

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

(THE UNIVERSITY OF CHICAGO)

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

1953

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY

JICA LIBRARY



1028996[4]

11379

アルゼンティン共和国

ネウケン州北部地熱開発計画調査

(第3年次)

最終報告書

要約

1984年11月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '85. 4. 25	701
登録No. 11379	64.3
	MPN

ま え が き

本報告書は「アルゼンティン共和国ネウケン州北部地熱開発計画調査」にかかる最終年次（第3次）の現地調査と解析検討の結果によって作成した最終報告書（ファイナルレポート）のうち、主として第3次調査の結果を中心として、主要部分の要約をまとめたものである。



目 次

まえがき

結論および提言	1
結 論	1
提 言	3
1. 概 説	5
1. 1 調査の目的と手法	5
1. 2 第1段階(第1次)調査の概要	5
1. 3 第2段階(第2次)調査の概要	5
1. 4 第3段階(第3次)調査の概要	6
1. 5 調査の実施体制	6
1. 6 調査の実施作業量	6
2. 第3段階(第3次)調査の結果	7
2. 1 熱流量調査(100m級坑井)	7
2. 2 電気探査(シュランベルジャー法)	8
2. 3 地震探査(高分解能浅層反射法)	9
2. 4 熱水同位体調査	10
3. 総合解析の結果	11
3. 1 概 括	11
3. 2 断 面 解 析	12
3. 3 平 面 解 析	14
3. 4 有望地区の選定	15
4. 今後の開発調査のためのターゲットとその方策	17
4. 1 最優先ターゲット	17
4. 2 今後必要とされる調査	18

付 図 ・ 付 表 リ ス ト

付 図

- Fig. 1 調査地域位置図
Location map of the survey areas
- Fig. 2 第3次調査範囲図
Location map of the third phase survey
- Fig. 3 掘削および地温測定実績図
Period of drilling and measuring ground temperature
- Fig. 4 坑井内平衡地温分布断面図
Profile of an equilibrium temperature
- Fig. 5 試錐地質柱状図例
Examples of geological log (No. 9 & No. 14)
- Fig. 6 100m深地温分布図
Distribution map of ground temperature at the 100-meter depth
- Fig. 7 熱流量分布図
Distribution map of heat flow
- Fig. 8 見掛け抵抗断面図 (Line A~E)
Apparent resistivity sections (Line A~E)
- Fig. 9 見掛け抵抗分布図 (AB/2 = 250m)
Plan map of apparent resistivity (AB/2 = 250m)
- Fig. 10 見掛け抵抗分布図 (AB/2 = 1,500m)
Plan map of apparent resistivity (AB/2 = 1,500m)
- Fig. 11 比抵抗および有効空隙率模式柱状図
Schematic columnar sections of resistivity and effective porosity
- Fig. 12 比抵抗解析断面図 (Line A~E)
Resistivity sections (Line A~E)
- Fig. 13 比抵抗基底構造図

- Structural map of the resistivity basements
- Fig. 14 記録断面図 (Line A~E)
Seismic time sections (Line A~E)
- Fig. 15 解析深度断面図 (Line A~E)
Seismic interpretation depth sections (Line A~E)
- Fig. 16 弾性波速度模式断面図
Schematic columnar section of sonic velocity
- Fig. 17 地震探査基盤構造図
Structural map of the seismic basements
- Fig. 18 Domuyo 地域 δD , $\delta^{18}O$ 組成関係図
Correlation between δD and $\delta^{18}O$ in Domuyo
- Fig. 19 世界の δD , $\delta^{18}O$ 組成関係例図
Examples of correlation between δD and $\delta^{18}O$ in the world
- Fig. 20 調査地域地質図
Geological map of the survey area
- Fig. 21 重力分布区分図
Zoning of Bouguer anomaly map
- Fig. 22 温泉・噴気ガス分帯と地化学温度総合図
Composite map of zoning of hot spring - fumarole and
geochemical geothermo - temperature
- Fig. 23 地熱流体貯留層構造モデル
Model of circulation mechanism of geothermal fluid
and geothermal reservoir structure
- Fig. 24 総合解析断面図 (Line A~E)
Synthetic interpretation sections of geophysical
prospectings (Line A~E)
- Fig. 25 総合解析平面図
Synthetic interpretation map

付 表

Table 1	3段階調査フローチャートとその内容 Flow chart of the survey in 3 phases
Table 2	3段階調査工程表 Schedule of the survey in 3 phases
Table 3	調査の人的体制 Members of the survey team of 3 phases
Table 4	実施作業量一覧表 Specific survey work carried out by 3 phases surveys
Table 5	掘削作業実績表 Drilling scheme
Table 6	Domuyo 地域同位体試料および分析値表 Isotopic analyses of hot water in Domuyo
Table 7	Domuyo 地域地熱構造特性区分表 Classification of geothermal structure of Domuyo area

結 論 お よ び 提 言

結 論

当該調査では、アルゼンティン共和国のネウケン州北部の地熱資源賦存の可能性が予見された地域を対象に、第1～3次にわたって、各種手法により、将来の開発調査の対象とすべき最有望焦点地区の把握・選定へ向けて、概査から精査に至る段階的調査が実施された。

調査の結果、本地域内の地質構造、断裂系、地熱徴候の分布と性質、期待される地熱流体の質と温度および貯留層構造等が解明され、また最有望焦点地区が選定された。

広域的には、本地域はアンデス脊稜山脈の東側外縁部に位置し、アンデス造山運動以降第四紀更新世に至る間の活発な地殻の変動と火山活動の認められる地域である。

第1～2次調査の結果、有望範囲として選定されたのは、Domuyo 地域内で、Co.Domo の西側の山腹～山裾部で、A°.Manchana Covunco と A°.Covunco の両水系に挟まれた三角形の地区（仮称 Domuyo triangle zone）を中心とする範囲である。

この範囲は、地域内でも特に高温優勢な温泉・蒸気の湧噴出箇所が集中して分布し、地温分布異常、地化学異常、重力探査の解析結果による基盤構造や断層構造等が明瞭に把握され、優勢な地熱徴候の分布もこれらの構造規制を受けていることが判明した。

また賦存が期待される地熱流体は、地化学温度計からは200℃以上の熱水・蒸気混合型ないし蒸気卓越型の食塩泉質のものである。

一方、水文調査の結果から、この地域は、東部後背地にそびえる Vn.Domuyo 連峰の冰雪冠と氷河に源を発する A°.Manchana Covunco、A°.Covunco の水系域内にあって、通年安定した地表水の供給があり、地熱流体源としての水収支の条件に恵まれている。

第3次調査によって、Domuyo triangle zone の地質ないし貯留層構造等に関して、更に詳細かつ興味ある結果が得られ、今後の開発調査のための対象ターゲットとしての最有望焦点地区として、当該 triangle zone の中から、㊸、㊹の2地区が選定された。

両地区とも、地熱構造的基盤深度が800m以上の範囲で、周辺部と比較して、断裂構造ないし落ち込み構造が一致して推定され、貯留層ないし通路としての構造の深度方向への深展が期待される地区である。

またこれらの地区は、いずれも優勢な高温熱水・蒸気混合型の噴湧泉を伴う地熱徴候地に近接しており、構造的な類似性、関連性が推定される。

㊤地区 (Los Tachos 北部地区)

Los Tachos 地熱徴候地の北に近接するおよそ南北 2.5 km, 東西 1.0 km すなわち, 約 2.5 km² の範囲である。

この地区では, 岩石物性的に低～中密度, 中～高有効空隙率の第三系～中生界上位の安山岩質ないし石英安山岩質凝灰岩類が貯留層の場として期待される。

また物理探査の結果から, この地区では上位層から基盤までを含めて, 周囲から大きく落ち込んでいる構造が推定され, これと関連して断層や破砕帯の発達・集中が予想されるので, 貯留層構造として平面的拡がりのみならず, 深度方向へも大きな期待が寄せられる。

㊦地区 (El Humazo 南部地区)

El Humazo 地熱徴候地の南に隣接するおよそ南北 1.2 km, 東西 0.5 km, すなわち 0.6 km² の範囲である。

この地区における地質状況は, 岩石物性的に高密度, 低有効空隙率の岩石の存在が推定されるが, 構造的な連続性が予想される El Humazo の地熱徴候の状況や各種物理探査による解析結果から判断して, 本地区の貯留層構造は, 局所的な激しい落ち込み構造や断層ないし破砕帯等によるもので, 深度方向への期待が大きいものと考えられる。

また当該 Domuyo 地域の今後の開発調査を前提として, 次段階の調査の対象とすべき最優先ターゲットとしては, 予想される岩石物性特性, 構造特性および規模等から, ㊤地区を選定した。

提 言

日本、アルゼンティン両国政府によるS/Wに基づく当該調査は、本報告書の提出をもって完了する。

第1～3次にわたる調査と解析の結果からは、当該調査地域における地熱資源の賦存について極めて興味ある知見が得られ、その有望性が指摘された。また今後の開発調査の対象となる最優先ターゲットとして、Domuyo triangle zoneの中の④地区が選定された。

一般に地熱資源の調査開発は、技術的、経済的リスクが大きく、またアルゼンティンにおける技術的土壌と経験の面から考えても、当該地熱資源の調査開発は出来るだけ段階的に進めることが望ましい。

この観点からみると、本調査の完了は、一般的に云われるポテンシャル評価段階のうちの基礎調査の前半部すなわち地表調査の段階が完了した事になり、今後必要とされることは、これまでに把握された地表調査の結果を検証的に確認するための調査井の掘削を中心に、これに随伴する諸調査を行って、貯留層の構造、規模、生産能力等を実証的に把握して、地域的ポテンシャルを評価するとともに、この地熱資源の開発が周辺地域におよぼす社会的、経済的効果と影響について調査し、総合的な解析によるポテンシャル評価段階での結論を得て、開発のための次段階への進行の是非と方策を検討することであろう。

これらのことを前提に、今後必要とされる調査について、以下のように提言する。

1. 400m級熱流量調査井の掘削と測温

第3次調査に際して計画され、かつ着手されたが、季節と天候の事情で中止された④地区における400m級坑井の掘削を再開し、計画された測温を行い、温度測定による更に詳細なデータを取得し、貯留層賦存深度を更に精度を上げて予知する資料とする。

2. 1,500m級調査井1坑の掘削

④地区で1,500m級調査井を1坑掘削して、貯留層を把握する。また、この場合、今までの調査の結果からみて、高温部ないし貯留層に達する深度が比較的浅いことが予想されるので、掘削に際しては、ブリップンダーの予設等危険防止策を十分に構ずる必要があるが、このためにも、前項で述べた400m級坑井による調査結果に基づいて検討する余地がある。

原則的な調査井の内容は次のとおりである。

坑 数 : 1

傾 斜 : 垂直

最終坑径: HQ (97.5%)

岩 芯 : 原則として全岩芯採取

仕 上 : 最終的には必要箇所へのストレーナー設置を含めたケーシングパイプ, セ
メンテーション仕上げ。

3. 岩芯による岩石・物性試験

調査井掘削による岩芯について、密度、有効空隙率、帯磁率、電気比抵抗、熱伝導率、弾性波速度等の測定と、変質鉱物のX線解析、検鏡等を行い、調査井で実施する各種検層と貯留層評価のための基礎資料を得る。

4. 調査井に対する温度・電気検層

調査井内で温度・電気検層を行い、貯留層の垂直的規模や物性的実態を把握すると共に、既調査結果と併せた再解析のための資料とする。

5. 地熱流体の噴出試験

地熱流体の噴出に対して、静特性・動特性試験等を行って、調査井の噴出特性を把握・解析し、対象地熱流体貯留層の生産能力の確認を行う。

6. 総合再解析

以上の結果と、既調査結果を併せて総合的に再解析し、当該ターゲットの確認評価のみならず、地域全般の地熱流体貯留層構造推定の精度を高める。

7. 経済的、社会的可能性調査 (Pre F/S)

1～6までの段階的調査を実施し、当該地域における地熱貯留層の構造、生産能力等を局地的かつ実証的に確認するとともに総合的かつ大局的な地熱ポテンシャルを把握した上で、予想される地熱資源の開発が、アルゼンティン国内で最も低開発遅延地域の一つに属するネウケン州北部地域におよぼす経済的、社会的効果ないし影響について予測検討し、全てを併せて総合評価を行い、次段階開発調査への進行と方策を検討する。

1. 総 説

1. 1 調査の目的と手法

当該調査は日本国政府およびアルゼンティン共和国政府の合意に基づき、1982年2月25日に締結されたS/W(Scope of work)に従って開始されたものであり、当該S/Wは下記関係機関により調印された。

日 本 側 国際協力事業団

アルゼンティン側 大扶領府国家企画庁
公共事業省国家エネルギー庁
ネウケン州 政 府

当該調査の目的は、当初アルゼンティン共和国、ネウケン州北部地域15,000km²の範囲において地熱資源を対象に広域概査から精査に至る各種手法による3段階調査を実施して、次第に焦点を絞り、最終的に地熱貯留層胚胎の場としての最有望地区を選定して、その地熱貯留層構造を解明および評価するとともに以後に必要とされる調査井の掘削等を含めた適切な採査の指針と計画を提言することである。

調査対象地域と3段階調査のフローチャートおよび工程表を、Fig. 1, Table 1, Table 2に示す。

1. 2 第1段階(第1次)調査の概要

第1段階(第1次)調査は1982年2月~3月に実施された。ネウケン州北部の調査対象地域において、ランドサット画像解析15,000km²、空中写真解析1,200km²及び現地踏査の諸調査結果に、既存の諸資料の検討結果を併せて、地熱開発有望地域200km²を抽出し、第2段階(第2次)調査対象地域に選定した。

1. 3 第2段階(第2次)調査の概要

第2次調査は現地調査に先立ち対象地域(200km²)の地形図図化を行い、1982年11月から1983年3月の間に、地質調査、岩石調査及び試験、重力探査、変質帯調査、1m深地

温調査、地化学探査、水文調査及び温泉水・噴気ガス調査の各項目にわたって現地調査を実施した。これらの諸調査結果を総合的に解析して、調査地域の地質、地質構造、熱構造、地熱流体循環構造及び貯留層構造を解明した。

また、この結果、極めて有望かつ興味ある知見と、次段階調査の必要性が強く認識され、第3段階（第3次）調査の対象とすべき有望重点範囲40km²を選定しかつ探査のための具体的な方策を計画した。

1. 4 第3段階（第3次）調査の概要

第3段階（第3次）調査は、1983年10月の日・ア両サイドによる第3段階への調査進行の確認後、同年11月から1984年3月の間に、坑井掘削を伴う熱流量調査、電気探査、地震探査および熱水試料による同位体調査等の諸現地調査を実施した。そしてこれらの諸調査結果を個々に解析するとともに、第1,2段階までの諸調査結果をも併せ総合的な解析を行って、熱構造、貯留層構造、地熱流体循環構造を更に深めて把握し、当該地域内で最終的に最有望範囲として2ヶ所を抽出し、将来の開発可能性を前提とした試掘井の掘削予定地点として選出した。

1. 5 調査の実施体制

第1～3次調査を通じて、実際の作業は、日本側は国際協力事業団派遣チーム、アルゼンティン側はネウケン州政府チームの協力体制のもとで行われ、とくに第3次調査では、熱流量調査用坑井掘削を、一部日本側の掘削用具の供与を受けて、州政府が人員、機材によって実施した。

日・ア両サイドの3次にわたる調査の人的体制をTable 3に示す。

1. 6 調査の実施作業量

第1～3次の3段階調査で実施した作業量を要約してTable 4に示す。

なお、このうちで、第3次調査における熱流量調査にかかる400m級坑井掘削は、アルゼンティン側が実施すべく着手したが、季節条件の急変等から、80mまで掘削した後一旦中止した。しかし、1984年12月から州政府チームが独自に掘削を再開し、必要調査と解析を継続することを確約している。

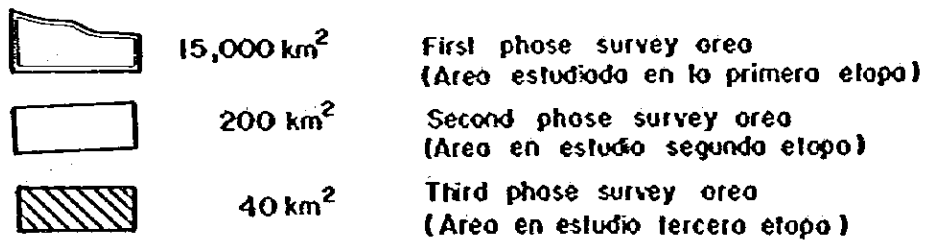
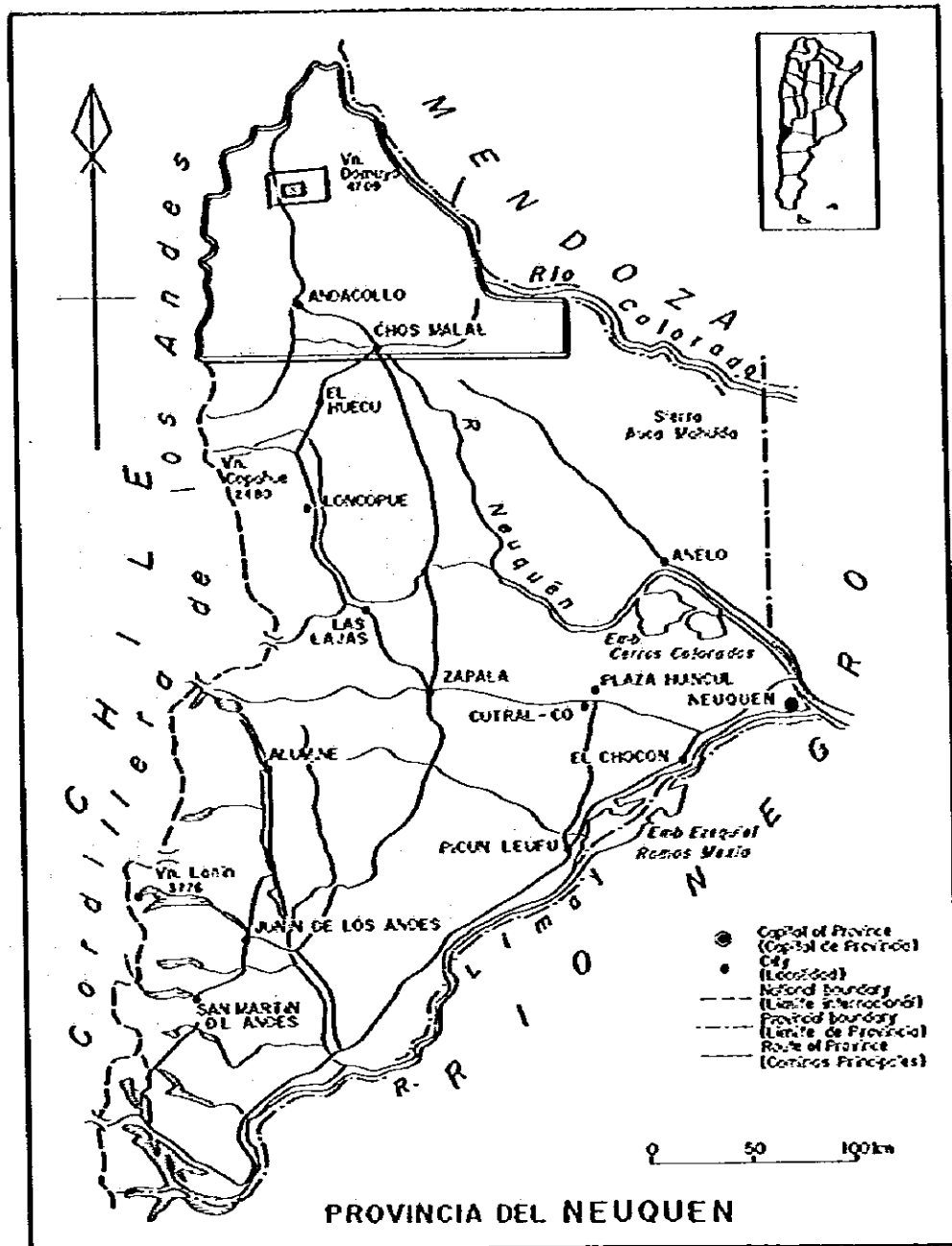


Fig.1 Location map of the survey areas

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions and activities. It emphasizes that this is essential for ensuring transparency and accountability in the organization's operations.

2. The second part of the document outlines the various methods and tools used to collect and analyze data. It highlights the need for consistent data collection procedures and the use of advanced analytical techniques to derive meaningful insights from the data.

3. The third part of the document focuses on the role of technology in data management and analysis. It discusses how modern software solutions can streamline data collection, storage, and processing, thereby improving efficiency and accuracy.

4. The fourth part of the document addresses the challenges associated with data management, such as data quality, security, and privacy. It provides strategies to mitigate these risks and ensure that the data remains reliable and secure throughout its lifecycle.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key findings and recommendations. It stresses the importance of a data-driven approach in decision-making and the need for continuous monitoring and improvement of the data management process.

Table 1 3段階調査フローチャートとその内容

段階別	調査対象範囲	調査手法	調査項目	期待されるデータ
第1段階 (第1次)	(前段) 1,500.0km ²	既得資料収集検討 ランドサット画像解析 5.000km ² 抽出	地質状況、地質構造、火山、地熱徴候分布、断層系、液状層、水系、相対的変位の程度、土地利用、地熱徴候特性、アクトモスヒリナイー、地形等の把握	マクマ活動及び地熱活動の背景 水収支、熱水貯留構造、地熱徴候と火山、地熱開発有望地及び地熱同発連地、地熱系の推定
第2段階 (第2次)	(後段) 5,000.0km ²	空中写真地質解析 地質調査 (現地踏査、地熱徴候予察調査) 200km ² 抽出	地質構成、層序、地質構造、断層系、地表流量、流出量、地下変位量見数とその機構、変位帯の分布、形状、岩石地質、組成、比重、空隙率、変質程度、形成年代、地質・H ₂ ・CO ₂ の分布と相互関連性 流量、気分の分布、分佈傾向、湧水量、含有成分、含有量、温度、P.H.、導電率、重力値、地下構造	地層の拡がり、新旧(相対的)・長さ、岩石性 水収支、地熱流体としての水の補給機構、新旧(絶対的)熱源火山活動、地熱活動のアクティビティ、熱見、地熱系、リザーバー温度、地熱流体上昇機構 地下深部構造 貯留層モデル
第3段階 (第3次)	40km ²	電気探査(シュランベレンジャー法) 地震探査(反射法) 100m深部調査12坑(含む400m坑1坑) コア、カッピング調査 コア試験(比重・空隙率、導電率、導電率比抵抗、核磁、熱伝導率、弾性波速度) 熱水同位体調査 40km ² 抽出	電気比抵抗、深部構造 弾性波速度(P波) 温度勾配、温度分布、電気比抵抗、自然電位 岩石比重、空隙率、電気比抵抗、導電率、気質、熱伝導率、弾性波速度等の空間的分布と変化状況	低抵抗帯の拡がり、深度、形状、地熱構造 地下構造、低速度層の拡がり・深度・形状、熱源温度、法熱見数、地下温度・分布と勾配、地熱系、岩石性状況化、貯留層モデル、熱水起源の推定 地熱ポテンシャル評価 調査井掘削計画提案

Table 2 3段階調査工程計画表

段階	項目	1982												1983												1984											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	年度	←56年度				←57年度								←58年度				←59年度																			
	現地調査可能期間	[Bar chart showing field investigation periods across months 1-12 for each year]												[Bar chart showing field investigation periods across months 1-12 for each year]												[Bar chart showing field investigation periods across months 1-12 for each year]											
第1次調査 (15000k)	事前準備 ランドサット画像解析(1500k) 空中写真地質解析(1200k) 関連資料収集, 検討 実地調査 地質調査	[Bar chart for 1982]												[Bar chart for 1983]												[Bar chart for 1984]											
第2次調査 (200k)	地形図図化(200k) 地質調査(200k) 岩石試験 水文調査 地化学検査 温泉, 噴気ガス調査 重力探査(200k) 報告書原稿作成	[Bar chart for 1982]												[Bar chart for 1983]												[Bar chart for 1984]											
第3次調査 (40k) (予定)	電気探査 地震探査 100m 割岩坑掘削 100m 割岩坑掘削 100m 割岩坑掘削 コア試験, 分析等 熱水同位体調査 報告書原稿作成	[Bar chart for 1982]												[Bar chart for 1983]												[Bar chart for 1984]											
	事前計画検討 現地報告書提出 中間報告原稿検討 最終報告原稿検討 報告書提出(JICA)	[Bar chart for 1982]												[Bar chart for 1983]												[Bar chart for 1984]											

— 外業 — 内業
 計画

Table 3 調査の人的体制

(1) 第1次調査

日本側調査団			アルゼンティン側 カウンターパート		
区分・担当	氏名	所属	区分・担当	氏名	所属
団長・総括	掛川 周 男	日銀探検隊	責任者・総括	Alfredo H. Esteves	州開発局
地質	粥川 富喜雄	・	化学工学	José L. Sierra	・
リモートセンシング 写真地質	谷 藤吉郎	・			

(2) 第2次調査

日本側調査団			アルゼンティン側 カウンターパート		
区分・担当	氏名	所属	区分・担当	氏名	所属
団長・総括	掛川 周 男	日銀探検隊	責任者・総括	Alfredo H. Esteves	州開発局
地質・岩石	粥川 富喜雄	・	化学工学	José L. Sierra	・
地質・岩石	宮石 修	・	地質	Mario O. Gingsins	州鉱山局
地化学	小泉 久直	・	地質	Luis C. Mas	州水利局
地化学	菅原 一安	・	地化学	Miriam Loewy	・
重力	野村 幸一	・	測量	Juan de D. Albornoz	州測量局
重力	森林 成生	・	測量	Carlos R. Fernandez	州測量局
重力	高橋 毅夫	・			

(3) 第3次調査

日本側調査団			アルゼンティン側 カウンターパート		
区分・担当	氏名	所属	区分・担当	氏名	所属
団長・総括	掛川 周 男	日銀探検隊	責任者・総括	Alfredo H. Esteves	州開発局
電気	角田 啓信	・	化学工学	José L. Sierra	・
掘削・岩芯	白石 豊	・	地質	Mario O. Gingsins	・
熱水水位体	日高 進	・	地質	Luis C. Mas	州水利局
地震	田中 信美	・	地化学	Miriam Loewy	・
坑井割温	大橋 雅寒	・	物理探査	Delio G. Lanches	州開発局
電気	藤本 俊昭	・	物理探査	Jose A. Dates	・
地震	杉山 伸一	・	掘削	Jorge Sanchez	州水利局
			測量	Carlos R. Fernandez	州測量局
			測量	Juan de D. Albornoz	・

Table 4 実施作業量一覧表

階段別	項 目		作 業 量		
第1段階 (第1次)	ランドサット画像の解析 (総尺 1/250,000)		15,000km ² (3シーン)		
	空中写真地質構造解析 (総尺 1/50,000)		1,200km ² (150枚)		
	地質観査	広域調査 踏査延長	500 km		
ドムージュ地区 踏査延長		150 km			
第2段階 (第2次)	地形図の作成 (総尺 1/25,000)		200 km ²		
	地質調査	調 査 面 積		200 km ²	
		踏 査 延 長		315 km ²	
		試 料 数	薄片用試料		110 個
			年代測定用試料		8 個
			X線解析試料		130 個
	物性測定試料		60 個		
	流 量 調 査		28箇所		
	地化学探査	1 m 深 地 温 調 査 CO ₂ ガス調査 土 壌 中 H ₂ 調査	広域的調査	460 点	
			精密調査	57 点	
			計	517 点	
		温 泉 水 試 料		18 個	
		ガ ス 試 料		9 個	
	凝 縮 水 試 料		9 個		
	重力調査	測 量	水 準 測 量	85 点	
			トランジット, 距離儀測量	137 点	
			高 度 計 測 高	94 点	
計			316 点		
重 力 測 定		316 点			
広域調査	測 点 数		31 点		
	測定ルート長		1,050 km		
第3段階 (第3次)	作業道路		開 鑿 延 長 坑井用敷地整備	325 km 14箇所	
	基本座標測量		23 点		
	測線水準測量	総 延 長		283 km	
		総 測 点 数		2830 点	
	100m級坑井掘削	坑 井 数		12坑井	
		総 延 長		1,1625 m	
	400m級坑井掘削	坑 井 数		1坑井	
		総 延 長		交 80 m	
	温 度 検 査		12坑井		
	電気探査	測 点 数		50点 (5線)	
		総 延 長		265 km	
地震探査	測 点 数		1,000点 (5線)		
	総 延 長		220 km		
同位体分析		8 個			

交 1984年12月1日 概算再掲予定

2. 第3段階（第3次）調査の結果

2. 1 熱流量調査（100m級坑井）

（参照）

Fig. 2	第3次調査範囲図
Table 5	掘削作業実績表
Fig. 3	掘削および地温測定実績図
Fig. 4	坑井内平衡地温分布断面図
Fig. 5	試錐地質柱状図例（No. 9, No. 14）
Fig. 6	100m深地温分布図
Fig. 7	熱流量分布図

調査対象地域内で掘削した熱流量調査のための坑井は、100m級12坑、400m級1坑であるが、これらの坑井の中で、掘削目的を達した100m級11坑について温度検層を行った結果、要約は以下のとおりである。

- 地温測定の対象とした全11坑のうち、7坑が坑底温度30℃以上、そのうち3坑が50℃以上の高温を示した。
- 30℃以上の高温異常域、および $10 \times 10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}$ の高熱流量域は、A°、Manchana Covunco, A°、Covuncoの両水系に挟まれた地域内で把握され、東斜に向って広がる半ドーム状構造を呈する。
- 第3次調査対象の約40km²の熱伝導による放熱量は、 $4.5 \times 10^6 \text{ cal/sec}$ 、平均 $11.3 \times 10^{-4} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}$ の高熱流量値を示し、これは、本地域における地熱ポテンシャルが極めて大きい事を示す。
- 100m級坑井の測温による温度勾配で、地下温度を推定計算するのは誤差が大きいですが、この地域の平均的地下温度を単純平均試算すると全11坑井の平均値と安全率をみて

深 度	500m	地 温	118℃
	1,000m		228℃

となる。

2. 2 電気探査(シュランベルジャー法)

(参照)

- Fig. 2 第3次調査範囲図
- Fig. 8 見掛比抵抗断面図(Line A~E)
- Fig. 9 見掛比抵抗分布図($AB/2=250m$)
- Fig. 10 見掛比抵抗分布図($AB/2=1,500m$)
- Fig. 11 比抵抗および有効空隙率模式柱状図
- Fig. 12 比抵抗解析断面図(Line A~E)
- Fig. 13 比抵抗基盤構造図

電気探査はシュランベルジャー垂直法により、最大深度($AB/2$)2,000mを対象として、A~Eの5測線延長合計26.5km、中心点数50点について実施し、解析を行って、以下の要約を得た。

a) 全般的傾向として、Line D、Eの交差する付近とLine Aの東端部を除いて、全般的に地表浅部の中~高比抵抗層、中深部の低比抵抗層および深部の高比抵抗層の3層に区分される。

地表浅部の中~高比抵抗層は、厚さ20~200mで、主として第四紀の石英安山岩類、第三紀~第四紀の溶結凝灰岩、安山岩類に対比される。

中深部の低比抵抗層は、主として第三紀~第四紀のスコリア凝灰岩、軽石凝灰岩類に対比されるが、 $25\Omega\text{-m}$ 以下の低い比抵抗値から判断して、熱水変質を強く受けているものと推定される。

また、深部の $500\Omega\text{-m}$ 以上の高比抵抗層は、電気比抵抗的基盤をなし、主として本地域の地質層序的基盤をなすジュラ紀下部層以下と推定され、花崗閃緑岩、片麻岩類に対比される。

b) 上述の範囲を除く地区、すなわちLine D、Eの交差する付近とLine Aの東端部では、おおむね地表浅部では低比抵抗層、中深部~深部では中比抵抗層を示す2層構造が認められる。

両層とも地質的には第三紀下部の安山岩質角礫凝灰岩類ないしジュラ紀の安山岩質角礫凝灰岩類、砂岩類に対比される。

地表浅部から深部に至るまで比較的low比抵抗値を示すのは、地表における変質帯や地熱徴候の存在から、局所的な強い熱水変質作用を受けているものと推定される。

2. 第3段階（第3次）調査の結果

2. 1 熱流量調査（100m級坑井）

（参照）

Fig. 2	第3次調査範囲図
Table 5	掘削作業実績表
Fig. 3	掘削および地温測定実績図
Fig. 4	坑井内平衡地温分布断面図
Fig. 5	試錐地質柱状図例（No. 9, No. 14）
Fig. 6	100m深地温分布図
Fig. 7	熱流量分布図

調査対象地域内で掘削した熱流量調査のための坑井は、100m級12坑、400m級1坑であるが、これらの坑井の中で、掘削目的を達した100m級11坑について温度検層を行った結果、要約は以下のとおりである。

a) 地温測定の対象とした全11坑のうち、7坑が坑底温度30℃以上、そのうち3坑が50℃以上の高温を示した。

b) 30℃以上の高温異常域、および $10 \times 10^{-6} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}$ の高熱流量域は、

A°. Manchana Covunco, A°. Covuncoの両水系に挟まれた地域内で把握され、東側に向って広がる半ドーム状構造を呈する。

c) 第3次調査対象の約40km²の熱伝導による放熱量は、 $4.5 \times 10^6 \text{ cal/sec}$ 、平均 $11.3 \times 10^{-6} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec}$ の高熱流量値を示し、これは、本地域における地熱ポテンシャルが極めて大きい事を示す。

d) 100m級坑井の測温による温度勾配で、地下温度を推定計算するのは誤差が大きいが、この地域の平均的地下温度を単純平均試算すると全11坑井の平均値と安全率をみて

深 度	500m	地 温	118℃
、	1,000m	、	228℃

となる。

2. 2 電気探査(シュランベルジャー法)

(参照)

- Fig. 2 第3次調査範囲図
- Fig. 8 見掛比抵抗断面図(Line A~E)
- Fig. 9 見掛比抵抗分布図($AB/2=250m$)
- Fig. 10 見掛比抵抗分布図($AB/2=1,500m$)
- Fig. 11 比抵抗および有効空隙率模式柱状図
- Fig. 12 比抵抗解析断面図(Line A~E)
- Fig. 13 比抵抗基盤構造図

電気探査はシュランベルジャー垂直法により、最大深度($AB/2$)2,000mを対象として、A~Eの5測線延長合計26.5km、中心点数50点について実施し、解析を行って、以下の要約を得た。

a) 全般的傾向として、Line D、Eの交差する付近とLine Aの東端部を除いて、全般に地表浅部の中~高比抵抗層、中深部の低比抵抗層および深部の高比抵抗層の3層に区分される。

地表浅部の中~高比抵抗層は、厚さ20~200mで、主として第四紀の石英安山岩類、第三紀~第四紀の溶結凝灰岩、安山岩類に対比される。

中深部の低比抵抗層は、主として第三紀~第四紀のスコリア凝灰岩、軽石凝灰岩類に対比されるが、 $25\Omega\cdot m$ 以下の低い比抵抗値から判断して、熱水変質を強く受けているものと推定される。

また、深部の $500\Omega\cdot m$ 以上の高比抵抗層は、電気比抵抗的基盤をなし、主として本地域の地質層序的基盤をなすジュラ紀下部層以下と推定され、花崗閃緑岩、片麻岩類に対比される。

b) 上述の範囲を除く地区、すなわちLine D、Eの交差する付近とLine Aの東端部では、おおむね地表浅部では低比抵抗層、中深部~深部では中比抵抗層を示す2層構造が認められる。

両層とも地質的には第三紀下部の安山岩質角礫凝灰岩類ないしジュラ紀の安山岩質角礫凝灰岩類、砂岩類に対比される。

地表浅部から深部に至るまで比較的low比抵抗値を示すのは、地表における変質帯や地熱徴候の存在から、局所的な強い熱水変質作用を受けているものと推定される。

c) 比抵抗断面からみて、調査範囲内での比抵抗的基盤深度は地表下200mから1,000mの範囲で大きくかつ急激に変動しており、特にLine Aの測点No. 650～700、Line Bの測点No. 230～250を中心とする付近、その周囲と比較して比抵抗基盤深度が大幅に落ち込んでいる傾向を示している。このことは、比抵抗値の変化と相まって、断層構造を伴う基盤の落ち込みや、これに随伴する破砕帯と熱水変質帯の存在を示唆するものと考えられる。

2. 3 地震探査（高分解能浅層反射法）

（参照）

- Fig. 2 第3次調査範囲図
- Fig. 14 記録断面図 (Line A～E)
- Fig. 15 解析深度断面図 (Line A～E)
- Fig. 16 弾性波速度模式断面図
- Fig. 17 地震探査基盤構造図

地震探査には、日本側チームが持参した高分解能浅層反射法のための機器（ミニソーシー機器）1式を使用して、原則的に電気探査との解析の相互活用を意図して、同一測線によって調査を行った。

本調査はA～Eの5測線上で、延長合計2208km、総測点数1,000点について実施した。

この調査で得られた記録（磁気テープ）をデータプロセッシングを経て、解析した結果の要約は以下のとおりである。

- a) 当該地域内で採取した各種岩石試料による物性試験の結果、地層区分毎の平均弾性波速度は、最小2,500 m/sec、最大6,300 m/secである。
- b) 全般的な傾向として、Line A、Dの交差する付近を除く範囲では、深度100～600 m付近に強反射波列群が把握されたが、それらの断続性からみて、落差200 m前後の断層構造が比較的多く存在するものと推定される。
- c) 局部的にLine A、Dが交差する付近では、深度1,000 m～1,500 mに認められるやや連続する反射波列から判断して、この付近では、地質構造的に、基盤を含めて大きく落ち込んでいることが推定される。
- d) 全般的に、地震探査の反射波列による構造的把握と、電気探査の比抵抗的構造の把握は、比較的整合性が良く、興味深い。

- e) 一般的に中深部以深に比較的多く推定される断層構造や、局部的な大きな落ち込み構造は、その周辺部に推定される破砕帯等を含めて、地熱流体の地下における循環、上昇経路、また貯留層としての構造的可能性を強く示唆している。

2. 4 熱水同位体調査

(参照)

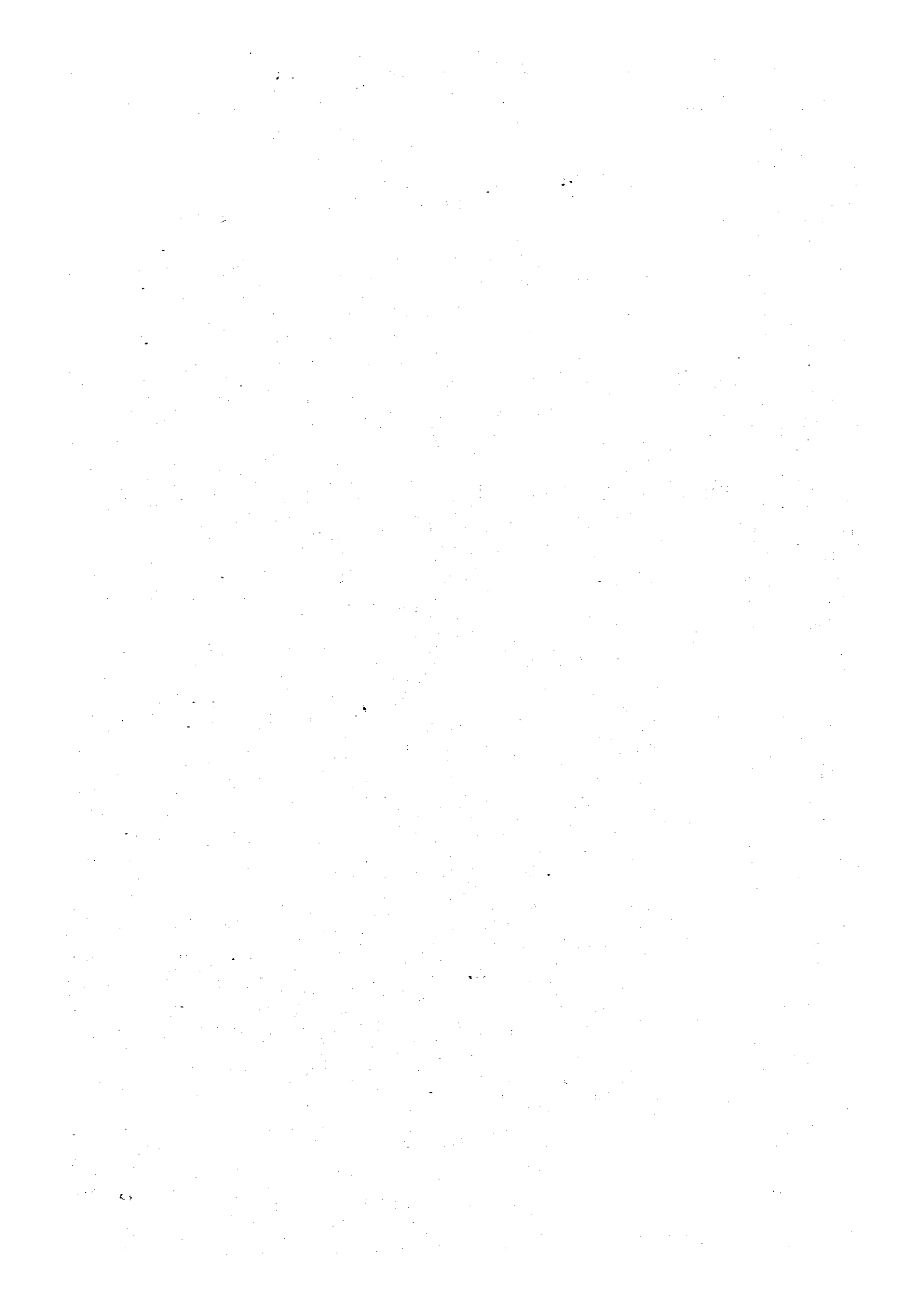
- Fig. 2 第3次調査範囲図
Table 6 Domuyo 地域同位体試料および分析値リスト
Fig. 18 Domuyo 地域 δD , $\delta^{18}O$ 組成関係図
Fig. 19 世界の δD , $\delta^{18}O$ 組成関係図

調査対象範囲内に分布する地熱徴候の中で、主要な8ヶ所の熱水湧出口から、新鮮な熱水試料を採取して日本へ持帰り、 δD , $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$, $\delta^{34}S$ および 3H (トリチウム) について分析を行い、分析値について検討した結果、以下の要約を得た。

- a) 全試料とも比較的近似した値が得られ、調査地内に分布する各所の熱水泉の成因は、共通性があることが推定される。
b) 水素、酸素の同位体の分析値は、当該地域の降水の理論的組成の線上の値に近く、かつ若干のOシフトとDシフトの傾向が認められる。

このことは、地域内に分布する熱水が、主として更に標高の高い個所での降水が地下に浸透・循環し、地下で加熱されたものであることを示す。

- c) 水素同位体の一つである 3H の分析値は、平均して1~2であって、この数値は試料採取時点におけるこの地域の熱水が、少なくとも1952年の水爆実験以前の降水によるものであることを示唆している。
d) これらのことは、当該地域で期待される地熱流体(熱水ないし蒸気)が、後背高地の降水の地下への浸透、循環、加熱のシステムによるもので、これらの過程における時間的、距離的、深度的な面からのポテンシャルを示唆するものと考えられる。



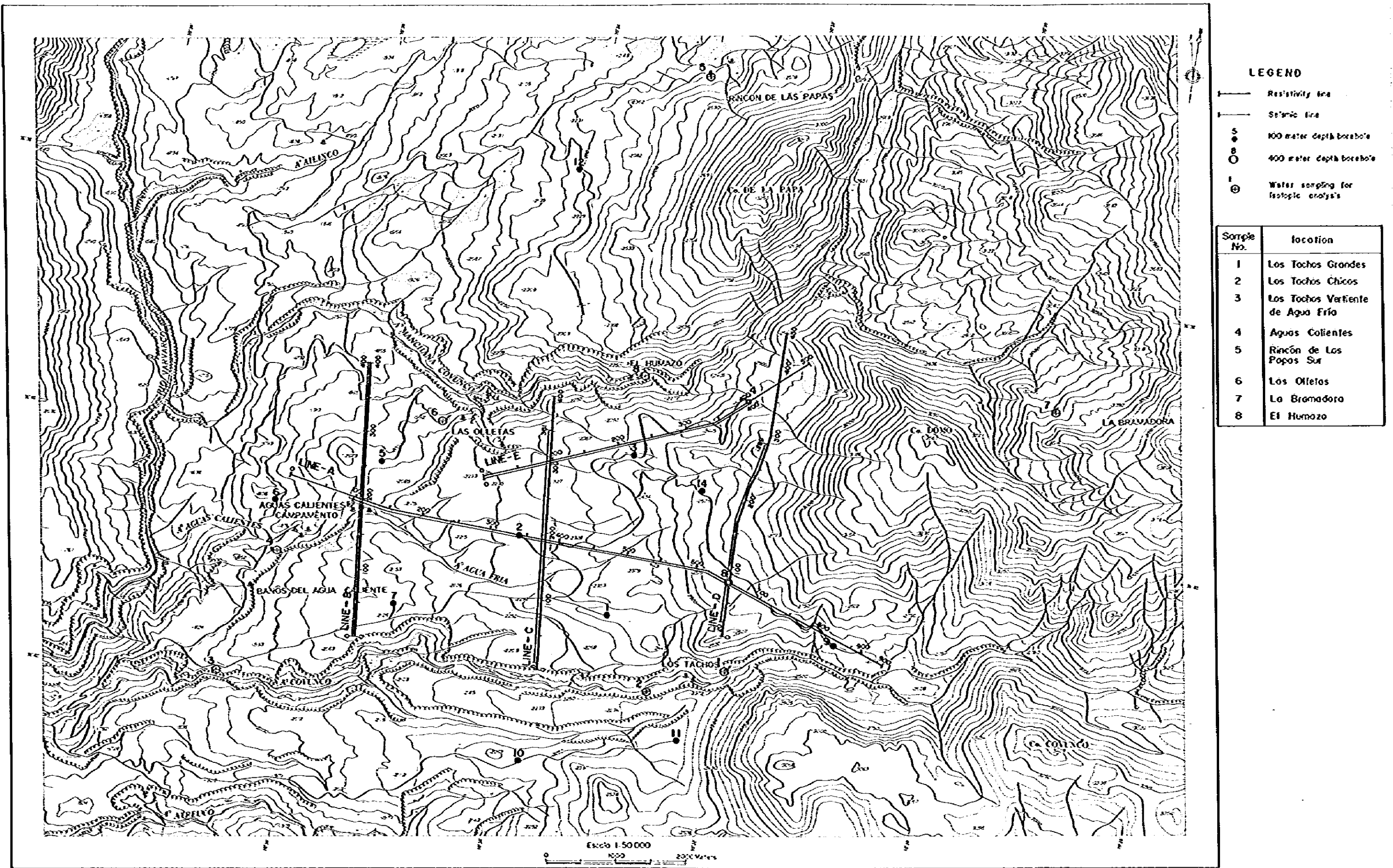


Fig. 2 Location map of the third phase survey

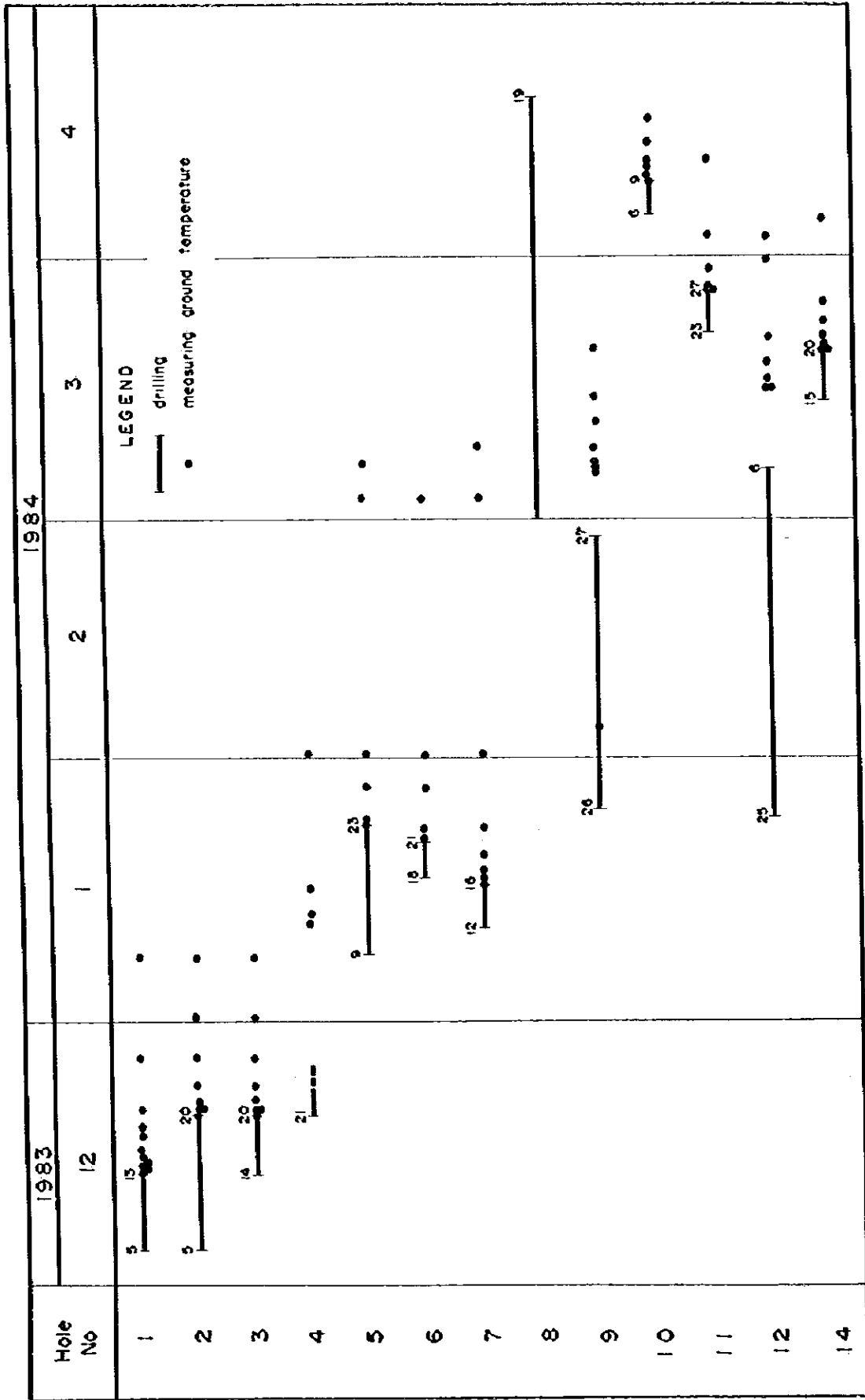


Fig. 3 Period of drilling and measuring ground temperature

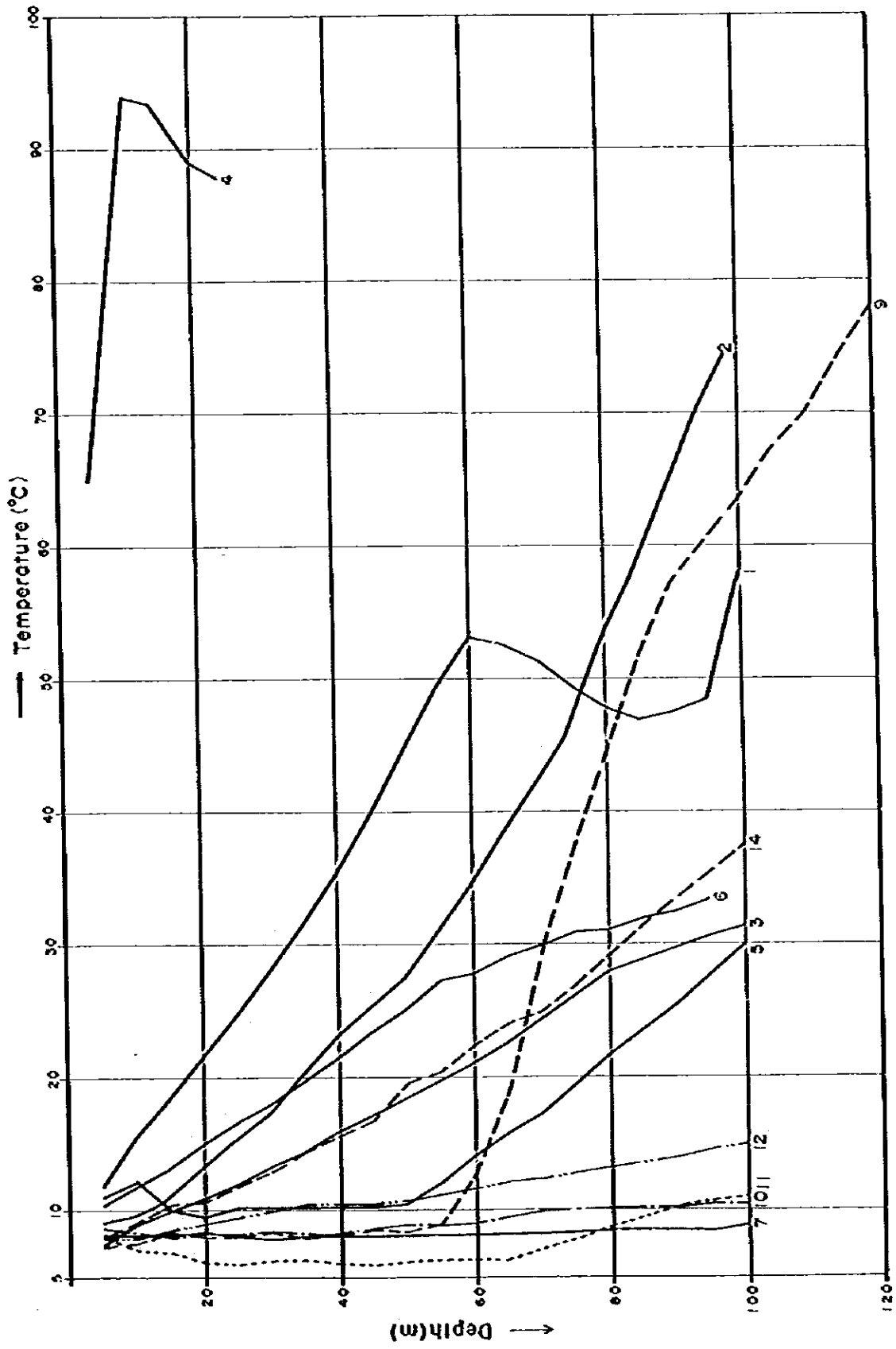
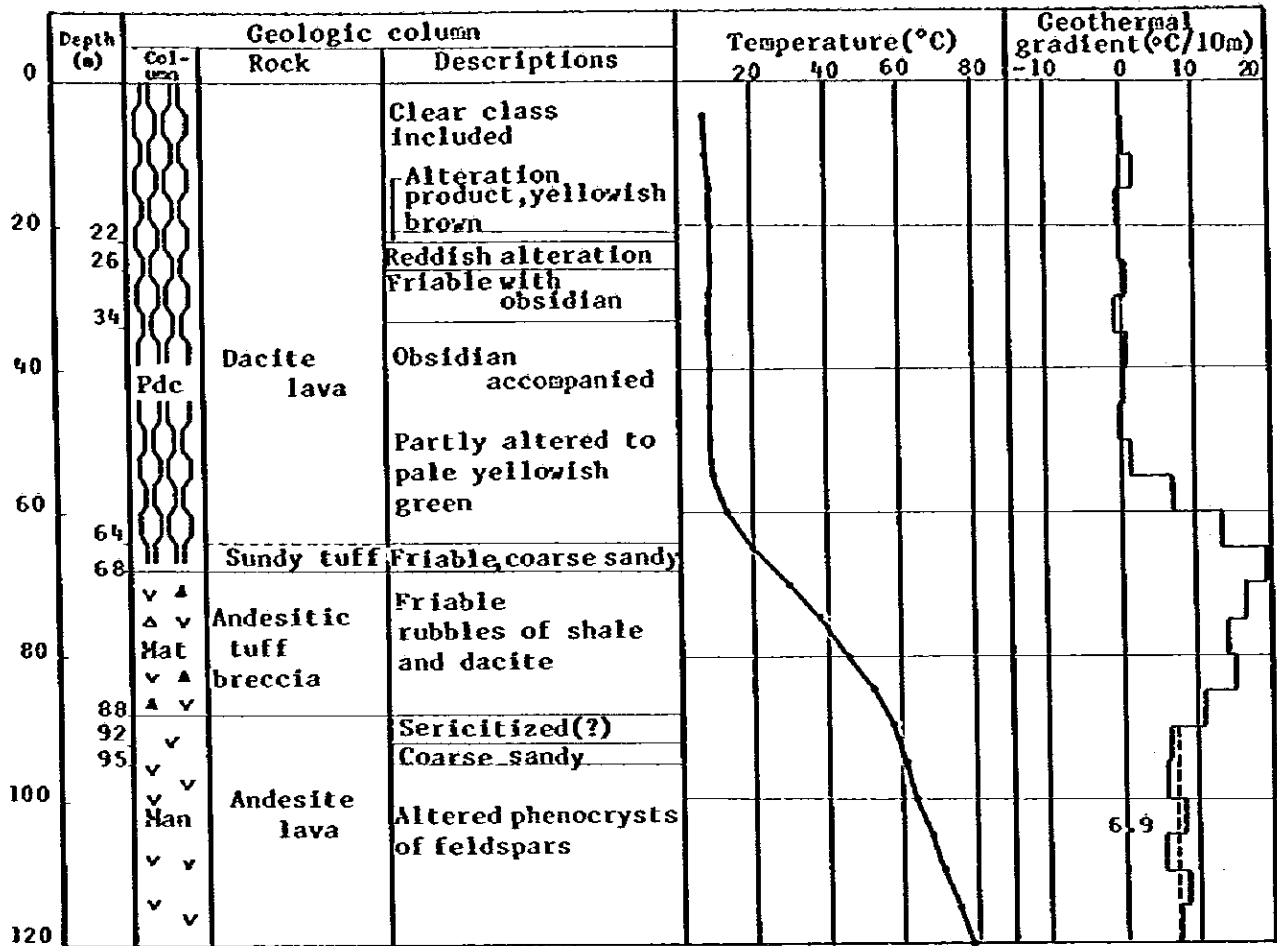


Fig. 4 Profile of an equilibrium temperature

Hole No. 9



Hole No. 14

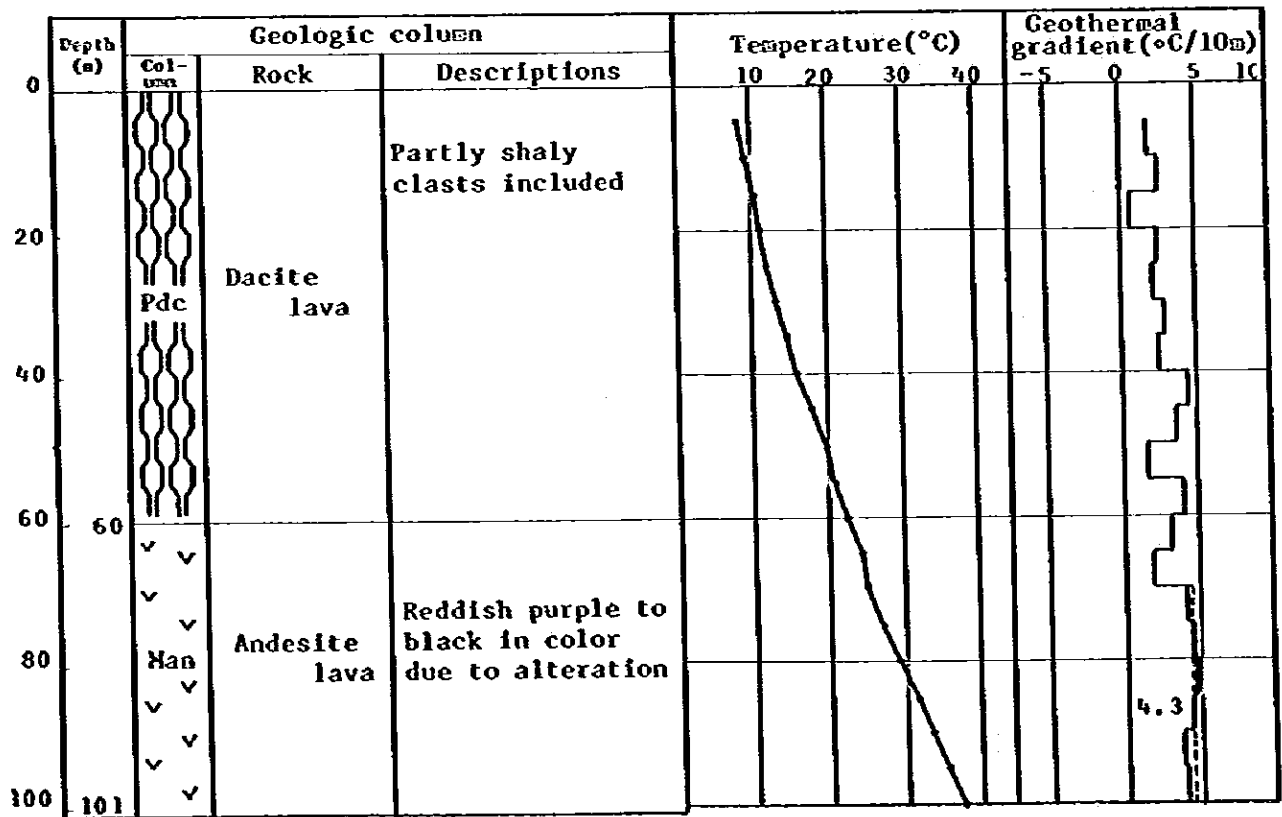


Fig. 5 Examples geological logs (No. 9 & No. 14)

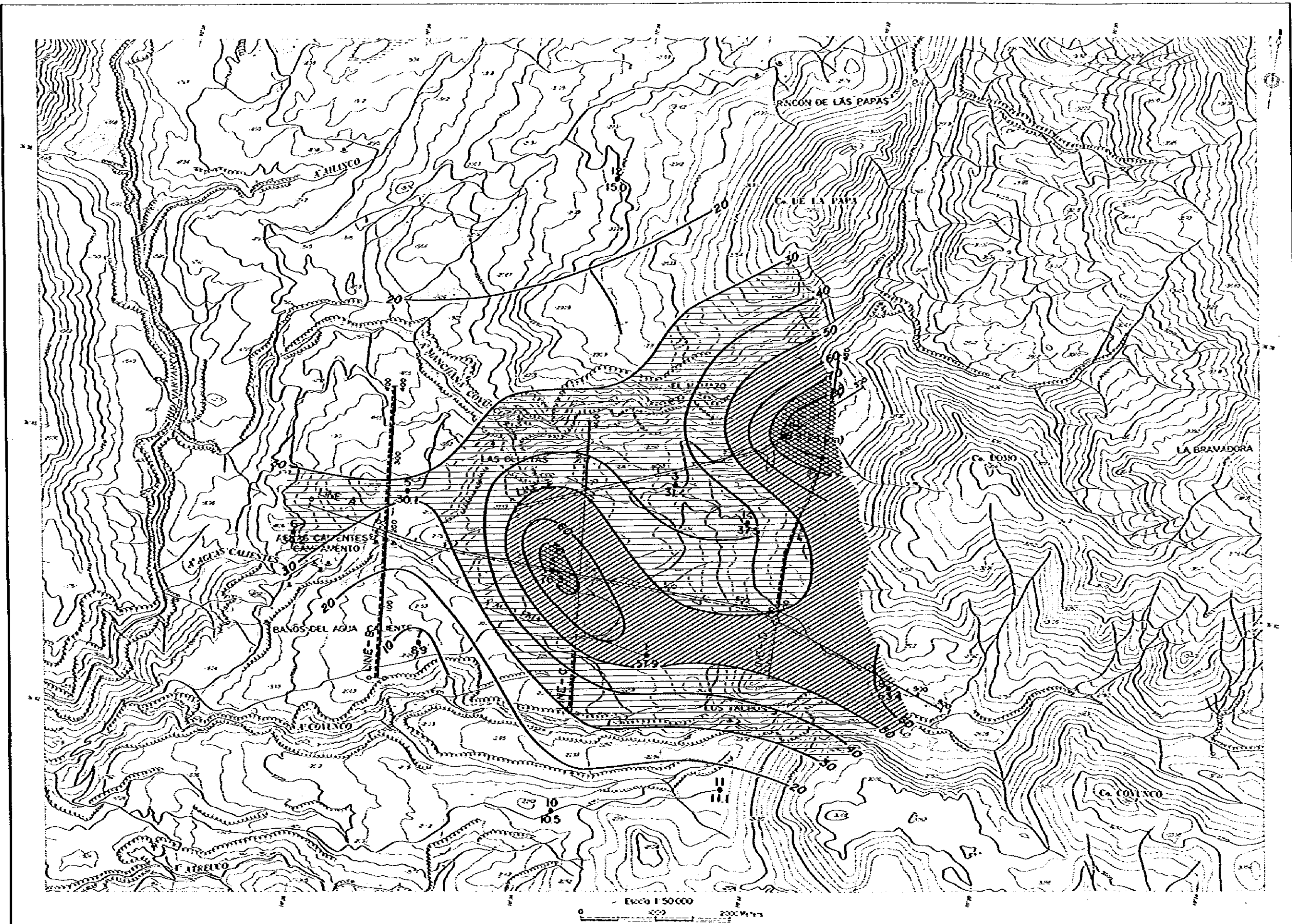


Fig. 6 Distribution map of ground temperature at the 100m depth

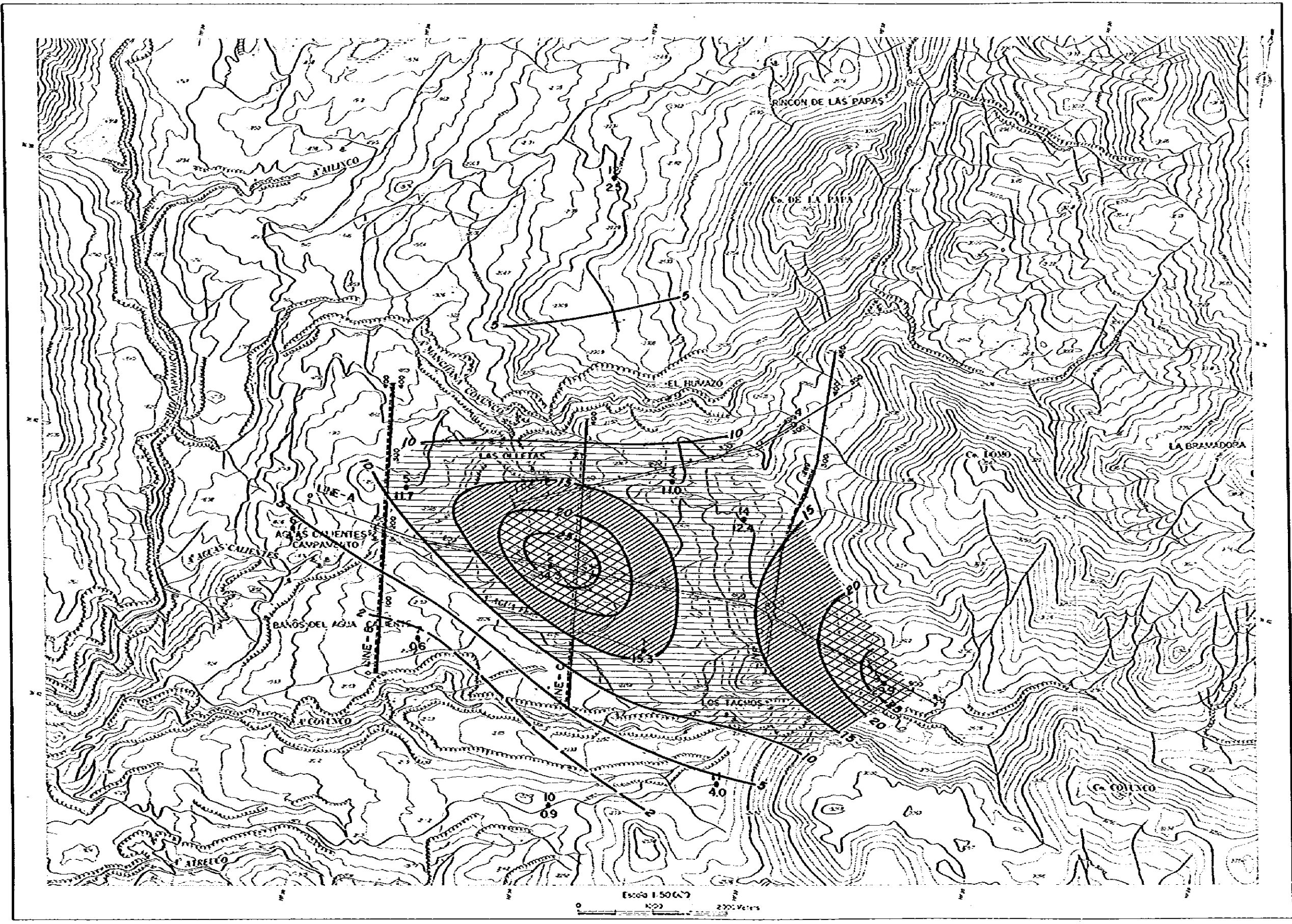


Fig. 7 Distribution map of heat flow

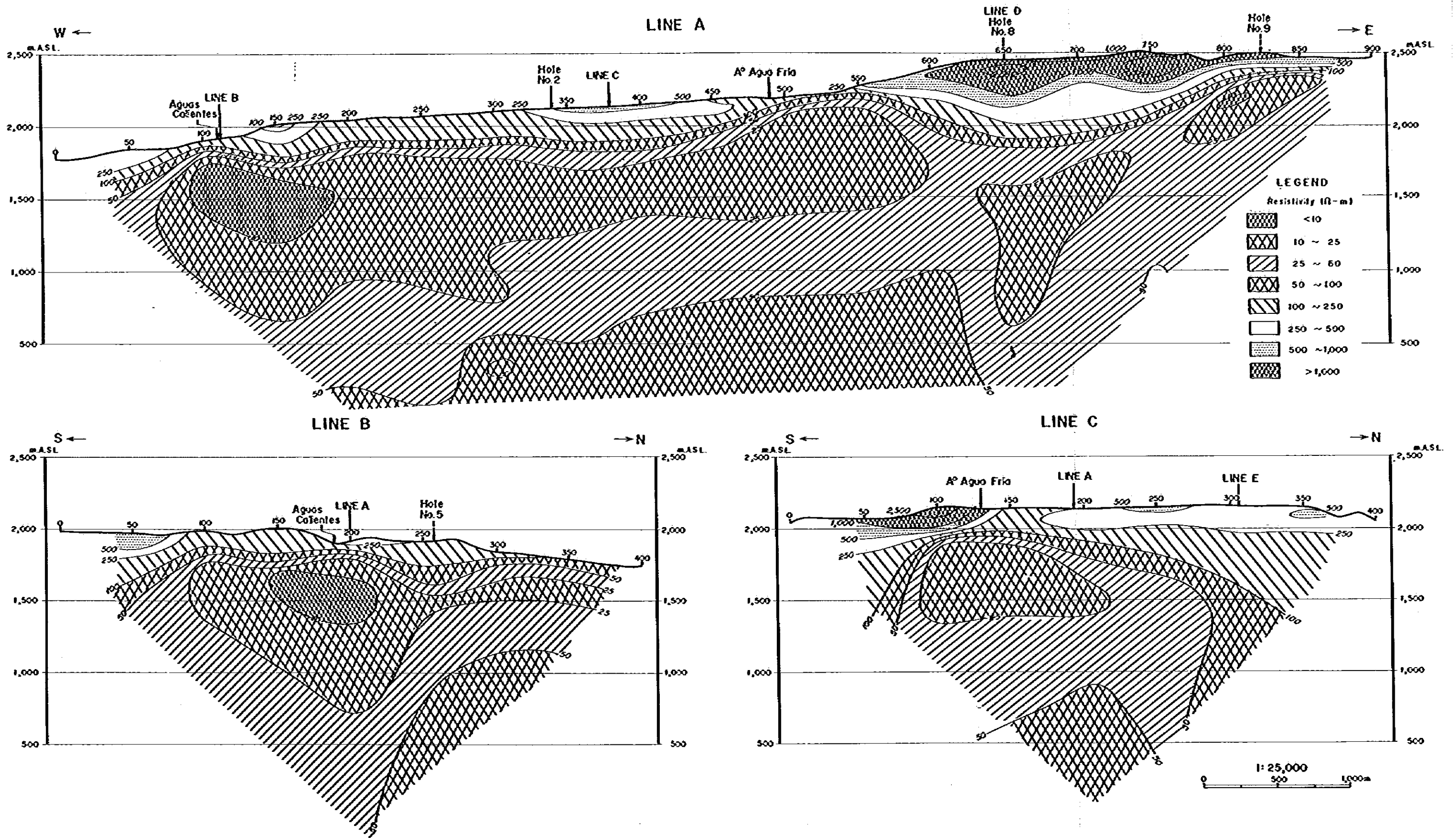


Fig. 8 (I) Apparent resistivity sections, (Line A, B & C)

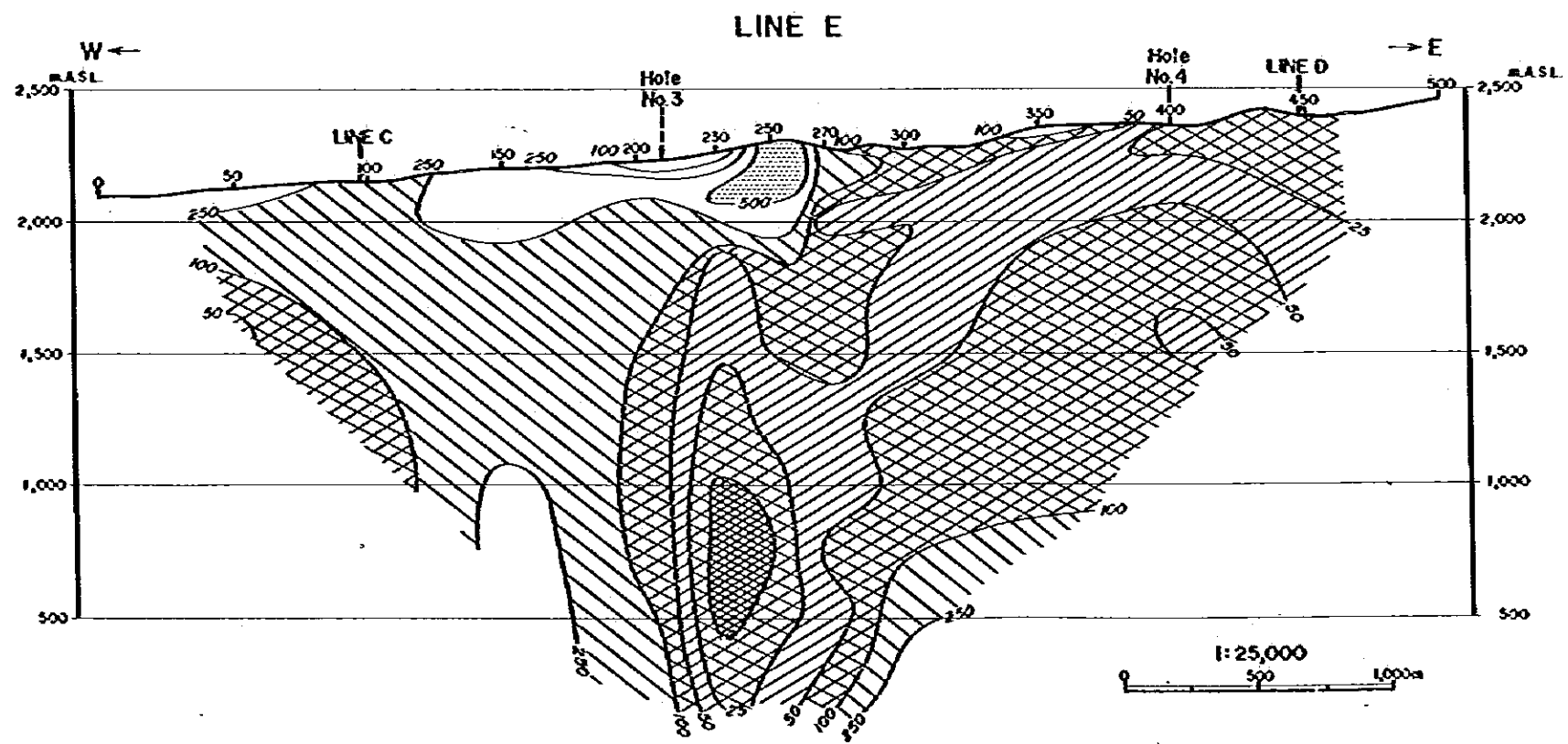
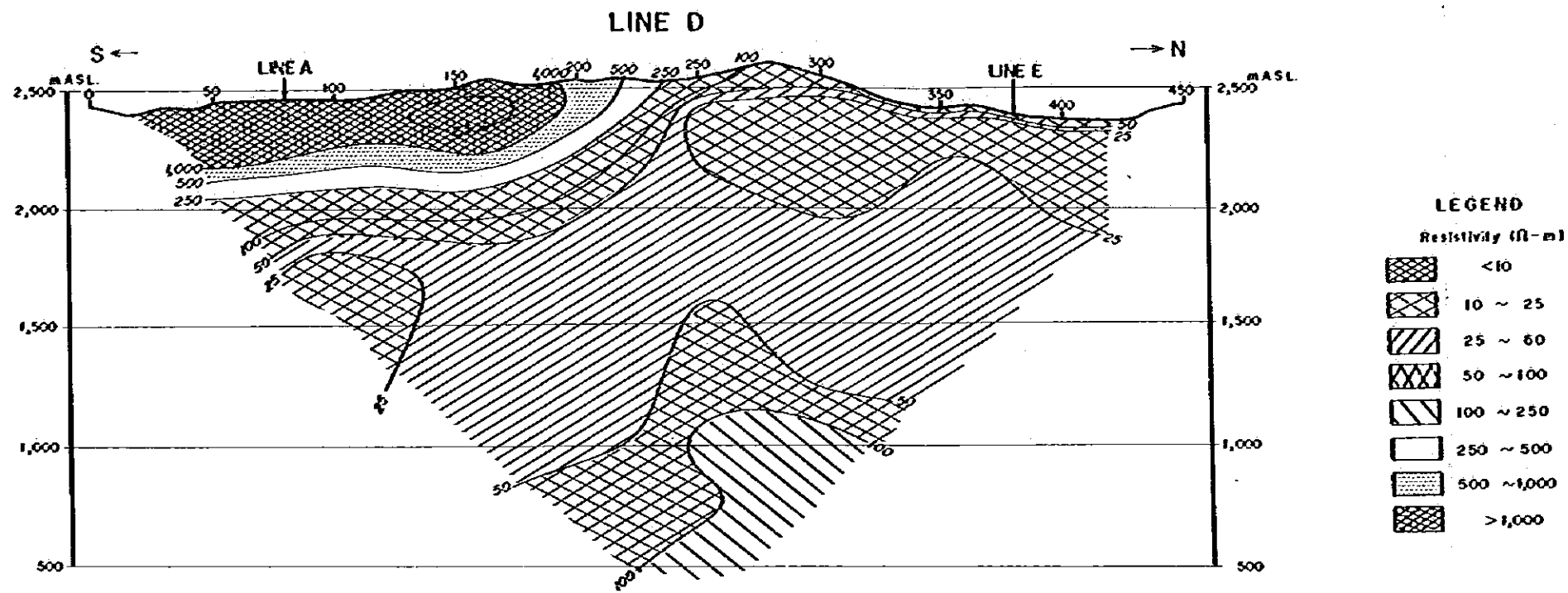
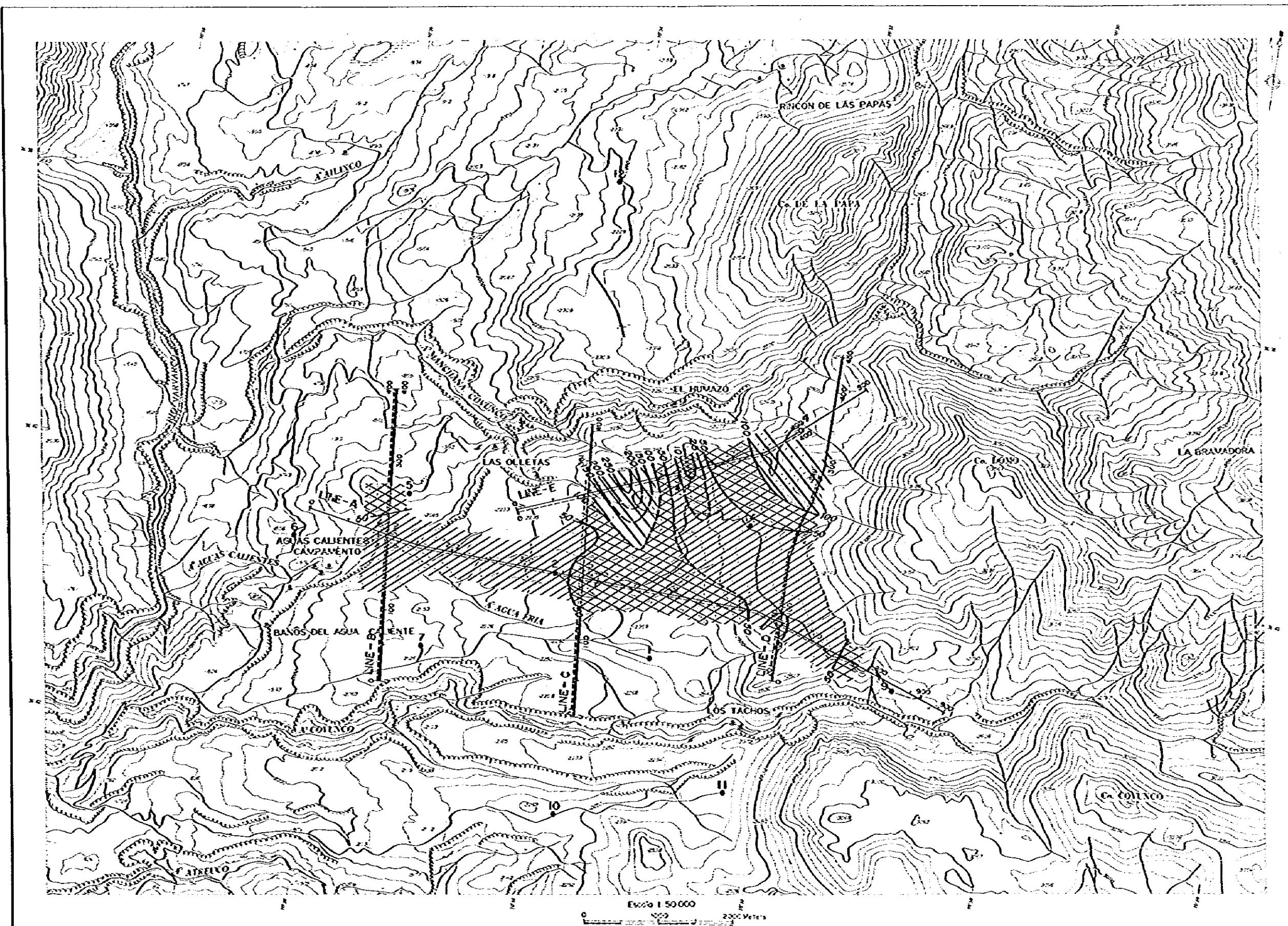


Fig. 8 (2) Apparent resistivity sections, (Line D & E)



Fig. 9 Plan map of apparent resistivity, AB/2 = 250m



LEGEND
Resistivity (Ω -m)







	<math><10</math>
	10 ~ 25
	25 ~ 60
	50 ~ 100
	100 ~ 250
	250 ~ 500

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

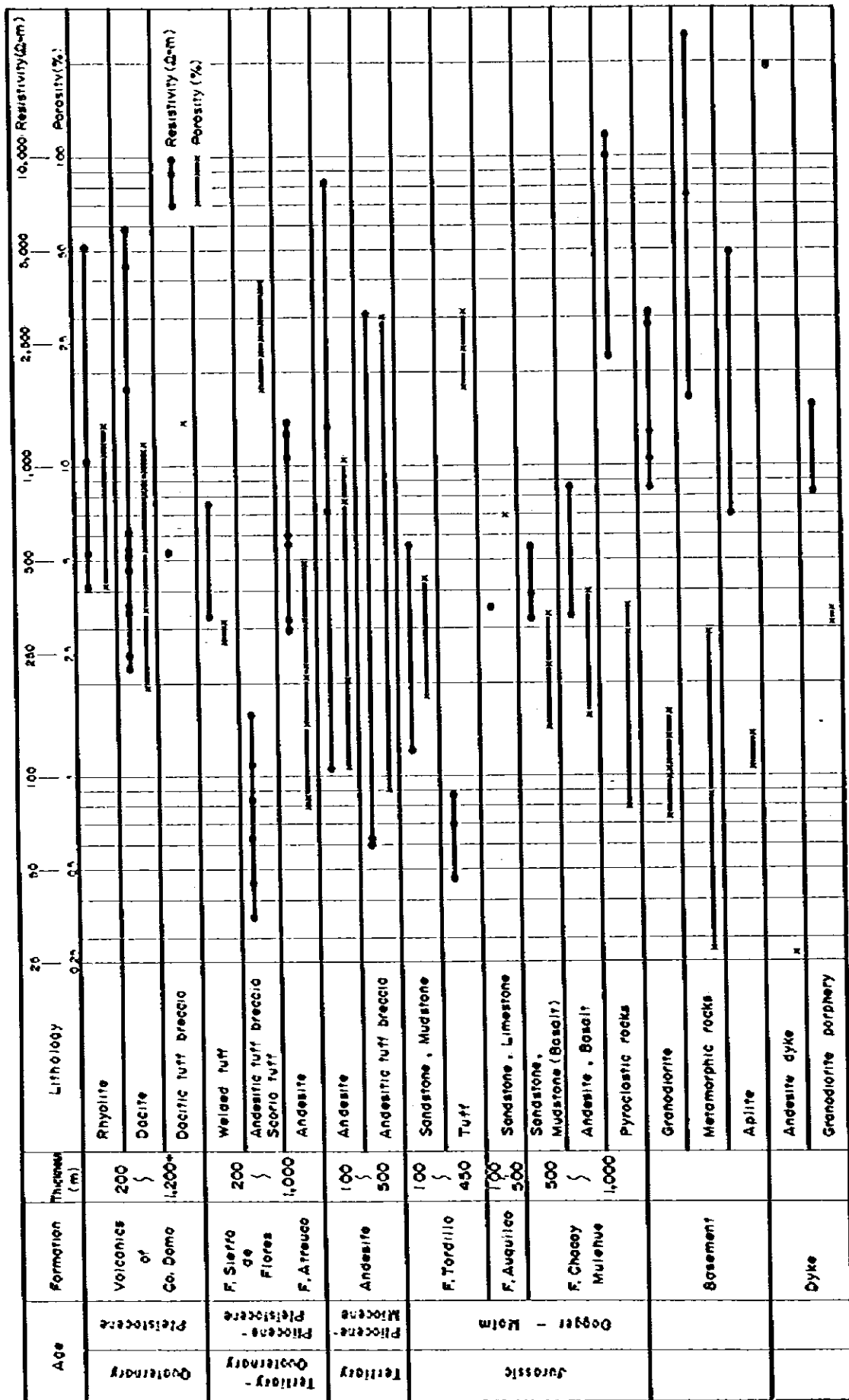


Fig. 11 Schematic columnar sections of resistivity and effective porosity



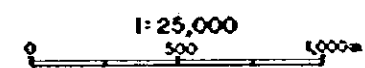
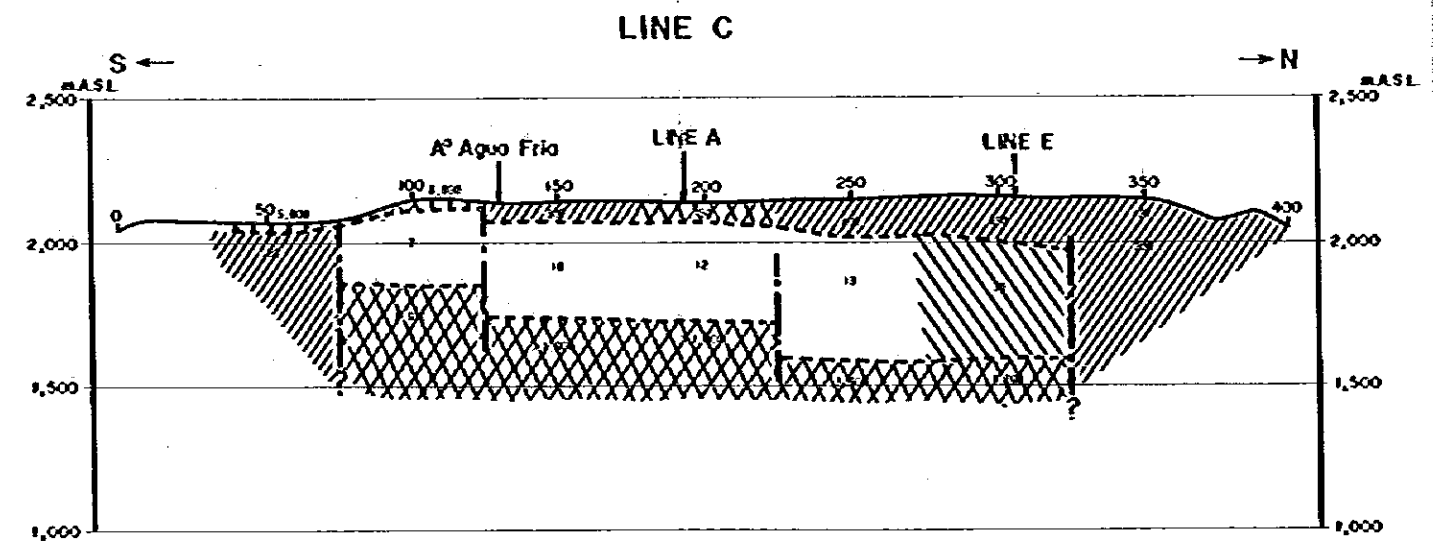
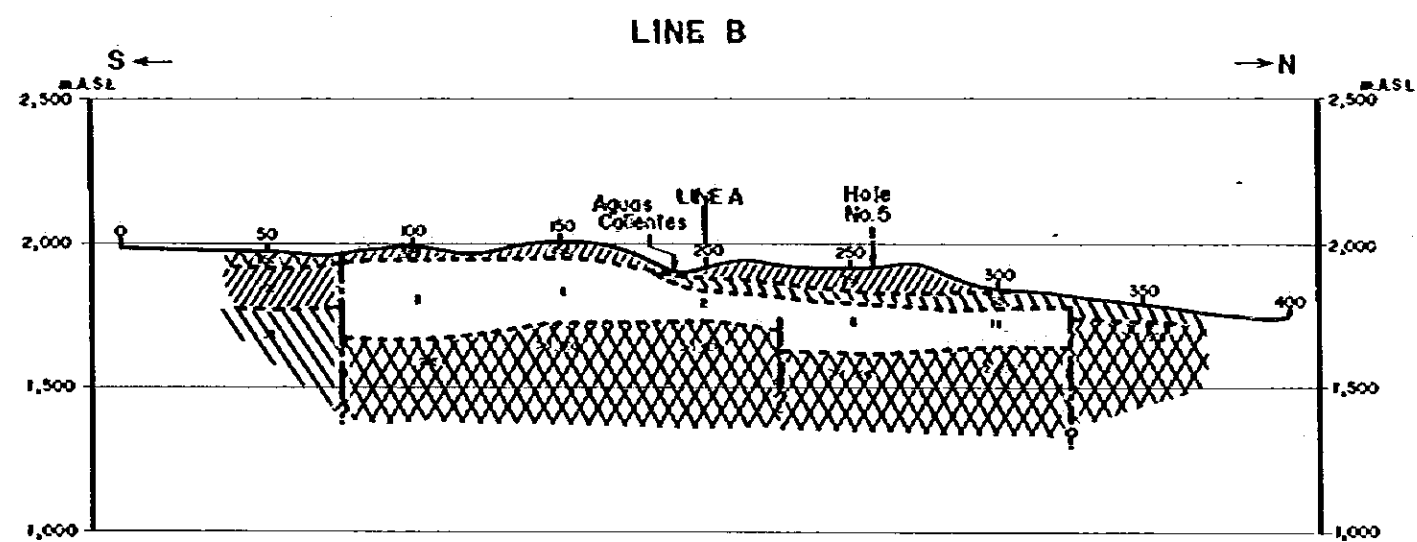
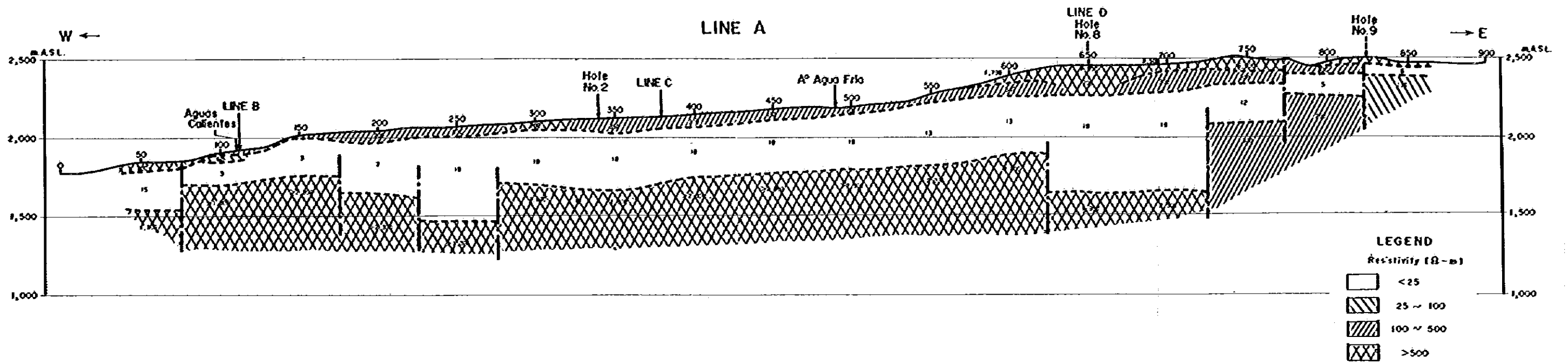


Fig. 12 (i) Resistivity sections, (Line A, B & C)

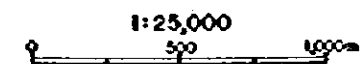
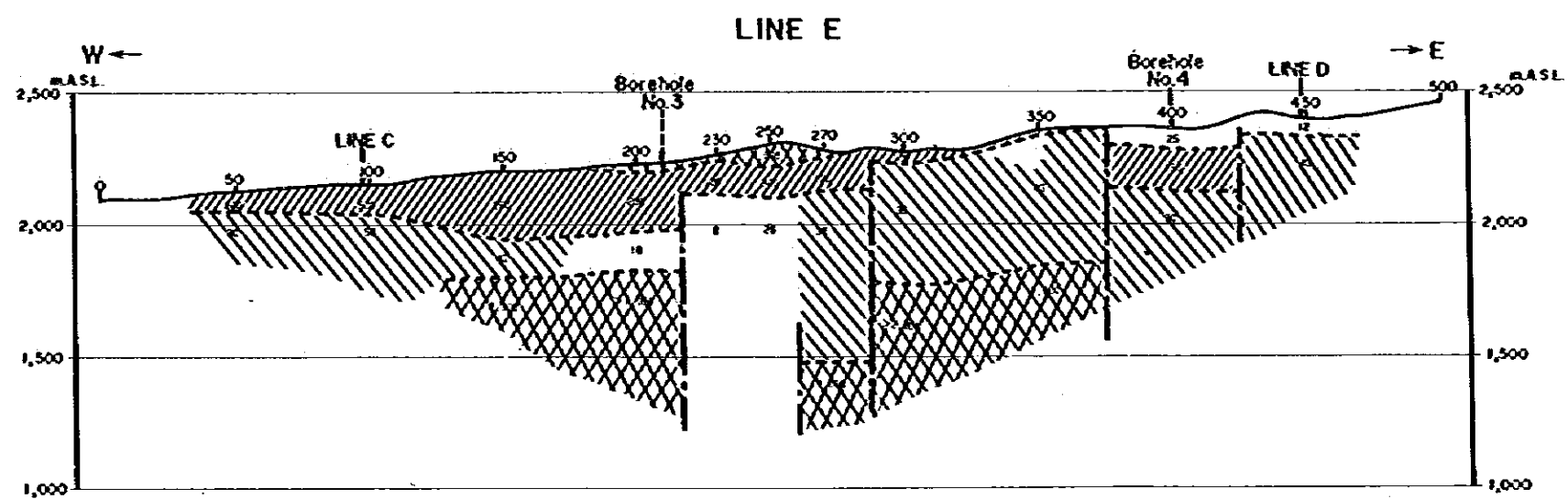
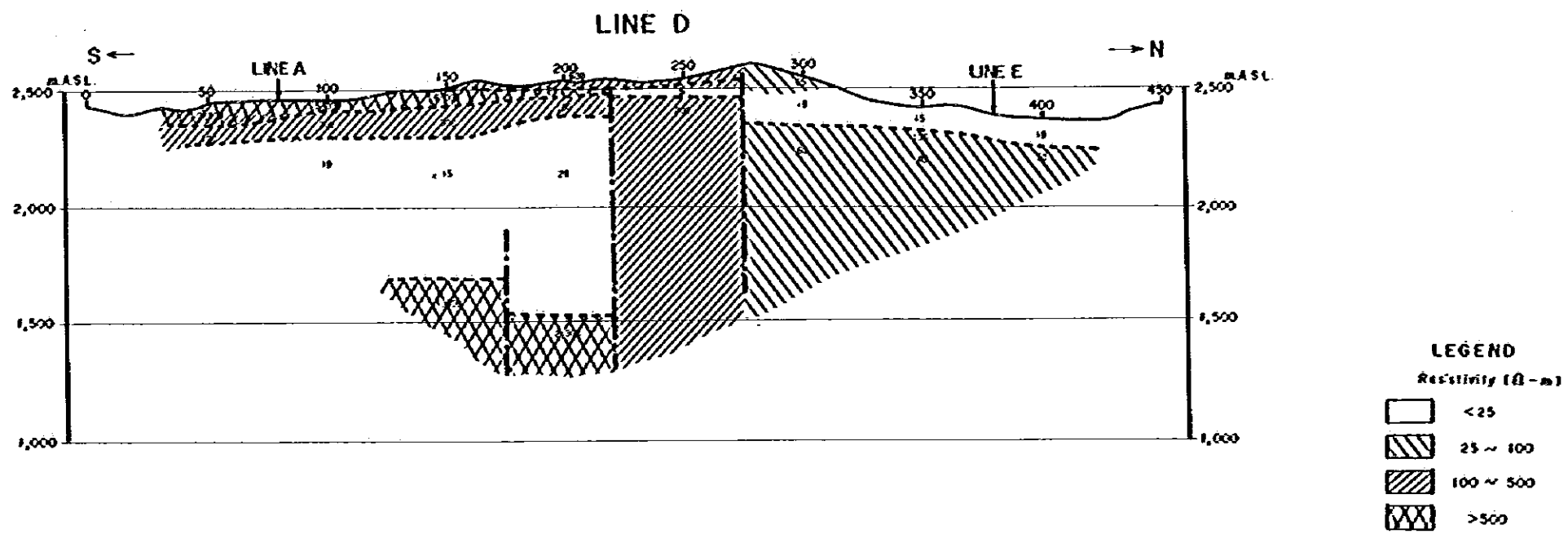
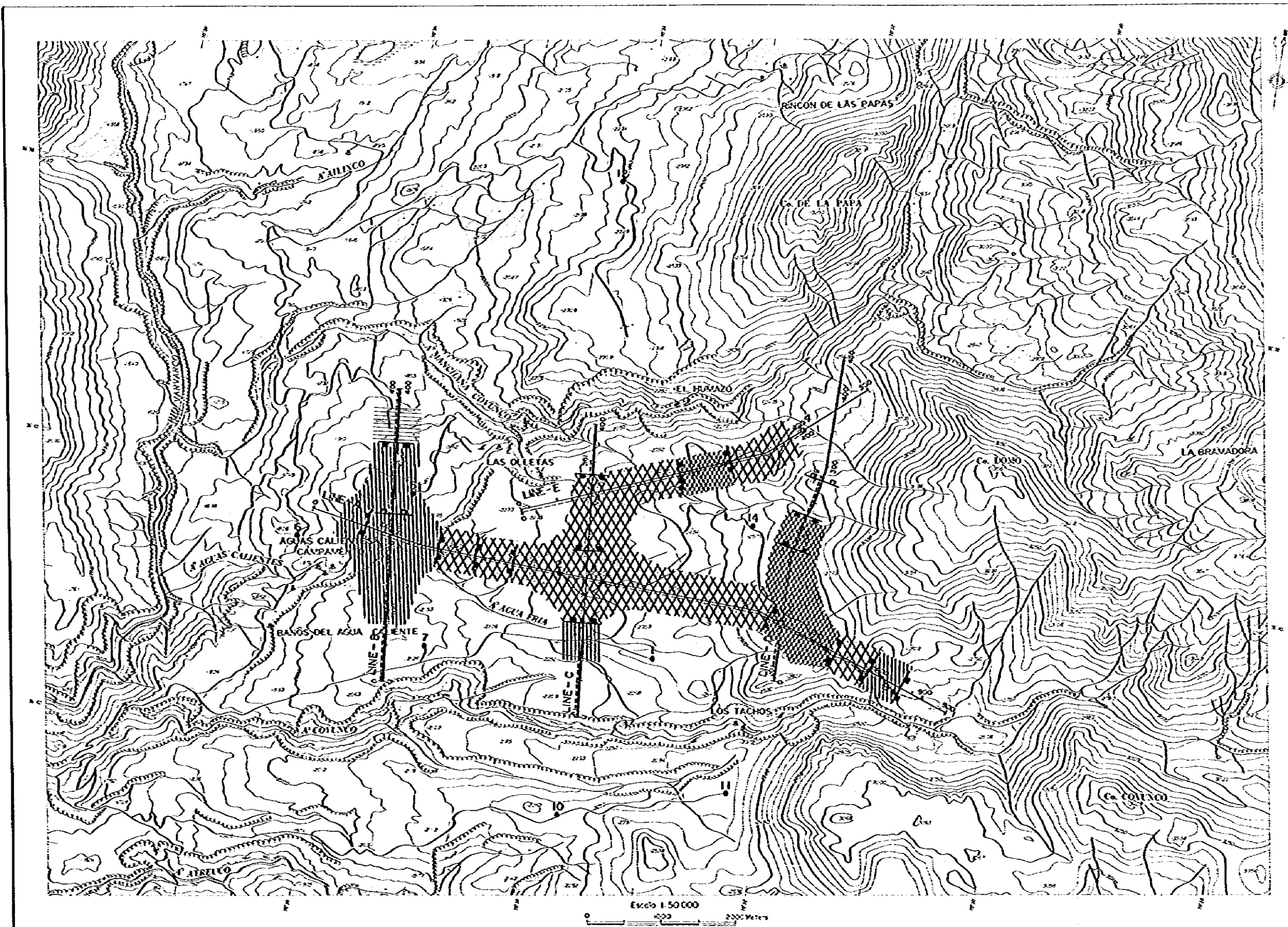


Fig. 12 (2) Resistivity sections, (Line D & E)



LEGEND

Depth (m)

[White box]	< 200
[Vertical hatching]	200 ~ 400
[Cross-hatching]	400 ~ 600
[Diagonal hatching]	600 ~ 800
[Diagonal hatching]	> 800
[Solid line]	Fault clear
[Dashed line]	Fault fair

Fig. 13 Structural map of the resistivity basements

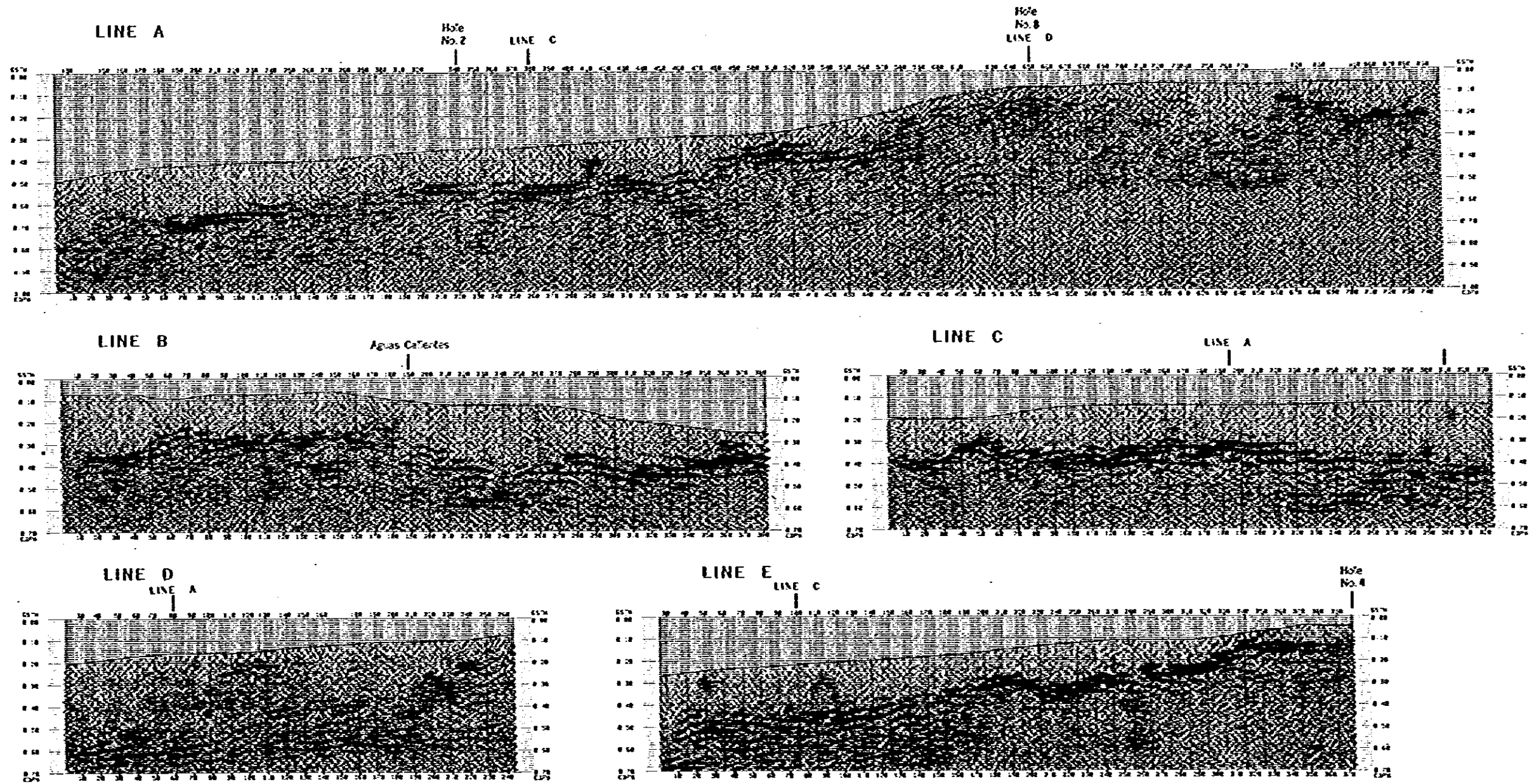


Fig. 14 Seismic time sections (Line A ~ E)

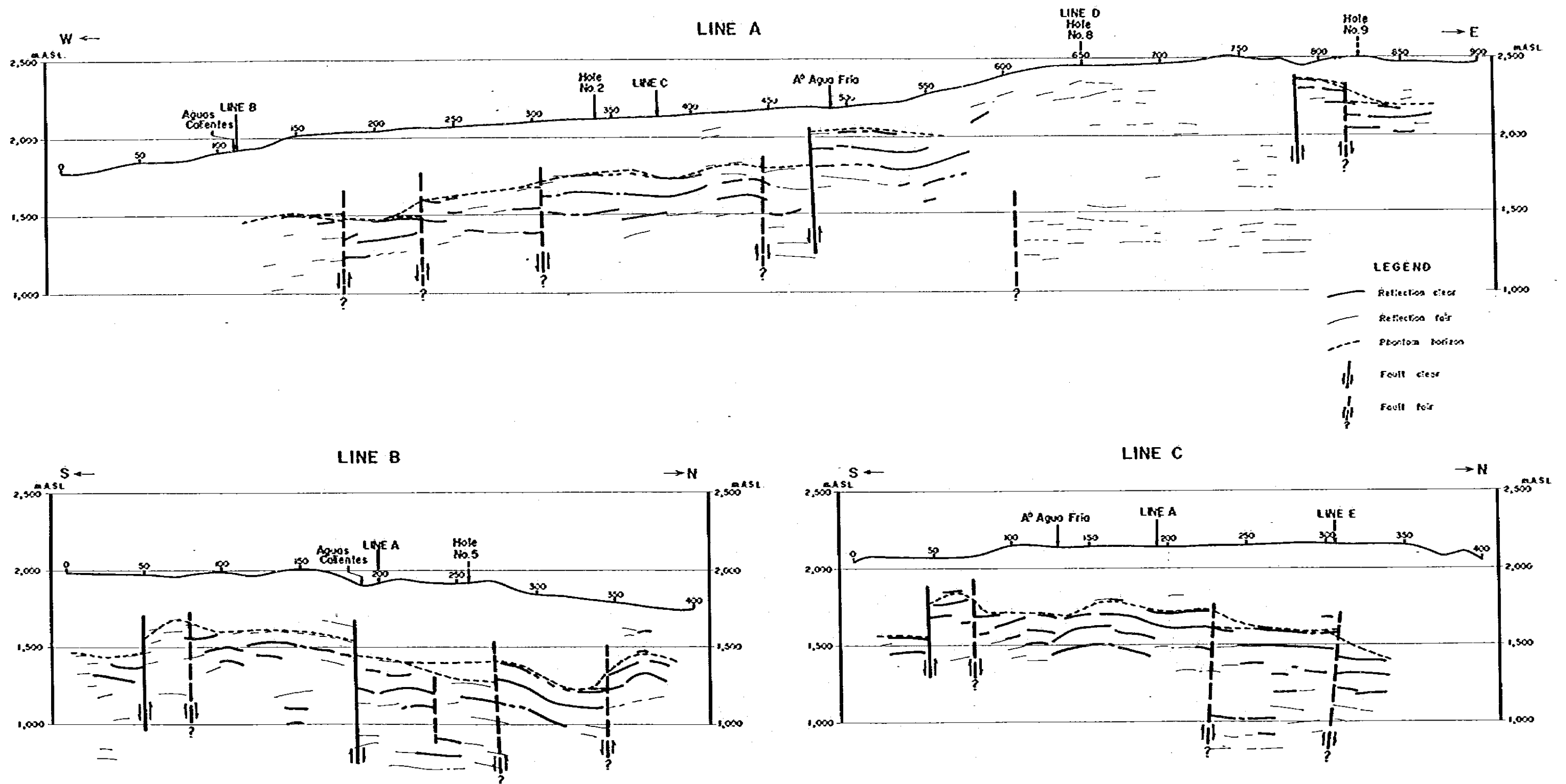


Fig. 15(1) Seismic interpretation depth sections (Line A, B & C)

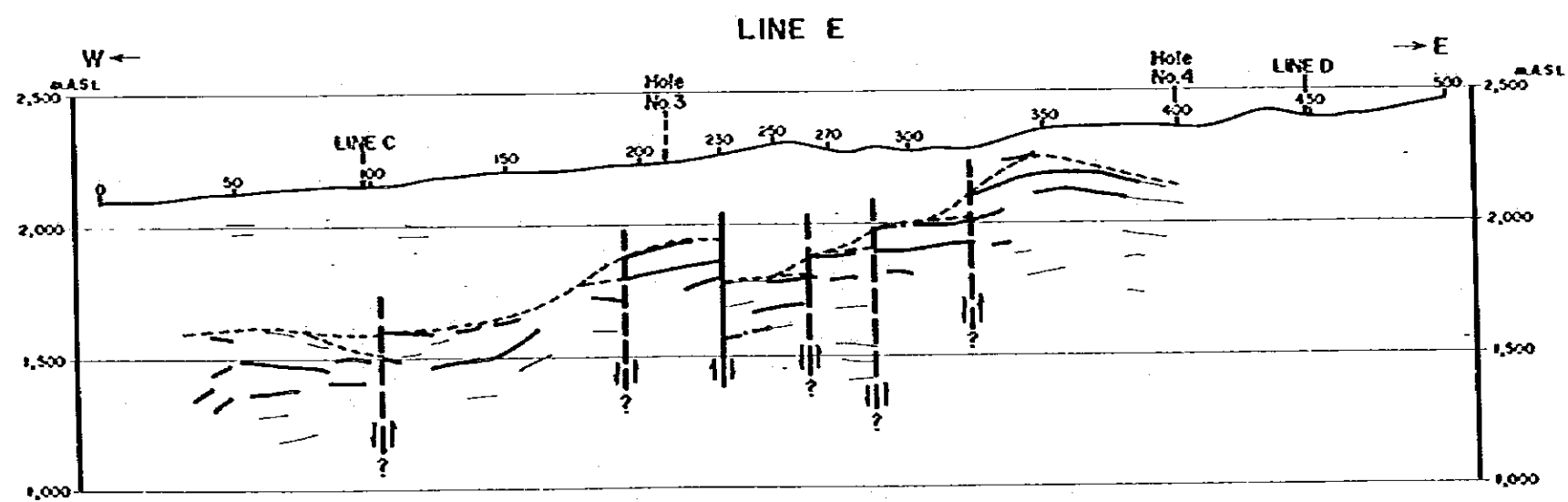
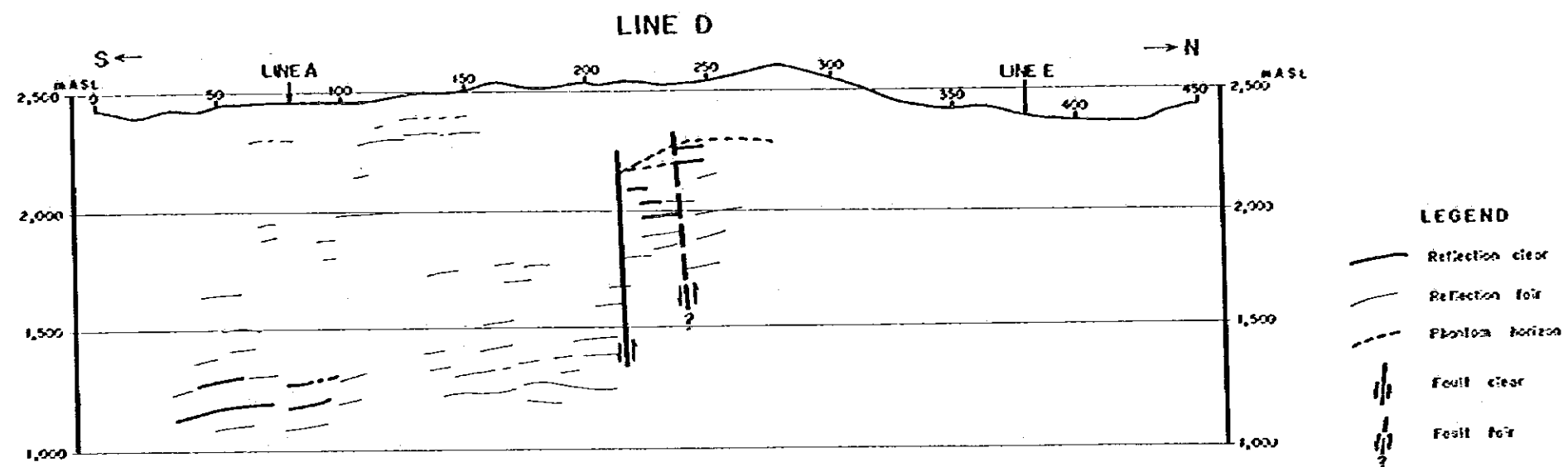
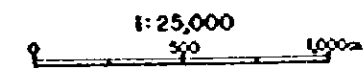


Fig. 15(2) Seismic interpretation depth sections (Line D & E)



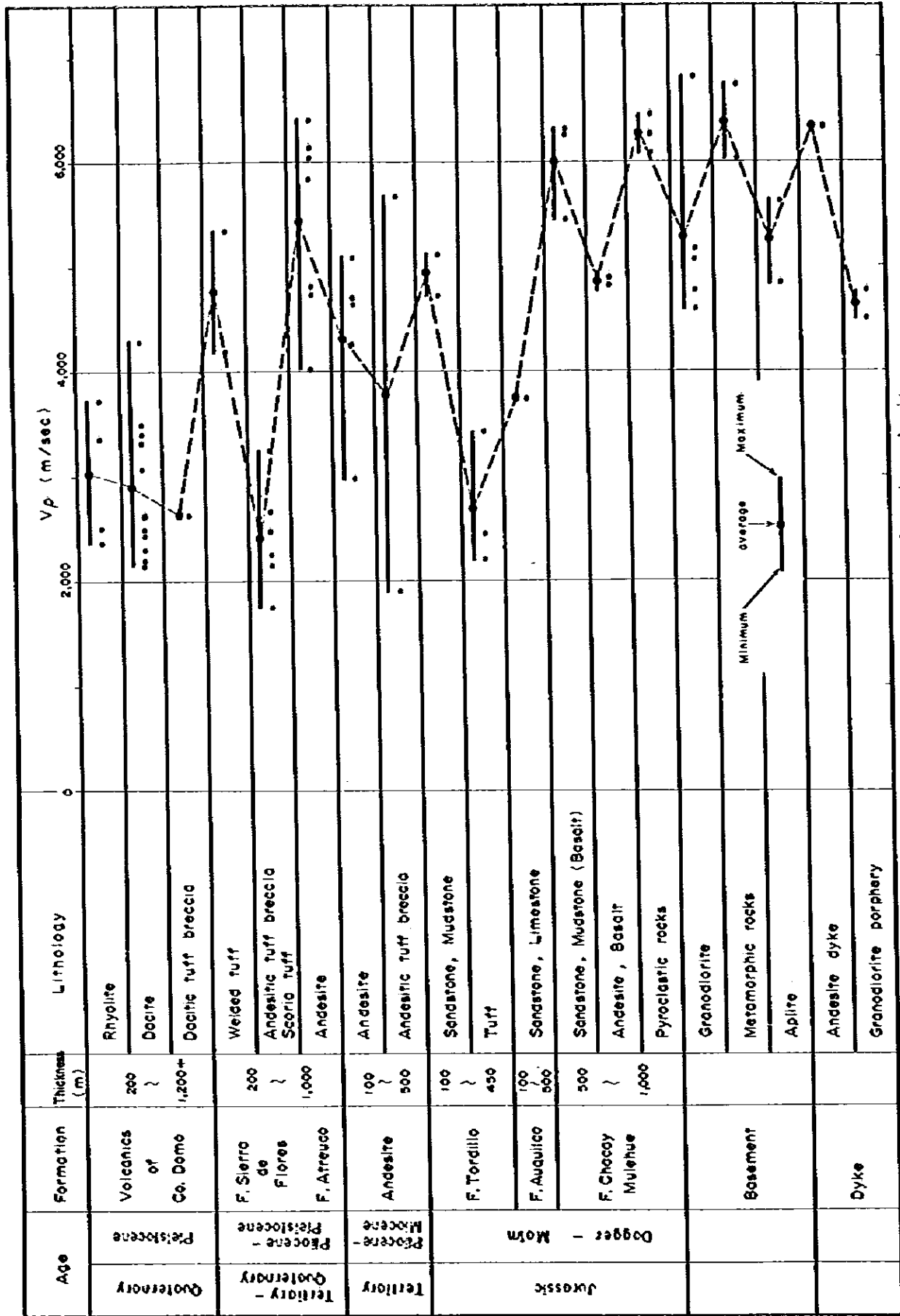
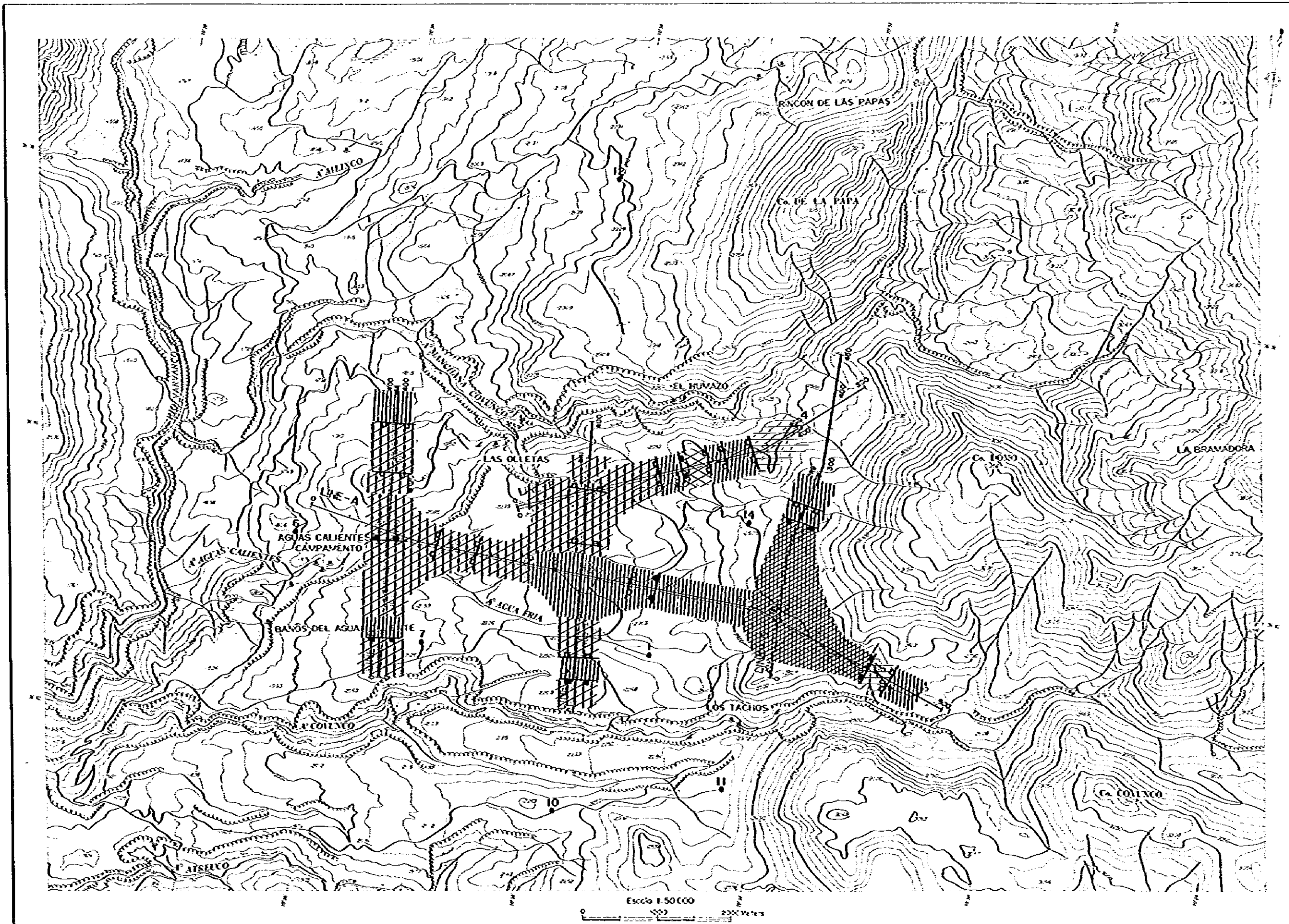


Fig. 16 Schematic columnar section of sonic velocity



LEGEND

Depth (m)

[White box]	< 200
[Vertical lines]	200 ~ 400
[Diagonal lines /]	400 ~ 600
[Diagonal lines \]	600 ~ 800
[Cross-hatch]	> 800
[Line with triangles]	Fault clear
[Line with circles]	Fault fair

Fig. 17 Structural map of the seismic basements



Table 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

Table 6 Isotopic analyses of hot water in Domuyo

No	Hot spring	Elevation (m)	δD (SMOW)‰	$\delta^{18}O$ (SMOW)‰	$\delta^{13}C$ (PDB)‰	$\delta^{34}S$ (CD)‰	3H TR	Date of sampling	Temperature Air (°C) / Water (°C)	pH
1	Los Tachos Grandes	2,350	-100	-13.0	-28.2	12.1	1.0	13-3-84	11.5 / 93.5	6.2
2	Los Tachos Chicos	2,250	-111	-13.9	-13.2	12.0	1.1	"	18.0 / 93.0	7.4
3	Vertiente Fría Los Tachos	1,900	-106	-14.5	-16.4		2.3	"	12.5 / 12.5	7.1
4	Aguas Calientes	1,800	-109	-14.4	-13.3	12.0	1.1	"	22.5 / 67.0	7.1
5	Lincón de Las Papas	2,300	-112	-13.5	-5.9	13.0	1.0	"	20.0 / 40.0	6.9
6	Las Olletas	2,150	-110	-13.7	-18.3	12.0	1.0	"	18.5 / 90.0	8.0
7	La Bramadora	3,250	-113	-15.4	-5.0	14.9	1.8	"	7.5 / 52.5	6.6
8	El Humazo	2,200	-110	-13.3	-24.0	11.9	1.7	"	18.0 / 93.0	7.4

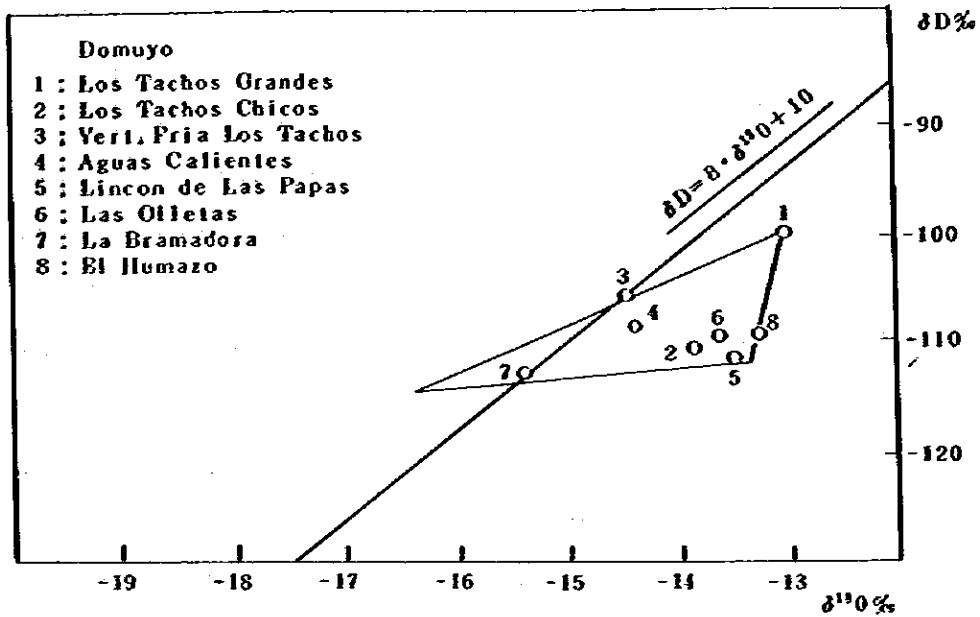


Fig. 18 Correlation between δD and $\delta^{18}O$ in Domuyo

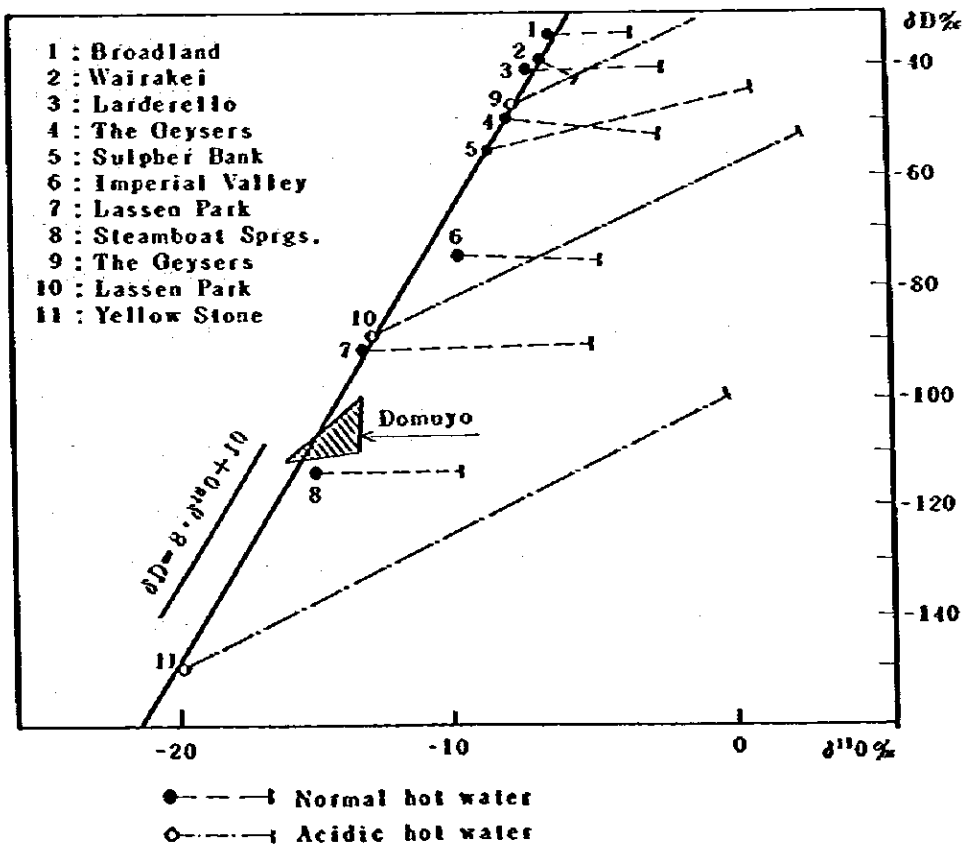


Fig. 19 Examples of Correlation between δD and $\delta^{18}O$ in the World

