

704  
G1  
HFN

THE UNIVERSITY OF CHICAGO  
LIBRARY

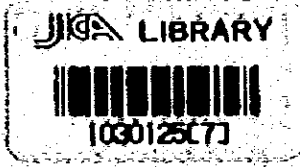
CR 14

7040  
5192  
MPN

チリ共和国

コンセプション東部地域

資源開発協力基礎調査報告書



(第三年次)  
13474

昭和56年6月

金属鉱業事業団  
国際協力事業団

國際協力事業団	
倉庫 No. 56	704
84.8.22	6.17
倉庫 No. 1	MPNY
記録 No. 13474	

14667

## は し が き

日本国政府は、チリ共和国政府の要請に応え、同国の中央-南部に位置するコンセプション東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及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。

本調査は昭和55年度が第3年次にあたり、金属鉱業事業団は5名の調査団を編成して、昭和55年10月10日から昭和56年2月27日まで、現地に派遣した。

現地調査は、チリ共和国政府関係機関、特にチリ地質調査所の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第3年次の調査結果をとりまとめたもので、最終報告書の一部となるものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力を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するものである。

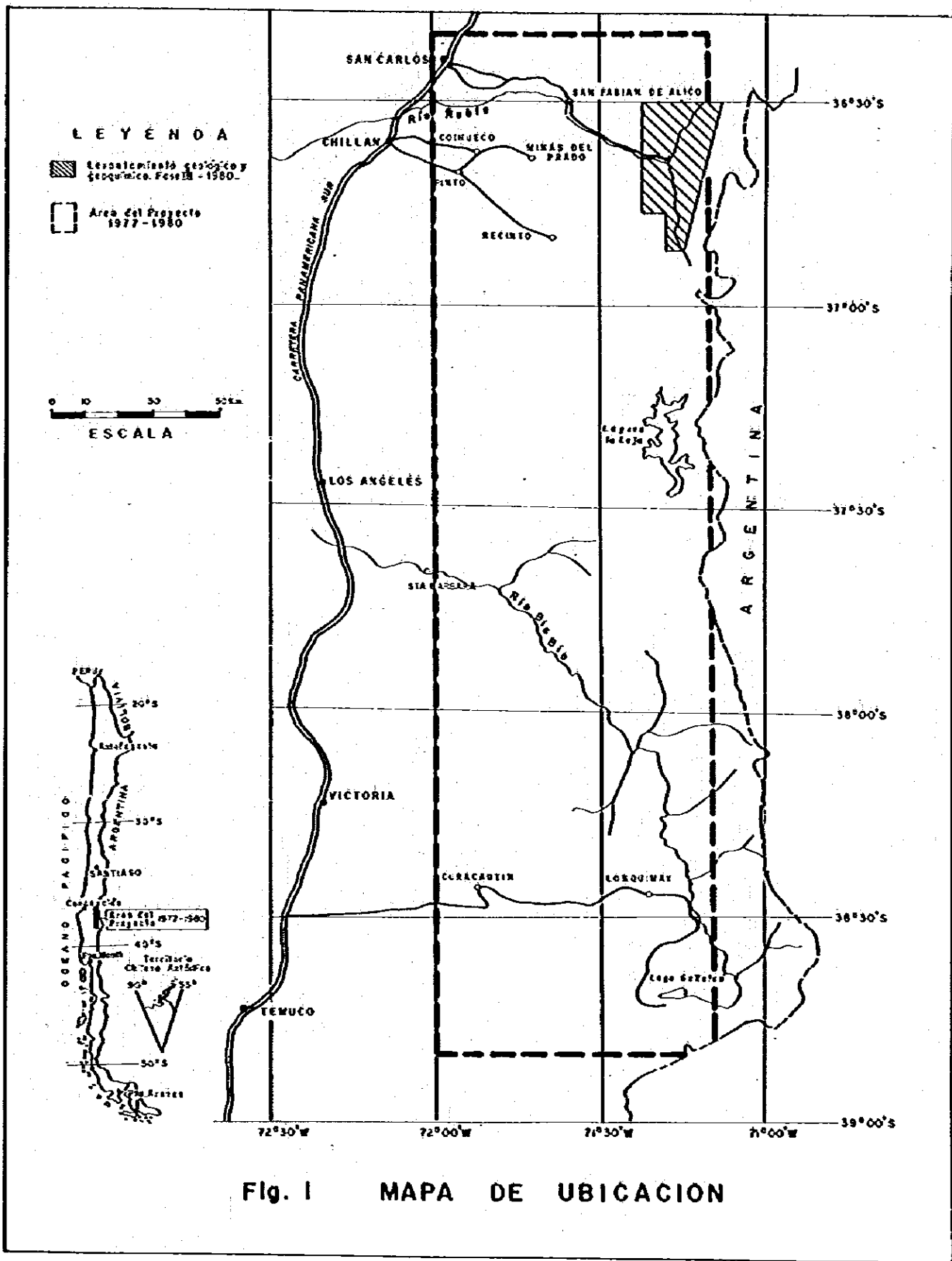
昭和56年6月

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

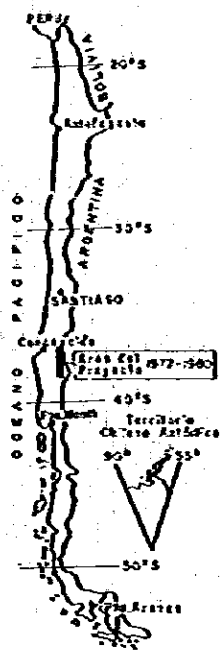


**LEYENDA**

- ▨ Estudios geológico y geofísico. Fovis - 1980.
- Área del Proyecto 1977-1980

**ESCALA**

0 10 30 50 Km



**Fig. 1 MAPA DE UBICACION**

# 目 次

は し が き		
位 置 図		
要 約	.....	1
序 論		
第 1 章	緒 言 .....	3
第 2 章	本年次調査内容 .....	4
2-1	調査区域 .....	4
2-2	調査方法及び調査量 .....	4
2-3	調査期間 .....	5
2-4	調査団の編成 .....	5
2-5	従来 of 調査 .....	5
本 論		
第 1 章	調査地域の地理 .....	7
1-1	位 置 .....	7
1-2	地 形 .....	7
1-3	気候及び植生 .....	7
1-4	交 通 .....	8
1-5	人口及び産業 .....	8
第 2 章	地質調査 .....	9
2-1	概 要 .....	9
2-2	層序及び岩質 .....	9
2-3	貫入岩類 .....	26
2-4	地質構造 .....	34
2-5	地 史 .....	36
第 3 章	応用地質 .....	37
3-1	概 要 .....	37
3-2	欽化・変質作用 .....	37
3-3	考 察 .....	53

第 4 章	地化学探査 .....	57
4-1	概 要 .....	57
4-2	試 料 .....	57
4-3	試料の分析 .....	59
4-4	データの統計処理 .....	61
4-5	結 論 .....	85
第 5 章	結論及び将来への展望 .....	88
5-1	結 論 .....	88
5-2	将来への展望 .....	89

REFERENCIAS .....	90
-------------------	----

ANEXO

Anexo 1	Informe geocronológico de muestras del área San Fabián de Alico.....	92
---------	--	----

Anexo 2	Análisis palinológico de muestras del área San Fabián de Alico .....	99
---------	--	----

APENDICES .....	A-1
-----------------	-----

## LISTA DE TABLAS (En Texto)

- |          |  |
|----------|--|
| Tabla 1  | Resumen de trabajos realizados                 |
| Tabla 2  | Calendario de trabajo                          |
| Tabla 3  | Restos fósiles encontrados en Unidad Río Ñuble |
| Tabla 4  | Composición química de rocas seleccionadas     |
| Tabla 5  | Características de las zonas mineralizadas     |
| Tabla 6  | Precisión de muestreo (unidades logarítmicas)  |
| Tabla 7  | Precisión analítica (unidades logarítmicas)    |
| Tabla 8  | Estadígrafos básicos (población primitiva)     |
| Tabla 9  | Estadígrafos básicos (población tamizada)      |
| Tabla 10 | Muestras erráticas                             |
| Tabla 11 | Test Kolmogorov-Smirnov para la normalidad     |
| Tabla 12 | Coefficiente de correlación                    |
| Tabla 13 | Matriz de factores ajustados                   |
| Tabla 14 | Superficie de tendencia para cobre             |
| Tabla 15 | Superficie de tendencia para zinc              |



## LISTA DE FIGURAS (En Texto)

- Fig. 1 Mapa de ubicación
- Fig. 2 Columna geológica generalizada de área San Fabián de Alicó
- Fig. 3 Mapa geológico del área San Fabián de Alicó
- Fig. 4 Perfil P1 (estero Pedernales)
- Fig. 5 Perfil P2 (cajón González)
- Fig. 6 Perfil P3 (cordillera La Mortandad)
- Fig. 7 Perfil P4 (sierra Tábanos)
- Fig. 8 Perfil P5 (río Nuble alto)
- Fig. 9 Diagramas triangulares
- Fig. 9a Clasificación model de rocas intrusivas (Streckeisen, 1974)
- Fig. 9b Composición normativa de roca intrusiva en diagrama APQ (Streckeisen, 1974)
- Fig. 10 Diagrama de fotolíneamientos
- Fig. 11 Plano tectónico y ubicación de zonas del área San Fabián de Alicó
- Fig. 12 Croquis del prospecto Las Tragedias
- Fig. 13 Plano de muestreo del prospecto Las Tragedias
- Fig. 14 Mapa de muestras geoquímicas erráticas (población primitiva)
- Fig. 15 Histograma y curva frecuencia acumulativa para cobre

- Fig. 16** Gráfico de frecuencia acumulativa para cobre
- Fig. 17** Histograma y curva frecuencia acumulativa para molibdeno
- Fig. 18** Gráfico de frecuencia acumulativa para molibdeno
- Fig. 19** Histograma y curva frecuencia acumulativa para zinc
- Fig. 20** Gráfico de frecuencia acumulativa para zinc
- Fig. 21** Histograma y curva frecuencia acumulativa para manganeso
- Fig. 22** Gráfico de frecuencia acumulativa para manganeso
- Fig. 23** Histograma y curva frecuencia acumulativa para arsénico
- Fig. 24** Gráfico de frecuencia acumulativa para arsénico
- Fig. 25** Diagrama Factor I (Cu-Mo-As) vs Factor II (Zn-Mn)
- Fig. 26** Relación entre Factor I (Cu-Mo-As) y Factor II (Zn-Mn)
- Fig. 27** Superficie de tendencia de grado 3 para cobre
- Fig. 28** Valores residuales para la superficie de tendencia de grado 3 para cobre
- Fig. 29** Superficie de tendencia de grado 3 para zinc
- Fig. 30** Valores residuales para la superficie de tendencia de grado 3 para zinc
- Fig. 31** Función discriminante bivariable (Cu y Zn) para sedimentos de ambiente granitoide y volcánico

## APENDICES

### APENDICE 1 TABLAS Y FIGURA (Fuera de Texto)

- Tabla 1 Determinación de minerales por difracción de Rayos X
- Tabla 2 Análisis químicos de menas
- Tabla 3 Análisis químicos de sedimentos fluviales
- Figura 1 Diagramas de variación del índice de diferenciación (I.D.) vs composición química

### APENDICE 2 DESCRIPCIONES MICROSCÓPICAS DE SECCIONES TRANSPARENTES

### APENDICE 3 DESCRIPCIONES MICROSCÓPICAS DE SECCIONES PULIDAS

## LISTA DE PLANOS (Fuera de Texto)

- PL. 1 Mapa geológico del área San Fabián de Alico Escala 1:50.000
- PL. 2 Mapa de muestreo del área San Fabián de Alico Escala 1:50.000
- PL. 3 Plano tectónico y ubicación de zonas mineralizadas del área San Fabián de Alico Escala 1:50.000
- PL. 4 Mapa geoquímico del área San Fabián de Alico Escala 1:50.000

## 要 約

(1) 本年次は、チリ共和国コンセプシオン東部地域鉱物資源開発協力基礎調査の第3年次に当る。

(2) 本年次調査は、昨年次のリコメンデーションに基づいて計画立案され、次の内容で調査が実施された。

### i) 調査地域

San Fabián de Alico 地域 面積 630 ㎢

### ii) 調査内容

航空写真地質解析 面積 630 ㎢

地質調査(精度 1/50,000) 面積 630 ㎢

地化学探査(河床堆積物) 総試料数 410ヶ

(3) 上記の調査は、1980年10月16日野外作業が開始され、1980年12月10日同作業を終了、その後チリにて解析作業及び報告書作成作業が行われ、1981年2月24日に報告書草稿の完成をもって現地作業が完了し、その後日本にてチリ研修員と共に報告書草稿の最終検討が行われ、印刷・製本された。なお、航空写真地質解析は、日本にて行われた。

本年次の調査に参加した技術者は、日本側5名、チリ側3名、計8名であった。

(4) 調査地域の地質は先中新世の優勢な安山岩質火山活動と中新世の中～酸性の貫入活動で特徴づけられる。同火山活動は陸域において行われ、溶岩流と火山砕屑物を交互に噴出している。この火山岩類は、岩質、形成時期からして周辺に分布する Curamallín 層(南部)、及び Río Blanco 層(北部)に対比される可能性が強く、恐らく古第三紀始新世頃(?)の活動と想定される。

この先中新統を抜って、鮮新世～更新世の安山岩質火山岩類よりなる Cola de Zorro 層、及び現世の火山噴出物である Coladas de Valle 火山岩類が発達しているが、それらの分布は小さい。

(5) 貫入岩類として花崗閃緑岩、トータル岩、トータル頁岩、閃緑岩、石英安山岩、及び安山岩等が発達しており、その活動時期は、第三紀中新世である。これらの産状は、バソリス、岩株、岩脈、シル等である。

(6) 先中新統は、ほぼ南北の褶曲軸をもった緩やかな波状褶曲を受けている。Cola de Zorro 層、及び Coladas de Valle 火山岩類は、褶曲運動を受けていない。

調査地域には、顕著な断層はみられないが、連続性のない小規模なもの、あるいは、それを伴っていない裂かは所々にみられ、その多くは NNE-SSW 性を示している。

(7) 調査地域において 33 箇所の鉱化帯あるいは、鉱徴を確認した。それらの大部分は、黄鉄鉱の鉱染(一部網状)鉱床であるが、輝銅鉱、閃亜鉛鉱等から成る脈状鉱床も数条発達している。

鉱染型のうち、鉱化・変質作用の比較的優勢なものは、Las Tragedias 鉱化帯と Las Minas 鉱化帯であるが、いずれも黄鉄鉱を主体としており、その他の金属物として微量の酸化銅鉱、顕微鏡下でのみ、その存在が確認できる程度の黄銅鉱、微鉄鉱、微磁鉄鉱等がみられる。

従って、いずれの鉱染帯も有用金属含有量は、痕跡に近いものである。

鉱染帯における母岩は、一般に弱～中程度珪化作用を受けており、その他の変質作用はごく微弱なものである。

鉱染型の多くは、岩株状石英安山岩、及びトータル斑岩(A)と密接して形成されており、その形成時期は主として中新世と解される。

脈状型は、脈幅 30 cm 以下の細脈で一部は、Cu 6.80% の高品位銅鉱脈が発達しているが、脈幅 10 cm の細脈で、また連続性にも欠けている。

(8) 地化学探査において、1 箇所の異常域と 4 箇所の準異常域が把握された。

その異常域は、Cu、Mo、及び、As の 3 元素に現われており、Las Minas 鉱化帯に対応する。

準異常域は、各々、No. 5 鉱化帯 (Mo, Zn)、No. 11 鉱徴 (Mo, Cu, Zn)、No. 13 及び No. 15 鉱徴 (Mo, As)、及び No. 30 鉱化帯 (Cu, Mo, As) に対応する。

しかし、異常、準異常共、分析値は低く、有望異常とは考え難い。

(9) 以上のように、本調査地域には、かなりの数にのぼる鉱化帯、鉱徴地が発達しているが、いずれの鉱化作用も極めて微弱なものに終っており、採行対象になり得るものはみられない。また、いずれも今後の探鉱において有望鉱床に発展、あるいは、新鉱床が発見される可能性は極めて少ない。

よって、本調査地域に対し、今後更に詳細な調査、探鉱を行う価値は極めて低いものと判断される。

序 論

## 第1章 緒 言

本年次は、コンセプション東部地域資源開発協力基礎調査（以下、協力調査と呼称）の第3年次に当り、昨年次の協力調査によってリコメンドされた地域（San Fabián de Alico地域）の調査が行われた。

本地区は、コンセプション東部地域の北東隅に位置し、昨年次の予備調査の結果、同地区付近には、Avanzada Camán 鉱化帯（コンセプション東部地区資源開発協力基礎調査報告書、1980—以下第2年次報告書、1980と呼称）を初めとしたいくつかの酸化銅鉄を伴った熱水変質帯が発達しており、かつ、ポーフイリー・カッパー型銅鉄形成の先駆的活動と考えられている優勢な安山岩質火山活動がみられ、同活動と関連したその末期の形成と考えられる酸性貫入岩類が熱水変質作用を伴って所々に発達しており、また断層等の裂かの発達も密である、等の理由によって、既知の鉱化帯以外に未確認の主として、金、銅、モリブデン等から成る有望銅鉄の賦存が期待され、本地区が選定された（第2年次報告書、1980）。

上記の理由に基づいて選定された本地区において新銅鉄を発見するためには、従来の調査（250,000分の1）より精度の高い地質調査及び地化学探査が初期段階で必要と考えられたため、本年次は、50,000分の1精度の地質調査及び地化学探査が実施された。

以上の調査を行うに当って、現地に派遣された日本人技術者は5名であり、またチリ側からは、チリ地質調査所（以下、IIGと呼称）の3名の技術者の参加があり、合計8名の技術者で現地調査が行われた。

なお、解析作業、報告書作成作業は例年どおり現地で行われ、印刷・製本は日本で行われた。

## 第2章 本年次調査内容

### 2-1 調査区域

本年次調査がなされた区域は、両国協定範囲の北東隅、Chillán市の東75kmを中心とした区域で、次の座標に囲まれた面積約630km<sup>2</sup>の範囲である。

北限	南緯	36° 30' 00"
南限	南緯	36° 51' 28"
東限	西経	71° 06' 24"
西限	西経	71° 22' 28"

50,000分の1図幅では、Lara図幅の東半分、Nevado de Chillán図幅北東部及びそれらの東部の未刊行部（Truchas及びEl Roble Guacho図幅、—アルゼンチンとの国境に近く、刊行は禁止されている）が対象となっている。

### 2-2 調査方法及び調査量

地質調査は、25,000分の1の精度で踏査し、50,000分の1の精度でまとめた。使用した地形図は、刊行50,000分の1図幅を25,000分の1に拡大すると同時に、未刊行部については約70,000分の1航空写真から50,000分の1の地形図化を行い、それを更に25,000分の1に拡大し踏査図とした。

なお、地質調査に先立ち、約70,000分の1航空写真による地質解析を行い、地質及び地質構造の概要を把握した上で踏査に入ると同時に、同解析によつて得られた写真地質図を踏査時に携行し、見落とし防止、問題点の抽出等に活用した。

地化学探査は、現河床堆積物を対象に行つた。同探査の範囲は、上記地質調査の範囲と同一である。

調査量については、Tabla 1に示すとおりである。

各種分析及び測定は、それぞれ目的に応じた研究機関でなされた。

化学分析	IIG分析所
X線回折	"
全岩分析	"
薄片及び研磨片作成	"
絶対年代測定(K-Ar法)	サンパウロ大学(ブラジル)



花粉分析

( Kawashita Koji 教授 )

コンセプション大学地球科学部

( Sylvia Palma 教授 )

2-3 調査期間

調査期間は、Tabla 2 に示すとおりである。

2-4 調査団の編成

本調査に参加した団員は、下記のとおりである。

日本側

調整 狩野 一憲 ( 金属鉱業事業団 )

団長 古川 雄也 ( 日鉱探開株式会社 )

総括, 渉外, 航空写真地質解析, 地質調査及び地化学探査

団員 小原 賢 ( 日鉱探開株式会社 )

航空写真地質解析, 地質調査及び地化学探査

・ 亀沢 稔 ( 日鉱探開株式会社 ) 地質調査及び地化学探査

・ 斎藤 稔 ( 日鉱探開株式会社 ) 地質調査及び地化学探査

・ 大坪 良平 ( 日鉱探開株式会社 ) 地質調査及び地化学探査

・ 武田 進 ( 日鉱探開株式会社 ) 航空写真地質解析

チリ側

団長 Guillermo Alfaro Hanne ( IIG )

総括, 渉外, 地質調査及び地化学探査

団員 Ricardo Guzmán Salaberry ( IIG ) 地質調査及び地化学探査

・ Ricardo Boric Pellerano ( IIG ) 地質調査及び地化学探査

2-5 従来の調査

本地区における従来の調査には下記のようなものがある。

ALFARO, G. y GAJARDO, A., 1978. Carta Metalogénica de la VIII Región Administrativa de Chile y Provincia de Malleco, IX Región, VII Congreso Geológico Argentino, Neuquén, Argentina.

GONZALEZ, O. y VERGARA, M., 1962. Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° latitud sur. Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, v. 19, p. 19-121.

GONZALEZ, F., 1977. Informe de avance de la prospección minera de la región cordillerana de la provincia de Ñuble. Inf. Inédito IIG.

GONZALEZ, F., 1978. Exploración geológica en la región Cordillerana de la Provincia de Ñuble, VIII Región, Inf. Inédito, IIG.

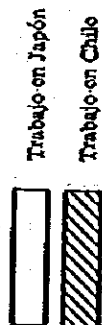
GUZMAN, R., 1977. Reconocimiento preliminar de la mina El Gallo (Ñuble). Convenio IIG-CIDERE Bío-Bío

Tabla 1 RESUMEN DE TRABAJOS REALIZADOS

Área de trabajo	Método	Escala	Área cubierta (km <sup>2</sup> )	Análisis de sedimentos fluviales											Análisis de menas											Análisis químicos totales	Rayos X	Sección transparente	Sección pulida	Datación radiométrica	Poken																																												
				Au						Mn						Zn						Pb										Cu						Ag						Au						Mo						S						Fe						Total							
				Au	Ag	Cu	Zn	Mo	As	Mn	Total	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Mo	S	Fe	Total	Au	Ag	Cu	Zn	Pb							Mo	S	Fe	Total	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Mo	S	Fe	Total																															
San Fabián de Alico	Geología	1:50.000	630	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	1.064	16	45	210	41	10	12	-																																
	Geoquímica	1:50.000	630	18	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	410	2.478	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																													

Tabla 2 CALENDARIO DE TRABAJO

Área de trabajo	Método	Personal	Octubre 1980	Noviembre	Diciembre	Enero 1981	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
San Fabián de Alico	Geología y Geoquímica	Japón 5	11 16								
		Chile 3	Preparación	Trabajo en terreno	Interpretación e informes						
					11		25		22		30
										Redacción de informe final	Imprenta



# 本 論

## 第1章 調査地域の地理

### 1-1 位 置

本調査地域は、第8州Ñuble県San Fabián de Alicó町Los Sauces部落を中心としており、首都Santiago市の南南西約370 Km、最寄都市San Carlos市の東南東69 Kmに本地域の中心が位置している。

### 1-2 地 形

本調査地域は、地理的には、中央-南部アンデス山脈のほぼ中心に位置し、地形は、壮年期の極めて急峻な山岳地形を示しており、専門的な登山技術を必要とする箇所が所々に存する。

Cordillera Mortandad, Sierra Tabanos, Cordón Las Cabras, Cordillera Pederuales, 及びSierra Lara等の主な山系は、N-SからNNE-SSWに走り、それらの尾根部は馬の背状をなし状い。標高は海拔660~2681mを示し、最高峯はMortandad山系の一部をなす海拔2681mのMaravilla山である。

本地域の主な河川は、Ñuble川とLos Sauces川で前者は南→北→西へと流下し、川幅も50m近く有している箇所もあり、水量豊富で年中潤れることがない。後者は調査地域の北東から南南西に流れ、同地域の中央で前者に合流しており、同河川も水量豊富である。この両河川から分岐した支流は北北東-南南西系が多く、その多くは川幅が狭く、かつ両岸が壁になつているため、沢涪いの踏査が困難である。また、氷河の侵食によるU字形河川も所々見られ、それらの上流域では段階状に氷河湖が形成されている。この氷河地形は、調査地域の東部で特に顕著である。

調査地域の南部には、現河川沿いに流れた現世の活動のChillán火山の溶岩流がみられ、その末端部には溶岩壁が形成されており、河川沿いに流下した溶岩の流れが地形上に明瞭に現われている。

### 1-3 気候及び植生

調査地域の気候は、温帯多雨気候帯に属し、6月~9月の降雨期(冬期)には、月平均 $\star$ 165.6mmの雨量があり、また、海拔1,000m以上の山系にはかなりの積雪もみられ、特に2,000m以上の高地の東斜面は夏期(12月~3月)に入つてからも残雪がある。夏期は雨量も少なく月平均 $\star$ 22.5mm程度で晴天が続く。

気温は夏期平均 $\star$ 17.6°C、冬期平均 $\star$ 8.12°Cで、温暖な気候を示している。

調査地域の植生は自然林から成り、標高1,300 m以下の低地では、樺類(*Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus obliqua*), リング樹(*Persea lingue*), ロメリージョ(*Lonnatia ferrugia*), リトレ樹(*Lithraea Caustina*)及び、マキ(*Aristotelia chilensis*)等が雑木林をつくっている。また湿润地帯には、つつじ科灌木(*Nothofagus antarctica*)や熊笹に似た笹だけ(*Chusquea colen*), バラ科植物が繁茂している。標高1,300 m以上の高地になると樹木、灌木は少なくなり、かやの類(*Aristida pallens*)が多くなる。

※ 「Anuario Meteorológico de Chile (1977)」(Ministerio de Defensa Nacional Fuerza Aerea de Chile)資料より、Chillán市における過去(1962～1971年)10年間の実績に基づき算出したもの。

#### 1-4 交通

調査地域内のアクセスは極めて悪く、車道が敷設されている箇所はÑuble川沿いに総延長10 km程度で、その他は主要河川沿いに馬道があるのみである。

調査地域内に至るルート及び所要時間は、San Carlos市  $\xrightarrow{4.7 \text{ Km}}$  車橋1時間30分(砂利道)  
San Fabián de Alico町  $\xrightarrow{3.8 \text{ Km}}$  車橋1時間30分(林道) 車道終点( Los Saucés川とÑuble川の合流点付近)である。すなわち、最寄の都市から調査地域の中央まで8.5 kmの道程を車橋で約3時間を要する。

馬道は、Ñuble川沿いのもの、及び Los Saucés川—González 沢沿いのアルゼンチンに通じている道路が比較的交通の往来も多く、しっかりとしているが、その他は、けもの道に近いものである。なお、調査地域の東部はなかでも地形急峻でいたるところで岩壁をつくっており、馬道すらない箇所が多い。

また、Ñuble川及び Los Saucés川は、乾期でも水量が多いにもかかわらず架橋が少なく、調査地域内でÑuble川に1箇所、 Los Saucés川に2箇所しか渡る箇所がなく、対岸に渡るには、かなりの距離の迂回が必要である。

#### 1-5 人口及び産業

調査地域は過疎地の1つに上げられ、集落は極めて少なく、数戸単位の小部落がÑuble川及び Los Saucés川沿いに点在しているに過ぎない。産業は全くなく、住民は牧畜業で生計を立てている。また、電力は San Fabián de Alico 町までしか達しておらず、調査地域内の住民は、ランプの生活を強いられている。

## 第2章 地 質

### 2-1 概 要

調査地域の地質は、先中新統火山岩類（Río Ñuble 火山岩類：仮称）、鮮新統上部～第四系更新統火山岩類（Cola de Zorro 層）、第四系洪積統火山岩類（Coladas de Valle 火山岩類：仮称）、及び現世の堆積物と、Río Ñuble 火山岩類を貫くハンリス状の花崗閃緑岩、岩株、シルまたは、岩脈状の閃緑岩、トータル岩、トータル斑岩、石英安山岩、及び安山岩等の貫入岩類より構成される（Fig. 2.3）。

地質構造は、Río Ñuble 火山岩類中に発達するN-S系の軸を持つゆるい波状褶曲、及びこれと斜交するNNE-SSW系のフォトリニアメントが、同岩類及び貫入岩類に発達する。これに対して、Cola de Zorro 層及び Coladas de Valle 火山岩類は水平に近い地質構造を示している。なお、Río Ñuble 火山岩類と Cola de Zorro 層間、及び Cola de Zorro 層と Coladas de Valle 火山岩類間に不整合がみられる。

### 2-2 層序及び岩質

#### 2-2-1 Río Ñuble 火山岩類

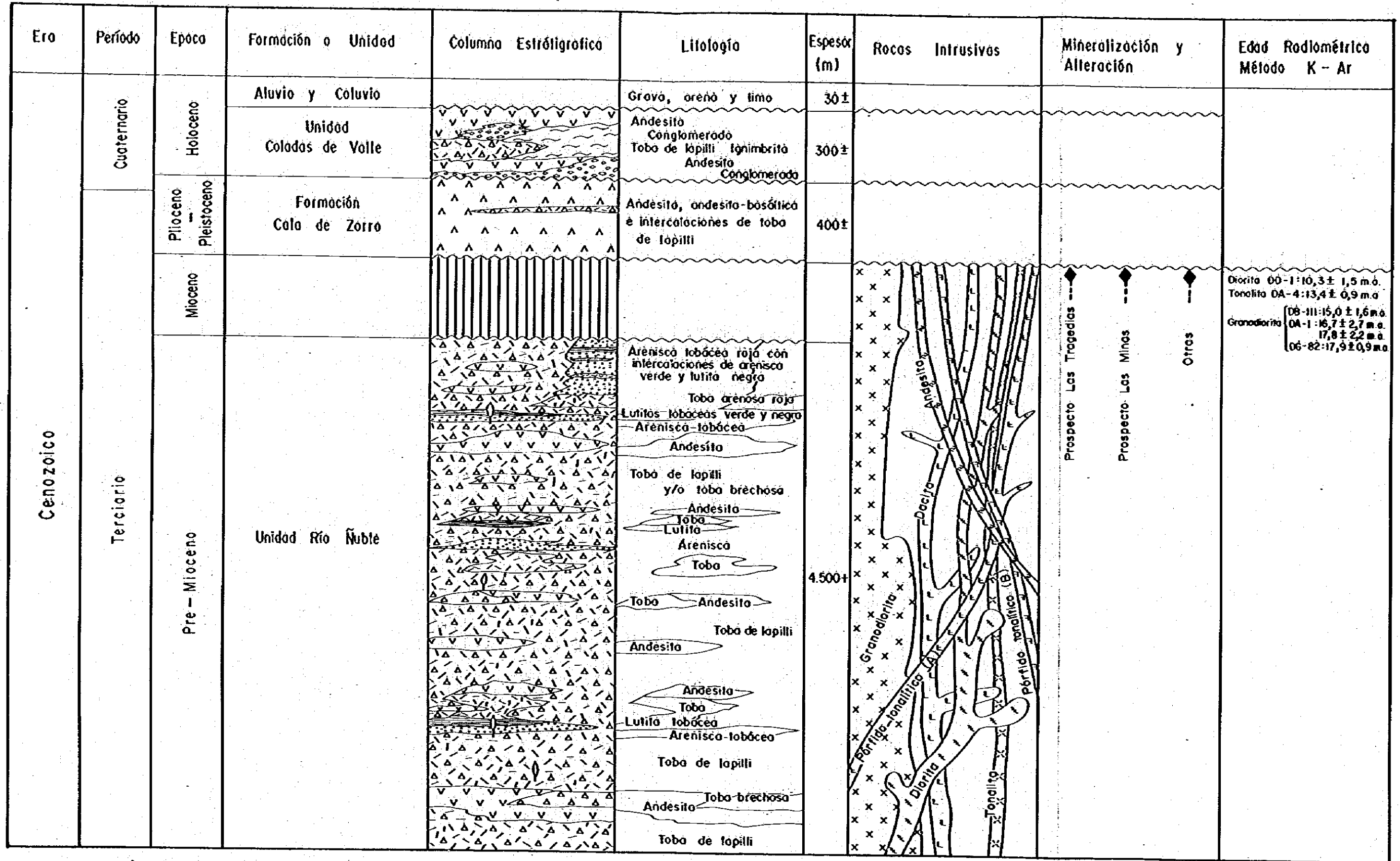
1) 標式地：本岩類は、ほぼ本地域全般に発達しているため、本地域の主要河川の Ñuble 川名を地層名として採用した。本岩類の構成岩及び層序は、La Mortandad 山陵の北西斜面で最も良く観察される（Fig. 6）。

2) 厚 層：4,500 m+

3) 分 布：本岩類は、本地域のほぼ全域に亘って分布している。好露出箇所は、La Mortandad 山陵の北西斜面一帯（Fig. 5, 6, 7）、及び Ñuble 川上流の Carrizal 東部山陵西斜面（Fig. 8）等である。

4) 岩質及び構成：本岩類は火砕岩類（構成比約75%）、安山岩溶岩類（約20%）及び砕屑岩類（約5%）よりなる。

火砕岩類は凝灰岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩、及び溶結凝灰岩より構成され、安山岩溶岩類及び砕屑岩類と互層する。これらのうち火山礫凝灰岩が最も卓越し、また、溶結凝灰岩は Carrizal 東部に局部的にみられるだけである（Fig. 8）。本火砕岩類は Lara 山頂付近（本地域西部）の一部における石英安山岩質の部分を除いて安山岩質である。構成岩片は安山岩及び石英安山岩よりなり、両者以外の岩片は認められない。



Simbología ; Tronco carbonizado y/o hoja fósil

Fig. 2 COLUMNA GEOLOGICA GENERALIZADA DE AREA SAN FABIAN DE ALICO

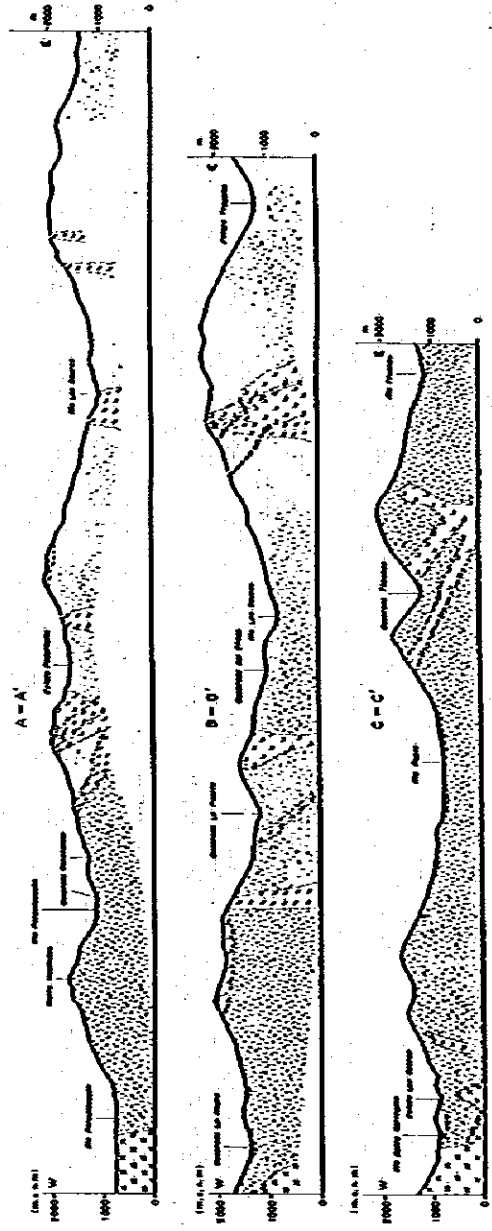
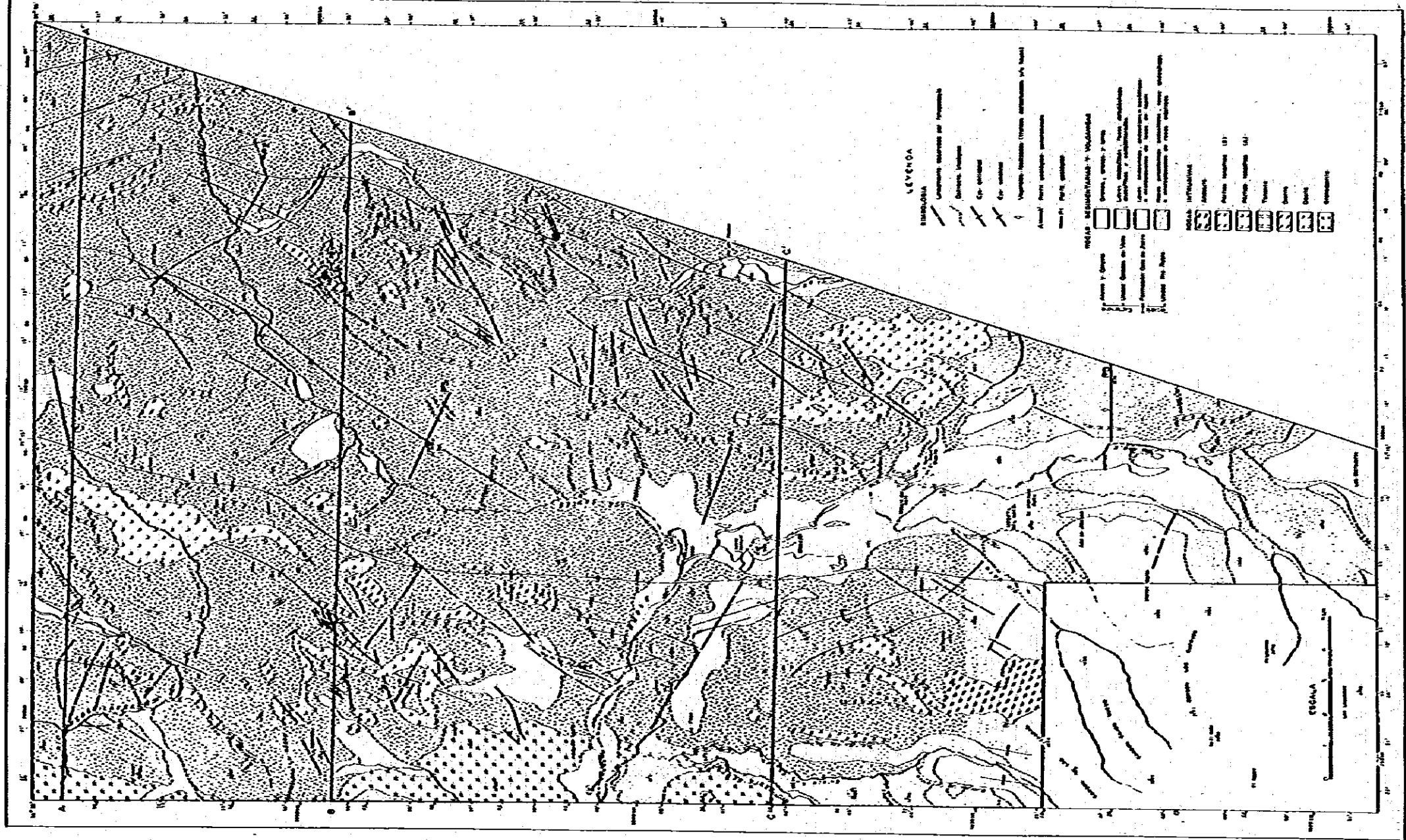


FIG. 3 MAPA GEOLOGICO DEL AREA SAN FABIAN DE ALICO



大部分は安山岩岩片より成る同質～類質火砕岩で、一部は外来岩片とみなされる石英安山岩片を含む異質火砕岩からなる。

本火砕岩類は、一般に緑色～灰緑色を基調とし、局部的に灰紫色～赤褐色、及び淡緑色～淡灰色等を呈する。このうち、灰紫色～赤褐色を呈した岩相は、本地域の北東部から東部にかけて分布しており、層位的に中～上位に位置し、その西側で緑色を呈した岩相と指交している。また、花崗閃緑岩体（パソリス）の周辺では一部ホルンフェルス化のため暗赤褐色を呈することがある。淡緑色～淡灰色を呈する部分は特に、トータル巖岩(A)周辺及び鉍化・変質帯に顕著である。

分級作用及び淘汰作用は一般に悪く、また、粒径の規則的な変化はみられない。局部的には火山礫凝灰岩と凝灰岩とが厚さ10～30cm単位でリズムカルな互層をなすことがある（Fig. 8）。構成岩片の形状は、角礫～亜角礫質が圧倒的で、亜円礫質の部分は極めて少ない。これからすると本火砕岩類は堆積後の大きな移動は考え難い。

なお、本火砕岩類から植物化石（木幹、木葉）の破片が9箇所で見出された（Table 3）が、いずれも炭化しており、同定するまでに至っていない。

代表的な試料の検鏡結果は次のとおりである。

安山岩質凝灰岩：微細粒～中粒質の岩片よりなる。構成礫は角礫～亜角礫質で、トラキチック組織を示す岩片（粒度0.90～3.00mm）、斜長石（粒度0.15～0.30mm）、少量の輝石（粒度0.10mm）、石英（粒度0.12mm）、及び不透明鉱物よりなる。斜長石は一部、炭酸塩化、緑泥石化を受けている。基底はガラス質で、一部は緑泥石化している。

安山岩質火山礫凝灰岩：角礫～亜円礫質で、トラキチック、ピロタキチック、インター・グラニューラー組織を示す岩片、杏仁状構造を持つ安山岩、軽石、斜長石及び微小の石英等よりなる。岩片の一部に緑泥石化及び微弱的な緑れん石化がみられ、杏仁状の部分は緑泥石に変わっている。斜長石は一部絹雲母化、沸石化を受けている。基底は方解石、石英、緑泥石、緑れん石によって充填されており、一部は再結晶化し、また、Shard 構造がみられる。

安山岩質凝灰角礫岩：構成礫は角礫～亜円礫質で、マイクロ結晶質、トラキチック、ピロタキチック組織を示す岩片、斜長石（粒度0.24～2.70mm）、石英（粒度0.24～5.10mm）、及び有色鉱物等よりなる。岩片の一部は緑泥石、緑れん石、及び二次石英に交代している。斜長石は弱い絹雲母化、沸石化、及び緑れん石化を受け、有色鉱

Tabla 3 RESTOS FÓSILES ENCONTRADOS EN UNIDAD RÍO ÑUBLE

Ubicación			Roca	Descripción
Lugar	Coordenadas U.T.M.			
	km(E)	km(N)		
Este Carrizal	300	5926,4	toba	restos de troncos carbonizados, tamaño 5 x 10 cm.
Este Carrizal	300	5926,4	toba de lapilli	restos de troncos carbonizados. tamaño: largo 70 cm, diámetro 10 cm; largo 70 cm, potencia 3 cm.
Quebrada Huemula	292,8	5934,9	toba arenisca   tobácea	restos de troncos carbonizados, tamaño 5 x 6 cm.
Quebrada Huemula	293,2	5935,3	toba de lapilli	restos de troncos carbonizados, tamaño 5 x 5 cm.
Sierra Huemules	291,9	5955	toba de lapilli	restos de troncos carbonizados, tamaño 2 x 8 cm.
Cerro Bandurrias	292,7	5946,5	toba	restos de numerosos troncos carbonizados, tamaño 0,5 x 10 cm.
Río Los Sauces y Cajón González	292,7	5951,5	toba de lapilli	restos de troncos, tamaño, 1 x 5 cm.
Este Córdillera Pedernales	300,4	5955,8	toba	restos de hojas, tamaño 5 x 1 cm.
Norte Cajón González	305	5953,4	toba	restos de una hoja, tamaño 4 x 1,5 cm.

物は大部分緑泥石化している。基地は上述の火山礫凝灰石と同様である。なお、Lara 山頂付近に分布している凝灰角礫岩は、岩片及び基地に微小の石英結晶がみられ、石英安山岩質である。

安山岩質火山角礫岩：本質的に上述の火砕岩類と変わらないが、岩片の一つとして斑状組織を示す石英安山岩岩片を含むのが特徴である。石英安山岩岩片は、斑晶として半自形の斜長石（オリゴクレーヌ）と有色鉱物の仮像がみられ、斜長石は極めて弱い絹雲母化及び粘土化を受け、また、仮像の周囲は不透明鉱物と緑泥石、緑れん石によって交代されている。同岩片の石基はややトラキチック組織を有し、斜長石、石英及び不透明鉱物よりなる。

また、石英安山岩の一部の岩片には顕著な、かつ切断された流理構造が発達している。

溶結凝灰岩：安山岩質で、構成礫はトラキチック、ピロタキチック及びマイクロ結晶質組織を示す岩片、斜長石、不透明鉱物よりなる。基地はガラス質で、Shard構造が発達する。

安山岩溶岩類は本地域に普遍的にみられるが、特に Los Sauces 川流域、La Mortandad 山稜、La Negra 山稜周辺で顕著に発達する。層準的には異なった位置に少なくとも6枚以上の溶岩がみられる（Fig. 3 B-B'断面）。一枚の溶岩の規模は、厚さ：最小限2～5m（La Mortandad 山稜）、最大200m前後（La Mortandad 山稜、Tabanos 山稜（Fig. 7）、Carrizal 東部（Fig. 8）、最大延長：約1.5kmに及ぶ（La Mortandad 山稜～Tabanos 山稜）。本溶岩類は大部分火砕岩類と互層または指交しているが、一部には溶岩のみの累重がみられることがある（La Mortandad 山稜）。

本溶岩類は、一般に緻密、堅硬、かつ塊状で、暗灰色～暗緑灰色を呈するが、一部に暗紫赤色を示す溶岩もみられる（Fig. 6）。本溶岩類にはアファニチック組織を有するものと、主として斜長石斑晶よりなる斑状組織を示すものがあり、また、一部に流理構造、角礫状構造及びドット状の緑泥石からなる杏仁状構造等が観察される。角礫状構造の礫間は赤鉄鉱に富んだ赤褐色細粒物質によって充填されている。これらの溶岩類はいずれも緑泥石化などの変質作用を受けているが、さほど強くはなく原岩の組織及び構造は残されている。

鏡下では、一般に斑状組織を有し、斑晶として、斜長石、単斜輝石及びその他の有

色鉱物の仮像が認められる。斜長石は半自形～他形のアンデシンで、双晶または累帯構造を有し、粒度0.30～3.00 $\mu$ mで、一般に緑泥石、絹雲母、粘土鉱物等に交代していることが多く、また、時に緑れん石、方解石等になっている。単斜輝石は半自形で、粒度0.18～2.00 $\mu$ mで、一部は緑泥石になっている。仮像の有色鉱物は粒度0.12～0.75 $\mu$ mで、大部分緑泥石、不透明鉱物等によって交代されている。石基はトラキチック組織が普通にみられ、また一部にインター・サータル組織がみられ、短冊状の斜長石、及び不透明鉱物よりなる。

砕屑岩類は砂岩及び泥岩より構成され、両者の構成比は約9：1である。本岩類は本地域に普遍的にみられるが、本地域の特に北東端の González 川流域で顕著である。層位的には本火山岩類の中～上位にかけて発達する (Fig. 5.8)。火砕岩類とは漸移している。このため地質図には細分されていない。

砂岩は細粒～極粗粒砂岩の範ちゅうにあり、粗粒砂岩が卓越し、凝灰質である。本岩は赤褐色または緑色を呈する。特に赤褐色砂岩は赤褐色火砕岩とともに本地域北東端に顕著である。

砂岩は一般に中程度の固結度を有し、分級作用及び淘汰作用は比較的良い。ただし、サイズ・グレーディングは González 川上流及び Carrizal 東部等で局部的にみられるに過ぎない。単層の厚さは González 川上流で5～100cm、Carrizal 東部で10～30cmである。砂岩層全体の厚さは前者で160mで、他地域では5～20m程度である。

鏡下では、本砂岩は砕屑組織を有し、砕片は亜角礫～亜円礫質で、トラキチック、ピロタキシチック、インター・サータル、マイクロ結晶質を示す岩片 (粒度0.15～270 $\mu$ m)、斜長石 (粒度0.15～1.80 $\mu$ m)、及び少量の輝石、石英、不透明鉱物よりなる。岩片の一部には粘土化がみられ、また、不透明鉱物によって充填され、時に石英微細脈が発達していることがある。斜長石は滲石、緑泥石及び若干緑れん石に交代している。輝石は方解石化及び緑泥石化している。膠結物は概して少なく滲石、緑泥石等のほか、微粒の石英、褐鉄鉱及び不透明鉱物等よりなる。褐鉄鉱は特に González 川上流域に発達する赤褐色砂岩中に多量にみられ、赤褐色の原因となっている。

泥岩は凝灰質で、一般に灰色または黒色を呈するが、González 川上流ではこのほか、赤褐色を示す箇所もみられる。層厚は10～30cmで、主として砂岩と互層するが、時に厚さ2～7mに達することがある (Fig. 8)。

5) 変成・変質作用：Río Nuble 岩類にみられる二次鉱物としては緑泥石，絹雲母または白雲母，方解石，沸石（ローモンタイト，ワイラカイト），粘土鉱物，石英，黒雲母，角閃石（直閃石）及び褐鉄鉱等が認められている。これらの変質鉱物は埋没変成作用，接触変成作用，及び熱水変質作用に起因し，一部はそれらの作用が重複している。

a. 埋没変成作用：本岩類には広域的に緑泥石，沸石類，方解石が生成している。緑泥石は原岩の有色鉱物を交代し生成しており，沸石類は，主として岩石の空隙中に杏仁構造をなして生成しており，一部は細脈状をなしている。種類はローモンタイトが主体をなしているが，一部にはワイラカイトも生成している。なお，本岩類は片状構造を有していない。以上の状況からすると，本岩類は広域変成作用の段階までには至っていないが，かなり進んだ段階の埋没変成作用を受けているものと解される。

b. 接触変成作用：調査地域の西端に分布しているパンリス状花崗閃緑岩周辺部における Río Nuble 火山岩類は同パンリスとの接触部から約 500 m にわたって，ホルンフェルス化を受けており，接触部に近づくほどその度合が高くなり，原岩の識別が困難なほどになっている。また，接触部から 250～330 m 離れた Río Nuble 火山岩類の場合は残留斑状組織を示している。二次鉱物としては緑れん石が最も多く，その他，細粒モザイク状石英，黒雲母，直閃石，大結晶の白雲母，紅柱石，緑泥石，褐鉄鉱等が生成している。

以上のことからしてパンリスの周辺部における Río Nuble 火山岩類が接触変成作用を受けていることは明らかである。

c. 熱水変質作用：本地域には Las Tragedias，及び Las Minas を初めとした熱水変質帯が本岩類をも母岩として発達している。熱水変質帯では絹雲母，石英，緑泥石，緑れん石，方解石，及び褐鉄鉱等が顕著である。

なお，熱水変質作用については第 3 章で詳述する。

6) 構造及び層位関係：本岩類は本地域南西部 Las Cabras 沢付近では花崗閃緑岩体上にルーフ・ペンダントをなしている。また，一般的に本岩類はほぼ N-S 性の緩やかな褶曲を示し，調査地域の北東端では急傾斜褶曲をなしている。

本岩類中には顕著な断層は認められないが，小裂かの発達は著しく，特に NNE-S SW 系が顕著である。

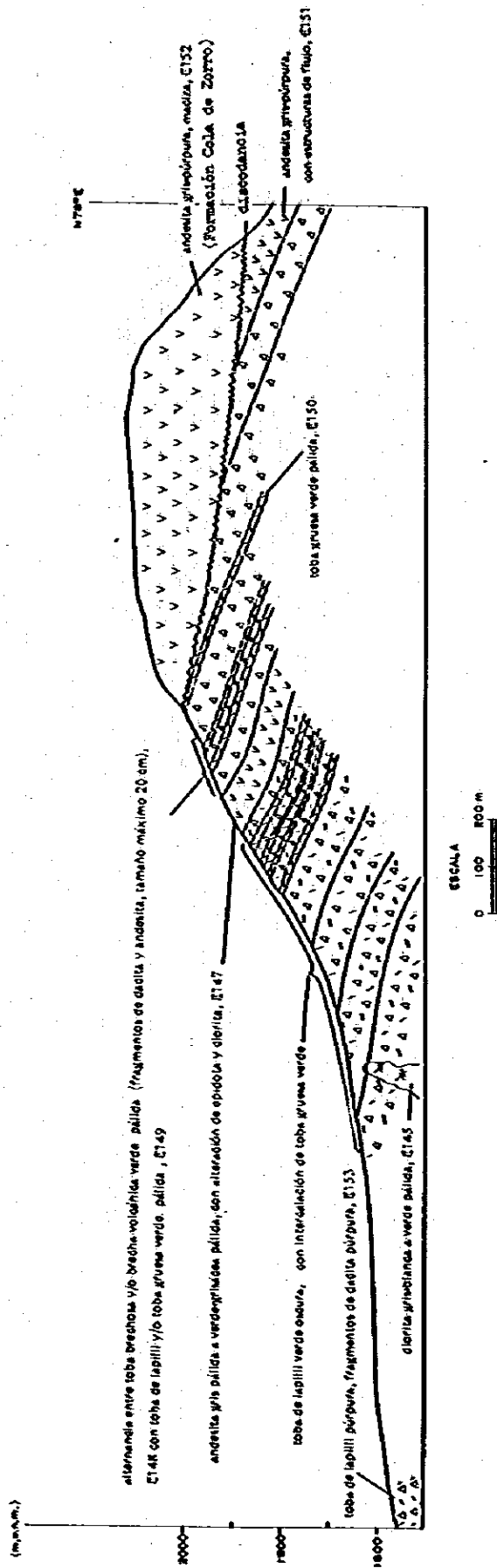


Fig.4 PERFIL P1 (ESTERO PEDERNALES)

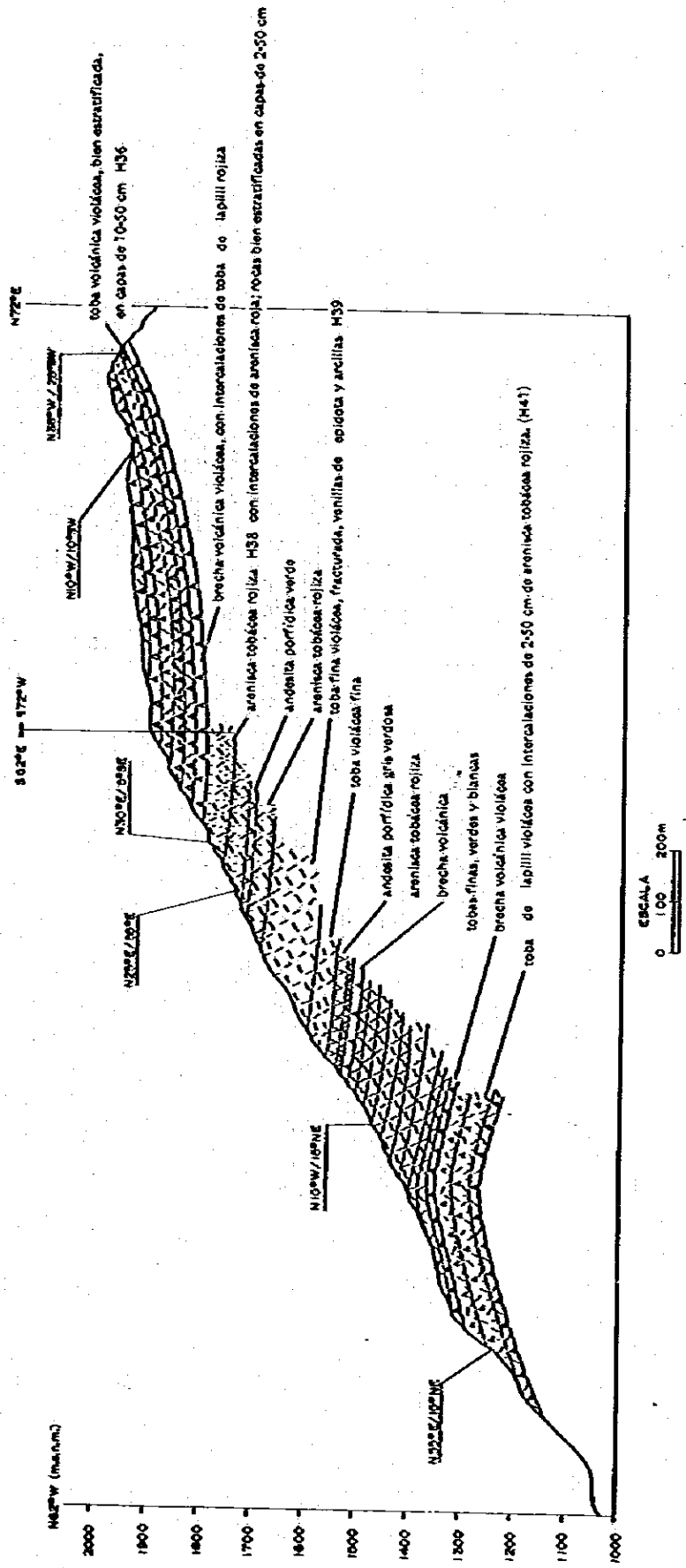


Fig.5 PERFIL P2 (CAJON GONZALEZ)

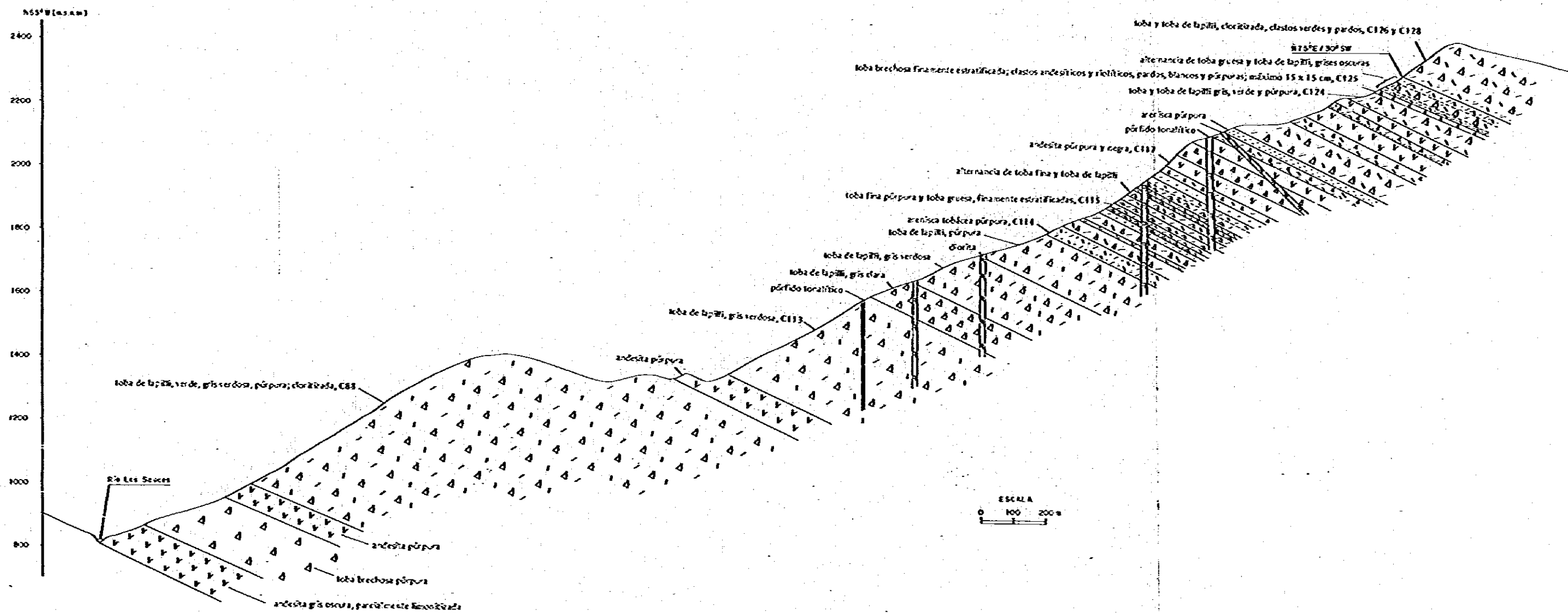


Fig.6 PERFIL P3 (CÓRDILLERA LA MORTANDAD)



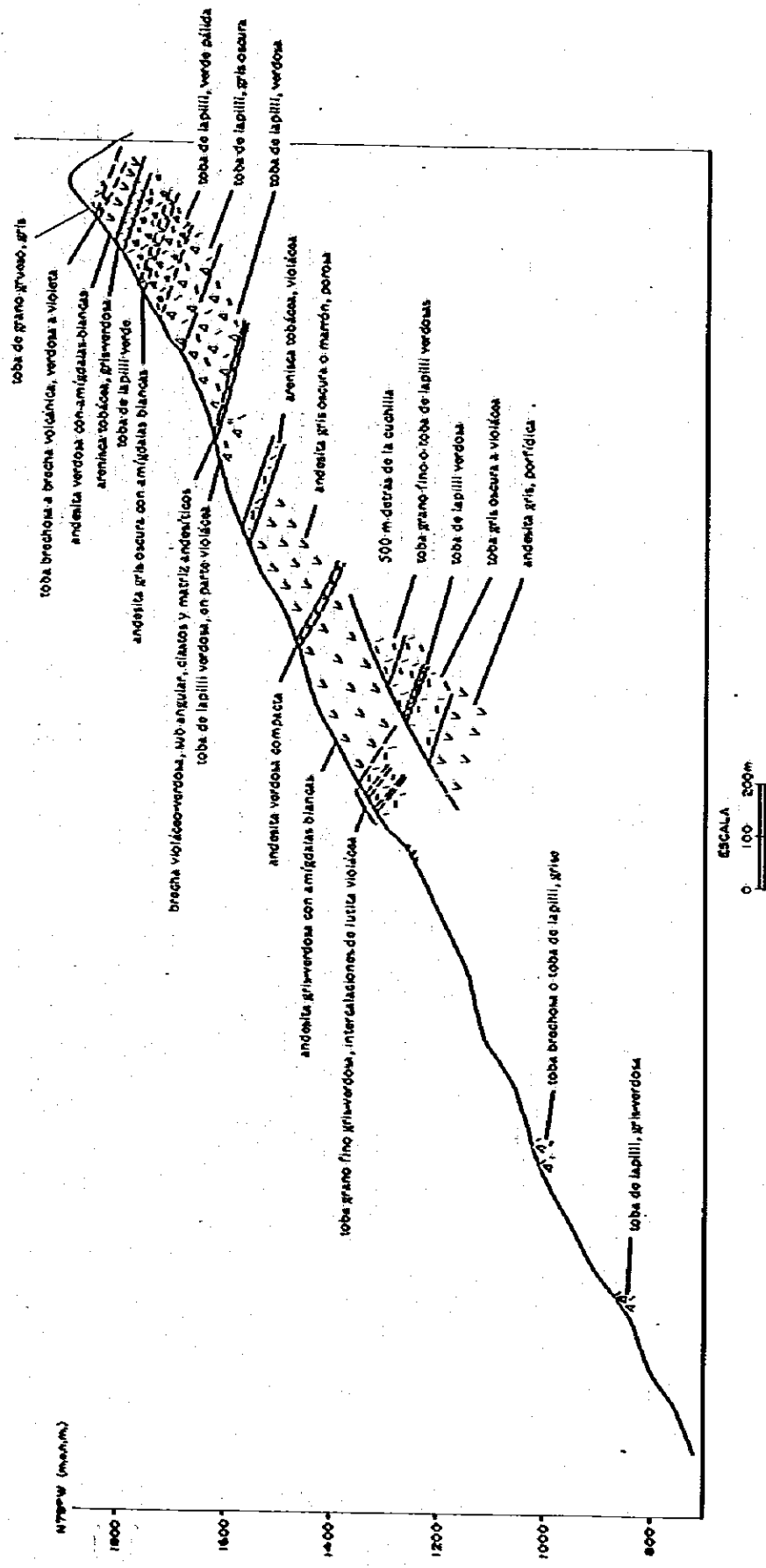


Fig.7 PERFIL P4 (SIERRA TABANOS)

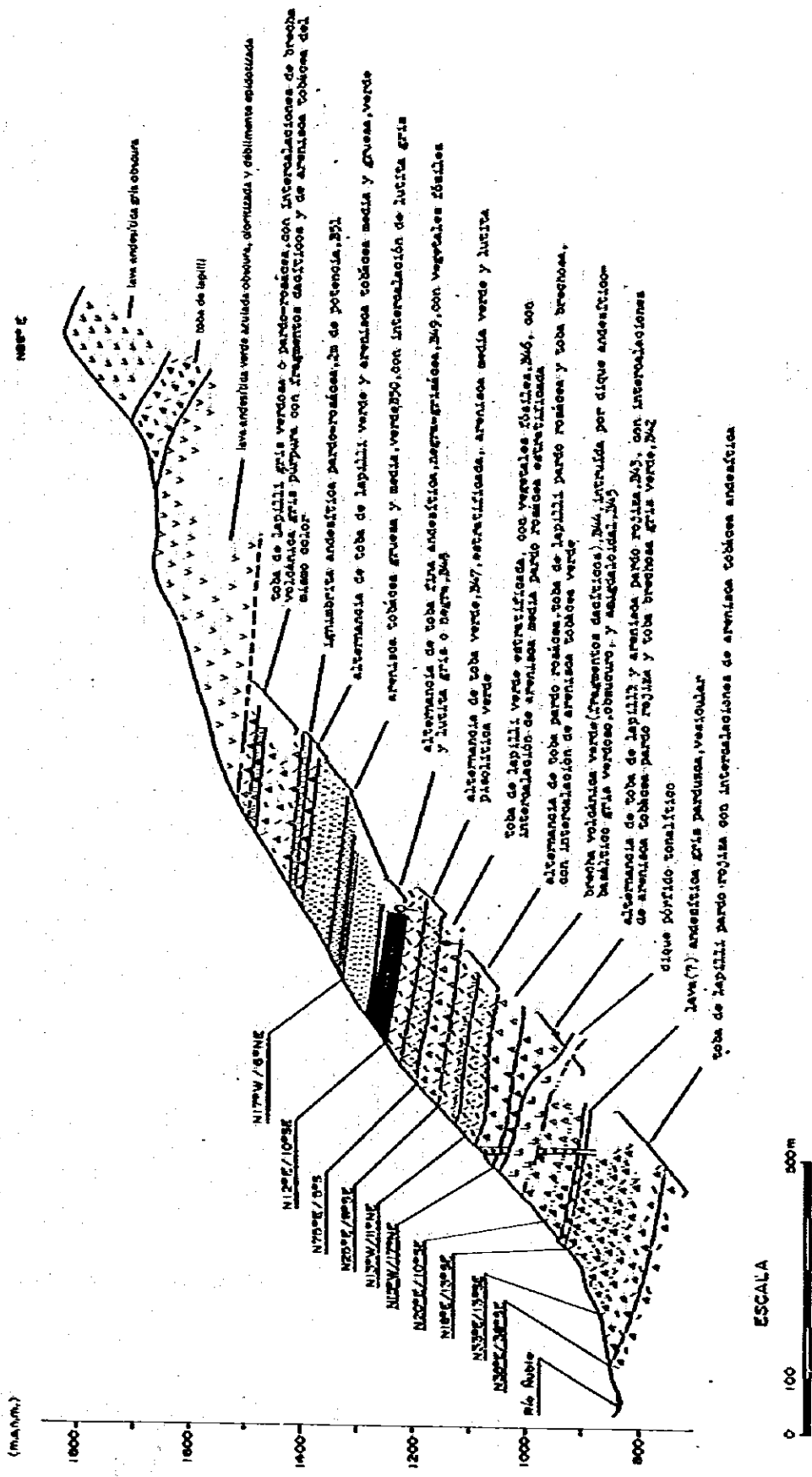


Fig. 8 PERFIL P5 (RIO ÑUBLE ALTO)

本岩類は上、下限とも不明で、従って下位層との関係は不明である。また、上位層である Cola de Zorro 層には不整合に接している。

㉑ 時代及び対比：今次調査によって本岩類から植物化石が発見されたが、保存状態が悪く同定するまでに至らなかった。また、花粉検出を試みたが、炭化が著しく検出できなかった (ANEXO 2)。本岩類は全般に上記のような変成作用を受けているため絶対年代測定に供するような試料が得られず、直接的に時代を知る資料は得られていない。しかし、本岩類を貫く貫入岩類の絶対年代測定結果 (第2章2-3参照) では中新世を示しているところから、本岩類が先中新統であることは確かである。

本岩類は、岩質、構成及び分布等の点から、北接地域に分布する Río Blanco 層 (Gardeweg, 1980) 及び南接地域に分布する Curamallín 層 (Serrano, 1975 及び Niemeyer, 1979) に対比される。

Río Blanco 層は同層を貫く貫入岩の形成時期 ( $24 \pm 12$  m. y.) から先中新統と考えられているだけで明確な堆積時代は判明されていない。また、Curamallín 層にしても、同層から得られた動物化石から、始新世の可能性を想定しているに過ぎず決定的な資料は得られていない。

#### 2-2-2 Cola de Zorro 層

1) 標式地：本地域を流れる Los Sauces 川支流の Cola de Zorro 沢 (本調査地域北方約 5 km) で、González y Vergara, 1962 により命名される。

2) 層厚：400 m ±

3) 分布：本層は本調査地域中央部北端及び南端に小分布をなす。北端部では Pedernales 山稜に小範囲 (1.5 × 2 km) をなし、地域外北方の標式地に連続する。南端部では Corrientes 沢、Morrón Negras 山腹、Salto de Las Minas 山腹及び同南部 Los Corredores 山腹の 5 箇所分布 (最大範囲 2 × 4 km) し、これらのいずれも地域外へと発達する。

4) 岩質及び構成：本層は安山岩～玄武岩質安山岩溶岩を主体とし、安山岩質火山礫層灰岩の薄層を挟在する。

本溶岩類は灰色～暗灰色を呈し、アファニチックまたは斑状組織を有し、一般に堅硬、塊状をなし、新鮮である。

本地域北部に分布する本層の層厚は約 300 m で、本層下部は多孔質 (空隙の大きさ： $\phi 1 \sim 5 \times 15 \times 20$  m) 暗灰色輝石安山岩溶岩よりなり、その厚さは約 150 m

である。上部は灰色、輝石-かんらん石玄武岩質安山岩溶岩(厚さ約150m)よりなる。

一方、南端部に分布する本層は層厚約400mで、多方向を示した流理構造を持つ灰色輝石安山岩溶岩を主体とするが、Corrientes 沢及び Salto Las Minas 地域の南部では、六角柱状節理の発達した灰色輝石-かんらん石玄武岩質安山岩溶岩からなる。

鏡下では、輝石-かんらん石玄武岩質安山岩は斑状組織を有し、斑晶として、いずれも半自形の累帯構造を示す斜長石(粒度0.66~5.20mm)、かんらん石(粒度0.30~1.65)及び単斜輝石(粒度0.24~1.35mm)がみられ、斜長石は曹長石化を受けている。石基はインター・グラニューラー組織を有し、斜長石、単斜輝石、不透明鉱物、及び少量のかんらん石よりなる。

なお、本層の溶岩の一部から採取された試料(B101)の化学分析の結果(Tabla 4)、Taylor (1969)の分類( $SiO_2/K_2O$ )に従えばアルミナ玄武岩と低シリカ安山岩との中間組成に当り、また、Streckeisen (1979)の分類(石英-アルカリ長石-斜長石)に従えば玄武岩と安山岩との中間にプロットされる。

輝石安山岩は斑状組織を有し、斑晶は自形~半自形の累帯構造を示す斜長石(アンデシン、粒度0.2~4.0mm)、半自形の単斜輝石(粒度0.2~3.0mm)及び不透明鉱物よりなる。石基はインター・グラニューラー及びインター・サータル組織を有し、斜長石、単斜輝石、不透明鉱物及びガラスよりなる。

安山岩質火山礫凝灰岩は Salto de Las Minas 南部に、玄武岩質安山岩溶岩中に一枚の薄層(厚さ5~10cm)が確認されただけである。本岩は灰色を呈し、岩片の形状は角礫質で、固結度は低く、新鮮な安山岩岩片を含んでいる。

- 5) 変質作用: 本層はごく微弱なアルバイト化作用を受けている以外一般に新鮮である。
- 6) 構造及び層位関係: 本層は地形的に高所に存し、水平な地質構造を示し、褶曲運動は受けておらず、また、顕著な断層の発達もみられない。本層は下位の Río Ñuble 火山岩類及び石英安山岩岩脈を不整合に被っており(Fig. 4)、また、上位の Coladas de Valle 火山岩類によって不整合に被われている。
- 7) 時代及び対比: 本地域において、本層の形成時期を示した決定的な資料は得られていないが、周辺における既存資料より、本層の形成時期は第三紀鮮新世~第四紀更新世と想定される。すなわち、本地域の北に分布している Cola de Zorro 層の K-Ar

法による絶対年代測定では、 $1.0 \pm 0.5$  m.y. (Gardeweg, 1980) の値を示しており、また、本地域の西部地域で行われたやはり K-Ar 法による絶対年代測定では、 $1.47 \pm 0.84$  m. y. (MMAJ-11G, 1979) の値が得られている。

本地域北端に分布する本層はそのまま様式地に連続しており、Cola de Zorro 層に対比する点に問題はない。

### 2-2-3 Coladas de Valle 火山岩類

- 1) 様式地：本地域南西部の Santa Gertrudis 川の支流 Las Cabras が様式地である。
- 2) 層厚：300 m 土
- 3) 分布：本地域南部から南西部にかけての現河川沿い、特に Santa Gertrudis 川、Las Cabras 沢及び Nuble 川の南西支流等の河川沿いに細長く分布している。
- 4) 岩質及び構成：本岩類は現河川沿いに流出した現世の火山噴出物から成り、また、その活動当時の河川堆積物あるいは崖錐堆積物を局部的に夾在している。

本岩類の構成及び累重関係は場所によって若干異っている。Santa Gertrudis 川から Las Cabras 沢では、下位から上位へ、基底礫岩(厚さ 10~30 m, 以下同様)、安山岩溶岩(200 m)、礫岩(5~20 m)、火山礫凝灰岩及び溶結凝灰岩(約 50 m)と重っている。Nuble 川左岸の山腹では、局部的に基底礫岩(約 10 m)がみられ、次いで安山岩溶岩(50 m)、溶結凝灰岩(約 50 m)、礫岩(10~30 m)、及び安山岩溶岩(200 m)と累重している。

安山岩溶岩は輝石安山岩、輝石-かんらん石安山岩よりなる。一般に緻密、堅硬で、灰色-暗灰色を呈するが、輝石-かんらん石安山岩は暗黒色を呈し、六角柱状節理の発達が顕著である。

鏡下では、斑状組織を示し、真晶として累帯構造を呈した半自形の斜長石(アンデシオン~ラブラドライト、粒度 0.15~210  $\mu$ m)、半自形の輝石(普通輝石、粒度 0.12~0.75  $\mu$ m)、及び半自形のかんらん石(粒度 0.12~0.45  $\mu$ m)等が認められる。石基はインター・グラニユラー、ピロタキシチック、微晶質組織を有し、短冊状の斜長石、輝石、及び不透明鉱物よりなる。本溶岩は極めて新鮮である。

溶結凝灰岩は安山岩質で、黒色のガラスと安山岩岩片を火山灰が膠結しており、ガラスは溶結して扁平なレンズ状を呈し、堆積面に平行にのびて配列する。本岩は一般に灰色~暗灰色を呈し、火山礫凝灰岩と漸移している。溶結凝灰岩は比較的固結度が高いのに対し、火山礫凝灰岩は低い。

鏡下では、碎屑組織を示し、礫は角礫～亜角礫質である。構成礫には安山岩岩片、ガラス、斜長石及び輝石等よりなる。基質はガラス質である。

礫岩は灰色を呈し、花崗閃緑岩、閃緑岩、安山岩質火砕岩、及び安山岩等の礫より構成され、固結度は低い。礫径は最大50cmにも達するが、平均5～10cm程度である。膠結物は安山岩質火山灰、砂、シルト等よりなる。

- 5) 変質作用：本岩類は極めて新鮮である。
- 6) 構造及び層位関係：本岩類は Río Ñuble 火山岩類、花崗閃緑岩及び Cola de Zorro 層を不整合に被っており、現世の河川堆積物によって不整合に被われている。本岩類は現地形の谷部に沿って堆積しており、従ってその構造は現地形と調和的である。
- 7) 時代及び対比：本岩類の噴出時期を示した直接的なデータは得られていないが、付近の既存資料からして第四紀更新世以降のごく新しい火山噴出物と解される。すなわち、本岩類は、岩質、分布状態、流出方向等からしてその由来は、約10km南に位置した Nevados de Chillán 火山と解せられる。この火山はいくつかの火口を持っており、その一つである Chillán 火山は現在でも噴煙を上げている活火山であり、その他は休火山である。Nevados de Chillán 火山の記録上残されている噴火活動で最も古いのは1750年 (Bruggen, 1948, B. Deruelle y J. Deruelle, 1974) とされており、その後数回にわたって噴出物を流出しており、1861年の活動では Santa Gertrudis 川流域にまで及んだ、とされている。

#### 2-2-4 第四紀堆積物

前述2-2-3の Coladas de Valle 火山岩類以外に本地域に分布する第四系として、沖積堆積物、崖錐堆積物、氷成堆積物等がある。

沖積堆積物は主要河川沿いの河川堆積物が主で、円礫(粒径5～30cm)、砂、シルト等から成る。

本地域には、峻な地形を示しており、従って崖錐堆積物の発達が多い。特に主要河川の急峻な側壁にきざまれた小沢沿いに崖錐堆積物が多い。

本地域には、氷河地形は所々にみられるが氷成堆積物が現在も残っているところは少ない。Truchas 川上流にある Las Truchas 湖は花づな状の氷堆石堤によってせき止められたせき止湖である。この氷堆石堤の構成物は Río Ñuble 火山岩類、閃緑岩、石英安山岩等の大小様々の角礫質岩屑から成り、無層理、未固結である。

### 2-3 貫入岩類

本地域に発達している貫入岩類には、古いものから、花崗閃緑岩、石英安山岩、閃緑岩、トータル岩、トータル斑岩、及び安山岩等がある。

それらの産状は、バツリス、岩株、岩脈、及びシル等である。

貫入時期は、一部の絶対年代測定結果からいずれも第三紀中新世と解されるが、その中でも上記のような前後関係が野外観察の結果から認められる。

これらの貫入岩類のうち、トータル斑岩が鈹化・変質作用と最も密接している。

以下古い貫入岩より順を追って記述する。

#### (i) 花崗閃緑岩

本地域において花崗閃緑岩岩相を示す岩体は、本地域の西端に南北に延びて分布しており、それは、西に隣接した地域に広く発達している Santa Gertrudis バツリス (González y Vergara, 1962) の東縁部に相当している。

本岩は緑灰色中粒のやや脆弱な岩質を示す。

鏡下では、半自形粒状組織を示し、主成分鉱物として、石英 (0.3~1.3 mm)、斜長石 (0.3~2.0 mm)、カリ長石 (0.5~2.0 mm)、黒雲母 (0.5~2.0 mm)、及び角閃石 (1.0~1.5 mm) 等が認められ、また、副成分鉱物として少量の輝石、りん灰石、スフェイン、不透明鉱物等が認められる。

また、本岩体の代表的試料 (5 個) のモード鉱物によるアルカリ長石-斜長石-石英三角ダイアグラム (Streckeisen, 1974) (Fig. 9a) を利用した分類でも全て花崗閃緑岩域にプロットされている。また、化学組成 (Tabla 4) から得たノルム鉱物による分類 (Fig. 9b) においても同様の結果が得られた。

また、本岩体のいくつかの代表的試料による分化指数 (differentiation index, 以下 D. I. と称する) 及び主要成分比は次のとおりである。

試料名	D. I. *	Na <sub>2</sub> O/CaO *	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O *	$\frac{K_2O+Na_2O+CaO}{Al_2O_3}$ **
DA-1	71.8	0.86	6.91	1.21
B-111	66.1	0.81	6.25	1.06
D-3	76.2	1.09	6.85	1.10
B-118	66.9	0.85	6.19	1.08
FD-88	72.3	0.94	6.54	1.11
G-82	78.1	1.76	7.16	1.02

\* 重量%      \*\* 分子比

Tabla 4 COMPOSICION QUIMICA DE ROCAS SELECCIONADAS

Muestra.	Roca	Coordenadas U.T.M.	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	FeO %	MgO %	CaO %	Na <sub>2</sub> O %	K <sub>2</sub> O %	H <sub>2</sub> O %	TiO <sub>2</sub> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	MnO %	CO <sub>2</sub> %	S %	Ba ppm	Ni ppm	Cr ppm	Sr ppm	Suma Total %
B-59	pórfido tonalítico	291-5929	76.56	12.20	0.31	1.52	0.18	0.98	3.28	4.13	0.36	0.17	0.05	0.04	0.14	<0.01	490	8	59	93	100.12
D-3	granodiorita	299-5929	69.45	13.49	1.03	3.39	1.13	3.05	3.33	3.52	0.66	0.45	0.09	0.08	<0.01	<0.01	320	11	64	113	99.67
DA-1	id	287-5950	66.78	14.03	1.46	3.56	1.58	4.13	3.57	3.34	0.61	0.57	0.12	0.09	<0.01	<0.01	390	8	32	148	99.84
DA-3	tonalita	304-5947	61.08	16.29	2.69	4.51	2.54	5.72	3.59	0.97	2.14	0.65	0.18	0.14	<0.01	<0.01	270	17	76	290	100.50
DB-57	diorita	291-5929	57.52	16.61	3.31	4.44	3.35	6.80	4.00	0.94	1.66	1.05	0.22	0.12	<0.01	<0.01	250	38	69	428	100.02
DB-101	andesita basáltica	287-2929	52.41	16.69	2.87	6.82	5.37	10.12	3.01	0.72	1.11	1.00	0.16	0.15	0.11	<0.01	100	20	105	466	100.54
DB-111	granodiorita	287-5957	63.09	15.59	4.16	3.69	1.72	4.26	3.46	2.79	0.76	0.57	0.11	0.09	0.07	<0.01	370	12	38	157	100.26
DB-135	dacita	296-5956	68.45	16.98	2.06	1.71	0.05	0.45	9.00	0.11	0.87	0.50	0.12	0.08	0.11	<0.01	<20	<5	72	48	100.49
DD-1	diorita	303-5950	54.73	16.30	6.08	5.59	3.23	7.43	3.79	0.53	0.87	1.25	0.25	0.13	0.11	<0.01	100	9	46	192	100.29
DC-77	cómba	285-2935	70.71	13.24	3.04	3.07	0.56	3.05	5.06	0.42	0.91	0.32	0.07	0.08	<0.01	<0.01	80	10	63	150	100.53
DC-82	granodiorita	286-5937	68.36	14.96	1.87	2.52	0.83	2.67	4.69	2.47	0.92	0.45	0.14	0.10	<0.01	<0.01	390	12	51	146	99.98
E-97	monzodiorita	291-5931	58.59	17.21	1.99	4.29	3.47	6.42	3.94	1.17	1.59	0.83	0.17	0.12	<0.01	<0.01	300	44	92	352	99.79
E-118	granodiorita	289-5940	65.34	14.94	1.63	4.16	1.86	4.17	3.56	2.63	1.15	0.63	0.13	0.12	<0.01	<0.01	390	12	57	168	100.32
FD-88	id	287-5952	67.89	14.36	1.28	3.35	1.44	3.74	3.53	3.01	0.65	0.48	0.12	0.08	<0.01	<0.01	430	11	35	131	99.93
C-56	id	291-5931	66.93	15.02	1.50	3.43	1.58	3.51	3.84	3.04	0.78	0.60	0.13	0.08	0.04	<0.01	570	24	70	215	100.48
TC-104	monzodiorita	295-5956	54.12	14.32	4.54	7.68	2.87	6.25	4.08	1.20	2.98	1.65	0.32	0.22	<0.01	<0.01	280	8	67	180	100.23



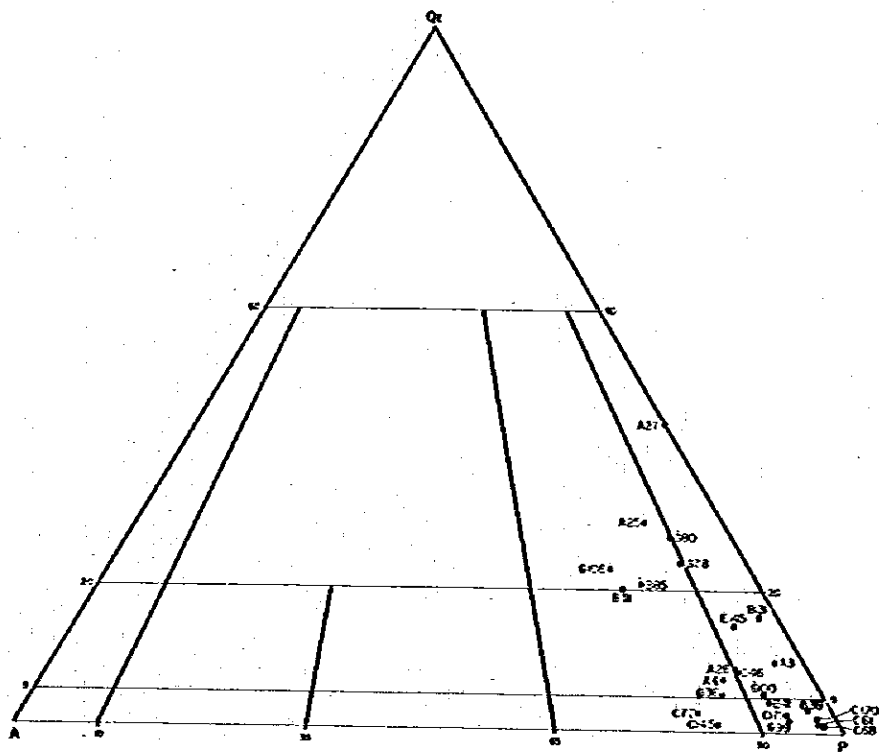


Fig 9a Clasificación modal de rocas intrusivas (STRECKEISEN, 1974)

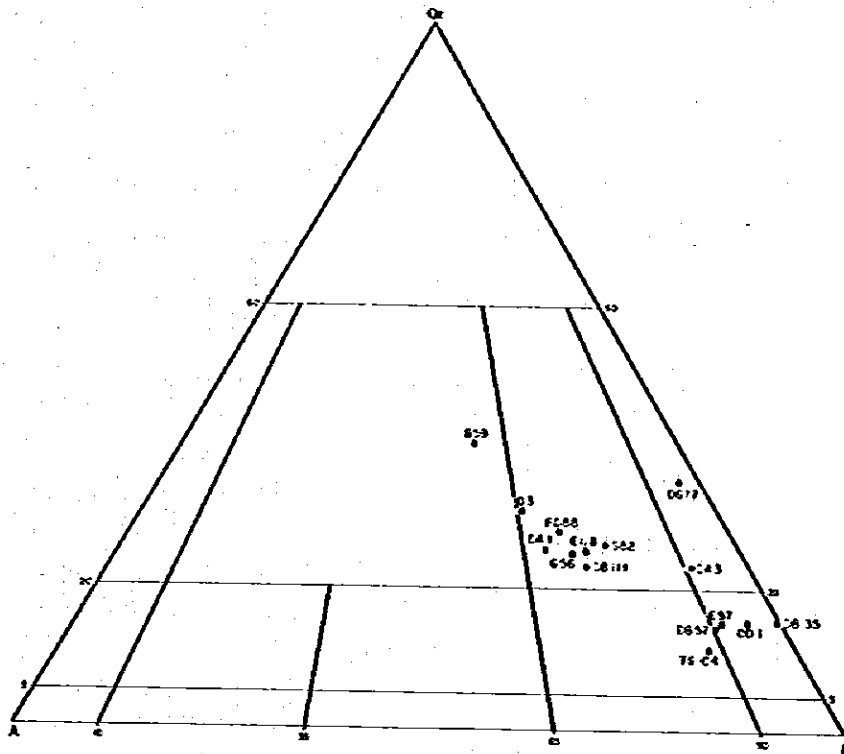


Fig 9b Composición normativa de rocas intrusivas en diagrama APO (STRECKEISEN, 1974)

Fig 9 DIÁGRAMAS TRIANGULARES

以上の如く、本岩はその化学組成からしても花崗閃緑岩の範ちゅうに入る。

本岩はごく弱い変質作用を受けており、斜長石、カリ長石が局部的に緑泥石及び緑れん石にまた、有色鉱物が一部緑泥石に変っている程度である。

本岩の固結時期については、K-Ar法による絶対年代測定結果では次のような値が得られている。

試料№	百万年
DA-1	17.8 ± 2.2
	16.7 ± 2.7 (再測定分)
DB-111	15.0 ± 1.6
DO-82	17.9 ± 0.9

これらの値はいずれも第三紀中新世に相当している。

また、野外観察では、本岩体は明らかに Río Ñuble 火山岩類を買いており、同岩類に接触変成作用を与えている。また、本岩は一部の閃緑岩岩株に買かれている。

なお、Santa Gertrudis パソリスは従来のデータ (González y Vergara, 1962, Gonzalez, 1978) によると白堊紀後期の活動とされており、今回の年代測定結果との間にならかなり大きな相異がみられる。この相異を説明するに足る十分な資料は得られていないが、今回の測定試料がいずれも同パソリスの外縁部に位置していることからすると、形成時期を異にした複合岩体の可能性も考えられる。

## (2) 石英安山岩

本地区に発達している石英安山岩には岩質的に2つのタイプがみられる。

その1つは美麗な流理構造を有し、赤褐色～灰色堅硬な岩質を示しており、長柱状の斜長石斑晶を多含している。

他の1つは、帯緑灰色を呈したフェルシックな岩質で、一見細粒凝灰岩に似ている。

前者は主として小岩株状をなしており、後者は幅数mのツル状をなしている場合が多く、その分枝脈が地層を切ることによって貫入岩であることが判別できる。なお、両者共明瞭な急冷周縁相の発達は認められない。

鏡下では、前者の場合、斑状組織及び流理組織がみられ、斑晶として半自形の斜長石(オリゴクレス)が認められ、また、石基はラス状の斜長石(アルバイト～オリゴクレス)が大部分で、この他少量の石英、斜長石結晶間を充填したカリ長石等か

ら構成されている。また、小空隙中には沸石が晶出している。後者の場合は、斑状組織を呈するが斑晶は極めて少なく、斜長石（オリゴクレーヌ）、カリ長石及び石英の微晶からなる石基が大部分を占めている。また、石基中には散点状に黒雲母の微晶もみられるがその殆んどは緑泥石化している。また、石基の長石類は局部的に絹雲母化している。斑晶としては、半自形の斜長石（オリゴクレーヌ？）が認められるに過ぎない。

なお、前者型の石英安山岩の化学組成がTable 4 に示されているが、このデータから算出された $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO}$ 及び $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ が各々20.00及び9.11と通常の石英安山岩のそれに比べ異常に高い値を示している。これは恐らくオリゴクレーヌ及び二次的に生成した沸石（Na沸石？）の存在によるものと解せられる。

また、 $\frac{\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0.92$ （分子比）及び $D. I. = 9.14$ 等の数値からすると石英安山岩よりもむしろ流紋岩領域を示している。しかし鏡下における長石の量は斜長石>カリ長石であり、 $\text{SiO}_2$ が68.15（重量%）である等の点からして石英安山岩とした。

以上の2つのタイプが同一岩体において漸移的關係で観察される場合があることからすると、両者は同一の火成活動の産物と解される。

本岩は後述の閃緑岩（10.3±1.5 m. y.）に貫ぬかれているため、10.3±1.5 m. y.より古く、Río Ñuble 火山岩類（第三紀始新世？）より新しいことは明らかであり、かつ本岩の固結度及び変質度等からして前述の花崗閃緑岩とほぼ同時期中新世の活動と解される。

### (3) 閃緑岩

本岩は、小岩株状、岩脈、ソル状をなし、本地域にほぼ普遍的に分布しており、貫入岩岩体の数からすると本岩が最も多い。

岩質は灰緑色緻密堅硬で粒度は粗粒から細粒までみられるが、細粒の場合が一般的である。

鏡下では、半自形粒状組織、サブオフィチック及び稀に斑状組織を示し、主成分鉱物として、自形斜長石（1~2 mm）、自形~他形角閃石（ホルンブレンド）（0.5~1.0 mm）、半自形~他形輝石（1.0~1.5 mm）、黒雲母及び少量のカリ長石（1.0~2.0 mm）等が認められる。副成分鉱物としてジルコン、スフェイン及び不透明鉱物が少量認められる。

本岩は一般に新鮮であるが、一部の岩体は熱水変質作用を受け、有色鉱物が緑泥石、緑れん石に、また、斜長石は絹雲母及び粘土鉱物に変っている。また、弱い黄鉄鉱の鉱染を伴っている岩体も存する。

本岩の一部のモード鉱物比を算出し、Streckeisen(1974)の三角ダイアグラムにプロットすると、多くは閃緑岩の領域に落ちるが、一部はモンゾニ閃緑岩、あるいはモンゾニ斑れい岩の領域に落ちる場合もある(Fig. 9a 参照)。

また、本岩の一部についてノルム鉱物を計算し、同様の三角ダイアグラムにプロットすると全て閃緑岩領域にプロットされた(Fig. 9b 参照)。

また、本岩体のいくつかの代表的試料によるD. I. 及び主要成分比は次のとおりである。

試料名	D. I. <sup>※</sup>	Na <sub>2</sub> O/CaO <sup>※</sup>	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O <sup>※</sup>	$\frac{K_2O+Na_2O+CaO}{Al_2O_3}$ <sup>※※</sup>
TO-104	49.6	0.65	5.28	1.36
DD-1	46.4	0.51	4.32	1.24
Q-56	72.3	1.09	6.88	1.07
E-97	51.7	0.61	5.11	1.12
B-57	51.3	0.59	4.94	1.20

※ 重量比      ※※ 分子比

以上の値のうち、試料 No. Q-56だけは花崗閃緑岩の化学組成を示しているがこの試料は、5 × 1 Kmのかなり規模の大きい岩株の一部より採取されたもので、同岩体の他の数箇所における試料は閃緑岩岩相を示していることから、同岩体は一部に岩相変化がみられる。

閃緑岩の活動時期は、K-Ar法による絶対年代測定結果(10.3 ± 1.5 m. y.) から第三紀中新世と解される。

また、本岩は、前述の花崗閃緑岩、石英安山岩を貫いており、後述のトーナル岩に切られている。

#### (4) トーナル岩

トーナル岩の岩相を示す岩体は、調査地域の北東部に2岩体発達しているのみである。産状は両者で異なり、西の岩体は小岩株状、東の岩体は地層に調和したシル状をなす。

岩質は帯緑白色堅硬の中粒岩で、鏡下では、半自形粒状組織を呈し、主成分鉱物と

して多量の長柱状、短冊状の斜長石（アンデシン）、斜長石結晶間を埋めた他形の石英、他形～半自形の黒雲母、半自形の角閃石、等が認められるが、有色鉱物の量がフェルシック鉱物に比べてかなり少ない。また、カリ長石が殆んど認められない。

副成分鉱物として、りん灰石、スフェイン、不透明鉱物等が認められる。

変質鉱物としては、斜長石の劈開に沿って発達した絹雲母及び黒雲母を一部交代した緑泥石等が観察される。

本岩の代表的試料の化学組成はTable 4 に示されているが、 $\text{SiO}_2 = 61.08\%$ 、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO} = 0.63$ （重量比）、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 4.56$ （重量比）、 $\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1.06$ （分子比）であり、またD. I. = 54.9 等からしても、検鏡結果とはほぼ同様の結果が得られている。

本岩の活動時期はK-Ar 法による絶対年代（ $13.4 \pm 0.9 \text{ m. y.}$ ）からして第三紀中新世と解される。

#### (5) トーナル頁岩

トーナル頁岩を示す岩相は岩質及び活動時期によって2つのタイプに区別される。このうち早期活動のトーナル頁岩を(A)、後期のそれを(B)と呼称する。

##### (5)-1 トーナル頁岩(A)

本岩は、優白色、堅硬な岩質を示し、アファニチックな石基中に石英、長石の比較的大きな斑晶が散点していることを肉眼的な特徴としている。

本岩の産状は小岩株、岩脈及びシル等であり、分布上の特徴は特にみられない。本岩は一般に鉱化・変質作用を受けており、本地域にみられる鉱化作用と密接した火成岩の1つである。

鏡下では、斑状組織を呈し、斑晶として融食石英、斜長石が認められる。石基は細粒の斜長石、石英の集合からなり、それらの結晶間を二次鉱物の絹雲母、緑泥石、方解石、緑れん石等が埋めている。

なお、斑晶の斜長石はその劈開に沿って絹雲母及び方解石に一部変っている。

本岩の一部に対し完全分析を行った結果、花崗岩領域を示すような値が得られた。また、 $\text{Na}_2\text{O}/\text{CaO} = 3.35$ 、 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.41$ 、 $\frac{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0.95$ 、D. I. = 90.6 等の値も花崗岩領域を示している。しかし、同分析に供された試料が1個であるため、化学組成と顕微鏡観察の違いについて詳しい言及は避けたい。

本岩は前述の閃緑岩（ $10.3 \pm 1.5 \text{ m. y.}$ ）を貫いており、閃緑岩より新しい

活動であることは明らかであるが、決定的なデータは得られていない。

#### (5) 2 トーナル斑岩(時)

本岩と前述のトーナル斑岩(A)とは、本岩の方がより結晶質である点で識別されている。すなわち鉱物組成は(A)と同じくトーナル岩の領域に入るが、本岩の場合、斑晶と石基の区別が(A)の場合ほど明瞭でなく、等粒状組織に近い斑状組織を呈している。また、本岩は(A)に比べて有色鉱物が多く、肉眼的にも有色鉱物を確認し得る。従って色も本岩の場合は帯緑色を呈している。

本岩の発達は少なく、かつ、岩脈を成しトーナル斑岩(A)近傍に同岩を切って発達している場合が多い。

鏡下では、弱いながら斑状組織を呈しており、斑晶は多量の斜長石と少量の石英及び殆んど緑泥石化した角閃石等から構成されており、石基は主として斜長石と石英から成っており、それらの結晶間を緑泥石が充填している。

また、変質鉱物としては上記緑泥石の他に斜長石斑晶のごく一部を交代した絹雲母が認められるが、変質作用は(A)に比べて極めて弱い。

本岩はトーナル斑岩(A)、及び酸化・変質帯を切っており、(A)より新しい活動であることは明らかであるが、さほど大きくかけ離れた活動ではなく、一連の火成活動の後期産物と解せられる。

#### (6) 安山岩

本岩は幅数m~250mの岩脈として発達しているが、その数は少ない。また、岩脈の延びの方向に規則性はみられない。

本岩は暗灰色堅硬で、鏡下では、斑状組織が認められ、石基は斜長石、緑泥石、不透明鉱物、スフェイン、二次性石英、方解石等によって構成されたトラキチック組織を呈している。斑晶としては、斜長石、恐らく原鉱物は角閃石と思われる有色鉱物等が認められる。なお、斑晶の斜長石は一部沸石、絹雲母、方解石等に交代されており有色鉱物は殆んど完全に緑泥石化している。その他、緑泥石、石英、方解石から成る杏仁状構造が発達している。

本岩の貫入時期を示した決定的な資料は得られていないが、石英安山岩を買っていることは明瞭であり、また、貫入岩類のうちでは最も新鮮であること等を考え合せると上述の貫入岩類と一連の活動の産物でその中では最も後期の活動と考えられる。

## 2-4 地質構造

### 1) 褶曲構造

本地域に分布する地層のうち、最下位層準の Río Ñuble 火山岩類に褶曲構造が発達している。

この褶曲構造は2~8kmの波長を持った緩やかな波状褶曲構造をなしており、褶曲軸は、多少の屈曲を示しながらも大勢としてはN-S性を示している。また、局部的にはNNW-SSW性、NE-SW性の褶曲軸を持った連続性の小さい小褶曲もみられる。翼傾斜は一般に30°以下の緩傾斜をなすが、本地域の北東隅では70~80°と急傾斜している。

また、本地域西部に発達する花崗閃緑岩パツリス近傍の Río Ñuble 火山岩類は、同パツリスに押し上げられ、局部的に60~80°の急傾斜をなしている。

この褶曲運動の時期は Río Ñuble 火山岩類堆積後、Cola de Zorro 層堆積前(第三紀鮮新世以前)である。

### 2) 裂か

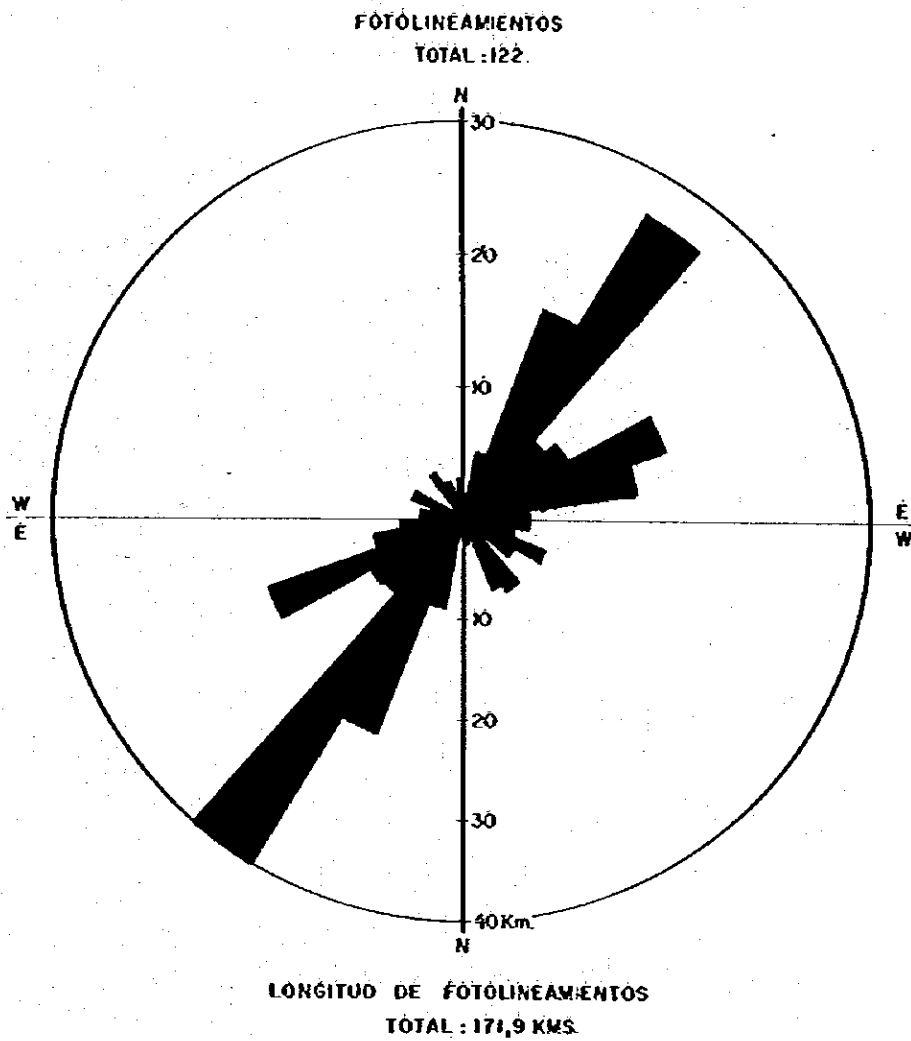
本地域には大きなずれを伴った大断層の発達は認められないが、殆んどずれを伴わないか、あるいは伴っているとしても数mの小断層等の小裂かの発達は、さほど顕著(局部的には著しい)ではないが、Río Ñuble 火山岩類及び貫入岩類中に認められる。

このような小裂かは、植生の多い本地域の野外での確認及びその追跡が難しいため、空中写真を利用し、そのフォトリニアメントとして把握した。

把握されたフォトリニアメントの分布は、Fig. 3 に示されているが、本地域中央東部のMaravilla 山系を中心とした地域でその分布密度が大きい。その他の地域ではまばらである。

フォトリニアメントの総本数は122本で、その総延長は172kmとなる。このフォトリニアメントの方向別の本数及び延長を表わした図が Fig. 10 であるが、これから読みとれるように、本地域に発達するフォトリニアメントは、N20~40° E系、N60~80° E系、N30° W系及びN70° W系に大別され、このうち最も高い頻度で発達しているものがN20~40° E系(36%)次いでN60~80° E系(24%)となっており、その他の系の発達頻度は低い。

最大の延長を有したフォトリニアメントはN20~40° E系の1つでLos Sauces 川右岸沿いに発達したリニアメントで延長12kmに及んでいる。なお、フォトリニアメ



**Fig.10** Diagrama de fotolineamientos.



ントの平均延長は約 1.4 km である。

以上のフォトリニアメントは主として Río Ñuble 火山岩類中に発達しているが、その一部は同岩類を買いた買入岩類にまで連続して及んでいる。このことは、裂か作用が買入活動後、すなわち第三紀中新世以降、鮮新世前に行われたことを示すものである。

また、 $N 20 \sim 40^\circ$  B 系の主要裂かには圧砕構造がみられ、従って同系裂かはせん断裂かと解される。

上記の N-S 性の褶曲構造と、その軸とはほぼ  $45^\circ$  で交わるせん断裂かの存在からすると、本地域に及ぼした褶曲及び断裂運動の力は圧縮力でその方向は E-W が最も考えやすい。チリ全土の地質構造を支配する N-S 系が本地域においても支配的である点からすると、本地域もやはりチリ全土の主構造運動の影響を強く受けているものと解せられる。

## 2-5 地史

以上の調査結果に基づいて本地域の地質を地史的に要約すると次のとおりとなる。

本地域の地史は先中新世の安山岩質火山活動 (Río Ñuble 火山岩類) から始まっている。この活動もその全容は、上・下限が不明であるため、明らかにできないが、先中新世恐らく第三紀初期頃(?)、陸域において、活発かつ広範囲に及ぶ中性の火山活動であった。

この火山活動後本地域では、しばらくは火成活動もなく、静穏な時期が続き、その間同活動の産物は続成作用と侵食作用を受けている。中新世になり、再び火成活動は活発化するが、この時期の活動は地表まで至っておらず、バツリス、岩株、岩脈等の買入岩相として産し、かつ中性と酸性との中間的の化学組成の火成活動で特徴づけられる。本地域にみられる鉱化作用はこの時期の火成活動と密接して形成されている。

この買入活動に引続いて(?)東西方向の圧縮運動が起り先中新世に褶曲構造、裂かをもたらしした。

上記の買入活動以降鮮新世の火山活動 (Cola de Zorro 層) まで本地域は再び侵食期に入っている。

鮮新世の火山活動は玄武岩組成に近い安山岩質で、溶岩流を主体に陸域で噴出している。この活動はその後更新世まで断続的に続いている。

同活動後、本地域は寒冷気候下におかれ、地域の大半は氷河で被われた。

更新世まで続いた火山活動はその後、しばらく休止していたが、18世紀頃(?)活動を再開し、溶岩流と火砕流を交互に噴出させ、その噴出物は現地形の谷部に沿って流下している。

## 第3章 応用地質

### 3-1 概 要

調査地域には、Fig.11 に示すとおり従来より知られている Las Tragedias (旧称 Avanzada Camán) 及び Las Minas 鉍化帯の他、今次調査によって確認された大小合わせて31箇所及び鉍化帯あるいは鉍徴が発達しているが、それらは主として黄鉄鉍の鉍染からなり、銅、モリブデン等の有用成分はごく微量に過ぎない。

鉍化作用は主として、小岩株あるいは岩脈状のトータル斑岩(A)及び石英安山岩中あるいはそれらの周辺部にみられる。

鉍化帯あるいは鉍徴地の大部分は数百m単位の小規模なものであるが、稀には長径2Kmに及ぶものもある。

鉍化作用には一般的に、弱～中程度の珪化作用と弱絹雲母化作用を伴っている。

鉍化・変質帯のうち、規模、鉍化・変質作用の程度共最も優勢なものは Las Tragedias 鉍化帯であり、同鉍化帯は一種のボーフイリー・カッパー型鉍床と解されるが、Cu、Mo 共低品位で、また、二次富化帯の発達もみられない。

鉍化帯の多くは小岩株状のトータル斑岩(A)及び石英安山岩の活動と関係して形成されたものと解され、従ってその主形成時期は中新世と想定される。

### 3-2 鉍化・変質作用

調査地域に発達する33箇所の鉍化帯、鉍徴をタイプ別に分けると、30箇所が鉍染(一部網状)型で、3箇所が鉍脈型であり、前者が圧倒的に多い。この30箇所の鉍染型のうち、25箇所が岩株、岩脈を中心に、あるいは貫入岩の周辺部に発達しており、なかでも石英安山岩(15箇所)及びトータル斑岩(A)(8箇所)と密接して形成されるものが大部分を占めている。

なお、調査地域の主として北部にかたまわって閃緑岩の小岩株群が発達しているが、同岩には、鉍化・変質作用は殆んどみられない。

以上の鉍染型は主として黄鉄鉍よりなり、その他、黄銅鉍、磁鉄鉍、磁硫鉄鉍等が認められるが顕微鏡的な量に過ぎない。

鉍化作用に関係した熱水変質作用としては、鉍染型の場合、珪化作用が普遍的にみられ、また、殆んど常に弱い絹雲母化作用、炭酸塩化作用、緑泥石化作用を伴っている。変質の程度は局部的に原岩の識別が困難なほど強い箇所もあるが、一般的には弱い。

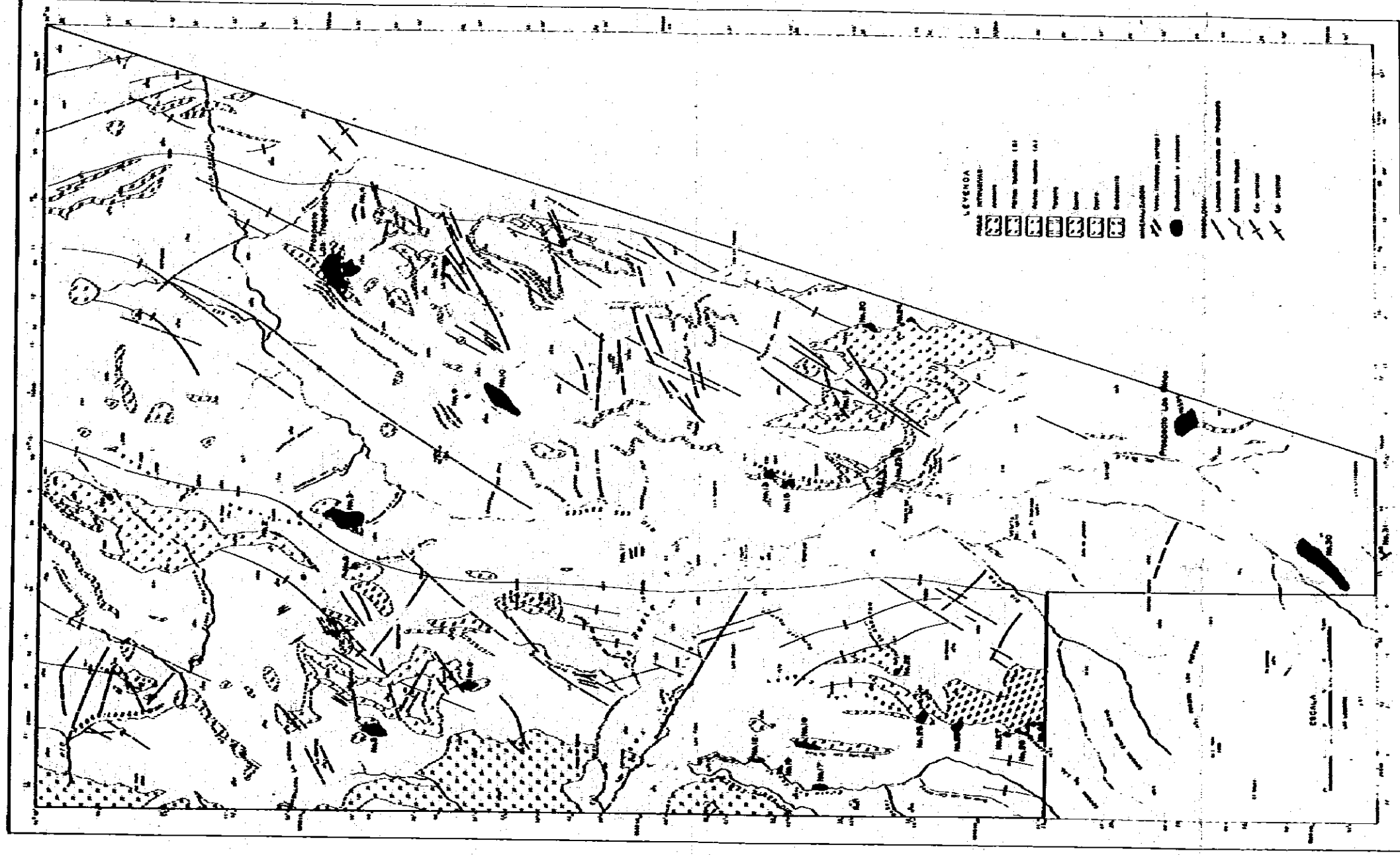


FIG. 11 PLANO TECTONICO Y UBICACION DE ZONAS MINERALIZADAS DEL AREA SAN FABIAN DE ALICO

鉄脈型は、数十センチ以下の細脈で、構成鉱物は黄鉄鉱が一般的であるが、一部の脈は閃亜鉛鉱、方鉛鉱を含有しており、ある脈には輝銅鉱、斑銅鉱がみられるがいずれも量的にはきわめて微量である。また、脈方向に規則性は認められず多方向を示している。

地質構造と鉄化作用の間には明瞭な関係は見られない。

以下、個所別に説明する。なお、一括したものを一覧表 (Tabla 5) にまとめた。

Las Tragedias 鉄化帯 (Fig. 12, 13 参照)

本鉄化帯は、従来の資料では Avanzada Camán 鉄化帯 (González F., 1978) と呼ばれていたものであるが、Avanzada Camán の名称は同鉄化帯とはかけ離れた地域の名義と同一であり、その混同を避けるため、本報告書において Las Tragedias の名称が採用された。

本鉄化帯は、Los Sauces 沢支流の González 沢と Tragedia 沢の合流点の南南西約 3 km に位置している。

鉄化作用は、網状—鉄染状、細脈状の黄鉄鉱、ごく微量の黄銅鉱からなり、地表部には、弱い酸化作用による褐鉄鉱の gossan がみられ、これにごく微量の酸化銅鉱を伴っている。

鏡下では、黄鉄鉱、黄銅鉱、磁黄鉄鉱、磁鉄鉱、イルメナイト、赤鉄鉱、白鉄鉱等が観察されるが、黄鉄鉱以外はごく微量である。

この他、鏡下では認められなかったが、下記の分析結果が示しているように、一部の試料にやや高いモリブデンの徴候が認められる。黄銅鉱結晶は一般に半自形～他形を示し、粒度は 0.35～5.95 μm である。

黄銅鉱は黄鉄鉱結晶中に点滴状、あるいは包有物として晶出している場合が多く、その粒度は 0.21～0.7 μm の微晶他形をなしている。黄銅鉱はこの他イルメナイトの劈開に沿って発達しているもの、磁黄鉄鉱と共生している場合等がある。

磁黄鉄鉱も黄鉄鉱結晶中に晶出している場合が多く、稀に、単体あるいは白鉄鉱結晶縁に沿って晶出している場合もある。また白鉄鉱と box work を形成した磁黄鉄鉱も微量ながら認められる。

磁鉄鉱は他形～半自形をなし単体として生成している場合が多く、稀に微細脈をなしている。

イルメナイトは格子状劈開を有した自形結晶をなし母岩中に散点している。

白鉄鉱は微小空隙を埋めて産している。

赤鉄鉱、褐鉄鉱は黄鉄鉱の結晶縁を交代生成している。

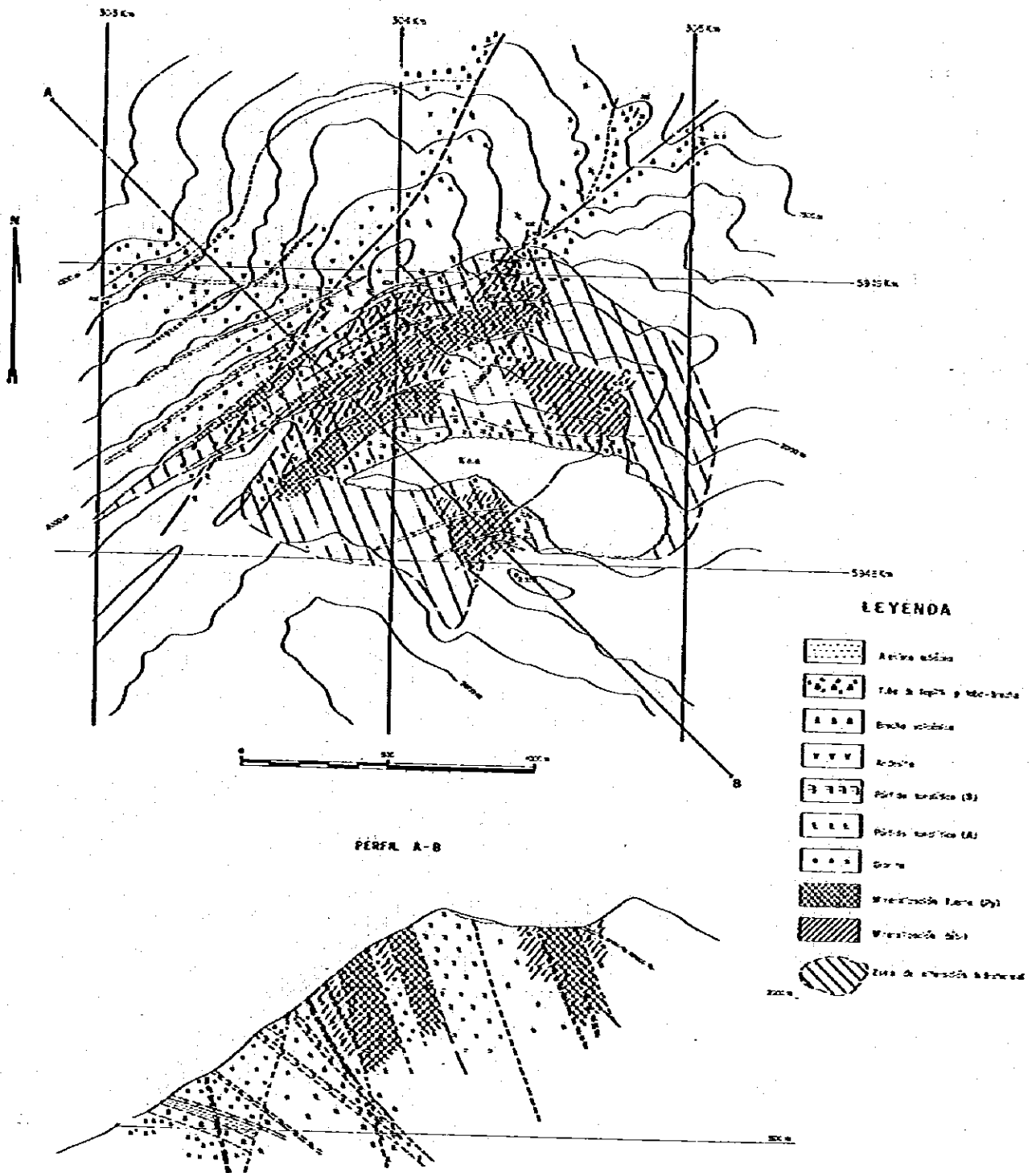


Fig 12 CROQUIS DEL PROSPECTO LAS TRAGEDIAS

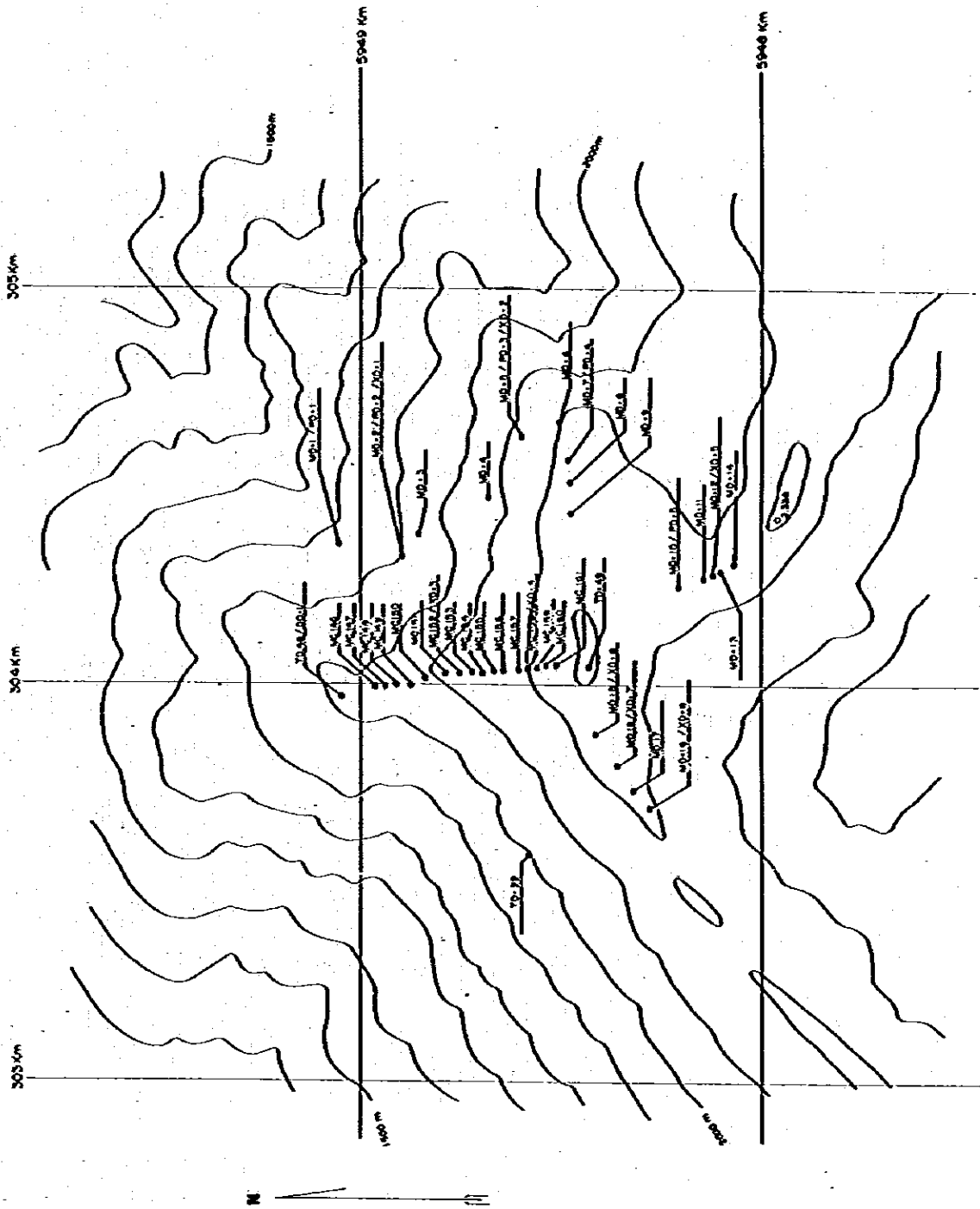


Fig.13 PLANO DE MUESTREO DEL PROSPECTO LAS TRAGEDIAS

主要成分の平均含量は次のとおりである。

Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)
< 20	0.4	223	17.0	7	24	3.96	0.62

また、個所別の品位は下表のとおりである。

Muestra N°	Cobre Cu(ppm)	Molibdeno Mo(ppm)	Plomo Pb(ppm)	Zinc Zn(ppm)	Fierro Fe(%)	Oro Au(ppb)	Plata Ag(ppm)
3C -146	100	22	12	105	7.55	< 20	0.3
" -147	49	0.6	30	33	7.20	"	0.6
" -148	121	1.8	9	91	7.30	"	0.3
" -149	28	0.4	9	15	4.60	"	0.1
" -150	19	0.8	8	9	5.65	"	0.1
" -151	19	< 0.2	7	18	6.20	"	0.1
" -152	197	2.5	5	14	2.75	"	0.2
" -153	225	2.6	6	17	3.00	20	0.9
" -154	258	2.9	7	14	3.25	< 20	0.2
" -155	453	11.8	6	23	2.85	20	0.8
" -156	10	4.0	13	26	1.85	< 20	0.2
" -157	610	3.0	5	14	2.25	"	0.3
" -158	0.155	2.0	5	21	2.50	"	1.0
" -159	220	1.8	5	30	2.15	"	0.2
" -160	530	4.4	5	18	3.05	"	0.5
" -161	88	5.6	6	8	2.95	"	1.2
3D - 1	238	1.5	10	86	8.45	"	0.3
" - 2	36	1.4	11	19	4.00	"	0.2
" - 3	41	4.8	4	17	2.90	"	0.1
" - 4	203	1.5	5	13	4.90	"	0.4
" - 5	269	8.2	7	19	5.25	"	0.4
" - 6	0.125	1.6	7	26	7.20	"	1.5
" - 7	198	21.8	4	13	2.20	"	0.1
" - 8	440	9.6	6	13	2.75	"	0.3
" - 9	351	8.8	6	28	3.25	"	0.5
" - 10	476	1.3	12	36	8.30	"	0.7
" - 11	84	2.7	5	18	2.70	"	0.2
" - 12	69	2.0	4	16	2.70	"	0.4
" - 13	47	1.3	5	16	2.70	"	0.5
" - 14	12	0.6	5	15	2.40	"	0.1
" - 15	101	21.0	5	6	2.50	"	0.6
" - 16	165	3.4	7	12	3.40	"	0.2
" - 17	219	2.6	5	19	2.65	"	0.5
" - 18	211	5.1	6	17	3.05	"	0.2
3A - 21	26	1.2	5	15	2.50	"	0.1
" - 22	42	4.4	5	21	3.80	"	0.1
" - 23	640	1.3	9	73	10.30	"	1.1

母岩は主としてトータル斑岩(A)、一部 Río Ñuble 火山岩類の安山岩であり、前者は数条からなる岩脈状をなしている。また、岩相はトータル斑岩(A)と同一である鉱化作用を持たないトータル斑岩(B)が、鉱化帯を切っている。また、同鉱化帯付近には閃緑岩岩脈も分布しているが、同岩脈における鉱化作用はごく微量の黄鉄鉱の鉱染にとどまっており、また、受けている変質作用もごく微弱なものである。

本鉱化帯付近におけるトータル斑岩(A)は部分的に強い石英-絹雲母化作用を受けているが、所々に非~弱変質部が島状に残されており、従って同作用もさほど優勢なものではなかったものと解される。また、同岩の有色鉱物は殆んど緑泥石に変わっている。とっている。

本鉱化帯の平面的規模は約  $1 \times 1 \text{ km}$  を有している。

以上の事実からすると、本鉱化作用は中新世のトータル斑岩(A)の活動と関連して形成された一種のポーフリー・カッパー型と解されるが、銅、モリブデンの鉱化作用及び同鉱化作用に伴った変質作用ともごく微弱なものであったと解される。

#### Las Minas 鉱化帯

本鉱化帯は Ñuble 川上流域東斜面に位置している。

本鉱化帯は主として黄鉄鉱の鉱染よりなり、部分的に黄鉄鉱-石英細脈の発達もみられる。

構成鉱物は上記の他にごく微量の酸化銅鉱、鏡下観察においてのみ確認可能な黄銅鉱、閃亜鉛鉱、及び磁鉄鉄鉱等である。

黄鉄鉱は多くの場合他形を呈し、粒度は  $0.14 \sim 3.85 \text{ mm}$  で殆んど常に点滴状の黄銅鉱、磁鉄鉄鉱を含有している。

黄銅鉱、磁鉄鉄鉱は上記産状の他に単独に産している場合は稀である。

閃亜鉛鉱は、微小他形をなし、黄鉄鉱結晶あるいは母岩中に単独に散点している。

本鉱化・変質作用はトータル斑岩(A)を中心に発達しており、同岩周辺の被買入岩にも鉱化・変質作用は微弱ながら及んでいる。

熱水変質作用は中程度の珪化作用を主としており、ほぼ鉱化帯全域に及んでいる。また、絹雲母化作用もみられるが、ごく弱いものである。

本鉱化帯の平面的規模は  $800 \times 800 \text{ m}$  でアノーバ状に広がっており、その分布はトータル斑岩(A)のそれとはほぼ一致している。

本鉱化帯における代表的試料の分析結果は次のとおりである。



	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MA-6	<20	0.2	40	6.8	4	5	1.95	0.28
"-7	<20	0.3	63	8.0	18	9	2.65	0.16
"-8	<20	0.2	62	1.7	7	8	2.10	2.16
"-9	<20	0.1	20	5.3	3	4	1.95	<0.10
"-10	<20	0.2	249	0.5	5	6	2.35	2.84
"-11	<20	0.2	49	1.3	4	6	2.15	<0.10
"-12	<20	0.2	90	5.0	8	10	2.10	0.28
"-13	<20	0.4	862	2.0	5	76	3.40	1.12
"-14	<20	2.4	260	14.5	20	3.8	2.25	<0.10
MB-37	<20	0.9	221	0.8	14	20.8	6.40	0.10

上記の分析結果が示すとおりいずれの品位も極めて低い。なお、一部の試料に弱いモリブデンの徴候が認められる。以上のように本鉱化帯はトータル廃岩(A)の活動に関連した一種のポーフイリー・カッパー型鉱床と解されるが、その酸化・変質作用はごく弱いものである。

#### 鉱1 徴

本鉱徴は、調査地域北部に分布している貫入岩の石英安山岩中に発達している鉄ヤケ帯で、初生鉱物は認められず、褐鉄鉱、一部赤鉄鉱が鉱染状あるいは一部の小割目を満し発達している程度である。

本鉱徴地の広がりは100×50mである。

代表試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MB-136	<20	0.4	6	1.6	19	20	1.75	0.16

なお、本鉱徴にはごく微弱な粘土化作用を伴っているに過ぎない。

本鉱徴はおそらく、石英安山岩の形成に伴った局部的黄鉄鉱の濃集の酸化作用によって形成されたものであろう。

#### 鉱2 徴

本鉱徴も鉱1 徴と同一岩体に発達した鉄ヤケで、付近の母岩は中程度の珪化作用を受け、その広がりNNE-SSWに伸びた幅1.0m、長さ4.0mの楕円状を呈し、貫入岩の縁辺部に沿って分布している。

代表試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MD-20	<20	0.1	17	0.6	11	26	3.75	0.20

本鉱徴の他、付近には Río Ñuble 火山岩類の凝灰岩を母岩とした同様の鉱徴が2箇所発達している。

#### 鉱3 鉄 徴

本鉄徴は、石英安山岩岩株を中心に発達した黄鉄鉄の鉄染帯で、その平面的規模は1×0.5 Kmとかなり大きい。母岩は弱い珪化作用を受けており、鉱化・変質作用は付近の被貫入岩にも及んでいる。

代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MH-81	<20	<0.1	14	0.8	15	88	1.60	<0.10
" 82	<20	<0.1	17	1.4	18	66	1.80	<0.10
" 85	<20	0.1	12	0.6	16	53	1.85	<0.10
" 86	<20	<0.1	12	0.5	22	22	1.20	<0.10

黄鉄鉄以外の鉄物は認められず、また上記分析結果が示しているように有用成分は痕跡程度である。

#### 鉱4 銅 徴

本銅徴は輝銅鉄の細脈で、調査地域において唯一の高品位を示したものである。

本脈は Río Ñuble 火山岩類の火山砕凝灰岩中に発達しており、脈幅10cmを有し、N80°E、垂直に延びている。なお、付近に同類の脈はみられず、本脈1条のみである。

鏡下では、輝銅鉄の他に同鉄を交代している銅藍、輝銅鉄脈の縁部に出している放射状の鏡鉄鉄、輝銅鉄脈を切って発達している孔雀石細脈、輝銅鉄結晶中に点滴状に産する僅少の斑銅鉄等である。

なお、脈石鉄物として方解石が認められる。

本脈の代表的試料による品位は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu (%)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MC-96	60	180	6.80	0.6	17	146	5.25	1.32

以上の構成鉱物からして本脈の露頭レベルは二次富化帯に該当しており、恐らく地下浅所で初生硫化帯に変わるものと解される。

本脈はCu品位は高いが規模が極めて小さく、稼行対象にはなり得ない。

#### 6.5 鉬化帯

本鉬化帯は調査地域北西部に分布しているトータル斑岩(A)岩株を中心に発達している黄鉄鉬の鉬染(一部網状)帯であるが、付近に分布している閃緑岩小岩株、被貫入岩(安山岩)にも同鉬化作用は一部及んでいる。

鉬石鉱物は鏡下においても黄鉄鉬しか認められない。しかし下記の鉬石分析の結果が示しているように一部の試料で銅の徴候が認められる。なお、黄鉄鉬は一般に褐鉄鉬化しており、露頭は茶褐色の鉄ヤケ帯を形成している。

黄鉄鉬結晶は粒度0.28~2.80 $\mu$ mの微小で他形~半自形を示している。

変質作用は、珪化作用が比較的強く、鉬化帯全域に及んでおり、弱絹雲母化作用を殆んど常に伴っている。また、母岩の有色鉱物は殆んど緑泥石に変わっている。

代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)
MA-14-1	<20	0.3	85	0.9	11	57	6.60	1.84
"/-15	<20	0.2	488	2.3	12	128	6.70	2.36
"/-16	<20	0.2	745	0.8	11	133	7.30	2.26
"/-17	<20	0.1	19	0.3	4	8	2.35	1.18
"/-18	<20	0.1	7	0.7	4	6	1.80	1.08
"/-19	<20	0.1	12	1.2	3	5	1.65	0.16
"/-20	<20	0.1	17	1.2	3	5	0.85	0
MF 71	<20	0.2	69	8.4	25	92	4.95	0.26

本鉬化帯の形状は南北に延びた900×300mの楕円状をなしている。

本鉬化帯もトータル斑岩(A)の形成に関連して形成されたものであろうが、有用鉱物の含有は痕跡に等しい。

#### 6.6 鉄 徴

本鉄徴は石英安山岩岩株の縁辺部に発達したごく小規模の褐鉄鉬からなる鉄ヤケ帯であり、弱珪化作用を伴っている。

分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)
MD-19	120	0.2	8	2.1	15	50	3.80	0.20

この結果からするとやや高い金の徴候がみられる。

#### 67 鉄 徴

本鉄徴は2条の脈からなる。その1つは角礫状の破砕帯に黄鉄鉱、褐鉄鉱が弱く鉄染しているもので、破砕帯の幅は2.0 m、N70°E、90°を示している。品位はAu < 20 ppb、Ag 0.2 ppm、Cu 33 ppm、Mo 129 ppm、Pb 14 ppm、Zn 100 ppm、Fe 6.30%、S 1.92%であり、モリブデンの弱い徴候がみられる。

他の1条は上記脈の西400 mに発達しており、やはり幅2.0 mの破砕帯に黄鉄鉱、褐鉄鉱が鉄染しているもので、破砕帯の方向はN-S、90°を示している。

品位はAu < 20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 21 ppm、Mo 1.1 ppm、Pb 8 ppm、Zn 67 ppm、Fe 4.30%、S 0.12%である。

母岩は両脈共 Río Ñuble 火山岩類である。

#### 68 鉄 帯

本鉄帯は石英安山岩岩株中に発達した鉄染状黄鉄鉱、褐鉄鉱からなる鉄ヤケ帯で、褐鉄鉱は主として小割目を透している。

平面的規模は南北500 m、東西250 mを有する。

代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)
MH-1	<20	0.1	19	0.8	4	5	1.55	0.12
"-2	20	0.1	10	0.4	6	6	1.25	0

なお、本帯には弱珪化作用を伴っている。

#### 69 鉄 徴

本鉄徴は Río Ñuble 火山岩類の安山岩中に発達した網状の黄鉄鉱からなるもので、黄鉄鉱の多くは褐鉄鉱化している。

変質作用は殆んど受けていない。なお、代表的試料による品位はAu < 20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 22 ppm、Mo 0.6 ppm、Pb 10 ppm、Zn 48 ppm、Fe 3.85%、S < 0.10%

である。

本鉱徴の平面規模は100×50mである。

#### 鉱10 徴

本鉱徴は鉱9 徴の南800mに分布した黄鉄鉱の鉱染からなるもので、Río Noble 火山岩類の凝灰岩の層理に沿って鉱染している。また、黄鉄鉱の一部は褐鉄鉱化している。

この鉱染帯の範囲は幅50m、延長800mに及んでいるが、黄鉄鉱以外の鉱物は認められない。また、変質作用も認められない。

以上の産状からすると同生的生成が考えられる。

なお、代表的試料による分析結果は、Au<20ppb、Ag0.3ppm、Cu19ppm、Mo08ppm、Pb12ppm、Zn91ppm、Fe7.95%、S3.03%を示している。

#### 鉱11 徴

本鉱徴は石英安山岩のシル中に発達した黄鉄鉱の鉱染で、同シルは3枚あり、各々1.0m、1.5m、1.0mの幅を有し、そのいずれにも黄鉄鉱は発達しており鉱染帯の幅も同シルの幅にほぼ一致している。また、同シル及び鉱染帯の方向はN80°EからE-W、90°を示している。また、黄鉄鉱の多くは褐鉄鉱化している。

代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	幅(m)	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MC-21	1.0	<20	0.9	180	1.1	9	66	5.90	0.26
■ -23	1.5	<20	9.9	0.22%	9.0	160	323	10.00	0
■ -26	10.0	<20	0.2	126	1.6	9	22	3.55	<0.10

なお、肉眼的には銅鉱物は認められなかったが、上記の分析結果では、一部の試料に銅の弱い濃集がみられる。

本鉱化作用には弱い珪化作用を伴っている。

#### 鉱12 徴

本鉱徴はトータル斑岩(A)小岩株を中心に発達した弱い黄鉄鉱の鉱染で、500×100mの広がりをもっている。母岩は弱い珪化作用を受けているに過ぎない。

#### 鉱13, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 及び24 徴

以上の鉱徴はいずれも同一の石英安山岩々体(買入相)に発達した黄鉄鉱の鉱染帯で、弱～中程度の珪化作用、絹雲母化作用、粘土化作用を伴っている。

形状は100×300mmの楕円状を呈している場合が多く、殆んどが岩体の縁辺部に発達している。また、No.15, 18, 20等の鉱徴は付近の被貫入岩にも及んでいる。

No.20鉱徴は自破砕化した母岩の隙間を褐鉄鉱が満し網状を呈している。

いずれの鉱徴も肉眼的に黄鉄鉱、褐鉄鉱以外の鉱物は認められない。

各鉱徴の代表的試料の分析結果は次のとおりである。

#### No.13 鉱 徴

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
MH-66	<20	0.1	9	0.6	15	92	3.30	0.26
■ -67	<20	0.1	11	0.5	9	105	4.10	1.34
■ -68	<20	0.3	18	1.3	13	35	2.40	0.48
■ -69	<20	0.2	13	1.3	10	89	3.95	0.24
■ -70	<20	0.1	12	7.6	13	100	4.30	1.67
■ -72	<20	0.1	12	1.1	14	62	3.80	0.92

#### No.15 鉱 徴

MA-26	<20	0.1	9	6.3	16	52	2.15	0.52
■ -27	<20	0.2	12	2.7	10	83	3.80	0.28

#### No.18 鉱 徴

MF-57	<20	0.1	5	1.6	14	89	2.35	0.16
■ -60	<20	0.1	7	0.2	33	119	3.55	0.40
■ -62	<20	1.2	7	5.4	22	30	2.25	1.90
■ -63	<20	0.2	5	2.3	11	62	2.50	0

#### No.19 鉱 徴

MA-3	<20	0.1	6	2.9	16	57	2.65	<0.10
■ -4	<20	0.1	7	5.4	16	30	3.20	0.10

#### No.20 鉱 徴

MA-1	<20	0.1	26	1.9	15	74	1.85	0
------	-----	-----	----	-----	----	----	------	---

#### No.21 鉱 徴

MA-24	<20	0.1	5	0.2	13	70	2.25	0
-------	-----	-----	---	-----	----	----	------	---

#### No.24 鉱 徴

MA-2	<20	0.1	7	1.9	6	11	0.65	<0.10
------	-----	-----	---	-----	---	----	------	-------

以上の鉱徴はいずれも石英安山岩形成に伴う局部的黄鉄鉱の濃集と解される。

#### No 14 鉱 徴

本鉱徴は石英安山岩小岩脈と被貫入岩(安山岩)の境界付近に発達した黄鉄鉱, 磁鉄鉱の鉱染帯で, 300×150m の広がりをもっている。母岩は弱い珪化作用, 緑泥石化作用を受けている。

代表的試料による分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe(%)	S(%)
ME-114	<20	0.2	9	2.8	18	32	2.15	0.58
■ -115	<20	0.2	105	0.6	16	38	5.30	0.12

黄鉄鉱は正四面体, 稀に正五面体を示した自形~半自形が多い。

磁鉄鉱は黄鉄鉱に比べ量的に少なく, 微晶をなし, 自形~他形の種々の形状を呈している。

#### No 16 鉱 徴

本鉱徴は岩脈状のトータル貫入岩(A)と被貫入岩(安山岩)の境界部に発達した黄鉄鉱の鉱染帯で, 南北700m, 東西150mの楕円状を呈している。

鏡下観察では, 自形~半自形正四面体の黄鉄鉱の他, 微晶の磁鉄鉱が僅かに認められるのみである。

なお付近の母岩は弱い珪化作用を受けている。

代表的試料の分析結果は, Au<20 ppb, Ag 0.2 ppm, Cu 9 ppm, Mo 0.5 ppm, Pb 9 ppm, Zn 5 ppm, Fe 2.15%, S 3.38%である。

#### No 17 鉱 徴

本鉱徴は Río Nuble 火山岩類の凝灰岩中に発達した黄鉄鉱, 磁鉄鉱の鉱染帯で, その範囲は南北400m, 東西150mである。

母岩は弱い珪化作用を受けている。

鏡下では, 有色鉱物を交代している半自形~他形黄鉄鉱, 他形の磁鉄鉱の他, 微晶の磁鉄鉱が黄鉄鉱結晶中に点滴状に晶出しているのが観察される。いずれも量的にはごく微量である。

参考試料の分析結果では, Au<20 ppb, Ag 0.3 ppm, Cu 25 ppm, Mo 3.3 ppm, Pb 7 ppm, Zn 80 ppm, Fe 4.45%, S 0.74%であった。

#### №22 鉱 徴

本鉱徴はトーナル斑岩(A)岩株の一部に発達した黄鉄鉱の鉱染帯で、200×200 mの広がりを有している。母岩は弱い珪化作用を受けており、また、黄鉄鉱は褐鉄鉱化している場合が多い。

代表的試料による品位は、Au<20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 39 ppm、Mo 0.4 ppm、Pb 23 ppm、Zn 70 ppm、Fe 4.75%、S 1.10%である。

#### №25 鉱 徴

本鉱徴は上記№22 鉱徴の南西1.5 kmに位置し、№22 鉱徴とは別岩体のトーナル斑岩(A)中に発達した黄鉄鉱の鉱染帯(一部網状)で、350×200 mの広がりを有している。

鏡下では、他形の黄鉄鉱の他、微晶他形の磁鉄鉱の散点が観察される。

母岩の変質は弱珪化作用がみられるに過ぎない。

参考試料の分析結果では、Au<20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 47 ppm、Mo 0.7 ppm、Pb 8 ppm、Zn 39 ppm、Fe 3.65%、S 0.48%であった。

#### №26 鉱 徴

本鉱徴は№25 鉱徴の南1 kmに位置しており、Río Ñuble 火山岩類の安山岩中に発達した黄鉄鉱、褐鉄鉱の網状及び鉱染状の鉱徴で300×200 mの平面的規模を有している。

鏡下観察では、他形～半自形の黄鉄鉱の他、微晶他形の磁鉄鉱、黄鉄鉱結晶中に点滴状に晶出している磁鉄鉱等が認められる。

代表的試料の分析結果は、Au<20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 30 ppm、Mo 0.8 ppm、Pb 17 ppm、Zn 77 ppm、Fe 5.75%、S 1.06%であった。

なお、母岩はかなり強い珪化作用を受けており、原岩の識別が困難なほどである。

また、付近の露出が悪く、完全な追跡はできなかったが、№25 鉱徴と本鉱徴は連続している可能性もある。

#### №27 鉱 徴

本鉱徴は閃緑岩小岩株の周辺の被貫入岩(原岩不明)中に発達した磁鉄鉱の鉱染帯で、母岩はホルンフェルス化、再結晶化している。

鏡下では、磁鉄鉱の他に、同鉱中に微晶をなして晶出している微量の黄鉄鉱が観察される。

参考試料の分析結果は、Au<20 ppb、Ag 0.1 ppm、Cu 29 ppm、Mo 1.3 ppm、Pb 9 ppm、Zn 29 ppm、Fe 14.80%、S 0%であった。



本鉱徴は閃緑岩貫入に伴った接触交代作用によって形成されたものと解される。

#### 鉱 28 鉄 徴

本鉄徴は褐鉄鉄の細脈で、脈幅 3 cm の脈が 1 条のみ確認された。母岩は Río Ñuble 火山岩類の火山碎屑灰岩で、同脈の周辺部にも弱い鉄ヤケがみられる。

脈の方向は N 25° E, 40° S である。

参考試料の分析結果は、Au < 20 ppb, Ag 0.3 ppm, Cu 3.0 ppm, Mo 3.9 ppm, Pb 11 ppm, Zn 11 ppm, Fe 12.50 %, S 0 % であった。

#### 鉱 29 鉄 徴

本鉄徴は閃緑岩岩株の周辺の被貫入岩（火山碎屑灰岩）中に発達した褐鉄鉄からなる鉄ヤケ帯で、150 × 100 m の広がりをもっている。

母岩は弱い風化作用を受けているのみで、熱水変質作用はみられない。

参考試料による分析結果は、Au < 20 ppb, Ag 0.1 ppm, Cu 4 ppm, Mo 1.4 ppm, Pb 10 ppm, Zn 24 ppm, Fe 28.5 %, S 0.12 % である。

本鉄徴は、恐らく閃緑岩の弱い接触交代作用によって生成した硫化鉄物の褐鉄鉄化と解される。

#### 鉱 30 鉄 化 帯

本鉄化帯は調査地域の南端に位置し、黄鉄鉄、褐鉄鉄の網状～鉄染状からなり NNE-S 方向に延びた長さ 2 km、幅 0.3 km に及ぶ大規模なものである。

母岩は Río Ñuble 火山岩類の火山碎屑灰岩で、中程度の珪化作用を受けている。

また、本鉄化帯の北東端には小岩株の閃緑岩が分布しているが、同岩は鉄化・変質作用を受けていない。

鏡下観察では、石英細脈に伴った、あるいは鉄染した他形～半自形の黄鉄鉄の他、黄鉄鉄結晶中あるいは単独に産した僅少の黄銅鉄が認められる。

代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Fe (%)	S (%)
ME-13	<20	0.6	514	3.8	12	59	7.90	1.06
■ -14	<20	1.0	0.24%	12	58	39	7.20	15.20
■ -15	<20	0.4	392	3.2	18	60	14.20	9.60
■ -16	<20	0.4	14	0.4	29	216	9.60	0.81
■ -18	60	4.5	269	11	205	270	15.90	0.52

### №31 鉱 徴 (Mina Urrutia 鉱床)

本鉱徴は黄鉄鉱—(閃亜鉛鉱)—石英脈とその周辺に発達した網状—鉱染からなる。

鉱脈は、脈幅30cm、走向N32°W、傾斜85°Eを有し、確認された水平延長は30m、垂直延長5mである。母岩はRío Ñuble火山岩類の安山岩である。

本脈の代表的試料の鏡下観察では、半自形～他形の黄鉄鉱、他形の閃亜鉛鉱の他、閃亜鉛鉱中には点滴状の方鉛鉱、黄銅鉱等が僅かながら認められる。

本脈の代表的試料の分析結果は、Au<20ppb、Ag4.5ppm、Cu82ppm、Mo1.8ppm、Pb91ppm、Zn220ppm、Fe10.30%、S30.9%であった。

また、本脈の周辺部には網状—鉱染状の黄鉄鉱、石英、微量の閃亜鉛鉱が発達しており、単位網状脈は幅0.5～0.8cmで、全体の規模は長さ70m、幅30m、深さ60m+αを有している。母岩は弱い珪化作用を受けている。鏡下観察では、粗粒の半自形～他形の黄鉄鉱結晶中の包有物として産する閃亜鉛鉱等が認められる。

網状—鉱染帯における代表的試料の分析結果は次のとおりである。

	Au(ppb)	Ag(ppm)	Cu(ppm)	Mo(ppm)	Pb(%)	Zn(%)	Fe(%)	S(%)
MB-18a	<20	2.1	28	1.7	0.20	0.40	9.30	1.16
MB-18b	<20	0.7	35	2.5	530(ppm)	0.11	8.70	0.78

### 3-3 考 察

前述のように、本地域にみられる鉱化作用はごく微弱なものであるが、その中において次のような地域性が認められる。すなわち、本地域の中央部のCordón Las Cabras山枝付近に発達した鉱徴群(№16, №17, №25, №26, №27)は殆んど常に黄鉄鉱に磁鉄鉱を伴っていること、その他の鉱物が鏡下においてもまた、分析品位の上からも殆んど痕跡に等しいこと、等の特徴を有している。

また、調査地域の南端に発達している鉱化帯群(Las Minas, №30, №31)には、他の鉱化帯、鉱徴にはみられない閃亜鉛鉱(一部方鉛鉱)を伴っている。

その他の鉱物あるいは金属成分には上記のような明確な地域性は認められない。

なお以上の鉱物の地域性に地質的特徴は認められない。恐らく、地域によって鉱液のOriginが異なり、従って鉱液の性質に相異が生じたものと解せられる。

石英安山岩(貫入岩)に伴った鉱化作用はいずれも黄鉄鉱のみ(№11鉱徴を除く)から成っている。このように黄銅分圧はあったにもかかわらず他の硫化鉱物が認められないということは、石英安山岩に関係して生じた鉱化溶液には元々有用金属成分が殆んど含まれていなかったものと想定される。

Tabla 5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS MINERALIZADAS

Nombre de la zona	Mineralización		Roca huésped	Alteración	Roca que genera la mineralización	Edad de la mineralización	Dimensión	Contenido químico (Promedio)							
	Tipo	Mineral						Au	Ag	Cu	Mo	Pb	Zn	Fe	S
Prospecto Las Tragedias	diseminación, "stockwork"	py>ep, pyr, mc ll, mar, lim, hm	pórfido tonalítico (A), y Unidad Río Nuble	qs-ser, arg, chl	pórfido tonalítico (A)	Mioceno	1.000 x 1.000 m	<20	0.4	223	17.0	7	24	3.96	0.62
Prospecto Las Minas	diseminación, vetilla	py>ep, sp, pyr	pórfido tonalítico (A)	silic media	id	id	800 x 800 m	<20	0.5	192	23.3	9	37	2.73	0.72
Zona No 1	diseminación	lim, hm	dacita (intrusivo)	arg	dacita	id	50 x 100 m	<20	0.4	6	1.6	19	20	1.75	0.16
Zona No 2	id	id	id	silic media	id	id		<20	0.1	17	0.6	11	26	3.75	0.20
Zona No 3	id	py	id	(silic)	id	id	500 x 1.000 m	<20	<0.1	14	0.8	18	57	1.61	<0.10
Zona No 4	veta	cc>apcs, mal bo, cv	Unidad Río Nuble				pot. 0.10 m	60	180	6.80	0.6	17	146	5.25	1.32
Zona No 5	id	py	pórfido tonalítico (A), y diorita	silic media, (ser)	pórfido tonalítico (A)	Mioceno	300 x 900 m	<20	0.2	180	1.9	9	54	4.03	1.14
Zona No 6	id	lim	dacita (intrusivo)	(silic)	dacita	id		120	0.2	8	2.1	15	50	3.80	0.20
Zona No 7	veta	py, lim	Unidad Río Nuble				pot. 2.0 m N70°E/90° pot. 2.0 m N-S/90°	<20	0.2	33	129	14	100	6.30	1.92
Zona No 8	diseminación	id	dacita (intrusivo)	(silic)	dacita	Mioceno	250 x 500 m	<20	0.1	15	0.6	5	6	1.40	0.06
Zona No 9	"stockwork"	id	Unidad Río Nuble				50 x 100 m	<20	0.1	22	0.6	10	48	3.85	<0.10
Zona No 10	diseminación	id	id				50 x 800 m	<20	0.3	19	0.8	12	91	7.95	3.03
Zona No 11	id	id	dacita (manto)	(silic)	dacita?	Mioceno	pot. 1.0 m, N80°E/90° pot. 1.5 m, N80°E/90° pot. 10.0 m, E-W/90°	<20	0.9	180	1.1	9	66	5.90	0.26
								<20	9.9	0.22	9.0	160	323	10.00	0
								<20	0.2	126	1.6	9	22	3.55	<0.10

Tabla 5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS MINERALIZADAS  
(Continuación)

Nombre de la zona	Mineralización		Roca huésped	Alteración	Roca que genera la mineralización	Edad de la mineralización	Dimensión	Contenido químico (promedio)									
	Tipo	Mineral						Au	Ag	Cu	Mo	Pb	Zn	Fe	S		
Zona No 12	diseeminación	py, lum.	porfido tonalítico(A)	(silic)	porfido tonalítico(A)	Mioceno	100 x 500 m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona No 13	id.	id.	dacita (intrusivo)	silic media (ser), (arg)	dacita	id.	200 x 300 m.	<20	0.2	1.3	4.0	1.2	81	3.64	0.82	-	-
Zona No 14	id.	py, mt	id.	(silic), (op)	id.	id.	150 x 300 m.	<20	0.2	57	1.7	17	35	3.73	0.55	-	-
Zona No 15	id.	py, lum.	id.	silic media (ser), (arg)	id.	id.	300 x 350 m.	<20	0.2	11	4.5	13	68	5.95	0.40	-	-
Zona No 16	id.	py>mt	porfido tonalítico(A)	silic media	porfido tonalítico(A)	Mioceno	150 x 700 m.	<20	0.2	9	0.5	9	5	2.15	3.38	-	-
Zona No 17	id.	py>mt>pyr.	Unidad Río Nuble	(silic)	id.	id.	150 x 400 m.	<20	0.3	25	3.3	7	80	4.45	3.38	-	-
Zona No 18	id.	py, lum.	dacita (intrusivo)	silic media (ser), (arg)	dacita	Mioceno	100 x 600 m.	<20	0.4	6	4.0	20	75	2.66	0.82	-	-
Zona No 19	id.	id.	id.	id.	id.	id.	100 x 150 m.	<20	0.1	7	4.2	16	44	2.93	0.10	-	-
Zona No 20	id.	id.	id.	id.	id.	Mioceno	150 x 450 m.	<20	0.1	26	1.9	15	74	1.85	0	-	-
Zona No 21	id.	id.	id.	id.	id.	id.	50 x 150 m.	<20	0.1	5	0.2	13	70	2.25	0	-	-
Zona No 22	id.	id.	porfido tonalítico(A)	(silic)	porfido tonalítico(A)	id.	200 x 200 m.	<20	0.1	39	0.4	23	70	4.75	1.10	-	-
Zona No 23	id.	id.	dacita (intrusivo)	id.	dacita	id.	100 x 300 m.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zona No 24	id.	id.	id.	id.	id.	id.	100 x 300 m.	<20	0.1	7	1.9	6	11	0.65	<0.10	-	-
Zona No 25	diseeminación "stockwork"	py>mt	porfido tonalítico(A)	id.	porfido tonalítico(A)	id.	200 x 350 m.	<20	0.1	47	0.7	8	39	3.65	0.48	-	-
Zona No 26	id.	py>mt>pyr.	Unidad Río Nuble	silic fuerte	id(?)	id(?)	200 x 300 m.	<20	0.1	30	0.8	17	77	5.75	1.06	-	-

Tabla 5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS MINERALIZADAS  
(Continuación)

Nombre de la zona	Mineralización		Roca huésped	Alteración	Roca que genera la mineralización	Edad de la mineralización	Dimensión	Contenido químico (promedio)								
	Tipo	Mineral						Au	As	Cu	Mo	Pb	Zn	Fe	S	
Zona No 27	diseminación	mt>py	Unidad Río Nuble	"hornfels" reconvulsión	diorita	Mioceno		ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	%
Zona No 28	veta	lim	id				pot. 3 cm. N25°E/40°S	<20	0.1	29	1.3	9	29	14.80	0	0
Zona No 29	diseminación	id	id		diorita	Mioceno	100 x 150 m	<20	0.1	4	1.4	10	24	2.85	0.12	
Zona No 30	diseminación "stockwork"	py, lim>cp	id				500 x 2.000 m	<20	1.4	718	6.1	64	129	10.96	5.44	
Zona No 31 (Mina Urrutia)	diseminación	py, ca>sp>ep, pyr	id	(silic)			diseminación 70x30x60m <sup>±</sup> pot. 30 cm. N32°W/85°E	<20	1.4	32	2.1	1.265	0.26	9.00	0.97	
	veta	py, sp>gal, cp	id				30x5m <sup>±</sup>	<20	4.5	82	1.8	91	220	10.30	30.90	

Abreviatura: py: pirita, cp: calcopirita, sp: esfalerita, mar: marcasita, mt: magnetita, il: limonita, hm: hematita, lim: limonita, silic: silicificación, filic: alteración filica, arg: argilización, chl: cloritación, ep: epidotización, ser: sericitización

## 第4章 地化学探査

### 4-1 概 要

露出の少ない地域において、広域の探査を行う場合、現河床堆積物による地化学探査は有効な探査手段である。指示元素としては、特にボーフィリー・カッパー鉱床探査の場合、主としてCu及びMoが利用されている。

本地域における広域地質調査の補助手段として現河床堆積物による地化学探査が実施された。採取試料は全量410個、採取密度は0.65個/坪であり、6元素を指示元素とした。また、データの統計処理はIIGプログラムを利用しコンセプション・コンピューター情報センター(Centro Regional de Computación e Informática de Concepción)所有のIBM-360型コンピューターによって行われた。

データの解析に当っては、各元素の分散、異常域の抽出、各元素間の相関性、広域的傾向、サンプリングや分析エラーのチェック等の究明に主眼が置かれた。また、得られたデータは、図表等にUTMを利用して表現されている。

### 4-2 試 料

#### 4-2-1 試料の採取

野外における試料の採取には、プラスチック製50メッシュ篩が利用され、約100gの砂が篩分けられ、含水の状態でプラスチック袋に収納され、IIG化学分析所にて乾燥後、分析に供された。

#### 4-2-2 試料の分布傾向の検討

データの解釈や統計処理法の応用を行う場合重要となる試料分布の均一性を検討するために、試料の分布状態が検討された。

この均一性を検討するに当って、調査地域が正方形法によって細分された。試料の採取が均一的に行われている場合には、各細分区画に同量の試料数が期待できるはずである。試料数は、細分区画の形とは関係なく、chi-四角法( $\chi^2$ )によって決定される。細分区画は多い程有効であるが、各区画における試料数は常に5個以下であってはならない(Davis, 1973)。

各細分区画における期待値は

$$E = \frac{\text{試料数総計}}{\text{細分区画数}} \quad \text{である。}$$

本調査地域における有効試料数は360個であった。なお、サンプリング・エラーのチェックのため、10地点毎に二重採取された試料数は1個として扱われている。また、細分区画は44であり、従って

$$E = \frac{360}{44} = 8.18$$

となる。

また、前提条件の証明は

$$\lambda^2 = \frac{(O - E)^2}{E} = 59.47$$

O : 各細分区画における実績試料数

E : 各細分区画における試料数期待値

chi-四角法( $\lambda^2$ )は、自由度が42、信頼区間が0.05の場合、 $\lambda^2 = 60$ であり、上記計算では $\lambda^2 = 59.47$ が得られており、僅かに限界値を上回っている。

#### 4-2-3 サンプリングのチェック

分析誤差を一定と仮定した場合のサンプリングのチェックのために、10個目毎の試料は同一個所の近似点において二重に採取され、他の試料と一緒に通し番号が付された。すなわち、11, 21, 31... $n \times 10$  ( $n=1, 2 \dots i$ ) + 1個目の試料番号の試料は10, 20, 30... $n10$  ( $n=1, 2 \dots i$ )番目のチェック用試料である。

#### 4-2-4 サンプリングの精度

サンプリングの精度とは、採取地点における元素の均一性の度合である。すなわち、

$$\text{サンプリングの精度} = 150 - \text{サンプリング・エラー} \left( \frac{E}{M} \right)$$

$$\frac{E}{M} = \frac{D_{an}}{\bar{X}_{RP}} \times 200$$

$D_{an}$  : 分析偏差

$\bar{X}_{RP}$  : 反復試料の平均値

$D_{an} = \sqrt{V_{an}}$  (分析変動)

$$V_{an} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{4N}$$

$X_i$  :  $i$ 地点における原試料

$Y_i$  :  $i$ 地点における反復試料

$N$  : データ数

上記の定義に基づいたサンプリングの精度計算は I I O のコンピューター・プログラムによって計算された。このプログラムは Fischer のテスト・P\* に基づいたもので、反復試料の変動値と分析変動値間の商である。また、この精度計算は信頼度 95% を得ることにある。

得られた結果は Tabla 6 に示されている。

Tabla 6 PRECISION DE MUESTREO (UNIDADES LOGARITMICAS)

Elem.	$\bar{X}$	$S^2$	S	$\bar{X}_{RP}$	$S^2_{RP}$	$S_{RP}$	$V_{an}$	$S_{an}$	Test-P*	Pr(%)
Cu	36	637	25	33	557	24	31	5	18	67
Mo	076	446	2	071	4	2	001	012	260	67
Zn	94	907	30	91	764	28	41	6	19	86
Mn	884	121263	348	858	129265	359	4937	70	26	84
As	842	9076	9	8	97	10	2	13	58	68

$\bar{X}$  : 原試料の平均値

$S^2$  : 原試料の変動値

S : 原試料の標準偏差

$\bar{X}_{RP}$  : 反復試料の平均値

$S^2_{RP}$  : 反復試料の変動値

$S_{RP}$  : 反復試料の標準偏差

$V_{an}$  : 分析変動値

$S_{an}$  : 解析標準偏差

#### 4-3 試料の分析

##### 4-3-1 指示元素

本調査の主目的がポーフイリー・カッパー鉱床の探査にあることから、Cu、Mo が主指示元素とされた。また、Zn は移動性が高いこと、及び一般に同鉱床の周辺部に生成している等の点から指示元素として選ばれた。Ag はポーフイリー・カッパー鉱床に随伴した微量成分であり、かつ、一般に主要元素 Pb、Zn、Cu 等と共存している特性を考慮し、分析された。また、As は熱水性金鉱床に一般に伴っている元素であり、かつその移動性の高い点から採用された。Mn は酸化の状態を金属を吸着する性質をもち、偽異常を見出すのに利用される。酸化マンガンの最も吸着され易い元素は Zn であり、その他 Cu



やMoも弱いながら吸着され易い (Meyer, Theobald and Bloom, 1979)。AuはAs値の $\bar{X} + 3S$ 以上の試料について分析された。その分析個数は18個であった。

#### 4-3-2 分析方法

試料は乾燥後-80メッシュに篩分けられ、HCl, HNO<sub>3</sub>, HClO<sub>4</sub>の混合溶液で前処理された。

Cu, Zn, Mn, AgはPerkin Elmer 403型の原子吸光装置で定量された。

Moは比色法で分析された。なお混合体の光の波長は4,700 Åである。

AsはGulzeit法で定量された。この方法はZnを触媒とした砒化物の置換を利用した方法である。この置換は砒素の吸着による特殊な着色を示す銀の臭化物の試験紙に定着される。

検定限界は、Cu 2ppm, Mo 0.3ppm, Zn 5ppm, Ag 0.1ppm, As 5ppm, Mn 5ppmである。

#### 4-3-3 分析精度

分析精度の判定には無作為に抽出された5%の試料の重複分析によって行われた。この精度(Pc)は百分率で示されている前述の変動係数の倍数に等しいと考えられている。

$$Pc = \frac{D_{an}}{\bar{X}_{RP}}$$

$D_{an}$  : 分析標準偏差値

$\bar{X}_{RP}$  : 重複試料の平均値

$$D_{an} = \sqrt{V_{an}}$$

$V_{an}$  : 分析変動値

$$V_{an} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (X_i - Y_i)^2}{4N}$$

$X_i$  : 試料iの分析値

$Y_i$  : 試料iの重複分析値

N : 重複分析試料数

この方法は、精度の多様性が微量成分の含有量に関係ないとした場合における分析精度の確認に用いられる1つの考え方である。試料数が少ない場合、90と99の累積度数分布率を記したグラフ、あるいはI I Qのコンピューター・プログラムを利用して、結果の迅速な検証がこの計算によって可能である。本調査に使用されたプログラムはPischerのテスト・Pであり、これによって重複試料の分析値の変動と原試料の変動値

が比較された。なお、分析精度の信頼度は95%に置いた。

この計算によって得られた結果はTabla 7に示されている。

Tabla 7 PRECISION ANALITICA ( UNIDADES LOGARITMICAS )

Elem.	$\bar{X}$	$S^2$	S	$X_{RP}$	$S^2_{RP}$	$S_{RP}$	$V_{an}$	$S_{an}$	Test-F*	Pr(%)
Cu	2790	125	11.0	28.35	114	11	0.66	0.81	171.80	94.37
Mo	044	0.34	0.58	0.45	0.36	0.6	0.00	0.02	964.20	91.56
Zn	9120	12.53	35.40	91.85	1194	34.56	1.44	1.19	830.92	97.44
Mn	90400	171270	414	889	163533	401	889.4	29.82	183.87	93.42
As	670	48	7.0	6.9	55	7.0	0.47	0.69	115.44	80.42

#### 4-4 データの統計処理

##### 4-4-1 結果及び統計値

データの原母集団の統計値はTabla 8に示されている。なお、平均誤差範囲は次式にもとづき信頼度95%に置かれている。

$$B_5\% = \frac{2S}{N}$$

また、Tabla 9は選択母集団の統計値を表わしている。なお、Ag値は全て測定限界以下であり、従って同元素の統計処理は行われなかった。

Tabla 8 ESTADIGRAFOS BASICOS ( POBLACION PRIMITIVA )

Elem.	$\bar{X}$	S	C.V.	C.A.	Med.	V.Mín.	V.Máx.	$\bar{X}+2S$	$\bar{X}+3S$
Cu	35 ± 2	24.79	70	0.54	31	10	216	85	110
Mo	0.62 ± 0.1	1.36	221	0.70	0.3	0.3	13	3	5
Zn	92 ± 7	34.26	37	-0.02	92	33	421	160	195
Mn	842 ± 36	335.45	42	-0.91	950	12	1800	1553	1908
As	10 ± 3	30.43	296	0.52	5	5	509	71	102

$\bar{X}$  = 平均値

S = 標準偏差

C.V. = 変動係数

V.mín. = 最小値

V.máx. = 最大値

C.A. = 非対称係数

Tabla 9 ESTADIGRAFOS BASICOS ( POBLACION TAMIZADA )

Elem.	$\bar{X}$	S	C.V.	C.A.	Med.	V.mín.	V.máx.	$\bar{X}+2S$	$\bar{X}+3S$
Cu	32±2	13	41	0.24	31	10	95	58	71
Mo	0.4±0.1	0.34	80	1.10	0.3	0.3	4.1	1.1	1.4
Zn	89±7	25	28	-0.15	90	33	186	139	164
Mn	831±36	351	42	-0.84	930	12	1700	1533	1883
As	7±3	8.2	114	0.81	5	5	87	23.60	32

原母集団の $\bar{X}+3S$ 以上の誤差値(異常値)と考えられている試料はTabla 10及びFig.14に示されている。また、Au欄に示されている値はAs値の高い試料について分析されたAu含有量である。

Tabla 10 MUESTRAS ERRATICAS

Muestra	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	As (ppm)	Au (ppb)
A-8	158	0.70	1020	626	9	—
B-15	205	9.10	1390	1044	165	—
B-17	195	7.10	134	1056	195	120
B-18	216	12.0	174	1500	509	40
B-19	137	9.70	96	438	195	40
B-20	158	13.0	109	1015	50	40
B-21	159	12.0	109	1037	48	—
B-22	131	7.10	114	1175	53	—
E-4	137	1.60	260	1200	42	20
C-3	163	5.30	285	1400	51	20
F-35	77	5.20	124	975	21	—
G-12	47	0.30	421	1045	12	—

-0.5~+0.5の非対称率(Pearson カタムキ)を持った母集団は正規分布を示していると考えられた。また、-0.5以下あるいは0.5以上は対数正規分布と考えられた。この基準からするとCuとZnは正規分布を示し、Mo、Mn、Asは対数正規分布を示し

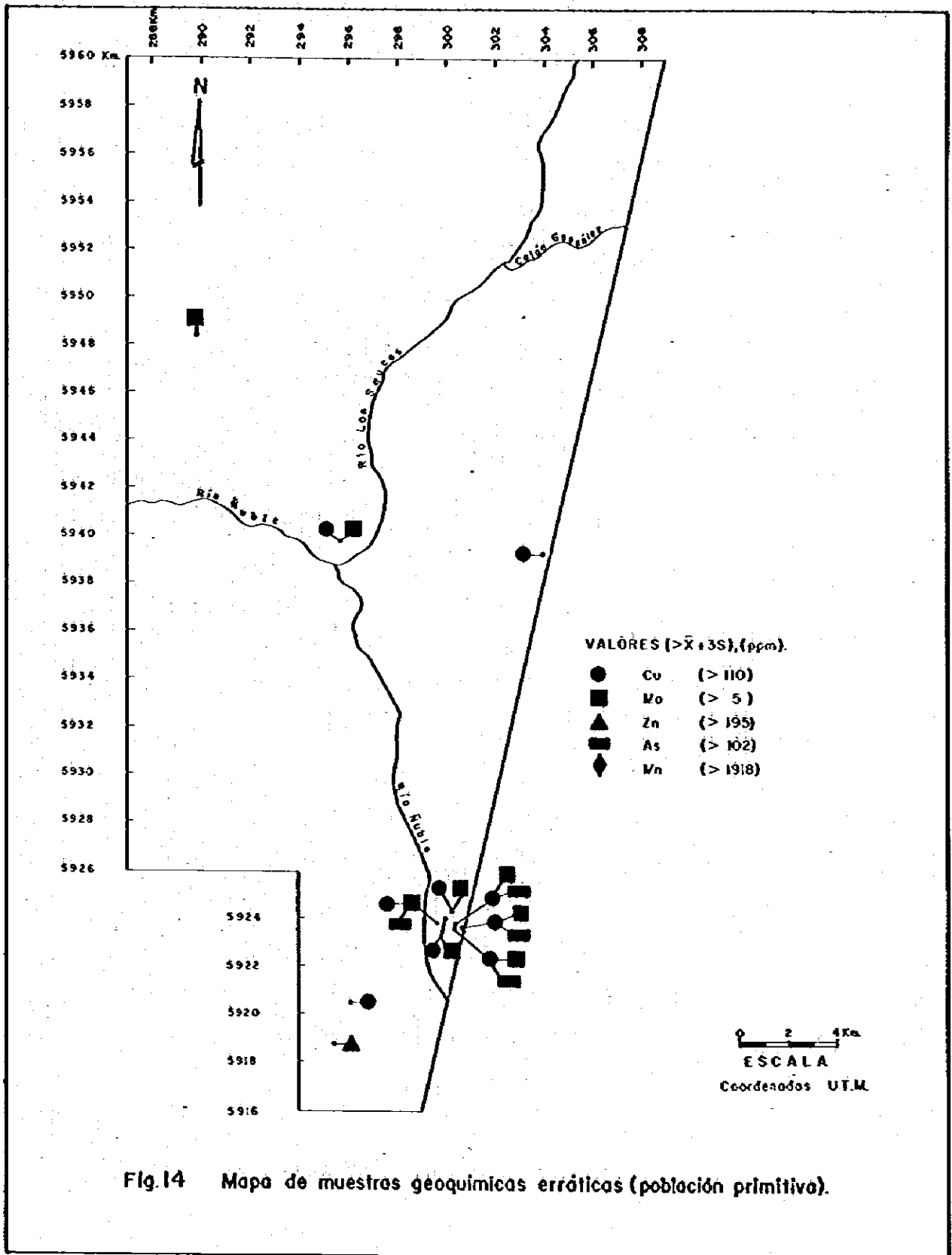


Fig.14 Mapa de muestras geoquímicas erráticas (población primitiva).

ている。

また、元素の正規性については、非対称率あるいは Pearson のカタムキの基準に基づいた Kolmogorov - Smirnov の実験<sup>※</sup>によって証明されている。なお Kolmogorov - Smirnov 実験の結果は Tabla 11 に示されている。

Tabla 11 Kolmogorov - Smirnov の正規性実験

元素	D.máx	Dn	有意度
Cu	0.068	0.069	5% 範囲で有意
Mo	0.442	0.083	1% 範囲で無有意
Zn	0.077	0.083	1% 範囲で有意
Mn	0.162	0.083	1% 範囲で無有意
As	0.512	0.083	1% 範囲で無有意

D.máx : 度数分布表における直接差異値の最大偏差値

Dn : 規準値, Dn が有意範囲において表より与えられた値を越える場合は正規性がないことになる。

※ R. L. Miller and E. C. Olson, 1955; The statistical stability of quantitative properties as a fundamental criterion for study of environments, Jour. Geol. 63, p. 376 - 387

#### 4-4-2 各元素の分布曲線

各元素の分布形態はヒストグラム、累積度数曲線及び確率累積度数曲線に表わされている。両者のスケールは対数スケールである。

##### Cu ( Fig. 15, 16 参照 )

本元素の分布は明瞭な正規分布 ( Fig. 15 参照 ) を示している。Fig. 16 では、正規母集団に小さな分散がみられるが、これは得られた試料の岩質の差に起因しているものであろう。こゝでは、全母集団の約 5% に当る異常母集団が重要である。

##### Mo ( Fig. 17, 18 参照 )

本元素の分布は対数正規及びエラー的分布を示しており、4 箇所に分散した小集団からなっている。また、母集団の 20% は 2.5 $\sigma$  以上の値を有しているが、この元素の分布曲線については、正直なところ不明瞭で、明確な結論は下し難い。

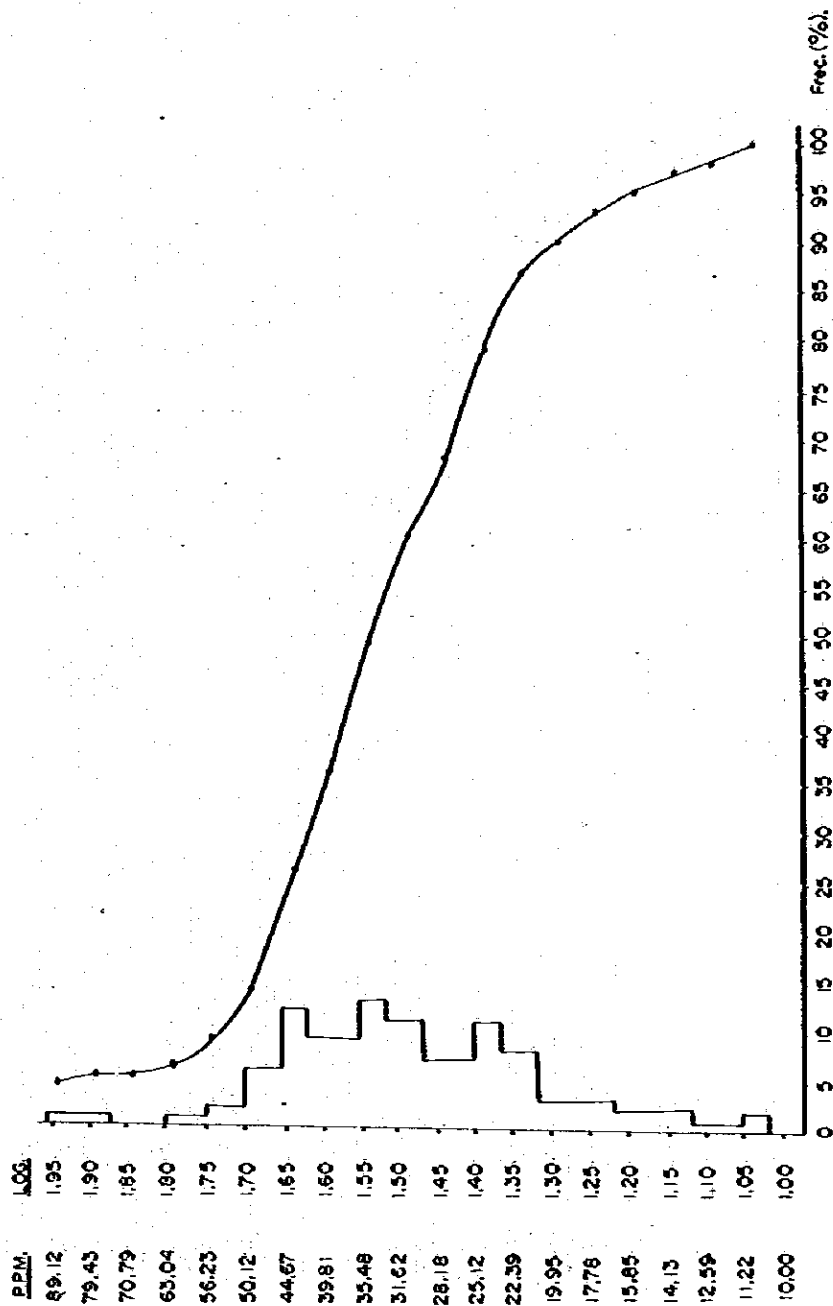


Fig.15 Histograma y curva frecuencia acumulativa para cobre.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Tamaño del intervalo: 0,05.

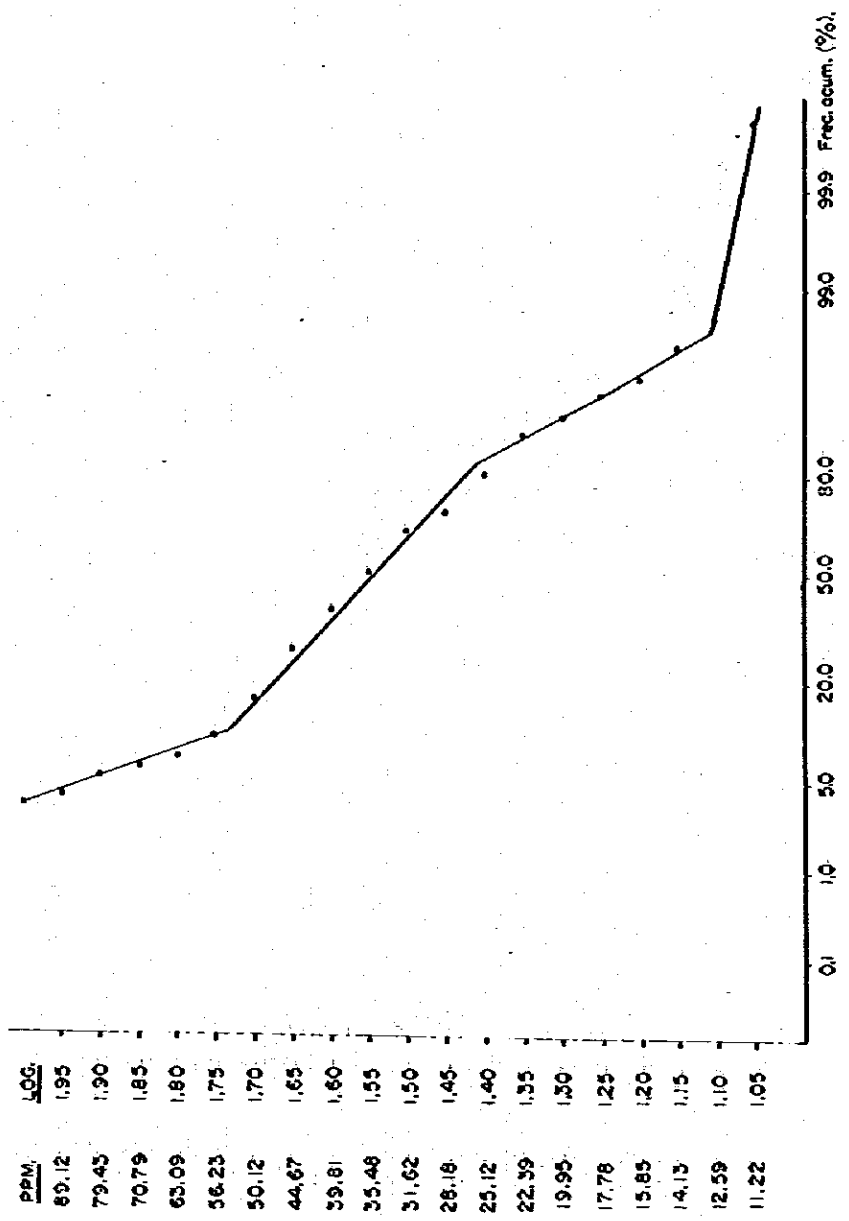


Fig.16 Gráfico de frecuencia acumulativa para cobre.  
 Rango de clases: logarítmico.  
 Frecuencia acumulativa en escala probabilística.

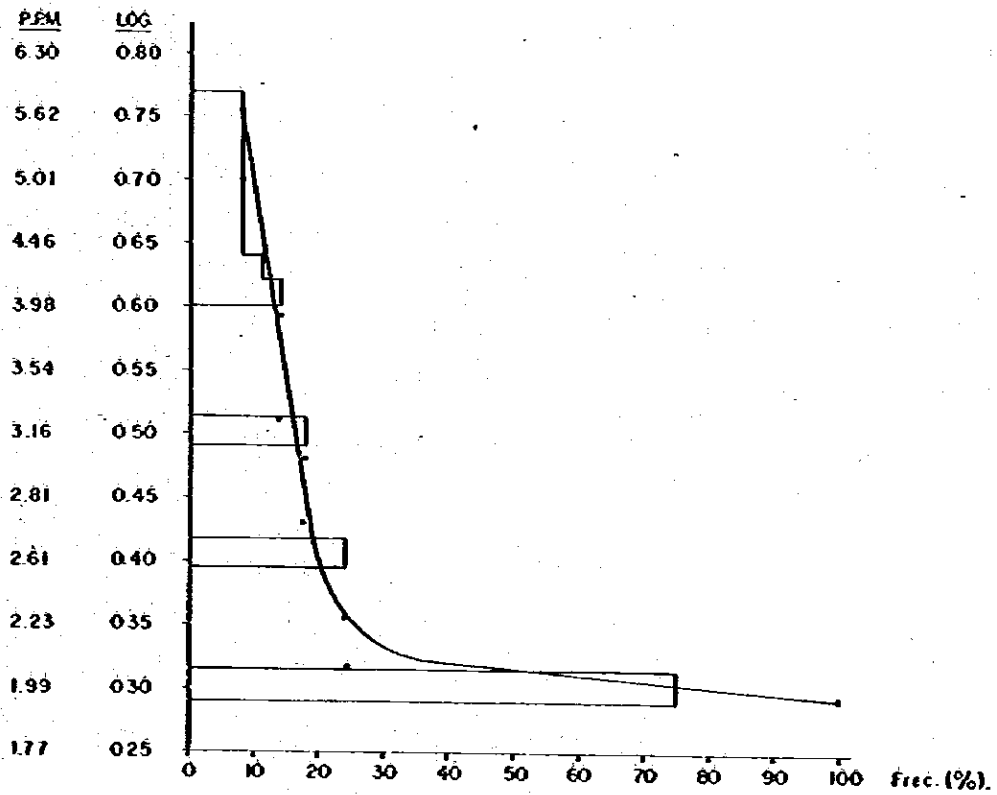


Fig. 17 Histograma y curva frecuencia acumulativa para molibdeno.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Tamaño del intervalo : 0,05.



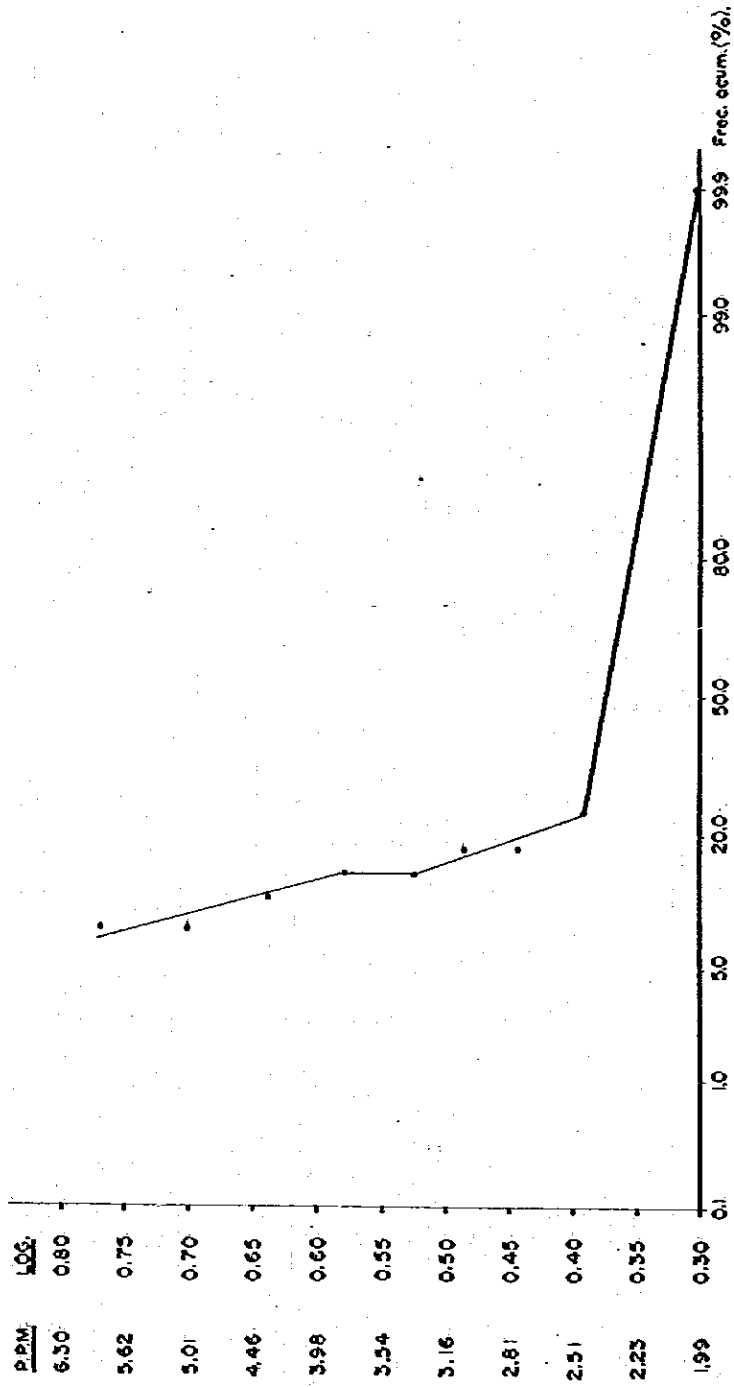


Fig. 18 Gráfico de frecuencia acumulativa para molibdeno.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Frecuencia acumulativa en escala probabilística.

### Zn ( Fig. 19 , 20 参照 )

本元素の分布は正規分布を示している。

確率累積度数曲線 ( Fig. 20 ) において正規母集団が認められる。また、全試料の 2.5 % が 180  $\mu$  以上の値を有した異常母集団に相当している。

### Mn ( Fig. 21 , 22 参照 )

本元素の分布は対数正規を示しており、2 集団が類似性を示している。

### As ( Fig. 23 , 24 参照 )

本元素の分布は対数正規を示し、また、母集団の 80 % が 10  $\mu$  以下の異常低値を示している。また、18 % の母集団が 10 ~ 190  $\mu$  間の値を有しており、1 % が 200  $\mu$  以上の異常値を表わしている。

#### 4-4-3 各元素間の相関性

各元素間の相関係数が Tabla 12 に示されている。

Tabla 12 COEFICIENTES DE CORRELACION

	Cu	Mo	Zn	Mn	As
Cu	1.00	0.69	0.34	0.14	0.63
Mo	0.74	1.00	0.21	0.10	0.71
Zn	0.34	0.22	1.00	0.64	0.23
Mn	0.14	0.10	0.64	1.00	0.11
As	0.63	0.71	0.23	0.11	1.00

Tabla 12 から読みとれるように、Cu-Mo、Cu-As 及び Mo-As の元素間において  $\alpha = 0.001$  の高い有意値を示しており、また、Zn-Mn の相関係数において  $\alpha = 0.001$  の有意性がみられる。その他の元素間には  $\alpha = 0.05$  で、相関性は認められない。

もっとも相関性のある Cu-Mo-As 三元素は異常値の分布にも類似性がみられ、それらの間の相関性を暗示している ( Fig. 14 )。

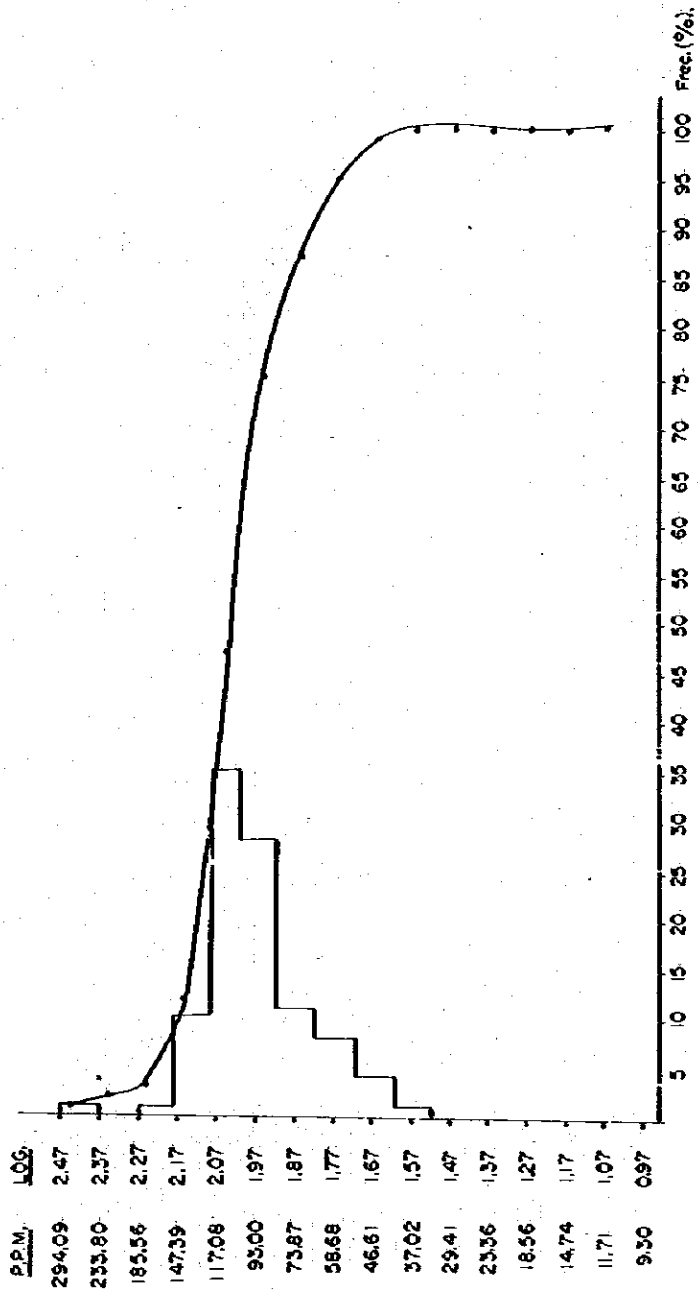


Fig. 19 Histograma y curva frecuencia acumulativa para zinc.  
 Rango de clases: logarítmico.  
 Tamaño del intervalo: 0,1

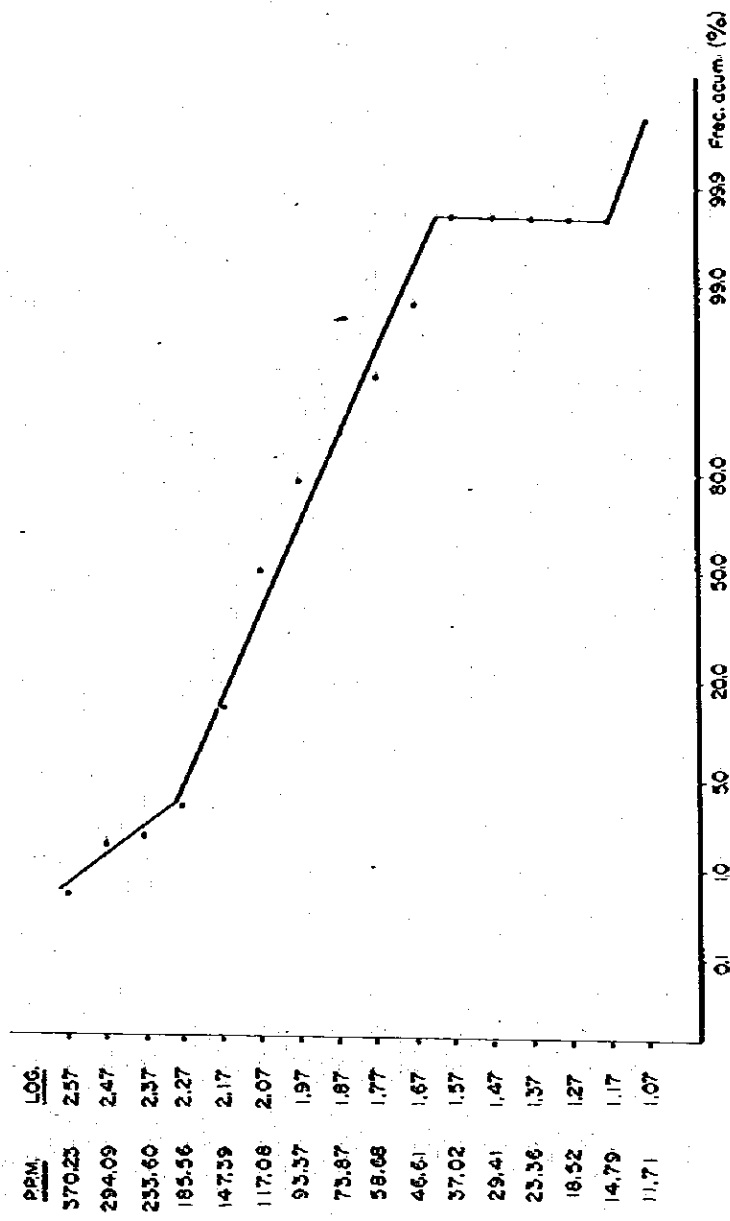


Fig.20 Gráfico de frecuencia acumulativa para zinc.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Frecuencia acumulativa en escala probabilística.

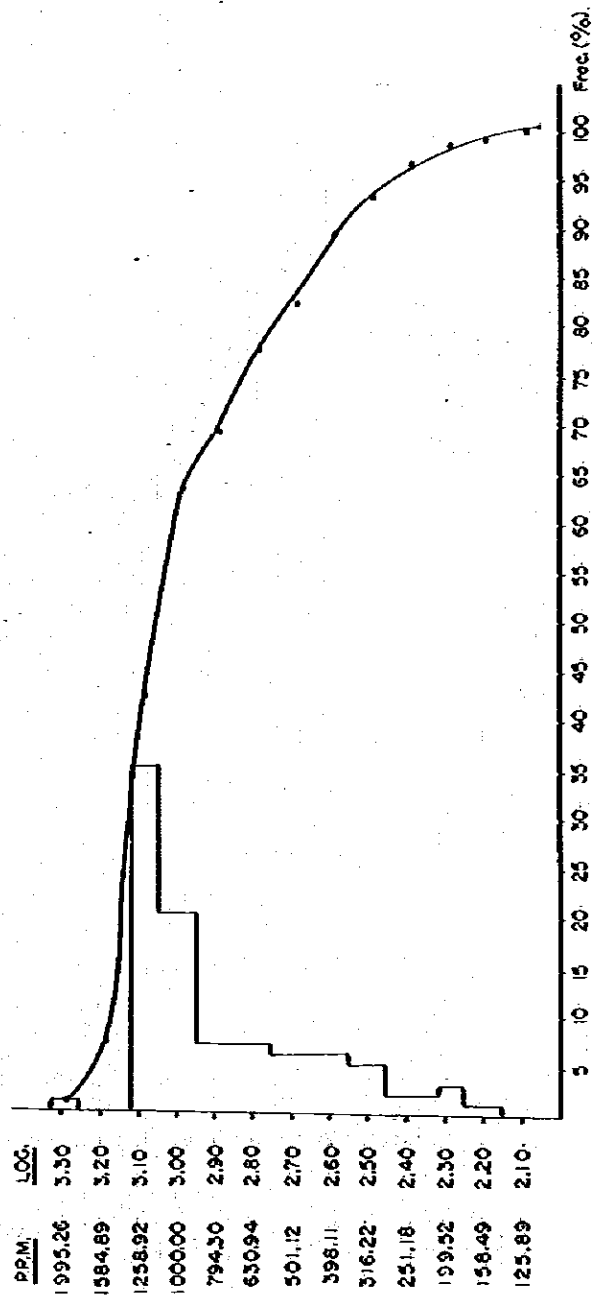


Fig.2-1 Histograma y curva frecuencia acumulativa para manganeso.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Tamaño del intervalo: 0,10.

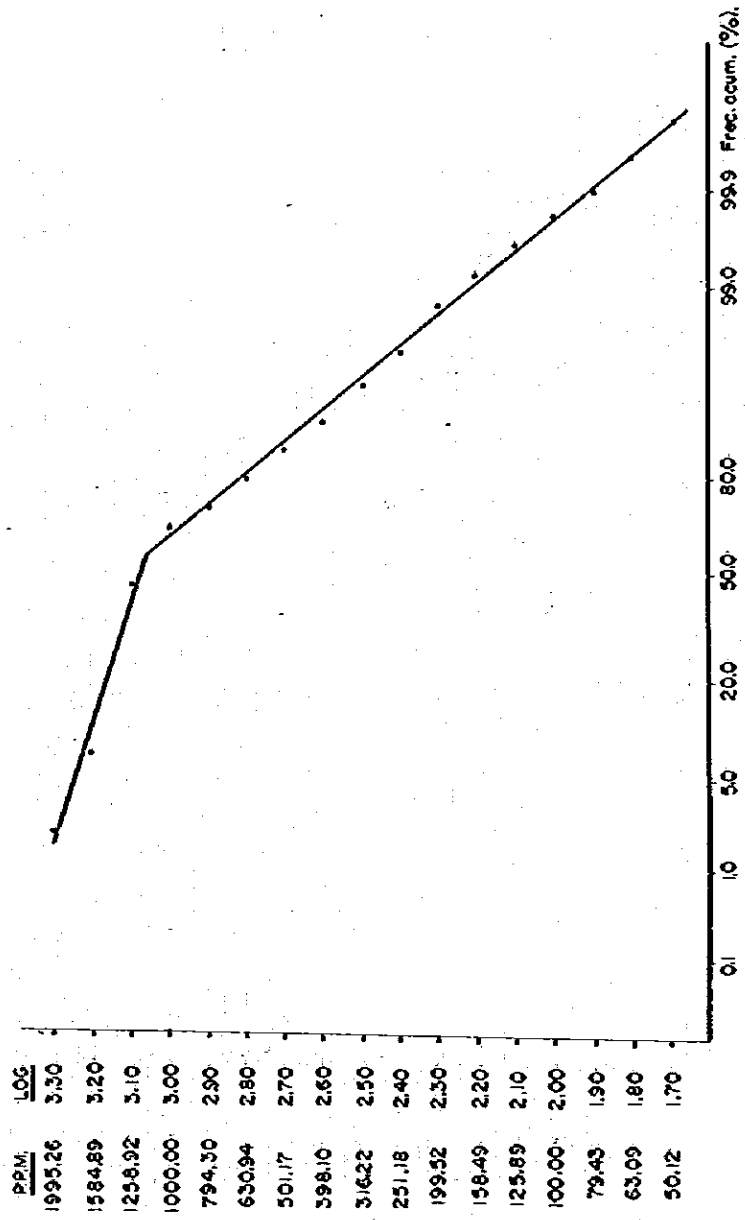


Fig.22 Gráfico de frecuencia acumulativa para manganeso.  
 Rango de clases: logaritmico.  
 Frecuencia acumulativa en escala probabilística.

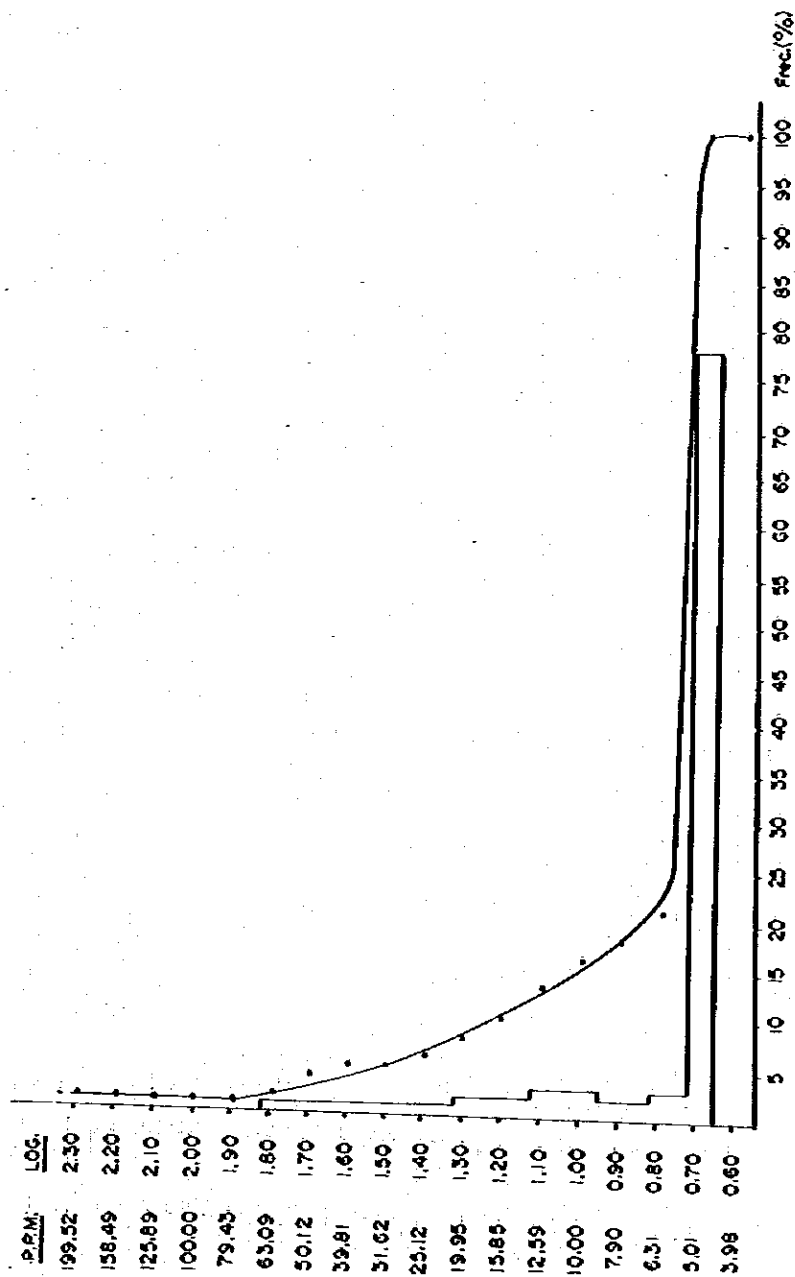


Fig.23 Histograma y curva frecuencia acumulativa para arsénico.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Tamaño del intervalo: 0,10.

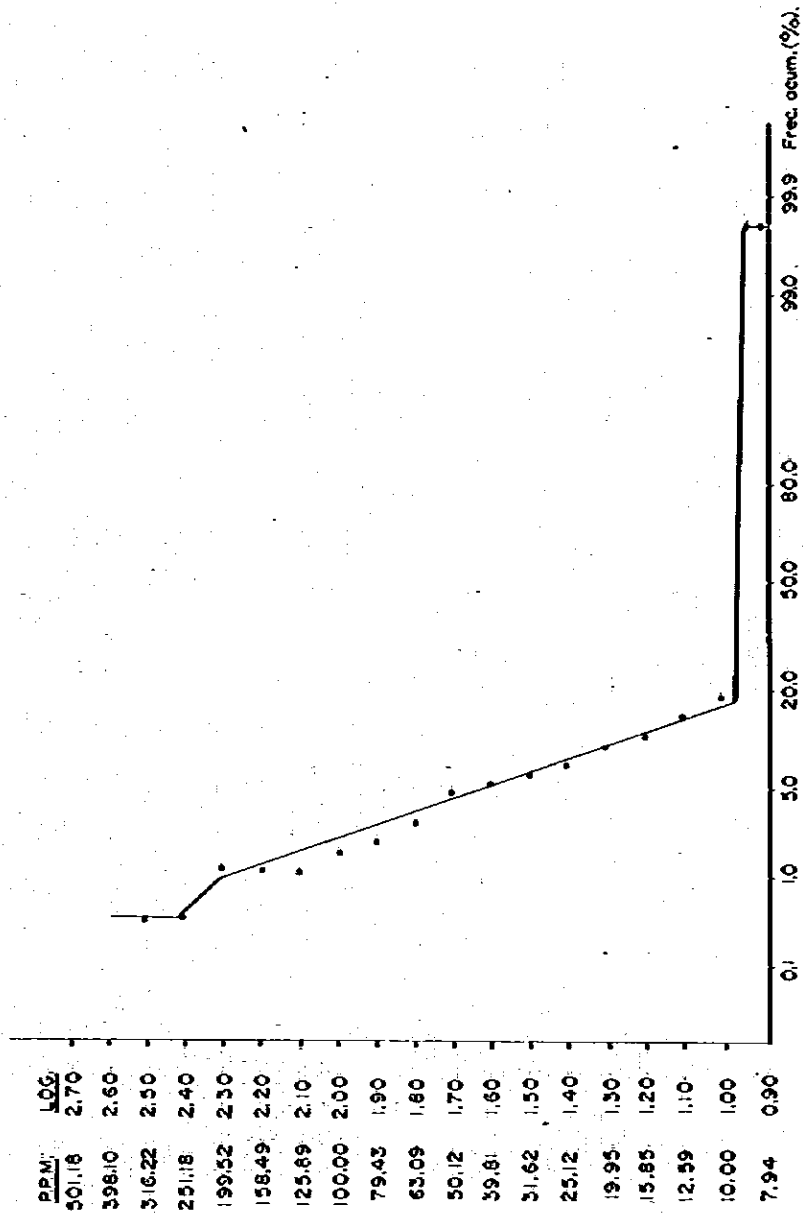


Fig.24 Gráfico de frecuencia acumulativa para arsénico.  
 Rango de clases logarítmico.  
 Frecuencia acumulativa en escala probabilística.



#### 4-4-4 因子分析

因子分析は一種の多変量解析法であり、それは母集団の分散を検討する元素の数による。因子分析では各変量を類似の挙動を持った因子グループに分ける。この方法は、多くの変量を扱う場合、変量間のかくされた関係を見出すのに特に有効である。地化学探査の場合、因子となるものは、組合わされた要素あるいは種々の現象の総合体である（例えば熱水変質作用、酸化作用、岩質等）。

本調査においては、各元素間の相関性を利用した“R”法によって因子分析が行われた。

この分析には、IIGのコンピューター・プログラムが利用され、先ず、相関行列として打ち出した各変量（元素）間の相関係数が計算された。その後、固有値及びそれらの累積率が計算された。この固有値は期待値であり、ここで基礎値より大きい固有値が分離された。続いて、固有ベクトルの模様が送り込まれ、これによって因子行列が計算された。

その後、全因子の最大変量を示す因子、次に相関性のない直角因子、等を抽出するためバリマックス法が行われた。因子行列は調整され、最終的に標準値の行列による調整因子行列を乗じた因子量が得られる。

調整因子行列は Tabla 13 に示されている。

Tabla 13 MATRIZ DE FACTORES AJUSTADO

	FACTOR I	FACTOR II
Cu	0.363	0.001
Mo	0.397	-0.078
Zn	-0.020	0.539
Mn	-0.109	0.584
As	0.371	-0.058

この2つの因子は全変数の73.86%を表現している（固有値の累積百分率）。

この Tabla 13 から、第1因子では Cu-Mo-As の共存が、また第2因子においては

Zn-Mn の共存が読み取れる。従って、この第1因子から、Au(?) の硫化物を随伴したポーフィリー・カッパー型の硫化作用の賦存が想定され、また、第2因子の Zn-Mn の共存から酸化マンガンによる Zn の吸着現象が考えられ、これらのことは両元素間における高い相関係数とも一致している。

Fig. 25 ではスコアとして表現されている因子 I と II の関係が示されており、因子 II を一定とした場合における因子 I は -0.5 ~ -0.7 間にグルーピングされ、-0.5 以上の場合は分散化している。因子 I と II の比が 0.5 以上 (因子 I : 因子 II > 0.40) を示した本試料においては、調査地域の南東隅に明瞭な1つのグループの存在が示されている (Fig. 26)。

#### 4-4-5 Cu 及び Zn の傾向面解析

傾向面解析は1つのデータのグループの線の函数として表現され、その中では、独立変量と考えられている座標の函数が依存変量である。

本解析においては、各々独立して取られた Cu と Zn が依存変量である。この場合の多項式の最大次数は3であった。

実際上の傾向面解析では、各試料採取地点における剰余値 (広域要素-局地要素)、すなわち地化学的には異常値を図にプロットして広域性と局地性の構成要素を知ることができる。

数学的計算は等値及びほぼ規則的インターバルを持った直線グラフによる多項式係数を打ち込んである IIG のコンピューター・プログラムによってなされた。また、剰余値は他のコンピューター・プログラムによって別個に図化された。

Cu の計算値は Tabla 14 に示されている。

Tabla 14 SUPERFICIE DE TENDENCIA PARA COBRE

Grado	Suma de los Cuadrados		Variación total	Calidad de ajust. (%)	Coef. de correl.	Test $F^a$
	Regresión	Desviación				
1	132025	265,56738	266887.63	0.49	7.0	1.01
2	85294	266,03469	266887.63	0.30	5.0	0.25
3	1,780.50	265,107.13	266887.63	0.60	8.2	0.30

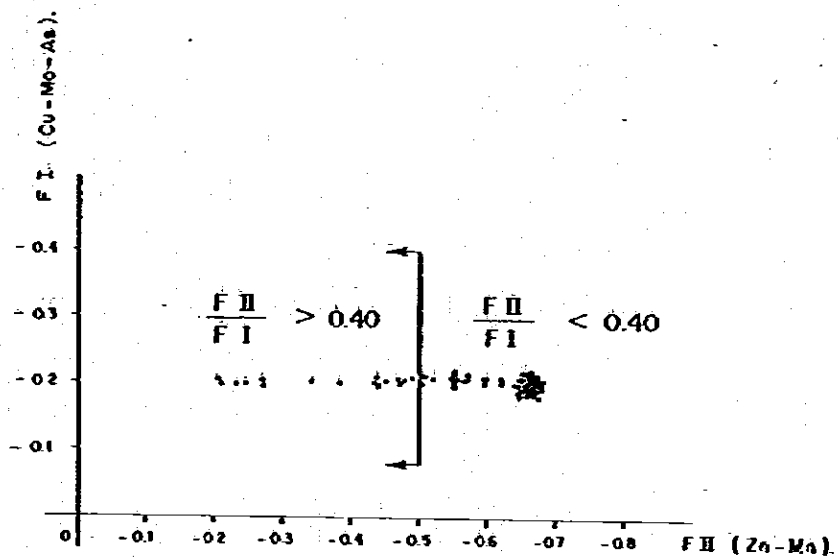


Fig. 25 Diagrama factor I (Cu-Mo-As) vs. factor II (Zn-Mn).

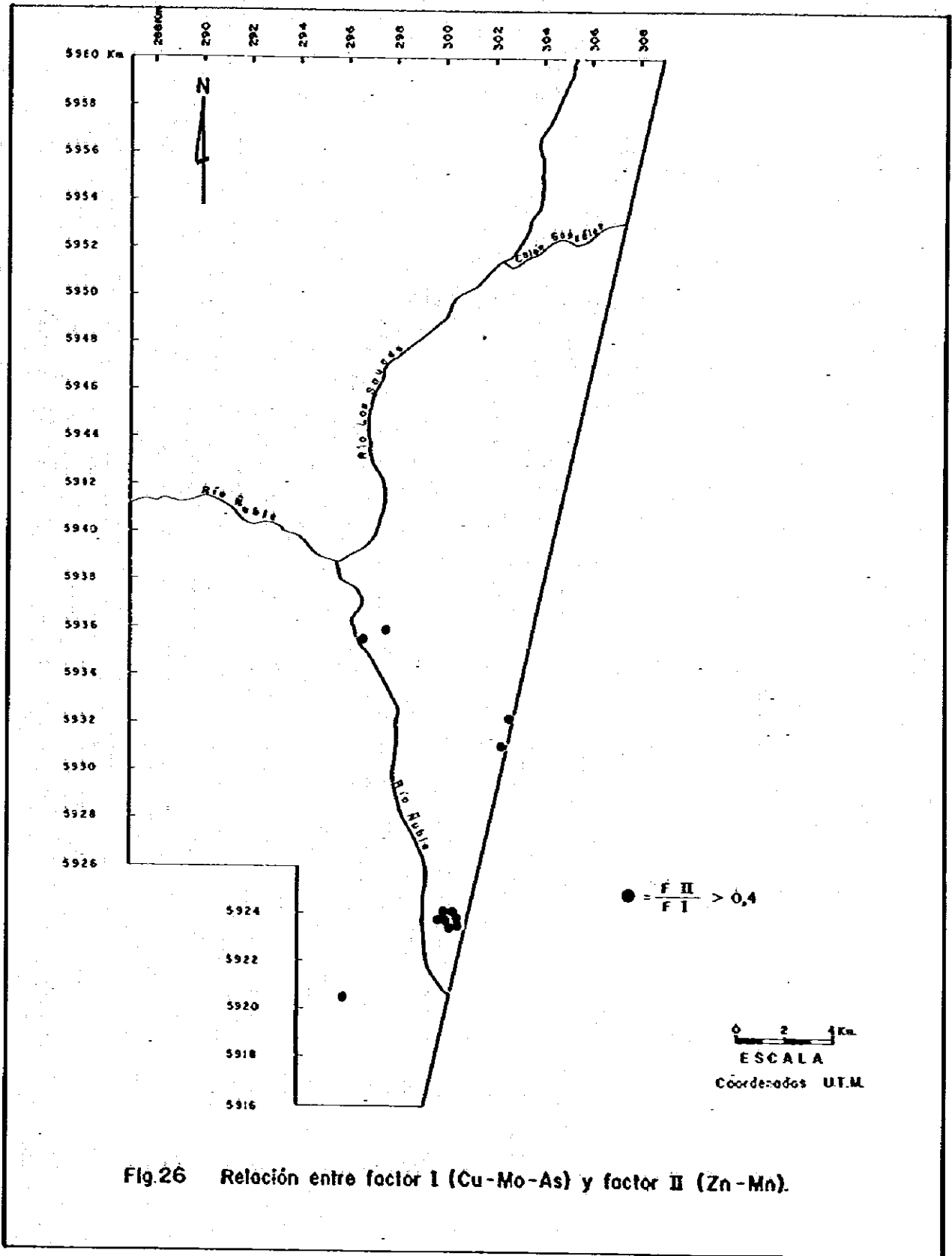


Fig.26 Relación entre factor I (Cu-Mo-As) y factor II (Zn-Mn).

Fig. 27には、第3次（第1次及び第2次の多項式調整は類似している）の多項式を加味した広域性がNNEからSSWに向って増加している傾向が示されている。このことは、北へ向ってCuが増加しているという広域的傾向を暗示している。しかし、調査区域の形状の不規則性に起因した現象がみられるため、その傾向は明瞭なものとはいえない。

Fig. 28にはCuの剰余値（異常値）の分布が示されている。これによると、注目すべきCu値を持った3つの地区が表わされており、このうち地域の南東端に位置したものは明瞭な形状を示しており、Cuの異常値の集合によるものと解される。

Tabla 15にはZnの値が示されている。

Tabla 15 SUPERFICIE DE TENDENCIA PARA ZINC

Grado	Suma de los cuadrados		Variación total	Calidad de ajust. (%)	Coef. de correl.	Test 'F'
	Regresión	Desviación				
1	17,415	475,739	493,154	35	18.79	7.45
2	22,484	470,670	493,154	45	21.35	3.85
3	27,215	465,939	493,154	55.2	23.49	2.59

Fig. 29には、第3次の場合の多項式における（第1次及び第2次の面は類似している）NEからSWに向ってのZnの増加傾向が示されている。

また、Znの第3次の傾向面（Fig. 30）における剰余値は、Perquilauquen付近、Ñuble川とLos Sauces川の合流点及びLas Minas 鉱化帯の3つの異常域の存在を示している。このうち、Las Minas 鉱化帯における分散のみが顕著である。

#### 4-4-6 差別作用解析

差別作用解析は多変量解析の応用統計法である。これによって2つの母集団が区別され、また、地化学探査の場合は、1つの試料の由来あるいは2グループに共通した由来等を究明するのに使用される。

地化学探査の情報研究では、CuやZn元素を変量とし、試料の由来（花崗岩類あるいは

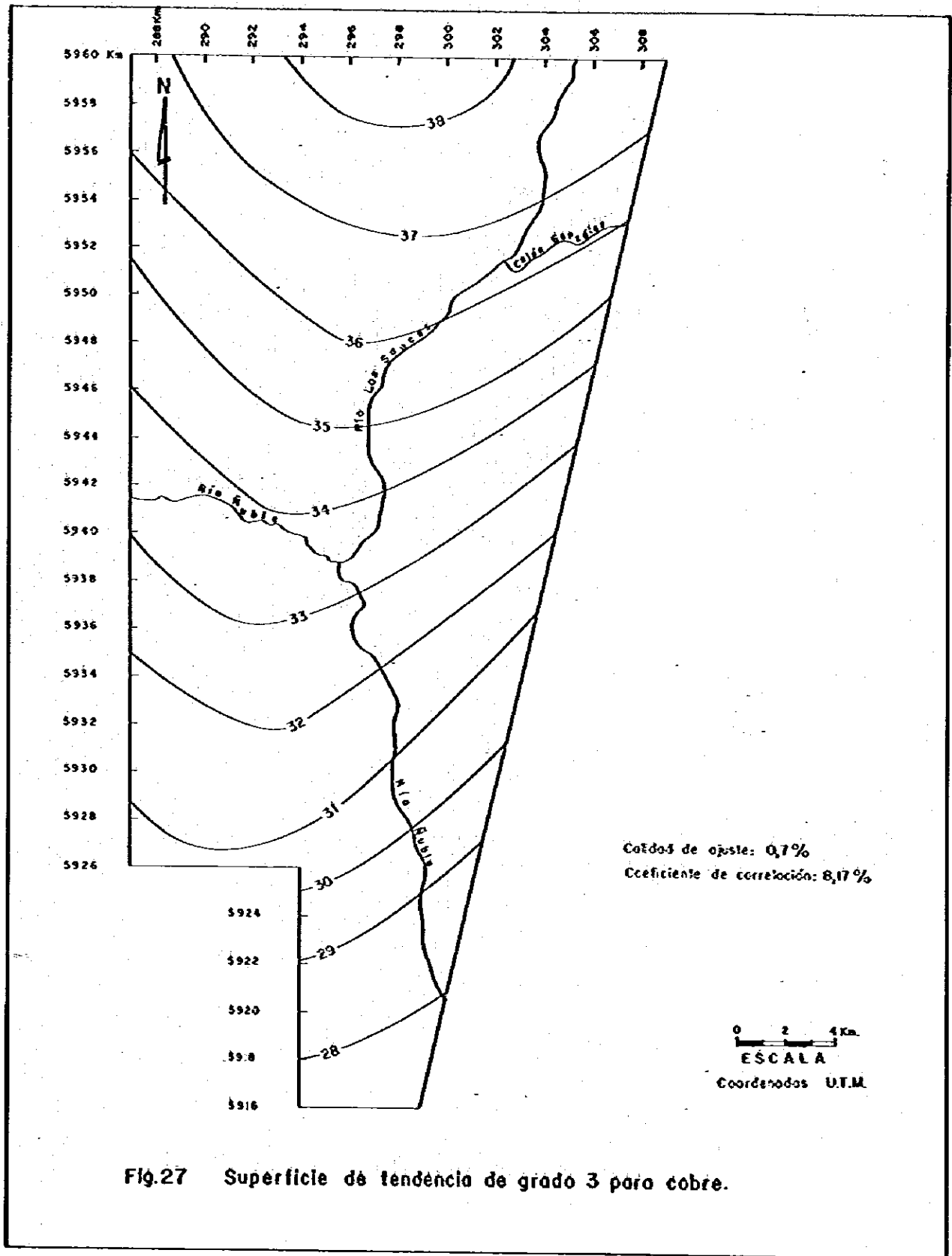


Fig.27 Superficie de tendencia de grado 3 para cobre.

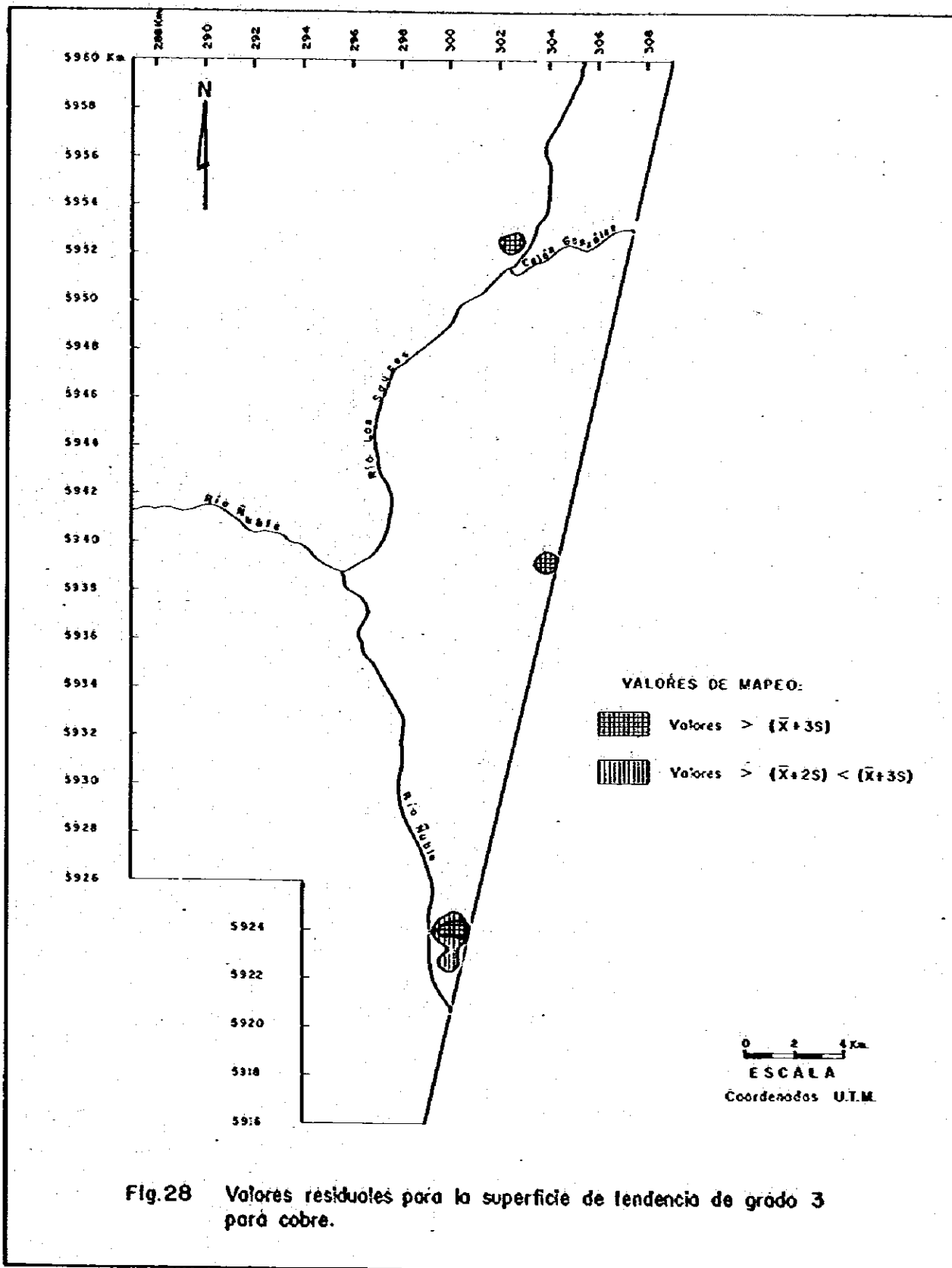


Fig.28 Valores residuales para la superficie de tendencia de grado 3 para cobre.

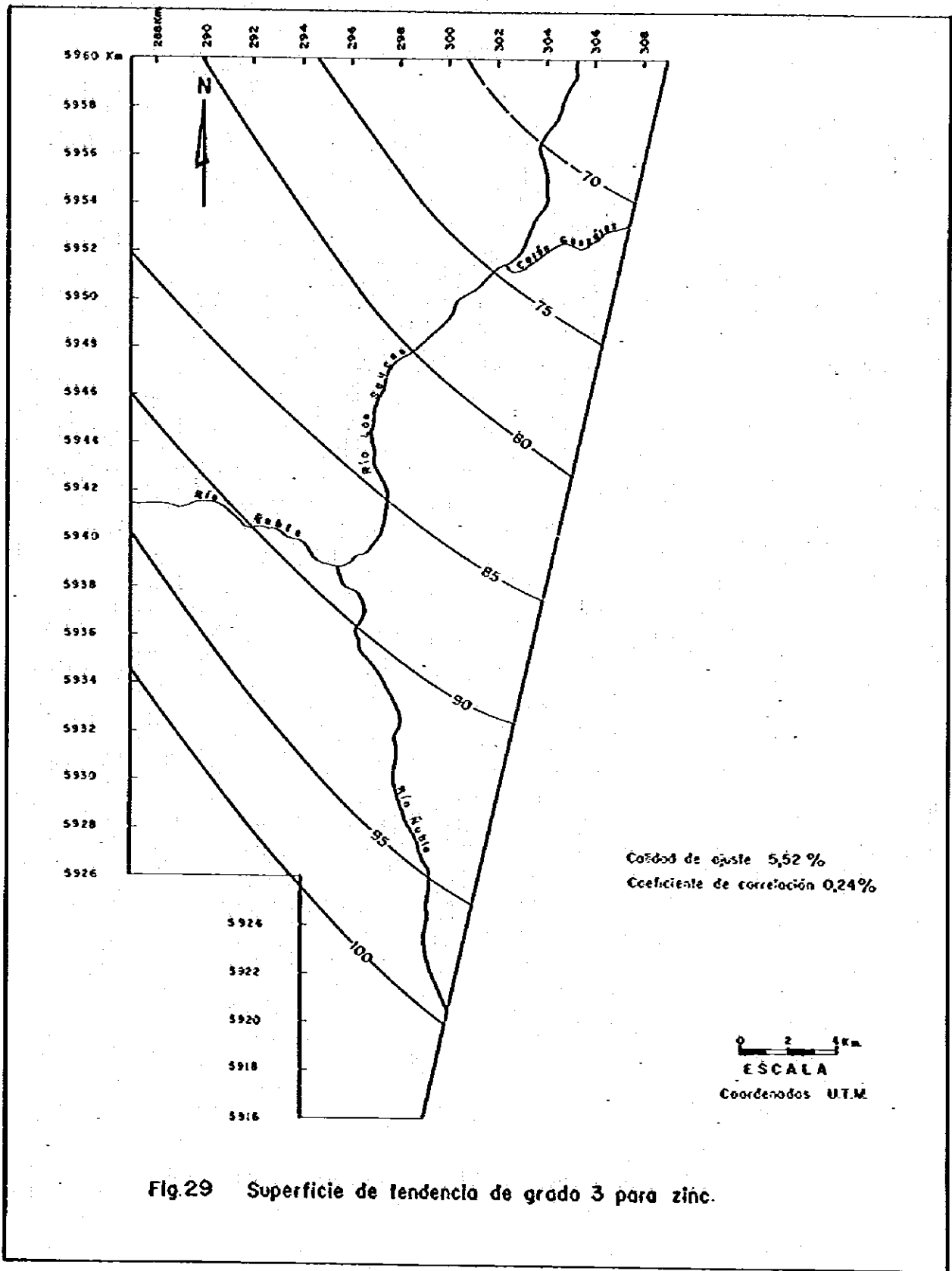


Fig.29 Superficie de tendencia de grado 3 para zinc.



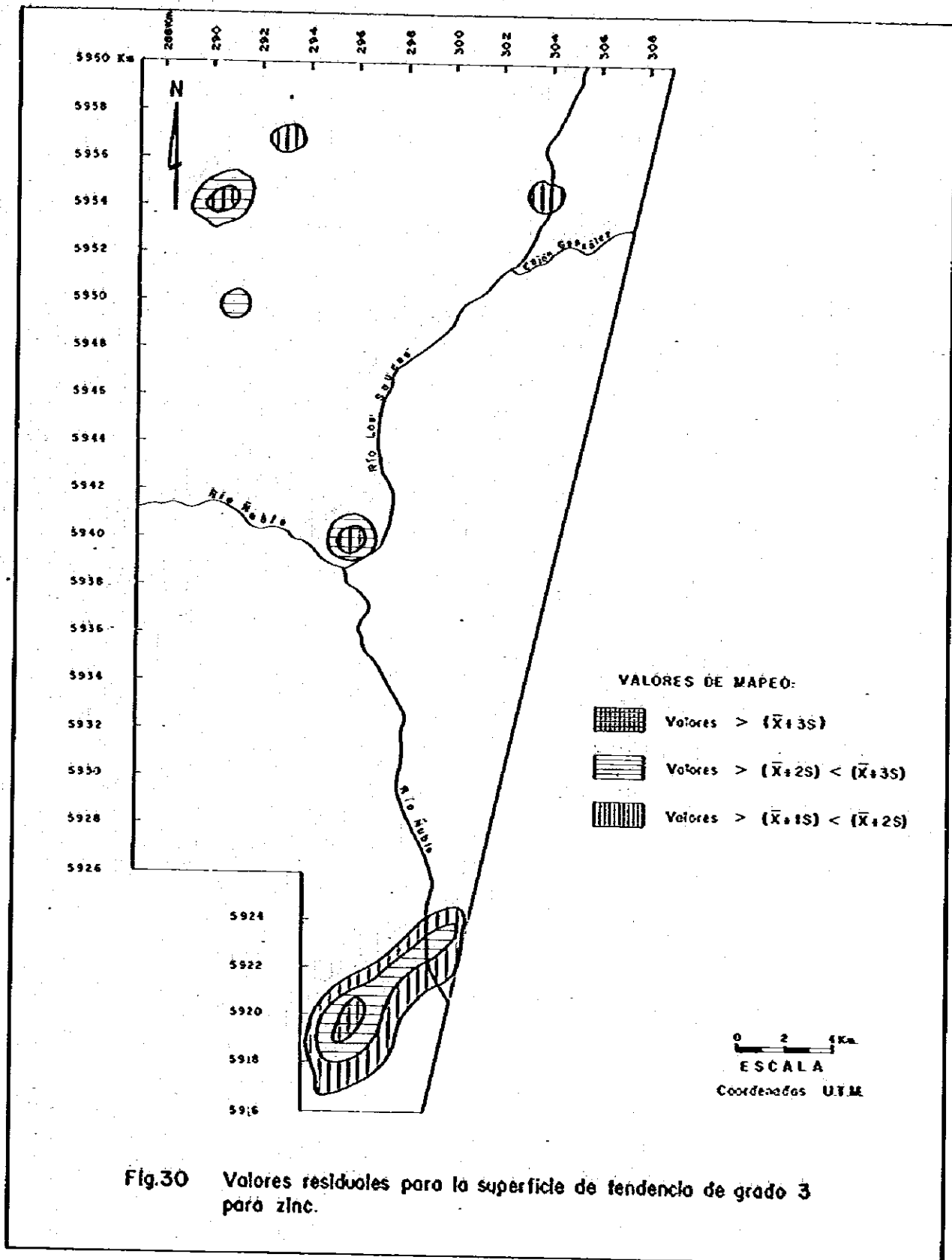


Fig.30 Valores residuales para la superficie de tendencia de grado 3 para zinc.

は火山岩等)に基づいた区分が行われている。

差別作用解析法は最小の分散値をもって2つのグループを最大に分ける直線を見出すことにあり、指示元素の各分析値はその直線上に投影された各点の数値に変換される。

本調査においては、試料の由来が花崗岩類か火山岩類かを判別するため、各々27及び30個の試料が本解析に使用された。なお、投影された差別作用の各点の値はFig.31に表わされている。

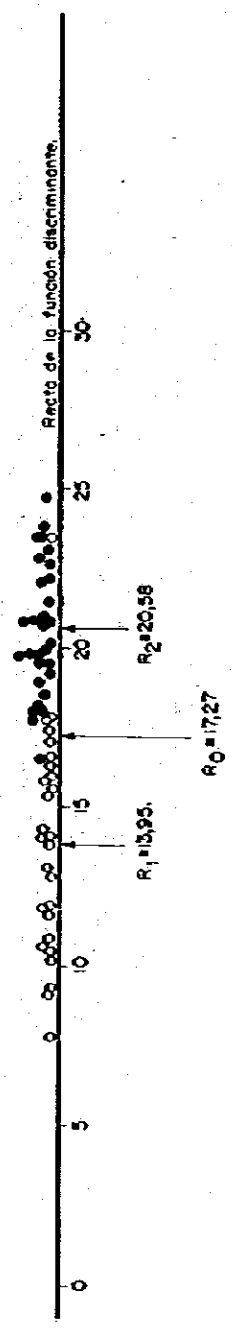
$R_1 = 13.95$  (グループⅠの平均値)及び  $R_2 = 20.58$  (グループⅡの平均値)は各々花崗岩類及び火山岩類の由来別に2等分される。また、点  $R_0 = 17.27$ は両者の領域に理想的に分けられた点の中間値に相当している。 $R_1$ と $R_2$ 間の間隔、あるいはMahalanobis 間隔は3.31(これより大きい場合は2グループの分離が望ましい)である。

この差別作用解析の応用は河床堆積物に含まれた微量成分の含有量に基づいて、主として、地質環境を説明することにある。

#### 4-5 結 論

以上の得られた地化学情報解析結果、次のように結論づけられる。

- (1) Cu, Mo, Zn, Mn, As及びAgの6元素のうち、Agだけは測定限界以下であった。
- (2) 各元素の度数分布解析でCuとZnは正規分布を示し、その他は対数正規分布を示した。
- (3) Cu, Zn, 及びAsの分布には明瞭な異常母集団の存在が示されており、Moはエラーの形状を示し、また、Mnには2つの類似した母集団分布がみられるが、その値は異常値とはいえない。
- (4) 相関係数行列は異常値(調整母集団の $\bar{x} + 3S$ 以上)と考えられた試料間において明瞭な相関性を示している。また、Cu-Mo, Cu-As, Mo-As間に有意の相関性がみられる。
- (5) 多変量解析法に基づいた因子解析では、母集団変量の7386%が2つの因子で説明されている。因子ⅠはCu-Mo-As間の共存を、また因子ⅡはZn-Mnの共存を示している。因子ⅠのCu-Mo-As共存からはボーフィラー・カッパー型の酸化作用の存在が考えられ、また、因子ⅡのZn-Mnの共存はZnの酸化作用というよりは酸化マンガンによるZnの吸着現象のため生じた偽異常を示しているものと解される。また、因子Ⅰ及び因



- GRUPO 1 : Muestras de ambiente granitoide ( ○ )
- GRUPO 2 : Muestras de ambiente volcánico ( ● )
- R0 : Índice discriminante.
- R1 : Media del grupo 1 (granitoide).
- R2 : Media del grupo 2 (volcanitas).

Fig.3.1 Función discriminante bivariable (Cu y Zn) para sedimentos de ambiente granitoide y volcánico.

子Ⅱと相関行列の間においても関連性がみられる。

スコアとして表わされている因子Ⅰの0.5以上値は調査地域の南東隅のLas Minas川付近にプロットされている。

- (6) Cu及びZnに対する第3次の傾向面解析では、充分な均衡とはいえないが、次のような形で、グルーピングされる剰余値(異常値)が抽出された。すなわち、

Cu : 調査地域の南東部

Zn : 調査地域の北西部(Lara川上流)、中央部及びÑuble川とLos Saucés川の合流地点

等に現われている。しかし、主な分布は、Ñuble川の西部にある。また、Cuの高剰余値分布は鉱化変質帯に一致している。

- (7) Cu及びZnの2つの微量元素を利用した差別作用解析法によって試料の地質的環境の差が解説できる。

- (8) Cu、Mo及びAsにおいて異常値を示した試料はAu含有量が比較的高い。

- (9) 以上の結果を要約すると、明瞭なCu、Mo及びAsの異常が調査地域の南東隅のÑuble川の東部で把握された。また、1あるいはそれ以上の元素において準異常が、Chacayal湖付近、Ñuble川とLos Saucés川の合流地点及びLara川東岸の3個所にて把握された。

Cu、Mo、Asの異常域はLas Minas鉱化帯に対比され、また、準異常は、 $\mu$ 13及び $\mu$ 15鉱徴、 $\mu$ 11鉱徴、 $\mu$ 5鉱化帯及び $\mu$ 30鉱化帯に各々対比される。

しかし、異常及び準異常における分析値はいずれも低く、従って、いずれも有望示徴とは考え難い。

## 第5章 結論及び将来への展望

### 5-1 結 論

(1) 本年次はコンセプション 東部地域における第3年次に当り、航空写真解析、地質調査(1/50000)及び地化学探査(河床堆積物)を実施した。

(2) 調査地域の地質は先中新世の優勢な安山岩質火山活動(Río Ñuble火山岩類)と中新世の中～酸性の貫入活動で特徴づけられる。同火山活動は陸域において行われ、溶岩流と火砕流を繰返し噴出している。この火山岩類は、岩質、形成時期からして周辺に分布するCuramallín層及びRío Blanco層に対比される可能性が高い。

この先中新統を被って鮮新世～更新世の安山岩質火山岩類よりなるCola de Zorro層、及び現世の火山噴出物であるColadas de Valle火山岩類が発達しているが、それらの分布は小さい。

(3) 貫入岩類として花崗閃緑岩、トータル岩、トータル斑岩、閃緑岩、石英安山岩、及び安山岩等が発達しており、その活動時期は第三紀中新世である。これらの産状はバソリス、岩株、岩脈、シル等である。

(4) 先中新統は概々南北の褶曲軸をもった緩やかな波状褶曲を受けている。Cola de Zorro層及びColadas de Valle火山岩類は褶曲運動を受けていない。

調査地域には顕著な断層はみられないが、連続性のない、小規模なもの、あるいはそれを伴っていない裂かば所々にみられ、その多くはNNE-SSW性を示している。

(5) 調査地域において33箇所の鉛化帯あるいは鉛徴を確認した。それらの大部分は黄鉄鉛の鉛染(一部網状)であるが、輝銅鉛、閃亜鉛鉛、等から成る脈状鉛床も数条発達している。

鉛染鉛床のうち、鉛化変質作用の比較的優勢なものはLas Tragedias鉛化帯とLas Minas鉛化帯であるが、いずれも黄鉄鉛を主体としており、その他の金属鉛物として微量の酸化銅鉛、顕微鏡下でのみその存在が確認できる程度の黄銅鉛、磁鉄鉛、磁黄鉄鉛等がみられる。

従って、いずれの鉛化帯も有用金属含有量は、貧弱に近いものである。

鉛染帯における母岩は一般に弱～中程度の珪化作用を受けており、その他の変質作用はごく微弱なものである。

鉛染鉛床の多くは岩株状の石英安山岩、及びトータル斑岩(A)と密接して形成されている。

脈状鉛床は脈幅30cm以下の細脈で、一部にCu6.80%の高品位銅鉛脈の発達もみられるが脈幅10cmの細脈で、また連続性にも欠けている。

(6) 地化学探査において、1個所の異常域と4個所の準異常域が把握された。

異常域は、Cu、Mo及びAsの3元素に現われており、Las Minas 鉛化帯に対比される。

準異常域は、各々、 $\#5$  鉛化帯 (Mo, Zn),  $\#11$  鉛微 (Mo, Cu, Zn),  $\#13$  及び  $\#15$  鉛微 (Mo, As) 及び  $\#30$  鉛化帯 (Cu, Mo, As) に対応される。

しかし、異常、準異常共分析値は低く、有望異常とは考え難い。

#### 5-2 将来への展望

以上のように、本調査地域にはかなりの数にのぼる鉛化帯、鉛微地が発達しているが、いずれの鉛化作用も極めて微弱なものに終っており、経済的に耐え得るものはみられない。また、いずれも今後の探鉛において有望鉛床に発展、あるいは新鉛床が発見される可能性は極めて少ない。

よって本調査地域に対し、今後更に詳細な調査、探鉛を行う価値は極めて低いものと判断される。

**REFERENCIAS**

## REFERENCIAS

- Atlas Geográfico, 1977.- Atlas geográfico de la Región del Bío-Bío, Universidad Católica de Talcahuano, 1977.
- Brüggen, J., 1948.- "Contribución a la geología de los volcanes y termas de Chillán". Imprenta Universitaria, Santiago, Chile, 36 pp.
- Daly, R.A., 1933.- *Igneous Rocks and the Depths of the Earth*, Mc Graw-Hill, New York (reprinted by Hafner Publishing Co., 1968).
- Davis, J., 1973.- "Statistics and Data Analysis in Geology". John Wiley and Sons, Inc.
- Deruelle, B. y Deruelle, J., 1975.- "Geologie des volcans quaternaires des Nevados de Chillán (Chili)". *Bull. Volcanologique (Italia)* vol. 38 N° 2, pp.425-444.
- Drake, R., 1974.- "The chronology of cenozoic igneous and tectonic events in Central Andes". *IAUCEI Internat. Sym. Volcanology*, Santiago, Chile.
- Fuenzalida, H., 1965.- "Geografía Económica de Chile", CORFO.
- Gardeweg, M., 1980.- "Geología del área del Nevado de Longaví, Cordillera de Los Andes, VIII Región del Maule", Memoria de Prueba, Depto. Geol. Universidad de Chile, 247 pp.
- González, F., 1977.- "Informe de avance de la prospección minera de la región cordillerana de la provincia de Ñuble". Informe Inédito IIG.
- González, O., y Vergara, M., 1962.- "Reconocimiento geológico de la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 35° y 38° Lat.Sur". *Anales de la Fac.de Ciencias Físicas y Matemáticas*, 19:19-121.
- MMAJ-IIG, 1979.- "Informe de reconocimiento geológico de la Región Andina situada al este de Concepción". Fase I, Informe Gobierno Japón y Gobierno de Chile.



- Meyer, Theobald and Bloom., 1979.- Stream sediment geochemistry. Geological Survey of Canada, Economic Geology Report 31, pp.411-434.
- Niemeyer, H., 1979.- "Zona Cordillerana de la VII Región al este del meridiano 71°30', en Carta Geológica de la VII Región, escala 1:250.000, Instituto de Investigaciones Geológicas. 3 pp.
- Ossandón, G., Alfaro, G., Cruzal, A., 1978.- "El prospecto cuprífero Galletué: Un pórfido cuprífero en la provincia de Malleco, IX Región, Chile". Revista Geológica de Chile, N° 5, pp. 33-48.
- Serrano, L., 1975.- "Prospección minera en la región cordillerana de la Provincia de Bío-Bío". Inédito, IIG.
- Streckeisen, A., 1974.- "Rocas Plutónicas". Clasificación y Nomenclatura recomendada por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). Subcomisión en sistemática de rocas ígneas. IIG.
- Streckeisen, A., 1979.- "Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatic and melilitic rocks". Recommendations and suggestions of the IUGS subcomisión on the Systematics of igneous rocks. Geology v. 7, pp. 331-335, July 1979.
- Taylor, S.R., 1969.- "Trace element chemistry of andesites and associated calc-alkaline rocks". Proceedings of the andesite Conference. Bul. 65, pp. 43-64.
- Utada, M., 1977.- Alteración de rocas huéspedes. Cap 10. en Base actualizada para el estudio de depósitos minerales Ed. Tatsumi, T.; 1977. Imprenta: Tokyo University Impres. (sólo en Japonés).