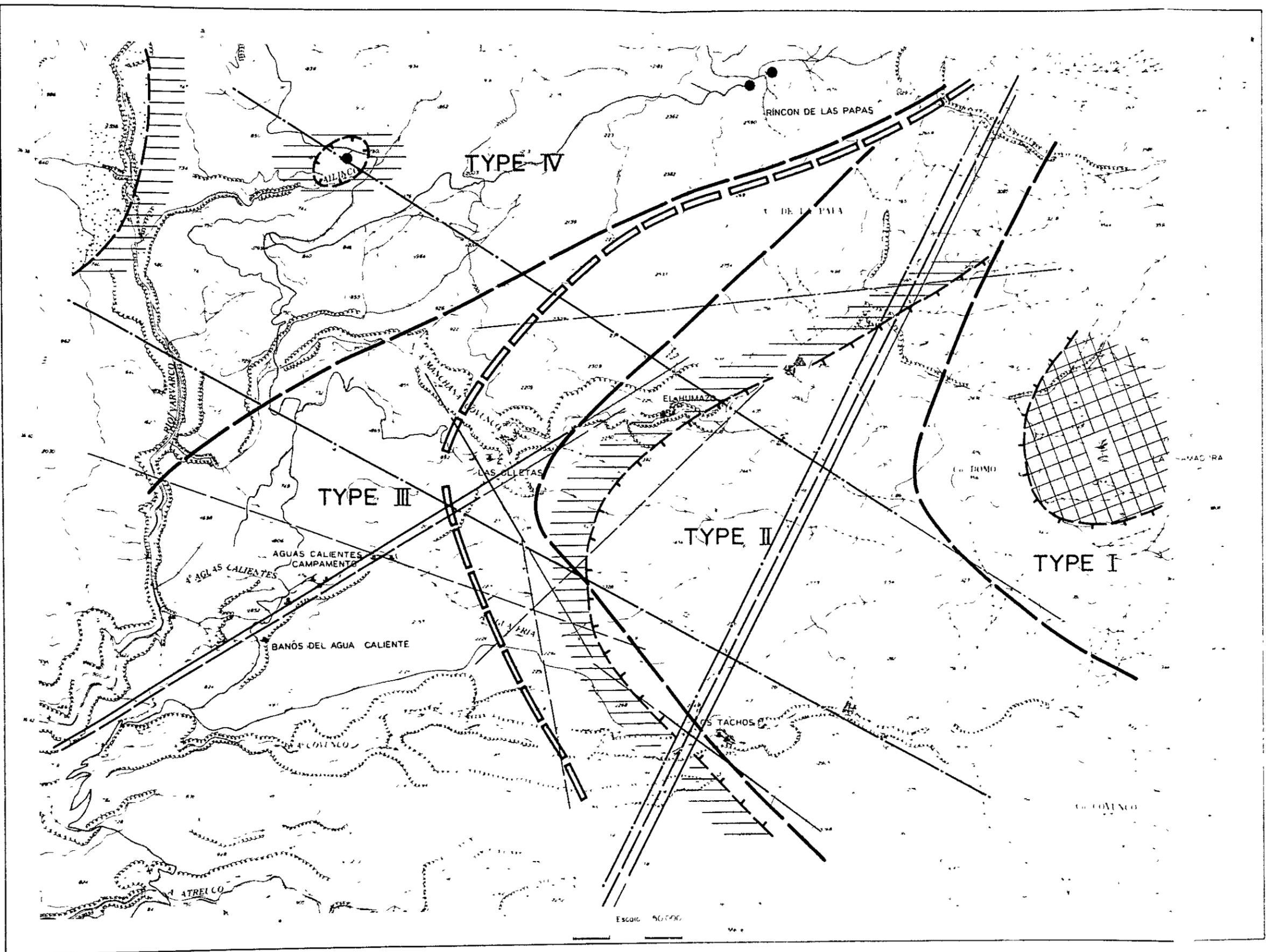
oncentration

--- distinct
--- indistinct

ite zone

(temperature)
high
↑
low

Fig. 21 Zoning of Bouguer anomaly map



LEGEND

(Geothermal manifestation)

- boundary of classification of hot spring by chemical composition
- ▤ boundary of existence of fumarole

(hot water) (fumarolic gas) **(geochemical geothermo-temperature)**

- I vapor-dominated type sulfate spring (unknown)
- II water-vapor-mixed type common salt spring (a) (> 200°C)
- III water-dominated common salt spring (b) (< 200°C)
- IV water-dominated type Ca-Mg bicarbonate spring (< 200°C)

(Ground temperature & Geochemistry)

trend of anomalous area

- /// residual ground temperature
- /// Hg-concentration
- /// CO₂-concentration

(thick --- distinct
thin --- indistinct)

(Alteration)

- ▤ kaoline - alunite zone
- ▤ kaoline zone
- ▤ montmorillonite - cristobalite zone
- ▤ opal zone

(temperature)
↑ high
↓ low

Fig. 22 Composite map of zoning of hot spring-fumarole and geochemical geothermo-temperature

W ←

→ E

Type III

Water-dominated type common salt springs (b)
 (Na^+ , Cl^- -rich, K^+ -poor & Ca^{++} -rich)
 (geochemical geothermometric temperature < 200°C)

Type II

Water-Vapor-mixed type common salt springs (a)
 (Na^+ , Cl^- -rich, K^+ -rich & Ca^{++} -poor)
 (geochemical geothermometric temperature > 200°C)
 Fumaloric gas (SO_2)

Type I:

Vapor-dominated type sulphate springs
 (Ca^{++} , SO_4^- -rich, $\text{SO}_4^-/\text{Cl}^- > 1$)
 Fumaloric gas (H_2 , CH_4 , H_2S , SO_2)

LEGEND

-  Pleistocene
-  Pleistocene-Pliocene
-  Tertiary
-  Mesozoic
-  Basement
-  +Gd+
-  Domuyo complex
-  rain water
-  circulation of ground water
-  circulation of geothermal fluid
-  supply of heat
-  shallow hot water reservoir
-  deep geothermal fluid reservoir
-  fracture

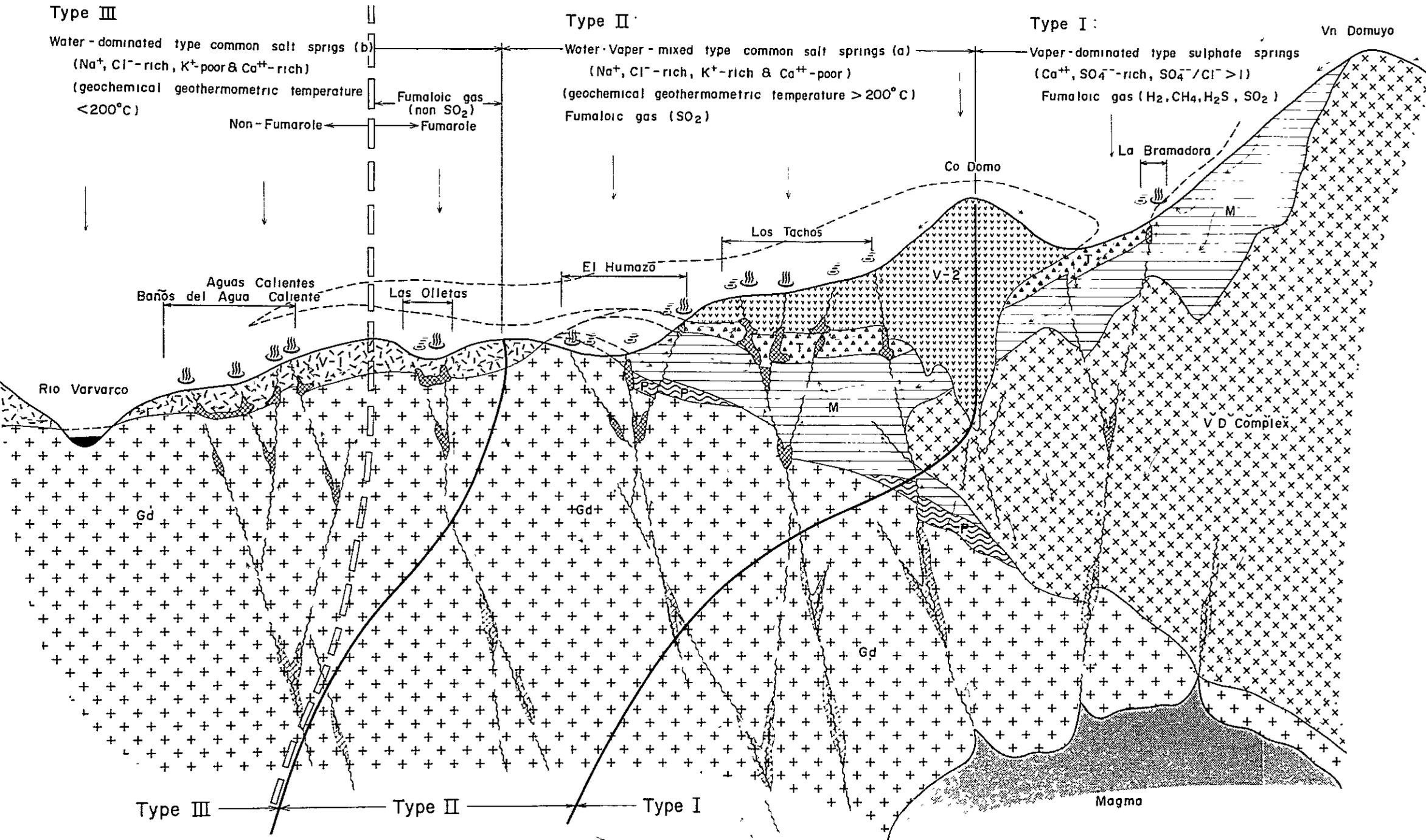


Fig. 23 Model of circulation mechanism of geothermal fluid and geothermal reservoir structure

Cuadro 7 Geothermal system of the Domuyo area

Western Zone	Area	The western side of the line connecting the points of №600 on the Line A and of №215 on the Line B		
	Geothermal manifestation	Las Olletas, Aguas Calientes, Baños del Agua Caliente, Los Tachos Chicos		
	Type of hot spring	mainly water-dominated (Type III)		
	Temperature at the 100m depth	mainly over 80°C		
	Depth (m)	0~150	200~700	
	Lithology	Quaternary Dacite Quaternary Welded tuff, ~Tertiary Andesite	Quaternary Scoria tuff, ~Tertiary Pumice tuff	Basement Granodiorite
	Resistivity	medium-high	low	high
	Depth of gravimetric basement (m)	100~700		
	Depth of seismic basement (m)	200~600		
Transitional Zone	Area	Transitional zone		
	Geothermal manifestation	El Humazo, Los Tachos		
	Type of hot spring	water-vapor-mixed (Type II)		
	Temperature at the 100m depth	over 80°C		
	Depth (m)	150~200	800~1500	
	Lithology	Tertiary, Jurassic rocks		Basement Granodiorite?
	Resistivity	medium-high	low	high
	Depth of gravimetric basement (m)	800~1500		
	Depth of seismic basement (m)	500~1200		
Eastern Zone	Area	The eastern side of the line connecting the points of №750 on the Line A and of №285 on the Line E		
	Geothermal manifestation			
	Type of hot spring	Water-vapor-mixed (Type II)		
	Temperature at the 100m depth	over 60°C		
	Depth (m)	50~200		
	Lithology	Tertiary, Jurassic rocks		
	Resistivity	low	medium	
	Depth of gravimetric basement (m)	200~1200m		
	Depth of seismic basement (m)	100~300m		

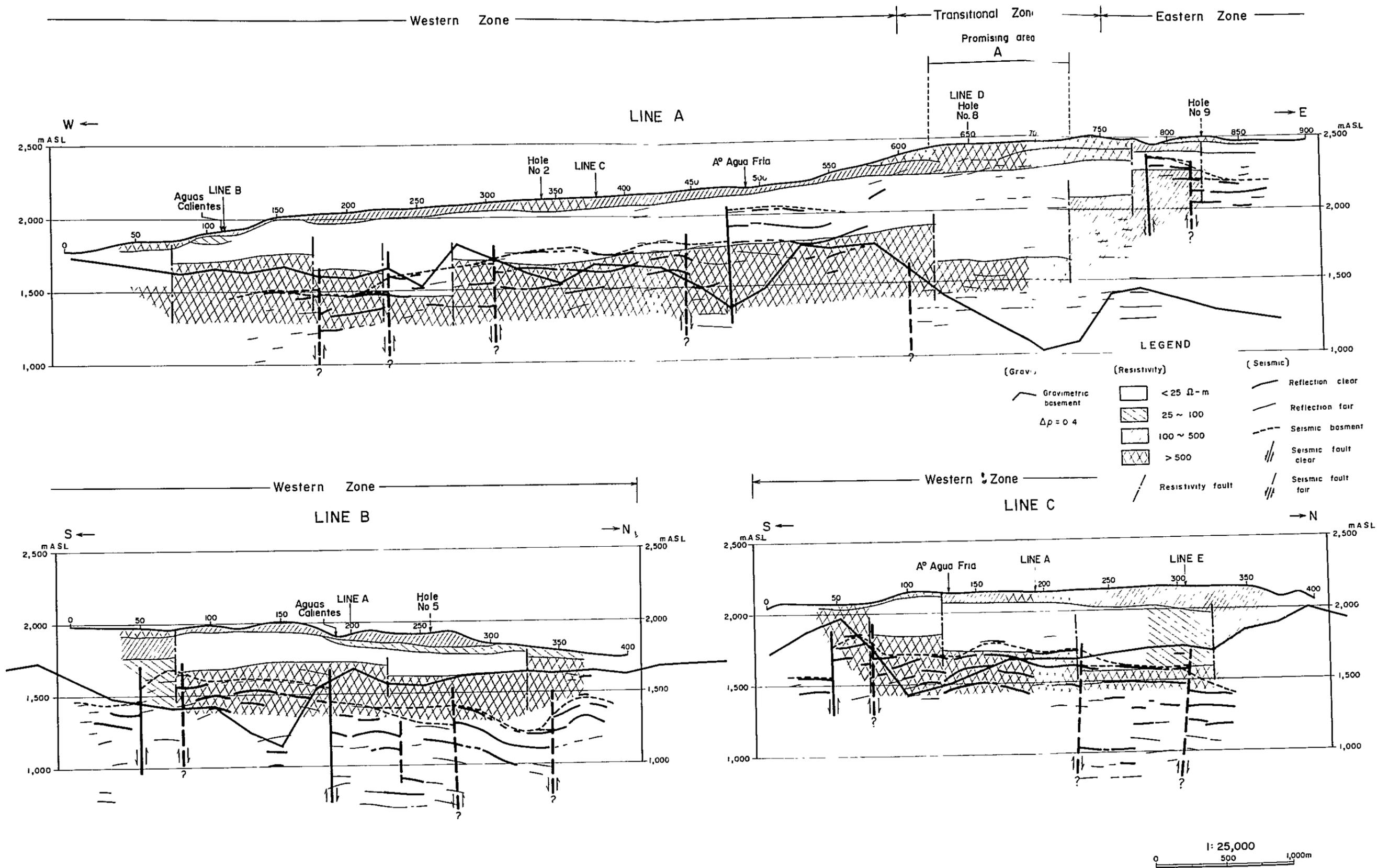


Fig. 24 (I) Synthetic interpretation section (Line A, B & C)

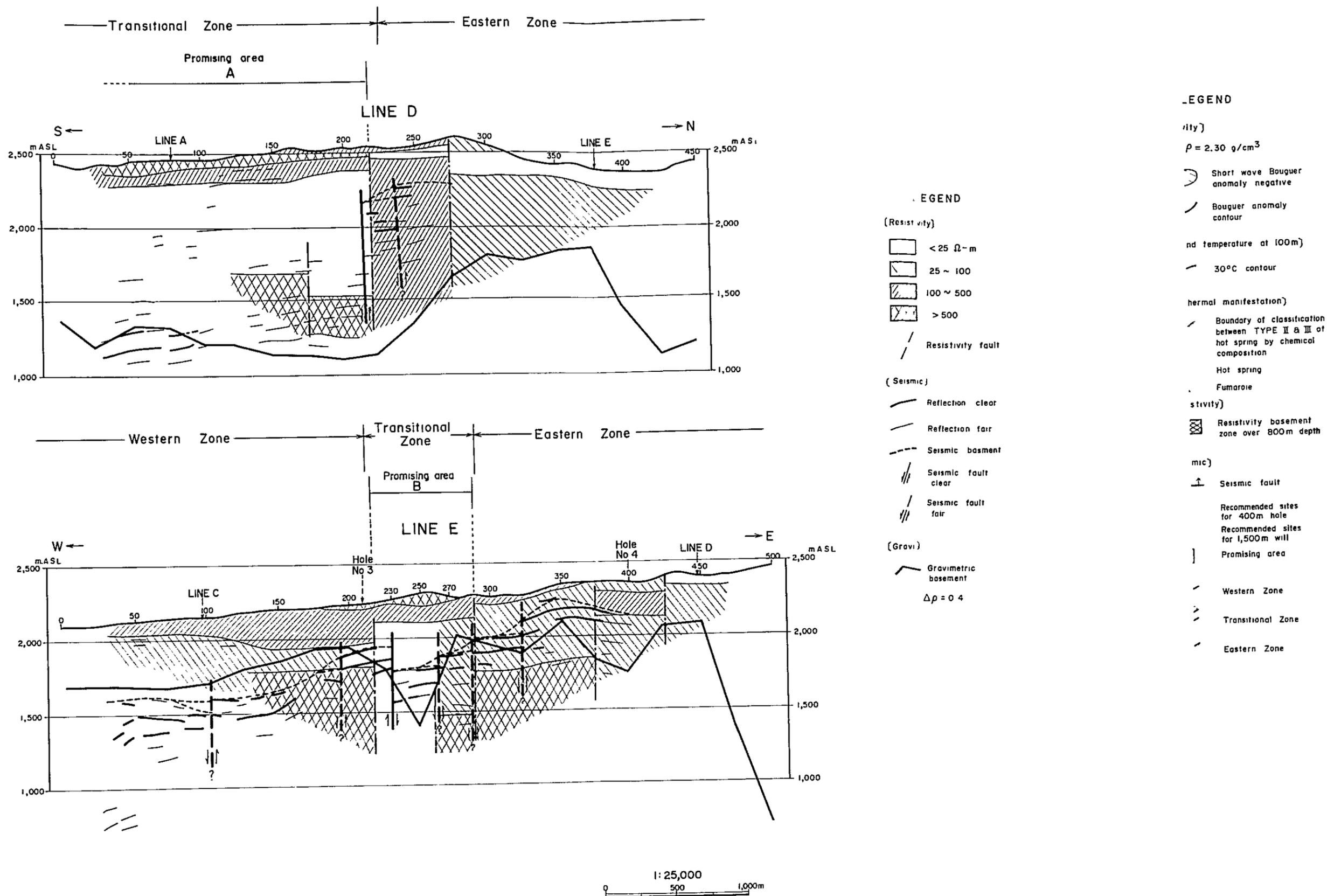


Fig. 24 (2) Synthetic interpretation section (Line D & E)



- LEGEND**
- (Gravity)
- $\rho = 2.30 \text{ g/cm}^3$
- Short wave Bouguer anomaly negative
 - Bouguer anomaly contour
- (Ground temperature at 100m)
- 30°C contour
- (Geothermal manifestation)
- Boundary of classification between TYPE II & III of hot spring by chemical composition
 - Hot spring
 - Fumarole
- (Resistivity)
- Resistivity basement zone over 800m depth
- (Seismic)
- Seismic fault
 - Recommended sites for 400m hole
 - Recommended sites for 1,500m well
 - Promising area
 - Western Zone
 - Transitional Zone
 - Eastern Zone

Fig. 25 Synthetic interpretation map



LIBRARY

LIE