

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1, 2年次)
中間報告書
要約

1983年11月

国際協力事業団

鉦計資

~~GR(2)~~

83-116

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1, 2年次)
中間報告書
要約

1983年11月

国際協力事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84.10. 5	701
	64.3
登録No. 10782	MPN

マイフロ
デザイン作成

目 次

まえがき	I
要 結	III
1. 総 説		
1・1	調査の目的と手法	1 - 1
1・2	第1段階(第1次)調査の概要	1 - 1
1・3	第2段階(第2次)調査の概要	1 - 1
1・4	調査団の編成及び調査日程	1 - 2
1・5	調査の実施作業量	1 - 3
2 地熱構造の解析及び考察		
2・1	地 質	2 - 1
2・1・1	広域地質	2 - 1
2・1・2	調査地域の地質	2 - 1
2・1・3	構成岩石の特性	2 - 2
2・2	地質構造	2 - 5
2・2・1	広域地質構造	2 - 5
2・2・2	調査地域の地質構造	2 - 5
2・3	熱 構 造	2 - 7
2・3・1	広域熱構造	2 - 7
2・3・2	調査地域の熱構造	2 - 7
2・4	地熱流体構造	2 - 9
2・4・1	地熱流体循環構造	2 - 9
2・4・2	貯留層構造	2 - 10
3 地熱開発に関する総括		
3・1	地熱開発の可能性と重点目標	3 - 1
3・2	今後の地熱開発の課題と第3次調査の方策	3 - 1
3・2・1	第3次調査の課題	3 - 1
3・2・2	第3次調査の方策	3 - 2

付 図 ・ 付 表 リ ス ト

付 図

- Fig 1 - 1 調査地域位置図
- 2 - 1 ネウケン州北部地域広域地質図
(ランドサット画像による地質解析図)
- 2 - 2 総合地質柱状図
- 2 - 3 地 質 図
- 2 - 4 地質断面図
- 2 - 5 広域ブーゲ異常図
- 2 - 6 重力分布区分図
- 2 - 7 重力断面解析図 (A - A')
- 2 - 8 重力解析図
- 2 - 9 地質構造総合解析図
- 2 - 10 地温・地化学異常域総合図
- 2 - 11 温泉水・海水イオン濃度指数図
- 2 - 12 温水・噴気ガス分布と地化学温度総合図
- 2 - 13 熱構造総合解析図
- 2 - 14 地熱流体貯留層構造モデル(1)
- 2 - 15 地熱流体貯留層構造モデル(2)
- 3 - 1 第3次調査計画案図

付 表

- Table 1 - 1 3段階調査フローシートとその内容
- 1 - 2 3段階調査工程計画表
- 1 - 3 実施作業量一覧表
- 2 - 1 岩石物性測定結果総括表
- 2 - 2 変質帯調査結果総括表
- 2 - 3 温泉水・凝縮水分析結果一覧表
- 2 - 4 噴気ガス分析結果一覧表

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」にかかると第1年次、第2年次調査の終了時点における総合中間報告書の主要部分を要約したものである。

要 結

1. 当該調査は1982年2月から開始され、アルゼンティン共和国ネウケン州北部地域の15,000km²の範囲の地熱資源を対象に、広域概査から精査に至る各種手法による3段階の調査を実施して、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・把握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探査の指針と計画を提言することを目的としている。
2. 第1段階広域調査(第1次調査)は1982年2月~3月に実施され、域内の地熱徴候地 Vn.Domuyo, Vn.Tromén および Co.Carrereの各地区を含む15,000km²に対してリモートセンシング解析、空中写真地質解析や地表踏査による概査を行ない、この地域の広域地質構造や各熱徴候地の実態を把握確認した上で、第2段階調査の対象とすべき最有望地区として、Vn.Domuyo西側のDomuyo地熱徴候地200km²の範囲を選定した。
3. 第2段階調査(第2次調査)は1982年11月~1983年3月にわたって実施され、対象Domuyo地区200km²の範囲を対象に、地質、地化学、水文および重力の各種手法による精査を行ない、地区の有望性と次段階調査の必要性を確認するとともに、第3段階調査の対象とすべき有望な重点地区として40km²の範囲を選定した。
4. Domuyo地区では、域内に温泉、蒸気、ガスの噴出を伴う高温、優勢な地熱徴候が多数存在し、また、調査の結果、
 - (1) 地質層序、重力異常、断層・断裂系等のデータによる地質構造、
 - (2) 土壌、温泉、蒸気、ガス等の地化学的データ、水文学的データおよび地温データ等による熱構造や地熱流体構造、
 - (3) これらを総合的に解析したデータによる地熱貯留層構造、等について極めて有望且つ興味ある知見が得られた。
5. 今後必要とされる第3段階調査では、選定された40km²の最有望範囲に対して、詳細な地下構造と地熱流体構造を把握するための地下深部の情報を得る目的で
 - (1) 反射法地震探査による層序・基盤構造および断裂系の精査、
 - (2) 垂直電気探査による地下探部の変質帯および低比抵抗帯の調査、
 - (3) 孔井測温調査による地下熱流量の調査、を主体とした各種調査と全段階の調査結果を併せた最終的な総合解析と検討を行ない、当

該地区の地熱貯留層構造を解明し、且つポテンシャルを評価する事が必要と考えられる。

1. 総 説

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	大統領府， 企画庁 公共事業省， 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域を選定して、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探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計画を、Fig. 1-1, Table. 1-1, Table. 1-2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)の地形図化を行ない、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を選定し且つ探査のための具体的な方策を計画した。

1・4 調査団の編成および調査日程

当該調査のための日本側調査団、アルゼンティン側カウンターパートの編成と調査実施日程は次の通りである。

(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	日鉱探開所	責任者・総括	Alfredo Esteves	州開発局
地 質	粥 川 富喜雄	"	化学工業	José L.Sierra	"
リモートセンシング写真地質	谷 藤 吉 郎	"			

現地調査期間

1982年2月25日 ～ 1982年3月31日

うち野外調査期間

1982年3月8日 ～ 1982年3月20日

(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	日鉱探開所	責任者・総括	Alfredo Esteves	州開発局
地質・岩石	粥 川 富喜雄	"	化学工学	Jose L.Sierra	"
地質・岩石	宮 石 修	"	地 質	Mario O.Gingins	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 孝 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 郁 夫	"			

Table 1-1 3段階調査プロセスとその他の内容

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年次)	(前段) 15,000 ㎡	既存資料収集検討 ランドリット画像解析 5,000 ㎡抽出 ↓	地質状況, 地質構造, 火山, 地熱徴候分布, 断層系, 破砕帯, 水系, 相対的空隙の程度, 土地利用, 地熱徴候特性, アクセスリティー, 地形等の把握	マグ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開発適地, 地熱系の推定
	(後段) 5,000 ㎡	空中写真地質解析 地質概査 (現地踏査, 地熱徴候予察調査) 200 ㎡抽出 ↓		
第2段階 (第2年次)	200 ㎡	地形図図化 地質調査 岩石調査 水文調査 変質帯調査 岩石試験(比重・空隙率, 帯磁率, 電気比抵抗, 検鏡, X線分析, 年代測定) 地化学探査(1m深地温, 土壌水銀, CO ₂ ガス, 温泉・噴気ガス) 重力探査	地質構成, 層序, 地質構造, 断層系, 地表流量, 流出量, 地下浸透量見積とその機構, 変質帯の分布, 形状, 拡がり 岩石性状, 組成, 比重, 空隙率, 変質程度, 形成年代, 地温・Hg・CO ₂ の分布と相互関連性 温泉, 噴気の分布, 分布傾向, 湧水量, 含有成分, 含有量, 温度, PH, 導電率, 重力値, 地下構造	地層の拡がり・新旧(相対的)・厚さ, 岩石性状 水収支, 地熱担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, 熱史, 地熱系, リザーバー温度, 地熱流路上昇機構 地下深部機構 貯留層モデル
第3段階 (第3年次)	40 ㎡	電気探査(シュランペルジャー法) 地震探査(反射法) 100m深測温孔 コアー, カッチングス調査 コアー試験(比重・空隙率, 帯磁率, 電気比抵抗, 検鏡, X線分析, 熱伝導率, 弾性波速度)	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, 帯磁率, 変質, 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, 深さ, 形状, 地熱構造 地下構造, 低速層の拡がり・深さ・形状, 熱源温度, 放熱量見積, 地下温度・分布と勾配, 地熱系, 岩石性状変化, 貯留層モデル(貯留層工学的見地から) 地熱ポテンシャル評価 調査・掘削計画提案

Table 1-2 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	—				—								—				—																			
第1次調査 (15000 km ²) 実施済	事前準備	—												—												—											
	ランドサット画像解析(15000km ²)	—												—												—											
	空中写真地質解析(1200km ²)	—												—												—											
	関連資料収集, 検討 地質概査	—												—												—											
第2次調査 (200 km ²) 実施済	地形図図化(200 km ²)	—												—												—											
	地質調査(200 km ²)	—												—												—											
	岩石試験	—												—												—											
	水文調査	—												—												—											
	地化学探査	—												—												—											
	温泉, 噴気ガス調査	—												—												—											
	重力探査(200 km ²) 報告書原稿作成	—												—												—											
第3次調査 (40 km ²) (予定)	電気探査	—												—												—											
	地炭探査	—												—												—											
	100m測温孔掘さく(指導)	—												—												—											
	100m測温孔検層	—												—												—											
	コア一試験, 分析等 報告書原稿作成	—												—												—											
	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)	—												—												—											

現地調査期間

1982年11月15日 ~ 1983年3月31日

うち野外調査期間

1982年12月9日 ~ 1983年2月28日

解析期間

1983年4月1日 ~ 1983年8月10日

1.5 調査の実施作業量

3段階調査計画のうち、今日までに実施した第1次、第2次調査における作業量を要約してTable. 1-3に示す。

Table 1-3 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 (縮尺 1/250,000)	15,000 km ² (2シーン)		
	空中写真地質構造解析 (縮尺 1/50,000)	1,200 km ² (150枚)		
	地 質 概 査	広域調査 踏査延長	500 km	
		ドムージョ地区 踏査延長	150 km	
第 2 段 階 (第 2 次)	地形図の作成 (縮尺 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 温 度 調 査	広域的調査 460点	
		CO ₂ ガス 調 査	精密調査 57点	
		土 壌 中 Hg 調 査	計 517点	
		温 泉 水 試 料	18個	
		カ ス 試 料	9個	
		凝 縮 水 試 料	9個	
	重 力 調 査	測 量	レ ベ ル 測 量	85点
			トランジット, 測距儀測量	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		

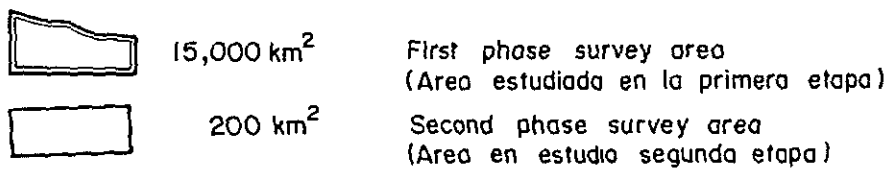
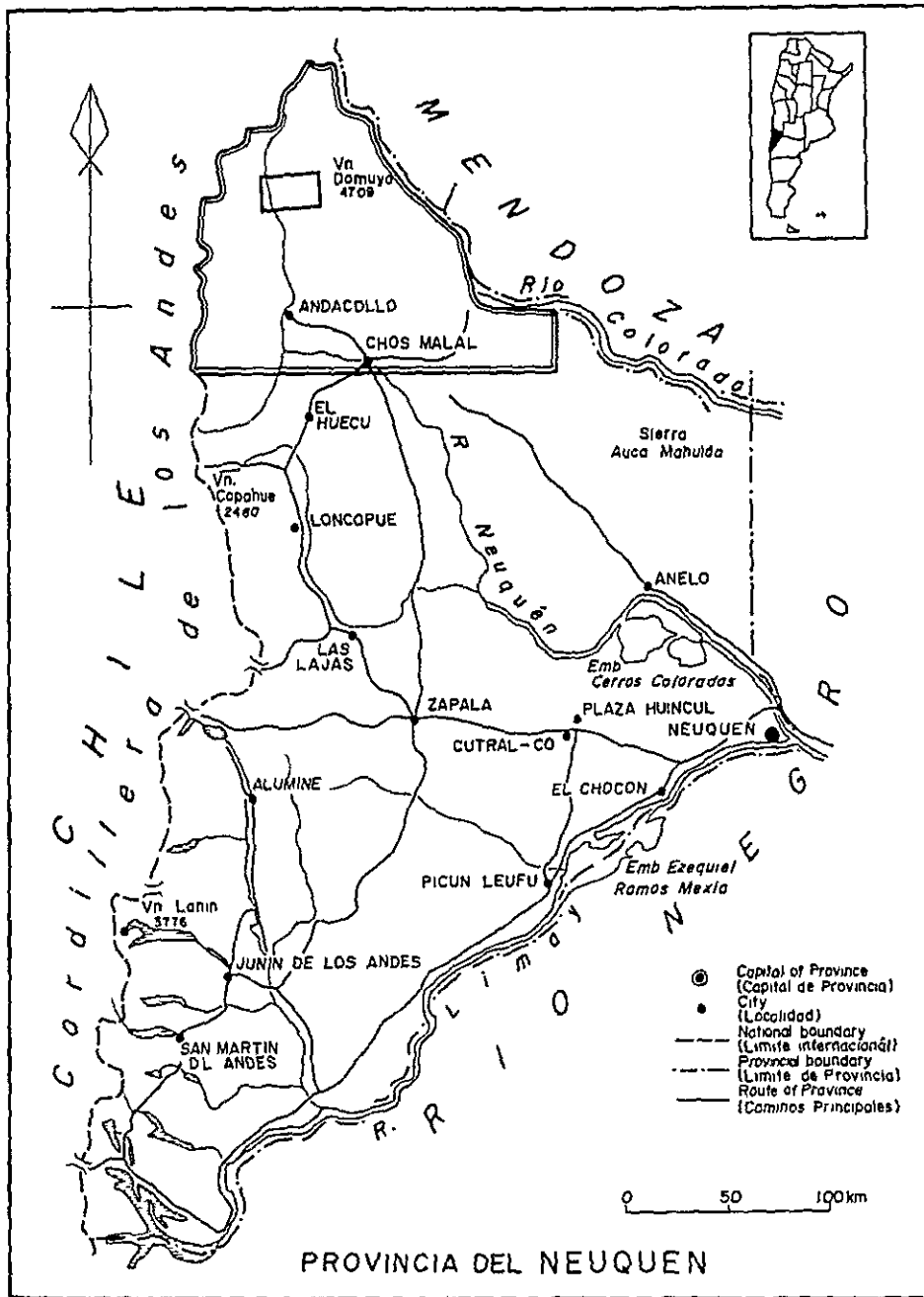


Fig.1-1 Location map of the survey areas

2. 地熱構造の解析及び考察

2. 地熱構造の解析及び考察

2・1 地 質

2・1・1 広域地質 (Fig. 2-1 参照)

(1) 基盤岩類

二疊・三疊系とされている Choiyoi 層群及びこれらを一貫する深成岩類が基盤を構成する。Choiyoi 層群は泥岩を主としこれに互層する砂岩、石灰岩などの堆積岩類と火山岩、火山砕屑岩類からなり、広域変成作用と深成岩類、周辺の接触変成作用を蒙っている。

(2) 中生層

中生層は Choiyoi 層群を不整合に覆うジュラ紀中～後期の地層である。下位より、火山岩類と泥岩・砂岩層からなる Chacay Melehue 累層、石灰岩層、砂岩層及び石膏層からなる Auquilco 累層、砂岩層を主とする Tordillo 累層、及び泥岩層が卓越する Mendoza 層群からなる。

(3) 第三系

第三系は、中新世の安山岩・安山岩斑岩・閃緑玢岩・石英閃緑岩からなる Pelán 累層、安山岩溶岩及び火砕岩からなる Chailehue 累層、及び岩株状貫入岩体である Palao 花崗岩に区分される。

Domuyo 火山複合岩体は、中新世中期から鮮新世初期にわたる活動と考えられている。噴出岩相として流紋岩及び石英安山岩の溶岩流と流紋岩質凝灰岩類があり、貫入岩相は Vn.Domuyo の中心部に岩株状岩体を形成しており流紋岩質斑岩から花崗閃緑斑岩に至る岩質を呈する。

(4) 新期火山岩類

第三紀末から第四紀にわたる新期火山活動は、玄武岩質安山岩から石英安山岩に至る一連の火山活動による溶岩流及び火山砕屑岩類からなり Sierra de Flores 累層に区分される。第四紀最新期の火山活動は、石英安山岩及び流紋岩の酸性の Domo 火山岩類である。

2・1・2 調査地域の地質 (Fig. 2-2, Fig. 2-3, Fig. 2-4 参照)

(1) 基盤岩類

調査地域の基盤は、Choiyoi 層群の変成岩類とこれを一貫する Varvarco 深成岩類からなる。変成岩類は泥質片岩、砂質片岩などの結晶片岩と、凝灰岩あるいは砂岩ないし泥岩を原岩とするホルンフェルスが小分布する。Varvarco 深成岩類は中粒ない

し粗粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩であり、アブライト質花崗岩を伴う。

(2) 中生層

中生層は基盤岩類を不整合に覆うもので下位より Chacay Melehue 累層、Auquileo 累層及び Tordillo 累層が調査地域の東半部に累重する。Chacay Melehue 累層は下部が玄武岩質、上部が安山岩質の溶岩及び火山砕屑岩からなり、上部に介在する2層の黒色頁岩からバンジョーシアン階を示すアンモナイト化石を産する。Auquileo 累層は石膏層を主体とするもので、これに砂岩、泥岩及び石灰岩を伴う。Tordillo 累層は砂岩、頁岩、シルト岩、凝灰岩及び石灰岩からなる。

(3) 新第三系

新第三系はジュラ系を不整合に覆う中新世～鮮新世の地層で、安山岩溶岩と同質凝灰角礫岩からなる。新第三紀の貫入岩類と斑状、完晶質の花崗閃緑斑岩の小露出があり、岩質的に Domuyo 火山複合岩体の酸性貫入岩類の一部と考えられる。

(4) 新期火山岩類

新第三紀末から第四紀にわたる新期火山岩類は、下部の安山岩質火山岩類と上部の石英安山岩質ないし流紋岩質火山岩類に大別される。前者は調査地域の北西部に分布し、スコリア凝灰岩、軽石凝灰岩、凝灰角礫岩、溶結凝灰岩及び溶岩から構成されている。後者は Cerro Domo などを中心にその西方に分布し石英安山岩質凝灰角礫岩、同質溶岩及び流紋岩溶岩からなる。

(5) 氷河堆積物及び沖積層

調査地域の南西端には氷河堆積物が小規模な分布を示すほか、主要河川沿いに沖積層が発達する。

2・1・3 構成岩石の特性

(1) 完晶質岩類の特性

調査地域の基盤をなす Varvarco 深成岩類の花崗閃緑岩は、Q - Kf - Pl モード測定によってはほぼ一様な岩質を示す角閃石・黒雲母花崗閃緑岩で、K - Ar 法による絶対年代の測定の結果、二疊紀末期に当たる $259 \pm 13 \text{ Ma}$ と三疊紀中期末葉を示す $227 \pm 16 \text{ Ma}$ が得られた。調査地域におけるもう一つの完晶質岩である、Domuyo 火山複合岩体の貫入岩相に相当すると考えられる花崗閃緑斑岩は、Q - Kf - Pl モード測定ではやや多様性に富む岩質を示している。

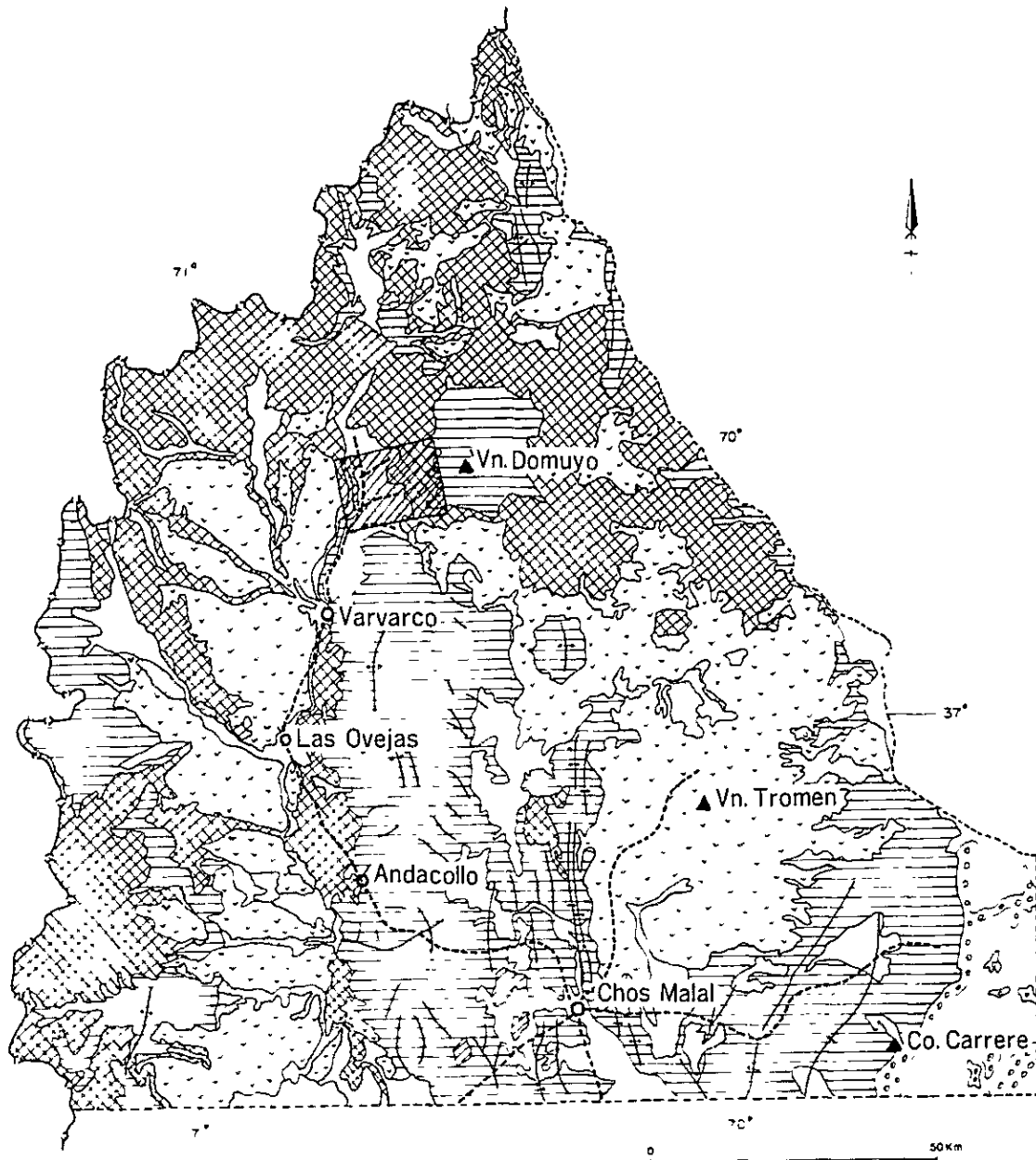
(2) 新期火山岩類の特性

新期火山岩類は、Calc - alkali 岩系に属する中性から酸性に至る一連の火山岩類であることが明らかにされた。またフィッシュトラック法による絶対年代測定の

結果、 $0.55 \pm 0.10 \text{ Ma}$ から $0.11 \pm 0.02 \text{ Ma}$ が得られ既存資料の $0.72 \pm 0.10 \text{ Ma}$ と併せて、更新世前期末葉から同中期末葉にかけての活動であることが確認された。

(3) 構成岩石の物性

調査地域の構成岩石の物性では (Table 2-1 岩石物性測定結果総括表) 密度は基盤岩類から最新期の第四紀火山岩類に至るに従って大から小になり、スコリア凝灰岩や軽石凝灰岩などの密度が最も低い。有効空隙率は密度と負の相関を示し、基盤岩類と中生層が低く第四紀の火山砕屑岩類が高い。帯磁率及び比抵抗では全体として岩質に対応する値を示している。熱伝導率は下位の地層あるいは岩体ほど高い値を示すが、中生層の下半部及び基盤岩類が通常の数よりかなり高い値を示す。



REGEND

		Alluvium		Folding axes
Quaternary <		Andesite, Basalt		Road
		Andesite, Basalt Rhyolite		Selected area 200 Km ²
Tertiary <		Andesite (volcanics, pyroclastics)		Village
		Andesite, Dacite		
pre-Tertiary		Basement		

Fig.2-1 Geological interpretation map of Landsat image

Age	Formation	Geological Column	Thickness	Lithology	Remarks
Quaternary	Holocene			Sand, Gravel (Terrace) Glacial deposits	
	Pleistocene	Volcanics of Co Domo	200 m 1200 m+	Rhyolite lava, Partially pumiceous Dacite lava (including Peritic layers) Dacitic tuff breccia	FT Age { 011 ± 002 029 ± 007 055 ± 010 Distribution Southern half of the survey area
Tertiary - Quaternary	Pliocene - Pleistocene	Acidic Pyroclastics F Sierra de Flores F Atréuco	200 m 1000 m	Pumiceous tuff Andesitic volcanic breccia Andesite (dike) Welded tuff Andesitic tuff breccia (Scarria tuff) Andesite lava	FT Age 011 ± 003 Distribution Northern half of the survey area
Tertiary	Pliocene - Miocene	andesite	100 m 500 m	Andesite lava Granodiorite - porphy (intrusive) Andesitic tuff breccia	Locality Co Domo and Los Tachos
Jurassic	Malm - Dogger	F Tordillo	100 m 450 m	Dacitic tuff, Sandy tuff (thin beds) Limestone, Calcareous siltstone Red ~ green sandstone, shale	Locality La Bramadora
		F Auquico	100 m 500 m	White mudstone, green sandstone Limestone Gypsum beds	Locality La Bramadora
		F Chacoy Melahue	550 m 1000m+	Black mudstone Andesitic tuff breccia Black mudstone Andesite lava Andesitic lapilli tuff Red sandstone (thickness 1-2cm) Basalt lava Basaltic lapilli tuff ~ andesitic tuff	Locality El Humazo La Bramadora Rincón de Las Papas
	Basement			Peritic hornfels, Psammitic hornfels Basic hornfels (Partially sandy) Peritic schist, Psammitic schist Granite, aplite Granodiorite (including xenoliths of silicified rock) Basalt (dyke)	K-Ar Age { 227 ± 16 259 ± 13 Locality El Humazo Rincón de Las Papas Locality Rio Varvarco A° Atréuco, A° Covunco A° Manchana Covunco

Fig.2-2 Geological columnar section of the survey area

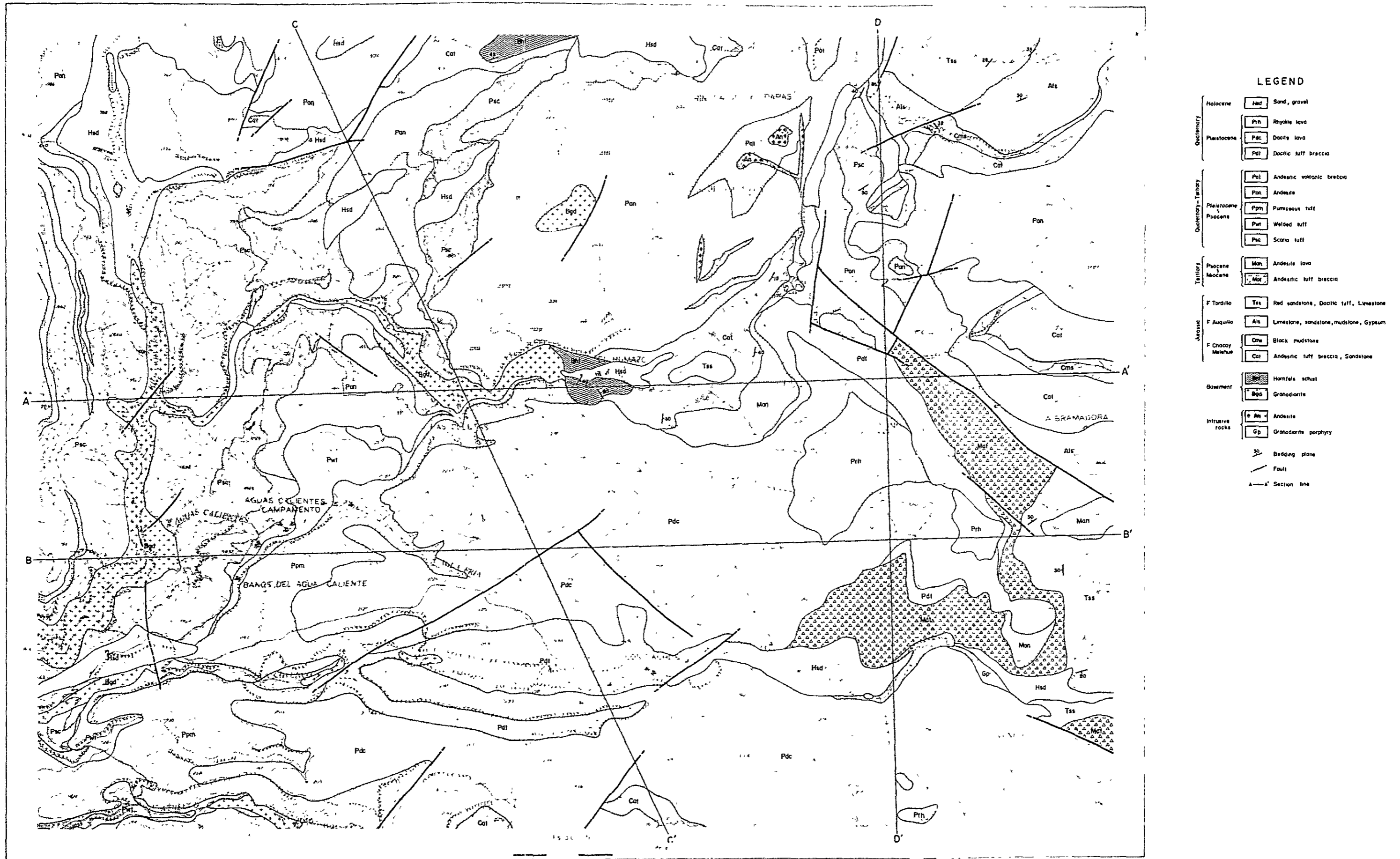


Fig.2-3 Geological map of the survey area

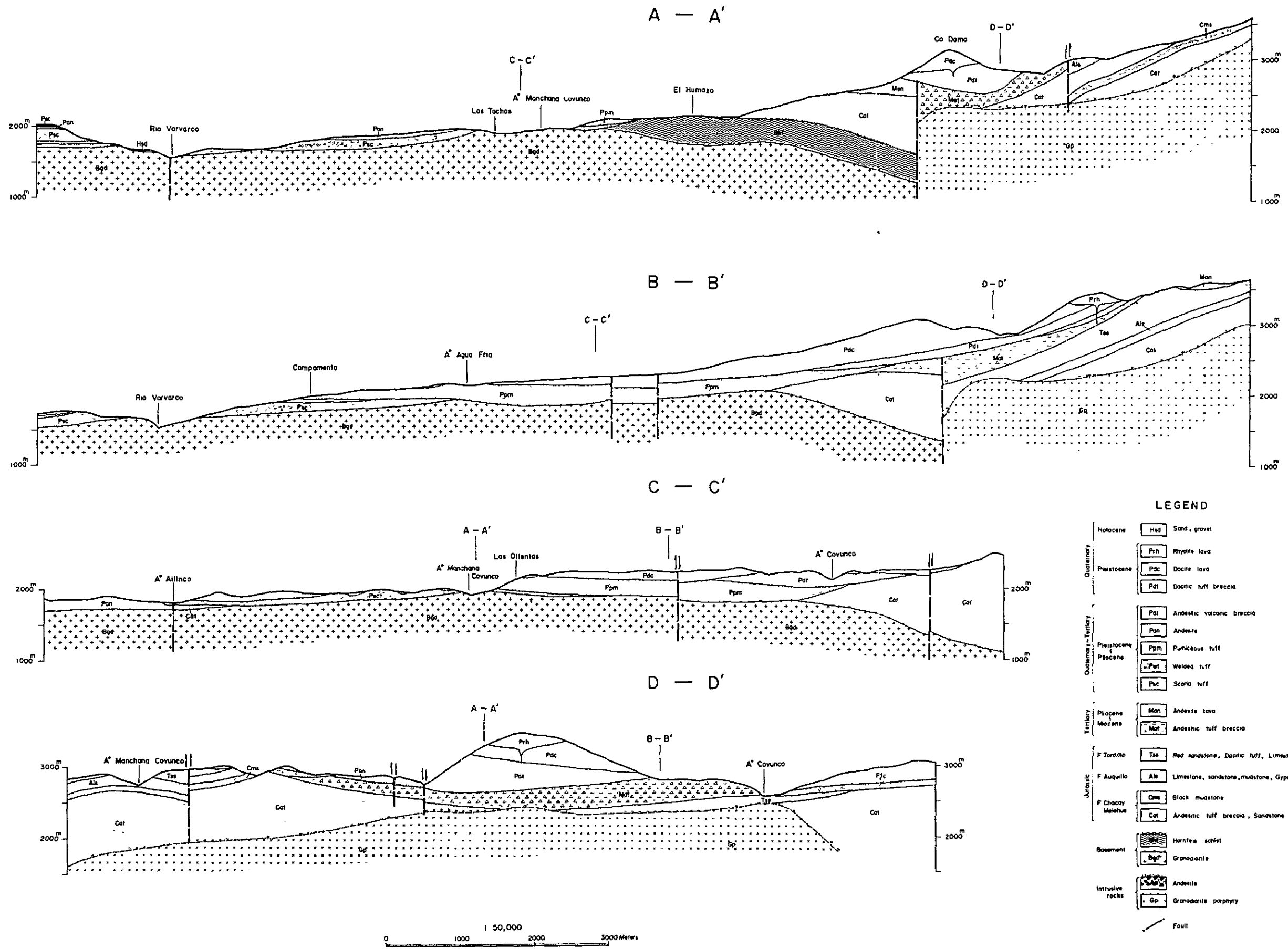


Fig.2-4 Geological cross-sections

Table 2-1 All inclusive results of measurement of physical properties (the mean value of rock facies & geological unit)

Rock facies	Geological unit		Density (g/cm ³)						Porosity (%)		Susceptibility (emu/cm ³) x 10 ⁻⁶		Resistivity				Thermal conductivity (cal/cm.sec.°C) x 10 ⁻³	
			Natural condition		Water saturated		Oven dry		%		(emu/cm ³) x 10 ⁻⁶		FE (%)		ρ (Ω-m)		R.f G.u	
			R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u	R.f	G.u
Rhyolite	V	V-2	1.78	2.19	1.85	2.26	1.77	2.16	7.79	8.00	184	298	1.6	1.9	2854	1861	1.687	2.708
Dacite			2.25		2.31		2.21		7.42		360		2.2		1097		2.633	
Dacitic tuff breccia (1)			2.09		2.21		2.04		16.58		-		-		-			
Dacitic tuff breccia (2)			2.17		2.25		2.19		7.58		250		1.7		2728		3.541	
Pumiceous tuff		V-1	1.40	2.22	1.70	2.32	1.38	2.18	32.18	13.33	1170	1290	-	1.4	-	465	0.582	2.793
Welded tuff			2.54		2.56		2.53		3.10		1185		1.3		537		3.576	
Andesitic tuff breccia			2.00		2.17		1.92		25.07		1119		1.3		62		2.529	
Scoriaceous tuff			1.91		2.06		1.86		21.24		812		1.7		95		1.709	
Andesite			2.48		2.52		2.48		5.86		1635		1.2		712		3.542	
Andesite	T	2.47	2.35	2.50	2.41	2.43	2.22	4.48	11.08	1503	855	1.7	1.6	3219	1929	3.944	4.335	
Andesitic tuff breccia		2.13		2.23		2.07		16.04		370		1.5		961		4.725		
Sandstone, Mudstone	J	J-3	2.54	2.03	2.56	2.15	2.53	1.99	3.03	15.54	62	112	1.5	1.6	335	174	5.522	3.609
Tuff			1.68		1.87		1.63		23.88		145		1.6		67		2.333	
Sandstone		J-2	2.41	2.52	2.47	2.56	2.40	2.51	6.84	7.32	27	205	-	1.8	-	1881	-	5.302
Limestone			2.62		2.64		2.62		2.22		-		-		357		-	
Sandstone, Mudstone (Basalt)		J-1	2.64	2.54	2.65	2.56	2.63	2.51	1.98	4.36	68	277	1.7	1.7	468	2999	6.100	6.088
Andesite, Basalt			2.52		2.56		2.51		5.46		602		1.6		582		5.463	
Pyroclastic rocks			2.51		2.54		2.45		4.91		138		1.8		6078		6.552	
Granodiorite	B	2.66	2.66	2.67	2.67	2.66	2.66	1.06	0.94	187	116	1.9	2.0	1853	4858	7.539	9.057	
Metamorphosed rocks		2.69		2.70		2.69		0.63		41		1.9		11243		12.577		
Aplite		2.61		2.61		2.60		1.19		52		2.5		2795		7.575		
Andesite dyke	D	2.46	2.52	2.49	2.54	2.44	2.52	5.72	3.73	-	429	-	2.1	-	5550	-	7.277	
Basalt dyke		2.66		2.67		2.66		1.27		55		1.3		9911		9.457		
Granodiorite porhyry		2.46		2.48		2.45		3.21		803		2.8		1189		5.098		

V: Quaternary-Tertiary

V-2: Pleistocene, Volcanics of Co. Demo

V-1: Pleistocene-Pliocene,
Acidic Pyroclastics
Sierra de Flores Formation
Atruce Formation

T: Tertiary, Pliocene-Miocene,

J: Jurassic, Dogger-Malm,

J-3: Tordillo Formation

J-2: Auquilco Formation

J-1: Chacay Melehue Formation

B : Basement

D : Dike Rock, etc.

R.f: Rock facies

G.u: Geological unit

2・2 地質構造

2・2・1 広域地質構造

(1) 広域ブーゲー異常と地質構造

広域的地質構造は、ほぼN-S方向を示し北方にブランチする褶曲構造によって特徴づけられる。

広域重力のブーゲー異常の高重力域は基盤及び中生層の分布する背斜構造に、また低重力域は新生代火山岩類が分布する向斜構造に一致し、ブーゲー異常値は北方に向かって減少する傾向がみられる (Fig 2-5 参照)。

(2) Vn. Domuyo の地質構造

Vn. Domuyo 地域では、N-S系のDomuyo背斜軸を中心とする箱型ドーム状構造を形成している。すなわち基盤のChoiyo1層群から中生層の各累層が累重してドーム状上昇地塊をなし、その中央部にDomuyo火山複合岩体の貫入岩類が広大な分布を示している。

(3) 断層

断層は、上記の褶曲構造に平行するN-S系とE-W系が卓越しており、これらから派生するNW-SE系とNE-SW系が認められる。

2・2・2 調査地域の地質構造

(1) 地質分布及び岩石物性からみた地質構造

調査地域の地質分布及び構成岩石の物性からみた地質構造は、東西両地域に2分される。西半部は基盤岩類が比較的浅く、その上位に新期火山岩類が広く分布して、高密度・低有効空隙率で代表される下部層と、低密度・高有効空隙率で代表される上部層の2層構造を呈している。一方、東半部は中生層及び第三系とこれらを覆う新期火山岩類からなり、中密度・中有効空隙率の下部層と低密度・高有効空隙率の上部層の2層構造を呈して、基盤岩類は地下深部に潜在するものと考えられる。

(2) 重力ブーゲー異常からみた地質構造

重力のブーゲー異常分布からみた調査地域の地質構造は、西部の高重力異常域A地区、東部の低重力異常域C地区、及びその中間のN-S方向に帯状をなす重力遷移帯B地区に3分される (Fig 2-6 参照)。

西部の高重力異常域と高密度の基盤岩類が地下浅所に分布する地質構造との間には、よい調和がみられ重力遷移帯でもブーゲー異常値と中密度の中生層の分布の間に大きな矛盾は認められない。

重力遷移帯の東側で、高い重力傾度をもつ重力リニアメントから推定される断層より

東方の低重力異常域は地表における地質分布と一致せず、地下に立体的に大きな拡がりをもつ低密度の岩体あるいは地層の存在を想定しなければならない。この低重力異常域を構成する地質構造的要因として、Domuyo 火山複合岩体の貫入岩相に当るやや低密度の酸性斑岩類が、中生層の下部に拡がっている地質構造が想定される。

(3) 重力解析による基盤構造

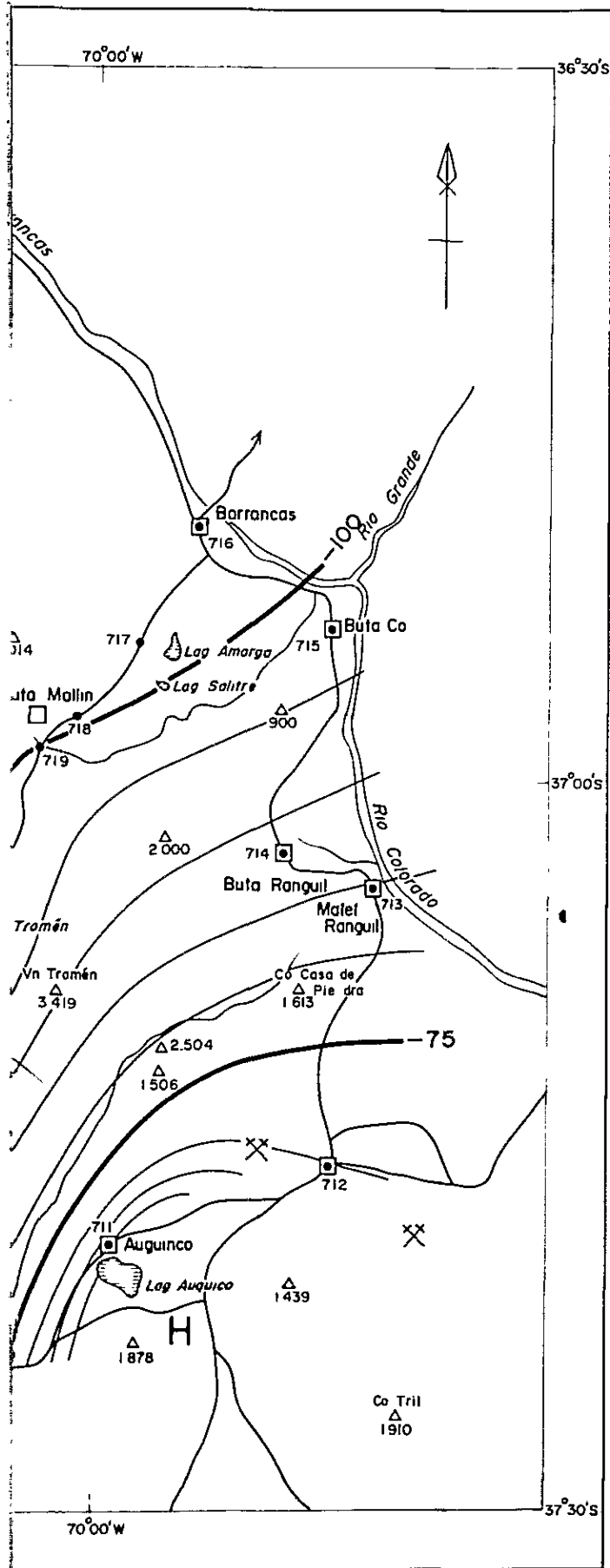
重力の断面解析による基盤構造は (Fig 2-7 重力断面解析図 (A-A')), 西部の A 地区ではその上面は平坦で最も深い所で 700 m を超えないと推定されるが、東部の C 地区では急激に深度を増して、密度差 $\Delta\rho = 0.29/cm$ で計算した場合には、6000 m 以上の深部に及ぶ可能性がある。

(4) 断層、断裂系

調査地域における断裂系として、断層及び重力リアメントから N-S 系の断裂系が地質構造上の大きな特徴をなしており、これに比較的下位の地層や岩体には E-W 系の断裂系が存在する。

これらの他に、NW-SE 系と NE-SW 系の断層群及び重力リアメント、あるいは重力基盤の起伏に起因する、同系統の重力の背斜状構造が認められる (Fig 2-8 参照)。

以上の断裂系は、1 m 深地温異常、Hg 濃度及び CO₂ 濃度の地化学異常からも、中央部及び東部地域では NE-SW 系を主とし、西部地域では NW-SE 系が卓越しており、それらに他の系統の断裂系が組合ったものであることが明らかとなった。温泉・噴気の地熱微候もこれらの断裂系の構造規制を受けていることが判明した (Fig 2-9 参照)。



3)

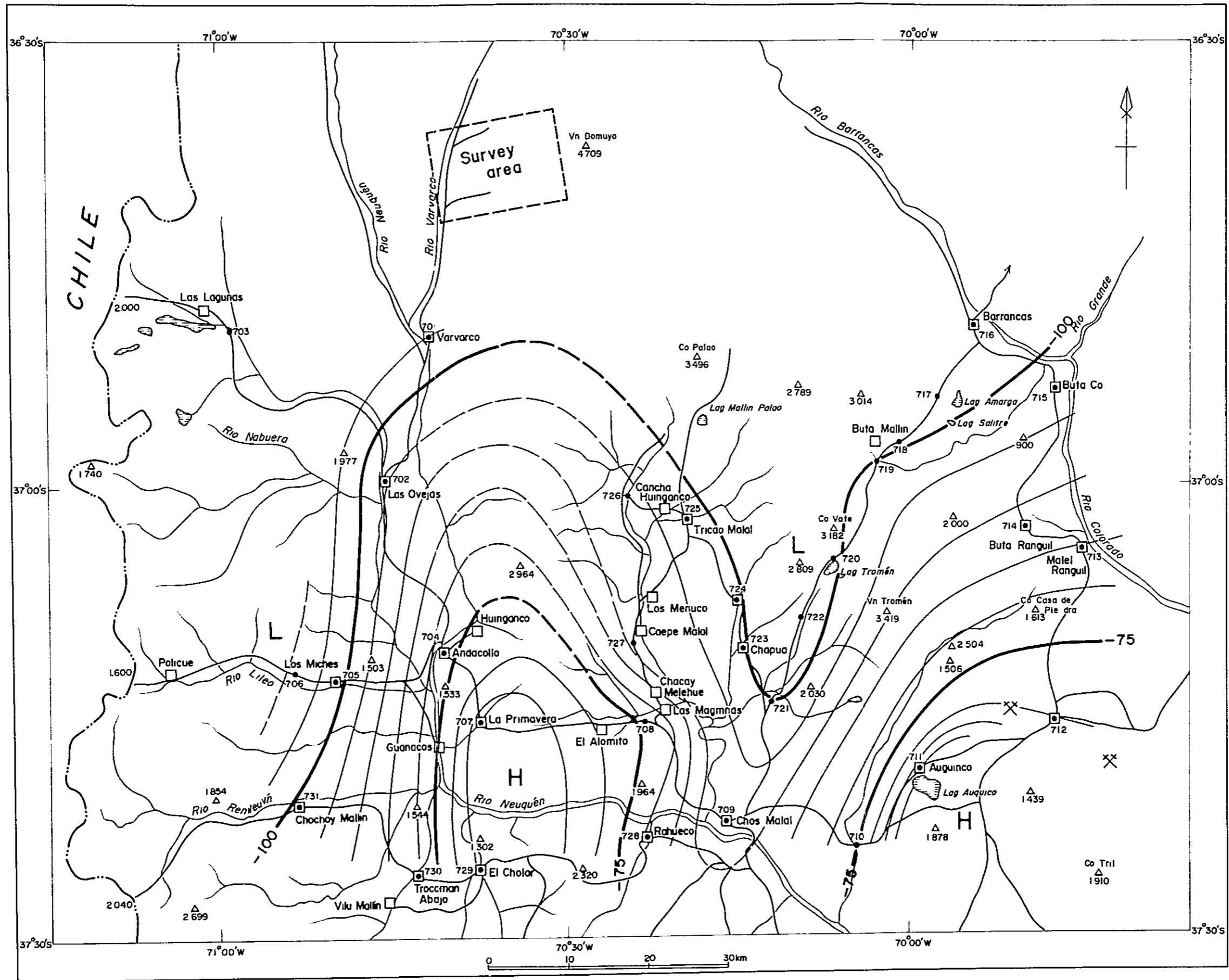


Fig.2-5 Regional Bouguer anomaly map ($\rho = 2.30 \text{ g/cm}^3$)

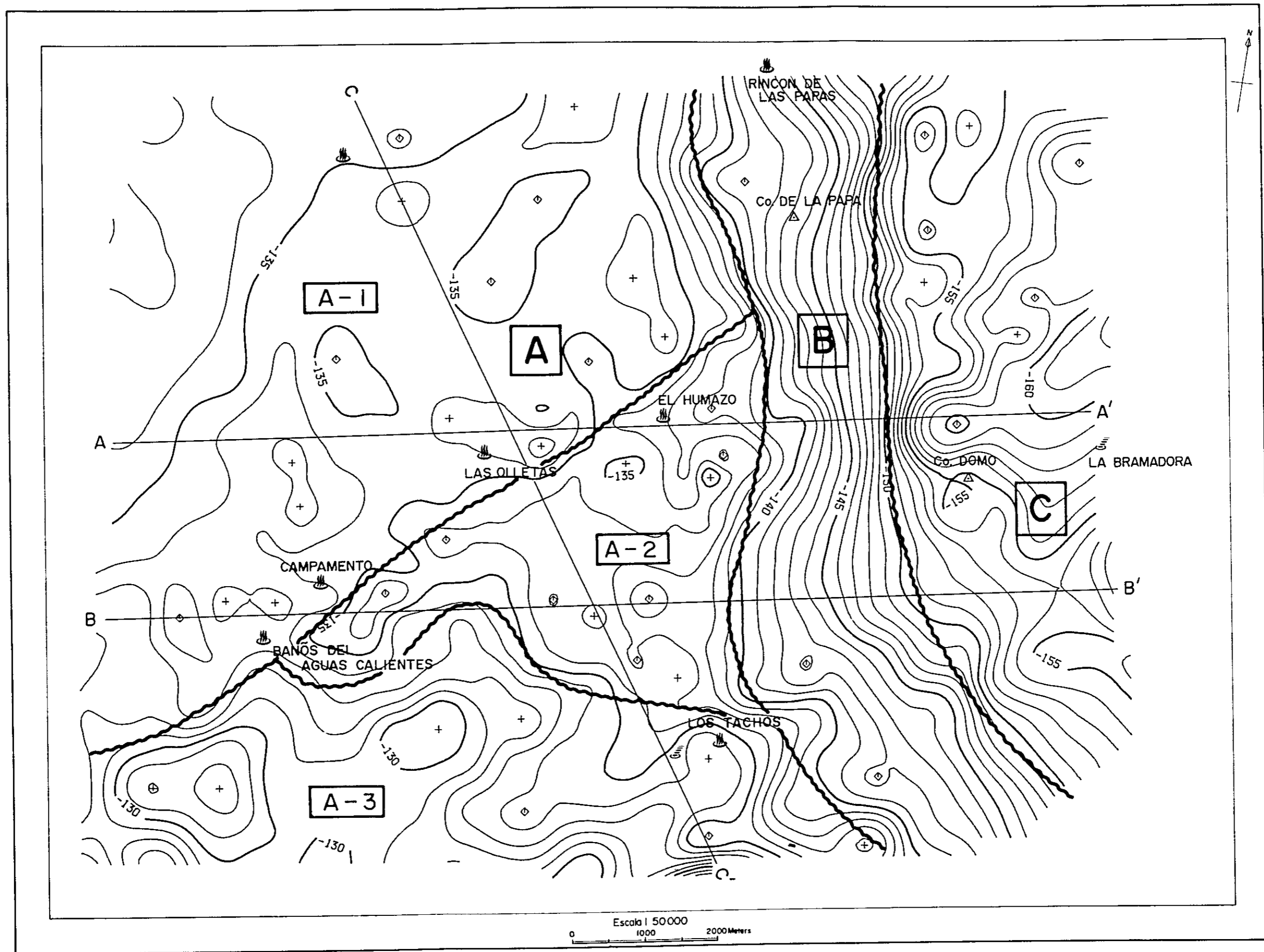


Fig.2-6 Zoning of Bouguer anomaly map

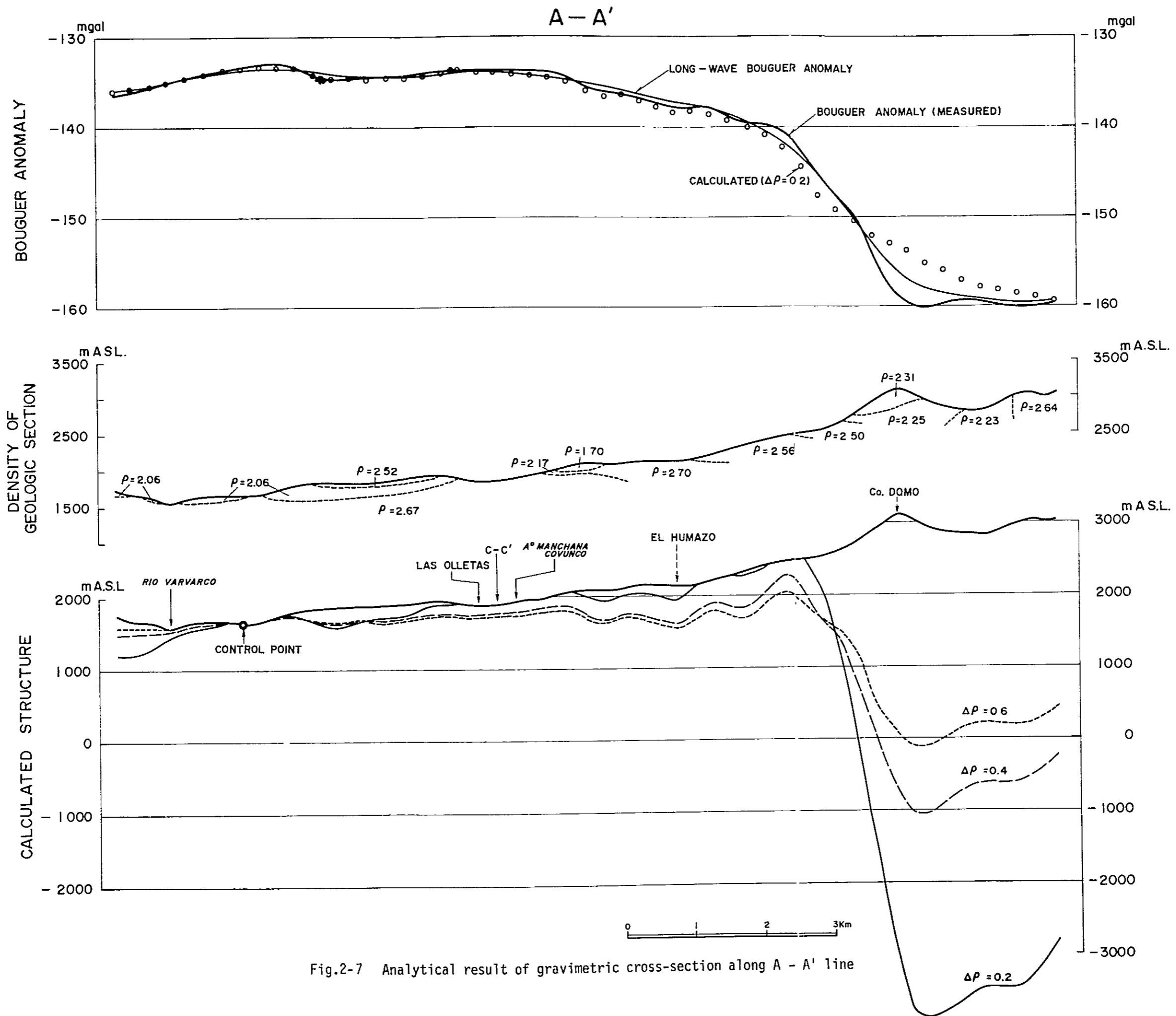


Fig.2-7 Analytical result of gravimetric cross-section along A - A' line

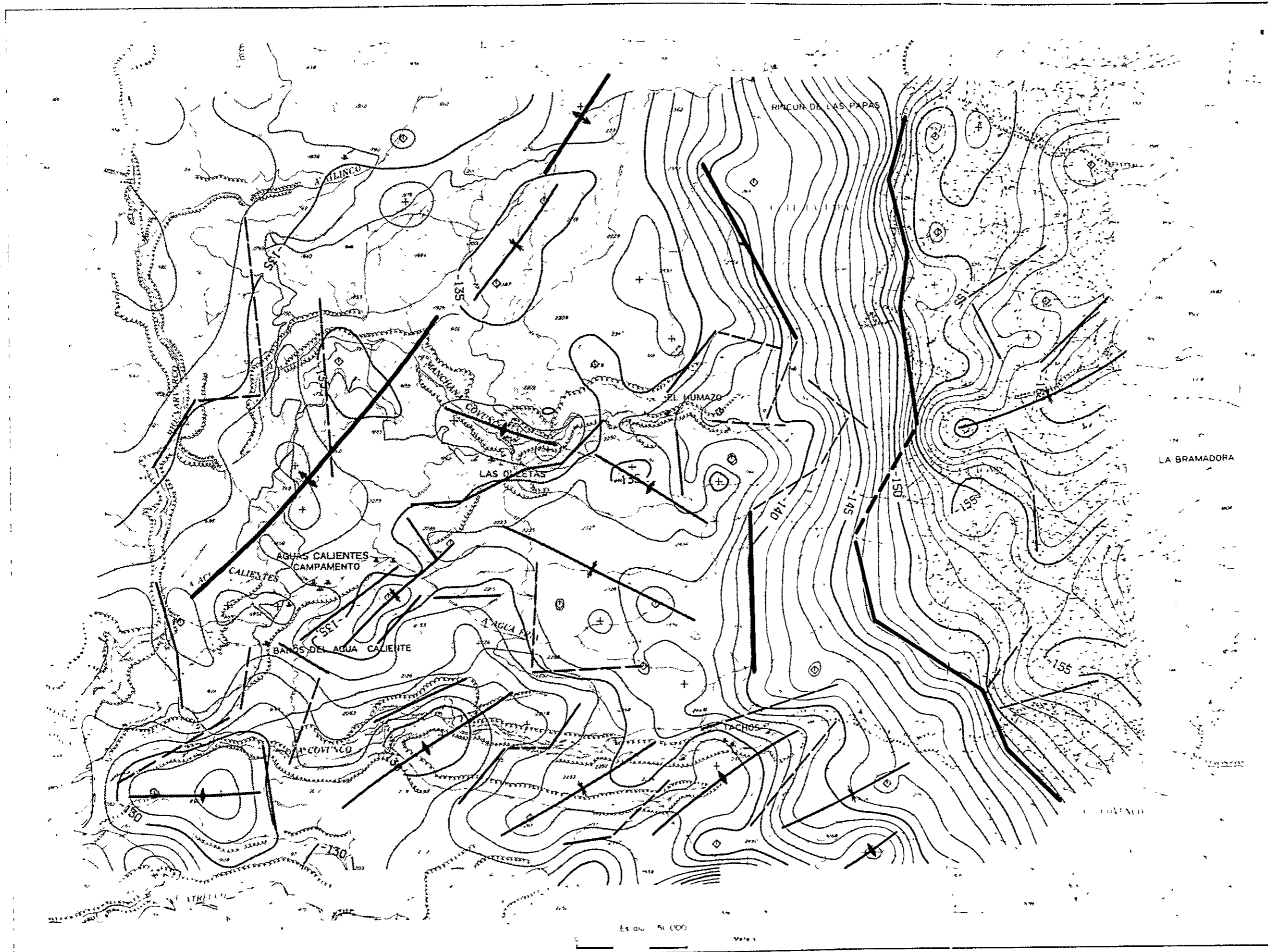


Fig.2-8 Gravimetric interpretation map

2・3 熱構造

2・3・1 広域熱構造

(1) 広域火山分布

Cordillera del Vientoを主体とする山系には、Vn. Domuyo, Cerro La Crudada, Vn Tromen 及び Cerro Carrere などの火山が NW SE 方向に配列している。これらの火山群は、古生層あるいは中生層を基盤として第三紀末から第四紀にかけて活動したものである。

(2) 広域地熱徴候

Vn. Domuyo の北方 4 km の地点には、El Turbio の温泉があるが、優勢な地熱徴候地は Vn. Domuyo の西南方ないし西方に分布する。

これらは Rincon de Las Papas, Arroyo Ailenco, La Bramadora, El Humazo, Las Olletas Aguas Calientes, Baños del Agua Caliente 及び Los Tachos の各地区で温泉や噴気がみられる。

Vn. Tromen 及び Cerro Carrere 周辺地域では、変質帯のみかあるいは温度の低い温泉が知られているに過ぎない。

2・3・2 調査地域の熱構造

(1) 熱源としての火山活動

調査地域の地熱現象をもたらしている熱源として 70 万年～10 万年前に活動した Domo 火山を含む、第四紀更新世の和野火山活動に関連するマクマ溜りと考えられ、調査地域の東部の La Bramadora 周辺地域の地下深部に熱源が拡がっているものと推定される。

(2) 変質帯

調査地域全体を通観した熱水変質帯の分布では、酸性で中～高温の明ばんイ・カオリン帯が La Bramadora を中心に分布し、その外側に酸性で低～中温のカオリン帯が取囲み、更に外側には中性～アルカリ性で低温のモンモリロン石帯と酸性で低温のクリストハル石帯が重複した変質帯が分布する。このカオリン帯とモンモリロン石・クリストハル石帯の境界は、Los Tachos の西端部から El Humazo の西半部にかけて半トーム状構造を呈する熱水蒸気混合系と熱水卓越系の境界線に近接している。また Arroyo Ailenco 西方にはオパールを伴う低温の変質帯が分布する (Table 2-2 参照)。

(3) 1 m 深地温・地化学探査

1 m 深地温異常、Hg 濃度及び CO₂ 濃度の地化学異常からみた熱構造として中央

東部は強度の高い3異常域がほぼ一致して分布し、地熱活動度が高い。
一方中央西部に至るに従って強度の低い各異常域が分散して分布し、地熱活動度が低下する。また北部地域では異常域は存在しない（Fig 2-10 参照）。

Table 2 — 2 Results of investigation of alteration zones

Name	Characteristics	Place and size of alteration zone	Alteration zoning	Wall rock	Structural control
Líncón de Las Papas	(travertine)	The nearest area of the hot spring (30 m x 30 m)	Kaolinite	Pyroclastics in Chacay Melehue F.	Boundary of Chacay Melehue formation and Quaternary volcanics
Arroyo Ailínco	decolorization	Along the \bar{A} Ailínco (about 700 m x 100 m)	Montmorillonite Kaolinite Halloysite	Quaternary andesite	Faults of ENE-WSW trend
La Bramadora	argillization	The neighborhood of the fumarole (20 m x 20 m)	Kaolinite (Cristobalite)	Quaternary dacitic pyroclastics	Faults of WNW-ESE trend
El Humazo	(2) travertine	The neighborhood of the fumarole (accompanying float of white altered rock)	Kaolinite (Montmorillonite)	Quaternary andesite	Boundary of Chacay Melehue formation and young dacite
	(3) argillization	same as above (smaller than 200 m x 50 m)	Kaolinite (Montmorillonite)	Quaternary dacite	
	(1) green argillization	Thickness: more than 50 m accompanying greenly argillized boulder	(Potash feldspar)	Chacay Melehue F.	
Las Olletas	travertine	500 m x 200 m	-	Granodiorite	Boundary of granodiorite and young andesite
	decolorization	neighborhood of travertine	(cristobalite)		
Aguas Calientes	travertine	The neighborhood of hot springs along \bar{A} Agua Calientes	-	Quaternary andesite Scoria tuff	Joints in scoria tuff
Baños del Aguas Calientes	travertine	Along \bar{A} Banos del Agua Caliente (smaller than 30 m x 30 m)	-	Quaternary andesite	Joints in scoria tuff
	(3) argillization	Along \bar{A} Covunco (smaller than 200 m x 100 m)			
Los Tachos	(2) argillization	same as above	Cristobalite caolinite Montmorillonite	Quaternary dacite	Faults of E-W trend
	(1) (partly argillized)	same as above		Dacitic Pyroclastics	
				Quaternary dacite	

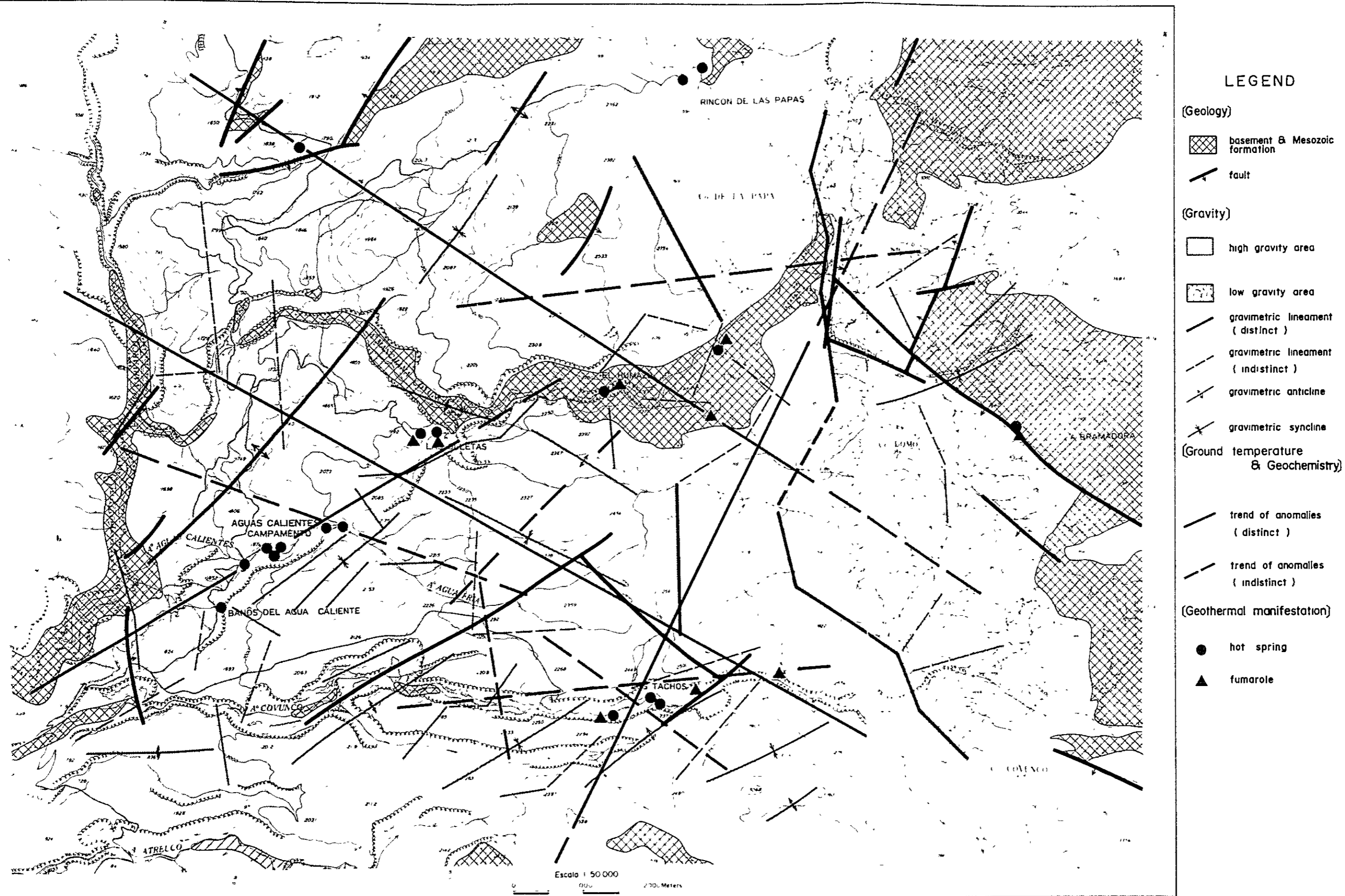


Fig.2-9 Synthetic interpretation map of geologic structure

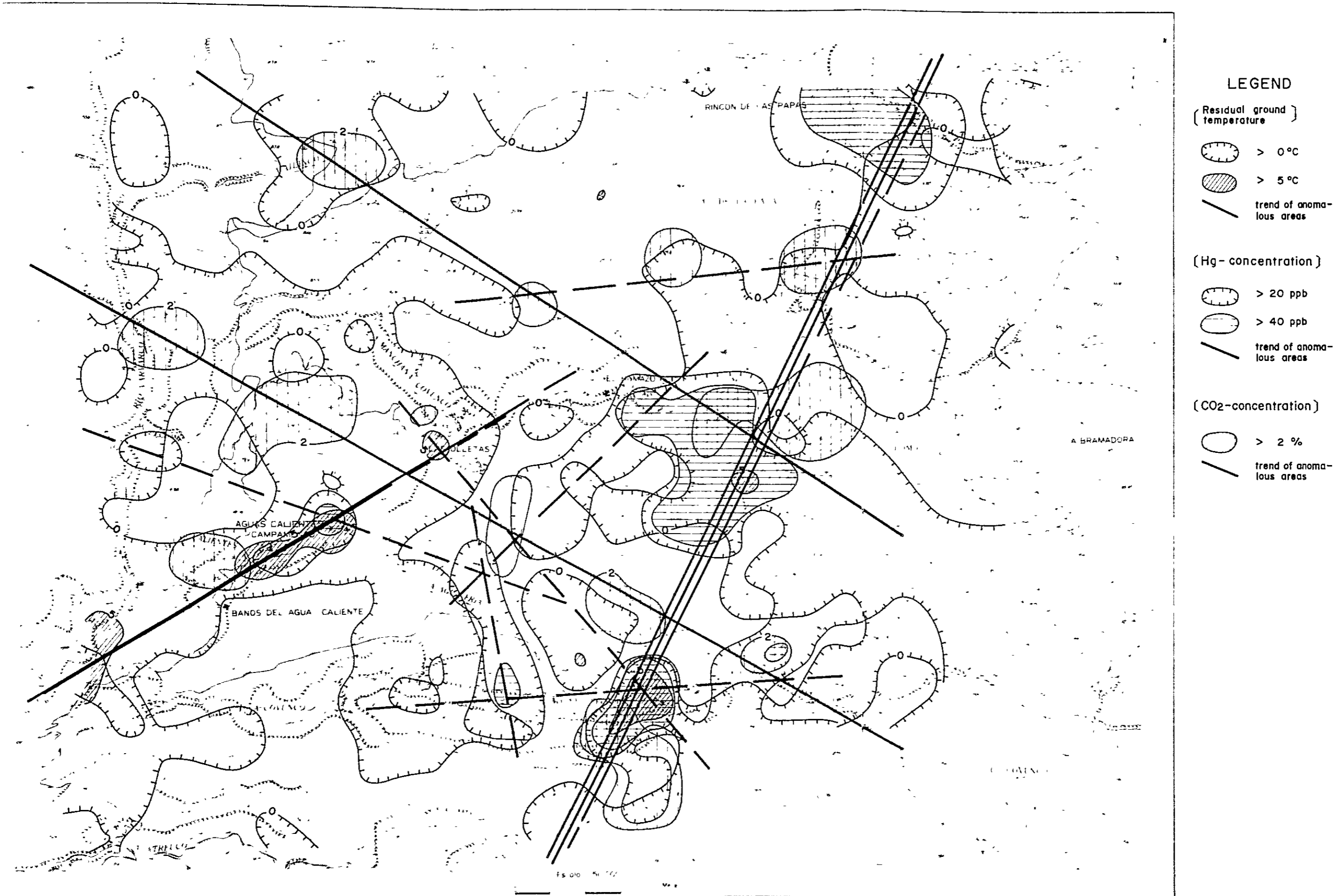


Fig.2-10 Composite map of anomalous areas of ground temperature and Hg - CO₂ geochemistry

2・4 地熱流体構造

2・4・1 地熱流体循環構造

(1) 温泉・噴気

調査地域の温泉・噴気の特性及び地化学温度から、

- ① 中央東部の La Bramadora : Ca^{++} と SO^{--} に富み $\text{SO}^{--}/\text{Cl}^- > 1$ の火山性ガス起源の噴気を主とする蒸気中越型の硫酸塩泉で、噴気ガスの成分から定性的にみて温度が高い。
- ② 中央部の El Humazo 及び Los Tachos の大部分 : Na^+ と Cl^- に富み相対的に K^+ が多く Ca^{++} が少ない噴気を伴う熱水蒸気混合型の食塩泉 (a) で、その地化学温度は $214^\circ\text{C} \sim 223^\circ\text{C}$ である。
- ③ 中央西部の Los Tachos 西端部, Las Olletas, Arrogo Aguas Calientes 及び Baños del Agua Caliente : Na^+ と Cl^- に富み相対的に K^+ が少なく Ca^{++} が多い噴気を殆んど伴わない熱水中越型の食塩泉 (b) で、地化学温度は $166^\circ\text{C} \sim 188^\circ\text{C}$ を示す。
- ④ Aguas Calientes の AC-2 : ③ と同源の温泉が多量の地下水に希釈された単純泉である。
- ⑤ 北東部の Rincon de Las Papas 及び北西部の Arrogo Ailenco : Ca^{++} と HCO_3^- に富み噴気を伴わない熱水中越型の重碳酸土類泉で、地化学温度は $135^\circ \sim 174^\circ\text{C}$ で低い。

に分類される (Table 2-3, 2-4 Fig 2-11・2-12 参照)。

(2) 熱構造と地熱流体構造の関係

変質帯の分業及び 1 m 深地温異常・Hg 濃度及び CO_2 濃度の地化学異常からみた調査地域の熱構造と、地熱現象の露頭である温泉・噴気に分帯からみた調査地域の熱構造・地熱流体構造とは、二次元的に三位一体の関係を有していることが明確となった。すなわち、調査地域東部の La Bramadora 周辺地域の地下深部に存在が推定されるマグマ溜りを中心として、西方及び上方に向けて熱及び地熱流体の供給が次第に減少するため、E-W 方向の軸を有し西方に傾く半ドーム状構造がその特徴となっている (Fig 2-13 参照)。

(3) 深部熱水の形成と地熱流体溜り

温泉水の起源となる深部熱水は、長い時間をかけて地下深部に浸透した深部地下水は、熱源からの熱伝導及び水蒸気やガスによる熱運搬による熱で熱せられ、周囲の岩石と反応して溶存イオン量を増して形成される。このような深部熱水は火山性ガス

や水蒸気を伴って、地下2～3 km付近に温度200°～300°Cの地熱流体溜りを形成しているものと考えられる。

(4) 熱水・温泉水の循環機構

地下深部の地熱流体溜りにまで達している断裂系を通路として、深部熱水・ガス・水蒸気からなる地熱流体が上昇し、地下浅所の地下水帯水層に至ると種々の割合で浅部地下水と混合して温度100～200°Cの浅部貯留層を形成する。浅部地下水の混入率が低く、高温の地熱流体の量が相対的に多い場合には、火山性ガスを含む噴気を主とした蒸気卓越系となり、浅部地下水の混入率が增大するに従って、熱水蒸気混合系から噴気を伴わない熱水卓越系に移化する。浅部貯留層における第2次地熱流体は、さらに上昇して地表近くで天水や河川水起源の不圧地下水と混合して、温度の低下とガス・水蒸気を伴う温泉として地表に達する。

(5) 地熱構造モデル

以上のような熱源からの熱の供給、深部地熱流体の形成とその上昇、浅部地下水との混合による浅部地熱流体の形成とその上昇、温度・噴気の型分類とその地表における地熱露頭などについてモデル化した図を示す（Fig 2-14, 2-15 参照）。

2・4・2 貯留層構造

(1) 地熱流体溜りの構造

地下2～3 kmに存在すると考えられる地熱流体溜りは、平面的にある拡がりをもつと形態を想定することは困難で、基盤岩類などの中に発達する断裂系やその交叉部に沿った、板状ないしパイプ状をなす垂直的な拡がりをもつ構造が推定される。

(2) 地質層序からみた貯留層

調査地域の地質層序的にみた浅部貯留層の構造は、第四紀の新期火山砕屑岩類及び第三紀あるいは中生層上部の火山砕屑岩類が、上下を不透水性の岩などに挟まれて、平面的にもある拡がりをもつ貯留層を形成していると考えられる。

(3) 断裂系に伴う貯留層

地表における優勢な地熱徴候は、断層や重力リニアメント及び地温・地化学異常から推定される構造規制を受けており、しかも2～3方向の断裂系の交叉部やその近傍に分布している。

このような事実は、断裂系に沿う板状、パイプ状あるいはポケット状の縦長の形態を呈する貯留層構造の存在を裏づけており、これらと前記の地質層序的に平面的にある拡がりをもつ地層中の貯留層が合致した所は、浅部貯留層形成に最適な場となる。

Table 2 - 3 Chemical concentrations of hot water and condensed water

No.	Sample No.	T °C	pH	Li mg/l	K mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Al mg/l	F mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HASO ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	HBO ₂ mg/l	B mg/l	NH ₃ mg/l	Hg mg/l	Conduc- tivity µS
1	RP-1	46.0	6.9	4.1	72	715	17.2	102	<0.1	<0.1	0.2	2	970	115	2.3	740	115	18.8	4.6	0.67	-	4030
2	RP-2	40.2	7.0	10.6	104	1570	50.7	209	<0.1	<0.1	0.3	2	2900	76	0.9	780	123	37.6	9.3	1.25	-	8380
3	RP-3	23.0	6.6	3.9	37	1560	48.0	70.8	<0.1	<0.1	0.1	2	1775	39	1.4	1300	68	45.6	11.2	0.59	-	6670
4	LO-1	94.5	8.0	9.0	53	973	1.1	43.2	<0.1	<0.1	0.1	3	1500	154	2.5	110	200	32.7	8.1	0.61	-	4990
5	LO-2	93.5	7.6	9.7	72	1050	1.1	47.4	<0.1	<0.1	0.1	4	1700	176	3.1	110	197	36.4	9.0	0.42	-	5540
6	EH-1	97.5	7.2	12.1	152	1330	0.2	34.6	<0.1	<0.1	0.1	4	2000	230	3.2	100	240	45.4	11.2	0.52	-	6810
7	EH-2	-	8.2	9.8	127	1130	0.7	36.8	<0.1	<0.1	0.1	4	1775	245	2.6	90	202	39.8	9.8	0.46	-	5590
8	AC-1	79.0	7.4	7.3	51	1090	0.9	34.4	<0.1	<0.1	0.1	3	1265	128	2.2	80	194	27.7	6.8	0.35	-	4150
9	AC-2	62.2	6.9	2.5	22	280	1.5	14.8	<0.1	<0.1	<0.1	1	450	18	0.8	120	162	8.1	2.0	0.15	-	1540
10	AC-3	60.5	8.0	5.6	41	679	1.4	26.0	<0.1	<0.1	<0.1	2	1012	100	1.4	90	172	19.8	4.9	0.21	-	3300
11	AC-4	67.7	6.4	6.3	44	715	2.0	48.6	<0.1	<0.1	0.1	2	1175	118	1.7	140	166	22.4	5.5	0.18	-	3880
12	AC-5	61.0	6.5	6.1	49	729	2.3	58.0	<0.1	<0.1	0.1	2	1200	118	1.8	180	147	22.2	5.5	0.12	-	3910
13	AC-6	66.1	7.1	5.3	46	580	2.0	25.0	<0.1	<0.1	<0.1	1	780	78	1.4	90	192	19.0	4.7	0.28	-	3210
14	AC-7	47.0	7.0	4.5	41	554	2.7	21.6	<0.1	<0.1	<0.1	1	825	88	1.2	100	181	15.9	3.9	0.36	-	3790
15	LT-11	93.8	7.4	10.2	88	1240	1.5	55.6	0.4	<0.1	0.1	4	1900	196	2.6	110	198	36.8	9.1	0.55	-	6090
16	LT-12	64.9	6.4	4.1	55	465	0.3	12.5	0.4	<0.1	<0.1	2	760	78	1.6	60	162	14.2	3.5	0.18	-	2500
17	LT-13	58.4	6.2	4.9	68	537	0.3	14.7	0.4	<0.1	<0.1	2	920	94	2.0	80	164	16.9	4.2	0.19	-	2940
18	LB-1	32.7	6.6	<0.1	1.6	15	3.6	491	0.4	<0.1	<0.1	<1	3	1040	<0.2	180	24.8	<0.1	<0.1	0.25	-	1800
19	CLO-1	-	7.23	0.3	2.3	38	<0.1	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<1	82	6	2.7	20	2.7	0.8	0.2	3.35	0.009	218
20	CLO-2	-	6.97	<0.1	0.3	0.8	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	1	<1	<0.005	20	<0.1	0.032	<0.1	3.36	<0.005	23.4
21	CER-1	-	6.59	<0.1	0.3	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	2	1	<0.005	20	<0.1	0.008	<0.1	3.43	<0.005	27.5

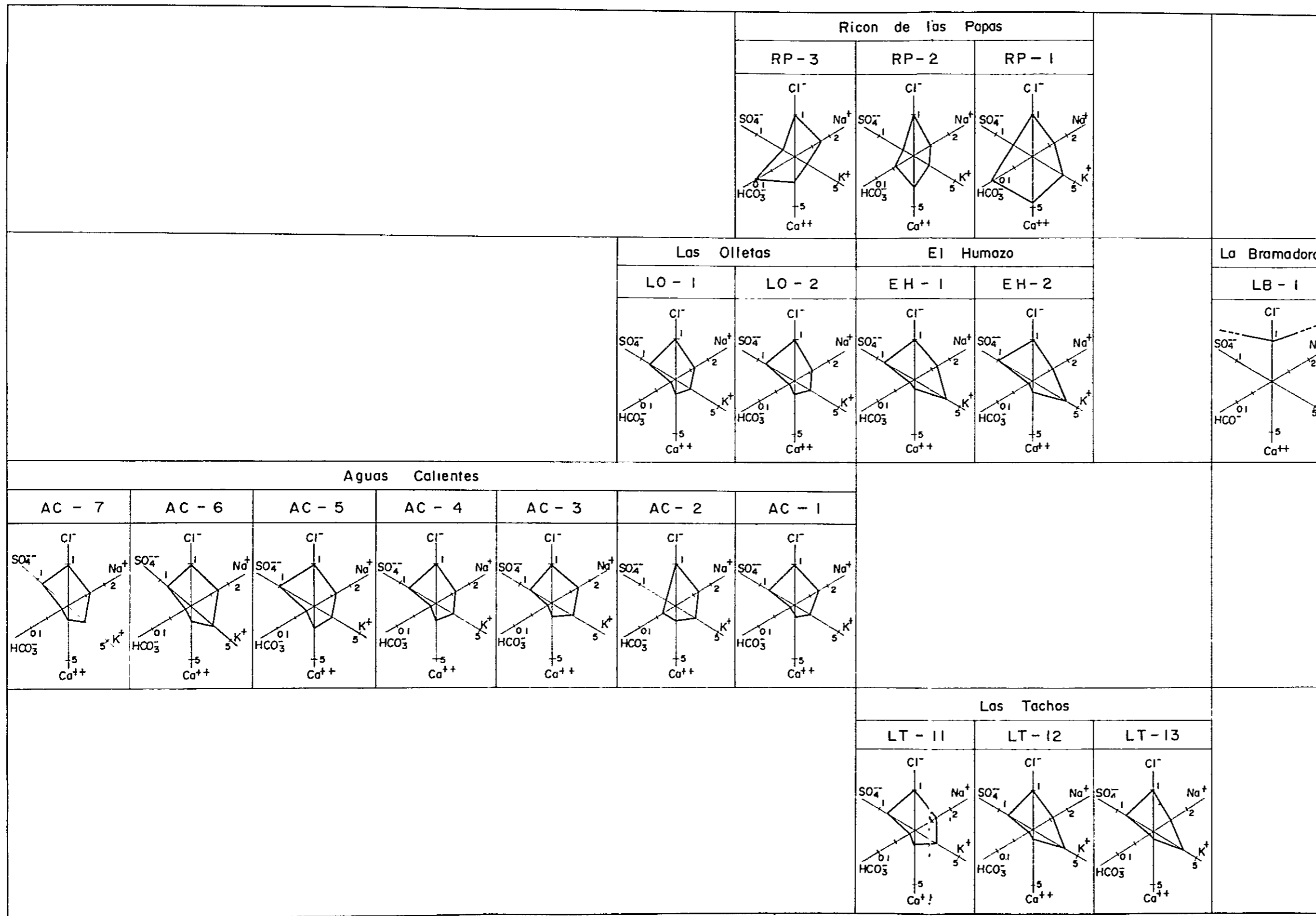
Table 2 - 3 Chemical concentrations of hot water and condensed water (Cont'd)

No.	Sample No.	T °C	pH	Li mg/l	K mg/l	Na mg/l	Mg mg/l	Ca mg/l	Mn mg/l	Fe mg/l	Al mg/l	F mg/l	Cl mg/l	SO ₄ mg/l	HASO ₂ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l	HBO ₂ mg/l	B mg/l	NH ₃ mg/l	Hg mg/l	Conduc-tivity μ V
22	CEH-2	-	7.19	<0.1	0.2	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	<1	<1	<0.005	20	<0.1	0.016	<0.1	3.88	<0.005	24.9
23	CEH-3	-	7.16	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	<1	1	<0.005	20	<0.1	0.016	<0.1	3.88	<0.005	28.5
24	CLT-1	-	6.60	<0.1	0.6	5.0	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	8	1	<0.005	20	<0.1	0.070	<0.1	3.52	<0.005	53.8
25	CLT-2	-	6.30	<0.1	0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	<1	<1	<0.005	10	<0.1	0.016	<0.1	2.10	<0.005	15.7
26	CLT-3	-	6.85	<0.1	0.3	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	<1	1	<0.005	20	<0.1	0.020	<0.1	3.85	<0.005	27.3
27	CLB-1	-	7.14	<0.1	0.3	0.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<1	<1	1	<0.005	30	<0.1	<0.005	<0.1	10.0	<0.005	64.6

No. 1 ~ 18: Hot water, No. 19 ~ 27: Condensed water

Table 2 -- 4 Results of gas analysis

No.	Sample No.	Temp. (°C)	H ₂ O (%)	Non condensable gas											
				H ₂	CH ₄	CO ₂	CO	H ₂ S	SO ₂	O ₂	N ₂	NO ₂	Total		
1	GLO-1	94.5	-	-	-	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	6.0	18.6	0.0	96.6
2	GLO-2	93.5	96.0	-	-	54.46	0.7	0.0	0.0	0.0	0.00	9.72	35.8	0.0	100.68
3	GLT-1	93.8	99.9	0.03	-	83.0	0.0	0.0	0.0	0.00	3.0	9.54	0.0	0.0	95.54
4	GLT-2	92.9	99.8	-	-	89.0	0.0	0.0	0.0	0.00	2.5	-	0.0	0.0	91.5
5	GLT-3	92.8	99.9	0.02	-	91.0	0.0	0.0	0.0	0.08	1.8	6.53	0.0	0.0	99.41
6	GEH-1	92.5	99.9	-	-	95.0	0.0	0.0	0.0	0.12	1.5	3.30	0.0	0.0	99.92
7	GEH-2	88.2	99.7	-	-	15.0	0.4	0.0	0.0	0.00	16.2	50.84	0.0	0.0	82.44
8	GEH-3	92.5	99.9	0.02	0.25	92.0	0.0	0.0	0.0	0.14	2.0	11.43	0.0	0.0	105.57
9	GLB-1	101.8	99.7	0.02	0.27	73.7	0.0	0.0	0.15	0.22	5.1	19.11	0.0	0.0	98.57



3 END
 Isochemical (detected)
 Isothermo- gas (gas)
 Temperature (H2, CH4)
 unknown (H2S, SO2)
 > 200°C (▲) (SO2)
 < 200°C
 < 200°C
 < 200°C
 1 classification of hot spring
 1 composition
 existence of fumarole

Fig.2-11 Comparative diagrams of ion - concentration index between sea water and hot water

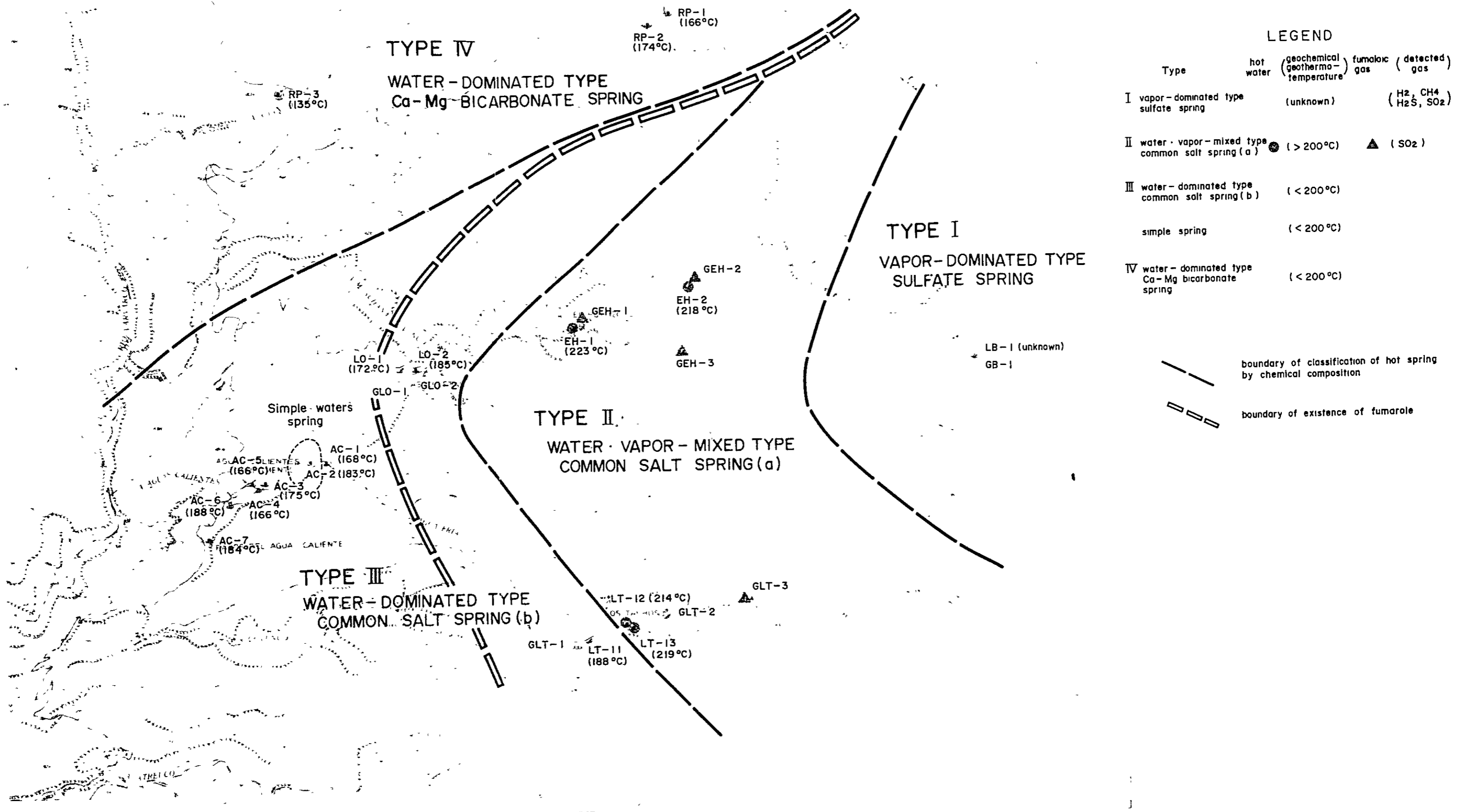


Fig.2-12 Composite map of zoning of hot spring - fumarole and geochemical geothermo-temperature

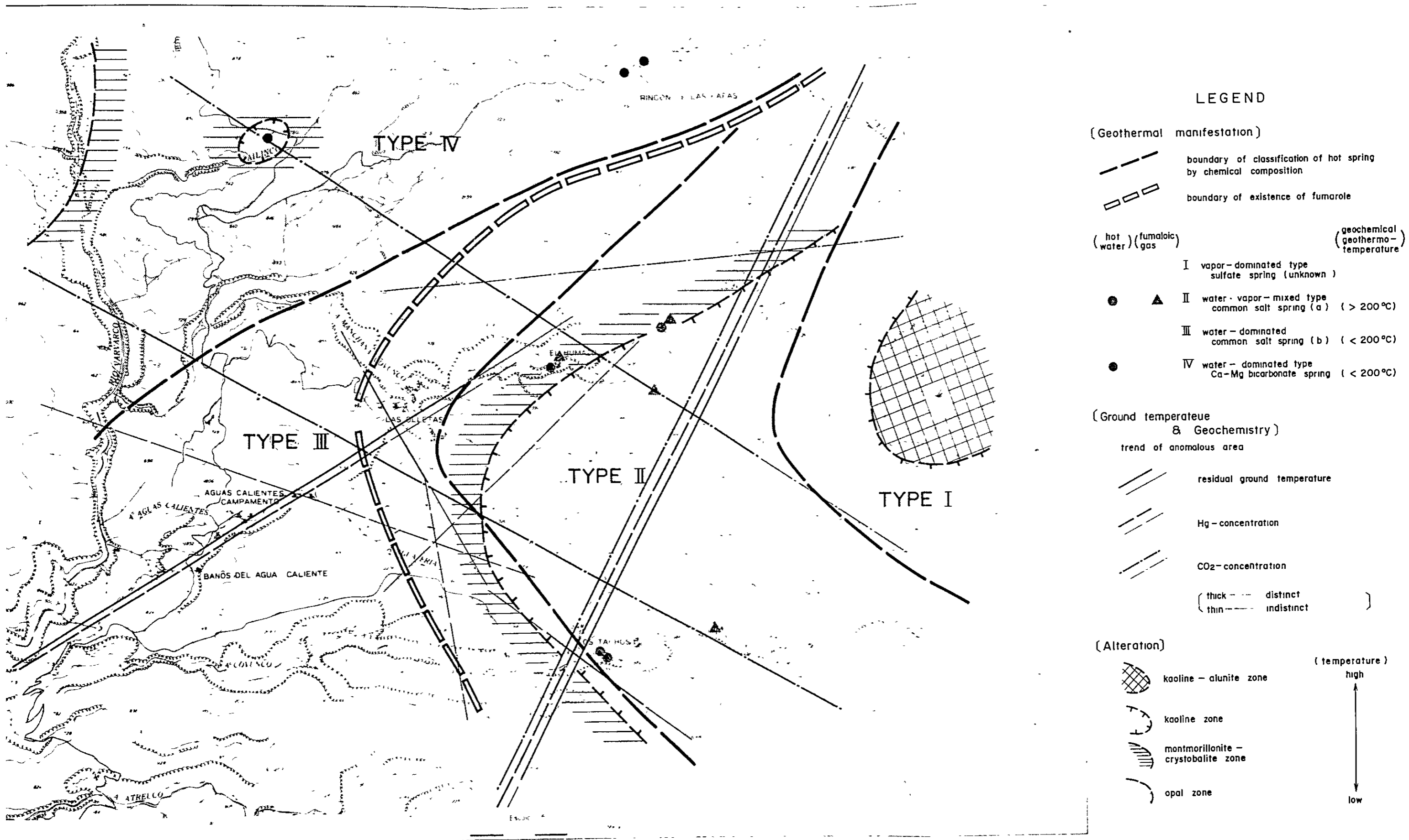


Fig.2- 13 Synthetic interpretation map of heat flow structure

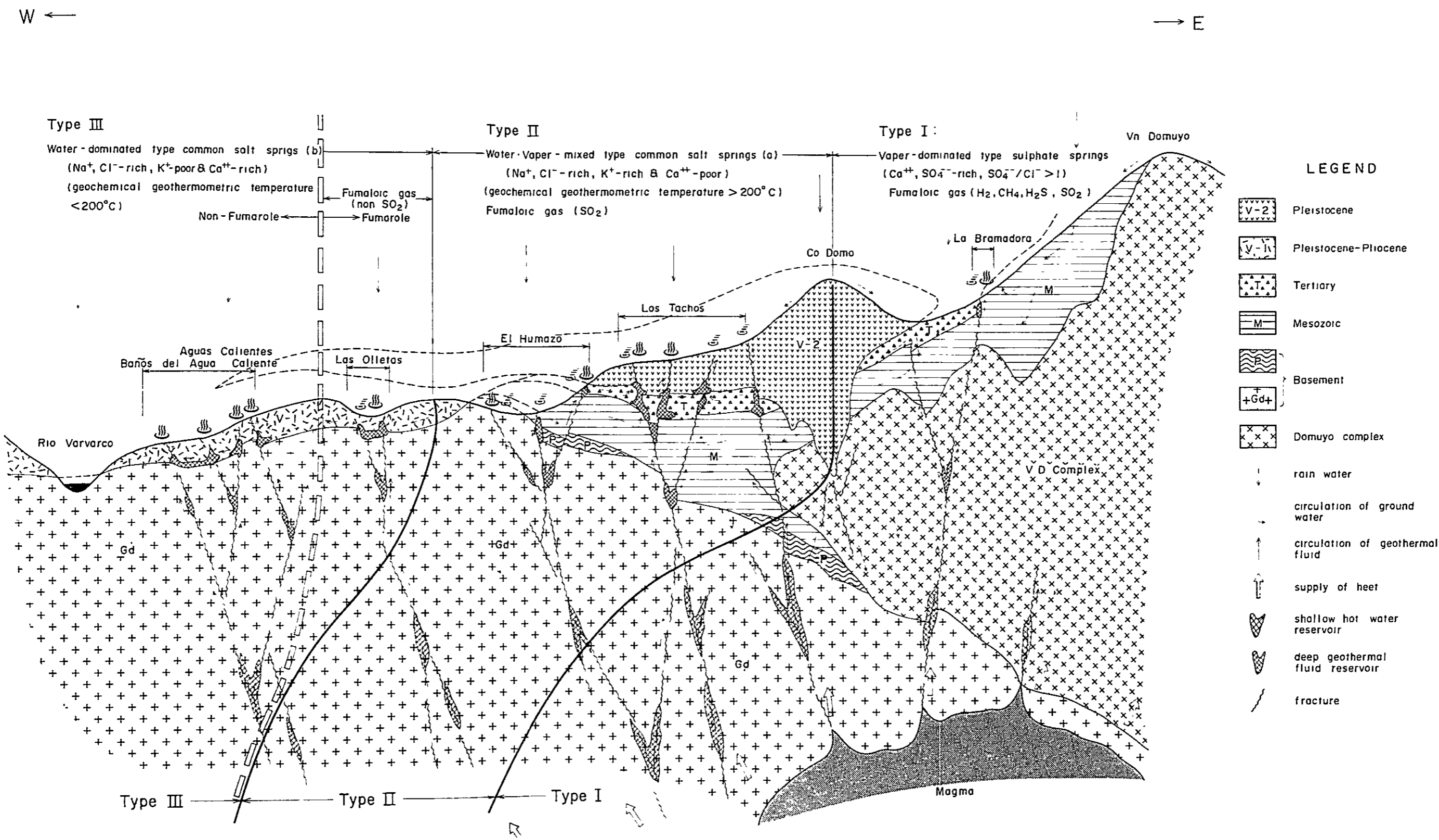


Fig.2-14 Model of circulation mechanism of geothermal fluid and geothermal reservoir structure (1)

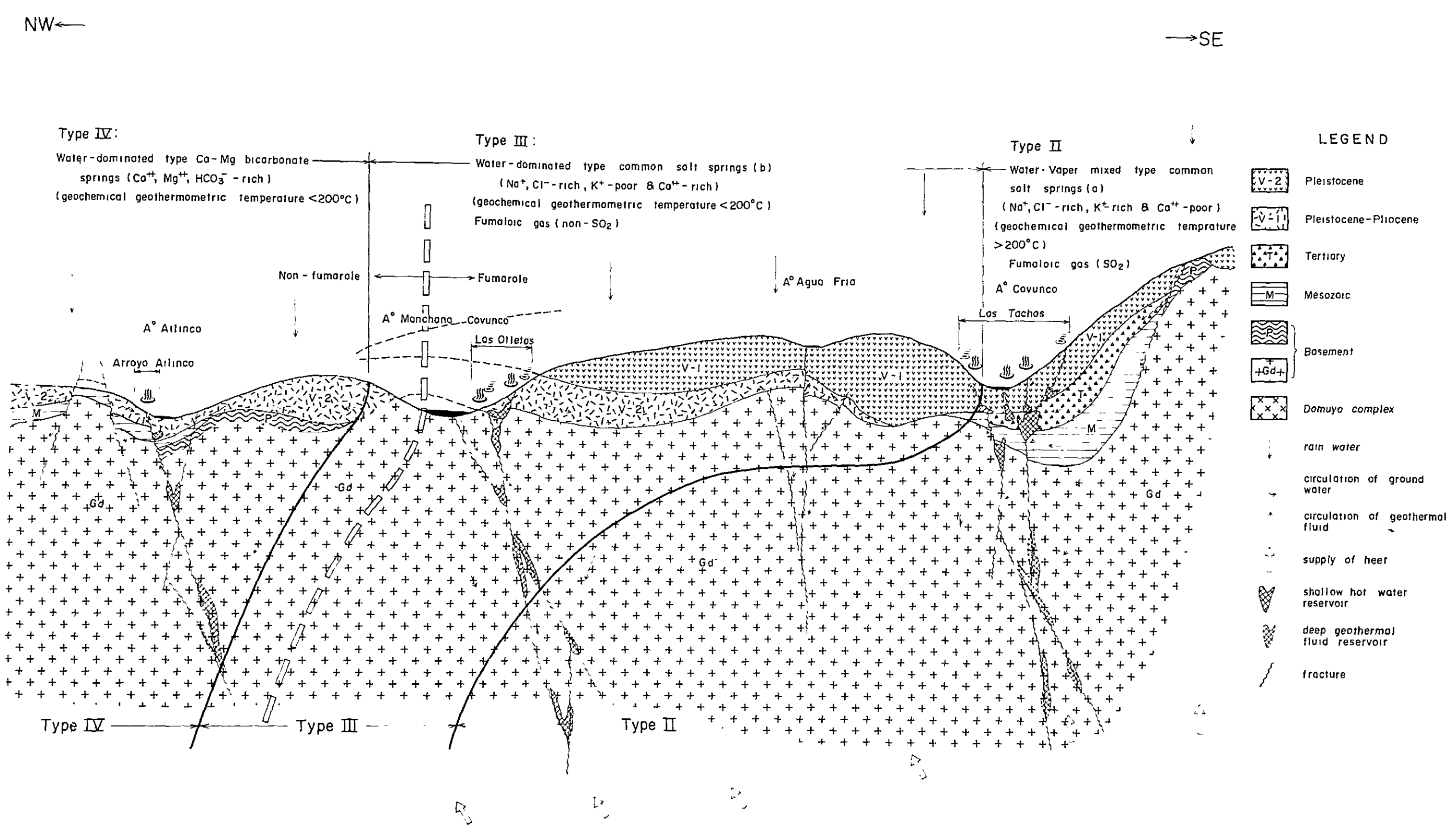


Fig.2-15 Model of circulation mechanism of geothermal fluid and geothermal reservoir structure (2)

3. 地熱開発に関する総括

3. 地熱開発に関する総括

3・1 地熱開発の可能性と重点目標地域

(1) 地熱資源のポテンシャル

第1次及び第2次調査結果による地質と地質構造、熱構造、地熱流体循環構造及び貯留層構造を総合判断すると、本地域における地熱資源賦存のポテンシャルが高く、その開発の可能性が大きいので第3次調査の実施の必要があると結論される。

(2) 重点目標地域

その最有望地域として、東部の La Bramadora から西方へ El Humazo を経て Las Olletas に至る東西約9kmと、El Humazo 及び Los Tachos を含む南北約5kmの40km²余りの範囲が挙げられる。この範囲は、E-W方向の軸を有し西方へ傾むく半トラーム構造を呈する熱構造及び地熱流体構造の中核部をなすものであり、東部の La Bramadora の蒸気卓越型の硫酸塩泉の分布域、El Humazo と Los Tachos の大部分を含む熱水蒸気混合型の食塩泉(a)の分布域、及び熱水卓越型の食塩泉(b)のうち、Los Tachos の西端部及び Las Olletas のように噴気を伴う温泉群の分布域を包含する。

(3) 地熱開発の可能性

上記の第3次調査対象地域のうち、El Humazo 及び Los Tachos の中心部を結ぶ線より東側は、高温で形成された温泉の湧出と優勢な噴気からなる地熱活動度の最も高い地域である。従って地熱開発に不可欠な高温の地熱流体の賦存が最も期待しうると判断される。

3・2 今後の地熱開発の課題と第3次調査の方策

3・2・1 第3次調査の課題

第1次及び第2次調査の結果、地熱開発調査の対象地域として、第2次調査地域の中央部40km²余りの範囲が抽出、選定された。この範囲を対象として、今後解明しなければならない課題を列記すると次のようになる。

(1) 基盤構造の精査

El Humazo と Los Tachos の中心部を結ぶ線より西側は、基盤が浅いが、これより東側は重力傾度が急激に大きくなる重力遷移帯に移化する。この重力基盤の構造変化が現わすN-S方向の重力リアメントと、記述の旺盛な噴気を伴うA級の地熱活動帯の境界がほぼ一致することは、重要な意味をもっていると判断される。従って、第3次調査ではこの重力遷移帯を含む範囲の基盤構造の解明のための精査が必須である。

(2) 断裂系の精査

地熱構造を支配する最大の構造的要素は、地下深部に発達する断裂系である。調査地域における断裂系の概要については諸調査の結果から把握されているが、新期火山岩類の下部における基盤あるいは中生層中に潜在する断裂系の詳細については未だ不明な点が多い。従って第3次調査での断裂系の精査が重要なポイントとなる。

(3) 地下深部における変質帯及び低比抵抗帯の調査第2次調査における地表における熱水変質帯及び温泉沈澱物の解析は、地域的分帯や熱構造と地熱流体構造の解明に寄与したが、地下深部における熱や地熱流体に関する情報を得るに至っていない。新期火山岩類の下部に潜在が予想される変質帯の把握を含めて、地下深部における地熱現象に関連した変質帯及び低比抵抗帯の調査を実施する必要がある。

(4) 熱流量調査

第2次調査の1m深地温調査では、調査地域における地温分布の概かな傾向を把握したに留まっている。熱流量測定孔掘削による熱流量調査は、最も直接的に熱構造を調査する手段として用いられている。第3次調査では最有望地域を中心としその周辺地域を含めた熱流量調査の実施すべきと考える。

(5) 調査孔の掘削

100～400m深度の調査孔を掘削することによって、地質層序の確認、各種コア試験（岩質、変質、密度、有効空隙率、帯磁率、電気比抵抗、弾性波速度及び熱伝導率など）孔内検層（電気検層及び温度検層）を実施し、種々の地下からの情報を得て次の段階への基礎資料とする。

(6) 総合解析

以上の第3次調査結果と、これまでの諸調査結果を総合解析して、調査地域の地熱資源ポテンシャルの総合評価を行なう。

3・2・2 第3次調査方法

前項で述べた今後の課題を具体的に解明する方策として、下記のような調査方法が提言される。

(1) 反射法地震探査

今後の課題として明記した基盤構造の精査と断裂系の精査のために、反射法地震探査が有効であり、前述の約40km²の第3次調査対象地域の中央部にE-W方向の基幹測線と、これに交叉する数本の測線を基けて実施することが望ましい。

(2) シュランベルジャー法電気探査

地下深部における変質帯及び低比抵抗帯の情報を得る方法としてシュランベルジャー

法による電気探査が有効である。

地下1,000m付近まで対象として $\frac{AB}{2}$ 最大2,000mとし測定は反射法地震探査測線を利用することによって、両者を対比検討することが可能である。

(3) 100m深測温孔による熱流量調査

約40km²の第3次調査対象地域内及びその周辺地域で、100m深測温孔10孔程度を掘削して、熱流量分布調査から熱構造を把握する方法が有効と考えられる。

(4) 400m級の調査孔の掘削

第2次調査の結果に基づくと、400m級の調査孔の掘削の第1候補地として、Los Tachosの東半部の北方で、断層、重力リニアメント及び地磁・地化学異常から推定される断裂系など、数種、数方向の断裂系の父父部が挙げられる。

(5) 第3次調査計画案

以上の(1)～(4)に述べた第3次現地調査計画案について、現地の地形その他実地上の観点から詳細検討するべきものとするか、その原案はFig 3-1に図示したとおりである。

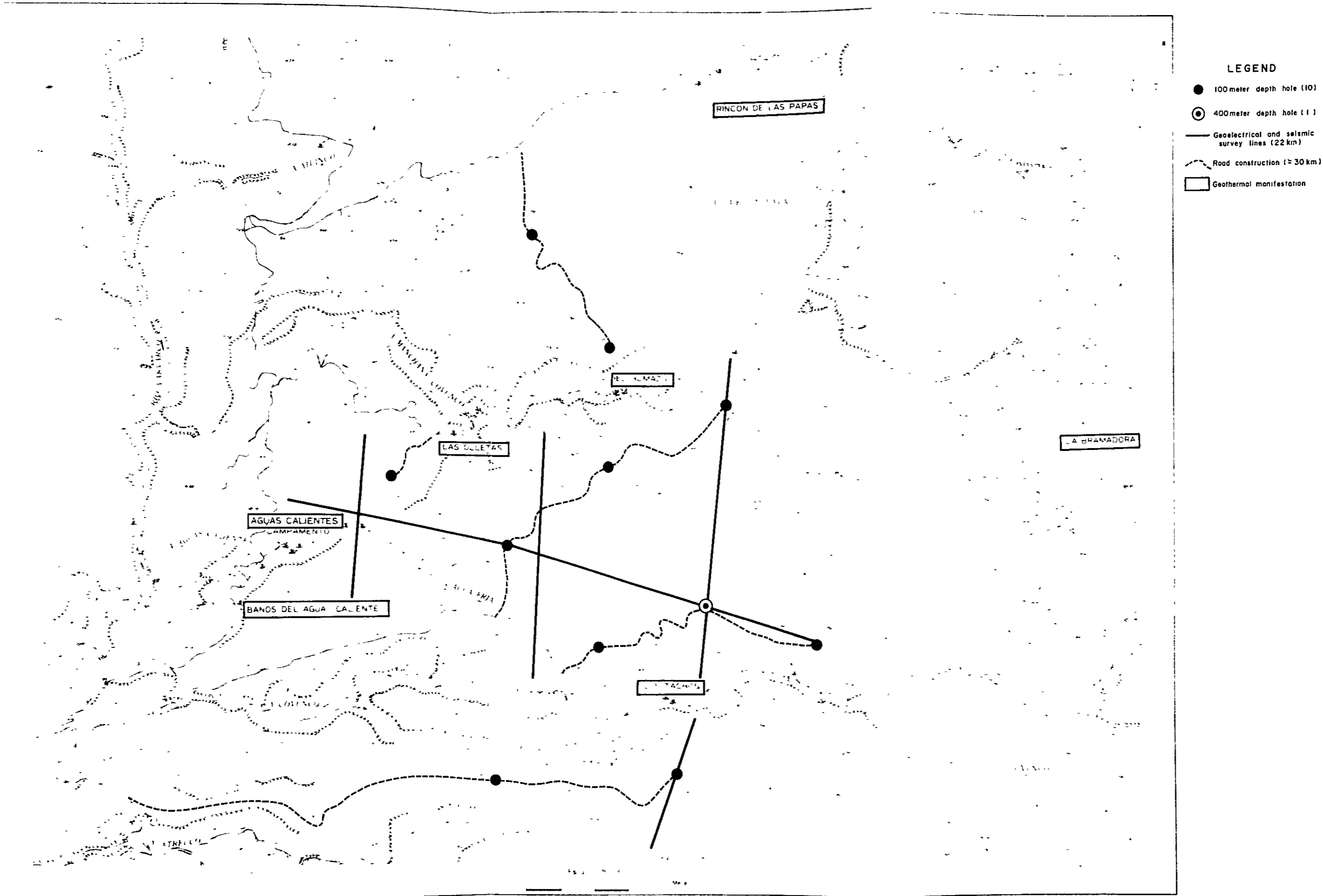


Fig.3-1 Proposed working plan of the third phase survey

JICA