

明神宗皇帝御製

皇明神宗皇帝御製

卷之三

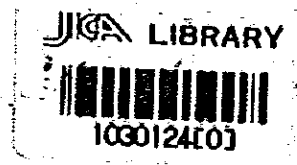
皇明神宗皇帝御製

116
12

116
12

チリ共和国リオブランコ北部地域

資源開発協力基礎調査報告書



昭和 57 年 2 月

金属鉱業事業団
国際協力事業団

國際協業團	
受入 月日	838.22 A 70441
登録 No.	13477 MPNA

は し が き

№ 67
R
日本国政府は、チリ共和国政府の要請に応え、同国の中央に位置するリオブランコ北部地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質調査等の鉱床探査に関する諸調査を実施することとし、その実施を国際協力事業団に委託した。国際協力事業団は本調査の内容が地質および鉱物資源の調査という専門分野に属することから、この調査の実施を金属鉱業事業団に委託することとした。金属鉱業事業団は昭和56年9月14日から昭和57年2月10日まで国内解析を実施した。本報告書はこの調査結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力いただいたチリ共和国政府関係機関ならびに外務省、通商産業省、在チリ日本大使館及び関係各社の方々に衷心より感謝の意を表わすものである。

昭和57年2月

国際協力事業団

総 裁 有 田 圭 輔

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

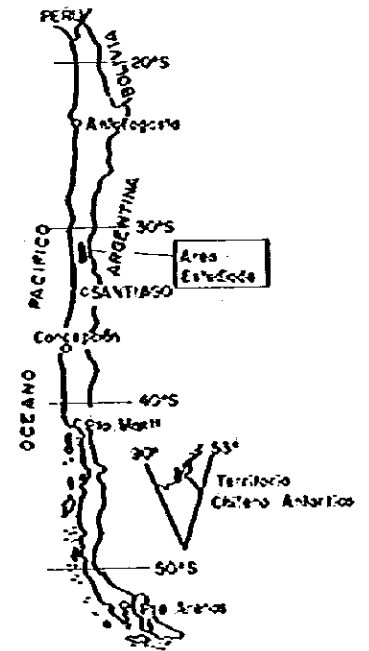
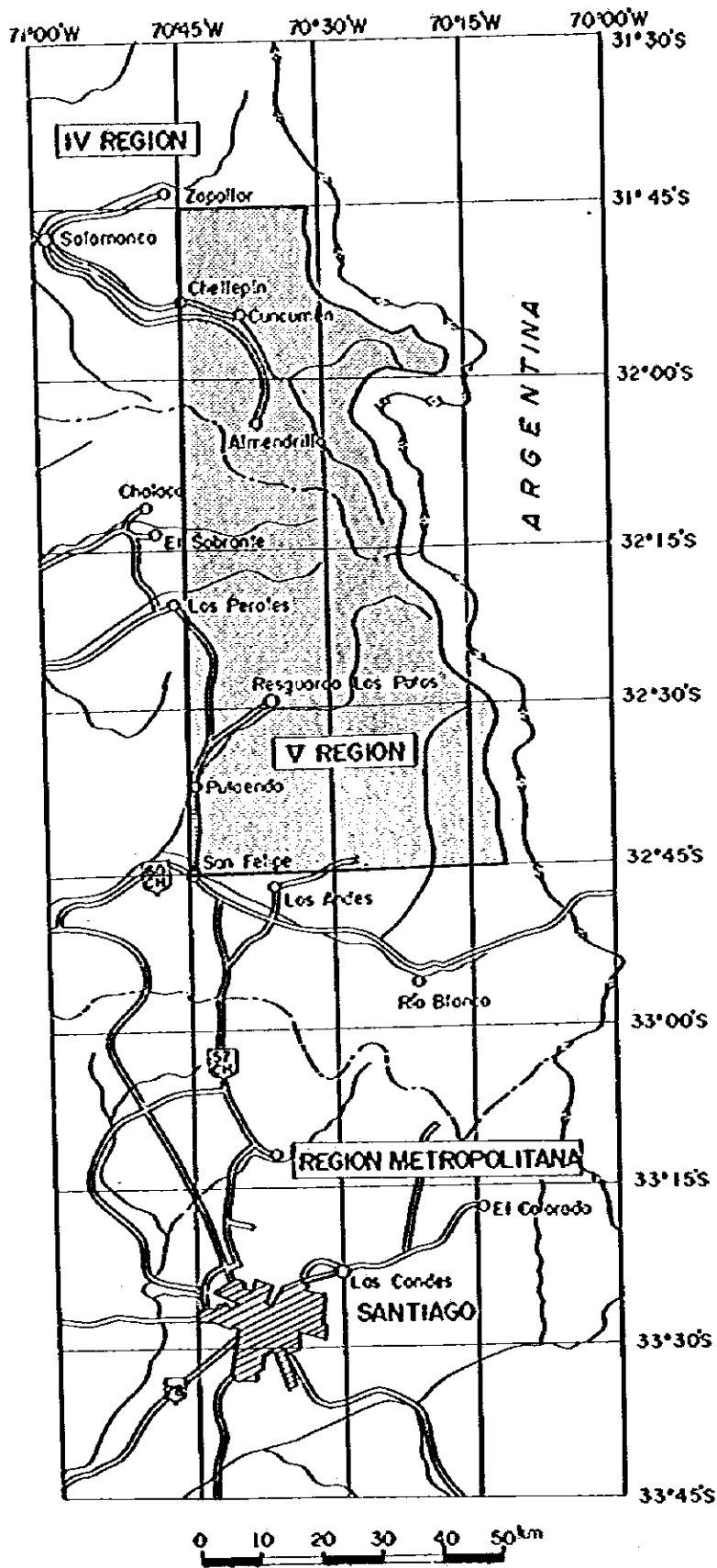


Fig.1 Mopo de Ubicación

目 次

はしがき	i
調査位置図	ii
序 論	
第 1 章 序 説	1
1-1 調査目的	1
1-2 調査区域	1
1-3 調査期間	2
1-4 調査員	2
1-5 従来の調査	2
1-6 調査地域の地質鉱床概要	3
第 2 章 調査地域の地理	8
2-1 地 形	8
2-2 気候および植生	8
2-3 交 通	8
2-4 集落および産業	9
Landsat データ解析	
第 1 章 概 説	10
第 2 章 使用データおよび解析方法	11
2-1 使用原データ	11
2-2 アナログおよびデジタル処理データ	11
2-3 解析方法	17
第 3 章 解析結果	20
3-1 概 要	20
3-2 地質単元	20
3-3 地質構造	25
空中写真地質解析	
第 1 章 概 説	27

第 2 章	使用データおよび解析方法	28
2-1	使用空中写真	28
2-2	解析方法	28
2-3	解析データのコンパイル	28
第 3 章	解析結果	31
3-1	概 要	31
3-2	地質単元	31
3-3	地質構造	46
3-4	検 討	49
結論および将来への展望		
第 1 章	結 論	52
1-1	Landsat データ解析	52
1-2	空中写真地質解析	52
第 2 章	将来への展望	54
2-1	Landsat データ解析	54
2-2	空中写真地質解析	54
参 考 文 献		56

Lista de Tablas (en Texto)

- Tabla 1** Datos de "Landsat"
- Tabla 2** Cuadro de Características de Análisis de Imágenes "Landsat"
- Tabla 3** Fotografías Aéreas Usadas
- Tabla 4** Cuadro de Características de Interpretaciones Fotogeológicas
- Tabla 5** Lista de Zonas Alteradas del Area Estudiada

Lista de Figuras (en Texto)

- Fig. 1** Mapa de Ubicación
- Fig. 2** Mapa Geológico de la Hoja "Los Andes"
- Fig. 3** Flujo Esquemático de Procedimiento del Análisis "Landsat"
- Fig. 4** Columna Geológica Generalizada del Area Estudiada
- Fig. 5** Mapa de Interpretación con Imágenes "Landsat"
- Fig. 6** Índice de Fotografías Aéreas
- Fig. 7** Columna Fotogeológica Generalizada del Area Estudiada
- Fig. 8** Mapa Fotogeológico en el Area Norte de "Río Blanco"
- Fig. 9** Plano Tectónico y Ubicación de Zonas Alteradas en el Area Norte de "Río Blanco"

Lista de Fotografías (en Texto)

- Foto 1** Imágenes "Landsat" en Blanco y Negro (Banda 7)
- Foto 2** Imágenes "Landsat" Compositivas en Colores Complementarias (Imágen del Tipo Infrarojo)
- Foto 3** Imágen en Colores que se ha dado Énfasis al Borde para la Extracción de Lineamientos

Lista de Planos (fuera de Texto)

- PL. 1** Mapa Fotogeológico en el Area Norte de "Río Blanco" (escala 1:100.000)
- PL. 2** Plano Tectónico y Ubicación de Zonas Alteradas en el Area Norte de "Río Blanco" (escala 1:100.000)

序

論

第1章 序 説

1-1 調査目的

当該地域はアンデス造山帯のポーフィリー・カッパー・ベルト (Ruiz Fuller C. et al., 1965) 内にあって、かつこの付近には Los Pelambres (ロス・ペランブレス) や Río Blanco (リオ・ブランコ) 等の大規模ポーフィリー・カッパー型鉱床や有望鉱化帯 (Instituto de Investigaciones Geológicas, 1981) が密集しており、従来から鉱物資源賦存の可能性が高い地域として注目されている。

本地域におけるチリ地質調査所 (Instituto de Investigaciones Geológicas, 以下 IIG と呼称する) による広域地質調査 (IIG, 1981) は精度が 1/250,000 であるため、現地における確認部分が粗であり、したがって、岩層や変質帯の分布状態に不確定要素が多く、また重要変質帯や裂かの見落しも十分予想される。

以上の点をより明確にして、当該地域の鉱物資源賦存の可能性を検討するために、今般、写真地質調査 (Landsat データ解析を含む) を実施した。なお本調査の現地チェックはなされないが、当該地域の場合のように全面露出に近い条件下では地質情報が立体的にとらえられるので、岩層や変質帯、あるいは地質構造等の分布状態が上記広域地質調査の場合よりも精度の高いものとして把握されると考える。

1-2 調査区域

当該区域はチリ国中央部のアンデス山脈に位置し、行政上は第4州 Illapel (イジャベル) 県および第5州 Petora (ペトラ) 県, San Felipe (サン・フェリペ) 県, Los Andes (ロス・アンデス) 県の2州4県にまたがっている。

調査区域は面積 4,100 Km² で次の経緯度で囲まれた範囲である。

北 限	南 緯	31° 45'
南 限	南 緯	32° 45'
東 限	チリとアルゼンチンの国境より 5 Km チリ側	
西 限	西 経	70° 45'

関係した 1/50,000 図幅は次の通りである。

「Cuncumén」: (ククメン)	「Río de Totoral」: (リオ・デ・トトラル)
「Tranquilla」: (トランキジャ)	「Río Leiva」: (リオ・レイヴァ)

「Estero Alicahue」: (エステロ・アリカウエ) 「Río Rocín」: (リオ・ロシン)

「Paso del Rubio」: (パス・デル・ルビオ) 「San Felipe」: (サン・フェリペ)

「Río Colorado」: (リオ・コロラド) 「Río Los Leones」: (リオ・ロス・レオネス)

また、1/250,000図幅は「Illapel」, 「Morro Morado」: (モロ・モラド) およ
び「Los Andes」である。なお、アルゼンチンとの国境よりチリへ5kmの範囲は調査の対
象から除かれている。

1-3 調査期間

本調査の期間は次の通りである。

- i) Landsat データ解析作業 ……昭和56年9月15日～同年10月15日
- ii) 空中写真地質解析作業 ……昭和56年9月15日～同年11月10日
- iii) 報告書作成および印刷 ……昭和56年12月1日～57年2月10日

なお、本調査は全て日本で行われた。

1-4 調査員

本調査に従事した調査員は次の通りである。

解析作業	……	古川 雄也
		鈴木 英夫
		鎌田 治郎
		小原 賢
		大塚 正高
		武田 進
		佐藤 哲男
報告書作成	……	古川 雄也
		小原 賢

なお、Landsat デジタル解析の画像処理は東海大学情報センターで行われた。

1-5 従来の調査

当該地域における主な従来の調査には次のようなものがある。

Aguirre (1960) : Geología de Los Andes de Chile Central, prov. de Ac-

oncagua, IIG. vol. No. 9, Santiago

IIG (1968) : Mapa geológico de Chile a escala 1 : 1.000.000, Santiago

IIG (1981) : Carta geológica de Los Andes de Chile a escala
1 : 250.000, Santiago (en imprenta)

Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (1980) : La Minería en Chile

Muñoz C. J. (1973) : Geología de Chile, prepaleozoico - paleozoico y
mesozoico

Ruiz Fuller C. et al. (1965) : Geología y yacimientos metalíferos de Chile, Santiago, IIG.

Sillitoe R. H. (1973) : Geology of the Los Pelambres Porphyry Copper
Deposit, Chile, Econ. Geol. vol. 68, No. 1.

1-6 調査地域の地質鉱床概要 (Fig. 2 参照)

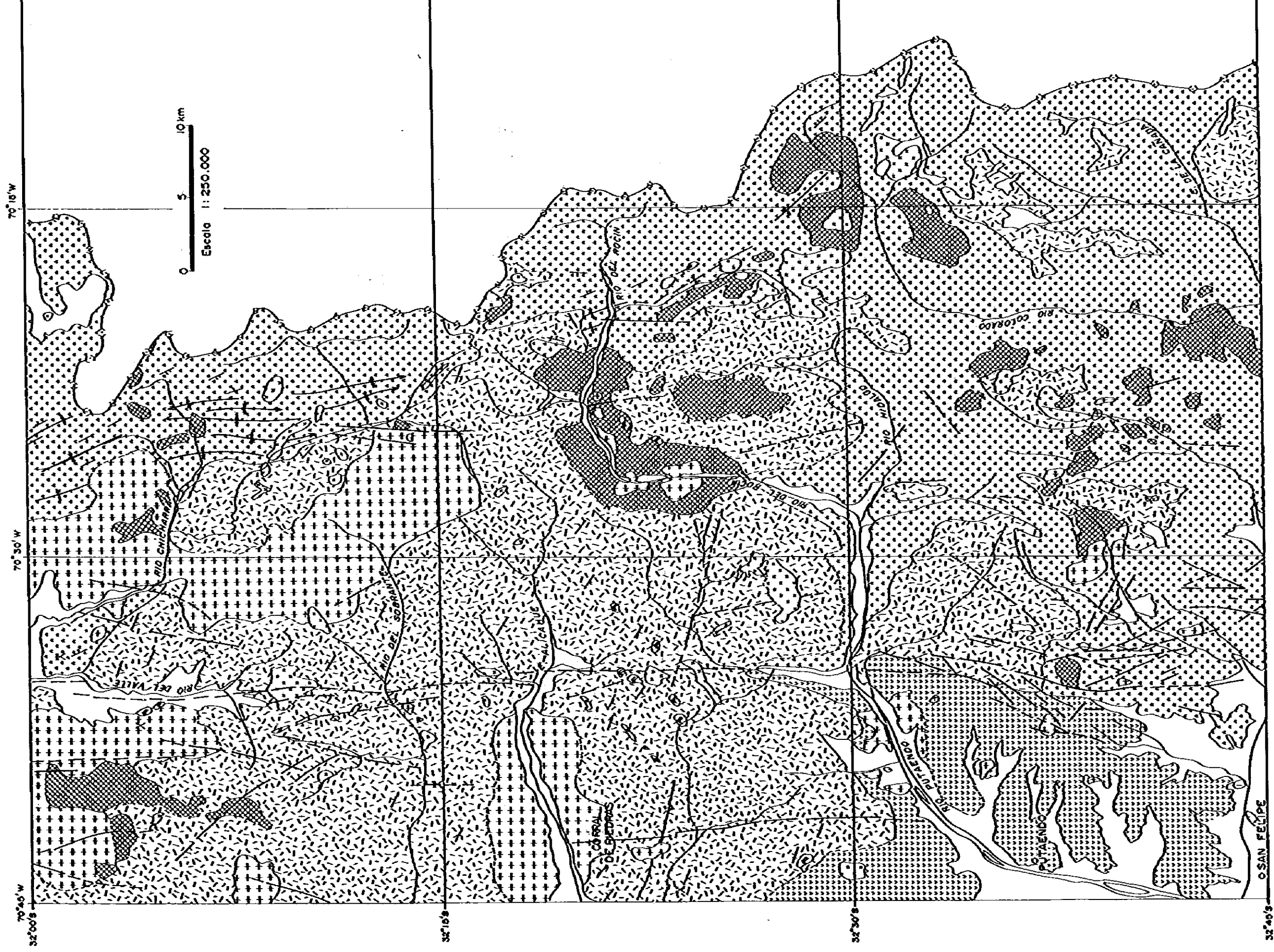
当該地域の地質は上部ジュラ系の海成層 (Lagunilla (ラグニージャ) - Aguirre, 1960) を基盤 (当該地域外に分布) とし、主として上部白亜系と新第三系とから構成されている。その他、現河川沿いには第四系の発達もみられる。また、上部白亜系および新第三系を貫いて中性的ないし酸性の貫入岩類も広く分布している。

当該地域の地質構造は N-S 系と NW-SE 系に大別され、前者は上部白亜系の褶曲構造および断層に、また後者は主として新第三系の褶曲構造にみられる。

上部白亜系は Las Chilcas (ラス・チルカス) 層と Abanico (アバニコ) 層に大別されており (IIG, 1981)、両層は断層で接しているため両者の上下関係は明瞭でないが、おそらく同時異相であろうと考えられている。

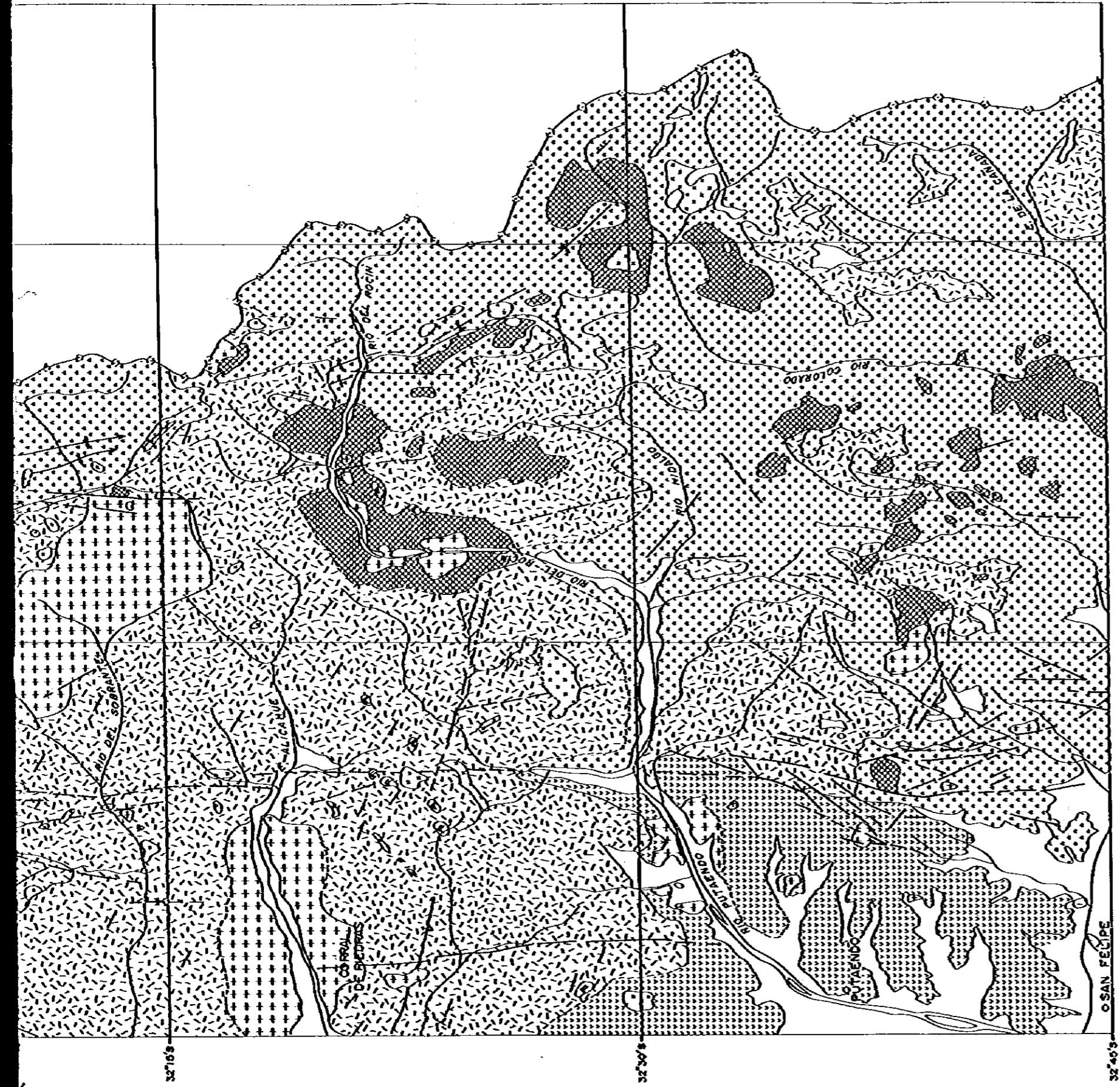
Las Chilcas 層は当該地域の南西端の Orolonco (オロロンコ) 山 (標高 2330 m) を中心とした地域に分布しており、安山岩質溶岩、同質火砕岩類および礫岩・砂岩等からなっている。本層はプロピライト化が著しく、暗緑色ないし緑紫色の堅硬な岩質を示しており、また後述の脈状鉱床の母岩になっている。

Abanico 層は当該地域の東縁部から南部にかけて広く、かつ厚く (1.000 m 土) 発達している。本層も主として安山岩質の火山噴出物から構成されているが、部分的に礫岩の薄層を挟んでいる。



LEYENDA

Quaternario	Depósitos recientes	Aluvios y glaciares
Terciario (Neógeno)	Formación Farellones	Rocas volcanoclasticas
	Formación Abonico	Rocas volcanoclasticas
Cretácico Superior	Formación Las Chilcas	Conglomerados y rocas volcanitas



LEYENDA

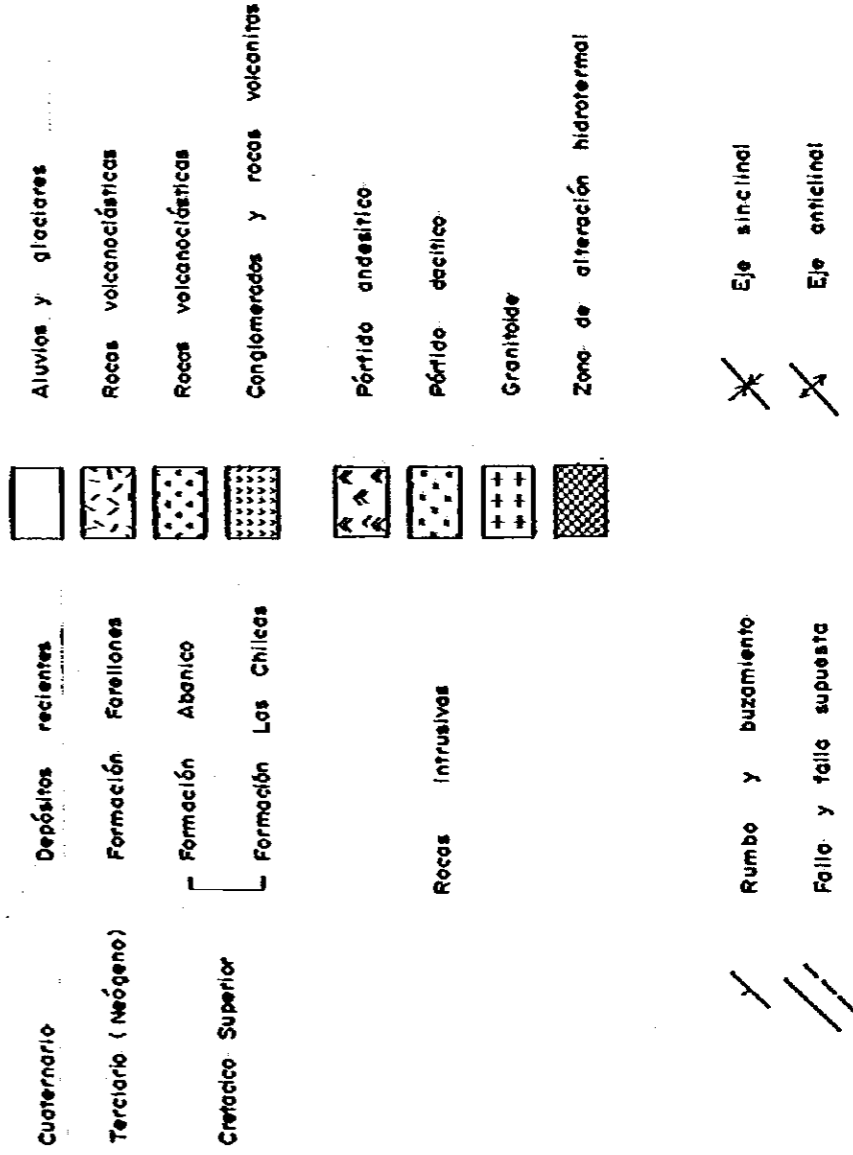


Fig. 2 Mapa Geológico de la Hoja "Los Andes"
(por IIG. 1981)

本層の大局的な岩相の累重関係は次のように考えられている。すなわち、下位より上位に向かって

安山岩溶岩層

凝灰角礫岩および礫岩層

角礫岩層（溶岩を挟在）

安山岩質溶岩層（凝灰岩層を挟在）

Na-粗面岩

凝灰角礫岩および凝灰岩層（部分的に安山岩溶岩を挟在）

上記のいずれの岩相も帯緑色を呈し、広域的にプロピライト化作用を被っており、また後述の多くの熱水変質帯が本層を母岩として発達している。

前述の Las Chilcas 層と Abanico 層は上述の通り岩質的に類似しているが、前者では礫岩や砂岩等の正規堆積物が多くなっている。また、両層共その上位に後述の Farellones（ファレジョネス）層が堆積しており、したがって同時異相の関係にあるものと考えられている。堆積時期は両層共白堊紀後期と解されている（IIG, 1981）。

当該地域の新第三系は Farellones 層（Aguirre, 1960）と呼称されており、同地域の中央部から北西部にかけて広く分布している。

本層は前述の Las Chilcas 層および Abanico 層を不整合に覆っているが、一部当該地域の南東部に分布している本層は下位の Abanico 層と平行不整合の関係にあるため、見掛け上、整合関係と見あやまりがちである。

本層も主体は安山岩質火山噴出物からなるが、一部に流紋岩質火砕岩あるいは礫岩、泥岩の発達もみられる。

安山岩質火山噴出物は主に凝灰角礫岩や凝灰岩等の火砕岩から構成されており、その一部には溶結構造が認められている。

本層中にも後述のように脈状鉱床あるいは熱水変質帯が発達している。

第四系は主として現河川沿いに分布しており、沖積層、河岸段丘堆積物、崖錐堆積物、氷河堆積物等からなっている。

当該地域に分布している貫入岩類には、花崗岩類、斑状の石英安山岩、斑状の安山岩等があり、このうち花崗岩類はトータル岩から花崗閃緑岩までの岩相があり、その産状はパズリスあるいは規模の大きい岩株状をなす場合が多く、また斑状の石英安山岩および斑状の安山岩は小規模の岩株あるいは岩脈状をなしている。

花崗岩類のうち Los Pelambres 鉱床帯に発達しているトーナル岩々株で Quirt et al. (1971) は K-Ar 法による絶対年代測定を行っているが、それによると中新世後期に相当する $9.74 \text{ m. y.} \pm 0.16$, $9.96 \text{ m. y.} \pm 0.18$ 等の値が得られている。

斑状の石英安山岩および斑状の安山岩は花崗岩類を貫いていることから、同岩類より更に新しいものと考えられている。

当該地域の地質構造は N-S 系と NW-SE 系で特徴づけられており、前者は、上部白亜系の褶曲軸と断層系に現われており、後者は新第三系の褶曲構造に現われている。

上部白亜系には波長の短い波状褶曲構造が発達しており、その主褶曲軸が N-S 性を示している。たゞ、当該地域の東部から南部にかけては NW-SE 系褶曲構造もみられ、両系が交錯した複雑な構造を呈している。

これに対して新第三系の構造も波状の褶曲構造が発達しているが、褶曲軸の方向は NW-SE 性をいし WNW-ESE 性を示しており、時代によって褶曲運動の方向に変化がみられる。

断層は N-S 系が卓越しており、地域西部に密集している。その中の主断層はかなり大規模なもので、雁行状に配列しながらも当該地域を縦断している。この断層は新第三系を切っていることから、かなり新しい時期の運動とされている。

当該地域はボーフィリー・カッパー・ベルト内に位置しており、同地域の南・北端には著名なボーフィリー・カッパー型鉱床が発達している。すなわち、南端（当該地域の南限より約 30 km 南方）のそれは Río Blanco 鉱床であり、北端のそれは Los Pelambres 鉱床として知られている。この他 El Gato（エル・ガト）鉱床をはじめとした鉱脈型鉱床もいくつか知られている。また当該地域には 40 箇所以上及ぶ鉄鉱けを伴った熱水変質帯が把握されている（IIG, 1981）。

Río Blanco 鉱床は国営鉱山（Codelco 所有）で埋蔵鉱量 23 億 t、生産量（粗鉱）14,417 t/d, Cu 1.27%, Mo 0.0189%（Instituto de Ingenieros de Miras de Chile, 1980）の規模で生産中である。

同鉱床は安山岩（白亜紀）、花崗閃緑岩（第三紀）、斑状の石英安山岩、電気石角礫岩を母岩としており、産状は網状、鉱染状、網脈状で、初生鉱物は黄銅鉱、黄鉄鉱、輝水鉛鉱からなり、二次鉱物として輝銅鉱、コペリン、酸化銅鉱を産している。

鉱化作用に関係した熱水変質作用にはカリウム質変質、フィリップク変質、珪化変質、プロピライト化変質等がある。

Los Pelambres 鉱床は Anaconda（アナコンダ）社によって現在鋭意採鉱中であり、今ま

でに約 20,000 m の試錐探鉱を終え、埋蔵鉱量 4 億 2 千 800 万 t (Cu 0.77%, Mo 0.03%, Au 0.23 g/t) (Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, 1980) を把握している。

同鉱床は白亜紀中期の安山岩質火山岩類からなる Colimapu (コリマプ) 層 (Klohn, 1960) を貫いたトータル岩 (中新世後期) を主たる母岩としており、初生鉱物として黄銅鉱、斑銅鉱、黄鉄鉱、輝水鉛鉱等が知られており、また二次鉱物として酸化銅鉱、褐鉄鉱、輝銅鉱等が認められている。これらの産状は鉱染状、網状および細脈状である。

熱水変質作用には中心部から外側に向かって、カリウム質変質、絹雲母-粘土化変質、珪化変質、プロピライト化変質の累帯配列が知られている (Sillitoe, 1973)。また本鉱床付近の地表部には酸化帯が形成されており、その厚さは 40 ~ 70 m を有しており、主として褐鉄鉱、局部的に酸化銅鉱からなっている。

当該地域に発達している脈状鉱床は地域西部に比較的集中しており、それらの多くは Farellones 層に発達した NNE - SSW 系の割れ目に形成された小規模な銅鉱脈である。

当該地域に発達している 40 箇所に及ぶ熱水変質帯は不規則ないしは円状の形態をなして地域の東・南部に特に密集している。それらの平面的な規模は大小様々で、長径 200 m から 17,000 m まであり、Abanico 層、Farellones 層、花崗岩類等を母岩としている。

同変質帯の多くは珪化変質あるいは絹雲母-粘土化変質からなり、また褐鉄鉱を主とした鉄焼けを作っているが詳細は不明である (IIG, 1981)。

第2章 調査地域の地理

2-1 地 形

当該地域はアンデス山地の西縁から中央部に当たり、地域南西部の沖積平野を除き、極めて急峻な山岳地形を示している。

山地の標高は西から東へと増しており、西部では2000m前後、東部では4000m前後となり、最高峰は地域南東隅にある La Parva (ラ・バルバ)山の海拔4,857mである。

大水系は東西に開折されており、アルゼンチンとの国境を分水嶺として西に流下している。この東西の水系から分岐して南北性の小水系が密に発達しており、それからさらに分岐した水系が細かく、密雑しており、全体の水系を複雑化している。

2-2 気候および植生

当該地域の気候は草原ないし山岳気候を示しており、地域中央・東部の高山地帯では冬期の5月から10月の間にかなりの降雪があり、冬期を通じての積雪総量は通常10m前後で、真冬の7月の月間積雪量は1~3mである。

冬期の気温は-10℃以下になることは稀れで通常0℃前後である。

夏期の12月から2月にかけては降雨も少なく乾燥した好天気が続く。夏期の気温は20℃前後である。

地域西部の低山地および平野部では冬期でも殆んど積雪はなく、気温も冬期10℃前後、夏期25℃前後である。また山岳部における春先きの11月は天候が急変し易く、しばしばひょうを伴った雷雨にみまわれるといわれている。

冬期から春先きにかけては河川に地表水がみられるが、夏期になると大河川を除き水は涸れる。

当該地域の植生は総じてまばらで岩砂漠となっているが、相対的に地域西部の方が植生も密になっている。また多くの河川沿いには植生の密集したオアシスが点在している。植生は高山性の背の低い針状の草木が多く、樹林はみられない。

2-3 交 通

当該地域内の交通は至って不便で、同地域を横断している車道は地域北端の Salamanca (サラマンカ)から Los Pelambres 鉱山 (Cuncuménから同鉱山までは私道)に至る道路

だけである。また既断車道は全くない。車道は地域北・西部だけに若干あり、地域中央部から東部は人・馬の通行が可能な程度の山道が主要河川沿いに敷設されているだけである。ただ大部分が岩砂漠であるため道路のない箇所でも人・馬の通行は可能であるが、地形が急峻なため山腹の通行は不可能な箇所が多い。

Santiago (サンチャゴ) 市から当該地域の南部に至るには Los Andes 市あるいは San Felipe 市経由のルートがあり、Santiago 市より両市へほぼ同じ道程で約 80km を有し、車輛による所要時間は約 1 時間 20 分である。また車輛によって地域北部に至るには Panamericano・ハイウェイ → Illapel → Cuncumén → Los Pelambres 鉱山のルートか、Illapel → Salamanca → Almendriño (アルメンドリジョ) のルートしかない。両ルート共全道程約 400km、所要時間 6～7 時間を要する。なお、利用できる交通機関は車輛だけである。

2-4 集落および産業

当該地域内にある最大集落は San Felipe 市 (人口 32,100, Instituto Geográfico Militar, 1976) であり、その他は数軒から数十軒の小部落が地域の西部および北部に点在しているだけで中央から東・南部にかけては無集落であり、極端な過疎地となっている。なお、夏期には遊牧民が緑地を求めて点々と移動している。したがってめぼしい産業はなく、前述の鉱脈を小規模に生産している鉱山業ぐらいである。ただ、既述の通り地域内には現在採鉱中の大規模鉱床 (Los Pelambres) があり、同鉱床が生産に入ると本地域も鉱山地帯として活気づいてこよう。

LANDSATデータ解析

第1章 概 説

本解析は本地域における金属鉱床のポテンシャルを認識することを最終目的とした多岐にわたる探査方法における最初の子察的段階の作業として位置づけられる。解析では Landsat 2号のデータを使用し、解析内容はアナログ処理データにて通常の写真地質的手法による巨視的な地質・地質構造の判読とデジタル処理データ（リニアメント強調画像）による組織的なリニアメント抽出の2種類である。判読後、既存地質データとの対比をし総合的考察を行う。具体的内容は以下の通りである。

1) 地質・地質構造の判読

判読に最適なバンドの白黒画像およびフォールスカラー合成画像から地質・地質構造の情報を直接判読する。本解析の基本的目的を考慮し、対象となる酸化作用と密接に関係する貫入岩類（花崗岩質岩類）の分布や配列および断層等の主要なリニアメントの役割に着目し、可能ならば変質帯の抽出を行う。

2) リニアメント抽出

1)の判読についても断層、節理等のリニアメント抽出は可能であるが、デジタル処理データによって作成された画像を用い、被覆物質あるいは縮尺や解像度の要因で一般にアナログ処理データの画像では判読の困難なリニアメントをも抽出する。実際にはリニアメントの他に火砕類等のベディングを強調画像上で表現できうる場合もあり、その際地質構造の把握に十分な情報を提供するばかりでなく、リニアメントの分布・密度と岩質に差が認められるならば、地質單元区分を飛躍的に容易にする。

3) 既存地質データとの対比

上記の判読で得られたデータと既存の地質データを対比・総合し、次の段階の調査に有効な指針を与える。

第2章 使用データおよび解析方法

2-1 使用原データ

Landsatには対物面走査方式によるMSS(Multi Spectral Scanner)とテレビジョン・カメラ方式によるRBV(Return Beam Vidicon)の2種類のセンサー方式がある。本解析ではMSSデータの70mmフィルム及びCGT(Computer Compatible Tape)を使用した。データ検索の結果ではブラジルの受信局で得られたLandsat 2号のデータが季節・画質および雲量に因り最良と判断されたのでこれを用いた。使用原データの内容はTabla 1の通りである。

Tabla 1 Datos de Landsat

Fecha	Número de índice	Número de órbita de imagen		Coordenadas Punto central	Sol	Calidad de imagen	Cubierta de nube (%)
		Pase	Línea transversal				
29 Enero 1978	278029-132109	250	082	S31°43' W70°39'	Alt. 39° Az. 087°	9999	00
29 Enero 1978	278029-132131	250	083	S33°08' W71°05'	Alt. 39° Az. 086°	9999	00

2-2 アナログおよびデジタル処理データ

2-2-1 アナログ処理データ

1) Landsat 70mmフィルムの入手

MSSデータは地上で79×79mに当る瞬間視野における各波長域(バンド4:0.5~0.6μm, バンド5:0.6~0.7μm, バンド6:0.7~0.8μm, バンド7:0.8~1.1μm)の反射エネルギー強度がワイド・バンド・テープにビデオ信号として記録される。これらはさらにデジタル信号に変換され、地上受信局に電送される。地上受信局ではこれらを用途に応じて、70mmフィルムおよびCGTに変換している。

70mmフィルムは縮尺1:3,369,000で、1シーンが地上の185×185kmをカバーしている。

2) バンド4, 5, 6, 7白黒画像の作成(縮尺1:1,000,000および1:500,000)

各シーンの画質や雲量のチェック、解析のための最適バンドの選出、およびおまか

な地質状況を把握するために、各バンドの70mmフィルムより、縮尺1:1,000,000および1:500,000の白黒画像を作成した。このうち、判読用として植生の情報を最も良く反映しているバンド5とリニアメントなどの地質情報を最も鮮明にあらわしているバンド7を選出した。代表的なバンドとしてバンド7の画像をFoto 1に示した。

3) 最遠バンド5,7白黒画像の作成(縮尺1:250,000)

バンド5,7の縮尺1:250,000の白黒画像を作成し、判読に用いた。

4) フォールス・カラー合成画像の作成(縮尺1:500,000および1:250,000)

本画像は写真処理技法によって作成される画像である。本解析ではバンド4の白黒画像に赤色、バンド5に緑色、バンド7に青色のフィルターを用いてカラー用のネガを作り、これらをそれぞれの縮尺に引き伸ばし、判読に使用した。この画像をFoto 2に示した。

なお、上記のフィルター組合せで作成されたフォールス・カラー画像は、赤外カラー発色型フォールス・カラー合成画像(Infra Red color like false color composite)と呼称される。地表面の主な物質について、この画像で表現される色彩的特徴は以下の通りである。

近赤外領域に強い反射能をもつ植物：種々の強さの赤色

汚染度の低い、深い水域：黒色ないし暗灰色

砂屑物を含む水域：明青色

都市部：灰青色

岩石および土壌：褐色、黄色および黄褐色から優青色

2-2-2 デジタル処理データ

1) CCTのフォーマット

本解析に用いたCCTはブラジルの Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE) が作成し、そのフォーマットは次の通りである。

本CCTはBIP2 (Band Interleaved by Pixel Pairs) 型式に記録されている。Landsatの1シーンは下図のように縦方向に8本の線条に分割され、8つのファイルが2400フィートの長さを持ち、これらが2つのリールに記録される。通常リール1には偶数、リール2には奇数のファイルが組み込まれている。

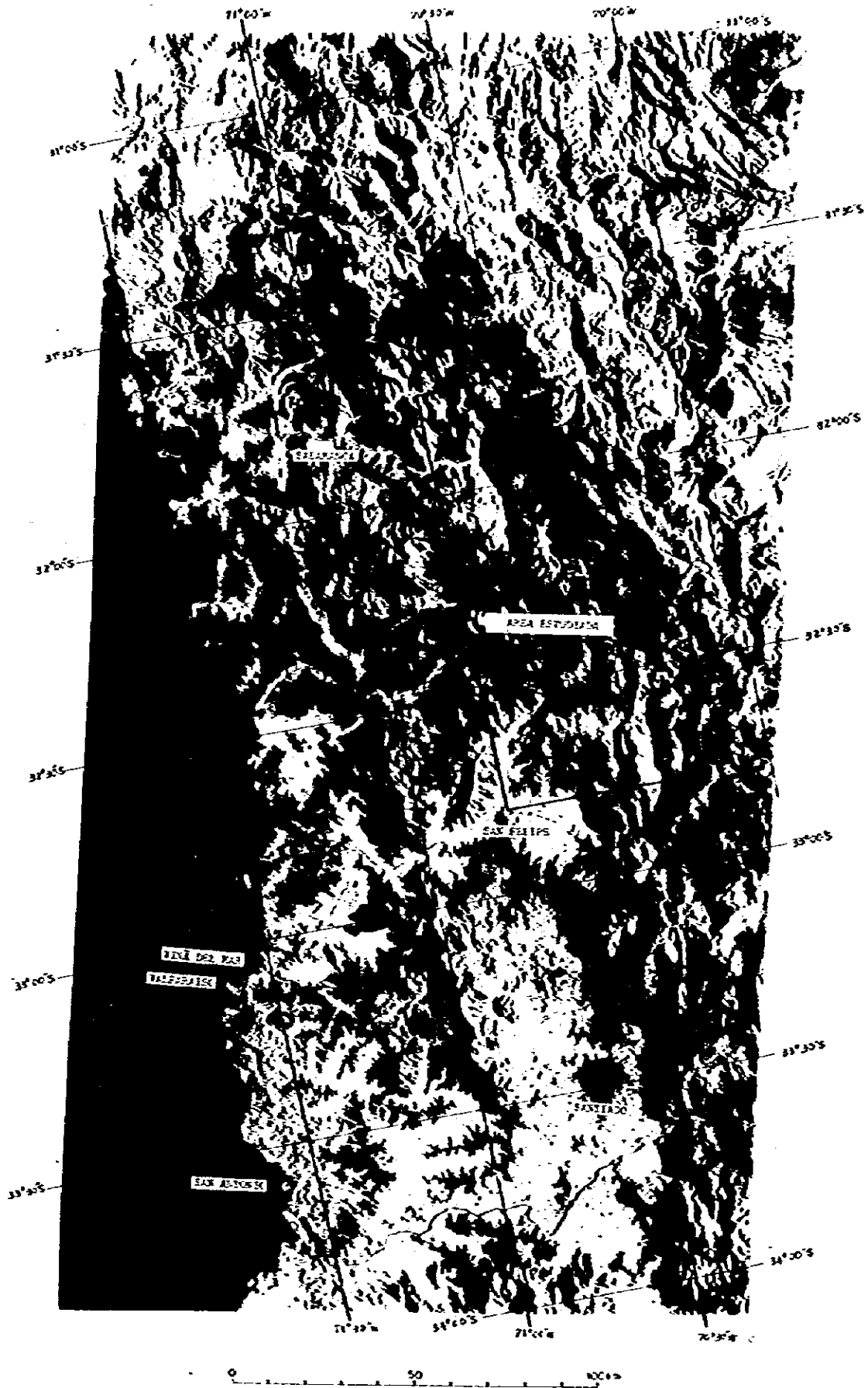
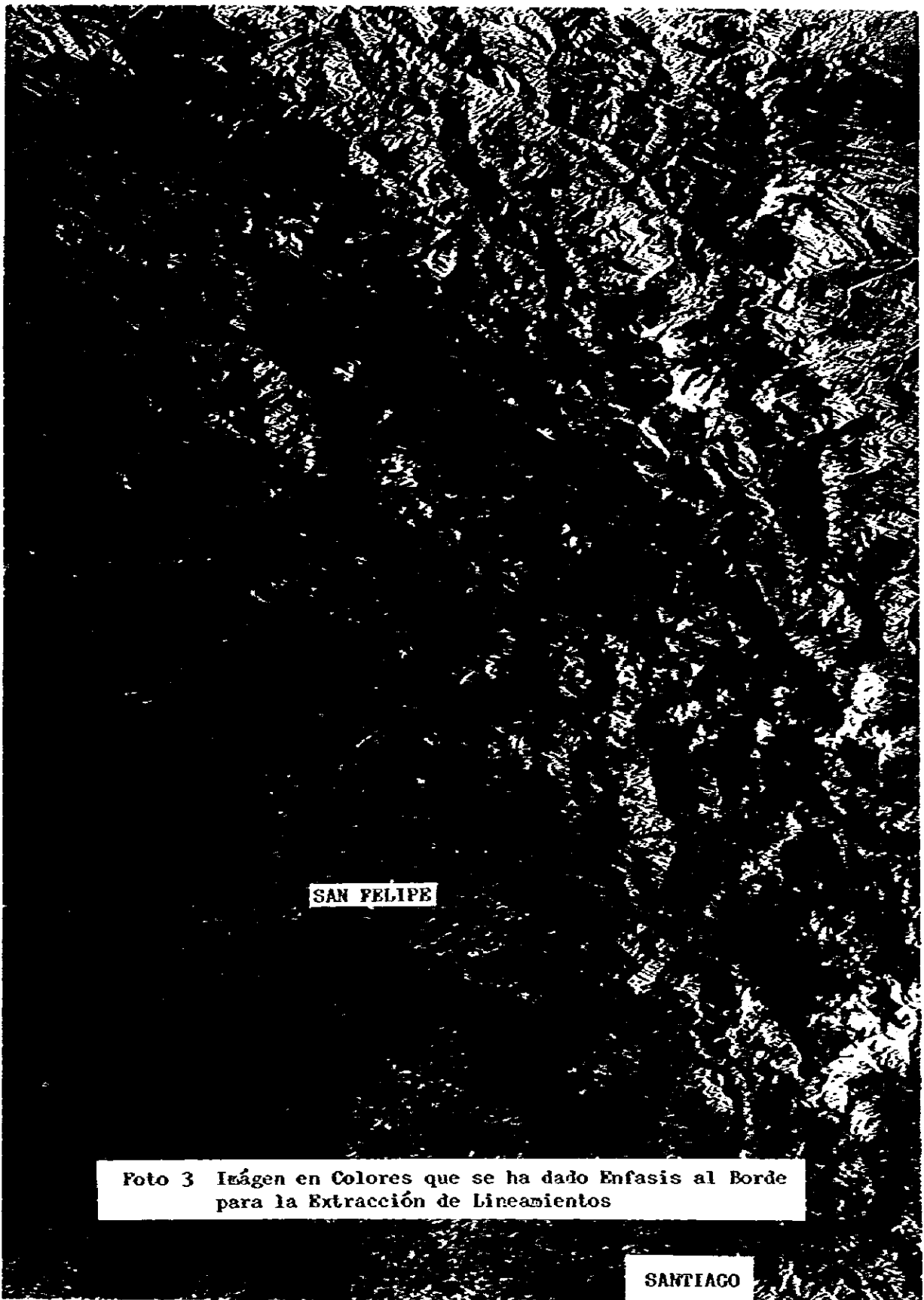


Foto 1 Imágenes "Landsat" en Blanco y Negro (Banda 7)



Foto 2 Imágenes "Landsat" Compositivos en Colores Complementarios
(Imágen de] Tipo Infrarojo)

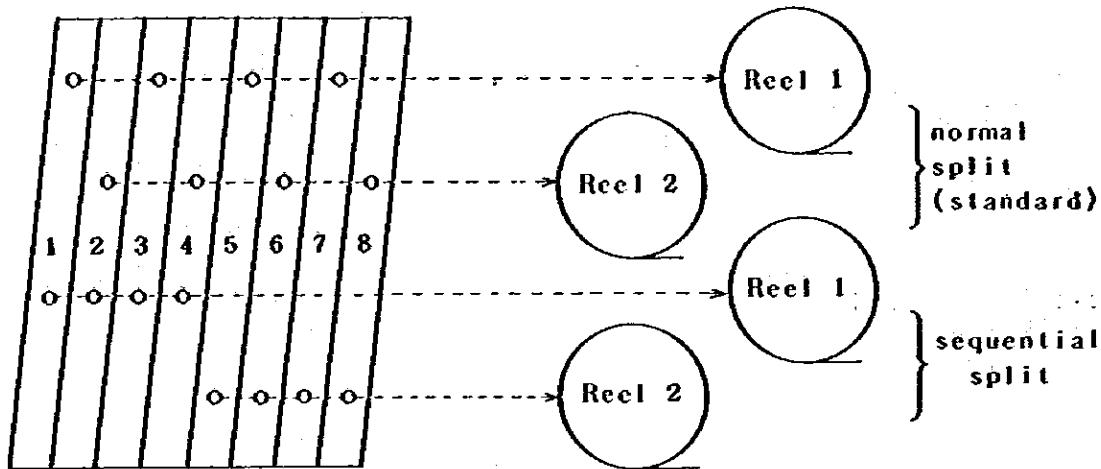
(Filtros rojo para la banda 4, verde para la banda 5)
azul para la banda 7



SAN FELIPE

Foto 3 Imágen en Colores que se ha dado Enfasis al Borde para la Extracción de Lineamientos

SANTIAGO



近接する線条間のオーバーラップは約10%である。1つのファイルはデータの29秒間に対応する1つのIdレコード、1つの注釈レコード、多数のビデオ・レコードから構成されている。テープに記録されている名目的な数値は2352レコードで、各6ラインの392スイープに対応する。

2) 使用デジタル画像解析装置

本解析に用いた画像解析装置は、東海大学情報センターのデジタル画像処理システムTIAS 2000 (Tokai Image Analysis System)である。

TIAS/2000は、2台のHewlett Packard 21MXシリーズコンピュータ (2113Eおよび2111F)、合計65Mバイト・ディスク、2台のキャラクタ・コンソール、1600 bpi、9トラックの磁気テープ装置、カード・リーダー、ライン・プリンタ、グラフィックコンソールおよびグラフィック・プリンタ/プロッタ、TVディジタイザ、カラー・グラフィック・ディスプレイ、インテリジェントなタブレット・ディジタイザ、およびドラム・ディジタイザ/レコーダから構成されている。使用しているOS (オペレーティング・システム) はRTE N (Real Time Executive)、およびDSI 000 (Distributed System)であり、リアル・タイム、マルチ・プログラミングの分散処理システムである。

3) 画像解析

本解析では大略的な断裂構造を把握するためにデジタル画像処理により作成したリニアメント強調画像からリニアメント抽出を行った。その抽出画像はFoto 3の通りである。デジタル画像処理を行う前の前処理としてスキヤン・ライン・ノイズ矯正 (画像からの矯正) を実施した。

リニアメント抽出する手法は線、縁抽出マスクを利用する方法で、その方法は次の

通りである。

この方法ではまず画像中のある部分が線、または核であるか判断し、線核の場合、その程度に応じて値を割付ける。縦線抽出マスクを例に考えると、或る点の近傍8点を考えた場合、下図の様に各9点にA~Iの記号を付ける。この時、B-E-Hを通る画素の並びが線であるかどうかは、

$$A > B < C \cap D > E < F \cap G > H < I$$

または

$$A < B > C \cap D < E > F \cap G < H > I$$

A	B	C
D	E	F
G	H	I

という条件を満足しているかどうかで決定する。次にこれらの条件が満足された場合、B-E-Hの“線らしさ”を次の量

$$|A-B| + |C-B| + |D-E| + |F-E| + |G-H| + |I-H|$$

で評価する方法である。この場合、縦方向の線だけを考えてが、横方向、斜め方向など、様々な方向に対して定義する事が出来、また、マスクの大きさ、評価関数の形などによって様々な性質の線や核を抽出する事が出来る。

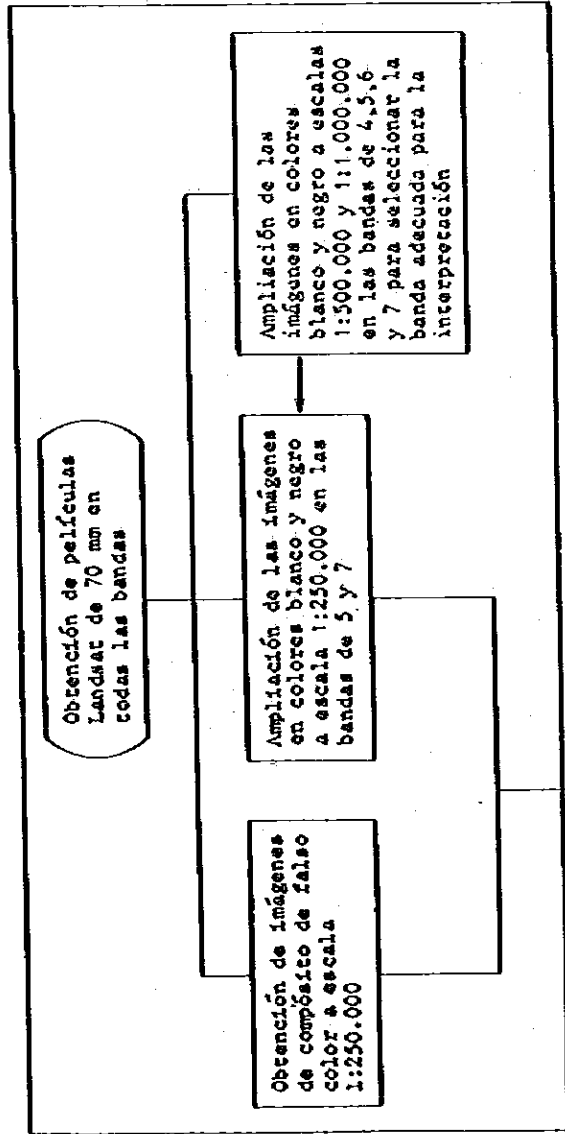
2-3 解析方法

本解析はアナログ処理データ、およびデジタル処理データにより得られた画像をもとに、Fig. 3に示す手順によって実施された。

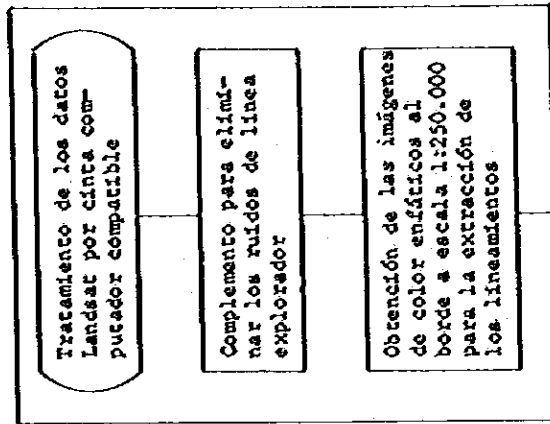
2-3-1 アナログ処理データによる画像を用いた解析

実際の判読にはFig. 3に示した解析に適するバンド5および7の白黒画像(縮尺1:250,000)とフォールス・カラー合成画像(縮尺1:250,000)を使用した。解析の手順は次の通りである。フォールス・カラー合成画像にオーバーレイを固定し、バンド5および7の画像での情報を考慮しながら、その上に判読できる地表の地質情報を直接注記する。判読に当っては写真地質学上着目される地形的特徴の河川流路の型・頻度、水系の形態・密度・長さ、岩石の抵抗度(起伏量・侵食度)、谷断面、山稜形態および断裂系(方向・強度・密度・型)、ならびに写真的特徴の色調および肌合(テクスチャー)で表現される判読要素を観察し地質單元区分を行う。この区分と平行して各單元間の層位的・構造的関係、層理等の走向・傾斜、水系異常およびリニアメントとして現れる新層や節理の情報に基づいて地質構造を解析する。

Proceso de Tratamiento por Método Analógico



Proceso de Tratamiento por Método Digital



Interpretación geológica y de los lineamientos

Dibujo en mapa de la interpretación geológica y de los lineamientos a escala 1:250.000

Fig. 3 Flujo Esquemático de Procedimiento de Análisis "Landsat"

2-3-2 デジタル処理データによる画像を用いた解析

得られる画像はリニアメント強調画像（縮尺1：250,000）であり2-2-2で既に述べたような方法で作成される。解析の手順は2-3-1のアナログ処理データによる画像の場合と同様にオーバーレイ上に強調されたリニアメントについて注記する。

第3章 解析結果

3-1 概 要

既刊の地質図 (Mapa Geológico de Chile-IIG 1968 縮尺 1 : 1,000,000 および Mapa Geológico de Hoja Los Andes 縮尺 1 : 250,000) によれば解析地域の地質は主として白亜系ないし第三系の火山岩類, 火砕岩類および砕屑岩類で構成される。一方, 広い分布範囲を占めるこれらの構成岩類を貫き第三紀の花崗岩質岩類がさまざまな規模で露出している。縮尺 1 : 250,000 の白黒画像およびフォールス・カラー合成画像を用いた解析にて対象地域の地質は Tabla 2 に示すように5つの地質単元に分類される。これら各地質単元について相互の関係を表現する地質柱状図を Fig. 4, また, 本地質解析図を Fig. 5 に示した。なお, 今回の解析 (空中写真地質解析も含めて) では各地質単元の対比や地層名の精製に関して上記の縮尺 1 : 250,000 の地質図 (以下単に IIG, 1981 と呼ぶ) を参考にした。

3-2 地質単元

解析地域の地質単元は A, B, C, D および E の5単元に区分される。

1) 単 元 A

本単元は解析地域の南西部に限って分布する。画像上での写真的, 地形的特徴は Tabla 2 に示したように, 肌合が細ないし中粒, 高い密度をもつ樹枝状水系, 中程度ないし高い抵抗度, 起伏量に乏しいが尖鋭な山稜形態および植生がないこと等である。














本単元とその上位に発達する単元 C との境界は全般に明瞭であるがごく一部で不明瞭である。これらの諸特徴から本単元は砕屑岩類および火山岩類ないし火砕岩類と判定される。本単元は IIG (1981) の Las Chilcas 層 (礫岩および火山岩類より構成される) にほぼ相当する。

2) 単 元 B

本単元は主として解析地域の北東端部に比較的狭く分布する。画像上の写真的, 地形的特徴は, 肌合が細ないし中粒, 中程度の密度をもつ樹枝状ないし亜平行状水系, 中程度ないし高い抵抗度, 比較的なだらかな山稜形態および植生がないこと等である。

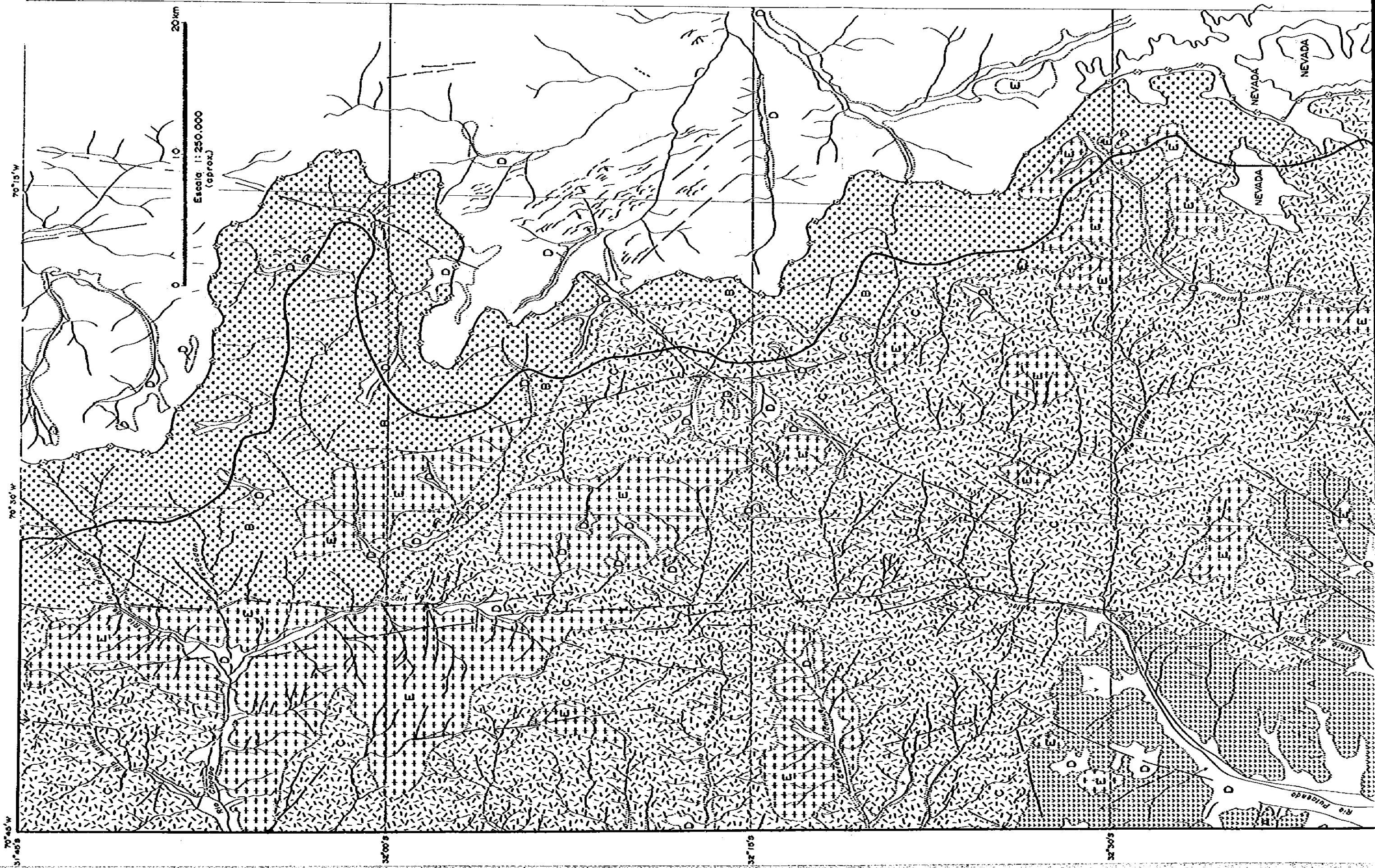
本単元とその上位を覆うとみなされる単元 C との境界は一般に不明瞭である。貫入岩類である単元 E との境界はやや明瞭である。これらの諸特徴からみて本単元は火山岩類

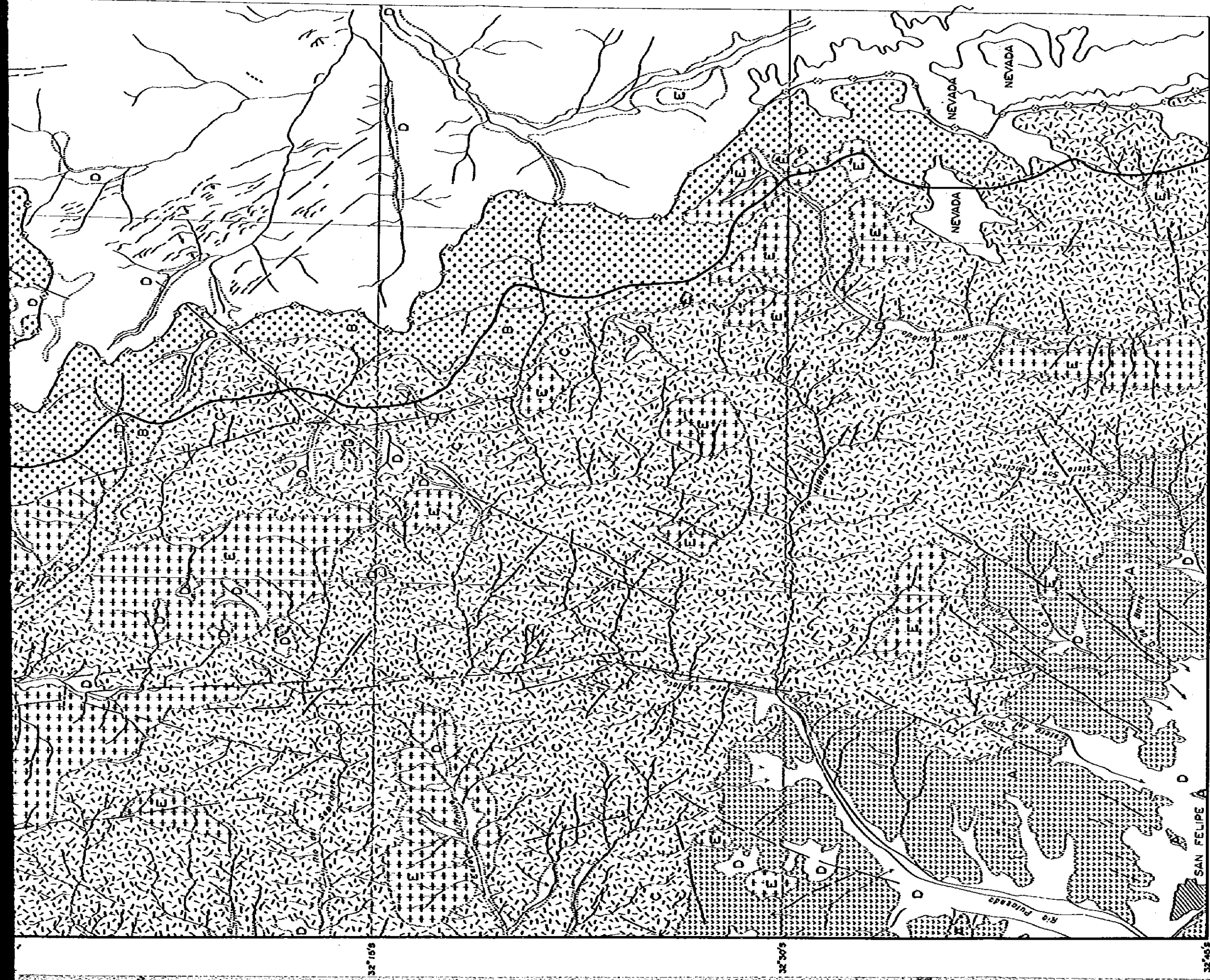
Tabla 2 Cuadro de Características de Imágenes de Análisis de Imágenes "Landsat"

UNIDAD	TEXTURA EN FOTO	CARACTERÍSTICAS TOPOGRAFIAS						VEGETACION	OBSERVACIONES	LITOLOGIA PROBABLE	CORRELACION CON DATOS CONOCIDOS (I.I.G. 1981)
		DRENAJE		RESISTENCIA		LINEAMIENTOS					
		MODELO	DENSIDAD	ROCAS	PERFIL	DIRECCION	INTENSIDAD				
D	fine o suave poroso	 meandriforme  distributivo	baja	muy baja				moderada o densa	generalmente cultivado	depósitos resantes	depósitos recientes
C	fine o medio o suave no poroso	 dendrítico	baja o medio	moderado o alto		principalmente N-S NW-SE NW-SE	media	fuerte o debil	Presonnan las lineamientos N-S.	levas y rocas precambrias	rocas precambrias y levass
B	le	 dendrítico o sub poroso	medio	le		principalmente NW-SE N-S	debil	le	Las conexiones litológicas no son claras.	levas y rocas precambrias	rocas precambrias y levass
A	fine o medio rugoso	 dendrítico	alto	le		principalmente NE	medio	le	Presonnan las lineamientos NW-SE.	rocas cambrias y levass	conglomerados y rocas volcanicas
E	fine, suave poroso o no poroso	 le	medio	alto		principalmente N-S	debil	le	generalmente medias	rocas volcanicas y/o zona aluviales	granitos y/o alteración hidrotermal

Período	Formación (IIG, 1981)		Columna	Litología
Cuaternario	[Depósitos recientes]		0	Aluvio, Coluvio y Morrena
Terciario (Mioceno)	Forellones			Levas y rocas piroclásticas
Cretácico Superior	Les Chicos	Abarico		Rocas clásticas y lavas Levas y rocas piroclásticas Zona aluvial y/o morrena

Fig. 4 Columna Geológica Generalizada del Area Estudiada





LEYENDA

Unidad	Litología probable	Contorno litológico (confiable/supuesto en imagen)
D	Depósitos recientes	Trazo de estratificación
C	Lavas y rocas piroclásticas	Falla (confiable/supuesto) y/o otro lineamiento en imagen
B	Lavas y rocas piroclásticas	Drenaje
A	Rocas clásicas y lavas	Area urbanizada
E	Rocas intrusivas (granitoide.) y/o zona alterada	Lago

Fig. 5 Mapa de Interpretación con Imágenes "Landsat"

ないし火砕岩類と判定される。本単元は IIO (1981) の Abanico 層 (主として火山岩類より構成される) の一部に対比可能である。

3) 単 元 C

本単元は解析地域の北西部から南東部にわたって広くかつほぼ連続 (断層や貫入岩類等一単元Bの部分を除く) して分布する。画像上の写真的, 地形的特徴は, 肌合が細かいし中粒, 低ないし中程度の密度をもつ樹枝状水系, 中程度ないし高い抵抗度, 稜線部や高原部におけるなだらかな山稜形態および植生がないこと等である。本単元のうち解析地域の西端部付近 (Sobrante (ソブランテ) 川周辺) に分布するものは, 山腹部と高原部を比較した場合, 水系密度に明らかな差が認められ前者の場合でそれが高い。

本単元とその下位に発達する単元AおよびBとの境界の性質については 1), 2) で述べた通りであるが, 単元Bとの境界は概ね明瞭である。これらの諸特徴からみて本単元はやや細粒の火砕岩類ないし火山岩類と判定される。本単元は IIO (1981) の Parcel-
lones 層および Abanico 層の一部に相当する。

4) 単 元 D

本単元は解析地域全体に散在し, 主として大きな河川や丘陵部に沿って分布する。画像上での写真的, 地形的特徴は, 肌合が細粒, 低密度の蛇行と分流状水系, 極めて低い抵抗度および中程度ないし密な植生等である。本単元とその下位に発達する諸単元との境界はいずれの場合も明瞭である。本単元は IIO (1981) と対比するまでもなく明らかに第四紀の堆積物 (水河堆積物や沖積堆積物) と判定される。

5) 単 元 E

本単元は解析地域のほぼ全域に散在するが, 主に中央部から北部にかけて比較的広い範囲を占めて分布する。画像上での写真的, 地形的特徴は, 肌合が細粒, 中程度の密度をもつ樹枝状水系, 高い抵抗度, 比較的なだらかな山稜形態および植生がないこと等である。本単元のうち狭い範囲で分布するものや高原状地形を示すもの多くは, それらの部分で水系が顕著に発達せず, 同時に水系密度も低い。他の単元との境界は一部を除きほぼ明瞭である。これらの諸特徴およびバンド7の白黒画像における色調 (淡灰色) からみて本単元は種々の貫入岩類および変質帯と判定されるが, 同岩類の岩相の細分あるいは同岩類と変質帯の識別は不可能であった。なお, IIO (1981) によると, それらは花崗岩類斑状の石英安山岩, 斑状の安山岩および熱水変質帯となっている。

3-3 地質構造

1) 褶曲構造および各单元間の層位関係

解析地域全体は主として白亜紀ないし第三紀の火山岩類、火砕岩類および種々の貫入岩類よりなると判読されるが、貫入岩類等(单元B)と第四系(单元D)を除く各单元において、ベディングで代表される構造要素が縮尺1:250,000の画像にても殆んど表現されておらず、水系密度にそれぞれ若干の差異が認められるものの、画像上では各々の单元が塊状を呈するものと判定される。したがって巨視的にも中視的にも褶曲構造を把握することは困難である。一方で单元Aと单元C、单元Bと单元Cとのそれぞれの地質境界線の地形に対する連続状況から判定すれば、单元Cが单元AおよびBをそれぞれ整合的に覆っているものとみなされる。他方、单元Aと单元Bの層位的関係は画像上では各々分布域が分離しているため明らかでない。单元Dは他の单元すべてを不整合的に被覆する。

2) リニアメント

一般に写真地質学的手法による地質、地質構造の判読の際、線状ないし極めてゆるい円弧状に認められる現象をリニアメント(広義)として総称するが、それらは普通断層である場合が多い。本解析では各单元の分布形態、水系パターン・密度や抵抗度等から判断して断層(画像上の確定と推定に区別される)とみなされるもの、とその判読の困難なリニアメント(その他のリニアメント)との2種に区分した。

解析地域のリニアメントのうち断層は大きくN-S系(部分的に時計廻りおよび反時計廻りにそれぞれ10°前後回転する)とNE-SW系に区分される。前者の代表は解析地域のほぼ中央地帯を北部から南部にかけて連続しながらも顕著に発達するもので、総延長は約80 Kmに達する。東部にも同系のものが認められ、その延長は約30 Kmである。後者の系統は地域の北部および南部にやや偏在し、一般にそれらの延長は短い場合が多い。

「その他のリニアメント」は多くの場合変位量を画像上で認識できず、断層と断言できないものであるが、上述したN-S系およびNE-SW系の断層と近似の方向を示し、それらに関連する断層とみなしえよう。

また、その他のリニアメントに含めたが、節理の可能性のあるリニアメントの発達もみられる。それは解析地域全体に顕著ではなく、单元AとCのそれぞれの一部に見出されるにすぎない。单元Aの場合 San Felipe の北部にみられ、それらはNNE-SSW

およびNW-SEの方向を示す。単元Cの場合、主として地域の中央部のChalaco(チャラコ)沢の周辺にありNNE-SSWおよびNW-SEの方向が認められる。

これらの断層や「その他のリニアメント」の各系統の形成順序については、それらの明瞭な関係が画像上でよく表現されておらず不明な点が多いが、解析地域の北部にあるLos Pelambres川およびTencadán(テンカダン)川付近ではNNE-SSWないしNE-SW系の断層の連続がN-S系の断層によってはばまれている。

なお、Foto 3のリニアメント強調画像ではNW-SE系のリニアメントが強調されているが、これは多方向のずらしの演算処理と太陽の照射方向に起因するためである。

空中写真地質解析

第1章 概 説

空中写真地質調査法は、本来室内解析の結果と同結果に基づいた現地チェックの結果を総合検討して最終的なものとなる。本解析には Landsat データ解析結果ならびに既存地質データを活用した。

本解析は欽化作用と関連した熱水変質帯の抽出と、地質、地質構造の把握を目的としており、また、これらの解析結果をもとにした現地調査方法ならびに現地調査ルートの設定等の提言も付した。

第2章 使用データおよび解析方法

2-1 使用空中写真

本解析に使用された空中写真はチリ陸軍地理院 (Instituto Geográfico Militar de Chile) 発行の縮尺 1 : 70,000 の白黒印画で、使用総数は 206 枚であった。

同写真の一覧表を Tabla 3 に、また概略の標定図を Fig. 6 に示した。

2-2 解析方法

解析は、各空中写真ペアーを実体鏡で実体視することを基本とする。実際の観察では、写真地質学上でいう判読要素、すなわち、写真的特徴としての色調、肌合、地形的特徴としての水系の形態、密度、抵抗度 (起伏量または侵食度)、谷断面または山稜形態、フォトリニアメント (方向、強度、頻度)、および植生密度等を判読し、地質境界線、ベツディング・トレース、ディップ・スロープ等の注釈記号を用いて地質区分および地質構造の情報を一枚おきに固定されたオーバーレイに表現した。なお、判読に用いた実体鏡は東京光学機械製トフコン反射鏡式実体鏡Ⅱ形である。

2-3 解析データのコンパイル

オーバーレイ上に記入された変質帯、地質・地質構造の判読結果を、チリ陸軍地理院発行の縮尺 1 : 50,000 地形図に移写した。最終成果図である空中写真地質解析図は図面の大きさを考慮し、かつ、等高線密度の高い部分で目的とする地質情報等を強調できなくなることを避けるため、同地形図をもとに作成した縮尺 1 : 100,000 の水系図にまとめられた。なお、同水系図作成に当っては「 Río del Totoral 」図面がなく、この地域については縮尺 1 : 250,000 の地形図を用いた。

Tabla 3 Fotografías Aéreas Usadas

Ruta de Aviación	Número de Foto	Cantidad de Fotos (Total 206)	Fecha de Rodaje	Dirección de Vuelo	Altura de Vuelo
R-33 L-21	5479 ~ 5498	20	29 Mar. '55	N → S	11.000 ^m
R-152 L- 21	25412 ~ 25425	14	?	N → S	id
R- 5 L-21	631 ~ 634	4	28 Dic. '54	N → S	id
R-33 L-20	5503 ~ 5519	17	29 Mar. '55	N → S	id
R-20 L-20	3301 ~ 3314	14	?	S → N	id
R- 7 L-19	1050 ~ 1073	24	8 Ene. '55	N → S	id
R-12 L-18	1821 ~ 1847	27	22 Ene. '55	S → N	id
R-25 L-17	4014 ~ 4040	27	21 Feb. '55	N → S	id
R-26 L-16	4181 ~ 4206	26	23 Feb. '55	N → S	id
R-26 L-16	4160 ~ 4170	11	23 Feb. '55	N → S	id
R-26 L-15	4311 ~ 4321	12	23 Feb. '55	S → N	id
R-27 L-14	4344 ~ 4353	10	24 Feb. '55	N → S	id

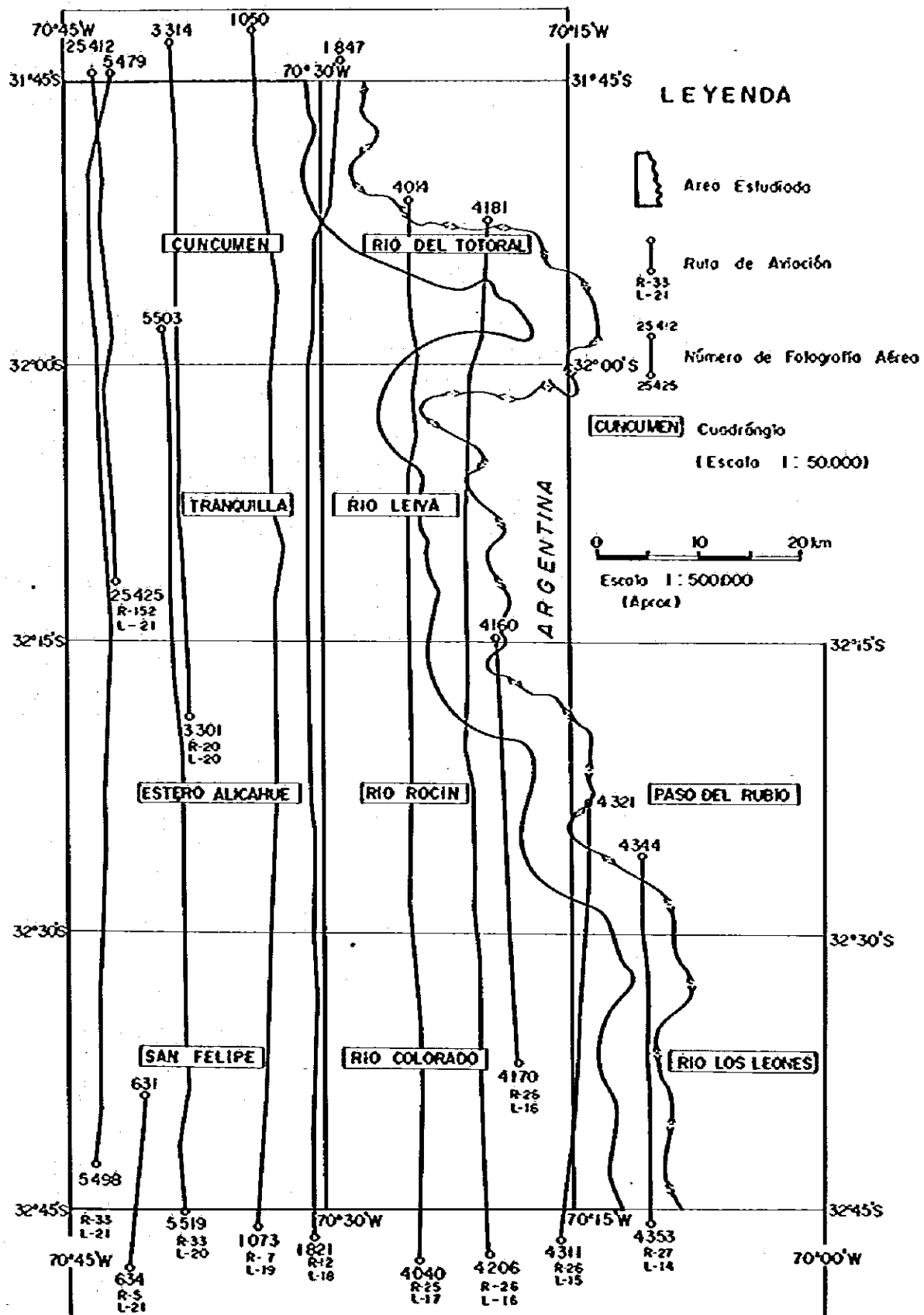


Fig. 6 Índice de Fotografías Aéreas

第3章 解析結果 (PL. および PL. 2 参照)

3-1 概 要

本解析の結果、本地域の地質は Table 4 に示すように 15 の地質単元に区別され、それらは成層岩類、未固結堆積物、貫入岩類および変質帯に大別される。各単元の空間的相互関係は模式的に表現した Fig. 7 の地質柱状図に、また、本地質解析図を Fig. 8、および地質構造、貫入岩類と変質帯との関係図を Fig. 9 に示した。

本地域の主要な単元は N-S 方向に連続するが、単元 A3 は NW-SE 方向で発達する。褶曲構造は本地域北東部でよく観察される。

最も顕著な断層は漸続的ながらも本地域のほぼ中央部に存在し、それは N-S 方向で強調された水系に反映されている。

3-2 地質単元

3-2-1 成層岩類

成層岩類の地質単元は A1, A2 および A3 の 3 つに区分される。

1) 単 元 A 1

本単元は本地域の南西端に分布する。

写真的には、一般に暗灰ないし灰の色調を示すが、Saino (サイノ) 沢西部では一部でより明るい色調を示すところがみられ、肌合は粒状ないし粗である。

地形的には、高密度の樹枝状ないし亜樹枝状の水系を示し、中程度から高い抵抗度および起伏量をもつやや尖鋭的な山稜形態と階段状の山稜形態を示し、緩傾斜のベディングが発達する。積生はまばらで少ない。

本単元とその上位に発達する単元 A3 との境界は、Atrayán (アライヤン) 部落の北西部では明瞭であるが、他の地域では不明瞭である。単元 A2 および変質帯の単元との境界は不明瞭で、単元 B および貫入岩類の単元とは明瞭または比較的明瞭である。

以上の諸特徴から、本単元は火山岩類および砕屑岩類より構成されていると判定される。特に緩傾斜のベディングを暗示するリズムカルな階段状の山稜形態を示し、かつ高い抵抗度を持つところは礫岩または砂岩等の砕屑岩類の互層より構成されているものと判定される。その他は火山岩類より構成され、また、明るい色調を示すところは火砕岩類と推測される。

本単元は IIG (1981) の Las Chilcas 層に相当する。

Tabla 4 Cuadro de Características de Interpretaciones Fotogeológicas

UNIDAD	TONO EN FOTO	TEXTURA EN FOTO	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS				CORRELACION CON DATOS CONOCIDOS (11G, 1981)						
			DRENAJE		RESISTENCIA			DIRECCION DE AGUAS DE ACUÍFERO INTRUSIVO (MATERIAL)	LITOLÓGIA PROBABLE				
			MODELO	DENSIDAD	ROCAS	PERFIL				CONTACTO VEGETACION			
BEQUEROS NO CONDUZCO													
B	Claro o gris	pequeño suave o granoso, líneas distributivas	sub líneas mesofitomorfo distributivo	baja	muy bajo					claro	pobre o ninguna	dióxido de silicio y mármol	deposición resaca
A3	oscuro o gris claro	granoso o persistente suave	dendrítico o sub dendrítico	muy alto o alto	medio		altitudinal	NE-SW o NW-SE	poor a alto	poor a alto	poor a alto	Formación Apollonia	Formación Apollonia
A4	gris oscuro o gris parduzco	líneas persistentemente suave	dendrítico o sub dendrítico	medio o alto	baja		id	N-S	id	id	muy pobre	rocas arcillosas y lavas con rocas efusivas	Formación Alvarado
A1	gris oscuro o gris parduzco	granoso o áspero	dendrítico o sub dendrítico	alto	medio o alto		id	N-S	poor a alto	poor a alto	poor	lavas, rocas arcillosas y efusivas	Formación Los Chillos
G7	oscuro	línea			alto			NW-SSW E-W	claro	claro	ninguno	arenas y/o arenoso basáltico	
C6	claro	id			medio o alto			NNE-SSW NE-SW NW-SE E-W	muy claro	claro	id	óxido y/o riolita	
G6	gris oscuro o gris	áspero	parejito	muy bajo	alto			N-S	concentricamente claro	concentricamente claro	muy pobre	poor a arenoso	poor a arenoso
C6	claro	id	sub paralelos - dendrítico	baja	medio o alto			N-S NE-SW NW-SE	claro o poor a alto	claro o poor a alto	id	poor a efusivos	poor a efusivos
C5	muy claro	id	id	id	alto			N-S E-W	id	id	ninguno	granuloso (B)	granuloso
C2	gris o claro	granoso o suave persistentemente áspero	sub dendrítico - paralelos	baja o media	id			N-S NW-SE E-W	claro o poor a alto	claro o poor a alto	poor	granuloso (A)	id
C1	gris	pequeño suave	sub paralelos - dendrítico	baja	medio o alto			N-S NW-SE	poor a alto	poor a alto	ninguno	diarita	id
D2	claro o gris	suave	id	media o baja	baja				concentricamente claro	concentricamente claro	id	alteración débil (apollonia)	alteración nuclear
D3	claro o muy claro	id	id	id	id			NE-SW	id	id	id	alteración media (id)	id
D4	muy claro	id	id	id	id				id	id	id	alteración nuclear (id)	id
D1	claro o gris	áspero y suave	id	baja	alto				id	id	id	alteración (principalmente silificación)	id

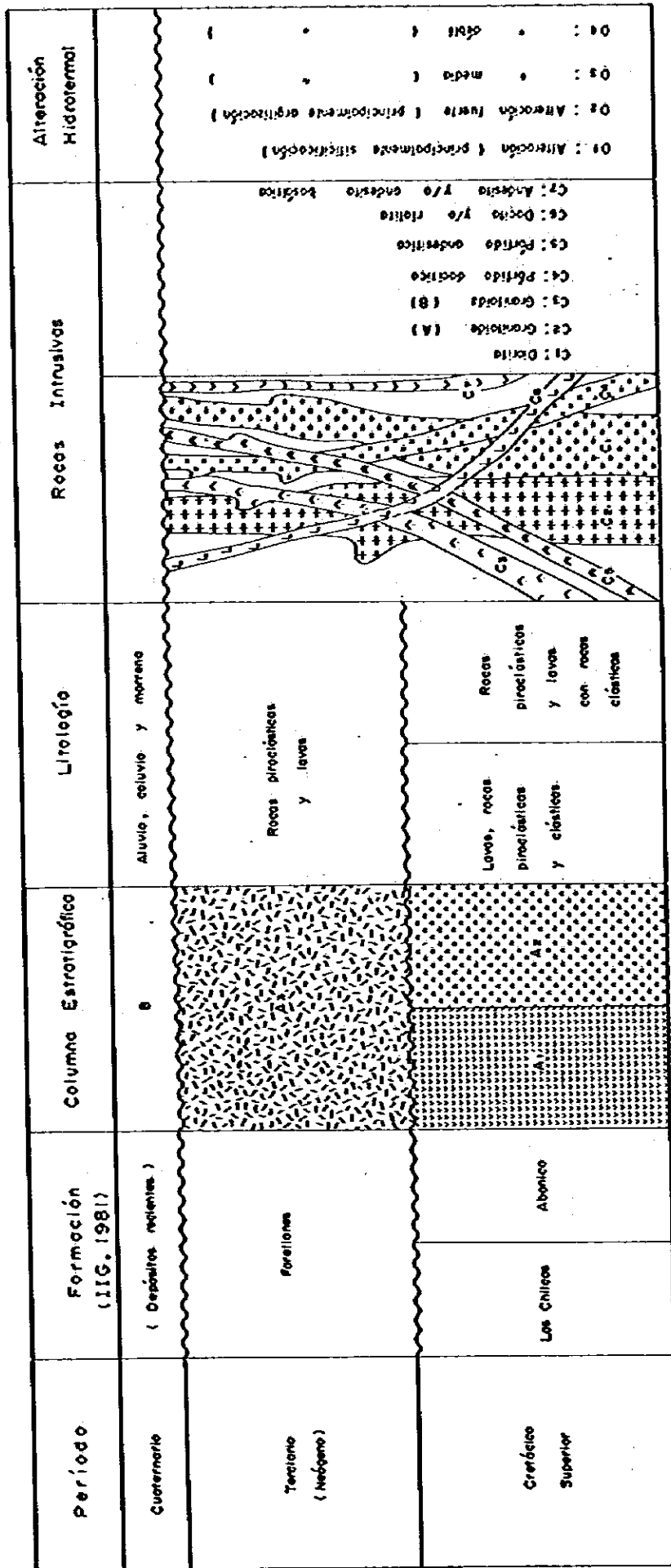


Fig. 7 Columna Fotogeológica Generalizada del Area Estudiada

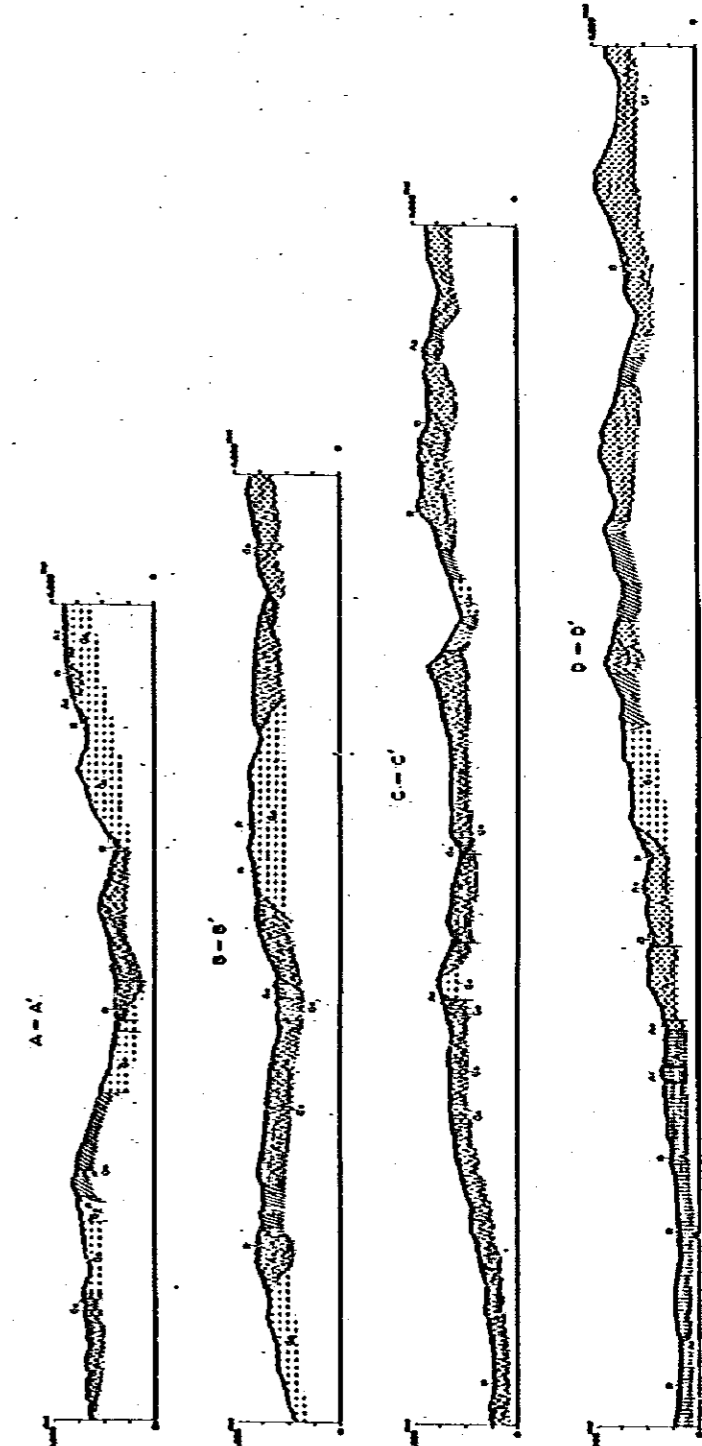
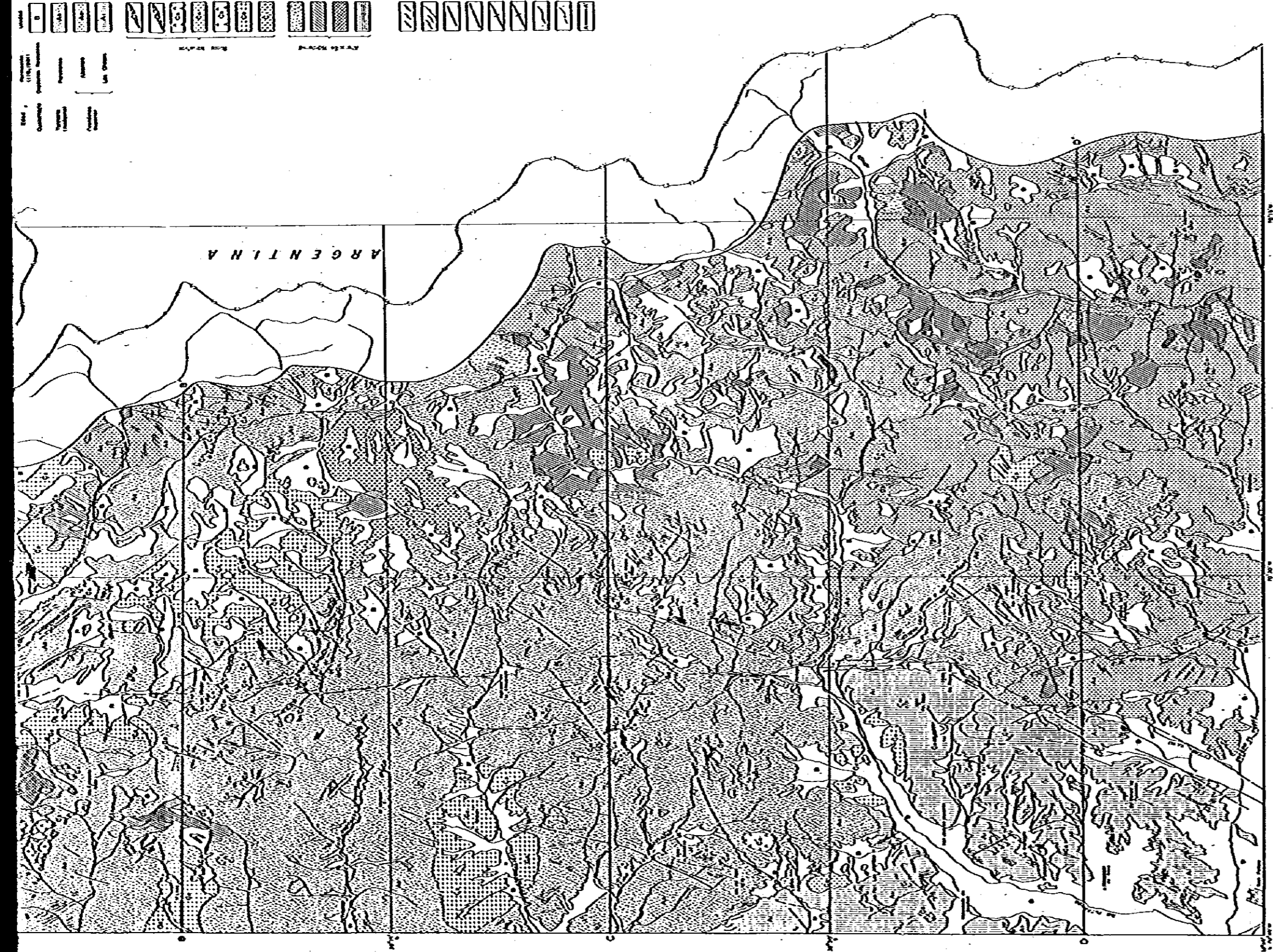
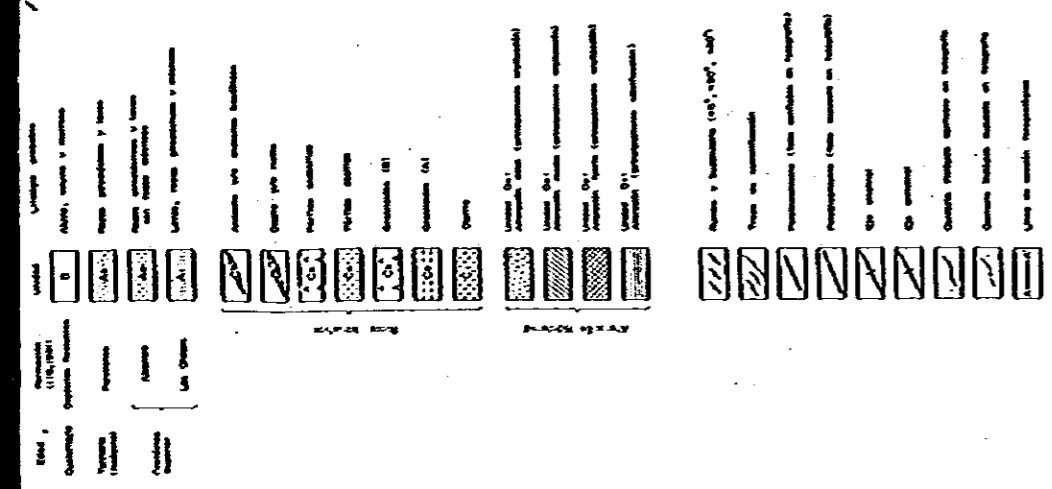
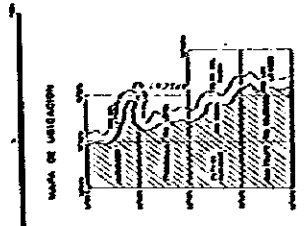


Fig. 8 Mapa Fotogeológico en el Area Norte de "Río Blanco"

ESTUDIO GEOLÓGICO DE COMPLICACIÓN MINERA
 EN LA REPÚBLICA DE CHILE

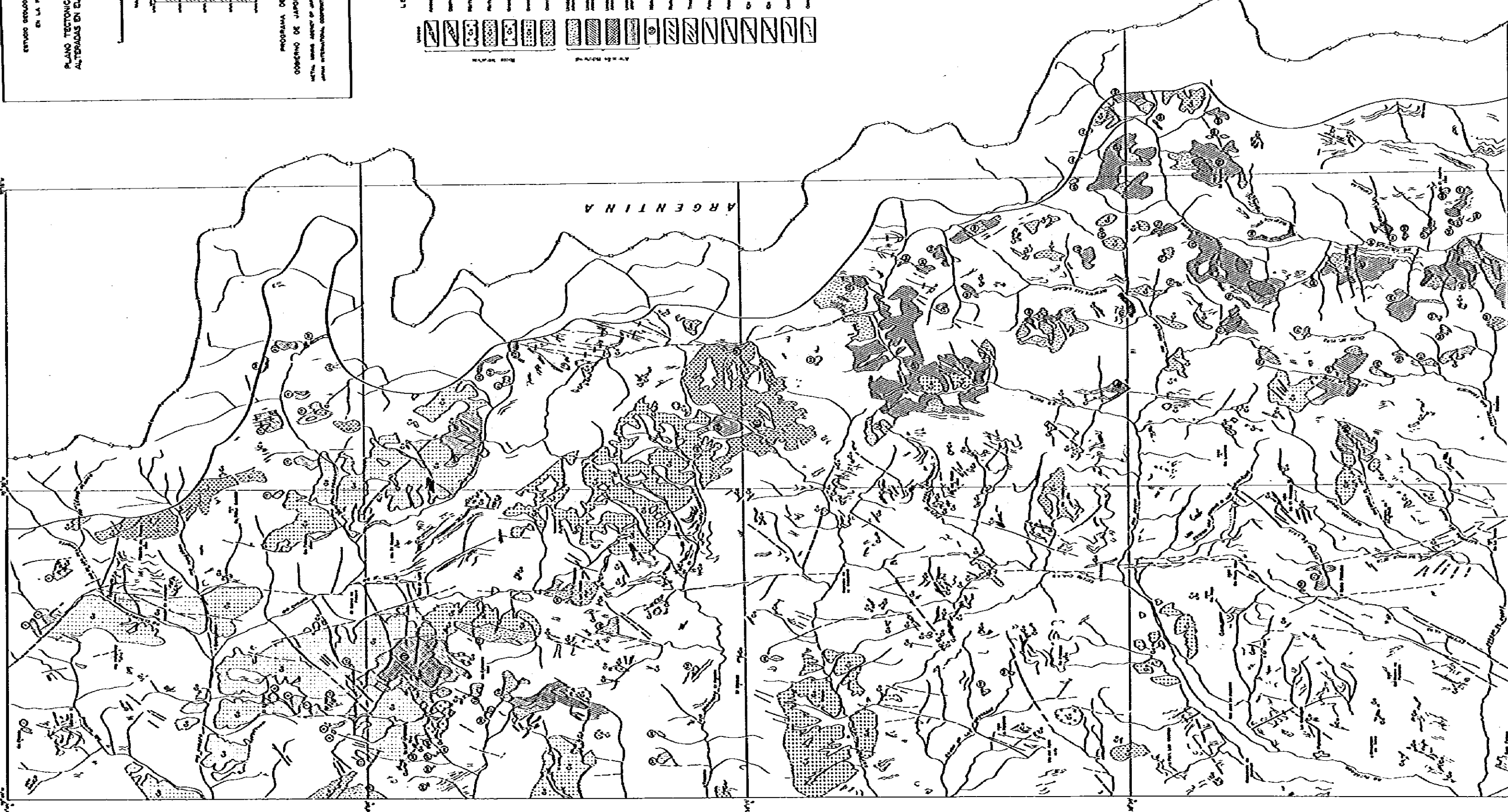
PLANO TECTÓNICO Y UBICACION DE ZONAS
 ALTERADAS EN EL AREA NORTE DE RIO BLANCO



PROGRAMA DE EXPLORACION MINERA
 GOBIERNO DE JAPON
 GOBIERNO DE CHILE
 INSTIT. MINAS JAPAN OF JAPAN
 SERVICIO NACIONAL DE
 JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY
 GEOLOGIA Y MINERIA
 FEBRERO 1954

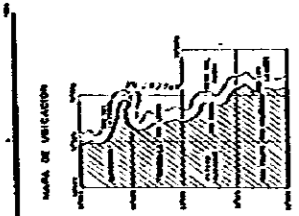
LEYENDA

- | | |
|--|--|
| | ZONA VOLCANICA |
| | ZONA METAMORFICA |
| | ZONA SEDIMENTARIA |
| | ZONA IGNEA |
| | ZONA DE FALLAS |
| | ZONA DE PLEGAMIENTOS |
| | ANTICLINAL |
| | SINCLINAL |
| | FALLA DE EMPUJAMIENTO |
| | FALLA NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO |
| | FALLA DE PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA NORMAL Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO |
| | FALLA DE DESPLAZAMIENTO Y PLEGAMIENTOS Y EMPUJAMIENTO NORMAL |



ESTUDIO GEOLÓGICO DE EXPLORACIÓN MINERA
EN LA REPÚBLICA DE CHILE

PLANO TECTÓNICO Y UBICACIÓN DE ZONAS
ALTERADAS EN EL ÁREA NORTE DE RÍO BLANCO*



PROGRAMA DE EXPLORACIÓN MINERA
GOBIERNO DE JAPÓN GOBIERNO DE CHILE
INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY SERVICIO NACIONAL DE
RECERCA Y SERVICIOS GEOLÓGICOS Y MINEROS
FEBRERO 1968

LEYENDA

[Symbol]	Unidad geológica
[Symbol]	Unidad litológica
[Symbol]	Unidad estructural
[Symbol]	Unidad tectónica
[Symbol]	Unidad geotectónica
[Symbol]	Unidad geotectónica (I)
[Symbol]	Unidad geotectónica (II)
[Symbol]	Unidad geotectónica (III)
[Symbol]	Unidad geotectónica (IV)
[Symbol]	Unidad geotectónica (V)
[Symbol]	Unidad geotectónica (VI)
[Symbol]	Unidad geotectónica (VII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (VIII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (IX)
[Symbol]	Unidad geotectónica (X)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XI)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XIII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XIV)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XV)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XVI)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XVII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XVIII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XIX)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XX)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXI)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXIII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXIV)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXV)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXVI)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXVII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXVIII)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXIX)
[Symbol]	Unidad geotectónica (XXX)

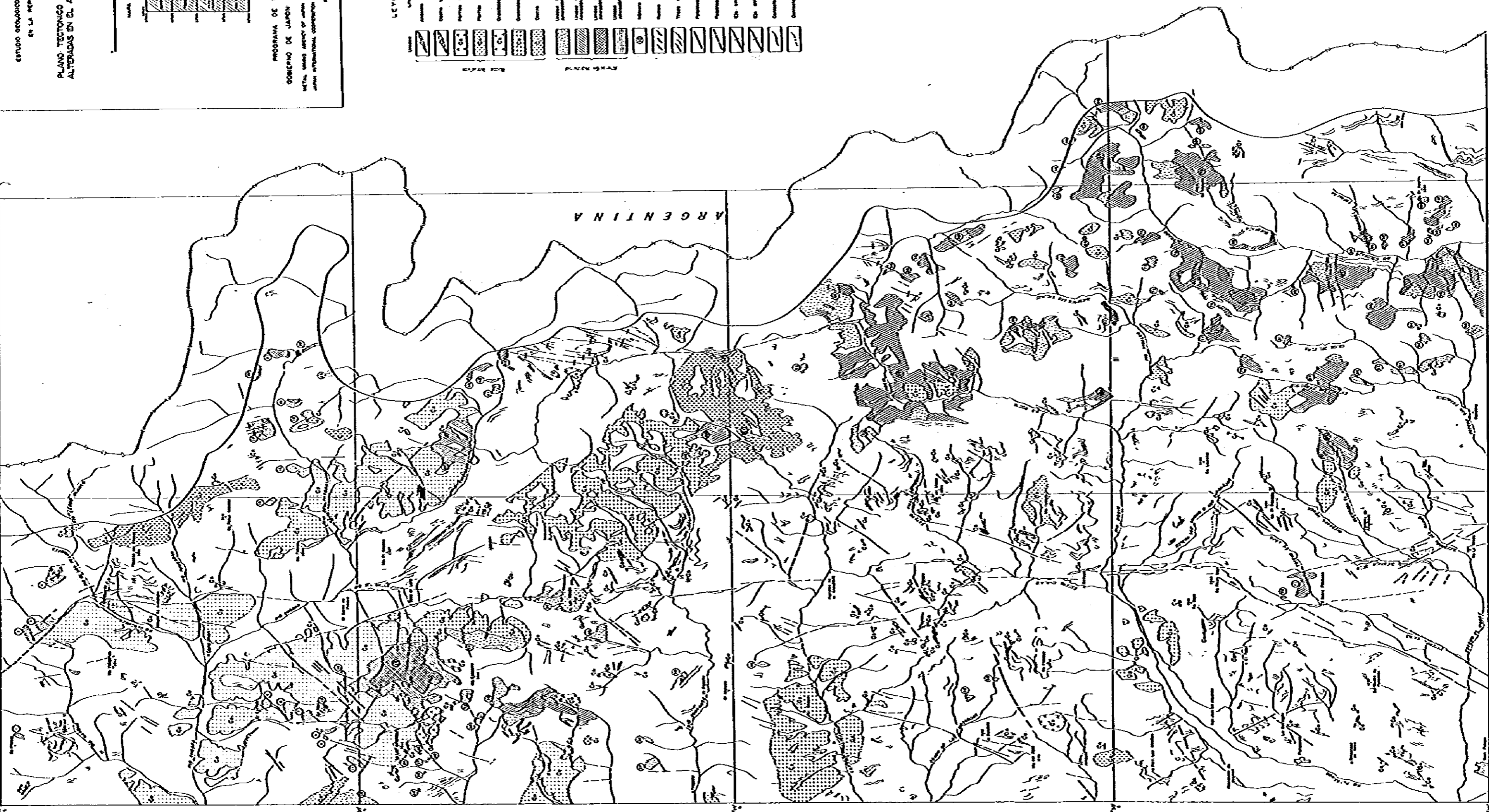


Fig. 9 Plano Tectónico y Ubicación de Zonas Alteradas en el Área Norte de "Río Blanco"

2) 単元 A2

本単元は本地域東半部の北部から南部にかけて分布し、特に北東部および南部で優勢である。

写真的には、一般に暗灰ないし灰な色調を示すが、Chicharra (チチャラ)川上流、Colorado 川およびHidalgo (イダルゴ)川流域の一部では暗、またColorado 川流域の一部では明灰な色調を示す。肌合は一般に粗または線状で、一部明灰な色調を示す部分では滑らかである。

地形的には、中ないし高密度の樹枝状ないし亜平行、樹枝状水系、低ないし高い抵抗度または起伏量をもつ尖鋭的な山稜形態、A1と比較した場合、より広く鉛底に類似した谷断面等を示す。ベディングは成層岩類の単位の中で最もよく発達し、特に東部では顕著で急傾斜を示すところがある。植生はまばらで極めて少ない。

本単元とその上位に発達する単元A3との境界は大部分不明瞭であるがValle (ヴァジェ)川の東部では一部明瞭である。また、単元Bとの境界は明瞭、貫入岩類の単位とは明瞭または不明瞭で、変質帯の単位とは大部分不明瞭である。

以上の諸特徴から、本単元は火砕岩類ないし火山岩類を主とし、砕屑岩類を伴うものと判定される。砕屑岩類は特にChicharra 川上流の右岸部からその南方にかけて発達し、暗灰ないしより暗い色調の縞模様を示すところから砂岩と泥岩の互層より構成される可能性が高い。また、この砕屑岩類は顕著な褶曲構造を形成している。

Colorado 川流域では特に暗灰な色調を示し、高い抵抗度を持つ火山岩類と、これに挟在する火砕岩(灰の色調と低い抵抗度)より構成されていると解される。

本単元はIIG (1981)のAbanico層に相当する。

3) 単元 A3

本単元は本地域の北部から南部にかけてみられ、成層岩類の単位中最も広く分布する。

写真的には暗、暗灰、灰および明灰の多様な色調を示す。一般に粒状ないし粗の肌合を示すが、一部明灰な色調を示す個所は肌合が滑らかである。

地形的には、地質単位中最も高い密度の樹枝状ないし亜樹枝状水系を示し、中程度ないし高い抵抗度を示す。起伏量は単元A2よりも若干高い。山稜形態は単元A2よりややなだらかであるが、谷断面の幅はより狭い。ベディングは部分的に良く発達

し、緩傾斜である。植生はまばらで東部域程少なくなる。

本単元は単元Bに覆われており、その境界は明瞭である。大規模な貫入岩類の単元とは不明瞭であるが、小岩体とは明瞭である。また、変質帯の単元とは不明瞭である。

以上の諸特徴から、本単元は火砕岩類ないし火山岩類より成ると判定される。全般的には火砕岩類が卓越するとみられるが、本地域南部すなわち Rocín 川南部では特に暗い色調と高い抵抗度の特徴を示す火山岩類が発達すると推測される。

本単元は I I G (1981) の Farellones 層に相当する。

3-2-2 未固結堆積物

単元 B

本単元は主要河川沿いに発達するほか、山岳地の崖錐斜面にも分布し、後者の場合特に地域の東半部に点在する。

写真的には成層岩類の単元に比べ明るい色調を示し、やや滑らかないし粒状または一部線状の肌合を呈する。

地形的には他単元と確実に区別できる低密度の垂直線状、蛇行状および小規模な分枝状の水系を示し、抵抗度は極めて低い。植生は主要河川沿いに発達するが、上流部程少なくなる。なお、本単元の分布する山岳地の斜面には殆んど植生がみられない。

本単元は他のすべての地質単元を覆っており、それらとの境界は明瞭である。

以上の諸特徴から本単元は主として沖積層、氷河堆積物および崖錐堆積物と判定される。また、上記の特徴に加えてこれらの堆積物より若干抵抗度が高く、水系に平行な縞模様を示し、かつ河川沿いに独立した分布をなす箇所は氷河堆積物と判定される。

本単元は I I G (1981) の第四紀の堆積物に相当する。

3-2-3 貫入岩類

貫入岩類の単元は C₁、C₂、C₃ …… および C₇ の7つに区分される。

1) 単元 C₁

本単元は本地域の北東部および中央部に5箇所分布し、単元の規模は最大：7×11Km (中央部の岩体)、最小：1×1Km未済である。

写真的には、灰の色調、やや滑らかな肌合を示す。

地形的には低密度の歪平行・樹枝状の水系、中程度ないし高い抵抗度、起伏量の低い比較的なだらかな山稜形態を示す。

本単元は単元A₂ および A₃ の分布域にみられ、単元C₂、C₄、C₆ および変質帯の単元と接する。単元C₄ および C₆ との境界は明瞭その他は不明瞭である。産状は

岩株状で、単元の一部は断層によって切られる。

本単元は単元A2 およびA3を貫き、単元C4 およびC6 によって貫かれていると推測されるが、単元C2 との関係は不明である。

本単元は、IIG (1981) では花崗岩類として一括されているが、後述の花崗岩類と判定される単元C2 (本地域中央部に分布する本単元はこの単元と接する)との間に色調の微妙な差がみられ、より灰の色調を示しているため、その灰の色調のより強調された部分を独立させて本単元とした。

本単元の岩相は以上の特徴からして閃緑岩に近いものと思われる。

2) 単元 C2

本単元は本地域の各所に分布するが、特に中央部から北部にかけてやや偏在する傾向がある。単元の規模は最大：6 × 3.3Km, 最小：0.5 × 0.5Km未済である。

写真的には灰～明の色調を示し、一般に粒状ないし滑らかな組合を呈する。

地形的には単元C1 よりは若干密度の高い亜樹枝・平行状水系、高い抵抗度、起伏量の低いなだらかな山稜形態等の特徴を示す。植生は比較的標高の低い西側の地域ではまばらに生育しているが、東側では極めて少ないか、またはみられない。

本単元は単元A1, A2 およびA3 の分布域にみられ、単元C1, C3, C5, C6 および変質帯の単元と接する。C3, C5 およびC6 との境界は明瞭、その他は不明瞭である。本単元の産状は岩株およびパノリス状で一部は断層によって切られる。本単元は単元A1, A2 およびA3を貫き、単元C3, C5 およびC6 によって貫かれていると推測される。

以上の観点からして、本単元は花崗岩類と判定されるが、同じく花崗岩類と判定される中にも色調に差がみられることからして花崗岩類を2つに区分し、灰～明の色調を示したものを(A)、極めて明るい色調の部分を(B)とし、本単元を花崗岩類(A)とした。

なお、本単元はIIG (1981) の花崗岩類にほぼ一致する。

3) 単元 C3

本単元は本地域の中央部から北部にかけて点在し、特に Amarillos (アマリジョス) 山 (標高2,903^m) の南側の山麓部に密に分布する。本単元の規模は概して小さく最大：2 × 3Km, 最小：0.2 × 0.2Kmである。

写真的には貫入岩類の単元の中で最も明るい色調を示し、粗またはどつどつした組合を呈する。

地形的には低密度の亜平行・樹枝状の水系，高い抵抗度，および起伏量の低い逆V字型のややゆるやかな山稜形態等の特徴を示す。

本単元は単元A₂ およびA₃ の分布域にみられ，単元C₂，C₄および変質帯の単元と接する。変質帯の単元との一部の場合を除いて一般に接する各単元との境界は明瞭である。本単元の産状は岩株状である。本単元は単元A₂，A₃およびC₂ を貫いておりと推測されるが単元C₄ との関係は不明である。

以上の点からみて，本単元は花崗岩類(B)と判定される。本単元はIIG(1981)の花崗岩類の一部に相当する。

4) 単元 C₄

本単元は本地域の各所に散在する。単元の規模は一般に小さく最大：2×4km²，最小：0.1×0.2km²である。

写真的には明るい色調，粗くごつごつした肌合を呈する。

地形的には低密度の亜平行・樹枝状の水系，中程度ないし高い抵抗度および起伏量の低い逆V字型の山稜形態等の特徴を示す。植生は極めてまばらである。

本単元は単元A₁，A₂およびA₃分布域にみられ，単元C₁，C₃，C₅，C₆および変質帯の単元と接し，それぞれの単元との境界は明瞭から不明瞭まであり一定しない。本単元の産状は岩株および岩脈状で，2，3の箇所ではツル状である。本単元は単元A₁，A₂，A₃ およびC₁ を貫いており，単元C₅およびC₆ によって貫かれていると推測される。

以上の点からみて，本単元は酸性の半深成岩と判定され，IIG(1981)における斑状の石英安山岩にほぼ相当する。

5) 単元 C₅

本単元は本地域の中央部から南部にかけて点在するが，わけても中央部に比較的多く認められる。単元の規模は最大：1×2km²，最小：0.2×0.2km²で概して小さい。

写真的には暗灰～灰の色調を示し，粗い肌合を呈する。

地形的には極めて密度の低い平行状水系，高い抵抗度および逆V字型の山稜形態を示す。植生は極めてまばらである。

本単元は単元A₁，A₂およびA₃の分布域に発達しており，単元C₂，C₄および変質帯の単元と接する。これらの単元との境界は比較的明瞭である。本単元の産状は岩株および岩脈状で，単元A₁，A₂，A₃，C₂およびC₄を貫いており，主要な貫入方

向はN-Sである。

以上の点から、本単元は中性の半深成岩と判定され、IIG(1981)における斑状の安山岩に一致する。

6) 単元 C₆

本単元は本地域の主として西半部に分布し、単元の規模は幅50m未満、最大延長1.5kmと極めて小規模である。

写真的には明るい色調、線状の肌合を呈する。地形的には細長く直線状に断続して配列する小規模な突出部として、あるいは同一伸長方向をもって並列する相対的に突出した小丘稜として表現されている。したがって抵抗度は中程度ないし高い。単元の規模が小さいためそれ自体での水系および山稜形態を持たない。

本単元は単元A₁、A₂およびA₃の分布域に発達しており、C₁、C₂およびC₄と接する。それぞれの単元との境界は極めて明瞭である。本単元の産状は岩脈状で、単元A₁、A₂、A₃、C₁、C₂およびC₄を貫いている。NNE-SSWないしNE-SW、NW-SEおよびE-Wの3方向があり、このうち1番目の方向が顕著である。

以上の点から、本単元は石英安山岩ないし流紋岩と判定される。本単元はIIG(1981)では表現されていない。

7) 単元 C₇

本単元は本地域の南東端部にのみ分布する。単元の規模は幅100m未満、最大延長1kmでC₆と同様極めて小さい。

写真的には貫入岩類の中で最も暗い色調を示し、線状の肌合を呈する。

地形に表現された形態はC₆のそれと同じであり抵抗度が高い。

本単元は単元A₂の分布域にみられ、それとの境界は明瞭である。本単元は岩脈状で、単元A₂を貫く。貫入方向はNNE-SSWおよびE-Wである。

以上の点から、本単元は安山岩または玄武岩質安山岩と判定されるが、IIG(1981)では表現されていない。

3-2-4 変質帯

本地域には次のような特徴をもった単元が既述の単元と区別されて観察される。

- i) 色調が明~灰ないし極明を示し、他の単元よりも一般的に明るい。
- ii) 肌合が滑らかである。
- iii) 抵抗度が低い。

iv) 山稜形態が極めてなだらかな波状を示す。

v) 分布が一般的に狭い範囲に限られており、かつ不規則な塊状形態を示している。

以上の特徴は一般的に熱水性の変質帯にみられるものであり、本解析結果でも変質帯として扱った。また、本单元内でも写真的、地形的特徴に微妙な違いがみられるため、さらにD₁、D₂、D₃およびD₄の4つの单元に細分した。なお、後述のようにD₁は珪化作用を伴った変質帯と解され、また、D₂、D₃およびD₄はいずれも粘土化変質を主体とした変質帯であり、それぞれその程度区分として強、中、弱で説明される。

单元数はD₁:3箇所、D₂:26箇所、D₃:77箇所、D₄:34箇所、総計140箇所であった。これらの单元は同一変質帯の中で単一または複数で存在し、これらの单元からなる変質帯は総計105箇所であった(PL. 2)。

個々の変質帯の特徴についてはTable 5に示されている。

1) 单元 D₁

本单元はいずれも本地域南東部のColorado川の上流域に発達している。单元の規模(長径×短径、以下同様)は最大2.0×1.0km、最小(0.5+α)×(0.5+α)kmである。

写真的には明～灰の色調、粗および滑らかな部分が混合した肌合を呈する。

地形的には低密度の歪平行・樹枝状水系、比較的高い抵抗度、逆V字型の山稜形態を示す。

本单元は单元A₂の分布域に胚胎し、单元D₂、D₃と接する。部分的に单元Bにより覆われ、塊状形態をなす。本单元の長軸方向はN-Sである。

以上の点から、本单元は珪化を主とする変質作用と判定される。母岩は单元A₂と考えられる。IIG(1981)では熱水性の変質帯とされている部分の一部に相当する。

2) 单元 D₂

本单元は本地域の南西部を除く随所にみられ、26箇所に分布する。このうち最大規模のものはCencerro(センセロ)山(標高3,404m)の北部に5.5×3kmの分布範囲を占める。

写真的には極めて明るい色調、滑らかな肌合を示す。

地形的には中ないし低密度の歪平行・樹枝状水系、低い抵抗度および起伏量の極めて低いなだらかな山稜形態を示す。

Tabla 5 Lista de Zonas Alteradas del Area Estudiada

Número de Zona Alterada	Coordenada		Dimensión	Unidades de Zona Alterada				Nombre de los Cuadrangulos Escala 1:50.000
	Norte	Este		D1	D2	D3	D4	
1	6484.5	342.0	800 x 150 m				o	CUNCUMEN
2	6484.0	347.2	1.800 x 600			o		id
3	6482.5	348.0	1.500 x 700			o		id
4	6482.0	351.5	1.500 x 800			o		id
5	6465.8	341.5	1.400 x 300			o		id
6	6463.5	341.5	1.400 x 700			o		id
7	6462.0	341.0	1.400 x 800			o		id
8	6460.8	339.2	400 x 200				o	id
9	6460.6	339.7	1.400 x 100				o	id
10	6458.5	334.8	3.100 x >500				o	CUNCUMEN, TRANQUILLA
11	6458.5	337.4	1.300 x 500			o		id
12	6461.0	341.6	150 x 100				o	CUNCUMEN
13	6455.0	344.5	8.800 x 6.000		o	o	o	CUNCUMEN, TRANQUILLA
14	6459.3	344.5	500 x 300			o		CUNCUMEN
15	6465.2	358.0	700 x 300			o		CUNCUMEN, RIO DEL TORORAL
16	6463.0	360.0	2.000 x 800			o		RIO DEL TORORAL
17	6465.6	363.3	1.400 x 1.400		o	o		id
18	6462.0	364.0	3.200 x 1.600			o		id
19	6463.5	365.5	1.300 x 600		o	o		id
20	6466.7	367.7	2.000 x 1.200		o			id
21	6464.5	369.4	1.800 x 600		o			id
22	6462.2	369.8	2.000 x 200		o	o		id
23	6460.4	367.7	1.300 x 300			o		id
24	6455.0	338.5	1.600 x 1.000			o		TRANQUILLA
25	6453.6	335.5	300 x 100			o		id
26	6453.2	336.9	200 x 100			o		id
27	6453.2	337.7	400 x 100			o		id
28	6453.7	338.2	200 x 50			o		id
29	6452.9	338.0	300 x 200			o		id
30	6449.5	340.5	200 x 100			o		id

Número de Zona Alterada	Coordenada		Dimensión	Unidades de Zona Alterada				Nombre de los Cuadrangulos Escala 1:50.000
	Norte	Este		D1	D2	D3	D4	
31	6449.5	341.1	150 x 100 m			o		TRANQUILLA
32	6450.3	342.8	1.200 x 700				o	Id
33	6444.5	342.5	8.100 x 1.800			o	o	Id
34	6448.8	347.0	6.000 x 1.200			o	o	Id
35	6444.2	350.2	2.000 x 1.500				o	Id
36	6440.5	347.5	2.000 x 1.000				o	Id
37	6436.5	337.8	1.100 x 700				o	Id
38	6436.8	339.6	1.000 x 300				o	Id
39	6434.2	344.4	800 x 400			o		Id
40	6451.3	361.7	4.300 x 2.800			o	o	RIO LEIVA
41	6448.0	366.0	800 x 500				o	Id
42	6448.5	366.5	1.000 x 150				o	Id
43	6449.5	367.5	2.500 x 800			o	o	Id
44	6447.5	368.8	1.100 x 600			o		Id
45	6433.8	361.5	1.000 x 800				o	Id
46	6432.0	363.0	3.500 x 1.600				o	Id
47	6431.7	368.8	2.300 x 700			o		RIO LEIVA, RIO ROCIN
48	6428.6	345.5	1.100 x 500				o	ESTERO ALICAHUE
49	6413.4	343.2	700 x 600				o	Id
50	6411.5	344.7	500 x 300			o		Id
51	6429.0	362.5	2.100 x 400				o	RIO ROCIN
52	6425.7	367.5	800 x 600				o	Id
53	6419.0	367.0	14.000 x 5.000			o	o	Id
54	6419.5	375.2	900 x 100				o	Id
55	6418.0	374.6	1.400 x 500				o	Id
56	6416.8	375.8	2.000 x 700				o	Id
57	6416.8	371.9	900 x 400				o	Id
58	6414.7	373.3	1.600 x 400				o	Id
59	6414.5	377.8	4.000 x 900			o	o	Id
60	6409.0	370.0	5.300 x 3.000				o	Id

Número Zona Alterada	Coordenada		Dimensión	Unidades de Zona Alterada				Nombre de los Cuadrangulos Escala 1:50,000
	Norte	Este		D1	D2	D3	D4	
61	6404.5	365.7	3.000 x 700 m		o	o		RIO ROCIN
62	6403.2	372.0	2.000 x 800		o			RIO ROCIN, RIO COLORADO
63	6406.3	375.7	1.700 x 1.200		o			RIO ROCIN
64	6405.3	377.7	300 x 300		o			Id
65	6407.5	381.3	700 x 500		o			Id
66	6407.4	382.5	1.200 x 500		o			PASO DEL RUBIO
67	6404.0	382.0	6.000 x 4.400	o		o	o	PASO DEL RUBIO, RIO ROCIN, RIO LOS LEONES, RIO COLORADO
68	6407.0	384.5	1.700 x 1.000	o				PASO DEL RUBIO
69	6404.0	387.5	4.500 x 3.600	o	o	o	o	PASO DEL RUBIO, RIO LOS LEONES
70	6390.5	351.2	400 x 200		o			SAN FELIPE
71	6388.7	351.3	2.300 x 1.000			o		Id
72	6399.7	373.9	700 x 200		o			RIO COLORADO
73	6400.5	376.0	1.000 x 800			o		Id
74	6400.7	377.9	2.000 x 700		o			Id
75	6396.0	375.0	7.900 x 3.300		o	o		Id
76	6397.5	383.0	5.700 x 2.800		o	o	o	RIO COLORADO, RIO LOS LEONES
77	6395.5	371.0	2.300 x 1.200		o	o		RIO COLORADO
78	6395.0	372.7	1.600 x 400			o		Id
79	6393.3	368.7	2.000 x 1.000			o		Id
80	6391.7	377.6	5.400 x 900			o		Id
81	6390.3	370.4	900 x 600			o		Id
82	6390.3	374.3	1.000 x 600			o		Id
83	6386.0	362.0	4.400 x 2.900			o	o	Id
84	6387.5	367.0	5.700 x 2.600		o	o	o	Id
85	6385.0	367.5	1.800 x 600		o	o		Id
86	6383.0	372.5	4.300 x 2.500			o		Id
87	6386.7	373.3	5.600 x 2.000		o	o	o	Id
88	6385.0	377.3	600 x 200			o		Id
89	6384.7	378.3	1.800 x 1.300			o	o	Id
90	6383.3	377.7	700 x 500			o		Id

Número de Zona Alterada	Coordenada		Dimensión	Unidades de Zona Alterada				Nombre de los Cuadrangulos Escala 1:50.000
	Norte	Este		D1	D2	D3	D4	
91	6380.2	368.6	4.700 x 700 m					RIO COLORADO
92	6380.2	370.8	1.000 x 500					id
93	6383.5	369.0	1.000 x 200					id
94	6380.6	371.8	500 x 300					id
95	6376.3	371.5	1.600 x 1.000					id
96	6378.0	376.0	>6.500 x 3.800					id
97	6381.4	378.5	1.200 x 600					id
98	6379.9	378.6	200 x 100					id
99	6379.8	378.9	500 x 400					id
100	6378.3	379.1	500 x 200					id
101	6379.1	380.3	2.800 x 800					id
102	6380.3	381.4	700 x 400					id
103	6401.3	385.7	1.000 x 200					RIO LOS LEONES
104	6396.0	384.5	2.300 x 800					id
105	6397.0	386.7	1.800 x 700					id
			Total	3	26	77	34	

本単元は単元A2, A3およびC2分布域に胚胎し, 単元C5, D3およびD4と接する。単元Bにより覆われ, 一般的に本単元の長軸方向はN-Sを示す傾向にある。

以上の点から, 本単元は強粘土化変質を主体とした変質帯と判定され, 各変質帯の母岩は単元A2, A3, C2およびC5(?)のいずれかであろう。なお本単元はIIG(1981)の熱水変質帯に相当する。

3) 単元 D3

本単元は本地域の変質帯单元の中で最も広範囲に発達し, 確認されたものは77箇所におよぶ。このうち最大規模のものはNo. ㊸でRocin川流域に分布し, 約9.5×5kmの拡がりを持つ。

本単元の写真・地形的諸特徴は単元D2とほぼ同様で, 僅かに明～極明の範囲にある微妙な写真色調の差(単元D2の方がごく僅かに明るい)および抵抗度が単元D2より若干高い程度の違いだけである。

本単元は単元A2, A3, C1, C2, C3およびC4の分布域に胚胎し, 単元C5, D1, D2およびD4と接し単元Bに覆われる。

以上の点から, 本単元は単元D2に類似する変質帯と判定され, 変質帯の強度がD2よりもやや低い中粘土化変質を主体とした変質帯とみなされる。各変質帯の母岩は単元A2, A3, C2およびC5のいずれかであろう。本単元はIIG(1981)の熱水変質帯に相当している。

4) 単元 D4

本単元は単元D3に次いで多く認められ, 34箇所分布する。分布範囲の最も広いものはNo. ㊹でRocin川中～上流域の左岸に分布し, 5×2.5kmの拡がりを持つ。

本単元の写真・地形的諸特徴では, 単元D3に比べやや灰の色調を示すこと, 若干高い抵抗度を持つという程度の差で, その他はD2, D3とほぼ同様である。

本単元はA2, A3, C1, C2, C3およびC4の分布域に胚胎し, 単元Bに覆われる。

以上の点から, 本単元はD2およびD3に類似した性質をもつ変質帯と判定され, 変質の程度がD3よりも低い弱粘土化変質を主体とした変質帯と考えられる。各変質帯の母岩は単元A2, A3, C2およびC3のいずれかであろう。

本単元はIIG(1981)の熱水変質帯に相当する。

3-3 地質構造

すでに3-1および3-2で詳述したように, 空中写真の判読によって成層岩類や貫入

岩類等の各単元の平面的分布が明らかになった。ベディングは実体視で誇張されてはいるが、写真から判読できる唯一の構造要素であり、地質構造を巨視的ないし中視的に把握するために重要である。これらのベディングは部分的に偏在するものの成層岩類の各単元中によく発達する。上記のベディングに加えてフォトリニアメントや個々の単元間の地質境界線(明瞭なもの)の地形との関係から理解される地質構造は以下の通りである。

1) 層位関係および褶曲

成層岩類の3つの単元であるA₁、A₂およびA₃のうち単元A₁と単元A₂はそれぞれ南西端部、北東部からほぼ連続的に東端部をへて南部までの領域に分布し、それらは南部で接しているが、断層(推定)関係であるため相互の累重関係は明らかでない。しかし、A₁およびA₂の上位に単元A₃が分布していることから、単元A₁とA₂は同時異相と考えられる。一方、単元A₁とその上位に広く発達する単元A₃とは判読された両単元のベディングの挙動および明瞭な地質境界線の連続性から判断して、構造上ほぼ調和的とみなされるが、接する箇所が少ないため詳細は明らかでない。他方、単元A₂と単元A₃の場合、北部にあるValle川の右岸部で明らかな構造的不調和が認められ、その部分ではみかけ上傾斜不整合と理解されるが、南部では不明瞭な境界線の場合が多いこと、および両単元ともに構成岩類が緩傾斜を示す傾向にあることから詳細を把握できない。未固結堆積物の単元Bは他のすべての単元に対して構造上不調和に覆う。

成層岩類に属する単元A₁、A₂およびA₃の各構成岩類は、別添の空中写真地質解析図上にベディング・トレースとして表示したように、一般に緩傾斜を示しながら大局的にはN-SないしNNW-SSE方向に連続し、部分的に波長約1~2kmの褶曲構造がくり返して発達する。

単元A₁では一般にNNW-SSE走向、ENEの緩傾斜の構造を示すが、La Quebrada(ラ・ケブラダ)付近でNNW-SSE方向の緩い向斜構造が、またLas Minillas(ラス・ミニジャス)の南東方でNW-SSE方向、波長約2kmの一对の背向斜構造が認められる。

一方、本地域南部に分布している単元A₂の場合、構造岩類は一般にN-S走向、EおよびWの緩傾斜を示し、みかけ上ゆるい波曲状構造として把握されるが、Rocín川とHidalgo川との合流点付近にみられる顕著な背斜はその領域全体(南部)を規制する構造を暗示している。また、北東部および東部に分布している本単元は基本的

にN-S走向、E傾斜(緩ないし急)の単斜構造を示すが、部分的に、特に東部に於て急傾斜でかつ波長の短い(1~2km)背斜・向斜がくり返し、その部分では大きな複向斜構造を形成している。

他方、单元A3では、調査地域全体の中央部に発達するN-S方向の断層(後述)の西側で、一般に单元A1の構造に調和したNNW-SSE走向、ENE緩傾斜の構造を示す。上述の断層の東側の領域では、その北部と南部で構造的変化が認められ、前者の部分では单元C2の分布域を含め、NNW-SSE方向の顕著な向斜構造(両翼は緩傾斜)が認められる。後者の部分ではベディングの挙動からみて、極めて緩い傾斜の構造が読みとられるが、前述した单元A2の南部領域にみられるN-S方向の構造がどの程度反映しているかは明らかでない。

貫入岩類の各单元のうち東部から北部に発達し、单元C1およびC2として区分された大規模な岩体は概ねN-SないしNNW-SSEの貫入方向をもつ。

Sobrante川上流部に露出する单元C2の岩体周辺の单元A3は、その岩体を中心に背斜ないしドーム構造を形成せず上述したようにNNW-SSE方向の軸をもち、両翼の傾斜の緩い向斜構造を形成しているが、その構造発達史的意義は空中写真の判読からは明らかにできない。

2) 断層

本解析にてフォトリニアメントとして抽出された線状構造は次のような事実から単なる節理とは考えにくく、種々の規模をもつ断層が表現されたものと判断できる。

- i) 明らかにそれを境に地層の変位量が判読される。
- ii) 一定方向の強調された水系が連続する。
- iii) その延長が最低でも1kmの長さがある。

本地域全体にN-S方向およびNE-SW方向の断層(写真上の確定および推定)が多数発達し、とりわけ分布範囲の広い单元A3の領域に顕著である。前者の方向のものうち、地域の北部から南部にかけての中央地帯に連続しながらよく追跡されるのが最も顕著なものであり、それはLandsatの画像では総延長約80kmの直線として表現されている。また、この断層の南部での延長部分は、雁行状に配列しながら、单元A1とA2を境する断層に連続するものと解釈される。後者の方向のものは上記のN-S方向の断層の周辺にしばしば認められるが、いずれの場合も概して延長が短い。判読から抽出されたこれらの断層と貫入岩類および変質帯の各单元との間に密接な

関係は認められない。

3-4 検 討

本解析では既存の通り、現地チェックのフォローがなくフィールド・エビデンスに基づいた検討がなされていないので、必然的に本項の内容には制約がある。ここでは既存資料（IIG, 1981）およびLandsat データ解析結果との比較検討を行った。

1) 成層岩類について

本解析による成層岩類の単元区分と既存資料の地層区分とはほぼ一致をみている。

岩質および構成については、既存資料のAbanico層に対比されている単元A₂において同資料では記載のない砂岩または泥岩の存在が主として地域の北東部で判読された。

逆に、既存資料のFarellones層では泥岩層の接在が記載されているが、同層に対比可能な単元A₃において同岩層の発達を判読できなかった。その理由はおそらく泥岩層の薄いことに起因しているものと思われる。

2) 貫入岩類について

貫入岩類の分布については両者が必ずしも完全に一致しないが、実体視をして倍鏡するということ、および写真・地形的特徴に基づいて追跡したということからみて本解析によるそれらの境界は十分な根拠を持っているものと判断される。

また、既存資料に記載のない貫入岩類、すなわち、単元C₁（閃緑岩）、C₆（石英安山岩ないし流紋岩）およびC₇（安山岩または玄武岩質安山岩）等を本解析において判読している。ただ単元C₁については既存資料による花崗岩類を本解析において一部岩相上細分したものである。

3) 変質帯について

変質帯の分布については既存資料と大局的には一致しているが、個々の境界については相違がみられる。

また、本解析において変質帯を主としてその強弱によって既述のように細分しており、一方既存資料においては変質帯として一括し細分はなされていない。

本解析による細分は写真・地形的特徴の微妙な差を十分考慮して行ったものであるが、その妥当性については現地チェックに基づいた検討が必要である。なお、この妥当性が現地チェックによって証明された場合、本解析手法は今後の鉱床探査にとってさらに有効性を増すことになろう。

4) 地質構造について

地質構造上も既存資料と比較して大きな相違はみられない。ただ単元A₂の一部を除いた成層岩類全般に緩傾斜を示す構造が形成されているため、本解析では把握されなかったような小規模な褶曲構造が存在する可能性はある。

以上のように本解析結果と踏査に基づいた既存資料とは大局的に一致してはいるものの、細部についてはかなりの相違があり、それらの相違点の解明に対しては今後の現地チェックによる検討が必要である点、本項の冒頭に述べた通りである。

5) Landsat データ解析結果との比較

Landsat データ解析で明らかになった各単元の分布と本解析によるそれらとは基本的にはほぼ一致するが、以下のような2, 3の相違点が認められた。これは空中写真に比べて Landsat データ (アナログ処理画像) の持つより低い解像度に起因すると考えられる。

- i) Landsat データ解析での単元Cは本解析での単元A₃にほぼ一致するが、本地域南部では比較的広範囲にわたって本解析での単元A₂の分布域を占めている。
- ii) Landsat データ解析での単元Eは貫入岩類および変質帯と判定され、両者の区分は困難であるが、本解析結果では7単元の貫入岩類および4単元の変質帯に分類された。

一方、リアメントについては、たとえばN-S方向の主要断層に表現される通り、巨視的な視野のもつ利点が活かされている。

6) 本地域における鉱床賦存の可能性について

本解析の結果、本地域は次のような地質鉱床的状況にあるものと想定される。すなわち、

- i) 本地域では中性の火山活動が極めて活発に行われた。
- ii) 花崗岩類の貫入活動も盛んであった。
- iii) 造山運動に伴った褶曲運動および断層運動も盛んに行われた。
- iv) 100数箇所におよぶ変質帯の発達も十分想定される。
- v) また、本地域はポーフイリー・カッパー・ベルト内にあり、かつ大型ポーフイリー・カッパー・鉱床も近傍に賦存している。

以上の点からして、本地域は鉱床賦存の可能性が極めて高いものと判断される。

なお、判読された変質帯のうち、№⑤, ⑥, ⑬, ⑭, ⑱, ㉑, ㉒, ㉓, ㉔, ㉕, ㉖, ㉗,

⑩、⑪ および ⑬ は花崗岩類と関連付けられるような分布を示し(PL. 2)、かつかなり規模の大きな不規則塊状の形態をなしており、ポーフイリー・カッパー型鉱床に関連した変質帯の可能性があり、注目に値する。

また、付近に關係火成岩のみられない変質帯(地域南・南東部に分布する変質帯の多く)も多数存する。それらの關係火成岩は潜頭性のものであるのか、あるいは同岩の変質が著しいため写真上ではその識別が困難なためによるものか、等については不明であるが、それらに対する現地調査の価値は十分にあるものと判断される。

本解析上、斑状の石英安山岩(單元C₄)、斑状の安山岩(單元C₅)、石英安山岩ないし、流紋岩(單元C₆)および安山岩または玄武岩質安山岩(單元C₇)等と関連付けられる鉱床の賦存は大きく期待できない。

また、既存資料によると地域西部の中央に脈状型鉱床の賦存が記載されているが、本解析においてはそれらを明確に把握することはできなかった。また、既述の通り、本地域にはN-S系の主要断層を初めとし、所々に大小の断層の発達が予想されるがいずれの断層においてもそれと関連した写真上でとらえられる規模の変質帯は判読できなかった。

これらのことからすると、本地域において規模の大きな脈状型鉱床の賦存は期待薄である。

以上を要約すると、本地域は鉱床賦存の高い地域であり、かつ鉱床の型としてはポーフイリー・カッパー型鉱床の可能性が最も大きい、ということがいえよう。

結論および将来への展望

結論および将来への展望

第1章 結 論

1-1 Landsat データ解析

縮尺1:250,000の通常の画像(白黒画像およびフォールス・カラー合成画像)とリニアメント強調画像を用い写真地質的手法で対象地域の地質および地質構造を解析した結果、次のことが明らかになった。

- 1) 地質単元はAからEまで5単元に区分される。写真地質的手法による判読と既存資料(HIG, 1981)との対比から、単元AおよびBは白亜紀後期の火山岩類、火砕岩類および砕屑岩類と、単元Cは新第三紀の火山岩類および火砕岩類と判定された。単元Dは第四系、単元Eは貫入岩類および変質帯である。
- 2) 解析地域の中央地帯にN-S系の断層および「その他のリニアメント」が断続しながらも顕著に発達する。その他に主としてNNE-SSWないしNE-SW系のリニアメント(広義)が、N-S系よりも小規模ながら全域に散在する。

1-2 空中写真地質解析

本解析の結果、次の段階の探査に対する基礎データとなる本地域の地質および地質構造が把握された。さらにポーフイリー・カッパー鉱床に関連すると考えられ、かつ探査ターゲットとして最も重要な変質帯の分布および産状等が明らかとなった。

1) 地質単元

本地域の地質は15単元に区分され、それらは成層岩類、未固結堆積物、貫入岩類および変質帯に大別される。

成層岩類は3つの単元(A₁~A₃)に区分され、単元A₁はLas Chilcas層に対比可能な上部白亜系の火山岩類および砕屑岩類、単元A₂はAbanico層に相当する上部白亜系の砕屑岩類を伴う火山岩類ないし火砕岩類、単元A₃はFarellones層にほぼ一致する新第三系の火砕岩類ないし火山岩類より構成される。これら相互の関係については単元A₁とA₂は断層で接し、果重関係は不明、単元A₁とA₃は調和的、単元A₂とA₃は傾斜不整合である。

未固結堆積物は単元Bと表示され、沖積層、氷河堆積物および崖錐堆積物より構成される。

貫入岩類は7単元(C₁~C₇)に区分され、それぞれ、閃緑岩、花崗岩類(A)、花崗岩

類(9)、斑状の石英安山岩、斑状の安山岩、石英安山岩ないし流紋岩および安山岩または玄武岩質安山岩より構成され、このうち花崗岩類(A)が最も広く発達する。

2) 地質構造

本地域の主要な構成岩類(成層岩類)はN-S方向に連続し、緩傾斜の波曲状構造を示しながら、全体としてB側に緩傾斜する。顕著な褶曲は单元A₂中、特に本地域の北東部で見られ、N-S方向の軸をもつ背・向斜が繰り返して発達する。单元A₁およびA₃にはNNW-SSEないしNW-SE方向の軸をもつ褶曲(両翼は緩傾斜)がみられるが連続性に乏しい。主要断層は本地域の中央部をN-S方向で断続的に発達し、Landsatデータ解析の結果にも顕著に表現されている。

3) 金属鉱床賦存のポテンシャル

既述のように本地域において105箇所および変質帯が抽出された。それらの一部は既存資料における熱水変質帯に対比されるが、既存資料には記載のない(同資料では40箇所が記載されている)新しいもの(65箇所)まで含まれている。またそれらの変質帯に対して変質の程度による細分(单元D₁~D₄)も試み、その妥当性に対しては現地チェックによらねばならないが、妥当性が証明された場合、今後の探査に対する本解析の意義は大きいものと考えられる。

以上のように、本地域は火成活動の極めて活発な地域であり、かつ100数箇所および変質帯の発達が推定され、また、本地域がポーフイリー・カッパー・ベルト内に位置している等のことからして、本地域にはポーフイリー・カッパー型鉱床の賦存が大いに期待される。

第2章 将来への展望

2-1 Landsat データ解析

本解析の結果と既存資料 (IIO, 1981) とを対比・検討した結果、一部の個所について差異がみられた。すなわち、既存資料では Abanico 層が解析地域の北東端部のみならず、南部および南東部にもよく連続して分布するが、画像上では单元 B (地域の東端部) の諸特徴が南部の方に連続せず、南東端部にある Colorado 川の上流部付近まで、対象地域外のアルゼンティンとの国境沿いに追跡すぎたにすぎない。しかしながら既述のように单元 A、B および C のそれぞれの写真的、地形的特徴に決定的な差異が認められず、それらは特に单元 B と C の間で著しい。これらの現象は单元を構成する岩質の地帯的变化に起因することも考えられるが、実際に画像から詳細を抽出することは困難である。

既述のように单元 B は全般に他の各单元との境界が明瞭で、しかもバンド 7 の白黒画像で独特の淡灰色の色調を示し、その抽出は比較的容易である。ポーフイリー・カッパー型鉱床の生成と関連が深いのはこの单元 B 中の貫入岩類であり、岩相変化の区分や変質帯のみの抽出等次の段階の判読・解析が必要であるが、それらの点に関しては使用するデータの縮尺がさらに大きい空中写真地質解析に委ねる。

2-2 空中写真地質解析

1) 今後の調査方法

以上の結果をもとに迅速かつ効率の良い鉱床の発見に結びつけるために現地調査の第一段階として次の調査を行うことが望ましい。

i) 変質帯調査

ii) 地化学探査

(全域の河川堆積物を対象、特に変質帯、貫入岩類の周辺の採取密度を上げる等)

2) 現地調査ルート

各单元の岩質および構成の解明ならびに地質構造の把握のため最低限次のルート調査を設定する。

i) Gaucho (ガウチョ) 山 (標高 2,367 m) の南部 : この地域は单元 A₂ と A₃ の傾斜不整合面の存在が判読されたところでこれの確認と両单元の岩質のチェックを行う。

ii) 変質帯 No. ④ の南部 : 单元 A₂ 中の褶曲構造と单元 A₃ の構造との関係ならびに本解析によって判読された单元 A₂ 中の砂岩、泥岩等の存在の確認。

iii) Chalaco (チャラコ) 沢下流：单元 A₁ と A₂、单元 A₁ と A₂ の層位的・構造的関係、
岩質ならびに N-S 方向の断層の確認。

参 考 文 献

参 考 文 献

- Aguirre (1960): Geología de Los Andes de Chile Central, prov. de Aconcagua, IIG. vol. No. 9, Santiago.
- IIG (1968) : Mapa geológico de Chile a escala 1 : 1,000,000, Santiago.
- IIG (1981) : Carta geológica de Los Andes de Chile a escala 1 : 250,000, Santiago (en imprenta).
- Instituto Geográfico Militar (1976):
Atlas escolar de Chile con la microregionalización del país, 2do. Edic.
- Instituto de Ingenieros de Minas de Chile (1980):
La Minería en Chile.
- Muñoz C. J. (1973): Geología de Chile, prepaleozóico - paleozóico y mesozóico.
- Quirt S., Clark, A. H., Farrar E., and Sillitoe R. H., (1971):
Potassium - argon ages of porphyry copper deposits in northern and central Chile [abs.], Geol. Soc. America Mtgs., Abs. with Programs, vol. 3, No. 7, p. 676 - 677.
- Ruiz Fuller C. et al. (1965):
Geología y yacimientos metalíferos de Chile, Santiago, IIG.
- Sillitoe R. H. (1973):
Geology of the Los Pelambres Porphyry Copper Deposit, Chile, Econ. Geol. vol. 68, No. 1.