

704 66.1 MP

蒙古人民共和国北部地区

动物资源调查总结报告

第一卷

昭和35年5月

国策实施委员会
农林水产部

704
66.1
MP

チリ共和国北部地区
鉍物資源開発基礎調査報告書

第一年次

JICA LIBRARY



1026062[8]

昭和51年5月

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 3. 15	704
登録No. 00300	66.1
	MP

国際協力事業団
金属鉍業事業団

は し が き

日本政府はチリ共和国政府の要請に応え、同国北部地区 Quebrada Blanca - El Abra 地域の鉱物資源賦存の可能性を確認するため、地質等の調査を実施することとし、この調査を国際協力事業団に委託した。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的な分野に属することから、調査の実施を金属鉱業事業団に依頼することとした。

本調査は3カ年にわたって行われるものであるが、本年はその第1年次にあたり、上記調査の一環として、日鉱探開株式会社 古川雄也 氏を団長として8名からなる調査団を編成して、昭和50年9月20日から昭和51年2月25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の協力を得て予定通り完了した。

本報告書は第1年次の調査結果をとりまとめたもので、第2年次及び第3年次の調査結果と併せて、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いただいたチリ共和国政府関係機関並びに通商産業省、外務省、金属鉱業事業団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51年5月

国際協力事業団

総裁 法 眼 晋 作

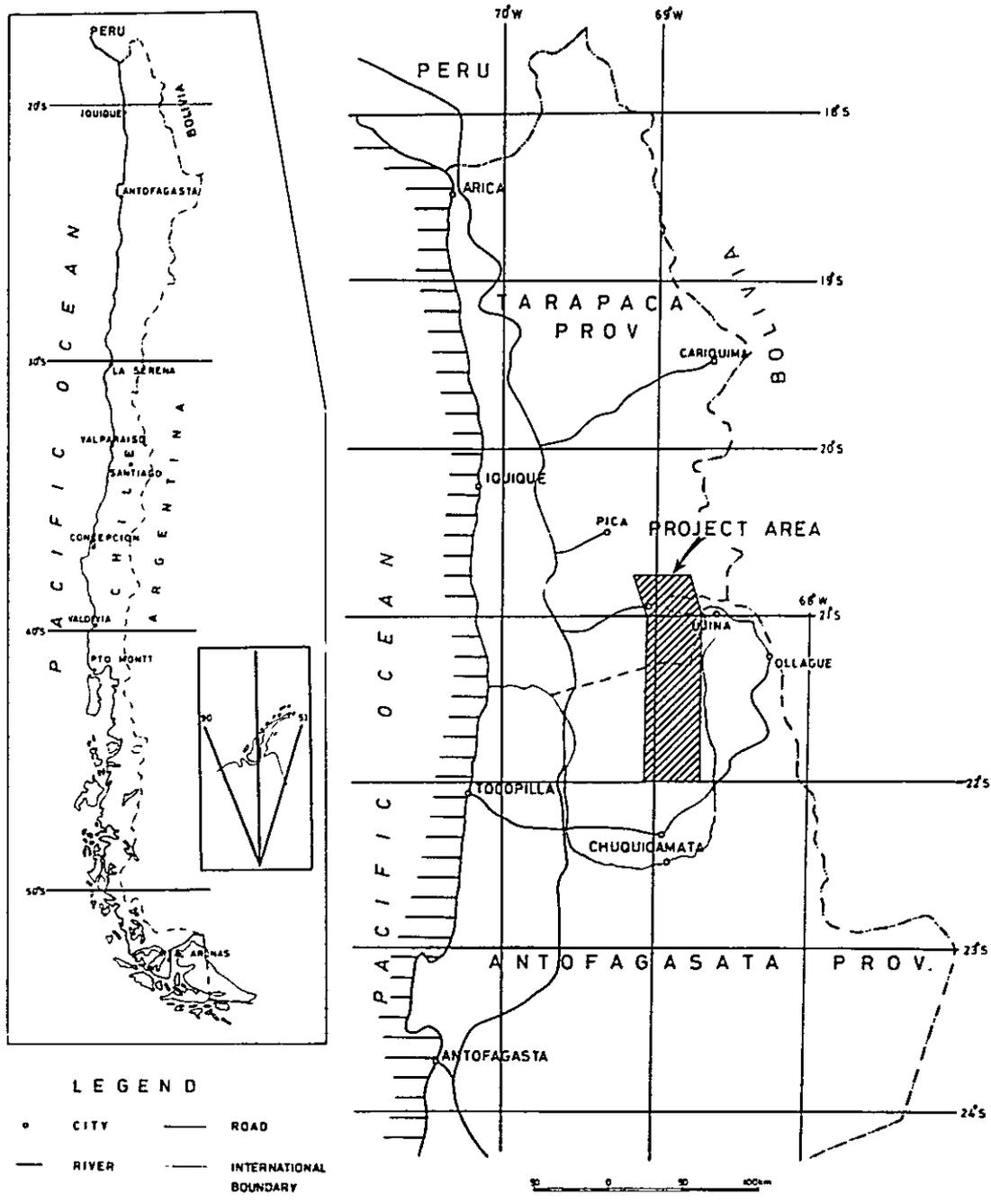


Fig.1 KEY MAP AND LOCATION MAP

目 次

はしがき	
位 置 図	
目 次	1
要 約	(1)

給 論

第1章 序 論	1
1-1 プロジェクトの概要	1
(1) プロジェクトの目的	1
(2) 関係機関	1
(3) 調査の概要	1
(4) 報 告 書	1
1-2 初年度調査の内容	1
1-2-1 調査区域	1
1-2-2 地 図	2
1-2-3 調査期間	3
1-2-4 調査団の構成	3
1-2-5 調 査 量	4
1-2-6 調査の経緯	4
1-3 従来 of 調査	5
1-4 調査地域の地理	5
1-4-1 地 形	5
1-4-2 気候及び植生	6
1-4-3 交 通	6
1-4-4 人口及び産業	7
1-5 調査地域の地質鉱床概要	7
第2章 総合検討	9
第3章 結論及び将来への展望	10
3-1 結 論	10
3-2 将来への展望	10

各 論

第 I 部 LANDSAT データ解析及び航空写真解析

第 1 章 総 説	11
1-1 調査目的	11
第 2 章 解析方法	12
2-1 概 要	12
2-2 パターン情報解析	12
2-3 スペクトル情報解析；加色合成法	12
2-4 スペクトル情報解析；色彩強調分離法	13
2-5 航空写真解析	15
2-6 使用データ	15
第 3 章 解析結果	19
3-1 地質概要	19
3-2 地質単位	19
3-3 地質構造	26
3-4 鉍化作用	26
3-5 検 討	34
第 4 章 結論及び有望地域の選択	36

第 II 部 QUEBRADA HUIQUINTIPA 地域

地質調査及び地化学探査

第 1 章 総 説	38
1-2 調査目的	38
1-2 調査地域の地理	38
1-2-1 地 形	38
第 2 章 地 質	39
2-1 概 要	39
2-2 層序及び岩質	39
2-3 貫入岩類	42

2-4	地質構造	43
第3章	応用地質	44
3-1	概 要	44
3-2	鉍 徴 帯	44
3-3	変 質 帯	45
3-4	写真示徴帯との比較	45
3-5	考 察	46
第4章	地化学探査	47
4-1	概 要	47
4-2	試料の採取	47
4-3	試料の分析	47
4-4	データの統計処理	47
4-5	結果及び検討	49
第5章	結 論	52

第Ⅲ部 QUEBRADA BLANCA-EL ABRA 地域

ポーフィリ・銅-鉍床賦存

有望箇所の地質概査

第1章	総 説	53
1-1	調査目的	53
1-2	調査方法	53
第2章	各地区の調査結果	55
2-1	Bellita (Carcanal) 地区	55
2-2	Quebrada Ceus 地区	55
2-3	Quebrada Conacona 地区	55
2-4	Quebrada Camaruno 地区	55
2-5	Jovita 地区	55
2-6	Chocal 地区	56
2-7	Aletita 地区	57
2-8	Cerro Yocas 地区	57
2-9	Guacazul 地区	57
2-10	Quebrada Millo 地区	59
2-11	Amosita 地区	59

2 - 12	Aguas Blancas 地区	59
2 - 13	Quebrada Quillaquira 地区	61
2 - 14	Ameletita (Cerro Tortuga) 地区	61
2 - 15	Pastos Largos 地区	61
第 3 章	結 論	61

第Ⅳ部 CERRO YOCAS 地域広域地質調査 及び地化学探査

第 1 章	総 説	63
1 - 1	調査目的	63
1 - 2	調査地域の地理	63
1 - 2 - 1	地 形	63
1 - 2 - 2	交 通	63
第 2 章	地 質	64
2 - 1	概 要	64
2 - 2	層序及び岩質	64
2 - 3	貫入岩類	69
2 - 4	地質構造	70
2 - 5	考 察	70
2 - 6	地 史	71
第 3 章	応用地質	72
3 - 1	概 要	72
3 - 2	鉍化帯及び鉍徴	72
3 - 3	鉍化作用及び熱水変質作用規制	74
3 - 4	考 察	75
第 4 章	地化学探査	76
4 - 1	概 要	76
4 - 2	試料の採取	76
4 - 3	試料の分析	76
4 - 4	データの統計処理	76
4 - 5	結果及び検討	80
第 5 章	結 論	81

第V部 QUEBRADA PINCHAL 地域地質精査

及び地化学探査

第1章 総 説	83
1-1 調査目的	83
第2章 地 質	84
2-1 概 要	84
2-2 層序及び岩質	84
2-3 貫入岩類	88
2-4 地質構造	92
2-5 総 括	92
第3章 応用地質	94
3-1 概 要	94
3-2 鉍化作用	94
3-3 熱水変質作用	97
3-4 鉍化規制	101
3-5 考 察	103
第4章 地化学探査	105
4-1 概 要	105
4-2 試料の採取	105
4-3 試料の分析	105
4-4 データの統計処理	105
4-5 結果及び検討	106
第5章 結 論	119

REFERENCES

LIST OF ILLUSTRATIONS

Fig. 1	Key map and location map	
Fig. I - 1	Index map of LANDSAT-imageries, Northern Chile	17
Fig. I - 2	Index map of aerial photographs in the Quebrada Blanca-El Abra area	18
Fig. I - 3	Geological columnar section of the Quebrada-El Abra area	21
Fig. I - 4	Geological interpretation map of the Quebrada Blanca-El Abra area, Northern Chile	22
Fig. I - 5	Imagery mosaic of LANDSAT-data (Band 7), the Quebrada Blanca-El Abra area, Northern Chile	23
Fig. I - 6	Color compositive image	28
Fig. I - 7	Extracted image using M. C. D. S. from LANDSAT-data Significant granitic bodies are to be seen.	30
Fig. I - 8	Map of rock units for the area mechanically extracted in Fig. I - 7	31
Fig. I - 9	Extracted image using M. C. D. S. from LANDSAT-data Significant anomalous zones related with mineralization and/or alteration are to be seen.	32
Fig. I - 10	Map of rock units for the area mechanically extracted in Fig. I - 9	33
Fig. I - 11	Correlation map on distribution of granitic rock, fracture system and mineralized-altered area	37
Fig. II - 1	Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Huiquintipa area	50
Fig. II - 2	Cumulative frequency distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Huiquintipa area	51
Fig. III - 1	Location map of the prospects visited in the Quebrada Blanca-El Abra area	54
Fig. III - 2	Quebrada Camaruno prospect	56
Fig. III - 3	Geological sketch of the Guacazul area	58
Fig. III - 4	Quebrada Quillaquira, Amosita and Aguas Blancas prospects ...	60
Fig. III - 5	Ameletita(Cerro Tortuga) zone	62
Fig. IV - 1	Cumulative frequency distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Cerro Yocas quadrangle	78
Fig. IV - 2	Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Cerro Yocas quadrangle	79
Fig. V-1-1,2	Cumulative frequency distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Pinchal	111
Fig. V-2-1~4	Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Pinchal	114

LIST OF TABLES

Table 1	Progress made in 1975	3
Table I - 1	LANDSAT - Images used	15
Table I - 2	List of aerial photographs	16
Table I - 3	LANDSAT - Image (Band 7) characteristic chart in the Quebrada Blanca-El Abra area	20
Table I - 4	Conditions for additive color composition	27
Table I - 5	Conditions of the color enhancement and slice	29
Table I - 6	Lithology of the extracted units	29
Table I - 7	Units extracted as alteration zones	34
Table II - 1	Composite stratigraphic column of the Quebrada Huiquintipa area	40
Table II - 2	Means, variance and standard deviation	48
Table II - 3	Coefficient of correlation	48
Table IV - 1	Composite stratigraphic column of the Cerro Yocas quadrangle	65
Table IV - 2	Means, variance and standard deviation of stream sediment samples	77
Table IV - 3	Coefficient of correlation	77
Table IV - 4	Comparision between stream sediments values from Cerro Yocas quadrangle with those of normal igneous rocks and El Abra porphyry copper deposit	80
Table V - 1	Composite stratigraphic column of the Quebrada Pinchal area	85
Table V - 2	Classification of hydrothermal alteration	99
Table V - 3	Means, variance and standard deviation of systematic sampling	107
Table V - 4	Means, variance and standard deviation of systematic sampling, lithologic grouping	108
Table V - 5	Means, variance and standard deviation of complementary sampling	109
Table V - 6	Coefficient of correlation	110
Table V - 7	Soil values comparison table	111

APPENDICES

Table 1	List of fossils	A - 1
Table 2	Microscopic observations	A - 3
Table 3	Potash-Argon ages on some igneous rocks	A - 12
Table 4	List of X-ray diffractive analysis	A - 13
Table 5	List of chemical analysis of ores	A - 20
Table 6	Chemical analysis of stream sediments for polymetallic components of the Quebrada Huiquintipa area	A - 21
Table 7	Chemical analysis of stream sediments for polymetallic components of the Cerro Yocas quadrangle	A - 25
Table 8	Chemical analysis of soil and stream sediments for the polymetallic components of the Quebrada Pinchal area	A - 30
Fig. 1-1~4	Microscopic observations	A - 39
Fig. 2	Classification of volcanic rocks by mode of quartz and feldspars of the Quebrada Pinchal area	A - 51
Fig. 3	Classification of plutonic rocks by mode of quartz and feldspars of the Quebrada Pinchal area	A - 52

ATTACHED SHEETS

PL. II - 1	Geological map of the Quebrada Huiquintipa area (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. II - 2	Route and rock sample map of the Quebrada Huiquintia area (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. II - 3	Geochemical map stream sediments of the Quebrada Huiquintipa area (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. IV - 1	Geological map of the Cerro Yocas quadrangle (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. IV - 2	Route and rock sample map of the Cerro Yocas quadrangle (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. IV - 3	Map showing the relation between alteration and tectonics of the Cerro Yocas quadrangle (Scale 1 : 50,000)	1 sheet
PL. IV - 4	Geochemical map of stream sediments of the Cerro Yocas quadrangle (Scale 1 : 100,000)	1 sheet
PL. V - 1	Geological map of the Quebrada Pinchal area (Scale 1 : 10,000)	1 sheet
PL. V - 2 - 1, 2	Route and rock sample map of the Quebrada Pinchal area (Scale 1 : 5,000)	2 sheets
PL. V - 3	Alteration map of the Quebrada Pinchal area (Scale 1 : 10,000)	1 sheet
PL. V - 4 - 1 ~ 5	Geochemical map of the Quebrada Pinchal area (Scale 1 : 10,000)	5 sheets

要 約

(1) 本第1年度は、チリ共和国北部 Tarapaca ~ Antofagasta 両州にまたがる Quebrada Blanca ~ El Abra 地区の 5,000 km² の範囲について、LANDSAT データ解析、航空写真解析、地質調査及び地化学探査を実施した。

(2) 本調査は、日本、チリ両国の協力調査として実施され、日本においては、LANDSAT データ解析及び航空写真解析によって、一方、チリ側においては、既存資料に基づき各々 鉱床賦存有望地域を抽出した。

この結果、日本側の解析によって Quebrada Huiquintipa 地域が、また、チリ側の解析によって 15 箇所の ポーフィリ・銅 鉱床賦存有望地域が抽出され、これらの地域に対して、両国 10 名の調査員によって現地調査が行われた。

(3) LANDSAT データ解析及び航空写真解析結果

(i) LANDSAT データ解析としては、パターン情報解析及びスペクトル情報解析を行い、更に詳細な解析を必要とする箇所については、航空写真解析を実施した。

(ii) パターン情報解析によって、以下の地質情報が把握された。

本地域は、8つの地層と5つの貫入岩類から成る13の地質単元に区分される。

地質は、古生代の変成岩類を基盤とし、古生代の変火山岩類、中生代の火山岩類、砕屑岩類、新生代の火山岩類、火山砕屑岩類、砕屑岩類及び現世堆積物より構成される。

貫入岩類は、いずれも花崗岩質岩である。

地質構造は、全体的に N-S 方向を示しており、褶曲は NNE - SSW 系が主体をなし、断層は主として N-S 系、NNE - SSW 系のものが発達している。

(iii) 既に知られている El Abra 銅床及び Quebrada Blanca 銅床を標準資料としたスペクトル情報解析によって、両銅床と類似のパターンを持ついくつかの示徴帯が抽出された。

(iv) 抽出された示徴帯のうち、パターン情報解析の結果を加味すると、銅化変質帯の可能性を持つ示徴帯は 110 箇所である。

(v) 上記示徴帯、花崗岩質岩類及び断層等の発達する地域がポーフィリ・銅型銅床胚胎の可能性の最も高い地域とみなされる。したがって、今後これらの地域を優先的に地表調査されることが望ましい。

(vi) 以上の解析結果に基づき、本年度は銅床賦存有望地域の1つと考えられる Quebrada Huiquintipa 地域を選出し、現地調査を行った。

(4) Quebrada Huiquintipa 地域地質調査及び地化学探査結果

(i) 本調査地域の地質は、主としてジュラ系、白亜系の火山岩、火砕岩及び砕屑岩類より成り、貫入岩として花崗岩質岩類が認められる。

(ii) 本調査地域には、銅を主とする鉍脈型鉍床として8鉍微帯及び Exotica 型堆積性鉍床として1鉍微帯が認められた。

しかし、いずれも鉍況は劣勢であり、いわゆるポーフィリ・銅型鉍床等の有望な鉍微帯は認められなかった。

(iii) 写真示微帯として抽出された5箇所のうち、4箇所は上記鉍微帯等と一致していたが、その他の鉍微帯はLANDSAT画像又は航空写真上に反映されなかった。

その理由は、反映されなかった鉍微帯がいずれも小規模の鉍脈型であり、また、それに伴った変質帯も微弱であったためと解される。

このことは本調査に関する限りLANDSATデータ解析法又は航空写真解析法が0.04km²前後以上の分布範囲を有し、かつ、かなり強い珪化作用あるいは絹雲母化作用からなる変質帯を伴うような鉍微帯に有効であることを示唆しているものと解される。

(5) Quebrada Blanca - El Abra 地域ポーフィリ・銅型鉍床賦存有望箇所の地質概査結果

本調査の結果 広域地質調査(地化学探査を含む)としてCerro Yocas 地域が、また、その一部のQuebrada Pinchal 地域が地質精査(地化学探査を含む)地域として選出された。

(6) Cerro Yocas地域広域地質調査及び地化学探査の結果

(i) 本地域はいわゆるアンデス地向斜の東翼に位置し、その地向斜運動末期の旺盛な火成活動の行われた箇所に当る。

本地域の地質は、古生界から現世までにわたっている。古生界は変堆積岩、片岩類、片麻岩であり、中生界は中部ジュラ紀～上部白亜紀の堆積岩類及び安山岩質火山岩類である。新生界は石英安山岩質～流紋岩質火山岩類と堆積岩類から成る。貫入岩類は白亜紀から第三紀にわたる花崗岩類から成る。

(ii) 本地域の主要地質構造はN-S系であり、火成活動並びに火成活動に関連した熱水作用及び鉍化作用も同様にこれらの構造に規制されている。

(iii) Quebrada Puno には微弱な熱水変質帯がみられたが、銅の鉍化作用は認められず、地化学探査結果でもこのゾーンに伴う異常値を示さなかった。したがって、この地域には銅鉍床賦存の可能性は少なく、今後調査の対象とはなり得ない。

(iv) 本地域にみられる銅鉍脈鉍床は、小規模で、稼行の対象とはなり得ない。

(v) 本地域の地化学探査結果では、異常域を示さなかった。一般に今回得られた分析値は、既存のポーフィリ・銅型鉍床地域において得られた値より低く、未変質の岩石の平均値に類似している。

(7) Quebrada Pinchal 地域地質精査及び地化学探査結果

(i) 本地域の地質的特徴は、中部ジュラ紀～上部白亜紀間に活発な安山岩質火山活動が行われ、上部白亜紀以降新第三紀中新世以前に旺盛なモンゾニ岩質、閃緑岩質の深成岩類及び半深成

岩類、並びに中～酸性の火山岩類の貫入が行われたなどである。

(ii) 本地域にはポーフイリ・銅型及び鉍脈型の鉍化帯がみられる。

(iii) ポーフイリ・銅型鉍化帯は個々の貫入岩と成因的に密接し、各々に形成された。

鉍化帯の規模は Pinchal 鉍化帯を除きいずれも小さく、母岩の割目の発達も弱く、かつ粗い。

鉍化作用も微弱である。

Pinchal 鉍化帯はかなりの露出規模を有するが、割目の発達が弱く、かつ粗い。鉍化作用も劣勢である。

(iv) ポーフイリ・銅型鉍化作用に関連した熱水変質作用は所々にみられるが、その分布が小さく、かつ、累帯分布を形成しないような小規模な熱水変質作用と解される。

(v) 地化学探査の結果、銅の平均含有量は 48 ppm ，最高値 160 ppm を示し、モリブデンの最高値 20 ppm が得られたが、これは非鉍化の岩石の値に近似するもので、一般的なポーフイリ・銅型鉍床における値との間に大きなひらきがある。

(vi) 以上の理由から、本地域に分布しているポーフイリ・銅型鉍化帯は、銅、モリブデン鉍化作用と関係ないものと解される。

(vii) 鉍脈型鉍化帯は、ごく微弱なもので注目に値するものではない。

(8) 以上の結論から、初年度実施した地域に対し更に探鉍を行う必要はないものと判断される。

(9) 2年度は、プロジェクト地域として残された地域（5,000km²の約60%）に対し、新しい探鉍箇所を抽出するため、広域地質調査（縮尺 1/50,000）及び河床堆積物による広域地化学探査を行うことが望まれる。また、本調査に際しては、LANDSATデータのデジタル解析等を利用することが望ましい。

以上の方法によって、抽出された有望地域に対しては、地質精査、土壌あるいは岩石による精密地化学探査、物理探査あるいは試錐等による探査が望まれる。

総論

第 1 章 序 論

1-1 プロジェクトの概要

本プロジェクトの概要は、次のとおりである。

(1) プロジェクトの目的

本プロジェクトは、日本、チリ两国のもとにチリ共和国北部 Quebrada Blanca-El Abra 地区の鉱物資源の開発に資するために実施されるものである。

(2) 関係機関

本プロジェクトの関係機関は、

日本側は国際協力事業団 (JICA)、

金属鉱業事業団 (MMAJ)

チリ側は銅公団 (CODELCO)、

地質調査所 (IIG)

であり、それぞれ两国を代表して本プロジェクトの実施に当る。

(3) 調査の概要

本調査は 1975 年に始まり 3 か年で終了する。調査の方法は LANDSAT データ解析及び航空写真地質、地質調査、地化学探査、地上物理探査、並びに試錐探鉱が必要に応じ採択される。

第一度の調査範囲は、Fig. 1 に示した総面積約 5,000 km² である。

初年度調査の内容については、下記 1-2 で述べているとおりであり、2 年度及び 3 年度の調査計画は、その都度両政府の間で討議し決定される。

(4) 報告書

調査結果の解析及び編集は、国際協力事業団、金属鉱業事業団、銅公団及び地質調査所が協同してチリ及び日本において行われる。

1-2 初年度調査の内容

初年度調査の内容は、次の 5 つの項目に分かれている。すなわち、(1) LANDSAT データ解析及び航空写真解析並びに、(2) これらの結果得られた示徴帯を含む地域 (Quebrada Huiquintipa 地域) の地質及び地化学探査、(3) 既存資料に基づいた鉱床賦存有望箇所の確認のための地質調査、(4) この確認地質調査によって選出された Quebrada Pinchal 地域の地質精査及び地化学探査、並びに、(5)、(3) の結果鉱化帯あるいは変質帯が比較的多く認められ、Quebrada Pinchal 地域を取り囲んだ Cerro Yocas 地域の広域地質調査及び地化学探査である。

1-2-1 調査区域

各調査の区域は下記のとおりである。なお、Quebrada Blanca 鉱床及び El Abra 鉱床は本調査の

対象より除かれている。

(1) LANDSAT データ解析及び航空写真解析範囲

北 限 南緯 $20^{\circ} 45'$
南 限 " $20^{\circ} 00'$
東 限 西経 $68^{\circ} 42'$
西 限 " $69^{\circ} 08'$

に囲まれた範囲。総面積約 $5,000 \text{ km}^2$ 。

(2) Quebrada Huiquintipa 地域地質調査及び地化学探査範囲

北 限 南緯 $20^{\circ} 53' 56''$
南 限 " $20^{\circ} 58' 48''$
東 限 西経 $68^{\circ} 47' 18''$
西 限 " $68^{\circ} 52' 30''$

に囲まれた範囲。地質調査面積 8.1 km^2 ，地化学探査試料個数 239 個。

(3) Quebrada Blanca - El Abra 地域ポーフィリ・銅・鉛・鋅床賦存有望箇所の地質概査範囲

(1)の範囲に散在，各論第Ⅲ部参照。

(4) Cerro Yacas 地域広域地質調査及び地化学探査範囲

北 限 南緯 $21^{\circ} 15'$
南 限 " $21^{\circ} 30'$
東 限 西経 $68^{\circ} 45'$
西 限 " $69^{\circ} 00'$

に囲まれた範囲。地質調査面積 7.28 km^2 ，地化学探査試料個数 299 個。

(5) Quebrada Pinchal 地域地質精査及び地化学探査範囲

北 限 南緯 $21^{\circ} 24' 18''$
南 限 " $21^{\circ} 27' 32''$
東 限 西経 $68^{\circ} 47' 18''$
西 限 " $68^{\circ} 50' 44''$

に囲まれた範囲，地質精査面積 3.6 km^2 ，地化学探査試料個数 473 個。

なお，本地区の Pinchal 鋅化変質帯を中心に面積約 4.3 km^2 の範囲の地化学探査を行った。その試料個数は 105 個である。

1-2-2 地 図

(1) LANDSAT データ解析及び航空写真解析

縮尺約 $1/200,000$ の LANDSAT 画像を作成，また約 $1/40,000 \sim 1/50,000$ の航空写真を利用した。

(2) Quebrada Huiquintipa 地域地質調査及び地化学探査

縮尺 1/50,000 の地形図 COPAQUIRI 図幅を用いた。

(3) 鉍床賦存有望箇所地質調査

縮尺 1/50,000 の地形図 COPAQUIRI, QUEHUITA, CERRO YOCAS, CHITIGUA 及び CERRO DEL JASPE の 5 図幅が用いられた。

(4) Cerro Yocas 地域地質調査及び地化学探査

縮尺 1/50,000 の地形図 CERRO YOCAS 図幅が用いられた。

(5) Quebrada Pinchal 地域地質精査及び地化学探査

縮尺 1/5,000 及び 1/10,000 地形図を作成し、利用した。

1-2-3 調査期間

調査期間は Table 1 に示すとおりである。

Table 1 調査期間

内 容	調査員数	期 間
(1) LANDSAT データ解析及び 航空写真解析	日本 5	1975年9月10日～ 9月19日
(2) 調査計画打合せ	日本 6 チリ 5	1975年9月21日～ 10月3日
(3) Quebrada Huiquintipa 地域 地質調査及び地化学探査現地調査	日本 3 チリ 2	1975年10月4日～ 10月29日
(4) Quebrada Blanca - El Abra 地域ポーフィリ・カッパー鉍床 賦存有望箇所地質概査現地調査	日本 2 チリ 2	1975年10月4日～ 10月25日
(5) Cerro Yocas 地域 広域 地質調査及び地化学探査現地調査	日本 2 チリ 2	1975年10月30日～ 11月30日
(6) Quebrada Pinchal 地域 地質精査及び地化学探査現地調査	日本 3 チリ 4	1975年10月30日～ 11月30日
(7) 解析及び報告書作成	日本 4 チリ 5	1975年12月1日～ 1976年5月31日

1-2-4 調査団の編成

本プロジェクトに参加した団員は、下記のとおりである。

日本側

団長 古川雄也(日鉍探開株式会社) 総括, 現地調査及び報告書作成

団員 小山恭一(金属鉍業事業団) 総括

” 萩原弘尚(国際協力事業団) 調整

団員 河口敏夫(金属鉱業事業団) 調整

- " 小原 賢(日鉱探開株式会社)現地調査及び報告書作成
LANDSATデータ解析及び航空写真解析
- " 鈴木雄一(")現地調査
- " 黒田英夫(")現地調査及び報告書作成
- " 河野 愛(") "
- " 谷藤吉郎(")LANDSATデータ解析及び航空写真解析
- " 藤岡洋介(") "
- " 鎌田治朗(")LANDSATデータ解析機械操作
- " 田村芳雄(") "

チリ側

団長 Walter ESPINOSA NEUPERT(地質調査所)総括, 現地調査及び報告書作成

団員 Enrique VITERI ALDUNATE (")現地調査及び報告書作成

- " Carlos HUETE LIRA (") "
- " Isidro OLIVERAS ROMERO (") "
- " Francisco ZILLERUELO HOZVEN(") "

協力員 Luis PÉREZ ORELLANA(Chuquibambata 銅鉱山株式会社)現地調査

- " Ramon CACERES (地質調査所) 現地調査
- " Guillermo OCARANZA(") "

1-2-5 調査量

- | | |
|----------------|---------|
| (1) 地化学探査用試料個数 | 1,116 個 |
| (2) 鉱石の分析試料個数 | 15 個 |
| (3) 薄片作成枚数 | 272 枚 |
| (4) 研磨片作成個数 | 9 個 |
| (5) X線解析件数 | 90 件 |
| (6) 絶対年代測定試料個数 | 3 個 |
| (7) 化石鑑定件数 | 19 件 |

1-2-6 調査の経緯

(1) 調査計画編成(先発隊)

1975年9月, LANDSAT データ解析及び航空写真解析による鉱床賦存有望地域選定作業が日本において, 一方, チリにおいて既存資料に基づいた鉱床賦存有望地区抽出作業が行われた。同年9月21日日本側の調査計画作成隊が Santiago 市に到着し, お互いの資料に基づいた調査計画についての討議がなされ, チリ側が抽出した鉱床賦存有望箇所の現地調査(15箇所)及び LANDSATデータ解析及び航空写真解析による示徴帯を含む地域に対する現地調査地区(Quebr-

ada Huiquintipa 地域)が抽出され、これらに対する野外調査計画が作成された。

(2) 野外調査

(1)の計画に基づき、1975年9月30日、日本側本隊が到着し、同年10月4日野外作業のベースキャンプとしたCalama市に野外調査隊全員が集結し、そこで食糧購入、人夫の手配等がなされ、同月9日Quebrada Huiquintipaに調査隊一同が赴いた。そこで班を2班編成とし、1班はQuebrada Huiquintipa地域調査、1班は鉛床賦存有望箇所の調査に分かれ、野外調査作業が開始された。

同月25日各班調査結果をもって再びCalama市に集結し、検討した。その結果、Quebrada Huiquintipa地域は小規模鉛化変質帯のみであるため、更に詳細な地質精査の必要はないものと結論付けられた。また鉛床賦存有望箇所の地質調査において、Quebrada Pinchal地域が精査対象地区として選出された。またQuebrada Pinchal地域を含む周辺のCerro Yocas地域も鉛床賦存の可能性が高いと判断され、広域地質調査及び地化学探査を行う必要があると結論付けられた。

この結論に従って、Quebrada Pinchal地域において地質精査及び地化学探査が、またCerro Yocas地域において地質調査及び地化学探査が計画、立案された。調査はQuebrada Pinchal班とCerro Yocas班に分かれ、各班ともQuebrada Pinchalにキャンプを置いた。

両地区の調査は徒歩によったが、ルートの移動、キャンプ地と現場の往復及び水の運搬等にはノープが駆使され、その機動力を大いに発揮した。

調査地が海拔3,900～4,500mの高地にもかかわらず、天候に恵まれ、野外調査は11月末に終了、12月1日一同Santiago市に帰着した。

(3) 報告書作成

解析作業はSantiago市のIIGにて行われ、1976年2月上旬報告書の草案が完成した。

地化学探査試料の分析、鉛石の化学分析、X線解析、薄片、研磨片の作成はIIGによって行われた。また、化石鑑定はIIGに、絶対年代測定は日本で行われた。

1-3 従来の調査

本プロジェクトの全域にはIIGで作成された縮尺1/250,000の地質図幅が公刊されている。またCopaquire鉛床付近は縮尺1/5,000の地質調査がIIGの手によって行われている。Quebrada Huiquintipa地域についてはVillemur(1963)による縮尺1/50,000の地質図幅がある。

1-4 調査地域の地理

1-4-1 地形

調査地域は、チリ共和国の地理的区分によるとアンデス山地に属し、アンデス山麓から山岳地にかけての高原山岳地帯にある。高原は本地域のほぼ東半分を占め、南北に広がっている。この高原地帯の西は峡谷からなり、いずれも東から西に傾斜している。高原地帯は海拔4,000～5,100m

の高地をなしている。

本地域内の最高峰は、北東に位置する Cerro Ceucis (5,106 m) であり、地形的には北方ほど高い。

分水嶺が本地域のほぼ中央を南北に連っているため、水系はほぼ東西をなす。分水嶺の西の河川は中央低地 (チリ国を地理的に海岸山地、アンデス山地、中央低地に区分しており、同国北部の海岸山地とアンデス山地にはさまれた盆地を中央低地と称している) に注ぐ。東の河川は調査範囲外の東部に位置し、北から南に流れる Rio Loa 川に注ぐ。Rio Loa 川は本調査地域付近で年間を通して地表流水をもつ唯一の河川である。その他の河川は雨期 (12月～3月) に瞬間的な洪水がある程度で、乾期には流水はみられない。

1-4-2 気候及び植生

本地域の気候は高山気候に当り、気圧、気温、水蒸気量共に低く、強風、雷雨などを伴う。最も気温の低い時期は7月～8月頃で、日中でも -5°C 前後、夜間は -2°C 近くまで下る。

また、気温の高い時期は10月～11月頃で、日中は 10°C 前後、夜間は -5°C ～ -7°C を示す。降雨期は12月～3月で、この時期には激しい雷と強風を伴った豪雨が1日のうちに数回みられ、洪水に水があふれ、道路がしばしば欠壊し、下流の村落が水害にみまわれることもある。この時期をボリビアン・ウインターと呼んでいる。

また、7月～8月頃の寒冷時期には降雪がみられ、地表はほとんど一日中凍結している。そのほかの時期は乾燥した澄やかな天候が続く。

野外調査は3月～5月、9月～11月の期間が実施でき、また6月及び12月の一時期が調査可能である。

降雨量は地表を緑化するまでに至らず、僅かに背丈20cm位の雑草、50cm位のかん木及びカクタスがまばらに散在する程度である。したがって、牧畜には不適當な地域である。

棲息する動物は限られており、ヤーマ、ビクニャ及び野性ロバの小群が見られるのみである。

1-4-3 交通

調査地域内に至る自動車ルートは、次の3つがある。

(1) Tarapaca 州 Pica 部落經由ルート

Pica → Ujina → Quebrada Blanca (Quebrada Huiquintipa)

距離：約100 km, 所要時間：6時間

道路状況：未舗装、河原沿いの道路でしばしば雨期の洪水で道路が洗われ、道路状況は非常に悪い。

(2) Antofagasta 州 Calama 市より Ollagüe 經由ルート

Calama 市 → Ollagüe → Ujina → Collahuasi → Quebrada Blanca (Quebrada Huiquintipa)

距離：268 km, 所要時間：9時間

道路状況：Calama 市～Ollagüe 部落間は平原を通った砂利道路で道路状況は比較的良好であるが、Ollagüe～Quebrada Blanca 間は山道で、かなりの悪路である。なお、Calama 市から Ujina までは道路沿いに鉄道が敷かれており、Ujina までは週 2 回、Ollagüe までは毎日便がある。

(3) Calama 市より Conchi 経由西部ルート

Calama → Conchi → Quebrada Millo → Quebrada Pinchal → Quebrada de Chiclla → Quebrada Blanca (Quebrada Huiquintipa)

距離：Calama～Quebrada Pinchal 93 Km, Quebrada Pinchal～Quebrada Blanca 90 Km

所要時間：Calama～Quebrada Pinchal 3 時間

Quebrada Pinchal～Quebrada Blanca 5 時間

道路状況：Calama～Quebrada Pinchal 間は比較的良好な砂利道であるが、Quebrada Pinchal から Quebrada Blanca に至る道路はかなりの悪路で大型トラックの通行は難行する。

(3)のルートが本地域内を縦断する唯一の道路である。また、横断する道路は同地域北部の Ujina から Quebrada Blanca を経由して、Guatacondo に至るルートだけである。なお、平原や幅の広い尾根部及び沢の一部は、道路がない場合でも四輪駆動のジープによるとかなりの範囲までの走行が可能である。

調査地域の北部に至るには(2)のルートが、また、中央部から南部に至るには(3)のルートが好都合である。

1-4-4 人口及び産業

調査地域内には集落はない。ただ本地域に最も近い部落として、北部地域では人口約 200 人の Ollagüe 部落が、Quebrada Blanca の東道路沿い本地域から 73 Km の位置にある。南部地域に最も近い集落としては人口約 2 万の Chuquicamata 鉱山があり、年間 265,252T (1973 年度実績)の銅精鉱を生産している。そのほか、El Abra, Quebrada Blanca 等のポーフィリ・銅床が探鉱中である。また、新期の火山地帯からは天然硫黄が採掘されている。その他小規模ながら金、銀等の生産も行われている。

1-5 調査地域の地質鉱床概要

調査地域はいわゆるアンデス地向斜の東縁に当る。アンデス地向斜帯は、ブラジル・シールド等の安定地塊の西縁にほぼ南北に細長く分布し、チリ国土の大部分を占めており、優地向斜で特徴付けられるものである。

この地向斜の時代はジュラ紀に始まり古第三紀にわたるもので、調査地域を含む大北部(チリ国土の地理的区方で南緯約 27° 以北を大北部と呼称している。)では次のような堆積及び火成活

動が行われた。すなわち、ジュラ紀には海成層をはさんだ火成岩類の活動があり、白亜紀初期には堆積ベースメントは太平洋側に移動した。また、白亜紀後期から古第三紀にかけては火山岩類と陸成層の堆積があった。

白亜紀後期をピークとして活動した火山活動はかなり激しいもので、厚さ数千メートルにもおよぶ安山岩質の火山岩及び火山砕屑岩を噴出している。この地向斜運動の末期にはポーフイリ・銅・カッパー鉱床に関連するといわれているアンデス・パソリスで代表される花崗岩類の活動がチリ全土にわたって活発に行われた。その主な活動時期は白亜紀末から古第三紀と考えられている。

調査地域はジュラ紀の一部陸成層をはさんだ海成層並びに安山岩質火山岩及び同質火山砕屑岩類の広い分布と白亜紀末期から古第三紀にかけての花崗岩質岩類の活発な侵入活動によって特徴付けられる。

この花崗岩類は地域北部のQuebrada Blancaを中心とした地域と地域中央部のQuebrada Pinnchalを中心とした地域及び地域南部のEl Abra 鉱床付近の3地域に発達している。このほか主として片岩より成る古生層及び新生代の酸性～塩基性火山岩類がみられるが、その分布は局所的である。

本地域の地質構造は断層、褶曲構造及び地層の走向共N-S方向が卓越している。これはチリ全土の地質構造に一致するものである。特に本地域は断層運動が活発に行われた地域で全体としてはN-S方向を示している。また、褶曲構造もN-S方向に軸をもった向斜構造と背斜構造の繰り返しが見られる。

本地域の金属鉱床としては、銅鉱床をはじめとして金、銀、モリブデン等の鉱床が知られている。鉱床のタイプはポーフイリ・銅・カッパー型と銅脈型がみられ、代表的な鉱床は、ポーフイリ・銅・カッパー型ではQuebrada Blanca, Copaquire 及びEl Abra 鉱床が、銅脈型としてGuacazul 鉱床がある。鉱床の生成時期は古第三紀始新世と考えられており、鉱床はこの時代に活動したモンゾニ岩質あるいは花崗岩質の酸性貫入岩類と成因的に密接な関係をもっているといわれている。

第 2 章 総 合 検 討

Chuquicamata 鉱床の西をとる N-S 系断層 (同鉱山では西部断層 Falla Oeste と呼んでいる) は、本プロジェクト地域のほぼ中央を断続して本地域の北部に位置する Quebrada Blanca 鉱床の西に達し、更に北へ続いている。LANDSAT データ解析によると本断層の東には幅 10 ~ 20 km にわたって、本断層と平行した N-S 系 (本系が最も優勢) の断層、褶曲構造あるいは裂か他の地域よりも密集していることが判明した。

本裂か帯に Chuquicamata, El Abra 及び Quebrada Blanca などの著名な大型銅鉱床が分布している。また、本調査によって把握されたポーフイリ・銅型と解される鉱化変質帯 Quebrada Puno, Quebrada Pinchal, Quebrada Millo 等あるいは, Guacazul を初めとした鉱脈型鉱化帯も同裂か帯に主として発達している。ただ, Quebrada Blanca 鉱床の西約 18 km に位置したポーフイリ・銅型と考えられている Olga Lorena 鉱化帯あるいは Quebrada Blanca 鉱床の北西 15 km に位置した Copacquire 鉱床は同裂か帯から外れた西に賦存している。

以上のことから、本プロジェクト地域におけるポーフイリ・銅型を初めとした銅の鉱化作用及び鉱床胚胎の場は主として本 N-S 系裂か帯に規制されているものと解される。

ポーフイリ・銅型鉱化作用と密接した貫入岩類の主な活動時期は Cerro Yocas 地域の場合、地質的あるいは絶対年代測定結果から、白亜紀後期から第三紀中期と解される。

以上の点は従来から論じられていたことであるが、本調査の結果からもそれが云えよう。

本調査で地質調査の補助手段として採用した航空写真解析は地質構造、岩石の分布、鉱化変質帯の分布などを知る上で極めて有効であった。また、LANDSAT データ解析は短期間で広範囲の地質及び地質構造を把握する上で極めて有効であった。

また、ある程度以上の広がりをもつ、石英-絹雲母変質帯及び粘土化帯は本解析でも抽出可能であった。ただ同解析結果によって得られた変質帯の範囲は、実際よりやや広くあらわされており、また、同解析によって鉱化変質帯と考えられていた中には非鉱化、変質の流紋岩、石英安山岩及び花崗岩質岩類の一部が含まれていた。

第3章 結論及び将来への展望

3-1 結論

初年度の調査結果、次のとおり結論付けられる。

- (1) 既知資料に基づいた有望箇所の調査では、精査を必要とする地域は1箇所も見い出されなかった。上記調査の過程でQuebrada Pinchal地域が発見され、精査対象地域として選ばれた。
- (2) リモート・センシング及び写真地質解析によって抽出された地域(Quebrada Huiquintipa 地域)に対する地質調査及び地化学探査の結果、把握された鉍化帯等はポーフィリ・カッパー鉍床賦存の可能性はないものと判断される。

写真解析による示徴帯のあるものは地表調査で把握した鉍徴と一致していた。しかし、他の一部はLANDSATデータあるいは航空写真には反映されなかった。その相異は、リモートセンシング法及び写真地質解析法が、強い熱水変質作用及びその拡がり $0.04\text{Km}^2\sim 0.05\text{Km}^2$ を持っているような鉍床に対する探査に有効であることを暗示している。

- (3) Cerro Yocas 地域において、2箇所の熱水変質帯すなわち, Quebrada Pinchal 及び Quebrada Puno が把握された。両帯共白亜紀後期から第三紀中期にかけて活動した貫入岩中に胚胎している。同帯には硫化鉍物の鉍化作用は認められない。酸化鉄焼けは弱く、かつ、主として石英モンソニ斑岩中に発達している。また、酸化銅鉍も認められない。

地化学探査によるCu, Mo, Zn, Mn及びAsの値は非鉍化岩石の値に類似しており、これらの値は経済的に熱水変質帯を意味しないようなものよりも更に低い値を示している。また、同帯はN-S系断層帯に接近しているにもかかわらず、割目の発達が悪い。

以上の結果、Quebrada Pinchal 及び Quebrada Puno 変質帯は不毛の熱水変質帯と解される。

3-2 将来への展望

- (1) 以上の結論から、初年度実施した地域に対し、更に探鉍を行う必要はないものと判断される。
- (2) 第2年度は、プロジェクト地域として残された地域($5,000\text{km}^2$ の約60%)に対し、新しい探鉍箇所を抽出するため、広域地質調査(縮尺1/50,000)及び河床堆積物による広域地化学探査を行うことが望まれる。

また、本調査に際しては、LANDSATデータのデジタル解析等を利用することが望ましい。

以上の方法によって抽出された有望地域に対しては、地質精査、土壌あるいは岩石による精密地化学探査、物理探査及び試錐等による探査が望まれる。

各 論

第 I 部

LANDSAT データ解析及び

航空写真解析

第 1 章 総 説

1-1 調査目的

本調査の目的は、LANDSAT-1 データ及び航空写真を解析し、調査地域の地質、地質構造の概要を把握し、更に花崗岩質岩類及び鉍徴と判読されるいわゆる画像あるいは写真示徴帯の抽出を行い、現地調査に先立って基礎資料の作成並びに鉍床賦存有望地域を選出することにある。

第2章 解析方法

2-1 概 要

本解析は主としてLANDSAT-1データを用い、地質、地質構造の判読とポーフイリ・カップ型鉱床の母岩ないし同鉱床の生成に密接な関係を有する花崗岩質岩類の把握と鉱化作用に関連した変質帯の抽出をアナログ的に行った。また、詳細な解析を必要とする箇所については航空写真を併用した。

なお、これらの解析は日本国内で行われた。

(1) 地質、地質構造の判読

LANDSATデータの判読に最適なバンドを縮尺約20万分の1の白黒画像とし、地質情報を直接判読する。

(2) 花崗岩質岩類及び鉱化変質帯等の画像示徴帯の抽出

加色合成機及び色彩強調分離機を用い、花崗岩質岩類及び鉱化変質帯の抽出を行う。

(3) 総合解析

前述の各方法により得られたそれぞれのデータを総合し、いわゆる画像の示徴帯と地質及び地質構造との関連性等を解析する。

なお、本解析に当っては既存の地質資料を活用する。

2-2 パターン情報解析

地質及び地質構造判読のための最適バンドを選択するために4つの波長域の70mmフィルムより縮尺100万分の1白黒画像を作成した。この結果写真地質学上の解析要素が最も明瞭に認められるバンドとして7バンドを選出し、判読用に縮尺20万分の1白黒画像を作成した。解析の手順は、前述の縮尺20万分の1白黒画像に対し地質情報を赤色ダーマット鉛筆にて記入した。これをオーバーレイに移写し、検討用の背焼図面を作成した。この結果と既存地質資料(25万分の1地質図：IIG編さん)との対比を行うとともに、地質、地質構造の複雑な部分については航空写真判読を行い最終的に1つの解析図を作成した。

解析に当っては、写真地質学上の河川流路の型・頻度、水系の形態・密度・長さ・抵抗度(起伏量・侵蝕度)、谷断面、山稜形態、断裂系(密度・方向・強度)等の地形的特徴並びに色調、肌合等の写真的特徴等の解析要素から岩相単位区分を行った。また、同時に単位間の境界の性質、層理及び片理等の走向・傾斜、水系異常、リニアメント等から地質構造を判読した。

2-3 スペクトル情報解析；加色合成法

2-3-1 使用機器

本解析に使用した加色合成機は、Multiband Viewer Model 6000 (I²S社製)である。本機は次の様な機能及び仕様をもっている。

(1) 機能

- (a) マルチバンドカメラ、又はマルチバンドスキャナーから得た各波長ごとのフィルムに光の3原色フィルターをかけ、4枚までの組合せからカラー合成像を作ること。
- (b) 各バンドのレンズ位置、フィルター及び各レンズの光量をそれぞれ独立して選択できること。

(2) 仕様

フィルム： 9.5 in. × 250 ft.
レジストレーション： X・Y各軸 ± 0.19 in.
スクリーン： 9 in. × 9 in.
レンズ： 150 $\frac{1}{8}$ (4本), f.5 - 6
電源： 110V, 50 Hz ~ 60 Hz, 25 Amps.
寸法： 30 in.W × 24 in.L × 44 in.H
重量： 約 45 kg

2-3-2 解析手順

本調査地域をカバーする LANDSAT画像の各バンドごとのネガ及びポジフィルムを準備し、各シーン8枚のフィルムから適当な4枚の組合せを選び、これらを機器にセットしてスクリーンを観察しながら最適の組合せ及びそれぞれのバンドのフィルター、光量条件を選出する。

本解析では変質帯抽出のためフィルムにおける種々の組合せを行っているが、最終的には自然条件が保存されていると考えられる El Abra 鉱床及び Quebrada Blanca 鉱床に焦点を当て、Table I-4に示すような条件下における地質情報の抽出を行い、これを加色合成画像とした。次にパターン情報解析結果と比較検討し、更に後述する色彩強調分離法における鉱化変質帯抽出のための参考とした。

2-4 スペクトル情報解析；色彩強調分離法

2-4-1 使用機器

本解析に使用した機器は Multicolor Data System Model 4200 (NAC製)である。このシステムは波長別に撮影されたフィルムを電気信号に変換してカラー映像として表示し、これに電子回路的処理演算と人間の判断力とを加えて必要とする情報を選出するための規準を見出すことを目的とするものである。

本機は、次の様な機能及び仕様をもっている。

(1) 機能

- (a) カラー合成

任意の3波長のフィルターに三原色を与えてカラーブラウン管上に映像表示するが、波長相互間の映像の加減乗除の演算を経た結果の映像表示も可能である。

(b) スペクトル強度組合せ自動抽出

任意の1点をディスプレイ(ブラウン管)上で指定し、その点のスペクトル強度組合せを自動判別し、その数値を画枠外に表示する。

(c) クラシフィケーション

任意の1点をディスプレイ上で指定した時、その点のスペクトル強度組合せ値(点又は幅)と同じ値を持つ物標の分布を自動的にディスプレイ上に表示する。

(d) 面積測定

前項(3)で分類された物標の分布の占める面積が別に与えられる(方形又は任意形)総面積に対する比率%を自動表示する。

(e) 較正測定

内蔵グレースケールより三原色別に較正測定できる。

(f) オプションナル

パターンエキストラクションコントロールユニットによる任意領域の抽出、エッジエンハンサーによる輪郭の強調。デンシティコントロールユニットによるグレースケール値と分布の計測。デジタルプリンターによる計測値のプリントアウト。

(2) 仕様

カメラ方式: TV カメラ方式(3プランビコン4200c)

レジストレーション方式: 機械, 電子方式(4200c)

スペクトル強度判別段階: 三原色各64段階

クラシフィケーション方式: 全自動判別式

クラシフィケーション出力: カラーCRT上に5種類モードで表示及び三原色グレースケールプリントアウト(オプションナル)

面積測定表示方式: カラーCRT上に数値%表示及びプリントアウト(オプションナル)

2-4-2 解析手順

加色合成機使用の際に準備された各シーンの各バンドのフィルムから各々適当な3つのバンドを選び、ブラウン管上に表示された像を見ながら、目的とする花崗岩質岩類及び鉍化変質帯の識別に最適なフィルムの組合せ、フィルター及び光量条件を選出する。次にこの条件で像を固定し、対象単元にクロスヘアを合わせ、各バンドのスペクトル強度の幅をそれぞれ選び、識別しやすい色で表示する。

本解析では、花崗岩質岩類及び鉍化変質帯抽出のため前者には、El Abra鉍床の関係火成岩とみられる花崗岩質岩類に、後者に対しては、加色合成法と同様に El Abra 鉍床及び Quebrada Blanca 鉍床に焦点を当て、Table I-5で示すような条件下の地質情報の抽出を行い、これらを色

彩強調分離画像とした (Fig. I - 4, 5)。次にパターン情報解析又は加色合成解析結果と比較検討した。

2-5 航空写真解析

本解析は LANDSAT データ解析の結果, 地質構造の複雑な箇所あるいは変質帯示徴の多く認められた地域, 特に Quebrada Blanca 鉱床周辺について判読した。判読の結果は Fig. I - 4 及び P L . II - 2 に示すとおりである。

判読に当っては, 既述の写真地質学上の解析要素から岩相単位区分, 地質構造の解明及び変質帯の抽出を行った。

2-6 使用データ

本調査に使用した LANDSAT データ及び航空写真は, 次のとおりである。

(1) LANDSAT データ

使用フィルムを Table I - 1 に, その標定図を Fig. I - 1 に示す。

Table I-1 LANDSAT-Images Used

I. D. Number	Date	Principal Point
E-1010-14042	2 Aug. 1972	S20°26', W68°59'
E-1241-14060	24 Mar. 1973	S21°28', W69°26'
E-2024-13542	15 Feb. 1975	S20°12', W68°50'
E-1243-14001	23 Mar. 1973	S21°29', W68°02'
E-1243-14004	23 Mar. 1973	S22°56', W68°24'

(2) 航空写真

航空写真は I I G を通じて購入された。使用した航空写真を Table I - 2 に, その標定を Fig. I - 2 に示す。

Table I-2 List of Aerial Photographs

Course	Photo Number	No. of Photos	Date	Flight Direction	Flight Altitude
-	9676 - 9707	32	30 Apr. '55	N S	? m
L1	7369 - 7398	30	11 Apr. '55	N S	?
1C	1699 - 1730	37	18 Apr. '61	N S	11,430
2C	1652 - 1688	37	18 Apr. '61	S N	do.
3C	1596 - 1634	39	18 Apr. '61	N S	do.
4C	1534 - 1572	39	26 Apr. '61	S N	do.
5C	212 - 248	39	26 Mar. '61	N S	do.
6C	142 - 176	35	26 Mar. '61	S N	do.

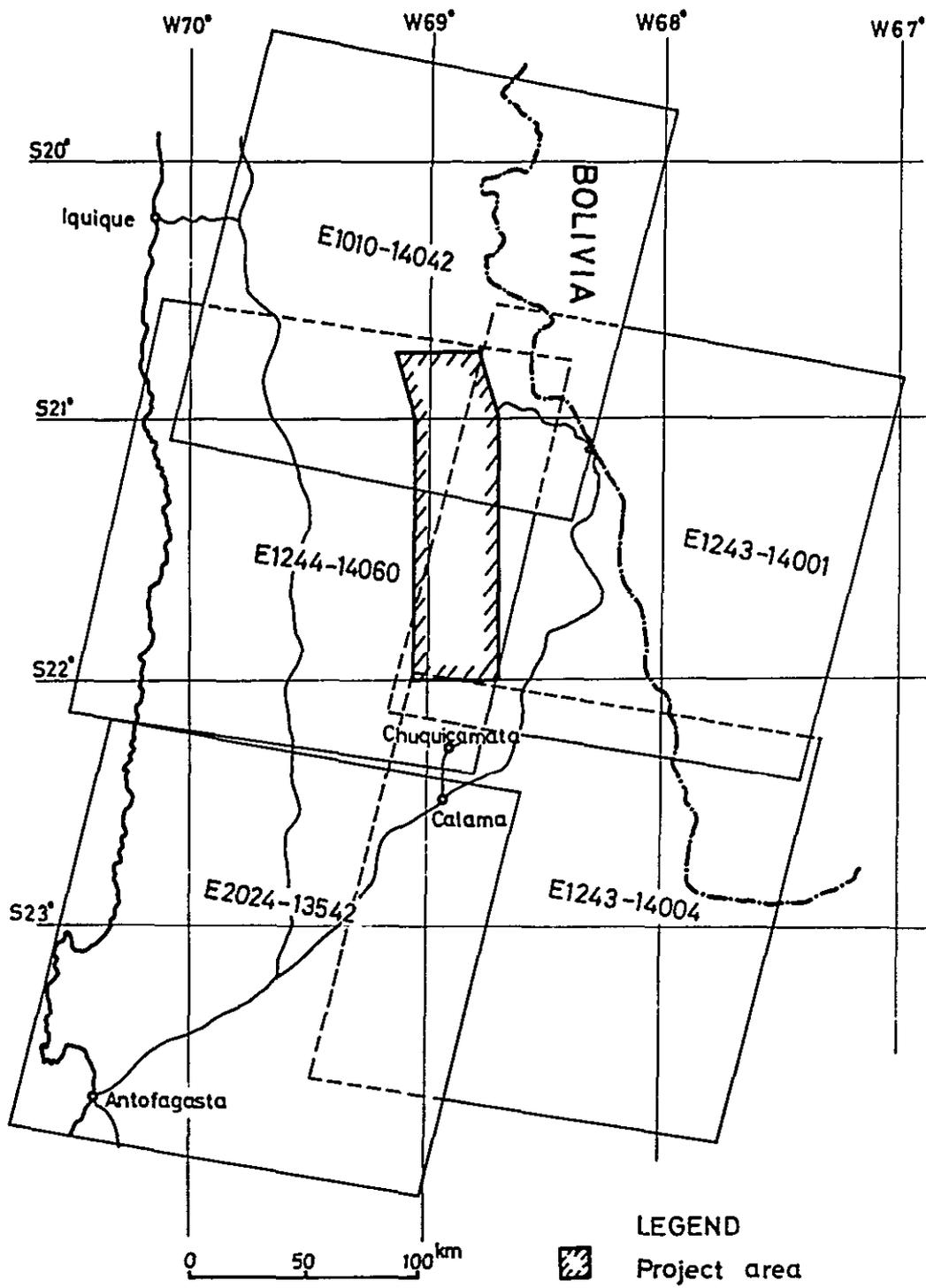


Fig. I-1

Index Map of LANDSAT-IMAGERIES, Northern Chile

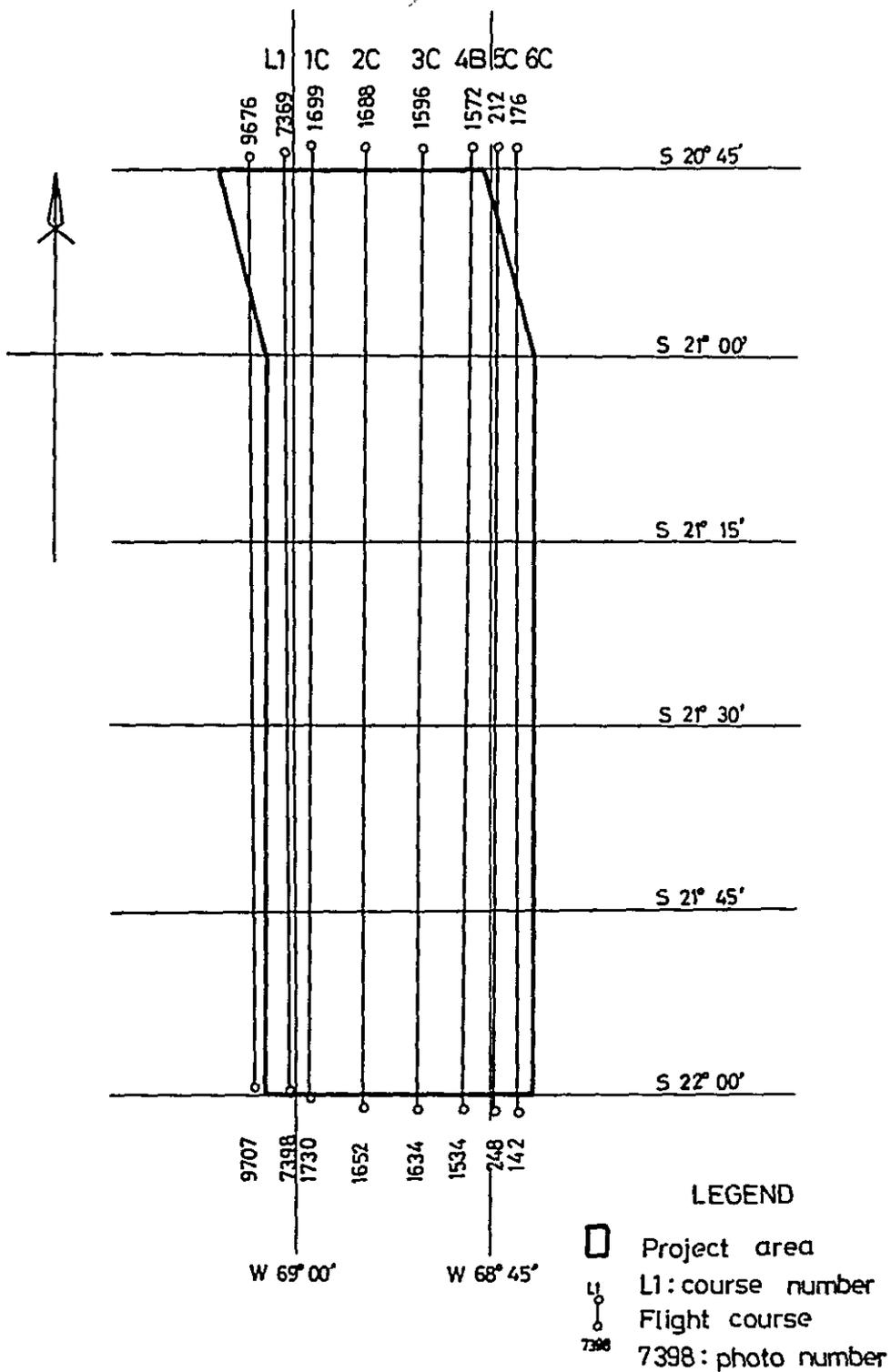


Fig. I-2 Index Map of Aerial Photographs in the Quebrada Blanca-El Abra Area

第3章 解析結果

3-1 地質概要

本地域の地質は、既述の25万分の1地質図によれば古生代の変成岩類を基盤とし、中生代より新生代に亘る酸性又は塩基性火山岩類及び砕屑岩類と貫入岩類及び現世堆積物より構成されている。

今回のパターン情報解析の結果、貫入時期の点を除いて上述の地質及び地質構造と大きく異なる事はなく、ほぼ一致した地質単元を示す。本解析によるこの地域の地質はTable I-3に示す様に13の地質単元より成る。これら地質単元相互の関係を示す模式柱状図は、Fig. I-3地質及び地質構造解析図をFig. I-4に示す。なお、本解析のベースとなる白黒画像はFig. I-5に示す。

3-2 地質単元

地質単元はA～Mの13単元に区分される。

(1) 単元A

本単元は主として解析域の南西部(幅約5km)より北部中央(幅約1km)にかけて帯状に分布する。

画像上の特徴は、色調が灰～暗灰色、肌合いが粗粒、山稜形態が変化に富むことである。北部末端部では色調が暗色、肌合いが平滑であり、典型的な本単元とはその特徴を異にするが、一連の岩相変化と判読し、本単元に一括した。本単元の抵抗度は一般に高いが、場所により異なり、数種の抵抗度の異なる岩石よりなり、本地域の基盤をなす変成岩類と判定される。

本単元の境界は、明瞭であり断層で接する場合が多い。

本単元は、既述の縮尺25万分の1地質図(以下既地質図という)では、古生代の変成岩類(片岩、角閃岩、砂岩、硬砂岩、片麻岩)とされている。

(2) 単元B

本単元は、解析域の中央部から南部のEl Abra 鉱床間にかけての7箇所分布する。

画像上の特徴は、色調が明灰色、肌合いが中粒、山稜形態がなだらかなことである。本単元は比較的均質であり、変酸性火山岩類と判定される。

本単元の境界は、一般に不明瞭であるため、下位層との関係は不明である。本単元は、既地質図では古生代の酸性火山岩類とされている。

(3) 単元C

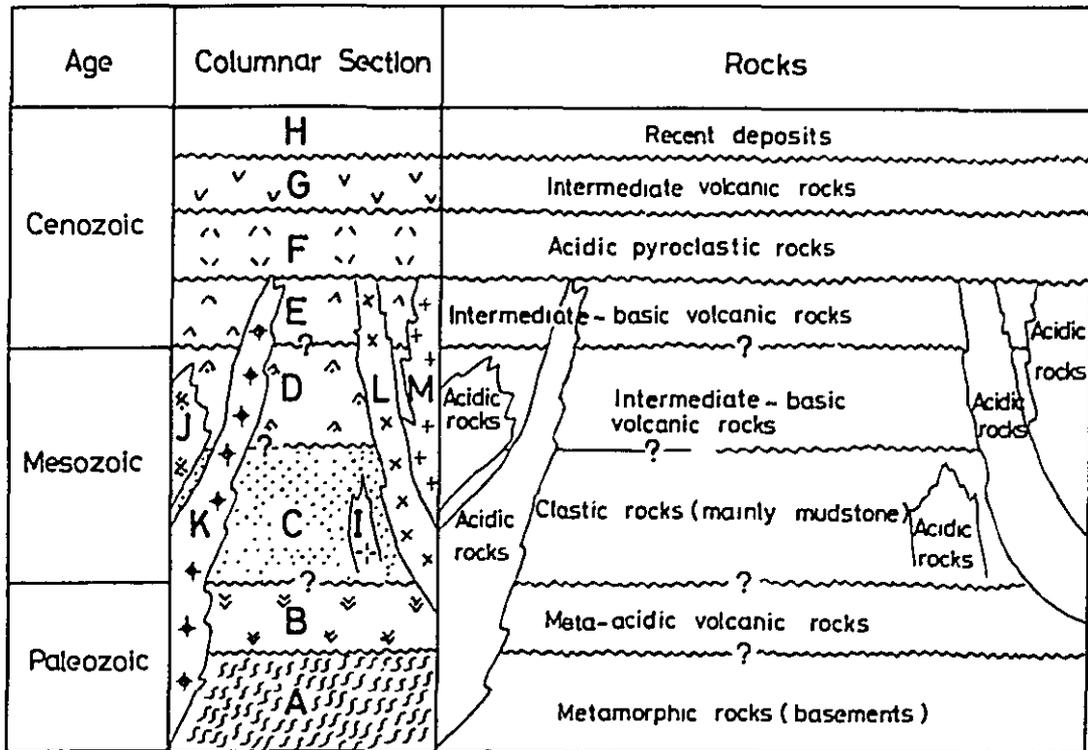
本単元は、解析域の北東部を除く全域にかけて最も広く分布する。

画像上の特徴は、色調が灰～暗色、肌合いが中～細粒、山稜形態は局部的にはリズムカルな起伏を示し、広域的にはなだらかなことである。本単元は層理が判読され、抵抗度の低い砕屑岩類

Table I-3 LANDSAT-IMAGE (Band 7) Characteristic Chart in the Quebrada Blanca - El Abra Area

PHOTO UNITS	PHOTOGRAPHICAL CHARACTERISTICS		TOPOGRAPHICAL CHARACTERISTICS										PROBABLE LITHOLOGY	PUBLISHED GEOLOGICAL MAP
			DRAINAGE			SECTION			LINEARMENT, BEDDING					
			PATTERN	DENSITY	PARAMETER	ROCK	VALLEY	RIDGE	DIRECTION	INTENSITY	KINDS			
CENOZOIC	H	light gray > gray	fine, smooth	parallel	very poor	permanent	very weak	∪	∩	few	very weak	fault, joint	recent deposits	Tertiary - Quaternary deposits
	G	gray > dark	fine - coarse	radial	poor	short	weak - medium	∪	∩	few	weak	joint	intermediate volcanic rocks	basic volcanic rocks
	F	light > gray	fine - medium	dendritic - partially parallel	poor - medium	permanent	weak	∪	∩	medium - many	weak - medium	joint, fault	acidic pyroclastic rocks	acidic volcanic rocks
	B	gray	fine - medium somewhat smooth	dendritic - partially parallel	medium	short - medium	medium	∪	∩	many	medium	joint, fault	intermediate - basic volcanic rocks	basic volcanic rocks
	D	dark > gray	medium	parallel	medium	medium	medium - weak	∪	∩	many	medium	joint, fault	intermediate - basic volcanic rocks	basic rocks
MESOZOIC	C	gray > dark	medium - fine	dendritic - parallel	medium - dense	medium - permanent	weak	∪	∩	many	medium - strong	bedding joint, fault	clastic rocks (mudstone etc.)	marine and continental sediments
	B	light gray	medium	dendritic	poor - medium	short - medium	medium	∪	∩	medium	medium	joint, fault	meta-acidic volcanic rocks	acidic volcanic rocks
PALEOZOIC	A	gray > dark	coarse partially smooth	dendritic - parallel	dense	medium	strong	∪	∩	medium	strong	bedding schistosity joint, fault	metamorphic rocks (basements)	metamorphic schist, amphibolite gneiss, sandstone graywacke
	M	light > gray	fine - coarse	sub rectangular	medium	medium	medium - strong	∪	∩	many	medium	joint, fault	acidic rocks (granitic rocks)	granodiorite
INTRUSIVE ROCKS	L	gray	coarse	dendritic	medium	medium	weak - medium	∪	∩	medium	medium	joint, fault	acidic rocks (granitic rocks)	granodiorite
	K	light > gray	fine - coarse	parallel	medium	medium	medium - strong	∪	∩	medium	weak - medium	joint, fault	acidic rocks (granitic rocks)	granite granodiorite migmatite
	J	gray > light gray	medium - coarse	dendritic	medium	short - medium	weak - medium	∪	∩	medium	weak - medium	joint	acidic rocks (granitic rocks)	diorite
	I	light > gray	fine - coarse	dendritic	medium	short - medium	medium - strong	∪	∩	medium	medium	joint, fault	acidic rocks (granitic rocks)	banded anorthosite

* These articles are derived from geological map (1:250,000) issued by Instituto de Investigaciones Geológicas



A-M : These symbols are the same as image units showing in Table I-3.

Fig. I-3 Geological Columnar Section of the Quebrada Blanca-El Abra Area

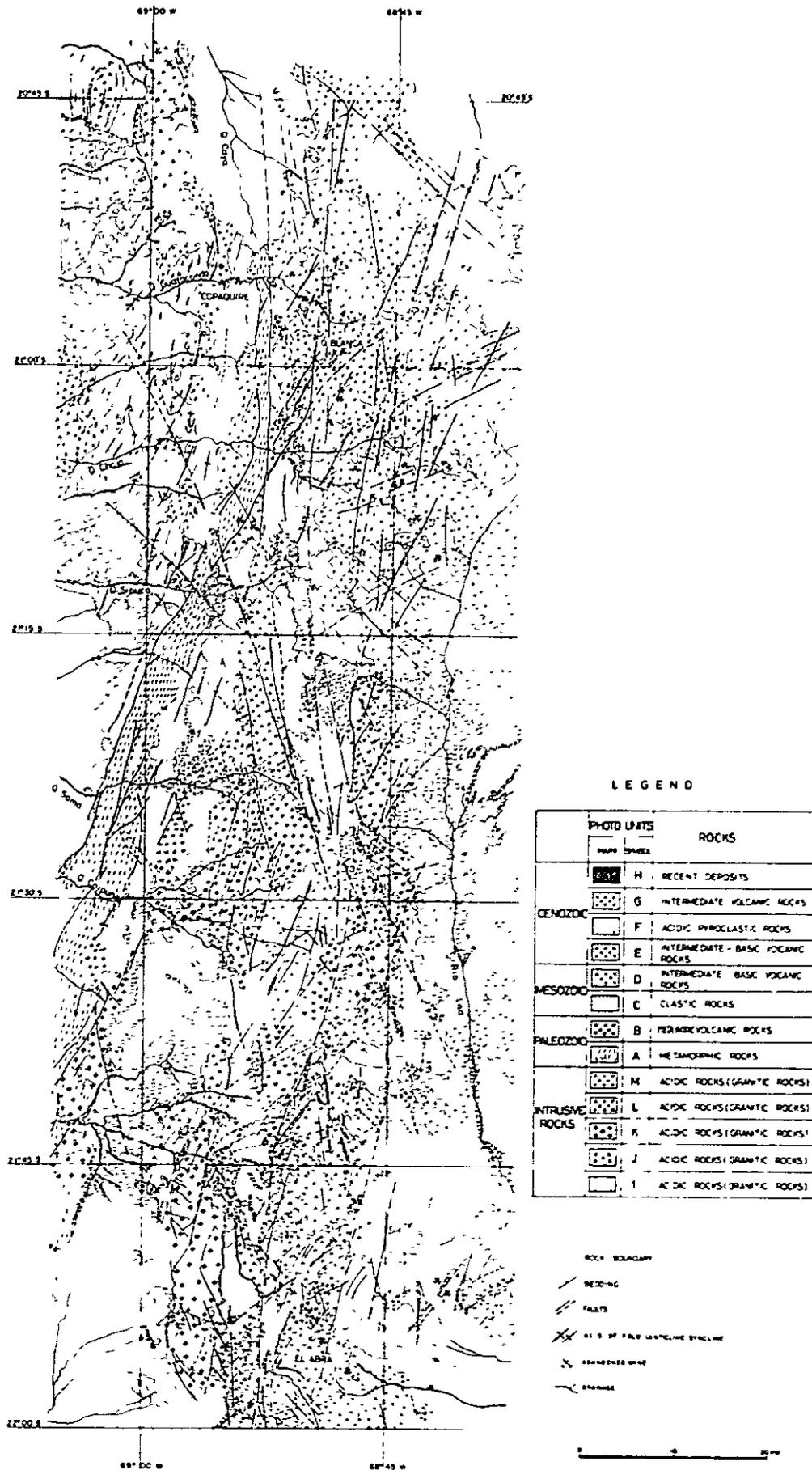


Fig. 1-4 Geological Interpretation Map of the Quebrada Blanca-El Abra Area, Northern Chile Based on the Interpretation of Landsat-Imagery (Band 7)



Fig. I-5 Imagery Mosaic of Landsat-Data (Band 7),
the Quebrada Blanca-El Abra Area, Northern Chile

(例えば泥岩など)より成ると判定される。

本単元の境界は、単元Hと接する場合を除いて比較的明瞭である。下位層との関係は、単元Aとは不整合、単元Bとは不明である。

本単元は、既地質図では中生代の海成又は陸成の堆積岩類とされている。

(4) 単元D

本単元は、解析域の北部、中央部及び南部域に各々まとまった分布を示す。

画像上の特徴は、色調が暗～灰色と変化に富むが、暗色を呈することが多く、肌合いは中粒を呈す。山稜形態はなだらかである。本単元は抵抗度が中程度から低い数種の中性ないしは塩基性火山岩類より成ると判定される。

本単元の境界は、それ程明瞭ではない。下位の単元Cとは大部分不整合をなすとみられるが、北西端では一部整合的である。

本単元は、既地質図では中生代の塩基性岩類とされている。

(5) 単元E

本単元は、解析域中央部よりの北部及び南部に分布する。

画像上の特徴は、色調が灰色、肌合いは細～中粒、比較的平滑である。山稜形態は起伏量に乏しくなだらかである。

本単元は、中程度の抵抗度を持つ数種の中性～塩基性火山岩類より成ると判定される。なお、単元Dとは画像の肌合いが平滑であることより区別される。

本単元の境界は、不明瞭のことが多く、下位の単元Dとは不明、単元Cとは不整合とみられる。

本単元は、既地質図では新生代の塩基性火山岩類とされている。

(6) 単元F

本単元は、主として河川の流域に沿って分布する。

画像上の特徴は、色調が明色で、肌合いは細～中粒を呈す。色調、肌合いとも均質で地形的にも起伏が少なく低地部に見られる。本単元は、抵抗度の低い均質な酸性火山砕屑岩類より成ると判定される。

本単元の境界は、比較的明瞭であり、前述のいずれの単元をも不整合に覆っている。

本単元は既地質図では新生代の酸性火山岩類とされている。

(7) 単元G

本単元は、解析域の東端に分布する。

画像上の特徴は、色調が灰～暗色で、肌合いは細～粗粒を呈する。山稜形態は火山の裾野状を示している。本単元は、中性火山岩類より成ると判定される。

本単元の境界は、単元Hと接する場合を除いて明瞭である。下位の地質単元とは不整合をなす。

本単元は既地質図では塩基性火山岩類とされている。

(8) 単元H

本単元は、解析域の所々に分布している。

画像上の特徴は、色調が灰～明灰色で、肌合いは細粒かつ平滑である。地形的に平たんで、低地に当る。本単元は、現世堆積物より成ると判定される。

本単元の境界は、一般に不明瞭である。

本単元は、既地質図では新生代の堆積物とされている。

(9) 単元 I

本単元は、解析域の南東端1箇所にまとまった分布を示す。

画像上の特徴は、色調が明灰～灰色、肌合いが細～粗粒、山稜形態が円錐状をなすことである。本単元は、比較的抵抗度の高い酸性貫入岩類（花崗岩質岩類）より成ると判定される。

本単元の境界は、不明瞭である。

本単元は、地質図では中生代の縞状斜長岩とされている。

(10) 単元 J

本単元は、解析域中央より北西方向にかけて1箇所のみ小規模に分布している。

画像上の特徴は、色調が灰～明灰色、肌合いが中粒ないしは粗粒、山稜形態がなだらかなことである。本単元は比較的抵抗度の低い酸性貫入岩（花崗岩質岩類）より成ると判定される。なお、単元 I とは山稜形態並びに分布の形態より区別される。

本単元の境界は、不明瞭である。

本単元は、既地質図では中生代の閃緑岩とされている。

(11) 単元 K

本単元は、解析域の中央部から南部にかけて、数箇所に比較的まとまった分布を示す。

画像上の特徴は、色調が明～明灰色、肌合いが細粒から粗粒まで変化に富むが、中粒を呈することが多い。山稜形態は丸味を帯びている。本単元は数種の酸性貫入岩類（花崗岩質岩類）と判定される。なお、単元 I、J とは山稜形態、分布の形態及び画像の色調により区別される。

本単元の境界は、単元 F、H との境界を除いて明瞭である。

本単元は、既地質図では古生代のミグマタイト、花崗岩及び花崗閃緑岩とされている。

(12) 単元 L

本単元は、解析域の北部に広く分布している。

画像上の特徴は、一般に色調が灰色で、肌合いは中粒を呈することが多い。山稜形態は起伏に乏しくなだらかである。岩石の抵抗度は低又は中程度である。本単元は数種の中～酸性貫入岩類（花崗岩質岩類）より成ると判定される。なお、J 及び K とは画像の色調、山稜形態並びに分布の形態より区別される。本単元は単元 H に薄く覆われており、他の単元との境界は不明瞭である。

本単元は、既地質図では、中生代の花崗閃緑岩とされている。

(13) 単元 M

本単元は、解析域の北部及び南端にまとまった分布をなす。

画像上の特徴は、色調が明～明灰色で、肌合いは細粒～粗粒を呈す。山稜形態は南部では起伏に富み、北部では比較的なだらかである。本単元は、岩石の抵抗度が中程度又は高い数種の酸性貫入岩類（花崗岩質岩類）より成ると判定される。なお、単元I, J, K及びLとは画像の色調、肌合い、水系の型及び分布形態の相違により区別される。

本単元の境界は、比較的明瞭である。

本単元は、既地質図では新生代の花崗閃緑岩とされている。

3-3 地質構造

(1) 褶曲構造

本地域の南西端には、本地域の基盤をなす地質単元A中にNNE-SSW系の背斜構造があり、また本地域の北西部域に主として地質単元C中にNNE-SSWからNE-SW系の比較的緩傾斜とみられる褶曲構造の繰り返しが見られる。他地域には、例えば地質単元C中に層理とみられるリニアメントが認められるが、不明瞭であり、他に顕著な褶曲構造はみられない。

(2) 断層

断層はNNE-SSW系、NW-SE系、NNW-SSE系、NE-SW系及びN-S系がある。

NNE-SSW系の断層は、最も顕著なものとして本地域の西部より中央部を通り、地質単元Aに並走するもので、これらは主として地質単元AとCの境界及びA中にみられるものである。また断層の連続性は最大約60kmにおよぶ。このNNE-SSW系の断層は、他に数箇所が発達し、しかも様々の地質単元にみられる。このNNE-SSW系の断層は、後述するNW-SE系、NNW-SSE系及びN-S系の断層によって切られることが多い。

NW-SE系の断層は、本地域の中央部及び北東部に発達し、地質単元BからHにかけてみられる。断層の連続性は平均20～30kmである。このNW-SE系の断層は、N-S系及びNNW-SSE系の断層に切られているようにみられる。

NNW-SSE系の断層は、本地域中央部を通るものが最も顕著であり、大別して3条よりなる。これらは主として地質単元B, C, D, E中にみられる。断層の連続性は約60kmである。

NE-SW系の断層は、中央部寄りの北東及び南部の各地質単元にみられるが、断層の連続性は10～15km程度である。これらはN-S系の断層により切られているようにみられる。

N-S系の断層は、本地域の中央部を走るもので、地質単元AからHまでを切っているように見える。これら断層の連続性は、北部では約60km、南部では約30kmであり、南部においてはこの系の断層は北部に向うにつれNNE方向に移化している。

3-4 鉱化作用

本調査地域内には、既にポーフィリ・銅型鉱床であるEl Abra 銅床及び Quebrada Blanca 銅床が知られている。これらの銅床を標準資料として、以下の解析を行った。

3-4-1 加色合成法

El Abra 鉱床及び Quebrada Blanca 鉱床が最も良く表現されている色の組合せ条件を Table I-4 に、また、これによって得られた加色合成画像を Fig. I-6-1, I-6-2 に示す。

Table I-4 Conditions for Additive Color Composition

Figure Number	I. D. Number	Band	Posi. / Nega.	Filter	Light Strength	Property
Fig. I-6-1	E-1244-14060	4	P	G	8.8	Alteration zones are expressed in reddish purple.
		5	P	B	5.1	
		6	P	R	2.5	
		7	P	R	4.3	
Fig. I-6-2	E-1244-14060	4	P	B	7.7	Alteration zones are expressed in pale yellowish brown.
		5	P	G	8.8	
		7	P	R	5.0	

B: Blue, G: Green, R: Red

両画像は抽出に使用した色以外に相違はみられない。すなわち、変質帯として得られた示徴は、それぞれ赤紫色及び淡黄褐色で表現されているが、その分布が広範囲で、特に北東部に多く現われている傾向がある。これらの部分を白黒画像で見た場合、El Abra 鉱床周辺では、その色調は暗灰色、肌合いはごつごつした部分を示している。また、Quebrada Blanca 鉱床を含む北東部では、白黒画像の色調が明灰色の第三系及び第四系の分布する部分にまで拡大表現されている。

このように地域的に合成色にむらが見られ、変質帯の抽出を困難にしている。これは本機が各バンドごとにそれぞれのレンズを通して加色合成されるため、画像の外側程むらが生じることに起因している。

3-4-2 色彩強調分離法

鉱化帯及び変質帯の抽出を直接行うには困難が予想されるため、El Abra 鉱床及び Quebrada Blanca 鉱床と密接な関係を持つ花崗岩質岩類と周辺の変質帯に焦点を合わせた。Table I-5 はこれらが最も特徴的に表現されている色の組合せ条件である。

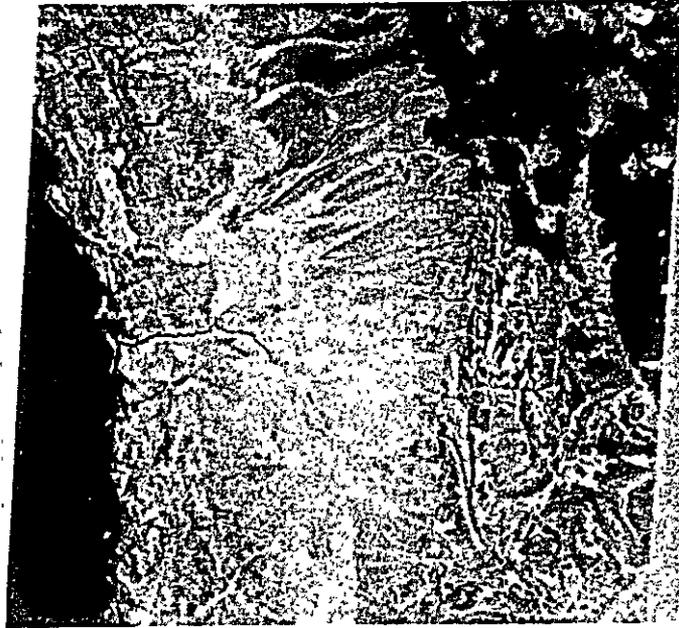


Fig. 1-6-1 Color Composite Image

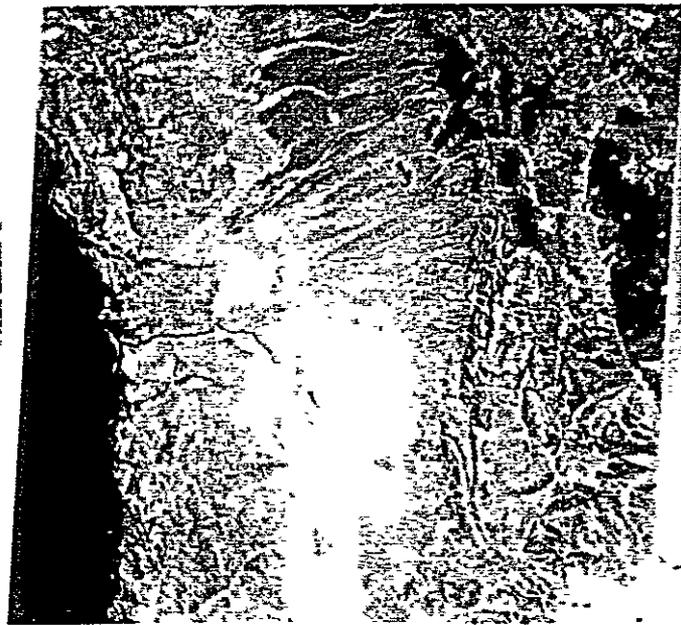


Fig. 1-6-2 Color Composite Image

Table I-5 Conditions of the Color Enhancement and Slice

Fig. No.	I. D. No.	Band	Posi. / Nega.	Filter	Extraction Spectral Density	Dis-plaied Color	Extraction Ratio	Object
Fig.I-7	E-1244 -14060	4	P	B	50-58	} R	8.9%	Extraction of granitic rocks
		6	P	G	49-50			
		7	P	R	50-51			
Fig.I-9	E-1244 -14060	4	P	B	41-44	} W	3.1%	Extraction of alteration zones
		6	N	G	53-55			
		7	N	R	48-48			

B: Blue, G: Green, R: Red, W: White

(1) 花崗岩質岩類の抽出

花崗岩質岩類として抽出された部分は、Fig. I-7では赤色で表現されており、その面積比は8.9%を示す。(この数値は調査地域外として南方約40km×40kmの範囲までを対象としたものである。)

この抽出された部分は、Fig. I-4でみた場合、単元I, J, K, L, M(花崗岩質岩類)、単元F(酸性火山砕屑岩類)、単元H(現世堆積物)及びその他の地質単元から成っており、いわゆる目的とする花崗岩質岩類は23箇所にみられた。これらの関係をTable I-6及びFig. I-8に示す。

Table I-6 Lithology of the Extracted Units

Lithology	Geologic Units	Number of Localities
Recent sediments	H	22
Acidic pyroclastics	F	69
Granitic rocks	I, J, K, L, M	23
Others	A, B, C, D, E	19

抽出された花崗岩質岩類とFig. I-4の箇所数の比をとると、その検出率は約52%である。なお、抽出されなかったFig. I-4の花崗岩質岩類は、画像上の色調がより暗灰色を示しており、これは岩質の差を示すものとみられる。

(2) 変質帯の抽出

変質帯として抽出された部分は、Fig. I-9では白色で表現されており、面積比は機械計算からは3.1%を示す。



Fig. 1-7 EXTRACTED IMAGE USING M.C.D.S. FROM LANDSAT-DATA

Significant Granitic Bodies are to be seen.

LEGEND

- Red Color : Extracted & Enhanced Area
- : Measuring Area
- 4, 6, 7 : Band Number
- B, G, R : Blue, Green, Red
- R, G-EX : Mechanically Extraction Bands (R:7 band, G:6 band)
- 8.8 % : Percentage of Extracted & Enhanced Area in Measuring Area
- P : Positive Film
- 49 · 57 : Grey Level of Extracted & Enhanced Area
- M.C.D.S. : Multi-Color Data System 4200 C

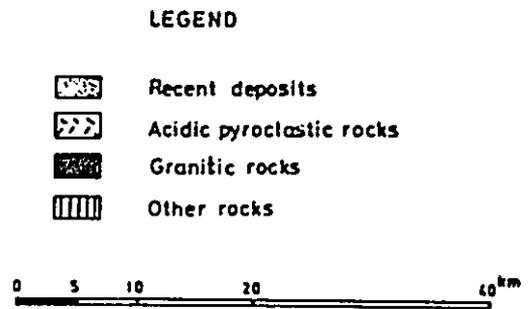
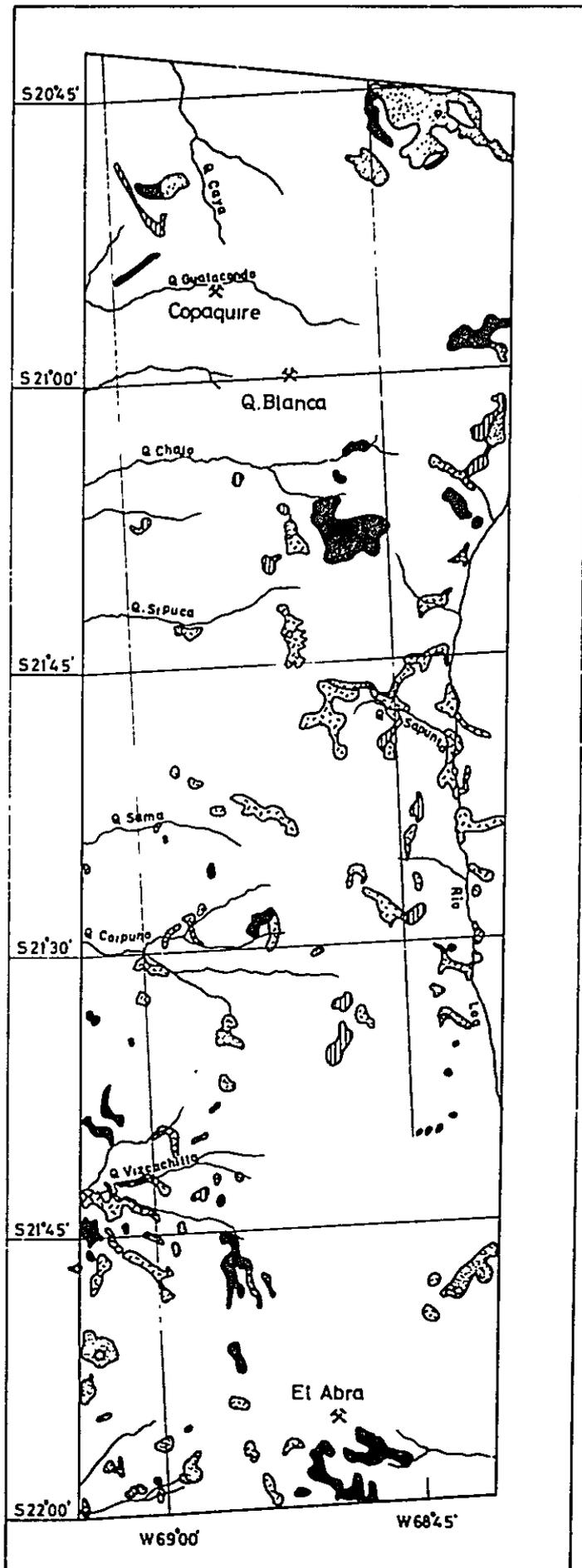


Fig. I-8 Map of Rock Units for the Area Mechanically Extracted in Fig. I-7

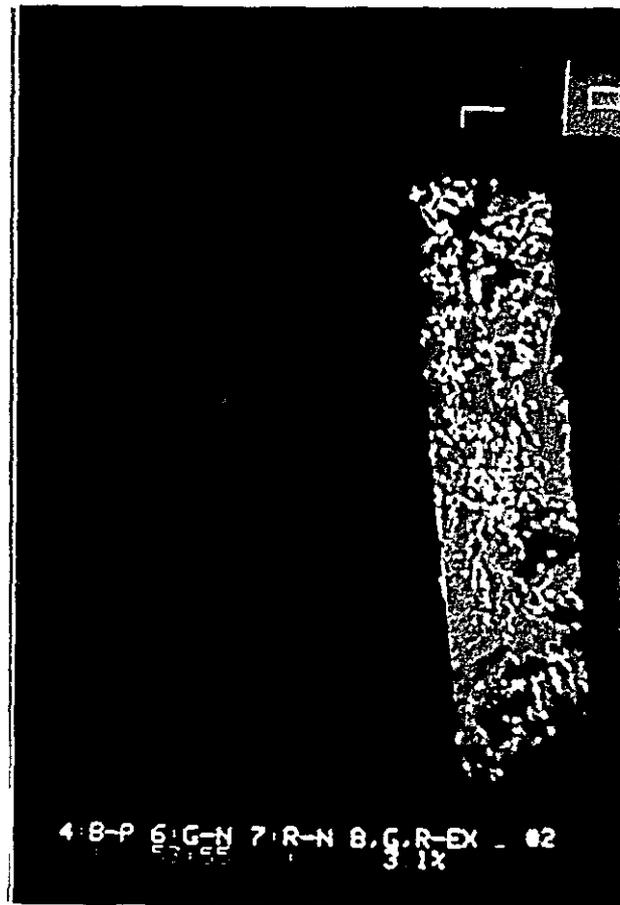
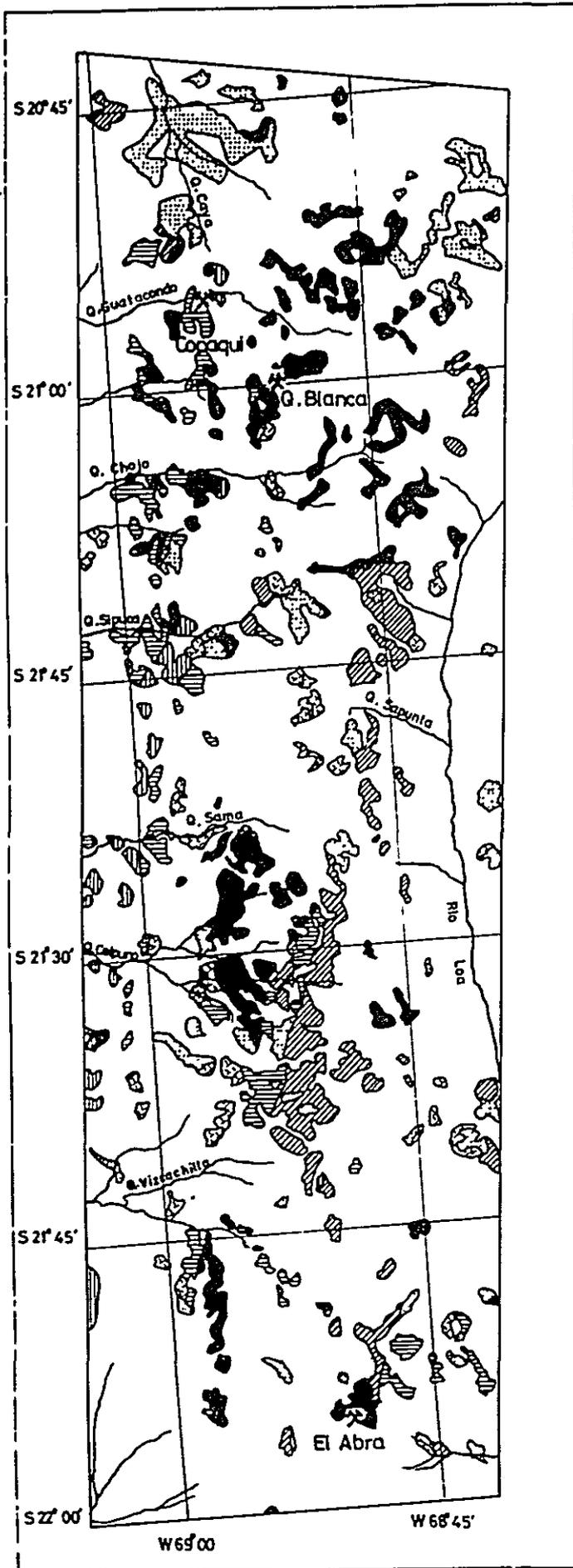


Fig. 1-9 EXTRACTED IMAGE USING M.C.D.S. FROM LANDSAT-DATA
 Significant Anomalous zones related with Mineralization and/or Alteration
 are to be seen.

LEGEND

- White Color : Extracted & Enhanced Area
- : Measuring Area
- 4, 6, 7 : Band Number
- B, G, R : Blue, Green, Red
- B, G, R-EX : Mechanically Extraction Bands (B:5 band, G:6 band, R:7 band)
- 3.1% : Percentage of Extracted & Enhanced Area in Measuring Area
- P : Positive Film
- N : Negative Film
- 41 : 44 : Grey Level of Extracted & Enhanced Area
- M.C.D.S. : Multi-Color Data System 4200 C



LEGEND

-  Recent deposits
-  Acidic pyroclastic rocks
-  Volcanic rocks
-  Clastic rocks
-  Granitic rocks
-  Metamorphic rocks

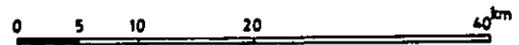


Fig. I-10 Map of Rock Units for the Area Mechanically Extracted in Fig. I-9

この抽出された部分は、Fig. I-4 でみた場合、Table I-7 及び Fig. I-10 のとおり分布する。この表でみる限り花崗岩質岩類中に最も多く抽出されており、変成岩類中では少ない。Ruiz (1965) によれば、チリのポーフイリ・銅型鉱床は、第三紀初期の斑状岩類の侵入岩体と関係があるとしている。これに従うと本地域における同型の鉱床賦存の可能性を有する地層又は岩石類は、Table I-7 のうち、花崗岩質岩類の侵入より新期の堆積物及び酸性火山砕屑岩類を除いた岩石類とみなすことができ、この比率は、変質帯として抽出された部分の約 71 % を占める。すなわち、本調査地域におけるその分布比率は約 2.2 %、面積にして約 110 km² である。

なお、Fig. I-9 は Table I-6 の条件下で作成された加色合成画像でもある。すなわち、桃色部分は、本来の赤色が白色スクリーンによって減色された色であり、Fig. I-7 の花崗岩質岩類の分布と同じ傾向を示している。

変質帯として抽出された部分のうち、Quebrada Blanca 周辺のものについて航空写真解析を行った。その結果は P L . II - 2 に示されているように、変質帯とみられる写真示微帯は 5 箇所に各々 0.04 km² ~ 0.5 km² の分布を示している。これら各写真示微帯の岩石は、周辺と同一岩石とみられるにもかかわらず写真の色調が明色、肌合いが平滑で、明らかに他の部分と異なって識別された。

Table I-7 Units Extracted as Alteration Zones

Lithology	Geological Units	No. of Localities	Ratio (%)
Recent sediments	H	42	15.0
Acidic pyroclastics	F	40	14.3
Volcanic rocks	D, E, G	43	15.3
Clastic rocks	C	59	21.1
Granitic rocks	I, J, K, L, M	75	26.8
Metamorphic rocks	A	21	7.5
Total		280	100

3-5 検 討

本地域におけるポーフイリ・銅型鉱床胚胎の場合は、次のように考えられる (Fig. I-11)。

- (1) 一般に中生代末期～新生代初期に活動した花崗岩質岩類がポーフイリ・銅型鉱床と密接な関係にあるといわれている。

一方本解析では、単元 I, J, K, L, M は、中生代の砕屑岩類（単元 C）を貫き、かつ新生代の火砕岩類に不整合に覆われていると判読される。すなわち、これらの単元は前述の花崗岩質岩類に相当すると考えられる。

なお、花崗岩質岩類（特に地質単元 L, M）は、パターン情報解析からすると、画像の色調、肌合い及び抵抗度に変化に富み、いくつかの岩相単位、すなわち、複合岩体より成るものと考えられる。

(2) Fig. I-8 に示される抽出された花崗岩質岩体は El Abra 鉱床の関係火成岩と類似のパターンを示すもので、これらの岩体が最も鉱化作用を伴う可能性を有していると考えられる。なお、これらの抽出された岩体は前述の複合岩体の一部と解析される。

(3) Fig. I-10 に示される抽出された示徴帯は、El Abra 鉱床及び Quebrada Blanca 鉱床と類似のパターンを示すもので、その中でも特に花崗岩質岩類発達域及び断層の発達する地域が鉱床賦存の可能性を持つと解される。

(4) 本解析域のほぼ中央を走る N-S 系断層は、本地域南方の Chuquicamata 鉱床の西側にみられる N-S 系断層の延長上に当る。本解析域でも El Abra 鉱床及び Quebrada Blanca 鉱床とも N-S 系断層の東側に位置している。

また、この N-S 系断層沿いの東側には派生断層等の小規模断層が発達しており、1つの弱線帯を形成している。したがって、この地帯は貫入岩類の侵入する場となり、間接的にポーフィリ・カップー鉱床の位置を規制するものと解される。

したがって、この地帯は仮りに鉱床生成後の新期堆積物に覆われていたとしても、鉱床賦存有望地域として上げられる。

第4章 結論及び有望地域の選択

LANDSAT データ解析及び航空写真解析によって、地質並びに地質構造を判読し、特にポーフイリ・カッパー型鉱床形成に密接な関係を持つと考えられる花崗岩質岩類並びに鉱化変質帯とみられる示徴帯110箇所を把握した。

以上の解析結果から、本地域におけるポーフイリ・カッパー型鉱床賦存有望箇所及び地域は、次のA～Eの順にランク付けされ、これらをFig. I-11に示した。

- (A) スペクトル情報解析によって抽出された示徴帯
- (B) スペクトル情報解析によって抽出された花崗岩質岩体及びその周辺
- (C) パターン情報解析によって判明した花崗岩質岩体の分布域と断層発達域との重複する地域
- (D) パターン情報解析によって判明した花崗岩質岩体の分布域
- (E) 断層発達域

以上の有望地域のうち、本年度は次の理由により Quebrada Huiquintipa 地域を現地確認調査地域として選出した。すなわち、本地域には上記の(A)にランクされる示徴帯が花崗岩質岩類と共に密集しており、また、Chuquicamata 鉱床から北に延びているN-S系断層の東側に位置し、かつ、付近には Quebrada Blanca 鉱床や Copaquire 鉱床等が賦存しており、鉱床賦存有望地域の1つと考えられる。

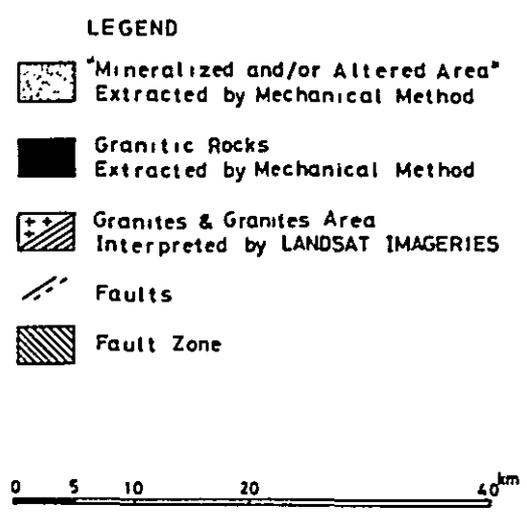
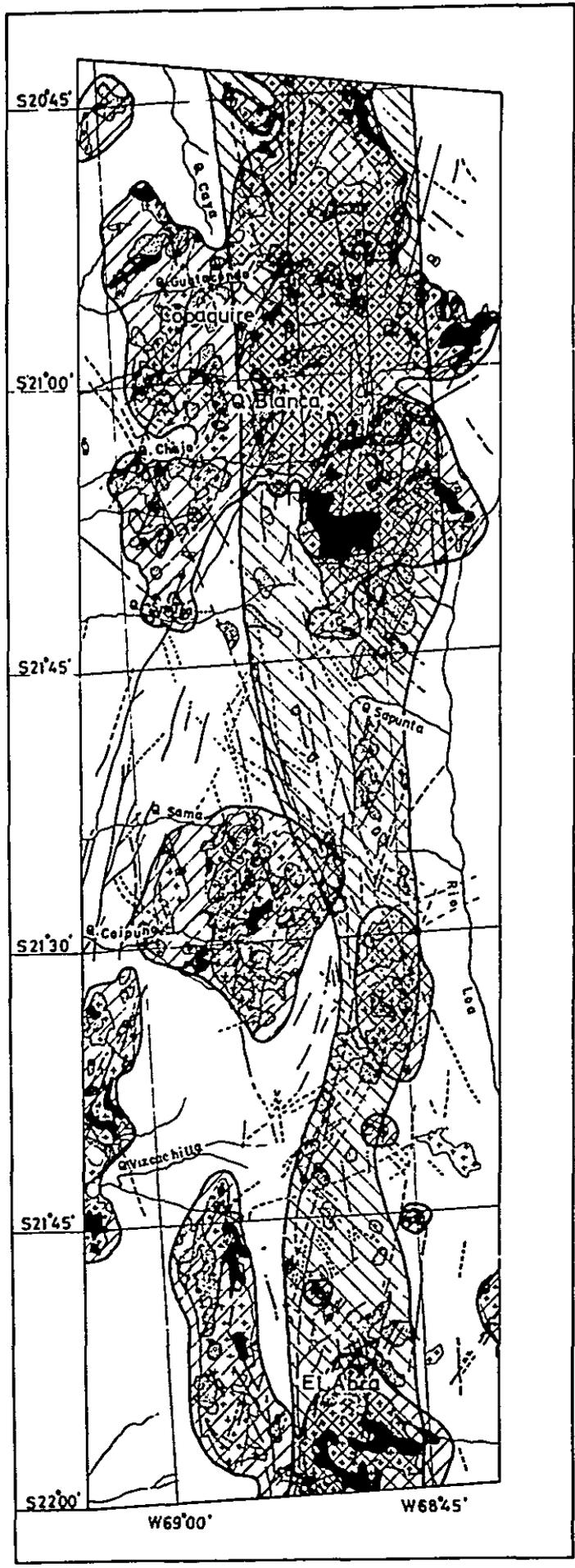


Fig. I-11 Correlation Map on Distribution of Granitic Rocks, Fracture System and "Mineralized-Altered Area"

第II部

QUEBRADA HUIQUINTIPA地域

地質調査及び地化学探査

第1章 総説

1-1 調査目的

本調査は、LANDSATデータ解析及び航空写真地質解析によって、熱水変質作用を受けていると解析された画像あるいは航空写真上の異常帯（以下写真示徴帯と仮称）並びにそれら周辺の地質調査、地化学探査により地質鉱床の解明を行うことを目的としている。

1-2 調査地域の地理

1-2-1 地形

調査地域は、アンデス山脈の中央部寄りの高原地帯に位置する。

調査地域内の最高峰は Cerro Potentecara で海拔 4,480 m、最低地は Quebrada Copaquiri 沢流域で海拔 3,600 m、平均高度は海拔約 4,300 m である。一般にジュラ紀の碎屑岩類が発達する中央部より西部にかけては急峻な地形を成すが、その他は起伏に乏しい。

本地域には大きな河川はみられないが、そのうちで最も大きな河川は、Quebrada de Huiquintipa 沢で、地域中央を西に流れ、所々に湧水がみられるが、大部分は伏流する。また、この沢は峡谷を形成しており、南北の通行を困難にしている。

第2章 地質

2-1 概要 (PL. II-1, II-2 参照)

本地域の地質は、ジュラ系、白亜系、第三系、第四系及び白亜紀末期～第三紀初期の活動とみられる貫入岩体より成り、このうちジュラ系及び白亜系が卓越する。地質構造は、N-S系を主とする褶曲構造がみられる。

2-2 層序及び岩質

本地域の層序及び岩質は、Table II-1 に示すように下位よりジュラ系の Cerro Campana 層、Chacarilla 層、白亜系の Cerro Empexa 層、第三系の Quebrada Huiquintipa 層、Altos de Pica 層及び第四系の砂礫層に区別される。これらの地層名は、Quebrada Huiquintipa 層を除いて (Galli 及び Dingman (1962) が本地域の北西部に位置する Chacarilla 図幅 (縮尺 1:50,000) を対象として命名したものを踏襲した。Quebrada Huiquintipa 層は今回の調査で命名されたもので、本層が発達する地域の沢の名称を採用した。なお、地層の対比に当っては本地域をカバーしている Villemur (1963) の調査資料を参考とした。

2-2-1 ジュラ系

(1) Cerro Campana 層

本層の大部分は粗面岩質安山岩より成り、一部本岩の上部に同質火砕岩がみられる。粗面岩質安山岩は調査地域西端にみられるほか、Quebrada Apacheta 沢及び Quebrada Copaquiri 沢流域に地窓状に分布している。本岩は一般に緻密、堅硬で、暗灰褐色を呈するが、プロピライト化を受けた Quebrada Copaquiri 沢下流では、暗緑褐色を帯びている。

火砕岩は粗面岩質安山岩と同質の集塊岩及び火山角礫岩より成り、Quebrada Apacheta 沢流域に小範囲に分布している。本岩類はやや脆弱で、暗灰褐色を呈する。

鏡下での安山岩は、粗面岩状組織を示す。斑晶は主として斜長石、まれにカリ長石より成り、石基は斜長石より成るマイクロライト及び多孔質のガラスより成る。変質鉱物として、斑晶には杏仁状を呈する緑簾石が認められ、石基には絹雲母、緑泥石、モンモリロン石、方解石が認められる。しばしば石英の微細脈が発達し、赤鉄鉱及び磁鉄鉱の不透明鉱物がみられる。

本層の厚さは、下限が未詳のため不明であるが、200m以上である。

本層は本地域における最下位層であり、上位を Chacarilla 層が覆っている。また、同層はその構成岩質から (Galli ら (1962) のジュラ紀の Cerro Campana 層に対比され、Villemur (1963) の I Volcanic Series の Cerro Campana 層及び Copaquiri 層に相当する。

(2) Chacarilla 層

本層は中央部より西側に位置する Quebrada Copaquiri 沢、Quebrada de Omapuno 沢及び

Table II-1 Composite Stratigraphic Column of the Quebrada Huiguintipa Area

Geological age & Formation		Thickness	Columnar Section	Rock Facies	Intrusive Rocks	
CENOZOIC	Quaternary	Recent	3		Gravel, sand & silt	Quartz diorite Diorite Granodiorite
	Tertiary	Altos de Pica F	5		White, light brownish white pumice tuff & pumice lapilli tuff	
		Quebrada Huiguintipa F	-10	-8		
MESOZOIC	Cretaceous	Cerro Empexa F.	Upper	400	Light grey - brown, whitish grey rhyolite with brownish welded tuff, tuff, lapilli tuff & volcanic breccia	
			Lower	300	Dark grey - dark greyish brown andesite with tuff & tuff breccia	
	Jurassic	Chacarilla F		550	Brown - reddish brown sandstone with greenish sandstone & fine conglomerate	
					Dark grey conglomerate, grey calcareous sandstone siltstone & limestone with fossils	
	Cerro Campana F		200+	Dark grey brown andesite with agglomerate & volcanic breccia		

Key of symbols

- ~ Unconformity
- F- Fault
- ⊗ Fossil
- & And

Quebrada Apacheta 沢流域に分布し、このうちの2箇所は地窓状に分布している。

本層の上部は赤褐色～暗灰色の色調で特徴付けられ、下部は暗灰色を呈する。本層下部は砂岩、石灰質砂岩、石灰岩及び礫岩の互層より成る。1部の大部分は砂岩で、局部的に緑色を呈する2、3枚の砂岩と細粒礫岩の薄層を介在する。

1化石は、本層の下部に相当する石灰岩及び石灰岩質砂岩より、二枚貝を多産する。これらはQuebrada Copaquiri 沢及びQuebrada Apacheta 沢において見られる。産出した化石鑑定の結果、Gryphaea sp. ind., Serpula sp., Echinodermata が認められたが、いずれも時階を示すものは見出されなかった。

本層の厚さは約550mである。本層は下位のCerro Campana 層とは整合もしくは断層で接している。

本層は、上位をCerro Empexa層が傾斜不整合に覆っていること、含化石層で特徴付けられることからGallira(1962)のジュラ紀のChacarilla層に対比され、Villemur(1963)の『Sedimentary Series』に相当する。

2-2-2 白亜系

白亜系は、Cerro Empexa 上下部層に区分され、下部は安山岩質、上部は流紋岩質である。

(1) Cerro Empexa 下部層

本層は、安山岩及び同質火砕岩より成り、Quebrada Huiquintipa 沢及びQuebrada Hornito 沢等の流域に点在する。安山岩は、比較的緻密質、堅硬で、暗灰色ないし暗灰褐色を呈する。火砕岩は、凝灰角礫岩及び凝灰岩より成り、いずれも暗灰色を呈する。

鏡下での安山岩は、半晶質で流理構造を呈する。斑晶は2～3mmの斜長石及びカリ長石より成る。石基は主として細粒のカリ長石、石英及びガラスより成る。変質鉱物としては斜長石の斑晶にカリ長石が、石基のガラスに絹雲母、カオリン鉱物等が認められる。

本層の厚さは約300mである。本層は下位のChacarilla層とは明らかに傾斜不整合をなす部分と、一部断層で境する。

本層は、構成岩質からGallira(1962)の白亜紀のCerro Empexa層に対比され、その下部に相当する。また、Villemur(1963)の『Volcanic Series』に相当する。

(2) Cerro Empexa 上部層

本層は、流紋岩及び同質火砕岩より成り、火砕岩は熔結凝灰岩、粗粒凝灰岩、火山礫凝灰岩及び火山角礫岩より成る。火砕岩は比較的下位を占める。本層は、主としてCerro Empexa下部層を覆って本地域の東北部に分布し、全体の約2/3を占めている。全般に堅硬で、明灰～明灰褐色を呈し、所によって流理構造及び熔結組織がみられる。

鏡下での流紋岩は、斑状組織を呈する。斑晶は半自形のカリ長石、斜長石及び他形の黒雲母より成る。石基は石英及びカリ長石を主体とし、まれに斜長石も含まれる。

本層の厚さは約 400m である。本層は、Cerro Empexa 下部層とは整合である。

本層は上位を新生界の地層が不整合に覆っていること、構成岩質から Galli ら(1962)の白亜紀の Cerro Empexa 層に対比され、その上部に相当する。また、Villemur(1963)の II Volcanic Series Andesite に相当するが、岩相は安山岩でなく、上述のように流紋岩類より成る。

2-2-3 第三系

本系は 2 層に区分される。すなわち、固結度の極めて弱い礫層より成る Huiquintipa 層が下位を、軽石凝灰岩類より成る Altos de Pica 層が上位を占める。

(1) Huiquintipa 層

本層は、固結度の極めて弱いシルト、砂及び亜角礫層の互層より成る。本層の分布は Quebrada Huiquintipa 沢流域の Ancho de Huiquintipa に小分布するのみである。礫種は下位の全ての岩石より成り、礫の大きさ平均 3~5 cm, 最大 10 cm である。なお、膠結物に珪孔雀石の散点がみられ、本地域の上流に位置する Huiquintipa 鉱床(珪孔雀石を主とする堆積性鉱床)の胚胎層準に相当する。

本層の厚さは約 8 m である。本層は下位層とは不整合をなす。

(2) Altos de Pica 層

本層は、白色ないし明褐色白色軽石凝灰岩及び火山礫凝灰岩より成る。本層は Quebrada Copaquiri 沢及び Quebrada Huiquintipa 沢等の流域に散在するのみであるが、この地方一帯に分布し、Ignimbrite と総称されている。

本層の厚さは約 10 m である。本層は下位層との関係は不整合である。

本層は、上位を第四系が不整合に覆っていること、構成岩質から Galli ら(1962)の第三紀の Altos de Pica 層に対比される。

2-2-4 第四系

砂礫及びシルトから成り、Quebrada Copaquiri 沢等の流域には河成堆積物として、本調査地域北西端には段丘堆積物として分布している。

本層の層厚は 2~5 m である。

2-3 貫入岩類

本地域の貫入岩類は、いわゆる花崗岩質岩類より成る。これらは石英閃緑岩、閃緑岩及び花崗閃緑岩の 3 種類に区分される。

(1) 石英閃緑岩

本岩は、Quebrada el Chilcar 沢及びその南部に分布する。岩体の規模は最大延長約 500 m, 幅 5~30 m 程度で、上部ジュラ系及び白亜系を貫く。貫入方向は NE-SW 系及び NW-SE 系で、特に NE-SW 系が優勢である。本岩は一般に暗緑色~灰緑色を呈し、節理が発達する。

鏡下では完晶質、粗粒で、斑状組織を示す。斑晶は、一般に自形を呈する斜長石、黒雲母より

成り、石基は主としてカリ長石、石英、斜長石、黒雲母及び赤鉄鉱より成る。副成分鉱物は燐灰石及びジルコンである。

(2) 閃緑岩

本岩は、本地域の南東端 Altos de Quebrada Blanca に分布するほか、Quebrada de Ormajuno 沢の支流に小分布する。前者の岩体の規模は 2 km×3 km におよび、後者は延長約 600 m、幅 200 m 弱である。本岩は白亜系の流紋岩類を貫き、岩株状をなしている。岩質は比較的細粒、堅硬で、暗灰緑色を呈す。

鏡下では完晶質粒状で、主として斜長石、角閃石より成り、少量の普通輝石を伴う。副成分鉱物として緑簾石、方解石、チタン石及び燐灰石が認められる。

(3) 花崗閃緑岩

本岩は、閃緑岩と同じく Altos de Quebrada Blanca に分布するのみで、岩体の規模は延長 1.5 km 以上、幅約 0.8 km である。本岩は NNE-SSW 方向を示し、岩株状の閃緑岩を貫く。岩質は粗粒で、淡緑灰色を呈する。本岩中には黄銅鉱、黄鉄鉱、石英等の細脈を介在する。

鏡下では完晶質で、ポイキリティック組織を示し、主として、斜長石、カリ長石、石英よりなり少量の黒雲母及び角閃石が伴われる。副成分鉱物はジルコン、燐灰石、チタン鉄鉱である。斜長石は自形を呈し、多くは最大長径 3 mm の灰曹長石である。カリ長石は正長石及び微斜長石より成り、しばしばパーサイト構造を呈する。

これらの貫入岩類は、白亜紀の Cerro Empexa 層を貫き、第三系に覆われていることから、白亜紀末期又は第三紀初期における貫入とみなされる。

2-4 地質構造

本地域には、ジュラ系と白亜系との間に傾斜不整合がみられる。褶曲構造は、中央部より西部にかけて分布するジュラ系に発達するが、白亜系以降の地層には大きな褶曲はみられない。これらの褶曲は N-S 系を主とし、他に E-W 系及び NW-SE 系がみられる。一般に緩傾斜を示すが Quebrada Copaquiri 沢流域あるいは断層の周辺では急傾斜を成す。

断層は、優勢順に N-S 系、NW-SE 系及び NE-SW 系の 3 系列がみられる。これらの断層は花崗岩質岩類を切っているが、第三紀 Huiquintipa 層には達していない。

第3章 応用地質

3-1 概要

本地域には9つの鉍微帯と3つの熱水変質帯が認められた。これをPL.II-1に示す。各鉍微帯の鉍床のタイプは、鉍脈型鉍床及び Exotica 型鉍床に大別され、主要鉍石鉍物は黄銅鉍、酸化銅鉍である。鉍脈型鉍床に属する鉍微帯は8箇所あり、ジュラ系の碎屑岩、白亜紀の火山岩類及び貫入岩を母岩とし、銅鉍物及び絹雲母化等の粘土化変質を伴うが、いずれも極めて劣勢である。また、Exotica 型鉍床に属する鉍微帯は第三紀砂礫層中の酸化銅鉍より成るが、劣勢かつ発展性に乏しい。変質帯はジュラ系の火山岩及び白亜系の火山岩類中にみられるプロピライト化又は珪化、粘土化変質のみで鉍微は認められない。

3-2 鉍微帯

本地域にみられる鉍微は、鉍脈型鉍床及び Exotica 型鉍床に分類され、鉍況等は次の通りである。

(1) 鉍脈型鉍床

本鉍床に属する鉍微は、本地域の北より南へ順に A₁～₆ の8箇所である。

- A₁ : 本鉍微は、白亜系の流紋岩類を母岩とする酸化銅鉍脈である。本鉍脈は、走向 E-W 系を示し、脈幅 1 cm, 延長 5 m 前後で脈数は 2, 3 条である。本鉍微の周辺には極めて弱い珪化のみで、その他の変質はみられない。
- A₂ : 本鉍微は、白亜系の安山岩中にみられる微細な酸化銅鉍脈より成る。本鉍脈は走向 E-W 系を示し、脈幅 0.5 cm, 延長 5 m, 脈数も 2, 3 条と、全般的に劣勢である。周囲の母岩には熱水変質作用はみられない。
- A₃ : 本鉍微は、白亜系の安山岩類中にみられる脈幅 1 cm, 延長 10 m 程度の酸化銅鉍脈である。脈数及び脈の走向延長ともに劣勢である。周囲の母岩には多少の珪化及び絹雲母化、カオリン化などの粘土化変質を伴う。変質帯の範囲は 350 m × 500 m である。
- A₄ : 本鉍微は、ジュラ系の碎屑岩類を母岩とする黄鉄鉍、酸化銅鉍、石英、重晶石鉍脈である。本鉍脈は、走向 E-W 系を示し、脈幅 5 ~ 15 cm, 延長約 15 m で、脈数は 2, 3 条である。母岩の変質はほとんどみられない。
- A₅ : 本鉍微は、転石から判断すると白亜系の流紋岩類中の微細な酸化銅鉍脈とみられるが、詳細は不明である。周囲の母岩は珪化及び絹雲母化作用などの粘土化変質を受けている。変質の範囲は 200 m × 300 m である。
- A₆ : 本鉍微は、白亜系の安山岩及び流紋岩類中にみられる主として石英、重晶石鉍脈より成り、酸化銅鉍を伴う部分は 2, 3 条であり、しかも劣勢である。これらの鉍脈は、走向 NNE-

SSW系及びE-W系を示し、脈幅平均2~3cm、最大60cm、延長5~15mである。周辺の母岩は珪化及び絹雲母化又はカオリン化などの粘土化変質を受けている。変質の範囲は500m×600mである。本鉛脈の一部について若干探鉛された形跡がみられる。

- A₇ : 本鉛脈は、白亜系の流紋岩の破砕帯を酸化銅鉛が充てんした細脈鉛化帯である。脈幅1cm、延長5m前後である。周辺の母岩は若干の珪化及び絹雲母化などの粘土化変質を受けている。
- A₈ : 本鉛脈は、花崗閃緑岩中にみられる黄銅鉛、黄鉄鉛、酸化銅鉛、石英、電気石鉛脈である。本鉛脈は、走向NNE-SSW系を示し、脈幅は5~20cm、延長10m前後で、脈数に乏しい。周辺の母岩は、珪化、絹雲母化、カオリン化及び若干のカリウム質変質などを受けている。変質の大部分は脈付近くで(最大30cm)強く、その他の部分は微弱である。

(2) Exotica 型鉛床

- B : 本鉛脈は、Quebrada Huiquinitipa 層すなわち砂礫層中の膠結物としての酸化銅鉛である。鉛染の状態はまばらで、しかも本層の分布範囲が狭く小規模である。

3-3 変質帯

本地域における変質帯は、3箇所(C₁~₃)にみられ、変質状況は次の通りである。

- C₁ : 本変質帯はジュラ系の安山岩中のプロピライト化帯のみで鉛脈は認められない。本箇所はCopaquire 鉛床(ボーフィリ・銅型モリブデン鉛床)の外縁部に相当し、この鉛化作用の末端部とみられる。変質の範囲は1km×0.5km以上である。
- C_{2,3} : これらの変質はいずれも白亜系の流紋岩中に珪化及び絹雲母化、カオリン化などの粘土化変質を受けているもので、鉛脈は認められない。変質の範囲は0.25km²以内である。

3-4 写真示徴帯との比較

LANDSATデータ及び航空写真解析で抽出された示徴帯は、PL. II-2に示した通りA~Eの5箇所である。各々の示徴帯の写真異常と地表踏査の結果は、次の通りである。

(1) 写真示徴帯 A

本示徴帯は、Quebrada Apacheta 沢流域に位置する。示徴帯の規模は航空写真上で約300m×500mの分布範囲を持ち、明灰色を呈する写真異常域である。

踏査の結果本示徴帯は、優白色を呈する流紋岩類中にみられる弱い珪化帯のみである。地質図(PL. II-1)中の鉛脈(以下単に鉛脈という)A₁に近接しているが、A₁自体細脈の酸化銅鉛脈である。

(2) 写真示徴帯 B

本示徴帯は、Condor 鉛山の記載された箇所に位置する。示徴帯の規模は航空写真上で約500m×400mの分布範囲を持ち、わん曲した崩落地形を有し、2,3の明色を呈する写真異常域である。

踏査の結果本示徴帯は、鉍徴帯A₃に一致しており、その鉍況は既述の通りである。

(3) 写真示徴帯 C

本示徴帯は、Condor 鉍山の南西約1 kmに位置する。示徴帯の規模は航空写真上で約1 km×500 mの分布範囲を持ち、明～明灰色を呈する写真異常域である。

踏査の結果本示徴帯は、変質帯C₂に一致しており、その変質状況は既述の通りである。なお、本示徴帯の一部には後述する地化学探査の結果 Cu, Zn, As 各成分で異常値を得ているが、一点示徴である。

(4) 写真示徴帯 D

本示徴帯は、Quebrada El Chilcar 沢流域の右岸に位置する。示徴帯の規模は航空写真上で約2 km²の分布範囲を持ち、明灰色を呈する写真異常域である。

踏査の結果本示徴帯は、A₅に一致しており、その鉍況は既述の通りである。

(5) 写真示徴帯 E

本示徴帯は、Ancho de Huiquintipa に位置している。示徴帯の規模は航空写真上で約200 m×300 mの分布範囲を持ち、明灰色を呈する写真異常域である。

踏査の結果本示徴帯は、鉍徴帯A₆に一致しており、その鉍況は既述の通りである。

3-5 考 察

以上のように、抽出された示徴帯のうち4箇所は鉍徴帯及び熱水変質帯と一致していたが、他の1箇所は流紋岩類中にみられる弱い珪化帯のみであった。各々の写真示徴帯に共通した地質上の特徴は、いずれも付近に珪化作用及び絹雲母化、カオリン化などの粘土化変質作用がみられ、周囲よりも優白色を呈しており、かつ、変質帯の範囲が約0.04 km²以上の拡がりをもっている。また写真示徴に現われなかった鉍徴帯は、いずれも変質の幅を持たない小規模の鉍脈型鉍床であった。

以上の事から、今回実施したLANDSATデータ解析等による探査手段は、例えば珪化作用及び粘土化変質作用等を受け、しかもある程度の変質範囲(約0.04 km²以上)を持つようなタイプの鉍床探査の1手段としての有用性を示唆している。

第4章 地化学探査

4-1 概 要

Quebrada Huiquintipa 地区の探査の一手段として、河床堆積物を対象とする地化学探査を実施した。本探査は、調査地域内に胚胎が予想されるポーフイリ・銅型及び鉍脈型鉍床に関連する地化学異常域を抽出することを目的としている。

本探査は、地質調査に並行して試料の採取が行われた。探査地区のほぼ全域の水系より 500 m につき約 1 個の割合で試料が採取され、最終的に 81 km² の調査面積に対し 239 試料、すなわち、3 個/km² の試料採取密度を得た。採取された試料の化学分析は、IIG の化学分析所で実施された。探査上の指示元素としては、チリにおける既存地化学探査資料に基づいて Cu, Zn, Mo, As, Mn の 5 種を定めた。その結果の解析並びに検討は Santiago 市の IIG で行われた。

4-2 試料の採取

河床堆積物試料は、河川の水路から採取された。採取期間が乾期に当り、大きな河川を除き、水路は乾燥していた。

採取した試料の種類は、主として砂、シルト及び泥より成り、ほとんど有機物を含んでいない。採取量は、試料の粒度に応じ異なるもののほぼ 1~2kg の範囲内にある。試料は、乾燥していた試料は採取地点で、湿っている試料は風乾後ベースキャンプで篩分けられ、-80メッシュの部分約 50~100 g が分析に供された。試料採取地点は、縮尺 1:10,000 地形図上にプロットされ、更に縮尺 1:50,000 地形図にまとめられた。

4-3 試料の分析

IIG の化学分析所に送られた試料は、四分法により分けられ、その一つが-200メッシュに摩砕された。このうちの 2 g が水と 1:1 の比の HCl, HNO₃, HClO₄ 混合溶液で前処理された。

Cu, Zn 及び Mn は、Perkin-Elmer 403 型、原子吸光分析装置により定量された。また、As は Guzeit 法で、Mo は比色法で分析された。測定限界は、Cu 10 ppm, Zn 10 ppm, Mn 25 ppm, Mo 1 ppm, As 5 ppm である。Garret (1960) の方法を使用して、95% の信頼区間を得たこれらの方法の精度は、約 Cu ± 5%, Zn ± 4%, Mn ± 1%, Mo ± 7%, 及び As ± 13% である。

4-4 データの統計処理

採取試料の少ないこと、分布する岩石の大半が酸性火山岩であること、などの理由により岩石単元別によるデータの処理を行っていない。

データの統計的処理は、Lepeltier の試案 (1969) により取り進められた。すなわち、級間隔を 10 ~ 20 にとり、各指示元素毎にヒストグラム (Fig. II-1) 及び累積度数分布図 (Fig. II-2) が作成された。累積度数分布図においては、度数は最高値から最低値の方に向かって累積されている。累積度数曲線は 95 % の信頼限界領域内を保つように描かれたが、Cu など一部限界領域外の値がみられる。累積度数曲線は対数正規分布になったものではなく、高位値過剰 (Mo, Mn) ないし二母集団混合 (Cu, Zn, As) をなしている。この累積度数分布図より得られた平均値標準偏差値、分散値などは Table II-2 に示されている。

Table II-2 Means, Variance and Standard Deviation
(Mean is the Geometric Mean of the Results.)

Element	\bar{x}	Variance	Standard deviation	$\bar{x}-1S$	$\bar{x}+1S$	t	$\bar{x} + 3S$
Cu	54	961	31	34	85	321	13,000
Zn	67	729	27	47	94	181	1,100
Mn	771	201,601	449	560	1,220	3,012	21,000
Mo	2.6	0.8	0.9	2	3.5	4.6	78
As	20	16	4	8.9	24	26	860

N = 239

t : threshold value

各指示元素間の相関関係は、Table II-3 に示したとおりである。この結果では Cu-Zn, Cu-As, Zn-As が極めて高い正の相関関係を示すほか、Mn-Zn, Mn-Cu, Mn-As にも正の相関がややあると判断される。これに反し、Mo は他の元素と全く異種の挙動を示している。

Table II-3 Coefficient of Correlation

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.93	0.52	0.01	0.91
Zn	0.93	1.00	0.56	0.07	0.90
Mn	0.52	0.56	1.00	-0.01	0.50
Mo	0.01	0.07	-0.01	1.00	0.15
As	0.91	0.90	0.50	0.15	1.00

4-5 結果及び検討

本地区の探査の結果得られた異常域について、その詳細並びに地質鉍床との関連性を各指示元素ごとに述べる。

本探査の結果 Mo を除く他元素は、相関関係を有しており、したがって、各元素ごとの異常域が重複することが多い。これらの異常域を区域によりそれぞれ A, B, C… の順に呼称することとした。

(1) Cu

本元素の累積度数曲線は、二母集団混合型を示し、最高値は 6,750 ppm におよぶ。また、500 ppm 以上の値は全体の 10 % を占める。これらの異常値は PL-II-3 に示される L 異常域を形成している。本異常域は、Huinquintipa 鉍床に影響されていると考えられる。しかし、L 異常域の一部には、地質調査の結果認められた A₇, A₈ の鉍徴を表現する部分も認められる。また、1 異常値に過ぎぬが D 異常域の一部を形成しており、地質調査の結果みられた C₂ 変質帯に起因すると考えられるものがある。

(2) Zn

本元素の累積度数曲線は、Cu と同一のパターンを示すが、Cu に比べ標準偏差が小さく、200 ppm 以上は全体の 7 % に過ぎない。本元素の分布は、Cu と全く同一であり、例外として C 異常域がみられるに過ぎない。C 異常域も一点の異常値を有するに過ぎず、鉍化作用とは関係ないものと考えられる。

(3) As

本元素の累積度数曲線も二母集団混合型をなし、30 ppm 以上は全体の 10 % に過ぎず標準偏差値は大きくない。前に述べた Cu, Zn 異常域に重複する他 A, B, D, G, H, K などの異常域を成している。このうち、A 異常域は、調査範囲外西方のポーフィリ・銅-鉍床である Copaque 鉍床を形成する変質帯に合致する。B 異常域は、小規模かつ鉍化作用との関連はみられない。

D 異常域は、地質調査において認められた A₂, A₃ などの小規模の鉍化帯を、G 異常域は、同じく C₃ 変質帯を表現するものであろうが、異常域として著しいものではない。また、H, K の両異常域も、前者は石英閃緑岩の貫入岩体、後者は A₈ 鉍化帯に関連すると考えられるものの、共に小規模かつ低い値を示す。

(4) Mn

本元素の累積度数曲線は、高位値過剰型で、一般に平均値及びしきい値は高いのが特徴である。Cu, Zn, As により表現される L 異常域の周辺、Cu, As で表現される D 異常域に認められる他、F 異常域を形成する。しかしながら、いずれも規模に乏しく、注目の要はない。

(5) Mo

本元素は、高位値過剰型を示すが、5 ppm 以上の値は全体の 2 % に過ぎない。本元素は他の元素と相関を有せず、独立した異常域を形成する。これらはいずれも規模並びに異常値共に注目に値しない。

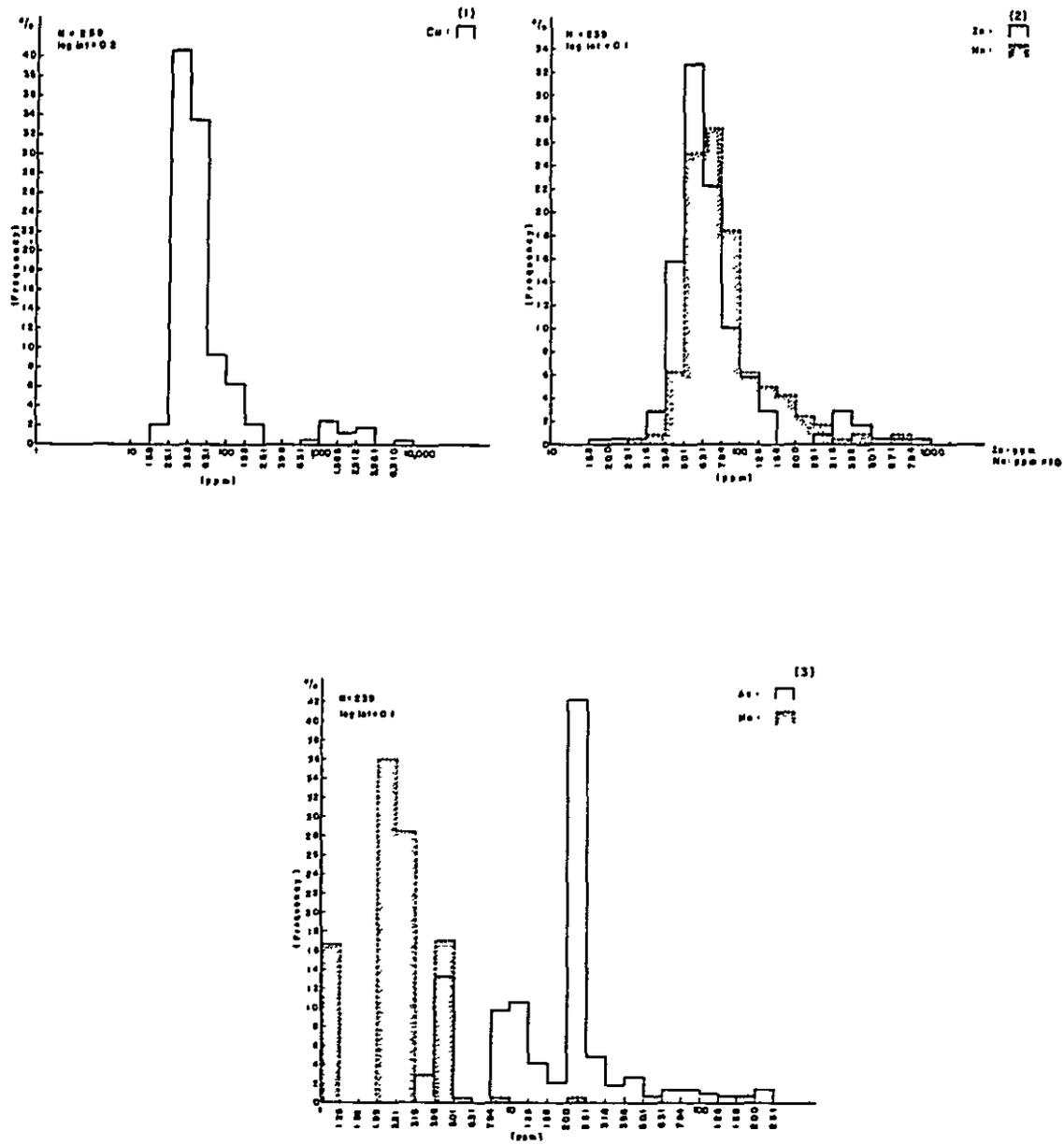


Fig. II-1 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Huiquintipa area

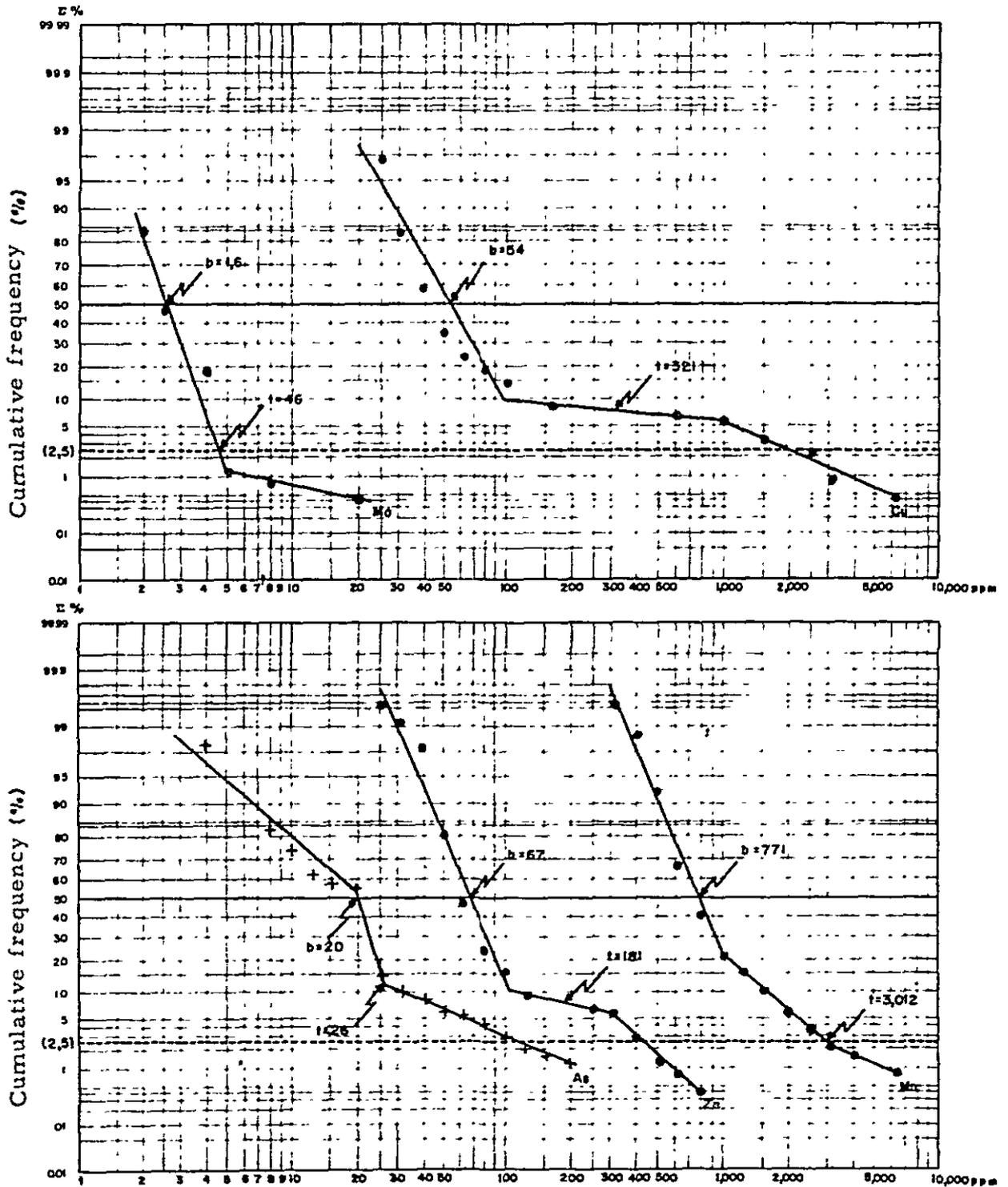


Fig. II-2 Cumulative frequency distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Huiquintipa area

N = 239

第 5 章 結 論

(1) 本地域内には 9 箇所の鉍微帯と 3 箇所の変質帯が認められた。鉍床のタイプは、Copaquire 鉍床及び Quebrada Blanca 鉍床に関連したとみられる鉍脈型鉍床及び Exotica 型鉍床に分類されるが、いずれも微弱かつ発展性に乏しい鉍微帯であった。

(2) 地化学探査において、12 の地化学探査異常域を抽出することが出来、そのうちの主要なものは、地質調査上認められた鉍化変質帯にほぼ一致することが確かめられた。すなわち、本地域の主要地化学探査異常域 L は、A₇、A₈ 鉍化帯及び地域外の Huinquinipa 鉍床に、A は、本地域外の Copaquire 鉍床及び C₁ 変質帯に、D は、C₂ 変質帯及び A₂、A₃ 鉍化帯にほぼ一致する。部分的に高い Cu 異常値を得たにせよ、これらの異常域は Exotica 型鉍床の賦存に関係すると解される。また、一般的にいて、本地域の地化学探査異常域は、各指示元素共に異常値が小さく、かつ異常域の規模に乏しい。したがって、地質上注目すべき地化学探査異常域は見出し得なかった。

以上の理由により、今後本地域の探鉍上留意すべき鉍床賦存有望地域は地化学探査からは抽出し得ない。

(3) 写真示微帯として抽出された 5 箇所のうち、4 箇所は上記鉍微帯等と一致していたが、その他の鉍微帯は LANDSAT 画像又は航空写真上に反映されないものであった。

その理由は反映されなかった鉍微帯がいずれも小規模の鉍脈型であり、また、それに伴った変質帯も微弱であったがためと解される。このことは LANDSAT データ解析法又は航空写真解析法が、0.04 km² 前後以上の分布範囲を有し、かつかなり強い珪化作用あるいは絹雲母化作用から成る変質帯を伴うような鉍微帯に有効であることを示唆しているものと解される。

第Ⅲ部

QUEBRADA BLANCA-EL ABRA地域

ポーフィリ・銅 鉱床賦存

有望箇所地質概査

第 1 章 総 説

1-1 目 的

本調査は Inventario Gran Minería グループ (IIG) によって編さんされたポーフイリ・
カッパー鉱床探査に関する資料, 及び航空写真解析資料に基づいて抽出された約 15 箇所の概査
を行い, 精査対象地域を選出することを目的としている。

1-2 調査方法

本調査では抽出された地域に対し, 1日約2箇所の工程で地質概査を行った。また, 必要に応
じ薄片, 研磨片を作成し, かつ, 化学分析を行った。

本調査の対象箇所は Fig III - 1に示すとおりである。

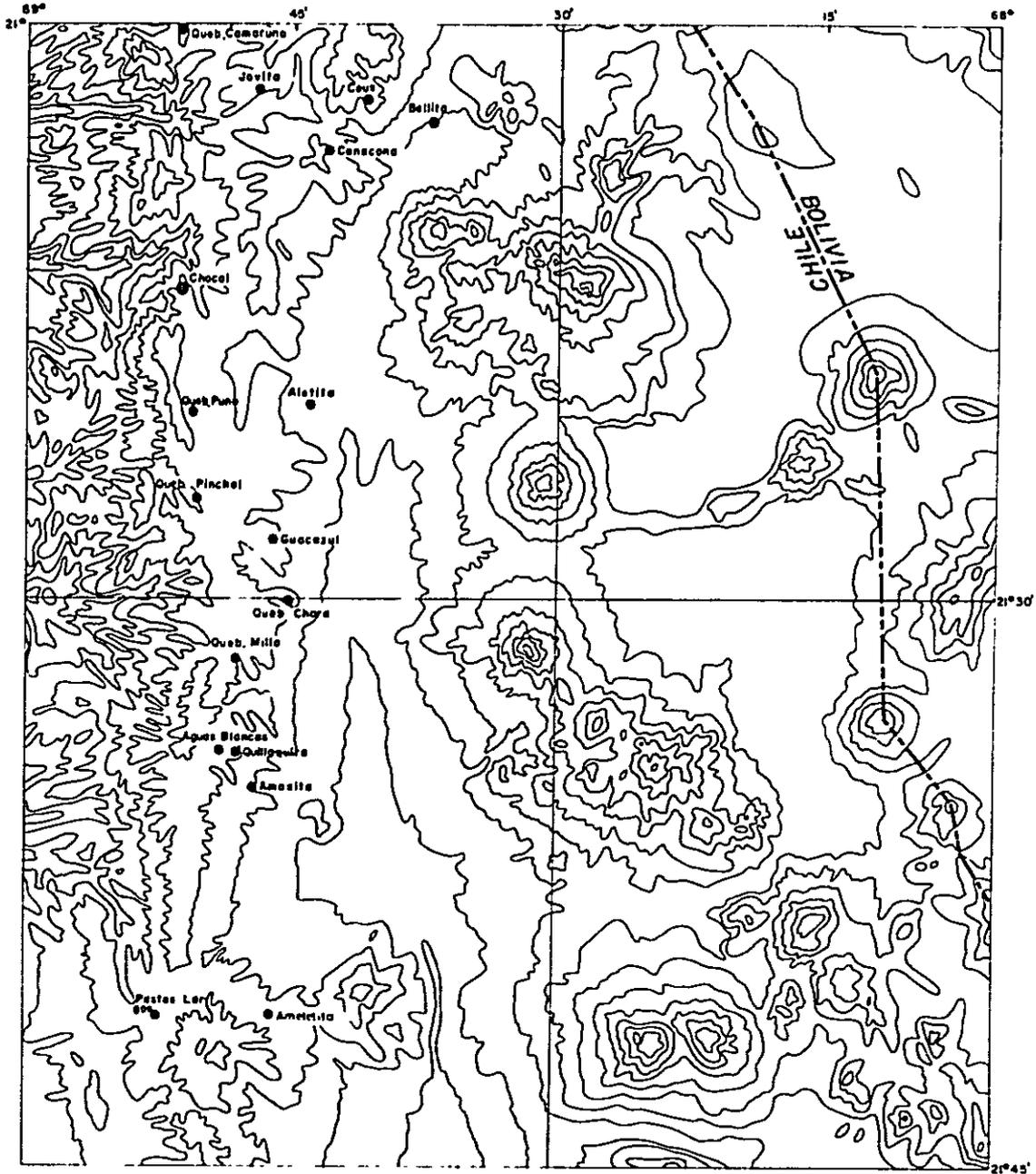


Fig. III-1 Location Map of the Prospects Visited in the Quebrada Blanca-El Abra Area

第 2 章 各地区の調査結果

2-1 Bellita (Carcanal) 地区

当地区は Inventario Gran Minería (Gutiérrez and Pérez O, 1975) に基づいて選ばれ、南緯 $21^{\circ} 05'$ 、西経 $69^{\circ} 37'$ にある Rio Loa 川の源流付近に位置している。

地質は流紋岩より成っており、熱水変質作用は全く認められない。したがって、当地区はポーフイリ・銅-鉛-亜鉛床探査の対象からは除外される。

2-2 Quebrada Ceus 地区

当地区は Bellita 地区調査の際望見された色異常帯であり、南緯 $21^{\circ} 04'$ 、西経 $68^{\circ} 41'$ に位置している。調査の結果色異常は花崗岩類の風化を示すに過ぎないことが判明した。

2-3 Quebrada Conacona 地区

当地区は航空写真から見出された色異常帯であり、Conacona 峡谷の西部に位置し、二箇所に分かれている。

北部のものは南緯 $21^{\circ} 08'$ 、西経 $68^{\circ} 43'$ に位置し、この付近の地質は赤味を帯びた、あるいは緑がかった安山岩類とこれを貫く石英斑岩の小規模な岩脈より成っている。熱水変質作用はほとんどみられず、当地区は興味を持たない。

南部のものは南緯 $21^{\circ} 09'$ 、西経 $68^{\circ} 43'$ に位置し、著しく風化作用を受けた花崗岩類より成っている。熱水変質作用は認められず、ポーフイリ・銅-鉛-亜鉛床探査の対象とはなり得ない。

2-4 Quebrada Camaruno 地区

当地区は航空写真(Fig. III-2)の判読結果により抽出されたもので、南緯 $21^{\circ} 00'$ 、西経 $68^{\circ} 51'$ に位置する。

地質は微弱なプロピライト化作用を受けた安山岩類より成り、パッチ状の粘土化変質がみられるが、割目の発達は弱く、有用金属鉛物の鉛化作用は認められず、褐鉄鉛が極く限られた範囲で見られるに過ぎない。

したがって、当地区に対する今後の探鉛は必要ないものと考えられる。

2-5 Tovita 地区

当地区は Quechuita 図幅にある Tovita 鉛山(南緯 $21^{\circ} 04'$ 、西経 $68^{\circ} 47'$)の近傍に位置する。

地質は花崗閃緑岩より成り、本岩は Tovita 鉛床の母岩をなし、幅 0.5 m の銅-金鉛脈や酸化

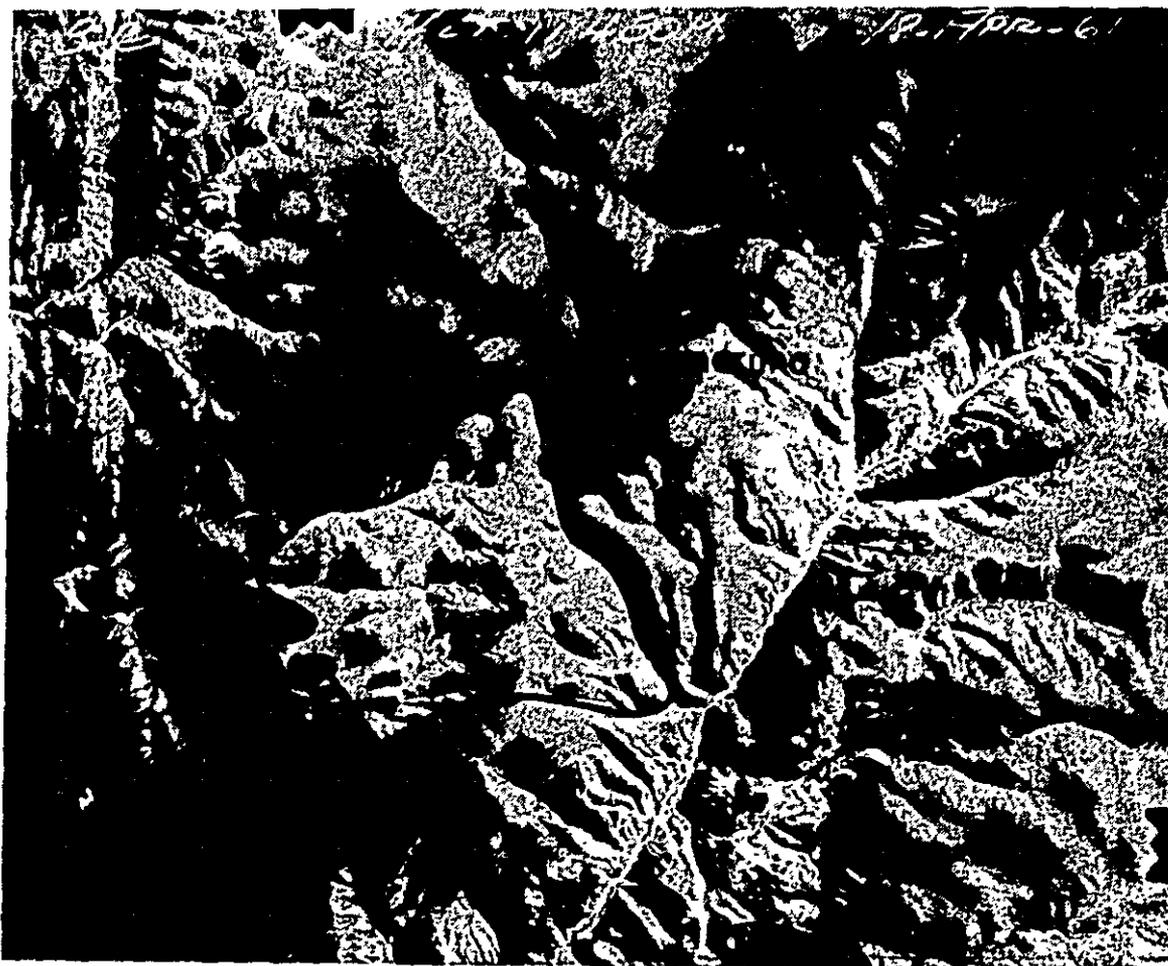


Fig. III-2 Quebrada Camaruno prospect

銅鉍の細脈が発達している。

当地区においては熱水変質作用は弱く、緑泥石化作用を主体とし、僅に電気石、カリ長石が認められるが、この変質作用の範囲は狭く、細脈の周辺部に限られている。

当地区はポーフイリ・カッパー鉍床探査として興味ある地区ではない。

2-6 Chocal 地区

当地区は Quechuita 図幅の南部 すなわち南緯 $21^{\circ} 14'$ 、西経 $68^{\circ} 15'$ に位置する。

当地区には堆積岩類及び火山岩類中に貫入した斑岩に起因する色調異常がみられるが、貫入岩は大部分が新鮮で、ところによって弱い珪化作用や電気石化作用が認められるに過ぎず、鉍化作用は認められない。

したがって、変質作用が弱いこと及び鉍化作用を欠いていることから、当地区については探鉍の興味はない。

2-7 Aletita 地区

当地区は Chela 図幅の南緯 $21^{\circ} 20'$, 西経 $68^{\circ} 44'$ に位置している。

当地区は Inventario Gran Minería 報告 (Gutierrez and Perez 1975) に基づいて調査の対象となったものであるが、未変質な流紋岩が分布するに過ぎず、興味ある地区ではない。

2-8 Cerro Yocas 地区

Cerro Yocas 図幅中に 2 箇所の変質帯が確認されている。これらは Quebrada Pinchal 及び Quebrada Puno 変質帯であり、前者を地質精査対象として選出した。

これらについては、Pinchal 地域の熱水変質作用とその地質鉱床及び Cerro Yocas 図幅の調査として別途報告する。

2-9 Guacazul 地区

当地区については、これまでの報告により様々の憶測や混乱があったが、今回の調査により次の 3 箇所に分けられることが判明した (Fig. III-3)。それらは次のとおりである。

(1) Guacazul 鉱山地区

当鉱山は南緯 $21^{\circ} 27'$, 西経 $68^{\circ} 46'$ にあり、Rio Loa 川西方の山岳部東斜面に位置している。

鉱化帯は 2 箇所あり、その一つは約 3×3 km の広がりを持ち、鉱化帯は安山岩質岩中の NS~N10°W の走向を示す無数の酸化銅鉱脈より成る。

他の鉱化帯は石英斑岩と火山砕屑岩類との接触部付近の平行な割目を充填した酸化銅鉱より成っている。

前者について、Thomas (1966) は鉱量 100,000 t , 平均品位 Cu 4~5% と算定しているが、これは 30~40 個の単位鉱体に分れており、稼行の対象とすることは極めて困難である。

Brewer (1959, 1960) 及び Thomas (1966) によれば、当鉱床は地質鉱床的及び変質の特徴からして、ポーフイリ・カッパー鉱床とは全く異なるとしているが、今回の調査の結果からも同一の見解を得たので、当地区の今後の探鉱は必要ないものとする。

(2) Guacazul 鉱山西方の花崗岩体の発達する地区

火山岩類を貫いて発達する花崗岩は南北方向に伸び Guacazul 鉱山の西方へ張り出している。

花崗岩は全く新鮮であるが、細粒の石英・モンゾニ岩岩脈によって貫かれ、両岩の接触部付近のみ後火成活動によるものと思われるカリ長石の細脈がみられる。

火山岩類は凝灰岩及び熔岩等を主体とし、西部では、未変質な石英斑岩が貫入している。

この火山岩類中にみられる変質作用は弱く、花崗岩との接触部付近に若干の珪化作用が認められるに過ぎない。

以上の如く変質作用も弱く、鉱化作用もみられず、かつ、焼けもないことからして、当地区に

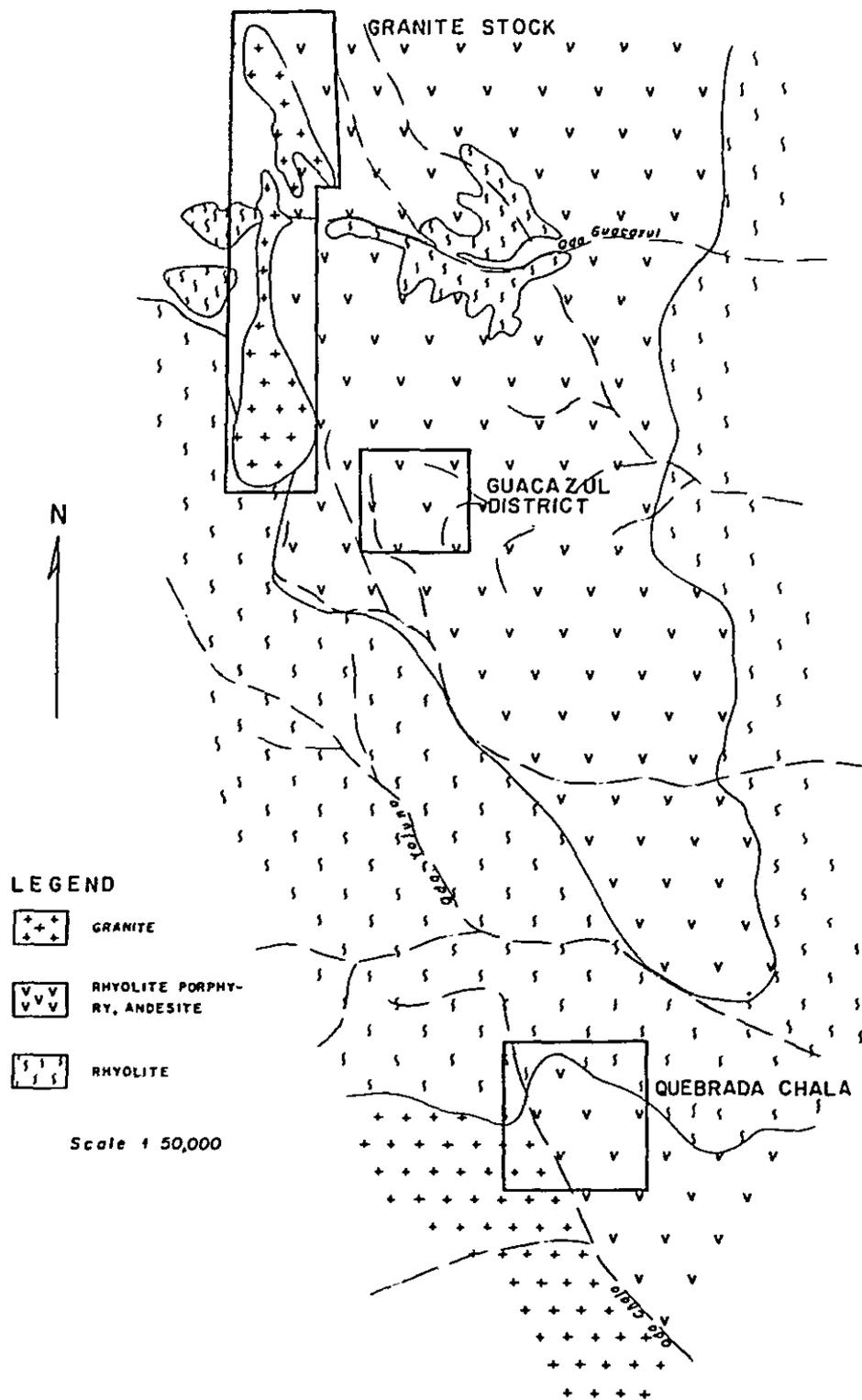


Fig. III-3 Geological Sketch of the Guacazul Area

については今後の探鉱に興味は持てない。

(3) Quebrada Chala 地区

当地区は南緯 $68^{\circ}45'$, 西経 $21^{\circ}30'$ にある Quebrada Chala 沢上流の Guacazul 地区の 5 km 南方に位置する。

当地区の地質概要は Fig. III - 3 に示すとおりである。すなわち, Quebrada Chala の東側には流紋岩質斑岩が発達し, 周辺の安山岩類及び本岩中には小規模な閃緑岩が貫入している。当地区西部では前述の 2 種類の岩石を貫いて花崗岩体が発達している。

閃緑岩貫入岩体に伴って無数のカリ長石脈が発達し, これは安山岩類中にも認められる。閃緑岩体より離れると流紋岩質斑岩は新鮮となる。カリ変質は閃緑岩体の接触部付近に主として見られることは明らかであり, 恐らく, 後火成活動の産物であろう。

銅の鉱化作用はまれであるが, これは石英-一方解石で充填された割目と密接な関係がある。褐鉄鉱の焼けは認められない。流紋岩質斑岩は表面はかなり赤味を帯びているが, これは赤鉄鉱の風化によると思われる。

以上からして, 当地区はポーフィリ・カッパー鉱床の探査をするにはそれほど興味はないと思われる。

2-10 Quebrada Millo 地区

当地区は Chitigua 図幅北西部の Millo 峡谷に沿っており, 南緯 $68^{\circ}48'$, 西経 $21^{\circ}33'$ に位置する。

地質は堆積岩類及び火山岩類を貫く花崗岩と新期の流紋岩質斑岩より成っている。

熱水変質作用は峡谷の斜面に主として見られ, カオリン化作用が主体であり, 弱い珪化作用及びカリ変質作用を伴う。

本変質帯自体はそれ程興味深くはないが, 本変質帯付近に有望鉱床賦存の可能性は充分予想されるため, 同変質帯付近は広域調査を行うことが望ましい。

2-11 Amosita 地区

当地区は Inventario Gran Minería 報告から抽出されたもので, Chitigua 図幅中の南緯 $21^{\circ}40'$, 西経 $68^{\circ}47'$ に位置する。

当地区は丘陵であり, ジュラ紀の堆積岩類とこれを貫く閃緑岩より成っている。閃緑岩は末変質であり鉱化作用の痕跡もなく, 興味のない地区である。

2-12 Aguas Blancas 地区

当地区は航空写真解析により抽出されたもので, 南緯 $21^{\circ}38'$, 西経 $68^{\circ}49'$ に位置する (Fig. III - 4)。

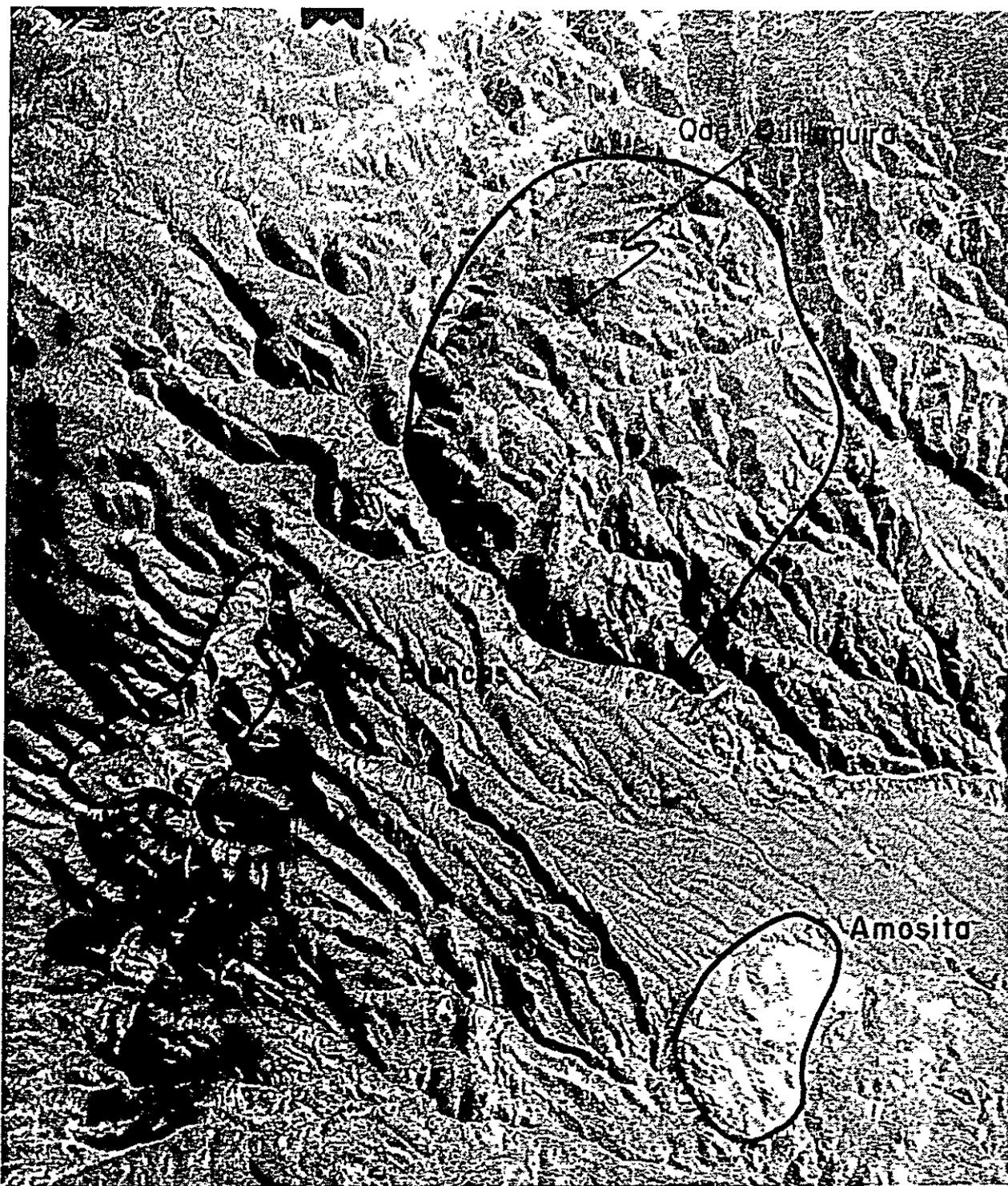


Fig. III-4 Quebrada Quillaquirá, Amosita and Aguas Blancas prospects

当地区の構造的位を考えると Chuquicamata 鉱床の " West Fissure " の北部延長に対応する断層帯上にある。地質は流紋岩斑岩があり、この中に酸化銅及びカリ長石を含む小規模な鉱脈がみられる。

熱水変質作用は弱く、流紋岩斑岩は局部的にカオリンに変わっている。

上記の鉱徴及び変質帯自体は将来発展する可能性が少ないが、上記の " West Fissure " の北部延長上に当り、かつ、銅の鉱徴及び熱水変質帯がみられるなどの理由から、将来当地区付近は広域調査を行う必要がある。

2-13 Quebrada Quillaquirra 地区

当地区は航空写真解析により抽出されたもので、Chitigua 図幅中の南緯 $21^{\circ}52'$ 、西緯 $68^{\circ}48'$ に位置している (Fig. III-4)。

当地区の地質は火山岩類より成り、斑岩に貫かれている。この貫入岩体は未変質であり、鉱化作用の痕跡は認められない。

2-14 Ameletita (Cerro Tortuga) 地区

当地区は Inventario Gran Minería 報告に基づいて選定され、Cerro Jaspe 図幅中の南緯 $21^{\circ}52'$ 、西緯 $68^{\circ}48'$ に位置している。

地質はジュラ紀の堆積岩類とこれに貫ぬく閃緑岩より成る。閃緑岩は新鮮であり、堆積岩類にも熱水変質作用は認められない。当地区北東部には航空写真から熱水変質作用によると思われる白味がかった箇所が見られるが、ここには未変質な堆積岩が発達しているに過ぎない (Fig. III-5)

当地区はポーフィリ・銅-鉛-亜鉛床の探査を行うには興味のない所である。

2-15 Pastos Largos 地区

当地区は El Abra ポーフィリ・銅-鉛-亜鉛床北部の南緯 $21^{\circ}52'$ 、西緯 $68^{\circ}52'$ に位置している。

地質はジュラ紀の堆積岩類及び火山岩類より成り、小規模な貫入岩体を伴っている。これらはカオリン化作用を受けているが、鉱化作用は認められない。

この変質帯の規模 ($30 \times 15 \text{ km}$) は大きいですが、変質の程度及び鉱化作用の欠除を考えると、当地区は余り興味のある所ではない。

第 3 章 結 論

以上の地質概査の結果、Cerro Yocas 図幅中に位置する Quebrada Pinchal 地域を本年度の精査対象地域として選出した。

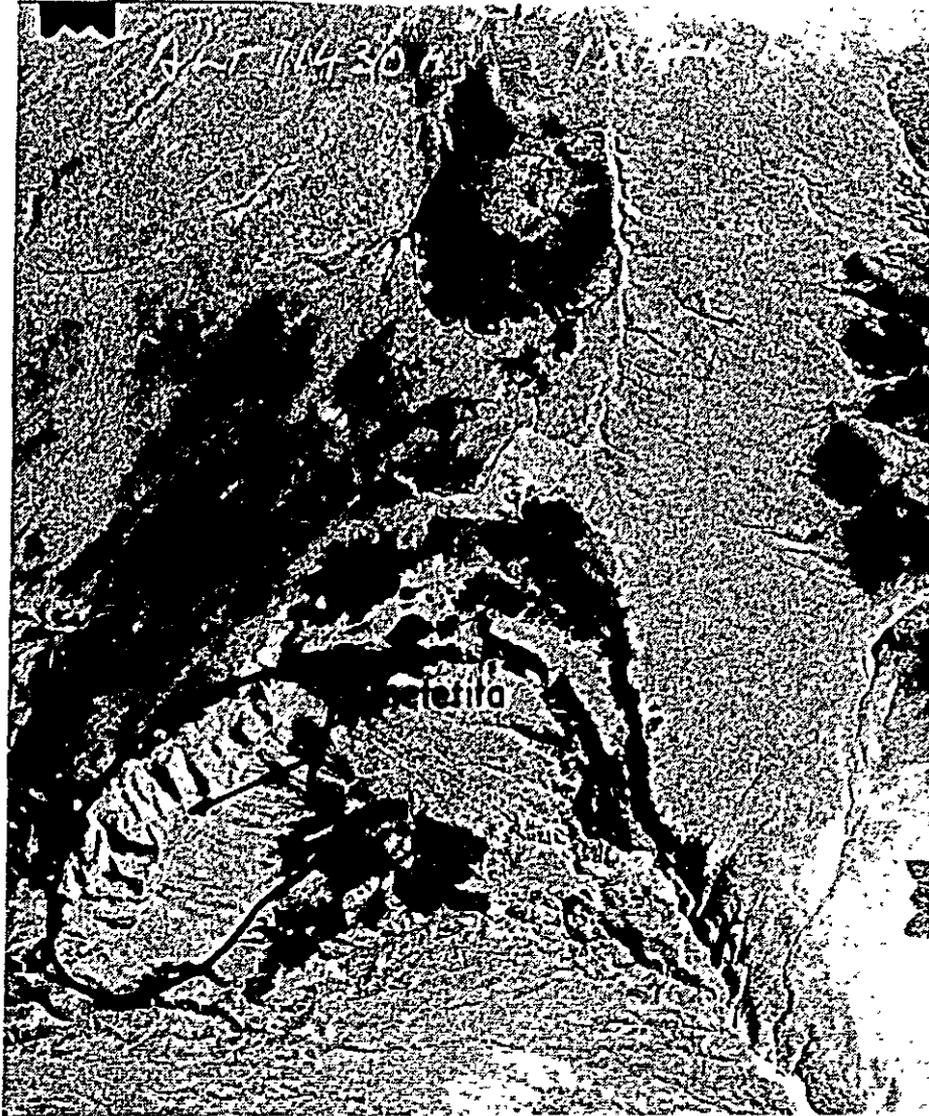


Fig. III-5 Ameletita (Cerro Tortuga) zone

第Ⅳ部

CERRO YOCAS地域

広域地質調査及び地化学探査

第 1 章 総 説

1-1 調査目的

本地域の地質調査は、次のような目的をもって着手された。すなわち、(1) Quebrada Pinchal 地域に賦存する鉍化変質帯の価値をより広域的に把握すること、(2) 新たな鉍化変質帯を発見すること、である。

1-2 調査地域の地理

1-2-1 地 形

本地域は Altiplano の西端部に位置している。本地域には南北方向の山脈が 3 列認められる。1 つは本地域の東端部に位置するもので最大標高 4,223 m を示し、2 つめは中央部を占め標高 4,500 m を最高峰とする Cerro Yocas 山脈、そして 3 つめは西端部にあり最大標高 3,400 m を示す。これらの山脈は比較的起伏の少ない高原によって区切られている。

1-2-2 交 通

本地域に到るには Cerro Yocas 山脈と東部山脈とを分かち高原上を南北に横切る非舗装道路による。この道路は北は Quebrada Blanca 鉍床に、南は Chuquicamata 鉍山に通じる。本地域内のもう 1 本の道路は Pinchal あられ石採掘跡と上記南北幹線道とを結ぶ非舗装道路がある。その道程は約 5 km で短いものである。

4 輪駆動車は Cerro Yocas 山脈の東側では、道路がなくともほとんどの地点へ到達できるが、西側は急峻で自動車では横断不可能である。したがって、本地域の西半分の地質踏査は困難をきわめ、北西部の一部の地域はごく簡単な概査にとどまった。

第 2 章 地 質

2-1 概 要 (PL.N-1, N-2, N-3 参照)

調査地域の地質は、古生界から現在までに亘っている。古生界は変堆積岩、片岩類、片麻岩であり、中生界は中部ジュラ紀～上部白亜紀の堆積岩類及び安山岩質火山岩類である。新生界は石英安山岩質～流紋岩質火山岩類と堆積岩類から成る。貫入岩類は白亜紀から第三紀にわたる花崗岩類から成る。本地域の層序並びに岩質は Table N-1 に示すとおりである。

堆積岩類の走向は本地域の東部で N-S、中央から西部にかけては N 20°~30° E を示している。傾斜は大局的には東部で西落し、中央部から西部にかけては東落しを示しており、中央や東部より N-S 方向の軸をもった向斜構造がみられる。

断層は東部で N-S 系が、また、中央～西部で NNE-SSW 系が顕著である。

本地域については著しい褶曲や断層の発達、花崗岩類の貫入、周辺地域の地質資料の不足あるいは地形的に踏査至難な箇所があった等の理由で完全な層序の確立が困難であった。また、調査地域の北西部の一部のような踏査困難な箇所については、航空写真による地質解析を行った。したがって本調査は概査的性格が強い。

2-2 層序及び岩質

2-2-1 古 生 界

本界は本地域の南西部に分布する変成岩類より成る。この地層を A 層と仮称する。

A 層 (変成岩单元)

本層は調査地域の南西部に大きく 3 ブロックに分かれて分布する。

岩相は変砂岩、絹雲母-石英片岩及び角閃石-黒雲母片麻岩などから成る。

変砂岩は本地域南西端の Quebrada Sujaza 沢左岸に小分布を成す。本岩は暗灰色、堅硬で、葉片状の片理構造が顕著である。

片岩は Quebrada Sama, Quebrada Cortadera の中流より南西部に分布する。本岩は一般に優白色を呈し、堅硬であるが、Quebrada Sama 流域の一部では暗灰青色を呈し、片麻岩様を示す箇所もある。片理構造が顕著にみられ、その走向は一般的に N 15°~30° E、傾斜 50°~60° SE を示すが、花崗岩質岩体に貫かれている周辺では著しくもめている。

鏡下観察では、石英、絹雲母、黒雲母などを主とし、これに少量の斜長石と酸化鉄鉱を伴っており、黒雲母-絹雲母-石英片岩に該当する。

片麻岩は Quebrada Cortadera 流域に分布する。本岩は黒雲母、角閃石などから成る黒色部分と石英、長石類などによる成る白色部分とが縞状をなした角閃石、黒雲母片麻岩である。

本岩には片状構造が顕著に発達しており、その走向は上記の片岩と平行している。

Table IV-1 Composite Stratigraphic Column of the Cerro Yocas Quadrangle

Geological Age	Formation or Unit	Columnar Section	Rock Facies	Thickness	Igneous Activity	Mineralization and Alteration	Remarks		
Quaternary	Recent		gravel, sand, silt		andesite rhyolite, dacite granitic rocks	Guacazul Mine Pinchal altered zone Puno altered zone			
Tertiary	Neogene	H	tuff	200m					
		Altos de Pica	pumice tuff	10-70m				K-Ar age 22.7 ± 0.5 m.y. by Christensen	
	G	conglomerate sandstone	150m						
Cretaceous	Jurassic	F	rhyolite, dacite	250m					K-Ar age 87 m.y.
		E	shale	2000m (-)					
			sandstone						
			conglomerate						
		D	andesite	2,000m (-)					
agglomerate tuff, tuff breccia									
C	andesite								
	shale, limestone	1,000m							
	sandstone								
shale, limestone, limestone, limestone, conglomerate									
Palaeozoic (?)	B	andesite sandstone	?			Oxfordian Sinemurian			
	A	metasandstone schist, gneiss	?						

本層は本地域に分布する最下位層であり、後述の花崗岩質貫入岩に対してはルフペンダントとして分布している。

2-2-2 中生界

本界は調査地域の大半を占め分布しており、火山岩類と堆積岩類から成る。

本界は5つの地層に細分され、それらを下位より上位に向ってB層、C層、D層、E層及びF層と仮称する。

(1) B層(火山性堆積岩单元)

本層は調査地域の西部から北西部にかけてNNE-SSW方向にベルト状に分布している。

本層が分布している地域は地形的に踏査困難であり、したがって航空写真による地質解析を行った。その結果では本層は主として酸性～中性の火山噴出岩から成り、その中に砂岩等の堆積岩類を挟在しているものと解される。また、同岩類は比較的堅硬であり、弱い片理様構造がみられるところから弱い変成作用を受けているものと解される。

下位層との関係は断層で接しているため詳細は不明である。

(2) C層(含化石单元)

本層はQuebrada Pinchal 沢の上流及び中流域に小分布を成すほか、地域の西部にはNNE-SSW方向に帯状に分布している。

岩質は頁岩、石灰岩、石灰質砂岩、礫岩などから成るが、このうち頁岩の分布が最も広い。礫岩の一部は陸成層でその他は海成層と解される。

このうちQuebrada Pinchal 沢上流域に分布する本層は粗粒砂岩と礫岩から成り、見掛上下位に礫岩が多い。また、Quebrada Pinchal 沢中流域に分布する同層は礫岩、石灰質砂岩、頁岩、石灰岩の互層から成る。西部に分布する同層は砂岩、石灰岩の互層より成る。

頁岩は主として石灰岩と互層して分布する。紫灰色、暗灰色を呈し、石灰質になると黒色を示し後述の貝化石を含有している。本岩は比較的堅硬で層理の発達は良好である。

石灰岩は黒色を呈し、薄層をなして上記頁岩と互層する場合が一般的である。本岩中にも後述の貝化石を多含する。

砂岩はQuebrada Pinchal 沢の中、上流域に多く分布し暗灰色、帯緑灰色を示したやや脆弱の中～粗粒質岩である。特にQuebrada Pinchal 沢中流域に分布する本岩は石灰質で後述の貝化石を多含する。

礫岩は主としてQuebrada Pinchal 沢上流に分布しており一般に暗灰色を呈するが、花崗岩質の貫入岩に接する付近では緑簾石、緑泥石を多く産し帯緑灰色となる。本岩は上記の貫入岩に接する付近では著しく堅硬であるが、それから離れるに従いや脆弱となる。礫の大きさは1 cm から30 cmの中～粗粒質で、見掛上の上位程細かくなる。分級度は中程度である。礫種は花崗岩質岩が最も多く、その他砂岩、頁岩、チャート、石英、石英安山岩、片岩、石灰岩などから構成されている。本岩は上記貫入岩に接する付近で緑簾石化作用、緑泥石化作用、珪化作用及び再結

晶作用を受けている。鉱化作用は全く認められない。

上記の如く本層には貝化石を多産しており、それらを Appendix Table 1 に示した。これによる本層はシネムール階、トアルス階、アーレン階、カロープ階、オクスフォード階などに対比され、上～下部ジュラ紀に相当する。

下位層との関係は不整合である。

(3) D 層 (火山岩单元)

本層は調査地域の北部中央から南東部にかけて分布し、北部中央では分布範囲は広く、南東部では狭い。層厚は 2000 m (+) である。

本層は安山岩質火山岩及び同質火山砕屑岩類から成る。火山砕屑岩類は集塊岩、凝灰岩を主体とし、僅少の凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩などによって構成されており、熔岩と火山砕屑岩類が互層状をなす。また、本層には薄い火山岩を挟在している。同岩は上述の岩質に類似のものであるが、かんらん石玄武岩質の箇所も一部にみられる。

本層についての詳細は第 V 部で述べる。

本地域の南東端に分布する本層には酸化銅鉱、褐鉄鉱、赤鉄鉱などから成る脈状型の Guacazul 鉱床が発達している。その他にはほとんど鉱徴は認められない。また、本層には熱水質作用として後進の Pinchal 鉱化帯を除くと局所的な弱い緑泥石化作用、緑簾石化作用が認められる程度である。

下位置との関係は不整合である。

本層の形成時期は下位の C 層を不整合におよっていること、後述の E 層に不整合におよわれていることからして、主として下部白亜紀～上部白亜紀であると解される。

(4) E 層 (堆積岩单元)

本層は調査地域北部中央の Cerro Yocas 山脈沿いに NNW-SSE 方向に細長くベルト状をなして分布し、Cerro Yocas 山付近で広く、南部でせまくなる。

本層は下位の Cerro Yocas 礫岩部層と上位の Cerro Yocas 砂岩部層の 2 つに細分される。

(i) Cerro Yocas 礫岩部層

本部層は Cerro Yocas 山山頂から西斜面には N-S に帯状に分布し、その南部は Quebrada Cortadera 沢上流付近で狭くなり、更にその南部では砂岩層の中にレンズ状に挟在するようになる。同層の最大層厚は約 1,000 m である。本部層は帯褐淡灰色～褐灰色で明るい色調を示し堅硬である。礫は 0.2～5 cm 大 (通常 1～2 cm 大が多い) の細礫～中礫でレンズ状～垂円礫である。礫質は花崗岩質岩、アブライト質花崗岩、珪岩、石英片、珪質砂岩、チャート、頁岩、安山岩、流紋岩、絹雲母片岩などである。基質は砂質で全体がやま珪質である。本部層は東に向うに従い薄く (数 m～数 10 cm)、砂岩が多くなり、また、礫も小さくまばらになって Cerro Yocas 砂岩部層に移行する。

(ii) Cerro Yocas 砂岩部層

本部層は見掛上上記礫岩部層の上位にあり、その東に南北に帯状に分布している。本部層は砂

岩と頁岩の互層から成り、礫岩を挟在する。砂岩は緑色、褐色を呈し、堅硬である。明瞭な級化作用は認められない。本岩は安山岩質の礫が多い。なお、基質は上記礫岩にみられるほど珩質でない。

頁岩は本層の南部の Quebrada Pinchal 地域に上記砂岩と互層をなし分布している。本岩は北部で尖波し砂岩相に変化している。本岩は黒色～黒灰色を呈し堅硬である。層理の発達は良好である。

本層は礫岩が弱い珩化作用を、砂岩の一部が弱い緑泥石化作用及び緑簾石化作用を受けている程度である。級化作用は認められない。礫岩部層と砂岩部層とは整合である。

下位層との関係は次の理由により不整合と解される。すなわち、本層の礫岩は下位の安山岩礫を少量ながら含有しており、基底礫岩と考えられること、下位層と本層との間で岩相が急激に変化しており漸移帯が認められないこと、構造的に斜交している場合がみられることなどによる。

(5) F 層（流紋岩单元）

本層は調査地域の東端部に南北に広く分布する。岩質は北部で流紋岩質であり、南部では石英安山岩質である。

本岩は赤褐色～帯紫褐色で堅硬緻密であり、径1～5mmの石英斑晶が普遍的に認められる。本岩には噴出相と貫入相との両者の発達と考えられる。

級化変質作用については第V部で述べる。

本層は水平に近い構造をなし、一方本層と接する下位層は30°～50°の傾斜を示しており斜交している。したがって、下位層との関係は不整合と解される。本層の形成時期については第V部で述べるように上部白亜紀と考えられる。

2-2-3 第三系

本系は海成堆積岩類、流紋岩質火山砕屑岩及び安山岩質凝灰岩より成る。Cerro Yocas山の東山麓に分布する海成堆積岩類をG層、流紋岩質火山砕屑岩をAltos de Pica層、また安山岩質凝灰岩をH層と仮称する。

(1) G 層

本層は Cerro Yocas 山、Cerro Añaguaya 山の東山麓に小範囲な分布を成す。

本層は礫岩、砂岩、及びこれらの互層より成るが、全体がかなり石灰質であることが特徴である。また、一部に薄い石灰岩を挟む。本層には貝化石を多産する。

礫岩は Quebrada Puno 沢の上流域に分布しており、E層を薄く被覆している。礫は垂角礫で0.2～5cm大を示し、礫の種類は砂岩、安山岩、花崗岩、アブライト、閃緑岩がみられる。

砂岩は Cerro Yocas 山東山麓に分布し互層を成し、紫灰色～褐灰色の軟質岩である。本岩中に貝化石を産する。層理の発達は良好であるが分級度は悪い。

本層には級化変質作用は全く認められない。

本層とその下位のF層との関係は接している箇所がみられないため不明である。本層は同岩質

のE層と一部接しているが、E層の層理は50°～60°の傾斜を成すのに対し、G層は10°前後の緩傾斜をなしており、したがって、E層との区別は容易である。本層は貝化石を多産するか時階を決定するような資料は得られなかった。

(2) Altos de Pica 層

本層は Pampa Yocas 平原, Pampa Carcanal de Chara 平原,あるいは Quebrada Cortadera 沢, Quebrada Sama 沢, Quebrada Pinchal 沢, Quebrada Coipuno 沢などの流域に分布する。本層は流紋岩質軽石凝灰岩より成る。本層はチリ北部では普遍的に分布している。放射能元素による絶対年代測定の結果では中新世とされている。なお、詳細は第V部に記述した。

(3) H 層

本層は調査地域南西部に小範囲に散在する。本層は安山岩質凝灰岩より成り、赤灰色～緑灰色を呈する固結度の低く、層理の発達が良好である。

本層には鉍化変質作用は全く認められない。

下位層との関係は、構造が斜交することから傾斜不整合と解される。本層の形成時期を小す資料は得られなかった。

2-2-4 第四系

本系は河川流域あるいは Cerro Yocas 山脈と東部山脈とにはさまれた高原などに分布する。岩質は砂、礫、シルトなど未固結の河成及び崖錐堆積物から成る。

2-3 貫入岩類

2-3-1 深成岩類

本岩類は貫入岩類の中で最も分布が広い。岩質は花崗岩相から閃緑岩相までみられる。産状は底盤、岩株、岩脈状などを成す。底盤は本地域の中央南部に分布している。第V部で述べる花崗閃緑岩Aは本岩体の東縁部に当る。この底盤の周辺部及びE層分布域に岩株及び岩脈が分布している。

K-Ar法による絶対年代測定結果、本岩類には少なくとも2回の活動時期が想定される。1つは上記底盤状をなす岩体で、測定した試料は同岩体の東縁部から採取された黒雲母花崗岩で約6,600万年の値が得られた。この数字は白亜紀と古第三紀の境の時期を示している。他の1つは地域の中央や、北東に分布する岩株状の石英閃緑岩で、約3,200万年の値が得られた。これは古第三紀漸新世に属する。

2-3-2 半深成岩類

本岩類は第V部の Quebrada Pinchal 地域に主として分布しており、石英モンゾニ斑岩、モンゾニ斑岩、閃緑斑岩、石英閃緑斑岩などがあり、これらについては第V部で述べる。

2-3-3 火山岩類

本岩類についても第V部の Quebrada Pinchal 地域に主として分布しており、岩質等につい

ては同部で述べる。

以上の貫入岩類で鉍化変質を受けているのは Quebrada Pinchal 地域に分布するそれを除くと、上記岩株状の文象花崗岩と底盤状花崗岩体の一部である。前者の場合は同岩体の一部が弱い石英-絹雲母変質と粘土化変質を受けており、また、角礫化した本岩の隙間を充填して赤鉄鉱、褐鉄鉱が認められる。後者の場合は、岩体の東端部に近い箇所に網状の褐鉄鉱、赤鉄鉱、石英を伴った石英-絹雲母変質作用が認められる。

2-4 地質構造

A層の層理面は大局的には走向 $N 15^{\circ} \sim 20^{\circ} E$ 、 $70^{\circ} \sim 80^{\circ} E$ あるいは W を示す小褶曲構造の繰り返しが見られる複雑な構造を呈し、層厚や層序の確立を困難にしている。

B層の構造も大局的には走向 $NNE - SSW$ を示しているが、片理様小構造が細かくうねっている。

C層の場合三つのブロックで構造が異なる。すなわち、西部に分布する同層では走向 $N 15 \sim 20^{\circ} E$ で、傾斜は $45^{\circ} \sim 70^{\circ} SSE$ となり、中央に分布するものは走向は西部の場合と変わらないが、傾斜が $50^{\circ} \sim 75^{\circ} E$ 及び W を示し、波状の褶曲構造を呈している。東部の場合、走向は上記二者とほとんど変わらないが、傾斜が $60^{\circ} W$ をなしている。すなわち、東西で傾斜が向い合い中央部で小単位の褶曲構造を繰り返している。

D層になると上述した下位層と走向が異なり、 $N - S$ あるいは $N 20^{\circ} \sim 30^{\circ} W$ を呈するようになる。また、傾斜も上述の下位置より緩傾斜 ($20^{\circ} \sim 30^{\circ} E$) となる。

E層の構造は概して垂直に近い急傾斜をなすことで特徴付けられる。特に Cerro Yocas 山付近で急傾斜 ($80^{\circ} \sim 85^{\circ}$) を示し、Cerro Yocas 山の東山麓付近をほぼ $N - S$ に通る軸をもった向斜構造が発達している。走向は細かい屈曲はあるが、大局的には $N - S$ を示す。

E層の上位の F、G 及び Altos de Pica 層はほとんど水平に近い構造をなす。

断層は、D層より古い地質が分布する地域ではそれらの地層の走向にほぼ平行した $NNE - SSW$ 系が優勢で、D、E層分布域では $N - S$ 系が卓越している。この $NNE - SSW$ 系と $N - S$ 系の関係は接している箇所が認められないので不明であるが、 $NNE - SSW$ 系が E層まで達している場合はごく一部しかみられず、したがって $N - S$ 系よりも早期の運動と解される。

褶曲構造で最も規模の大きいものは、D、E層が受けている向斜構造である。これは E層の分布域のほぼ中央を $N - S$ 方向の軸をもったものであり、 $N - S$ 系断層はその東翼で顕著である。

2-5 考 察

以上の調査結果から、本地域の地質及び地質構造を考察すると、次のようなことが考えられる。

(1) 本地域における基盤岩類は、古生代の片岩類及び白亜紀から古第三紀の活動とみられる花崗岩類とみなされる。

(2) NNE-SSW系の構造はD層より下位の地層に特徴的なもので、N-S系はD層、E層、F層などを規制しており、N-S系がNNE-SSW系を切っている。このことはNNE-SSW系の構造運動後造山運動、陸化、浸蝕が行われ、その後D層、E層の堆積、N-S系構造運動といった過程を想定しうる。

(3) また、Cerro Yocas山付近をN-S方向に通る向斜構造の軸沿いに小岩株、岩脈が多数分布していること、あるいはN-S方向に伸長しているF層などから判断すると、F層を形成している火山岩類の活動、上記貫入岩類の活動はN-S系の褶曲構造や断層に規制されたものと解される。この構造は後述するが、熱水変質作用とも関連した本地域における第三紀形成の金属鉱床探査に極めて重要な意味をもってくるものと解される。

2-6 地 史

以上のことから、本地域の地質を地史的に総括すると、次のように考えられる。

すなわち、本地域では先ず片岩などから成る古生層を基盤として中～下部ジュラ紀に海成（一部陸成）堆積物が堆積（D層）した。その後、造山運動に伴った構造運動が行われ、NNE-SSW系の断層、褶曲構造が形成され陸化、浸蝕後、上部ジュラ紀～下部白亜紀になって安山岩質火山活動が活発に行われた。同活動衰微後、再び造山運動が行われ、陸化-浸蝕-海進の過程を経て、海成堆積物（E層）が堆積した。再び行われた造山運動、浸蝕作用の後N-S系の構造運動があり、上部白亜紀にこの構造に規制された酸性火山活動が先駆的に行われ、引続き旺盛な貫入活動が古第三紀漸新世まで続いた。この貫入活動時期にポーフィリ・カッパー型の熱水変質作用が行われた。なおN-S系の構造運動時期には、古いNNE-SSW系構造も若干同構造沿いに活動している。漸新世以降再び浸蝕作用があり、中新世になって酸性火山活動が起り、流紋岩質軽石堆積物（Altos de Pica層）を噴出し、下位層を広くおぼった。その後現世まで本地域では活発な構造運動はみられない。

第 3 章 応用地質

3-1 概 要

本地域には2箇所のポーフィリ・銅型鉱化帯と1箇所の銅の鉱脈型鉱化帯及び1箇所の銅の鉱脈型鉱微地が存在する。ポーフィリ・銅型のうち北部に位置するものを Quebrada Puno 鉱化帯、南部に位置するものを Quebrada Pinchal 鉱化帯と仮称する。また、銅脈型鉱化帯は過去に調査、探鉱がなされた Guacazul 鉱山と呼称されているものである。鉱脈型鉱微は本地域の北東部に位置しており、北東部鉱微地と仮称する。

この他本地域には、井金鉱床として Quebrada Pinchal 沢中流域に位置した アラゴナイト鉱床があり、Pinchal アラゴナイト鉱山と呼ばれている。

以上のうち、Quebrada Pinchal 鉱化帯については第V部で述べ、Guacazul 鉱山については第III部で述べてあるので本章では省略する。

上記のポーフィリ・銅型鉱化帯は、いずれも古第三紀の活動と考えられる岩株状貫入岩類と密接な関係をもって形成されており、地表では褐鉄鉱、赤鉄鉱、石英、電気石などが網状、鉱染状、細脈状あるいはパイプ状角礫帯の隙間を充填して産している。初生鉱化作用、酸化銅鉱あるいは二次富化作用は認められない。

上記の鉱化作用に関連して形成されたと思われる熱水変質帯も所々にみられ、主として石英-絹雲母変質作用から成る。

鉱脈型鉱化帯及び鉱微地は酸化銅鉱及び微量の黄銅鉱、黄鉄鉱が小裂隙を充填しているものである。

アラゴナイト鉱床は Altos de Pica 層の下位にそれと調和的にはほぼ水平にレンズ状をなし発達したものであり、1972年まで採掘されたが現在は休止している。

3-2 鉱化帯及び鉱微

(1) Quebrada Puno 鉱化帯

本変質帯は調査地域の中央やや北東部の南緯 $21^{\circ}20'$ 、西経 $68^{\circ}49'$ 、Quebrada Pinchal 鉱化帯の北約10kmの地点に位置する。所在地の標高は約4,000mである。

前述の Quebrada Blanca 地域に至る幹線道路が本鉱化帯の約500m東を通り交通は至便である。

本鉱化帯は南北2km×東西1kmの広がりをもつ。母岩はE層に貫入する古第三紀漸新世の文象花崗岩岩株である。この岩株中に5箇所のパイプ状の角礫帯が形成されている。各角礫帯はおよそ100m×60mの露出面積をもっており、ほぼ垂直に立っている。同帯は5~10cm大の文象花崗岩質の角礫の集合から成っており、礫は復元性をもっていないことから、移動しているものと解される。同礫が強い石英-絹雲母変質作用を受けており、基質は赤鉄

鉱、褐鉄鉱、石英、電気石などから成っている。この角礫帯から採取した試料の分析結果では、Au 40ppb, Ag 5ppm, Cu 71ppm, Pb 53ppm, Zn 24ppm, S 0.061%, F 836%, Mo 81ppm, Mn 24ppm, As 700ppm の値が得られた。

この角礫帯と角礫帯の間は粘土化作用を受けている。この粘土化帯より採取した試料のX線解析結果では、石英、葉ろう石、カオリン、明礬石及び少量の沸石などがみられる。この粘土化帯中にはほとんど割目の発達は認められず、また、上記の角礫帯にみられるような赤鉄鉱等の酸化鉱物もほとんどみられない。

この他本鉱化帯には極く少規模の石英閃緑岩岩株(K-Ar法で約3,200万年)が上記角礫帯、あるいは粘土化帯を切って貫入しており、同岩体自体はほとんど変質を受けていない。

また、上記文象花崗岩の周辺部の被貫入岩(E層)は、弱い珪化を受けている程度でその他の鉱化変質作用は認められない。

(2) 北東部鉱徴

本鉱徴は本地域の北東、Quebrada Puno 変質帯の東4kmに位置している。

本鉱徴はD層の安山岩中にみられる酸化銅鉱より成る細脈で、孔雀石、珪孔雀石、褐鉄鉱、赤鉄鉱などが弱い割目を充填しているものである。この細脈は走向N-S及びN10°W、傾斜90°を示し、接近かつ平行して2条発達している。脈幅は30～40cmを有す。各脈の分析結果では、次のような値が得られた。

	Au ppb	Ag ppm	Cu %	Pb ppm	Zn ppm	S %	Fe %	Mo ppm	Mn ppm	As ppm
11W-S1	60	<2	2.30	905	1,250	0.015	4.05	7	1,250	75
11W-S3	<15	3	0.93	510	900	0.055	5.75	9	900	10

なお、本脈はGuacazul 鉱床の場合に酷似している。

母岩の変質は極めて弱く、脈際数cmが緑泥石化作用を受けている程度である。

(3) Pinchal アラゴナイト鉱床

本鉱床はQuebrada Pinchal 沢中流域左岸、南緯21°26'、西経68°30'、標高3,800mの地点に位置する。

本鉱床はAltos de Pica 層の下位に同層と調和的ほぼ水平をなし、レンズ状に胚胎したアラゴナイト鉱床で、鉱石鉱物は黄褐色を呈するアラゴナイトである。レンズ状鉱体の規模は約50×30mで厚さは10m以上に達する。上記鉱体は北部でQuebrada Pinchal 沢に、西部では断層で切られる。

本鉱床は熱水変質作用によるものと解され、1972年まで操業された。鉱石は1.5m角のブロックに切断され、アルゼンチンへ装飾用として輸出されていたが、市場の問題で操業中止となった。

3-3 鉍化作用及び熱水変質作用規制

本項では既述の Quebrada Pinchal 鉍化帯及び Guacazul 鉍床についても必要に応じて合わせて検討を行った。

3-3-1 関係火成岩

(1) Quebrada Puno 鉍化帯

本鉍化帯が文象花崗岩中のパイプ状角礫帯に偏在していること、付近に分布している石英閃緑岩には鉍化変質をおよぼしていないこと、などの点から本鉍化帯は文象花崗岩と密接な関係を有するものと解される。

(2) 北東部鉍徴

本鉍徴は D 層の安山岩中にみられ、付近に小岩株状の閃緑岩が分布しているが、分布がせまく詳細は不明である。

3-3-2 鉍化作用及び熱水変質作用と地質構造との関係

(1) 広域的地質構造との関係

本地域に発達する金属鉍床、鉍化帯、鉍徴及び熱水変質帯は PL-N-3 に示したように N-S 系向斜構造、あるいは N-S 系断層の発達している付近にいずれも分布している。

また、既述の通り N-S 系構造が多くの岩株、岩脈の貫入の場を規制しており、それら一部の貫入岩類と鉍化作用、あるいは熱水変質作用が密接している。

以上の点から、本地域にみられる鉍化作用あるいは熱水変質作用は、本地域東部に発達する N-S 系構造に規制されたものと解される。

(2) 局所的地質構造との関係

(i) Quebrada Puno 鉍化帯

熱水変質によって形成されたと考えられる石英-絹雲母変質帯は、上記パイプ状角礫帯にのみ産している。また、褐鉄鉍、赤鉄鉍、石英及び電気石なども本角礫帯のみに偏在している。このことは本地域にみられる鉍化変質帯がパイプ状角礫帯と密接な関係をもって形成されたことを示唆している。

(ii) 鉍脈型鉍化作用

本地域には酸化銅鉍から成る鉍脈型の鉍床 (Guacazul 鉍床) 及び鉍徴 (北東部鉍徴) がみられるが、それらはいずれも N-S 系断層の東側にあり同断層に平行した小裂罅を充填して形成されている。この小裂罅群は N-S 系断層の極く近傍に位置しており、同断層運動に伴って形成された小裂罅群と解される。したがって、本鉍化作用は N-S 系断層運動と密接な関係を有しているものと考えられる。

3-3-3 鉍化作用と変質作用との関係

Quebrada Puno 鉍化帯は前述のごとく、石英-絹雲母変質帯内にも認められ、付近に分布する粘土化帯中ではほとんど認められない。このことは石英-絹雲母変質作用と鉍化作用が密接し

ていることを示唆している。

3-4 考 察

Quebrada Puno 鉱化帯にみられる赤鉄鉱、褐鉄鉱については、(1)石英、電気石を伴っていること、(2)同酸化鉱物と密接して石英-絹雲母変質作用が認められること、などから Hypogene 起源と考えられる。

本鉱化帯の露出部に銅の鉱徴は全く認められず、また、化学分析結果でも Cu 71ppm の値を示すにとどまった。また、地化学探査(河床堆積物)の結果では、銅元素において周辺の非鉱化域よりもやや高い(60~75ppm)値を示す箇所が数箇所本鉱化帯の付近にみられるなどから判断すると、同帯を形成した鉱化作用は銅分の極めて少ないあるいはほとんど含有されていないような鉱化作用であったものと想定される。

また、本鉱化帯には同鉱化作用後の貫入と解される石英閃緑岩の小岩株が数岩体散在しており、したがって、地表下ごく浅所で同岩体が拡がっている可能性がある。

第 4 章 地 化 学 探 査

4-1 概 要

Cerro Yocas 地域の探鉱の補助手段として、河床堆積物について地化学探査が実施された。約 450 ㍍の面積から 299 個の試料が採取され、Cu, Mo, Zn, Mn 及び As について分析された。

河床堆積物試料は 1975 年の 11 月中に Cerro Yocas 地域の地質踏査と並行して採取された。西部地域は、現地調査に際し困難な場合が多く、その採取密度は東部地域のそれよりも低い。既に前章で述べた地質上の特徴を考慮すれば、その点は問題ではない。

地化学探査の結果、本地域にある 2 つの熱水変質帯は異常域として示されなかった。この点はいずれの変質帯が不毛帯であるという事実と一致する。

4-2 試料の採取

試料は河川の水路そのものより採取されたが、それらの水路は採取時に乾燥していた。河床堆積物試料は上に砂や礫より成り、ほとんど有機物を含まない。試料はベースキャンプで篩分けられ、80 メッシュ以下の部分が分析用に供された。

4-3 試料の分析

80 メッシュ以下に調整された試料は、IIG で Cu, Mo, Zn, As 及び Mn が分析された。分析方法は Quebrada Huiquintipa 地域の試料に対して行われた方法と同じである。すなわち、Cu, Zn 及び Mn は原子吸光分析装置により定量され、As は Gutzeit 法により、Mo は比色法により分析された。

4-4 データの統計処理

最初の段階として、試料は採取地点の岩石単位に基づいた区別をせずに処理された。各元素はそれぞれ、確率紙への累積度数のプロットの結果、単純な対数正規分布 (Tennant and White, 1959) を示した。したがって、改めて岩石区分を考慮した処理が必要であった。

統計母数の計算には Garret (1967) によるコンピュータプログラムの Gestat I が使用された。Table N-2 に平均、標準偏差、分散等の値を示した。

Table IV-2 Means, Variance and Standard Deviation of Stream Sediment Samples

Element	\bar{X}	Variance	Standard deviation	$\bar{X} - 1S$	$\bar{X} + 1S$	$\bar{X} + 2S$	$\bar{X} + 3S$
Cu	37.6	0.010	0.100	29.8	47.3	59.6	75
Zn	69.2	0.017	0.131	51.0	93.5	126.2	171
Mn	664.4	0.012	0.107	518.8	850.8	1,089.6	1,395
Mo	3.9	0.018	0.135	2.8	5.3	7.2	10
As	19.7	0.108	0.329	9.2	42.0	89.7	191

Variance and standard deviation are expressed in log units.
Mean is the geometric mean of the results.

上述のように、Cu, Mo, Zn, Mn及びAs について、累積度数曲線が対数 - 確率紙上にプロットされた。級間隔は Lepeltier の方式 (1969) に従って決められ、ゆえに各曲線の点の数は 10 ~ 20 である。度数は最高値から最低値まで累積された。このように 100% が最低の級に一致し、除去された。0.05 の確率値における信頼限界は Lepeltier (1969) のグラフを使った方法を用いてプロットされた。信頼領域を外れて、1 点が分布する As の場合は例外であるが、他の元素はかなりよく直接上に合致する (Fig. N-1)。なお、各元素ごとのヒストグラムは Fig. N-2 に示したとおりである。

各々 2 元素間についての相関係数は Gestat 1 のコンピュ-タープログラムによって得られた。Table N-3 に相関係数を示したが、Zn と Mn のみが正の高い相関を示す元素である。負の相関はとるにたらない。

Table N-3 Coefficient of correlation

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.28	0.25	0.08	0.09
Zn	0.28	1.00	0.81	-0.11	-0.04
Mn	0.25	0.81	1.00	-0.05	0.01
Mo	0.08	-0.11	-0.05	1.00	0.30
As	0.09	-0.04	0.01	0.30	1.00

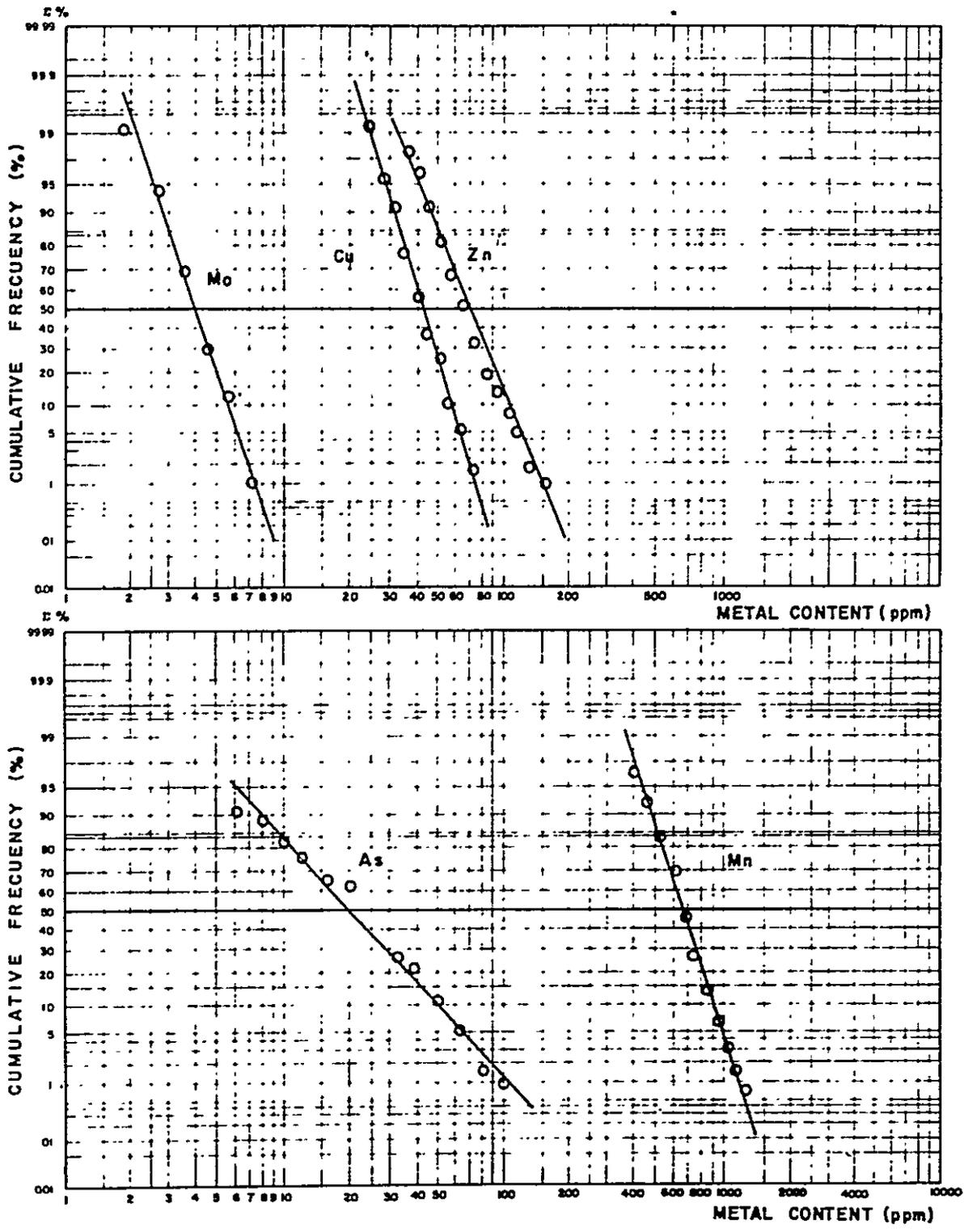


Fig. IV-1 Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Cerro Yocas Quadrangle
N = 299

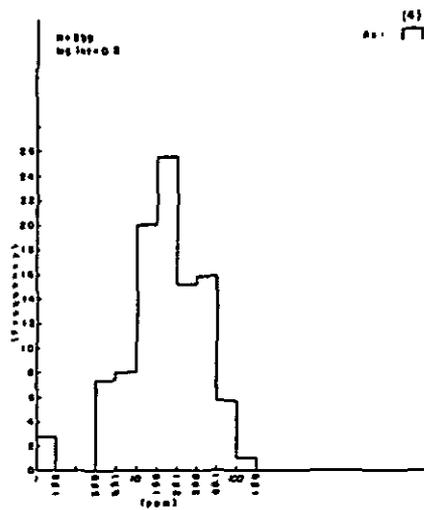
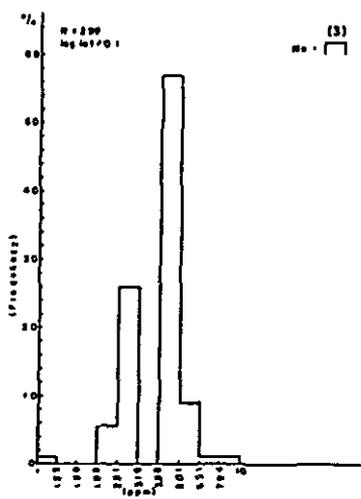
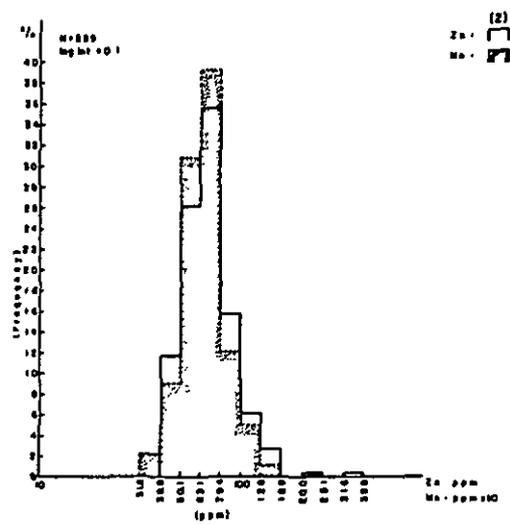
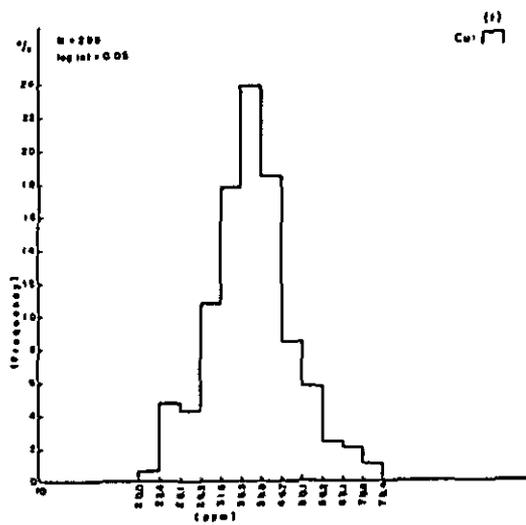


Fig. IV-2 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Cerro Yocas Quadrangle

4-5 結果及び検討

本地域に実施した地化学探査の結果から、異常域は認められなかった。一般に、分析値は、既知のポーフイリ・カッパー鉱床地域より得られた値よりも、数倍も低く、普通の山地における河床堆積物の平均値として報告された値と差が認められない。(Table IV-4 参照)

Table IV-4 Comparison of stream sediments values from the Cerro Yocas quadrangle with those of normal igneous rocks and El Abra porphyry copper deposit (ppm)

Element	Cerro Yocas		El Abra \bar{X}	Normal igneous rocks ¹ \bar{X}
	\bar{X}	$\bar{X}+2S$		
Cu	38.6	57.28	392.6	70
Zn	72.8	131	8.3	80
Mo	4	6.3	11.6	1.7
As	25	64.78	-	2
Mn	685	1,054.5	465	1,000

(*) From Green (1959).

統計的異常値(平均+2倍の標準偏差値)は数が少なく、各元素について明らかになった点は次に示すとおりである。

(1) Cu

Cu の値は対数正規分布をとる単1母集団に相当する。

14 個の試料(5%)についてのみ、Cu 含有量が $\bar{X}+2S$ より多い。これらの値を2種類に区分すると、2つの分布域が認められるが、それらはいくぶん不規則な分布を示す。1つの分布域(4試料)はQuebrada Puno変質帯の南約1kmの地点に位置する(PL. N-4)。これらの試料を採取した2つの水系の地質は比較的新鮮な花崗岩質岩類より成っているが、鉱化作用の証拠はみられない。Quebrada Puno変質帯中の水系も異常値を示さない。したがって、これらの試料は変質帯と関係をもたない。

もう1つの高い値(3試料)の分布域はGuacazul 沢に位置し、その分布域はGuacazul 鉱微地の鉱脈に関係していると解される。

Cuの異常値は他の元素の異常値と相関関係を有しない。

(2) Zn

Zn の値は単 1 母集団に相当し、対数正規分布を示す。

9 個の試料 (3 %) が $\bar{X} + 2 S$ より大きい値を示し、その分布は不規則である (PL. N-4) 。
更に、これらの異常値は Mn とは高い相関関係を示す。Mn の高い値に伴う Zn の高い値は河床堆積物の粒子を被覆した Mn が Zn を捕捉吸着する働きによっている。

(3) Mo

Mo の値は対数正規分布を示す単 1 母集団を形成する。

3 個の試料 (1 %) のみが $\bar{X} + 2 S$ より大きい値を示し、それらの分布は不規則である (PL. N-4) 。

(4) As

As も対数正規分布を示し、単 1 母集団を形成する。

4 個の試料 (13 %) が $\bar{X} + 2 S$ よりも高い値を示すが、その分布は不規則で、何らの地化学的異常を示すものではない (PL. N-4) 。

(5) Mn

Mn と他の元素、特に Cu、Zn との相関関係の有無を確認するために、Mn が分析された。堆積物の粒子にマンガンが付着すると吸着による捕捉効果が現れるが、その結果、元素の高い濃集がもたらされる。Zn の場合については既に述べたように、この濃集は重要な異常値とはならない。

第 5 章 結 論

本地域の主要地質構造は N-S 系であり、火成活動並びに火成活動に関連した熱水作用及び鉍化作用も同様にこれらの構造に規制されている。

Quebrada Puno には微弱な熱水変質帯がみられたが、銅の鉍化作用は認められず、地化学探査結果でもこのゾーンに伴う異常値を示さなかった。したがって、この地域には銅鉍床賦存の可能性は少なく、今後調査の対象とはなり得ない。

本地域にみられる銅鉍脈鉍床は、小規模で、稼行の対象とはなり得ない。

本地域の地化学探査結果では、異常域を示さなかった。一般に今回得られた分析値は、既存のポーフィリ・カンパー鉍床地域において得られた値より低く、未変質の岩石の平均値に類似している。

第 V 部

QUEBRADA PINCHAL 地域

地質精査及び地化学探査

第 1 章 総 説

1-1 調査目的

調査地域は、第Ⅲ部に述べた既存資料によるポーフイリ・カッパー鉍床賦存有望個所の地質概査によって精査対象地域として選ばれたものである。

調査目的は、この地域のほぼ中央に賦存する鉍化変質帯の価値及び発展性を地質精査と地化学探査によって検討し、更に将来の探鉍価値の可否を判断すること、及びその周辺に対し、新しい有望鉍床賦存の可能性を地質精査並びに地化学探査によって検討すること等にある。

第 2 章 地 質

2-1 概 要

本地域は、いわゆるアンデス地向斜の東翼に位置し、その地向斜運動末期の旺盛な火成活動の行われた箇所に当る。

本地域の地質は下位より上位に礫岩より成る C 層、これを不整合におゝい安山岩熔岩及び同質火山碎屑岩類より成る D 層、砂岩を主体とした砂岩、頁岩及び礫岩の互層より成る E 層、これらと不整合を成し分布する石英安山岩熔岩より成る F 層、そしてこれらのすべてを不整合におゝう輝石凝灰岩層より成る Altos de Pica 層等によって構成されている。このうち、最上部の Altos de Pica 層は新第三紀、その他は中部ジュラ紀～白亜紀である。

貫入岩類としては、深成岩～半深成岩類としてモンゾニ岩質、閃緑岩質及びそれらの斑岩類、火山岩類として流紋岩、石英安山岩及び安山岩等が広く分布している。

本地域の層序並びに岩石は Table V-1 に示すとおりである。

地質構造は大局的には南北方向を示すが、貫入岩や断層の周辺ではやゝ乱れている。断層としては NE-SW 系が優勢である。

2-2 層序及び岩質

2-2-1 ジュラ系～白亜系

ジュラ系～白亜系に属する地層として、本地域に分布しているものは C、D、E 及び F 層で、同地域の大半を占めている。本系は海成堆積岩及び安山岩質、石英安山岩質火山岩類より成る。

(1) C 層

分布；本層は調査地域の南西端に小範囲に分布する。本層は後述の安山岩々脈に貫ぬかれ不規則な分布を成すほか、石英モンゾニ斑岩の上にルーフペンダント状をなして分布している。

岩質及び構成；本層は礫岩より成る。この礫岩は、灰白色ないし帯緑灰色を呈し、堅硬で礫の大きさは、直径 20 cm から 1 cm まで種々様々であるが、こぶし大が最も多く円礫から亜角礫を示す。礫種は花崗岩質礫が主構成礫で、その他は砂岩、頁岩、チャート、石英及び僅かに安山岩等から成る。

鉍化変質作用；本層は安山岩や石英モンゾニ斑岩等の貫入岩の周辺で強い珪化作用、緑簾石化作用及び一部再結晶作用を受けている。また、局部的に黒雲母化作用を受けている箇所も認められる。貫入岩近傍では以上のような変質を受けているため、一見火山岩起原の角礫岩に酷似している。しかし、貫入岩から離れるに従い漸次上記の変質の程度も弱くなる。鉍化作用を受けている箇所は認められない。

時代及び層位関係；調査区域内では本層形成の時代を決定する資料を得ることはできなかった

Table V-1 Composite Stratigraphic Column of the Quebrada Pinchal Area

Geological Age	Formation or Unit	Columnar Section	Rock Facies	Thickness	Igneous Activity	Mineralization and Alteration
Quaternary	Recent		gravel, sand, silt			
Tertiary	Neogene	Altos de Pica 	pumice tuff	10m+		
	Palaeogene					
Cretaceous	F		dacite lava	40m+		
	E		black shale	600m+		
			sandstone with conglomerate and black shale			
			conglomerate			
	D		andesite lava	700m+		
		tuff and lapilli tuff				
		tuff breccia				
C		conglomerate	60m+			
Jurassic						

	andesite dacite granodiorite A quartz monzonite porphyry aplite, granodiorite B quartz diorite porphyry diorite porphyry rhyolite	quartz monzonite porphyry aplite, granodiorite B quartz diorite porphyry diorite porphyry rhyolite	mineralization and alteration mineralization and alteration rhyolite	
--	--	--	--	--

が、本層と同一層準に当る調査地域の更に南部に分布する礫岩に貝化石を含んでおり、Vladimir Covacevich C. (IIG) による本化石の鑑定結果では、中部ジュラ紀のカロブ階に属する。本層は本地域の最下位層である。

層厚；60 m (+)

(2) D 層

分布；本層は調査地域の西半分に広く分布する。

岩質及び構成；本層は安山岩熔岩及び同質火山砕屑岩類より成る。本層の上位に安山岩熔岩が下位で火山砕屑岩が卓越している。安山岩は緑色ないし緑紫色を呈し、一般に塊状緻密である。その代表的試料のモード計算では斜長石 71.5%，角閃石 15.5%，石英 6.0%，カリ長石 4.0%，不透明鉱物 3.0% が得られ、角閃石安山岩を示す。なお、Streckeisen (1967) による石英-カリ長石-斜長石三角図では安山岩/玄武岩の範ちゅうに入る。

火山砕屑岩はいずれも安山岩質で凝灰角礫岩、火山礫凝灰岩及び凝灰岩より成るが、一部に泥質あるいは砂質凝灰岩を介在する。また、楕円状の火山弾を伴った凝灰集塊岩の介在も一部に認められる。火山砕屑岩類に含まれる礫は、その大半が安山岩より成るが、ごく僅かに花崗岩質の異質礫を含む箇所もある。礫は角礫ないし亜角礫が多い。

鉍化変質作用；本層は後述の Quebrada Pinchal 鉍化変質帯周辺で著しい石英-絹雲母化作用を、また、同帯から離れたところでは一般に弱いプロピライト化作用を受けている。

時代及び層位関係；本層は下位の C 層とは不整合をなす。本層の形成時代を決定する有効な資料は得られていない。しかし、上位を不整合におおっている F 層の絶対年代測定の結果、上部白亜紀とされており、また、本層下位の C 層が中部ジュラ紀とされている。したがって、本層の形成時期は中部ジュラ紀から上部白亜紀の間に形成されたものと解される。

層厚；700 m (+)

(3) E 層

分布；調査地域の中央部から東部にかけて南北に帯状に分布する。

岩質及び構成；本層は礫岩、砂岩及び頁岩等の互層から成るが、このうち砂岩が最も分布が広い。また、上位ほど頁岩が多く成り細粒質となる。

礫岩は灰白色ないし帯緑灰色堅硬であり、礫の大きさは 1～3 cm 大で中礫を示す。礫種は砂岩、頁岩、チャート、珪岩、花崗岩質岩、安山岩等より成るが、チャート、珪岩等の珪質礫が多い。円磨度は比較的よく円礫が多い。本岩石は E 層の層準的に下位に多く、砂岩と互層している。礫岩の単層の厚さは 0.5～2 m である。以上の性状から層間礫岩と考える。

砂岩は本層の主要構成岩でその 70% 近くを占めている。概して下位で粗粒、上位で細粒である。一般に緑色～緑灰色を呈するが、東部では緑色味が薄れ、灰色～灰黒色を示す。これは、後述する緑簾石化作用の強弱に起因する。堅硬緻密質である。層理の発達は比較的良好である。鏡下観察では、石英粒、珪質岩片が多く、そのほか長石片も認められる。

頁岩は一般に黒色ないし黒灰色を呈し堅硬である。層理の発達は良好である。数mの厚さで上記砂岩と互層する。層準的に上位に分布する。

鉍化変質作用；礫岩は緑簾石化作用，珪化作用を受けていることが多い。砂岩は西部ほど珪化作用，緑簾石化作用，緑泥石化作用を強く受けており，緑簾石よりなる黄緑色の縞が層理に平行している場合が所々で認められる。また，後述するモンゾニ斑岩や石英閃緑斑岩の周辺における砂岩や頁岩は，破砕化を受け3～10cm大の角礫になっており，基質は石英，電気石，褐鉄鉍，赤鉄鉍等によって充填されている。

時代及び層位関係，本層からその形成時代を決定するような資料は得られなかった。

下位層との関係は本地域では見掛上整合に見えるが，第Ⅳ部のCerro Yocas 地域で述べているように広域的な調査の結果不整合であると解される。

層厚：600 m (+)

(4) F 層

分布；本層は調査地域の東部に幅約2kmで南北に分布する。

岩質及び構成；本層は石英安山岩熔岩からなる。同岩は茶褐色を呈する場合が一般的で帯紫ないし帯桃褐色を示す場合もある。塊状堅硬である。

鏡下観察では流状組織あるいは弱いニュータキンチック構造を示し，斑晶として石英，斜長石，石基に微粒の石英，絹雲母，カリ長石，斜長石等が認められ，石英安山岩に該当する。

鉍化変質作用；斑晶の斜長石及び石基の1部が石英，絹雲母に変っている。また，部分的に方解石，緑泥石，電気石，カオリン及び赤鉄鉍も認められる。

本岩を母岩として，褐鉄鉍－赤鉄鉍－酸化銅鉍，あるいは電気石－石英より成る小規模鉍脈が数条発達している。

時代及び層位関係；前述したCerro Yocas 地域に分布する本層と同一層準にある石英安山岩（F層）のK-Ar法による絶対年代測定の結果，約9,000年の値を得た。これは上部白亜紀に属する。下位のE層とは不整合である。

層厚；40 m (+)

2-2-2 第三系

Altos de Pica 層

分布；本層は調査地域の北西端Quebrada Sama 沢中流域の台地及び調査地域の南東端のPampa Carcanal de Chara 平原を構成する。

岩質及び構成；本層は流紋岩質軽石凝灰岩よりなる。本岩は黄灰色ないし灰白色の塊状，多孔質で固結度が低く，白色の1×2cm大の軽石を多含する。基質は細かい火山灰よりなり，ガラス質である。鉍物片として石英，斜長石，黒雲母等が認められる。熔結作用は認められない。

本層には一般に干裂が認められる。したがって，その堆積は陸域かあるいは河口域と考えられる。

鉍化変質作用；本層は鉍化作用あるいは変質作用を全く受けていない。

時代及び層位関係；本層は上述の各地層を不整合におおっており、本地域における最も若い地層である。本層より化石は発見されなかった。本層はGalli(1968)によるAltos de Pica 層に岩質、産状とも酷似する。したがって、本層はAltos de Pica 層に対比されるものと解される。なお、Altos de Pica 層は放射能元素による絶対年代測定結果によれば中新世に該当するとしている。

層厚；10m + α

2-2-3 第四系

本系は現世堆積物から成り、調査地域の北東部に分布した礫、砂、シルトなどによって構成されている。

本堆積物はPampa Carcanal de Chara 平原の北に連続する平原を構成しており、その厚さは数メートルである。礫、砂に大きな移動はみられず、現地性及び近くから運ばれ堆積したものである。岩種は石英安山岩、閃緑岩類、砂岩、頁岩等から成る。

2-3 貫入岩類

調査地域は火成活動の極めて激しく行われた地域で種々の火成岩類が貫入している。以下深成岩、半深成岩及び火山岩の別に述べる。

(1) 深成岩

本地域に分布する本岩には、花崗閃緑岩、石英モンゾニ岩、アブライト等がある。このうち花崗閃緑岩をその貫入時期によって2つのグループに分け、早期貫入岩体を花崗閃緑岩A、後期のものを花崗閃緑岩Bと呼称する。

(i) 花崗閃緑岩A

本岩は調査地域の北西端に分布する。その産状は岩株状をなす。

本岩は帯緑灰色を呈し、比較的もろい塊状、中粒完晶質である。主成分鉍物は石英、斜長石、黒雲母、角閃石、カリ長石等よりなり、副成分鉍物としてはジルコン、燐灰石、スフェン等不透明鉍物がみとめられる。本岩の代表的な試料のモード計算による構成鉍物の比率は石英38.5%、斜長石46.0%、黒雲母6.7%、角閃石2.7%、カリ長石3.7%、ジルコン及び不透明鉍物2.4%である。

本岩におよぼしている鉍化変質作用は一般に弱い。鏡下観察によると斜長石が40~50%絹雲母に、黒雲母が30~40%緑泥石に、10%方解石に、また、角閃石が20%程度緑泥石に変わっている場合が一般的である。しかし、本岩体の中央部から北部にかけては石英、絹雲母、カオリナイト、アルナイト等から成るかなり強い変質帯が認められ弱いgossanを伴っている。また、局部的であるが磁鉄鉍々脈の発達もみられる。本岩は安山岩を貫ぬき、Altos de Pica 層におおわれている。第IV部に述べているCerro Yocas 地域の調査で本岩の連続である花崗岩質岩の

K-Ar 法による絶対年代測定によって約6,600万年の値が得られていることから、本岩の貫入時期は上部白亜紀から古第三紀に移り変わる時期に該当する。

(ii) 花崗閃緑岩 B

本岩は本地域の南部に岩株状をなして産する。

本岩は暗灰色を呈し、堅硬で中～細粒完晶質である。岩質は一部に石英閃緑岩の鉱物組成を示す部分もある。

主成分鉱物は斜長石、石英、カリ長石、黒雲母、角閃石等から成る。副成分鉱物には磷灰石、ジルコン、スフェン、褐瀝石等が認められる。

鏡下観察によるおおよその構成鉱物の比率は斜長石40%、石英25%、カリ長石10%、黒雲母5%、角閃石5%、不透明鉱物5%である。

本岩の蒙っている鉱化変質作用は一般に弱い。長石類が約10%絹雲母や粘土鉱物に変わっている程度である。また、本岩を母岩として石英-電気石角礫帯が形成されているが、その規模は小さい。

本岩はE層、後述の石英・モンゾニ斑岩等を貫く。またPinchal 鉱化変質帯をも貫いた産状を呈する。したがって、本岩の貫入時間はPinchal 鉱化変質帯形成後である。一方花崗閃緑岩AにはPinchal 鉱化変質帯と同一タイプの鉱化変質帯が形成されている。したがって同岩はPinchal 鉱化変質帯形成前の貫入である。すなわち、同鉱化変質作用の時期を境にして、その前後に花崗閃緑岩の貫入があったものと解される。なお、花崗閃緑岩Aは花崗閃緑岩Bよりも一般に粗粒質である。

(iii) 石英モンゾニ岩

本岩は調査地域の中央や東よりに分布する。産状は岩脈状あるいは小岩株状をなす。

本岩は優白色を呈し、比較的堅硬で中粒完晶質である。

主成分鉱物は石英、カリ長石、斜長石、黒雲母等より成り、いずれも他形をなす。副成分鉱物としては、ジルコン、スフェイン、不透明鉱物等が認められる。モード計算による構成鉱物比率は、石英27.3%、カリ長石43.7%、斜長石26.6%、不透明鉱物2.4%である。本岩の場合、非変質部は少なく、多くは斜長石、カリ長石が15～20%粘土鉱物に、黒雲母が40～50%絹雲母に変わっている。

本岩はE、F層を貫ぬき、後述の流紋岩岩脈によって貫ぬかれている。

(iv) アブライト

本岩は調査地域の西部に分布し、小岩株状をなしている。

本岩は優白色を呈し、粗粒完晶質で軟質である。

主成分鉱物は石英、カリ長石、斜長石、白雲母よりなり、副成分鉱物としては、ジルコン、不透明鉱物などがみられる。モード計算による主要構成鉱物比率はおおよそ石英30.8%、カリ長石45.6%、斜長石12.3%である。

本岩におよぼしている変質作用は弱く、カリ長石が一部絹雲母に変っている程度である。

本岩は、D層及び石英モンゾニ斑岩を貫いており、貫入時期は上部ジュラ紀～上部白亜紀以降の活動によると推察される。

(2) 半深成岩類

本岩類には、石英モンゾニ斑岩、モンゾニ斑岩、閃緑玢岩、石英閃緑玢岩等がある。

(i) 石英モンゾニ斑岩

本岩は調査地域の南西部にN-S方向に伸長し分布する。産状は岩株状、一部岩脈状をなし、小岩株が比較的分布の広い岩株の周りに分布する。

本岩は灰白色、褐色、桃褐色、暗灰色等を示し、堅硬で完晶質で斑状組織を呈する。岩質は花崗岩質から花崗閃緑岩質まで岩相変化する。

斑晶には石英、カリ長石、曹長石、角閃石、黒雲母等がみられ、石基は完晶質でカリ長石、石英、斜長石、緑簾石、緑泥石等より成る。

本岩はその中央部から東部にかけて初生鉱物がほとんど石英、絹雲母に変わった強い珪化作用、絹雲母化作用を受けており、また、褐鉄鉱、赤鉄鉱が細脈、鉱染あるいは網状に発達した gossan が形成されている。局部的には石英-電気石角礫帯も形成されている。本岩は後述する Pinchal 鉱化変質帯の鉱化作用及び熱水変質作用と最も密接な関係をもっているものと解される。

本岩はD、E層を貫いており、花崗閃緑岩Bによって貫ぬかれている。

(ii) 閃緑玢岩

本岩は調査地域の中央北部に分布し、小岩株状をなしている。本地域には2岩体のみしか分布していない。

本岩は暗灰色、堅硬で細粒完晶質である。斑状組織を呈し、斑晶として斜長石、黒雲母及び僅少の石英、不透明鉱物等がみられる。

本岩におよぼしている鉱化変質作用は弱く、僅かに斑晶の黒雲母や角閃石の結晶周縁部が緑泥石に、石基中の角閃石が僅かに緑泥石に変っている程度である。

本岩はE層を貫いており、流紋岩々脈に貫かれている。貫入時期はE層形成以降である。

(iii) 石英閃緑玢岩

本岩は調査地域の中央南部に1岩体のみしか分布していない。産状は小岩株状を成す。

本岩は暗灰色を呈した堅硬で細粒完晶質である。斑状組織を呈し、斑晶として斜長石、角閃石、黒雲母等が認められ、石基には、斜長石、石英、黒雲母等がみられる。

代表試料のモード計算による構成鉱物比率は斜長石70.3%、石英8.1%、黒雲母11.3%、角閃石3.2%、副成分鉱物2.7%である。

本岩体はその中央部が熱水変質作用を受けており、2次性黒雲母の生成が認められるほか、斜長石が石英及び絹雲母に、また、黒雲母及び角閃石の一部が緑泥石に変っている。この変質帯には弱いながら褐鉄鉱、赤鉄鉱からなる gossan が形成されている。

本岩はE層を貫いている。

(V) モンゾニ斑岩

本岩は、調査地域の中央や、南よりに分布している。産状は小岩株状を成す。

本岩は帯桃灰白色、や、脆弱である。完晶質で斑状組織を呈する。斑晶には斜長石がみられ、石基は完晶質で石英、カリ長石、黒雲母などからなる。また、副成分鉱物として磁鉄鉱、赤鉄鉱などを随伴している。

モード計算による構成鉱物比率は石英42.7%、カリ長石26.4%、斜長石24.6%、黒雲母4.4%、電気石0.4%、不透明鉱物1.5%である。

本岩体の北部は熱水変質作用を受けており、初生黒雲母の一部が2次生成の黒雲母に、長石類が絹雲母や粘土鉱物に変わっており、また、2次生成の細粒石英がみられる。なお、この変質帯に褐鉄鉱、赤鉄鉱からなる弱いgossanが発達している。

本岩の貫入時期はE層を貫いている。

(3) 火山岩類

本地域に分布する貫入火山岩類には安山岩、石英安山岩、流紋岩などがある。

(i) 安山岩

本岩は調査地域の西に広く分布している。産状は岩株状、あるいは岩脈状をなす。

本岩は暗緑色ないし帯紫緑色を呈し、堅硬緻密質である。岩質は角閃石安山岩で完晶質でポイキリチック組織を呈し、斑晶として半自形斜長石、角閃石がみられ、石基には斜長石、角閃石及び僅少の石英、カリ長石等が認められる。副成分鉱物として不透明鉱物、スフェイン、燐灰石等を含む。

本岩は一般的に弱い緑泥石化作用、緑簾石化作用を受けており、斑晶や石基の角閃石が緑泥石、緑簾石に変わっている。

本岩は上部白亜紀末から古第三紀初期にかけて活動したと考えられる花崗閃緑岩Aを貫いている。

(ii) 石英安山岩

本岩は調査地域の北西部に分布し、小岩株状、あるいは岩脈状を成す。

本岩は優白色を呈し、ルーズである。斑状組織を示し、斑晶として斜長石、カリ長石が認められ、石基は珪酸鉱物、斜長石、カリ長石等より成る。

本岩はそのほとんどが珪化、絹雲母化、粘土化作用を受けており、上記の斑晶及び石基の大部分が石英、絹雲母及びその他の粘土鉱物に変わっている。また、劣勢ながら“やけ”の形成もみられる。

本岩はD層を貫いている。

(iii) 流紋岩

本岩は調査地域の東部及び北西部に分布する。その産状は岩脈状及び岩床状をなす。

本岩は灰白色を呈し、軟質かつ多孔質である。岩床状の本岩は流状組織をもち、岩脈状のそれは

斑状組織を呈する。斑晶として半自形の斜長石、石英、黒雲母及び角閃石等からなる。斜長石は一般にアルバイト、カルスバート双晶をなす。石基はガラス質で球顆中にはトリカイトやクリストパライトが繊維状長石と連晶している。

本岩は鉍化変質作用を全く受けていない。

本岩はF層を貫いている。

2-4 地質構造

本調査地域の地質構造を支配している構造は、次の点からN-S系であると言えよう。すなわち、本地域の広い範囲を占めているD、E層の走向がほぼN-Sを示していること、大半の貫入岩類の伸長方向がほぼN-Sを示していることなどによる。

また、上部白亜紀以前の地層C、D、E層等は背斜あるいは向斜構造をなしており、また、地層も一般的に急斜し、かなり擾乱されている。一方上部白亜紀以降の地層（F及びAllos de Pica層）はほぼ平坦な構造を示している。

調査地域内に分布する最下位のC層は分布範囲が小さく、かつ礫岩から成っているため、その構造は判然としない。

D層には、NNW-SSE方向の背斜軸をもった背斜構造がみられ、その両翼が 60° ～ 70° と急傾斜を成している。

E層の走向は大局的には、N-S方向を成すが、細かくはZ字を引き伸ばしたような屈曲した走向を示している。すなわち、北部では $N30^{\circ}\sim40^{\circ}W$ 、中央部では $N0^{\circ}\sim20^{\circ}W$ 、南部で $N60^{\circ}W$ をなしている。傾斜は上記D層の背斜構造を反映しD層との境界付近では $50^{\circ}\sim80^{\circ}E$ と急傾斜しているが東に移行し $30^{\circ}\sim60^{\circ}W$ とやや緩くなっている。また、本層には小規模の波状褶曲が形成されている。

断層としては、NE-SW方向に平行した数条の断層が推定される。これは、Pinchal鉍化変質帯をもずらしていることが推定されるため、本地域の鉍化作用、変質作用後に活動した断層と解される。

また、D層に形成されている背斜構造に沿う小裂かが数多く発達している。これらは背斜構造の形成に伴って生成されたものであろう。

2-5 総括

本地域の地質は中部ジュラ系の礫岩（A層）の堆積に始まり、その後構造運動が起り、ある侵蝕期間をおいた後、すなわち、中部ジュラ紀～上部白亜紀の間に著しい安山岩質火山活動が行われ、厚い同質火山噴出物（D層）が堆積した。同時期の後半にはこの活動も衰微し、引続きE層の堆積が行われた。再び新たな構造運動により、本地域は陸化し、ある侵蝕期間において、上部白亜紀から第三紀にかけての石英安山岩質の火山活動によってC層が形成された。酸性～中性の火

成岩類の貫入活動が活発化した時期は、その後間もないものと考えられる。それらの活動と関連して本地域のポーフイリ・カッパー型鉱化帯が形成された。その後衰退した火山活動も、新第三紀中新世になって再び活発化し、流紋岩質軽石凝灰岩が下位層を広くおおった。その後現世まで侵蝕作用が続き、軟質の同岩は同作用を受けやすく、現在では、侵蝕をまぬがれた同岩がまだらに所々に残っている。

第 3 章 応 用 地 質

3-1 概 要

本調査地域にみられる鉍化作用には(1)網状-鉍染型、(2)石英-電気石型及び(3)鉍脈型の3つのタイプがある。このうち(1)、(2)に属するものは、各々独立した数多くの鉍化帯にわかれて分布しており、それらは本地域の西半分集中している。それらを地域別及び産状別に次の5つに区別した。

- 1) 北西部鉍化帯
- 2) 西部鉍化帯
- 3) Pinchal 鉍化帯
- 4) 中央部鉍化帯
- 5) 石英-電気石型鉍化帯

などである。上記のうち1)~4)は網状鉍染状の褐鉄鉍、赤鉄鉍から成り、5)は石英-電気石を主体に少量の褐鉄鉍、赤鉄鉍を伴う。なお、上記鉍化帯には初生鉍石鉍物及び酸化銅鉍は認められない。

鉍脈型に属するものは本地域南東部の酸化銅鉍を主体とした鉍脈と西部の磁鉄鉍々脈がある。これらを一括6)鉍脈型鉍化帯と仮称する。

変質作用にはカリウム質変質作用、石英-絹雲母変質作用、粘土化変質作用及びプロピライト化変質作用等の熱水変質作用がみられるが、上記の鉍化帯でこれらの変質作用を4つともそなえている鉍化帯はなく、常にいずれかを欠いた状態で存する。なお、上記の鉍化帯の多くが、石英-絹雲母変質作用とプロピライト化作用を伴っている。

なお、本地域内には稼行鉍山あるいは探鉍されたことのある鉍山は1箇所もみられない。

3-2 鉍化作用

(1) 北西部鉍化帯

本鉍化帯は調査地域の北西部にあつて、花崗閃緑岩A中に散在する鉍化帯群を一括総称したものである。それらの露出規模は平均約200m×100mで、楕円状を成して産出している。それらの伸長方向はNE-SW系が多いが、なかにはNW-SE系もある。

本鉍化帯は母岩中の微細な割目を褐鉄鉍、赤鉄鉍が充填した網状及び、一部細脈状を成すもので、鉍染状のものは非常に少ない。網状脈は約0.25mに1条の割合でみられ、単位脈幅は1~2%程度である。細脈は幅0.10~0.30mの摺動作用を受けた母岩中に数条の鉍脈がみられるもので、鉍化帯の伸長方向に平行している場合が多く、また、鉍化帯の消滅と共に細脈も消える。

これらの露頭の色は暗褐色～赤褐色を呈する。初生鉍石鉍物は認められず、また、酸化銅鉍もみられない。脈石鉍物として少量の絹雲母、石英、繊維石こうを随伴している。本鉍化帯のほとんどが石英－絹雲母作用を伴っており、一部の鉍化帯が粘土化変質作用を伴っている。

(2) 西部鉍化帯

本地域の主として西部に、小岩株状あるいは岩脈状の石英安山岩が11岩体分布しているが、それらが各々後述のような鉍化作用を受けている。これらを一括して西部鉍化帯と仮称した。それらの鉍化帯は個々独立して分布する石英安山岩体のみ形成されているもので、周囲の被貫入岩には鉍化作用をおよぼしていない。

本鉍化帯の規模は種々様々で最大600m×300m、最少40m×50mである。本鉍化帯は灰白色～淡褐色を呈し、母岩は脆弱である。

本鉍化帯は母岩の閉塞節理を褐鉄鉍が充填しているもので、局部的に連続性のない幅0.20m程度の石英・粘土脈がみられる程度で鉍化作用は極めて弱い。

本鉍化帯は、中程度の石英－絹雲母化作用を伴っている。

(3) Pinchal 鉍化帯

本鉍化帯は本地域の中央や南西部に分布しており、南北に伸長した楕円形の南北2km、東西0.5kmの露出規模を有するものと、その西部に主として分布するより小規模の鉍化帯群から成る。鉍化作用は主として岩株状の石英モンゾニ斑岩中にみられ、鉍化帯北部では一部被貫入岩のD層にもみられる。なお、東に接するE層にはほとんど鉍化をおよぼしていない。

本鉍化帯は網状、鉍染状及び細脈状を成している。網状割目の発達は約1mに1条と極めて荒く、脈幅は線条ないし数mm程であり、劣勢である。細脈状のものは同鉍化帯の北端に近いところにみられ、脈幅0.08～0.15mで、脈方向はN20°E系、N30°W系、E-W系などがみられるが、N20°E系が連続性に富み、最も優勢である。鉍染部も上記細脈群が発達する北部で強く、南部では弱い。なお、北部の比較的強い鉍染部もEl Abra鉍床やQuebrada Blanca鉍床に比べると極めて弱い。周辺の小規模鉍化帯群に成ると細脈、鉍染の発達は非常に弱く、母岩の閉塞節理に弱い鉍化がみられる程度である。本鉍化帯は茶褐色～赤褐色、一部暗褐色を呈し、母岩は脆弱である。

本鉍化帯には初生鉍石鉍物は全く認められず、褐鉄鉍、赤鉄鉍から成る。また、酸化銅鉍も認められない。脈石鉍物として、少量の石英がある。細脈の平均品位はAu < 15 ppb, Ag < 2 ppm, Cu 55 ppm, Pb < 25 ppm, Zn < 13 ppm, S(Total) 0.536%, Fe 6.68%, Mo 8 ppm, Mn 74 ppm, As 29 ppmである。

本鉍化帯には後述の石英－絹雲母変質作用と粘土化変質作用がみられ、前者が鉍化帯の大部分を占め、後者は局部的に分布するに過ぎない。最も広く分布する鉍化帯の周辺にそれを取り巻くように後述の石英－電気石型鉍化帯が散在している。

本鉍化帯の鉍化作用及び変質作用とも前述の細脈が発達する鉍化帯北部で最も優勢であり、南部で劣勢となる。したがって、鉍化、変質作用の中心は鉍化帯北部にあったものと解される。本鉍化帯内に花崗閃緑岩Bが分布しているが、同岩には極く小規模の石英-電気石型鉍化帯が所々にみられる程度で、上述のような鉍化あるいは変質はほとんど受けていない。したがって、同岩は本鉍化帯形成後の貫入と解される。

本鉍化帯の形成時期は母岩である石英モンゾニ斑岩貫入後、花崗閃緑岩B活動前であると考えられる。

(4) 中央部鉍化帯

本鉍化帯は本地域の中央や南部に分布した2つの鉍化帯から成る。その1つは中央よりに分布した小岩株状のモンゾニ斑岩中にみられるもので、他の1つは前者の南南西約600mに位置し、小岩株状の石英閃緑岩中にみられる鉍化帯である。

両者共露出規模は小さく、北部の鉍化帯が250m×150m、南部のそれが250m×100mを有する。また、北部の場合は、貫入岩の北端に、南部の場合は岩体中央部に形成されている。

いずれも貫入岩の閉塞節理を褐鉄鉍、赤鉄鉍が充填した網状を成しており、割目の頻度は0.25mに1条程度である。鉍染、細脈の発達は弱く、極めて劣勢な鉍化帯である。鉍化帯の色は茶褐色～レンガ色を呈する。初生鉍石鉍物及び酸化銅鉍は全く認められない。鉍化帯内の変質作用は北部の場合、カリウム質変質帯を石英-絹雲母変質帯が取り巻いており、南部の場合はカリウム質変質作用のみがみられる。鉍化帯周辺の母岩はいずれも弱いプロピライト化作用を受けている。

鉍化帯形成時期は、母岩の貫入岩がいずれもE層を貫していることから、中部ジュラ紀～上部白亜紀以降と解される。

(5) 石英-電気石型鉍化帯

角礫化した岩石中に主として石英及び電気石がみられる鉍化帯を、石英-電気石型鉍化帯と仮称した。

本鉍化帯は前述Pinchal鉍化帯周辺部、中央部鉍化帯の母岩となっている貫入岩類の外縁部及び本地域中央のE層地域南東部のF層などに散在している。

鉍化帯の平面的形状は、円型、楕円型、細長いレンズ型などがあり、その露出規模は直径20mから400m×200m大のものまでである。母岩は石英モンゾニ斑岩、花崗閃緑岩B、D層、E層及びF層などである。鉍化帯の色は電気石及び褐鉄鉍の影響で黒褐色～黒色を呈する。非常に脆弱である。

本鉍化帯は角礫化した岩石の隙間を主として石英、電気石が充填しているもので、隙間は母岩から構成されており、10cm大の角礫、垂角礫からなる。また、隙間に移動がみられる。基質は隙間と同質の岩片、石英、電気石のほか、少量の褐鉄鉍、赤鉄鉍などから成る。電気石は石英中に針状、放射状をなして産し、褐鉄鉍、赤鉄鉍は基質に散点している。上記の隙間は著しい珪化作用を受けており、基質は石英-絹雲母変質作用を受けており、絹雲母の量より石英の量が圧倒的に多い。

本鉍化帯は前述の Pinchal 鉍化帯形成後に貫入している花崗閃緑岩 B を母岩の 1 つとしていることから、Pinchal 鉍化帯より後期の鉍化作用であり、その鉍化時期は、F 層形成後すなわち、上部白亜紀以降と解される。

(6) 鉍脈型鉍化帯

本型の鉍化作用は、調査地域の南東部及び西部にみられる。南東部の場合、F 層を、西部のものは花崗閃緑岩 A を母岩としている。

南東部の脈状鉍床は、幅 1.80m の褶動運動によって生じた裂か中に酸化鉍物が浸み込んでいるもので、同鉍物には孔雀石、珪孔雀石、赤鉄鉍及び褐鉄鉍などがみられる。なお、鏡下観察で、赤鉄鉍中に微量の黄銅鉍、黄鉄鉍の散点がみられる。脈石鉍物として緑泥石、方解石を随伴している。

本鉍脈が調査地域内で銅鉍物を認めた唯一の鉍化帯である。脈内品位は $Au < 15 \text{ ppb}$, $Ag < 2 \text{ ppm}$, $Cu 3.85 \%$, $Pb 43 \text{ ppm}$, $Zn 149 \text{ ppm}$, $S 0.016 \%$, $Fe 3.58 \%$, $Mo 38 \text{ ppm}$, $Mn 149 \text{ ppm}$, $As 1,800 \text{ ppm}$ 。鉍脈の方向は $N 36^\circ E$, $80^\circ W$ を成す。本脈の露頭は 1 箇所であり、同質の平行脈あるいは交叉脈は認められない。

西部に分布する脈状鉍床は脈幅 10 ~ 40 cm の磁鉄鉍、石英より成る鉍脈で $N 60^\circ E$, 垂直が最も優勢で、そのほか、 $N 20^\circ W$, 垂直、 $N 55^\circ W$, 垂直など、より細脈が交叉している。

3-3 熱水変質作用

本地域にみられる熱水変質作用を現在 IIG で採用している下記の分帯基準に基づいて細分すると、次の 4 つに区分できる。

- (i) カリウム質変質作用
- (ii) 石英-絹雲母変質作用
- (iii) 粘土化変質作用
- (iv) プロピライト化変質作用

なお、この分帯基準にとり入れられている特徴的な変質鉍物組合せは Lowell と Guilbert (1970) による分帯で示されているそれとほぼ一致している。しかし、上記の 4 つの変質作用が本地域で 1 つの累帯分布を示しているのではなく、前述の各鉍化帯別に、それらのうちの 2 ~ 3 作用が明瞭な累帯配列を示さずみられるものである。IIG で採用している分帯基準は、カリウム質変質作用、石英絹雲母変質作用、粘土化変質作用、及びプロピライト化変質作用等に分類し、また、初生鉍物の変質鉍物に変化している割合を、肉眼及び顕微鏡観察によって、1 から 10 の段階にわけ、強弱の程度の基準としている。すなわち、数値が大きいほど変質が強いことを意味している。この分類法をまとめたものが Table V-2 である。

カリウム質変質作用は原岩の初生鉍物のカリ長石が 2 次生成のカリ長石及び白雲母に、また、初生のカリ長石、斜長石、黒雲母及び角閃石が 2 次生成の黒雲母及び硬石膏に変わっている場合で

ある。石英、絹雲母変質作用は初生鉱物のカリ長石、斜長石、黒雲母及び角閃石が、絹雲母及び石英に変わっている場合である。

粘土化変質作用は初生鉱物のカリ長石が5%以下絹雲母に変わっており、また、斜長石がカオリン及びモンモリロン石に、初生の黒雲母が、緑泥石及び一部2次生成の黒雲母に、また、初生の角閃石がカオリン及びモンモリロン石に変わっている等の場合である。

プロピライト化変質作用は初生のカリ長石は変質を受けていず、初生の斜長石が緑泥石、緑簾石一部モンモリロン石に、黒雲母が緑泥石、緑簾石、方解石に、また、角閃石が緑泥石、緑簾石、一部モンモリロン石等に変っている等の場合である。

なお、上記各変質作用にみられる変質鉱物の鑑定に当っては、顕微鏡観察及びX線解析によった。

以下3-2で述べた各鉱化帯別の熱水変質作用について述べる。(PL.V-3参照)

(1) 北西部鉱化帯

前述の如く、本鉱化帯はいくつかの小鉱化帯に分かれて分布しているが、その各々が独立した変質作用を受けている。この小鉱化帯の多くは石英-絹雲母変質作用を受けており、いくつかの鉱化帯が粘土化作用を受けている。各変質帯の間は弱プロピライト化作用がみられる。

石英-絹雲母変質帯は灰白色~淡褐色を呈し、絹糸光沢脆弱である。変質鉱物は石英、絹雲母を主体としており、これにカオリン鉱物、明ばん石を伴う。本変質帯に産しているカオリン鉱物、明ばん石はごく少量であるため分帯するまでに至らない。鏡下観察によると斜長石はほぼ100%、絹雲母に、また黒雲母は、白雲母に変わっている。

粘土化変質帯は灰白色を呈し軟質を示す。

X線解析による鉱物組合せは、カオリン鉱物、絹雲母、石英、カリ長石、斜長石等である。量的にカオリンが多く、石英、絹雲母が少ないため、粘土化変質帯に分帯した。なお、カリ長石、斜長石は初生鉱物と考えられ、初生鉱物がかなり残されており、したがって、本変質作用はごく弱いものである。

石英-絹雲母変質帯と粘土化変質帯の間を埋める如く分布するプロピライト変質作用については後述する。

(2) 西部鉱化帯

本鉱化帯も前述のように小鉱化帯群に分れて分布しており、各小鉱化帯別に熱水変質作用を伴っている。各鉱化帯内部にみられる同作用としては石英-絹雲母変質のみである。なお、各鉱化帯の周りの非鉱化部は弱いプロピライト化変質を受けている。

石英-絹雲母変質作用は各鉱化帯内部にとどまっており、周りの非鉱化部にはおよんでいない。

石英-絹雲母変質帯は灰白色~淡褐色を呈し、脆弱である。変質鉱物は石英、絹雲母を主体とし、ごく微量の明ばん石もみられる。X線解析による鉱物組合せは石英、絹雲母、斜長石であり、鏡下観察では斑晶のカリ長石、斜長石が20~50%の絹雲母と10%の粘土鉱物に変質し、石

Table V-2 Classification of Hydrothermal Alteration

Fresh rock	P	A	S	K
Quartz				
K-feldspar		5% Sericite		K-feldspar Muscovite
Plagioclase	Chlorite Epidote (Montmorillonite)	Kaoline Montmorillonite	Sericite Quartz	Biotite Anhydrite
Biotite	Chlorite Epidote Calcite	Chlorite (Biotite)		
Amphibole	Chlorite Epidote (Montmorillonite)	Kaoline Montmorillonite		

Abbreviation

P : Propylitic alteration

A : Argillic alteration

S : Phyllic alteration

K : Potassic alteration

基が石英に変わっている。したがって、その変質度は中程度である。

(3) Pinchal 鉍化帯

本鉍化帯に発達する変質帯は本地域で最も露出規模の大きいものである。熱水変質作用としては、石英-絹雲母変質と粘土化変質がみられるが、大部分は石英-絹雲母変質から成り、粘土化変質は石英-絹雲母変質帯内及びその周辺に散在している。また、石英-絹雲母変質帯の周囲は弱いプロピライト化変質を受けている。

石英-絹雲母変質帯は灰白色～淡褐色を呈しており脆弱である。強変質部は絹糸光沢を示めず。変質鉱物は石英、絹雲母、微量のカオリン鉱物である。X線解析によると、本変質帯の北部では石英、絹雲母のみから成り、南部及び周辺の小鉍化帯では石英、絹雲母、斜長石及び少量のカリ長石の組合せとなる。このうち斜長石は初生鉱物と考えられ、したがって、南部及び周辺の小鉍化帯では初生鉱物が残存していることがうかがわれ、変質度が本変質帯北部から南部及び周辺小鉍化帯で低くなっている。鏡下観察でもこの現象は認められる。すなわち、本変質帯北部では、石英53%、絹雲母33%、ジャロサイト細脈14%を示しており、原岩を識別することが困難であるのに対し、南部及び周辺小鉍化帯ではカリ長石、斜長石が30%～70%絹雲母に、石基が20%～70%石英に変わっている。

このことは、熱水変質作用の中心が本変質帯の北部にあったことを暗示している。

粘土化変質帯は灰白色～淡褐色を呈し、やや軟質である。

変質鉱物はカオリン鉱物、明ばん石、絹雲母、石英、緑泥石、緑簾石等である。鏡下観察では、斜長石、カリ長石が5%～30%粘土鉱物及び絹雲母に角閃石、黒雲母が10%～40%緑泥石に変わっている。また、石基は石英20%、絹雲母15%、緑泥石5%からなる。これからすると、本変質帯は中～弱変質である。

(4) 中央部鉍化帯

本鉍化帯は前述の如く北部と南部に各々別個に形成された2つの鉍化帯から成り、各々に別個の独立した変質作用がみられる。北部の場合はカリウム質変質作用と石英-絹雲母変質作用がみられ、前者をとりまき後者が分布している。分布範囲は後者が大きい。また、鉍化帯の範囲が石英-絹雲母変質帯の範囲に一致する。これらの変質作用は貫入岩の一部にのみみられ、同岩全域にはおよんでいない。また、石英-絹雲母変質帯の周りは弱いプロピライト化変質帯が取り巻いている。

カリウム質変質帯は、鉍化帯の西端に近いところに発達しており、60m×20mの平面的規模を有している。

本変質帯は帯桃白色～淡褐色を呈し、やや軟質である。

変質鉱物として明瞭な2次生成のカリ長石及び黒雲母が認められ、カリ長石は微細脈状、スポット状をなし、黒雲母はスポット状をなして産する。これらのほかに大量の石英、絹雲母が生成されている。

石英-絹雲母変質帯は上記のカリ長石、黒雲母がみられなくなり、石英、絹雲母のみになっている。

る変質帯である。この変質帯の外側は弱いプロピライト化変質に変わっている。

南部の鉍化帯にみられる変質はカリウム質変質作用から成り、貫入岩体の中央に分布しており、その平面的規模は180m×80mである。

本変質帯は貫入岩体全域にはおよんでいない。

本変質帯は帯桃白色～淡褐色を呈し、やや軟質である。変質鉍物及びその産状は北部の場合と同じである。ただ本変質帯には北部で発達しているような、石英-絹雲母変質帯は分布しておらず、カリウム質変質帯の外側は弱いプロピライト化変質に移っている。

(5) 石英-電気石型鉍化帯

本鉍化帯にみられる変質作用は石英-絹雲母変質作用のみである。変質帯は電気石のため、黒色～暗緑色を呈し、脆弱である。変質鉍物は石英、絹雲母がほとんどであるがごくまれにカオリン鉍物を産している。特に石英の量が圧倒的に多く、礫及び基質に著しい石英が認められる。

(6) プロピライト化変質作用

本変質作用は南北約5km、東西約4kmの20km²におよぶ広範囲な地域にわたっている。この変質帯の中に島状に上記(1)(2)(3)等の変質帯が分布している。

本変質帯の母岩はC, D, E各F層及び貫入岩類の花崗閃緑岩A, 石英モンゾニ斑岩, モンゾニ斑岩, 閃緑粉岩, 石英閃緑紛岩等であるが、なかでもC, D及びE層の西半分, 石英モンゾニ斑岩, 及び花崗閃緑岩Aなど Pinchal 鉍化帯を中心とした半径約2kmの範囲は比較的強いプロピライト化作用を受けている。しかし、本地域に認められる本変質作用は概して微弱である。本作用を受けている岩石は黄緑色, 灰緑色, 暗緑色を呈し、比較的堅硬である。

変質鉍物は緑泥石, 緑簾石, 方解石及び局所的な曹長石などである。鏡下観察によると斜長石が方解石及び曹長石に, 黒雲母, 角閃石が緑泥石, 緑簾石に変わっている。なお, 初生鉍物全体が変質鉍物に変わっている場合はまれで, 多くは結晶の周縁が2次鉍物に交代されている。その変質の程度は, 30%～50%である。なお, 緑泥石, 緑簾石は細脈; スポット状あるいは, E層の砂岩や頁岩の層理に沿い縞状の産状を呈する場合もみられる。

本作用が行われた時期は, F層の一部が本作用を受けていること, 花崗閃緑岩Bが本変質帯内に分布しているにもかかわらず, 本作用をほとんど受けていないこと等からして, 白亜紀後期以降, 花崗閃緑岩B貫入以前と考えられる。

3-4 鉍化規制

3-4-1 鉍化作用と火成岩の関係

本地域に分布している鉍化帯は前述の各鉍化帯で関係火成岩が異なるものと解される。すなわち,

- | 鉍化帯区分 | 関係火成岩 |
|--------------|--------|
| (1) 北西部鉍化帯…… | 花崗閃緑岩A |
| (2) 西部鉍化帯……… | 石英安山岩 |

(小岩株及び岩脈)

(3) Pinchal 鉍化帯… 石英モンゾニ斑岩

(岩株, 一部岩脈)

(4) 中央部鉍化帯…モンゾニ斑岩(小岩株)及び石英閃緑斑岩

(小岩株)

(5) 石英-電気石…花崗閃緑岩 B (小岩株)

型鉍化帯

(6) 鉍脈型鉍化帯…不明

(1) 北西部鉍化帯

本鉍化帯が花崗閃緑岩 A 岩体内に形成された網状鉍染状の鉍化帯であることから、関係火成岩は花崗閃緑岩 A と推察される。

(2) 西部鉍化帯

本鉍化帯は小岩株あるいは岩脈状の石英安山岩に発達しており、被貫入岩に鉍化作用をおよぼしていない。したがって、本鉍化帯は同岩と密接な関係をもつものと考えられる。

(3) Pinchal 鉍化帯

本鉍化帯は石英モンゾニ斑岩を中心に分布しており、周辺の被貫入岩で、鉍化作用は劣化している。したがって、同岩が関係火成岩と解される。

(4) 中央部鉍化帯

本鉍化帯に発達する 2 つの小鉍化帯は胚胎する各貫入岩を中心に鉍化作用が行われている。したがって関係火成岩は各鉍化帯を胚胎するモンゾニ斑岩と石英閃緑斑岩であると解される。

(5) 石英-電気石型鉍化帯

本鉍化帯は花崗閃緑岩 B 岩体内及びその付近に分布している場合が多い。したがって、同岩と密接な関係をもつものと考えられる。

3-4-2 鉍化作用と地質構造との関係

(1) 広域的地質構造との関係

第 IV 部で述べたのでここでは省略する。

(2) 局所的地質構造との関係

西部鉍化帯分布域から Pinchal 鉍化帯分布域にかけては、N 20°~30°W 系の小裂かが数多く発達している。この方向は D 層に発達する背斜軸に平行しているものであり、Pinchal 鉍化帯北部ではこの一部に鉍化作用がみられる。また、この裂か密集帯付近に小鉍化帯群が分布しており、この付近の鉍化作用を規制する 1 要因となっているものと解される。

また、E 層中に分布している石英-電気石型鉍化帯及び中央部鉍化帯はほぼ南北に配列している。この方向は、E 層中に発達する波状褶曲構造の軸方向に一致しており、鉍化作用を規制した

地質構造の1つといえよう。

Pinchal 鉍化帯を初めとする網状鉍化帯は各々関連した貫入岩の節理に鉍化が規制されており、また、Pinchal 鉍化帯に発達する細脈は前述の $N 20^{\circ} \sim 30^{\circ} W$ 系及び $N 10^{\circ} E$ 系の裂かが優勢である。

また、石英-電気石型鉍化帯は常に角礫化岩に伴っており、同岩が鉍化作用の場を規制していることは明らかである。

なお、本地域にみられる $NE-SW$ 系の推定断層に規制されている鉍化作用はみられない。

3-5 考 察

3-5-1 鉍化作用

上述のとおり、本地域には(1)~(6)の鉍化帯が発達している。このうち(6)の鉍化帯以外は、その産状形態からポーフィリ・銅型鉍化帯と解される。(6)の場合は産状、形態から鉍脈型鉍化帯である。

(1)~(5)の場合は、各鉍化帯共それを伴う各貫入岩を中心に鉍化変質作用が行われている。したがって、各々別個に鉍化作用が行われたものと解される。

(1)~(5)の鉍化帯にみられる網状の褐鉄鉍は絹雲母、石英、繊維石こうなどの脈石鉍物を伴っていること。また、鉍染状の褐鉄鉍、赤鉄鉍がみられること、などから、褐鉄鉍、赤鉄鉍の生成は Hypogene 起源の硫化鉍物の酸化溶脱作用によるものと考えられる。

(6)の鉍脈型鉍化帯の南東部の場合は1露頭しか把握されておらず、十分な考察はできないが、本鉍化帯の東約6 kmに同種類の構成鉍物から成る脈状鉍床(Guacazul 鉍山)が発達しているところから、本鉍化帯もこれと一連の鉍化作用によって形成されたものと推察される。

Pinchal 鉍化帯内及びその周辺に同鉍化作用後の貫入と考えられる花崗閃緑岩Bが分布している。同岩は下部でその分布が広がってゆくことが充分予想され、その場合本鉍化帯の分布域はせばめられることになろう。

3-5-2 変質作用

一般的にポーフィリ・銅鉍床の熱水変質では普通、同心円状の累帯分布が認められるが、本地域における熱水変質には、それがほとんど認められない。また、その組合せもプロピライト化変質作用を除くと、1作用の場合が多く、2作用以上の組合せがみられるのは、Pinchal 鉍化帯及び中央部鉍化帯の1部に限られており、しかもそれらが累帯分布を示しているのは中央部鉍化帯だけである。

この要因の1つとして、変質作用の中心と周辺間の熱勾配が急傾斜であったこと、すなわち、急激な熱水溶液の温度変化によって累帯分布を作り得なかったことが考えられる。このことは、熱水変質作用の規模が小さかったためと解される。

プロピライト化変質作用の成因については、(i)各鉍化帯が接近して形成されているため、その

各々に伴って生成した同変質地帯が重複して1つの広い変質帯として見掛上みられるのか、(ii)他の変質作用に先駆して広域におよぶ同変質作用が行われたかのいずれか判然としない。問題点として残されている1つである。

第 4 章 地 化 学 探 査

4-1 概 要

土地化学探査がQuebrada Pinchalの熱水変質帯で実施された。本調査の実施に当っては、この変質帯の範囲から異常域を明確にすることに主眼がおかれた。土壌試料の採取は1975年11月に地質調査と並行して実施された。分析結果の解析に当っては統計処理が行われた。

4-2 試料の採取

土壌試料はQuebrada Pinchal変質帯の中心部で規則的に、すなわち、格子状に100m間隔で採取された。

試料数473個、対象面積4,259 km^2 である。

試料は地表下10～26cmの深度の土壌が採取されたが、当地域の表土は薄く、有機物はほとんど含まれておらず、岩盤は通常1mより浅く、表土は1.0～0.4mの間で変化しているのではこの深度で充分と考えられる。

この変質帯の周縁部についてはチェック試料が採られたが、この補足的採試により73個の土壌試料が採取され、これを採試密度で見ると34個/ km^2 である。この他北西部では32個の河床堆積物が採取された。

4-3 試料の分析

野外調査キャンプにおいて、試料が80メッシュ以下に調整され、IIGでCu, Mo, Zn, As及びMnが分析された。分析方法はQuebrada Huiquintipa地域の試料に対して行われた方法と同一である。

4-4 データの統計処理

先ずグリッド上で採取された試料が採試位置の母岩の種類によって分けられた。すなわち、岩石の単位としては未変質な貫入岩、変質した貫入岩、及び未変質な堆積岩類・火山岩類の3つとした。

ヒストグラムと累積度数図に示すように、各々の岩石単位の解析では正規対数分布が見られる。全ての母集団について解析すると岩石単位の相違に応じた変化が見られるが、この場合でもその変化は比較的少なく、試料数及び岩石単位毎に得られる統計上の変数は全て試料を一括して解析した結果に対応しており、結論的に資料は岩石単位別にせず全体として扱って差支えないと言える。

補足的に取られた試料は別途処理された。Garret(1967)により組まれたコンピュータープログラムが、この統計処理に使われた。各々の元素(Cu, Mo, Zn, Mn, As)の累積度

数曲線が対数確率紙にプロットされた。数値間隔は Lepeltier の方法により決められ、各曲線上の点の数は 10～20 の間に入るようにした。頻度は最高値より最低値へ累積した。

Table V-3 はグリッド採取をした全試料について、解析した統計母数について Cu, Zn, Mn, Mo 及び As の各元素について示し、Table V-4 には岩石単位毎に解析した結果を示した。Table V-5 は補足的探査の結果を示した。

Fig. V-1 から Fig. V-2 は、グリッド採取した試料について 5 元素の各々の累積度数曲線及びヒストグラムである。

Table V-6 は当地区で解析された母数について元素別の相関係数を示している。これによると Cu - Mn, 及び Zn - Mn の間にのみ比較的高い正の相関が認められ、この関係は岩石単位毎の解析についても、一括した場合の解析についても認められる。他に元素間の相関は認められない。

4-5 結果及び検討

Quebrada Pinchal 変質帯で行われた地化学探査の結果では地化学的異常を見出すことはできなかった。Table V-7 に示すように、得られた値は既知のポーフィリ・銅-鉛-亜鉛床あるいは鉛化作用を伴い熱水変質帯における値と比較しても全く低いものである。

各元素の含有量の平面的分布状況を見るため、統計上の異常値 ($\bar{X} + 2S$, $\bar{X} + 3S$) を用いて等含有量線図を作成した。

グリッド探査及び補足的探査で解析された統計上の異常値については以下のように考察される。

4-5-1 グリッド探査

(1) Cu

累積度数曲線は岩石単位に応じて変化しており、試料数の 5% は $\bar{X} + 2S$ より大きく、(Fig. V-1 -1) 最大の銅含有量は 160 ppm である。

統計上の異常値は PL. V-4-1 に示すように地化学的意味を有する程高くない。

(2) Zn

Zn の累積度数曲線は 1 母集団型であることを示しており、わずかに 9 試料 (全体の 2%) が $\bar{X} + 2S$ より高い値を示しているが、これらの高い値のほとんどは重要な意味を持つものではなく、Mn の高い含有量に関係したものである。

(3) Mo

累積度数曲線は 2 母集団型であることを示し、Mo の高い値は変質した岩石に結びついている。

(4) As

累積度数曲線は 1 母集団型であることを示し、As の最高値は 60 ppm であり、As の高い値は貫入岩類と結びついている。

(5) Mn

本元素は Cu と Zn との関係を立てるために分析されたが、両元素との関係は多少の相関が

Table V-3 Means, Variance and Standard Deviation of Systematic Sampling

Element	\bar{X}	Variance	Standard deviation	$\bar{X} - 1S$	$\bar{X} + 1S$	$\bar{X} + 2S$	$\bar{X} + 3S$	Skew	Kurtosis
Cu	48.71	252.95	15.90	32.80	64.61	80.52	96.42	2.54	10.34
Zn	68.91	194.22	13.93	54.97	82.85	96.78	110.72	4.37	45.15
Mn	506.21	22,140.43	148.79	357.41	655.00	803.80	952.60	5.18	53.39
Mo	4.09	3.07	1.75	2.33	5.84	7.59	9.35	2.59	16.03
As	22.94	74.20	8.61	14.32	31.55	40.17	48.78	1.02	2.28

N = 473

Table V-4 Means, Variance and Standard Deviation of Systematic Sampling, Lithologic Grouping

SV = sedimentary - volcanic, N = 168
 ALT = altered, N = 126
 I = intrusive, N = 179

Element	Rock type	\bar{X}	Variance	Standard deviation	X - 1S	X + 1S	\bar{X} + 2S	\bar{X} + 3S	Skew	Kurtosis
Cu	SV	45.5	157.4	12.5	32.9	58.0	70.6	83.1	1.9	4.6
	ALT	54.5	406.2	20.1	34.4	74.7	94.8	115.0	1.9	4.4
	I	47.5	202.5	14.2	33.3	61.7	76.0	90.2	3.2	20.6
Zn	SV	71.0	341.9	18.4	52.5	89.5	108.0	126.5	4.8	37.3
	ALT	67.5	141.1	11.8	55.7	79.4	91.3	103.2	1.0	3.0
	I	67.8	88.4	9.4	58.4	77.2	86.6	96.0	0.1	1.8
Mo	SV	3.9	2.7	1.6	2.2	5.6	7.2	8.9	5.2	48.8
	ALT	5.0	3.7	1.9	3.0	6.9	8.8	10.8	0.8	0.5
	I	3.5	2.0	1.4	2.1	4.9	6.4	7.8	2.1	11.2
As	SV	21.9	63.0	7.9	14.0	29.9	37.8	45.8	0.2	0.3
	ALT	21.6	38.3	6.1	15.4	27.8	33.9	40.1	0.9	1.9
	I	24.7	105.1	10.2	14.5	35.0	45.2	55.5	1.0	1.4
Mn	SV	533.1	18,092.3	134.5	398.6	667.6	802.1	936.6	2.3	8.4
	ALT	503.0	48,861.6	221.0	282.0	724.1	945.1	1,106.2	5.1	38.1
	I	483.1	6,198.8	76.7	404.4	561.8	640.6	719.3	0.3	3.0

Table V-5 Means, Variance and Standard Deviation of Complementary Sampling

Element	Sampling	\bar{X}	S	$\bar{X} - 1S$	$\bar{X} + 1S$	$\bar{X} + 2S$	$\bar{X} + 3S$
Cu	S	48.95	11.86	37.09	60.81	72.67	84.53
	D	38.50	6.56	31.94	45.06	51.62	58.18
Zn	S	73.36	17.81	55.55	91.17	108.98	126.79
	D	71.44	16.09	55.35	87.53	103.62	119.71
Mn	S	621.41	280.24	341.17	901.65	1,181.89	1,462.13
	D	607.91	201.09	406.82	809.00	1,010.09	1,211.18
Mo	S	4.18	2.35	1.83	6.53	8.88	11.23
	D	3.47	1.22	2.25	4.69	5.91	7.13
As	S	24.21	10.76	13.45	34.97	45.73	56.49
	D	20.00	5.44	14.56	25.44	30.88	36.32

S = Soil samples (N = 73)

D = Stream sediment samples (N = 32)

Table V-6. Coefficient of Correlation

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.13	0.32	0.21	0.06
Zn	0.13	1.00	0.33	0.02	0.14
Mn	0.32	0.33	1.00	-0.08	-0.07
Mo	0.21	0.02	-0.08	1.00	0.10
As	0.06	0.14	-0.07	0.10	1.00

a) Total population, N = 473

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.02	0.45	-0.02	-0.05
Zn	-0.02	1.00	0.38	0.09	0.36
Mn	0.45	0.38	1.00	-0.15	0.11
Mo	-0.02	0.09	-0.15	1.00	0.02
As	-0.05	0.36	0.11	0.02	1.00

b) Sedimentary-volcanic, N = 168

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.39	0.34	0.11	0.14
Zn	0.39	1.00	0.31	-0.07	0.09
Mn	0.34	0.31	1.00	-0.07	-0.19
Mo	0.11	-0.07	-0.07	1.00	0.34
As	0.14	0.09	-0.19	0.34	1.00

c) Altered, N = 126

Element	Cu	Zn	Mn	Mo	As
Cu	1.00	0.18	0.28	0.39	0.13
Zn	0.18	1.00	0.41	0.03	-0.08
Mn	0.27	0.41	1.00	-0.08	-0.13
Mo	0.39	0.03	-0.08	1.00	0.18
As	0.13	-0.08	-0.13	0.18	1.00

d) Intrusives, N = 179

Table V-7 Soil Values Comparison Table

Prospect	Sample	Cu ppm		Mo		Zn	
		\bar{X}	S	\bar{X}	S	\bar{X}	S
El Abra	106	267	524	8.25	-	102	-
Qda. Blanca	337	486	-	24	-	119	-
Pinchal	473	48	16	4	3	60	13
Sierra Jardin	-	70	-	3	-	-	-
Tigamar	268	111	75	4	3	100	55

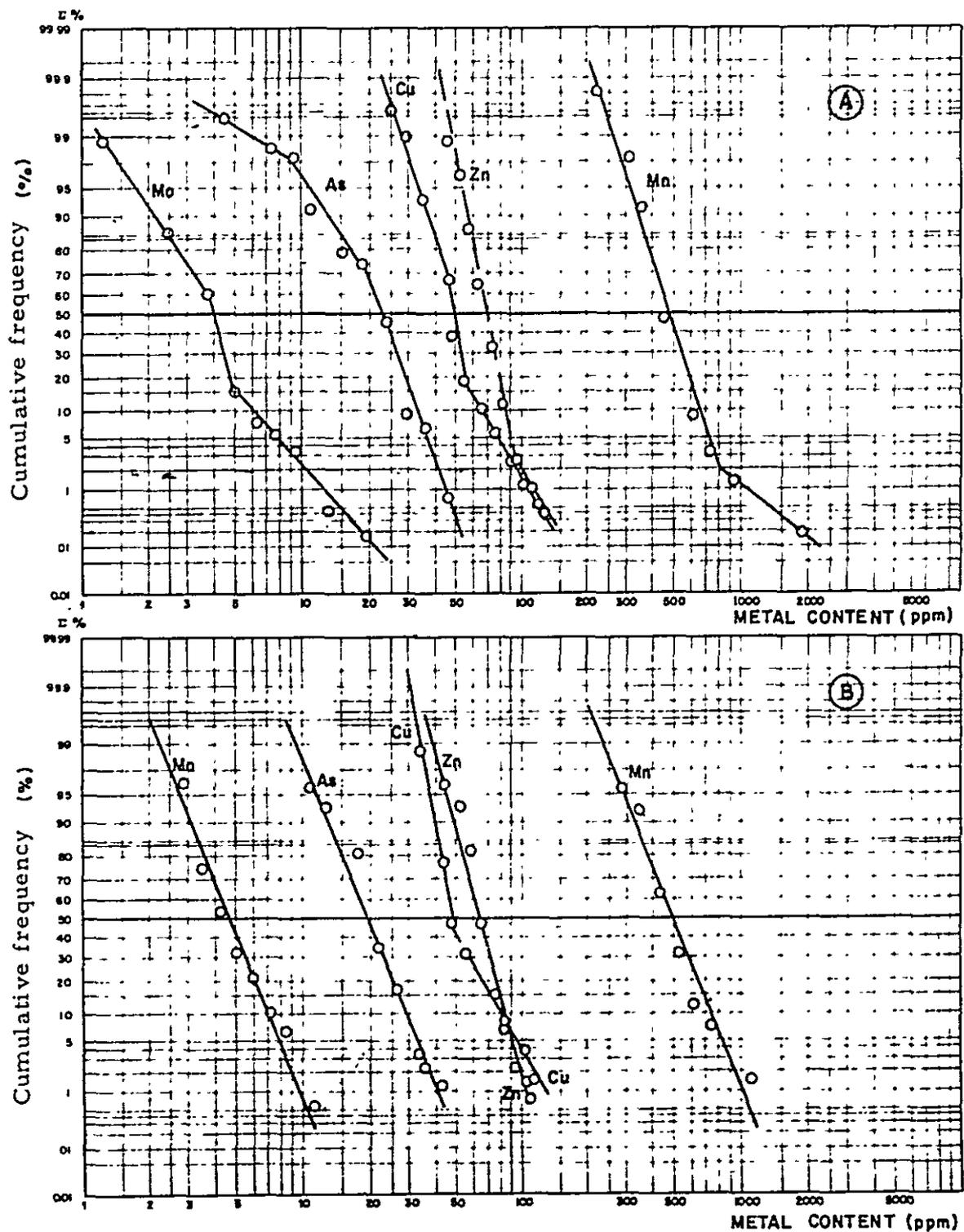


Fig. V-1-1 Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Pinchal

- (A) Total population N = 473
- (B) Altered subpopulation N = 126

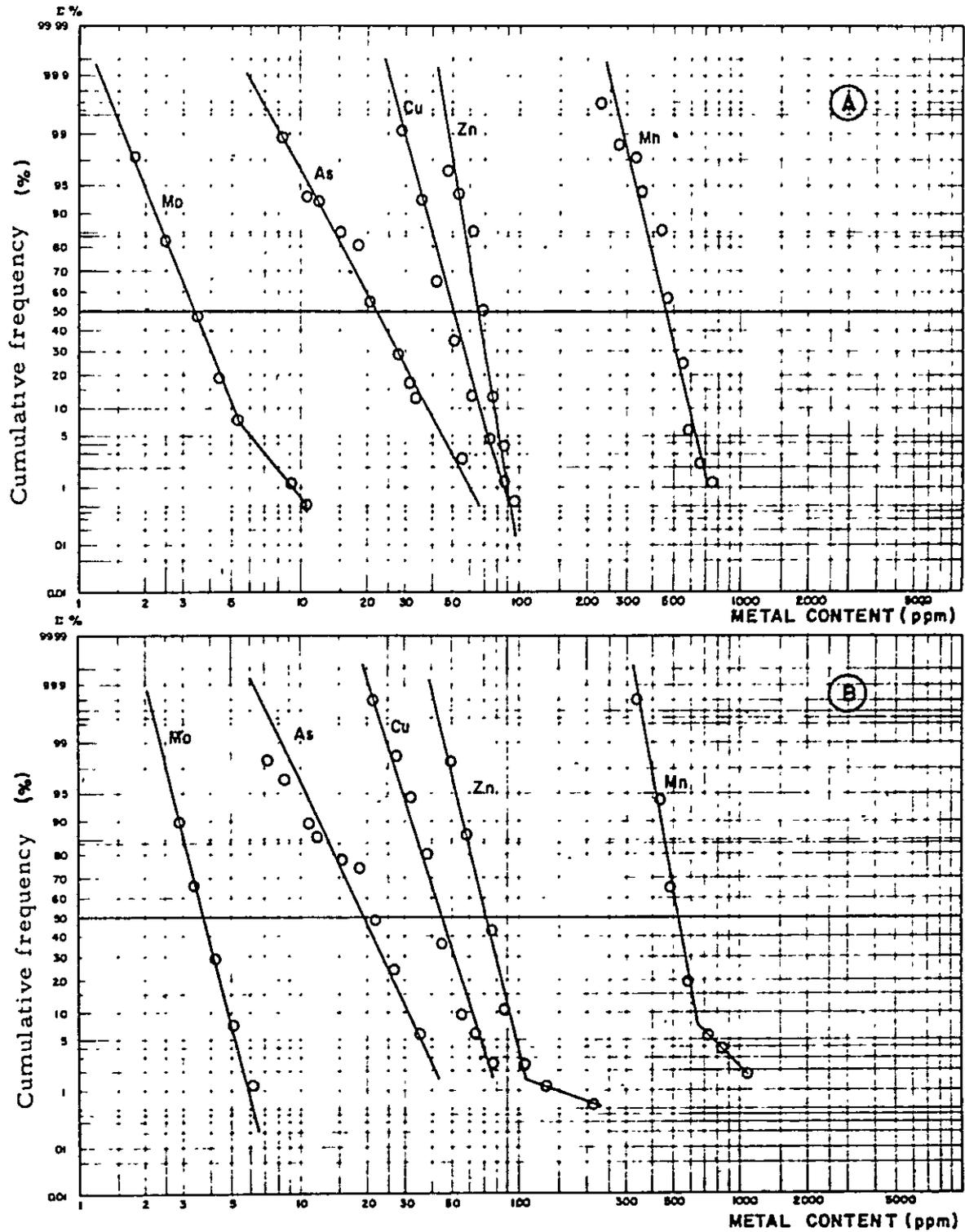


Fig. V-1-2 Cumulative Frequency Distribution of Cu, Zn, Mo, As and Mn in the Quebrada Pinchal

- (A) Intrusives subpopulation, N=179
- (B) Sedimentary-volcanic subpopulation, N=168

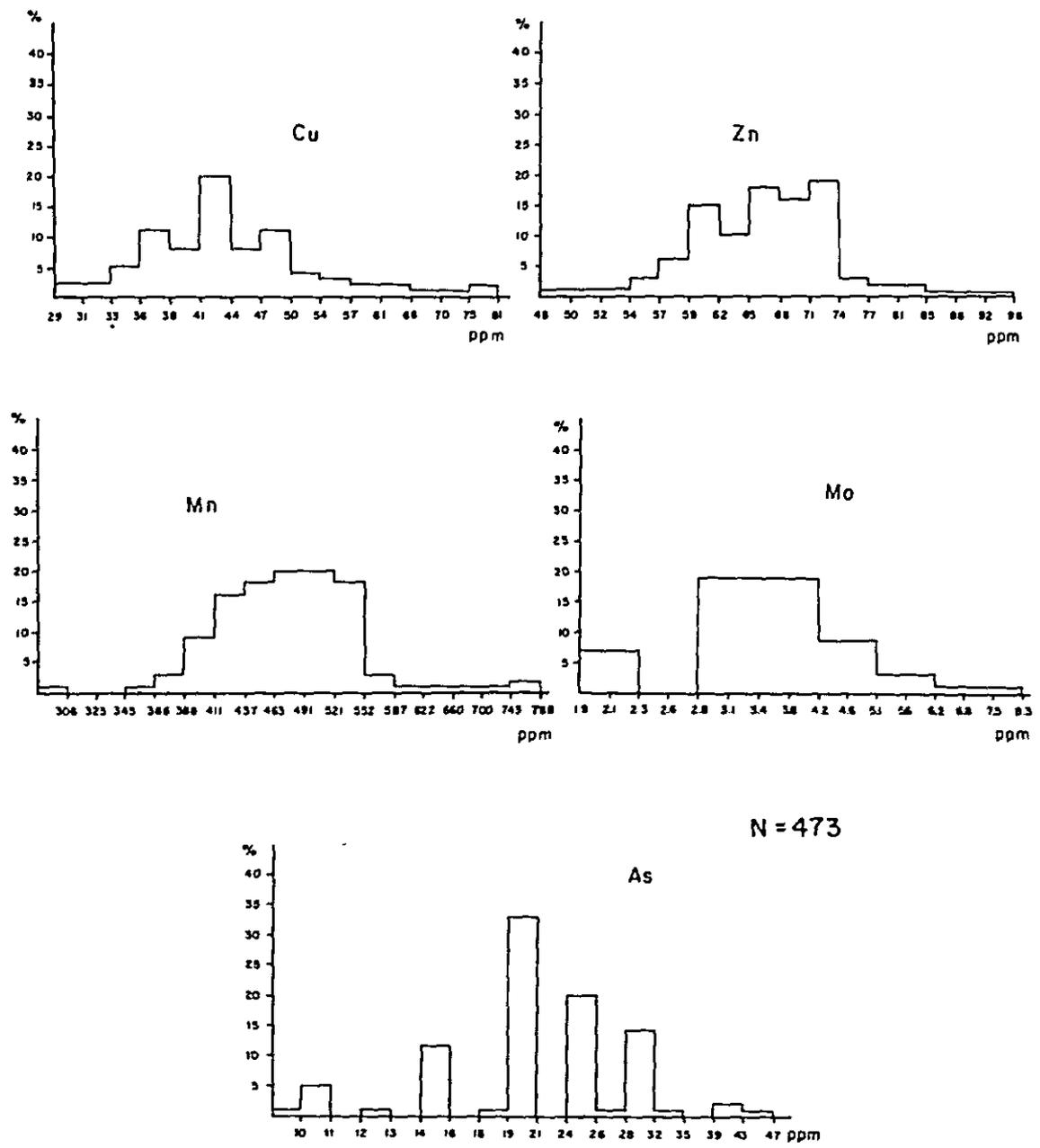


Fig. V-2-1 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in Quebrada Pinchal, Total Population

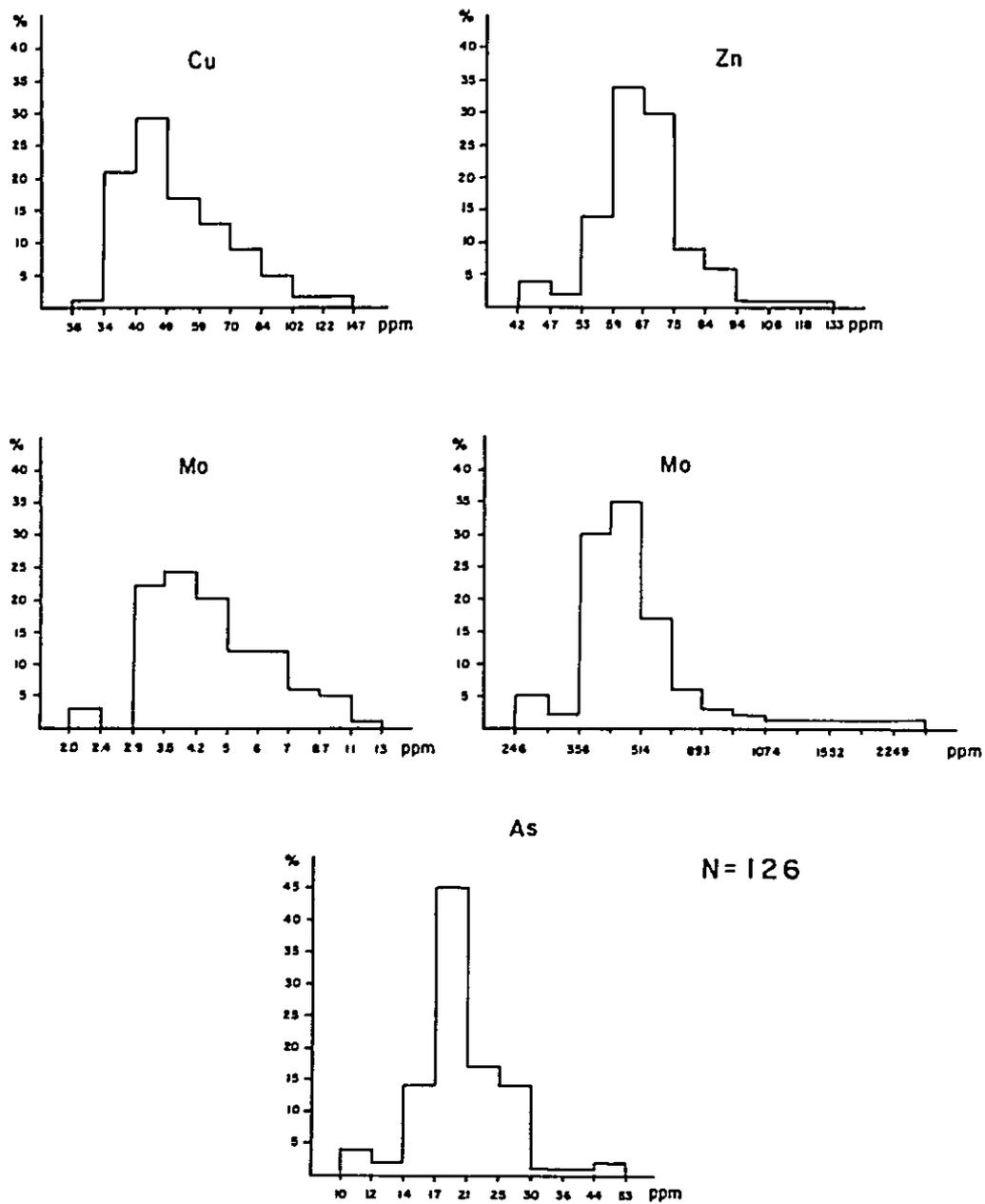


Fig. V-2-2 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in Quebrada Pinchal, Altered Sub-Population

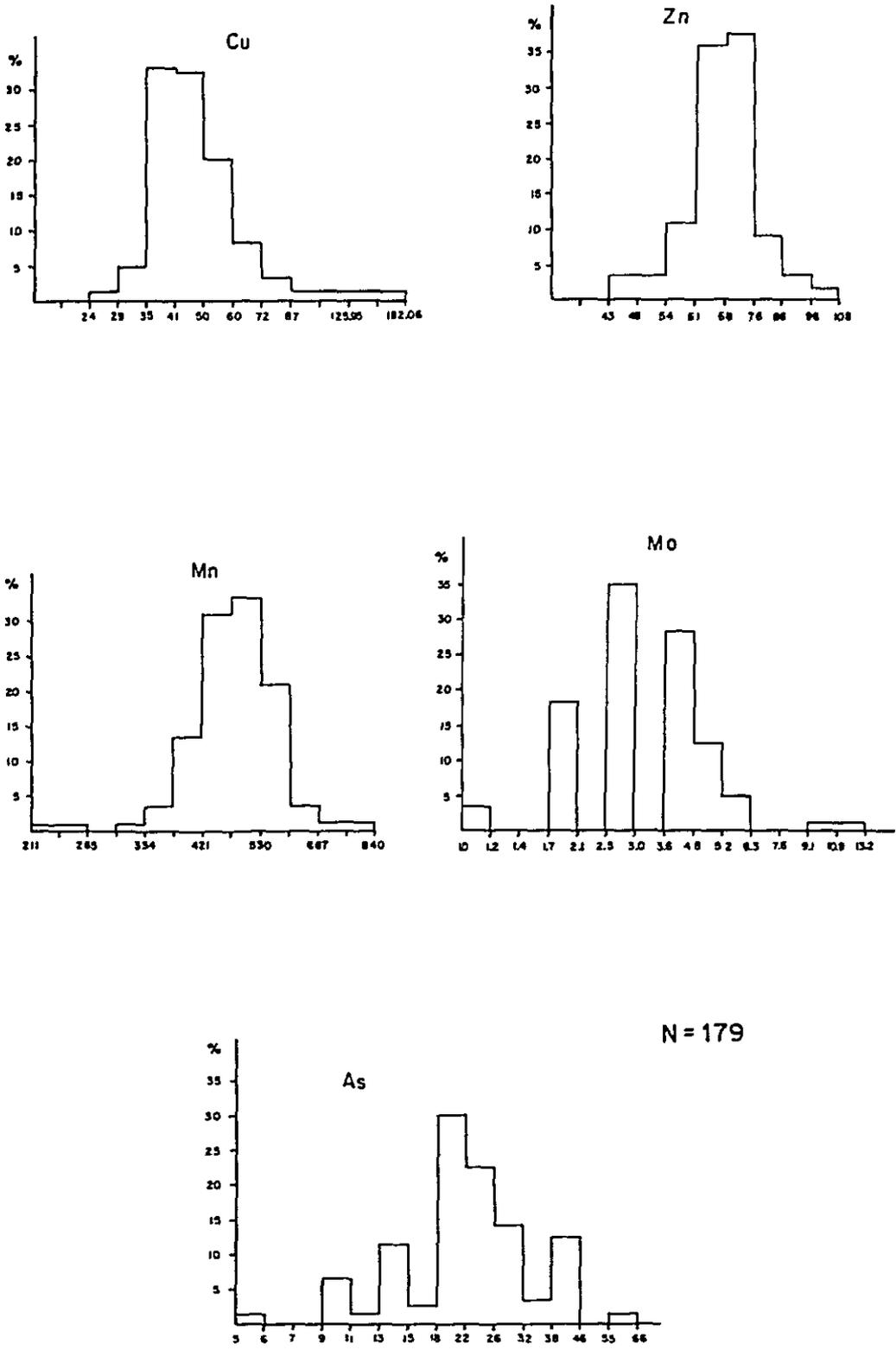


Fig. V-2-3 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in Quebrada Pinchal, Intrusive no Altered Sub-Population

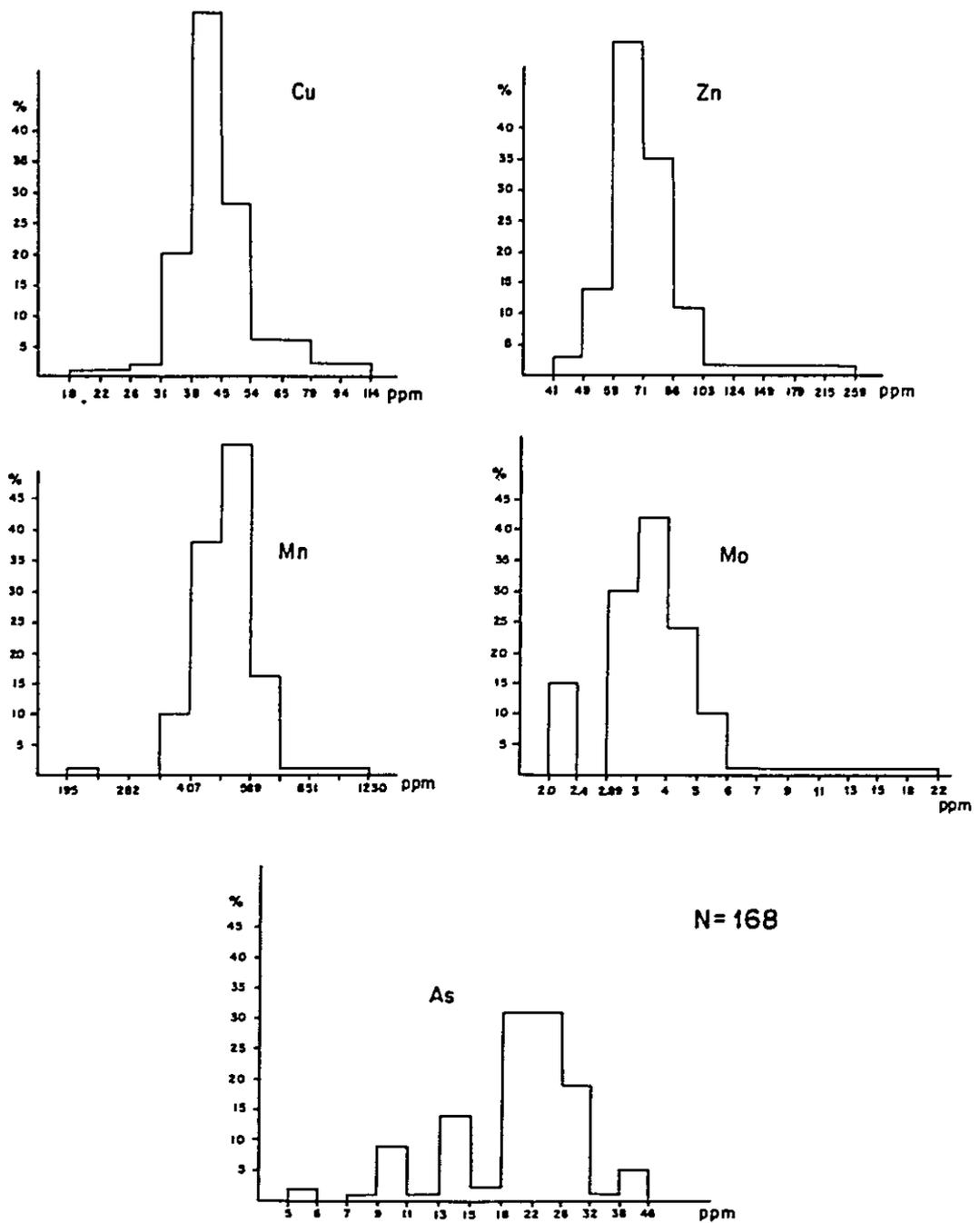


Fig. V-2-4 Histogram of Cu, Zn, Mo, As and Mn in Quebrada Pinchal, Sedimentary-Volcanic Sub-Population

あり、特に火山岩類及び砕屑岩類の分布域で、その傾向が強い。

4-5-2 補助探査

河床堆積物中の Cu と Zn の統計上の異常値は重要ではなく、Mn の高い値と結びついているに過ぎない。

上壤に対する補助探査の結果もグリッド探査の結果と全く類似しており、これは Quebrada Pinchal 熱水変質帯が地化学的異常地ではないことを示すもう一つの証拠となっている。

第 5 章 結 論

- (1) 本地域の地質的特徴は(i)中部ジュラ紀～上部白亜紀間に活発な安山岩質火山活動が行われ、(ii)上部白亜紀以降新第三紀中新世以前に旺盛なモンゾニ岩質、閃緑岩質の深成岩類及び半深成岩類並びに中～酸性の火山岩類の貫入が行われたなどである。
- (2) 本地域にはポーフイリ・銅型及び鉍脈型の鉍化帯がみられる。
- (3) ポーフイリ・銅型鉍化帯は個々の貫入岩と成因的に密接し、各々別々に形成された。鉍化帯の規模は Pinchal 鉍化帯を除きいずれも小さく、母岩の割目の発達も弱くかつ粗い。鉍化作用も微弱である。

Pinchal 鉍化帯はかなりの露出規模を有するが、割目の発達が弱く、かつ粗い。鉍化作用も劣勢である。本型鉍化作用は含銅量が極めて低かったものと推察される。
- (4) ポーフイリ・銅型鉍化作用に関連した熱水変質作用は所々にみられるが、その分布が小さく、かつ、累帯分布を形成しないような小規模な熱水変質作用と解される。
- (5) 地化学探査の結果、平均含有量 Cu 48 ppm, 最高値 Cu 160 ppm, Mo 20 ppm が得られたが、これは非鉍化の岩石の値に近似するもので、一般的なポーフイリ・銅型鉍床における値との間に大きなひらきがある。
- (6) 以上の理由から、本地域に分布しているポーフイリ・銅型鉍化帯は、銅、モリブデン鉍化作用と関係ないものと解される。
- (7) 鉍脈型鉍化帯はごく微弱なもので注目に値するものでない。

REFERENCES

REFERENCES

- BREWER, W., 1959 - 1960. Memorandums about the Guacazul Mining District. Chile Exploration Co. (Unpublished report).
- GALLI, CARLOS, y DINGMAN, R. J., 1962. Cuadrángulos Pica, Alca, Matilla y Chacarilla, con un estudio sobre los recursos de agua subterránea; Provincia de Tarapacá. Santiago, IIG.
- GARRET, R. G., 1967. A program for the rapid screening of multivariate data from the earth sciences and remote sensing. Northwestern University Report. No. 11.
1969. The determination of sampling and analytical errors in exploration geochemistry. *Economic Geology*, Vol. 64, pp. 568 - 569.
- GREEN, J., 1959. Geochemical table of the elements for 1959. *Geol. Soc. America Bull.*, 70, P. 1127.
- GUTIERREZ, A.; PEREZ, G., 1975. Inventario Gran Minería. Instituto de Investigaciones Geológicas. (Unpublished report)
- LEPELTIER, C., 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology*, Vol. 64, pp. 538 - 550.
- LOWELL, J. D. & GUILBERT, J. M., 1970. Lateral and Vertical Alteration-Mineralization Zoning in Porphyry Ore Deposits. *Economic Geology*, Vol. 65, No. 4, pp. 373 - 408.
- RUIZ, F. C., 1965. *Geología y Yacimientos Metalíferos de Chile*. IIG.
- STRECKEISEN, A., 1967. Rock Classification. (Unpublished report).
- TENNANT, C. B. & WHITE, M. L., 1959. Study of the distribution of some geochemical data. *Economic Geology*, Vol. 54, pp. 1281 - 1290.
- THOMAS, A., 1966. Geología del Distrito cuprífero de Guacazul Departamento del Loa. IIG. (Unpublished report)
- VILLEMUR, J. R., 1963. Geological, Structural and Mining survey of the Caya Copaquire Altiplano Chile. United Nations Report.

APPENDICES

Table 1 LIST OF FOSSILS

SAMPLE NO.	LOCATION	ROCK NAME	FOSSILS	FORMATION	GEOLOGICAL AGE
7	Quebrada Huiquintipa	Limestone	Gryphaea sp. ind.	Chacarilla F.	not determined
8	do.	Black calcareous sandstone	Gryphaea sp., Serpula sp.	do.	not determined
19	do.	Black limestone	Echinodermata	do.	not determined
21	do.	Sandstone	Gryphaea gr., Calceola Quenstedt in Gottsche	do.	not determined
W 15	Cerro Yocas	Sandstone	Welyla sp.	C Unit (Fossiliferous) unit	Sinemurian -Toarcian
W 16	do.	Limestone	N-F	do.	not determined
I-151175-6	do.	Sandstone Limestone	Amioceratinae (Amioceras ?) ind.	do.	may be Sinemurian
I-151175-8	do.	"	Gryphaea sp.	do.	not determined
I-191175-14	do.	Conglomerate	Macrocephalitidae (Macrocephalites ?) ind.	do.	Callovian
I6C - B3	do.	Sandstone	N-F	do.	not determined

SAMPLE NO.	LOCATION	ROCK NAME	FOSSILS	FORMATION	GEOLOGICAL AGE
12F - B1	Cerro Yocas	Shale	N-F	C Unit (Fossiliferous unit)	not determined
CF - N1	do.	do.	Nucula sp.?, Modiolus sp., Gryphaea gr., Calceola Quenstedt in Gottsche., Myophorella sp., Astarte sp., Quenstedtia sp.?, Cyprina sp.?, Cercomya sp., Corbula sp., Perisphinotes s.l. gr. Boehmi Steinmann., Serpula sp.	do.	Aalenin - Oxfordian
CF - N2	do.	Conglomerate	Posidonia sp., Belemnitidae ind.	do.	Callovian?
7R - S1	do.	Sandstone	N-F	G Unit	not determined
11R - S1	do.	do.	N-F	do.	not determined
9R - S1	do.	do.	N-F	do.	not determined
6E - F12	Quebrada Pinchal	Black shale	N-F	E Unit	not determined
6E - F13	do.	do.	N-F	do.	not determined
6E - F14	do.	do.	N-F	do.	not determined

* not determined ; Age cannot be determined.

These determinations have been carried out by Vladimir Covacevich C. in Paleontological Section of Instituto de Investigaciones Geologicas.

Table 2-1 Microscopic Observations
(Thin sections of the Quebrada Huiquintipa area)

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
12	Quebrada Hornito	Upper Cerro Empexa	Welded tuff	The rock shows welded structure, there are many slender shards (up to 2 mm in length, up to 0.2 mm in width) in the vesicular matrix which shows distinct fluidal texture. Fragments of plagioclase (subhedral up to 1 mm in length), potash feldspar (subhedral up to 1 mm in length which often shows carlsbad twin), quartz (euhedral and subhedral up to 1 mm in length) which are the main constituents. Biotite and hornblende are scattered in the matrix which is rich in quartz and potash feldspar.	See Fig. I-1 (C)
33	Quebrada Veta Verde	Lower Cerro Empexa	Trachytic andesite	The texture of the rock is trachytic. Only phenocrysts of hematite can be seen in a very small amount and its grain size is up to 4 mm. The main constituents are plagioclase (subhedral at most up to 0.5 mm) and potash feldspar (subhedral up to 0.1 mm). The minor constituents are hematite and chlorite.	See Fig. I-1 (B)
84	Quebrada Huiquintipa	Intrusive	Diorite	The rock has suffered potassic alteration. The texture is holocrystalline-granular with medium-grained crystals (order of grain size is 1 mm). Principal mineral is plagioclase which is enclosed by secondary potash feldspar and sometimes shows carlsbad twin and zonal structure. Plagioclase is recognized as andesine to labradorite in composition and is euhedral. Its size is more or less 2 mm. Hornblende is commonly observed with euhedral shape and is altered to biotite and augite is subhedral and its margin is partly altered to clay (mainly chlorite). Epidote, calcite, sphene and apatite are present as minor minerals.	See Fig. I-1 (A)

Table 2-2 Microscopic Observations
(Thin sections of the Cerro Yocas quadrangle)

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
8N-51	Quebrada Penas Morandus	D	Altered andesite	The rock has porphyritic texture. Phenocrysts consist of plagioclase and mafic mineral. Plagioclase is altered to carbonate and sericite in part, and shows zonal structure. Mafic minerals are rarely observed and are perfectly altered to carbonate, chlorite and Fe-mineral. Groundmass shows hyalophtic texture and consists of lathy carbonized plagioclase (\pm 0.2 mm in length), Fe-oxide minerals.	See Fig. 1-2 (G)
10S-51	Quebrada Puno	Intrusive	Graphitic granite	This rock has micrographic texture. Plagioclase (orthoclase) shows graphic texture. Plagioclase consists mostly of albite. Mafic minerals are scarcely observed except a few fine biotite only. Accessory minerals are a few quantities of Fe-oxide mineral, zircon, titanite, epidot and carbonate.	See Fig. 1-2 (C)
10Y-51	Quebrada Cejas	Intrusive	Diorite	The rock has porphyritic texture in part. Plagioclase shows partly zonal structure, which is mostly andesine. Plagioclase is weakly altered to sericite. Green hornblende is medium-grained and altered into chlorite in part. Biotite is mostly fine-grained. In the photomicrograph, magnetite, augite and titanite are observed in small quantities.	See Fig. 1-2 (E)
11S-B3	Quebrada Puno	Intrusive	Quartz diorite	The rock has partly porphyritic texture. Quartz is mostly fine-grained. Plagioclase (in part altered to epidot) is coarse-grained and has partly zonal structure. Hornblende (green hornblende) is medium-grained. Fine-grained biotite is altered into chlorite in part. Potash feldspar comprises a small to medium quantity of orthoclase with sericite partially formed. A small quantity of magnetite is also included.	See Fig. 1-2 (D)
13K-B2	Quebrada Cortadera	D	Augite-hornblende andesite	The rock has porphyritic texture. Phenocryst consists of plagioclase showing zonal structure. Hornblende altered to opactite, augite (fine to medium-grained) and Fe-oxide mineral (subhedral to unehedral). Groundmass shows interserial texture consisting mostly of lathy plagioclase with a little quantities of hornblende, augite, Fe-mineral and glass.	See Fig. 1-2 (H)

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
140-BI	Quebrada Sama	D	Two-pyroxene andesite	The rock has porphyritic texture. Phenocryst consists of medium grained plagioclase showing zonal structure in part, fine grained augite up to 0.3 - 0.7 mm, some hypersthene, and euhedral to subhedral magnetite up to 0.3 - 0.5 mm. Groundmass shows intersertal texture consisting mostly of lathy plagioclase, augite, hypersthene and magnetite.	See Fig. I-2 (I)
15Q-BI	Quebrada Cueva	D	Welded tuff	This rock shows flow texture consisting of plagioclase (oligoclase to andesine), carbonate mineral and Fe-mineral. Matrix shows mosaic texture consisting of quartz and carbonate mineral. Generally, hematite is seen densely scattered.	See Fig. I-2 (K)
15W-BI	Cerro Pajocito	D	Dacitic tuff	This rock has pyroclastic texture consisting of plagioclase (albite to oligoclase) altered in part to calcite, epidot, clay mineral, with some quartz and mafic mineral. Matrix consists of fine grained plagioclase, carbonate mineral, epidot, quartz and Fe-mineral.	See Fig. I-2 (L)
21X-BI	Quebrada Guacazul	D	Trachytic andesite	The rock has porphyritic texture. Phenocryst consists of plagioclase showing prismatic structure and hornblende altered to carbonate. Groundmass shows trachytic texture and consists of lathy albitized plagioclase (up to 0.2 - 0.3 mm) The others are fine grained magnetite (euhedral or unhedral), chloritized mafic mineral, glass and, in part, secondary quartz in an undulatory state.	See Fig. I-2 (J)
22H-NI	Quebrada Pinalhal	A	Plagioclase-biotite-sericite-quartz schist	This rock has schistose structure and consists mainly of quartz, fine-grained sericite, and biotite, with some plagioclase and Fe-oxide. Grains of quartz are irregular (less than 0.6 mm), sericite is extremely fine and biotite shows subhedral lath (less than 0.5 mm) altered considerably to chlorite. Plagioclases are rarely found, but albite twine is observed. Fe-oxide mineral is euhedral and subhedral (less than 0.2 mm).	See Fig. I-2(O)

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
2311-N1	Quebrada Pinchal	Intrusive	Two-mica granite	The rock has granitic texture. Quartz shows partly wavy extinctions. Plagioclase consists of albite and oligoclase in major proportions with partial formation of sericite. Feldspar is considered to be of orthoclase, microcline and perthite with sericite partially formed. Biotite and Muscovite are approximately of the same quantity and grain. Biotite is altered into chlorite. A few magnetite and titanite are observed.	See Fig. 1-2 (B)
1-171175-1	Quebrada La Apacheta	Intrusive	Quartz diorite porphyry	The rock has porphyritic texture and is strongly altered into chlorite and epidot. The phenocrystic plagioclase consists of andesine, oligoclase and is altered into sericite, epidot. Mafic mineral (hornblende) is completely altered into chlorite. The groundmass consists of plagioclase, mafic minerals, quartz, magnetite, epidot and a small quantity of calcite.	See Fig. 1-2 (F)
1-141175-2	Quebrada Colpuno	Intrusive	Biotite granite	The rock has granitic texture. Quartz shows unhedral and irregular granular texture. Plagioclase, albite or oligoclase is partly altered into epidot. Potash feldspar consists of orthoclase and microcline with biotite chloritized. It also includes a small quantity of magnetite and fine epidot veins.	See Fig. 1-2 (A)
1-151175-4	Quebrada Pinchal	C	Conglomerate	This rock consists of subangular and rounded breccias (up to 0.5 - 4 mm) of dacite, silicified granitic rock, quartz and plagioclase. Matrix, which occupies small proportions, consists of fine grains of quartz, Fe-mineral and clay mineral.	See Fig. 1-2 (M)
1-151175-5	Quebrada Pinchal	C	Calcareous	This rock consists of breccias of medium-grained quartz, carbonized plagioclase, potash feldspar, calcite and mafic mineral. Matrix consists of calcite, Fe-mineral and some clay mineral.	See Fig. 1-2 (N)

Table 2-3 Microscopic Observations
(Thin sections of the Quebrada Pinchal area)

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
2A-K-14	Quebrada Pinchal area	Intrusive	Quartz monzonite porphyry	The rock has holocrystalline-porphyritic texture. Groundmass consists of cloudy potash feldspar, quartz, plagioclase, epidote, and chlorite. Phenocrysts are predominantly plagioclase (albite, 0.90 - 1.80 mm) altered to epidote. Phenocrysts of amphibole are completely altered into epidote and chlorite. Accessory minerals are mainly opaque minerals. In the photomicrograph groundmass and plagioclase altered to epidote are observed.	
2D-B2	do.	do.	Diorite porphyry	The rock has porphyritic texture. Phenocrysts are plagioclase which usually are zoned. Phenocrysts are mostly from 1.05 mm - 3.00 mm in length, but amphibole altered to chlorite are mostly from 0.90 mm - 0.72 mm in length. Biotite is altered to chlorite. The groundmass shows intergranular texture of plagioclase, chloritized amphibole, opaque iron minerals, biotite, and quartz.	
2E-B4	do.	do.	Quartz monzonite	The rock has holocrystalline and anhedral texture containing plagioclase altered to sericite, potash feldspar altered to clay minerals. Quartz shows many extinctions. Accessory minerals are zircon, opaque minerals, sphene altered to leucosene. The rock shows effects of cataclastic deformation. In the photomicrograph, plagioclase, quartz and potash feldspar are observed.	
2F-B1	do.	F	Dacite	The rock has holocrystalline-porphyritic texture. Fluidal and cryocrystalline groundmass consists of quartz, sericite, and dots of calcite. Phenocrysts: quartz (anhedral up to 0.60 - 0.87 mm) embayment and corrosion boundary, plagioclase (albite) altered to sericite (subhedral up to 0.90 - 2.40 mm). There are tourmaline and chlorite veinlets with calcite and opaque minerals. Accessory minerals are zircon, apatite and disseminated opaque iron minerals.	
3A-F11	do.	Intrusive	Granodiorite A	Rock of anhedral granular texture formed by quartz, feldspar (plagioclase?) totally altered to sericite and biotite altered into white mica and opaque minerals between the cleavages.	

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
3A-K8	do.	C	Conglomerate	The rock has clastic texture with anhedral minerals and subangular to rounded rock fragments up to 6.00 cm in diameter. The pebbles are mostly granite. Matrix consists of rock fragments, plagioclase, quartz with wavy extinction. Cementing materials consist of epidote, amphibole and recrystallized quartz.	
3A-K10	do.	D	Andesite	This rock shows holocrystalline-porphyritic and intergranular texture, and consists of plagioclase and amphibole altered to chlorite. Quartz and potash feldspar are scattered in groundmass. Phenocrysts are subhedral clear plagioclase (up to 1.00 - 1.80 mm) showing albite-carlsbad twin and chloritized amphibole (hornblende). Accessory minerals are opaque ore mineral, sphene and apatite.	
4A-F2	do.	Intrusive	Aplite	The rock has holocrystalline texture containing potash feldspar with weak alteration to sericite, plagioclase altered to sericite, and quartz. Small amount of white mica is contained. Accessory minerals are opaque minerals and zircon.	
4A-F17	do.	do.	Dacite	The rock has porphyritic texture with phenocrysts of plagioclase altered to sericite and kaolin. The groundmass consists of quartz, feldspar almost completely altered to sericite and kaolin. Accessory minerals are opaque minerals, zircon and epidote.	
4A-F20	do.	do.	Granodiorite A	The rock consists of subhedral to anhedral plagioclase forming 46% of the rock with weak alteration to sericite and epidote. Quartz forms 39% of the rock, potash feldspar 4% and biotite altered to chlorite forms to 7% of the rock. Amphibole (3 vol %) is altered also to chlorite. Accessory minerals are opaque minerals, zircon, apatite and sphene.	
4C-V25	do.	do.	Quartz sericite altered rock	The altered rock has recrystallized texture and consists of quartz (52.7% in mode), sericite (33.1% in mode) and veinlets of jarosite (14.2% in mode).	

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
4D-F1	do.	E	Porphyritic altered sandstone	The rock has clastic texture formed by subrounded and subangular fragments up to 0.09 - 0.24 cm. It is composed of quartz with wavy extinctions, plagioclase with weak sericite alteration, rock fragments, opaque minerals, zircon, and apatite. The essential constituents of the cementing materials are epidote, and chlorite.	
4D-F29	do.	E	Sandstone	The rock has clastic texture with subangular, subrounded and rounded fragments up to 0.15 - 0.48 mm. The fragments are quartz with wavy extinction and plagioclase. Cementing material is epidote, chlorite, sericite and quartz.	
4B-F2	do.	Intrusive	Rhyolite	The rock has porphyritic texture with subhedral clear plagioclase usually showing zonal structure and albite-carlsbad twin, up to 0.75 - 1.80 cm. Other minerals are anhedral quartz, brown scattered flakes of biotite, amphibole (hornblende) up to 0.60 cm. The groundmass is spherulitic with cristobalite in part intergrown with the feldspar fibers. Accessory minerals are opaque minerals, apatite and zircon.	
4B-F4	do.	E	Tourmaline breccia in sandstone	The rock shows clastic texture with quartz fragments. Grains of tourmaline are concentrated. White mica is observed rarely. Accessory minerals are rutile.	
5C-V15	do.	Intrusive (?)	Quartz sericite altered rock	The altered rock consists of quartz and sericite. Minor minerals are opaque minerals and limonite.	
5D-F4	do.	Intrusive	Quartz diorite porphyry	The rock has porphyritic texture. The groundmass consists of plagioclase, quartz, chloritized biotite, amphibole and epidote. The phenocrysts consist of plagioclase weakly altered to clear sericite in general, weakly chloritized amphibole (hornblende) and chloritized biotite.	
5D-F7	do.	do.	Potassic altered quartz diorite porphyry	The rock has holocrystalline-porphyrific texture. Groundmass consists of plagioclase, potash feldspar and quartz. Phenocrysts of plagioclase with potassic alteration have small inclusions of hematite and are weakly altered to sericite. Accessory minerals consist of magnetite, hematite, zircon and tourmaline.	

Sample No.	Location	Formation or Unit	Rock	Microscopic observations	Remarks
6C-V13	do.	do.	Granodiorite B	The texture of the rock is holocrystalline, and consists of subhedral to anhedral clear plagioclase, quartz, potash feldspar, and amphibole. Accessory minerals are apatite, ore, zircon, sphene, and allanite.	
6E-F1	do.	E	Conglomerate	The rock has clastic texture with pebbles, subhedral to anhedral minerals and subangular to rounded fragments which are larger than 2 - 4 mm in diameter. These materials are quartz and rocks with trachytic texture. Matrix consists of quartz, plagioclase and rock fragments. Cementing material is composed of epidote and calcite.	
6F-F12	do.	do.	Black shale	The rock has clastic texture and consists of subrounded, round and subangular fragments (up to 0.24 - 0.03 mm) of quartz, plagioclase with weak alteration to sericite and potash feldspar. Also rock fragments and opaque mineral are present. Cementing material is made of opaque mineral, hematite, sericite and epidote.	
B2-K6	do.	D	Andesitic tuff breccia	The rock has clastic texture consisting of anhedral plagioclase, quartz, potash feldspar, subangular, angular and subrounded rock fragments (andesite) and calcite. Matrix consists of sericite, chlorite, and cryptocrystalline material.	
K-10	do.	Intrusive	Quartz monzonite porphyry	The rock has holocrystalline-porphyrific texture. Groundmass is finely equigranular and consists of quartz, cloudy potash feldspar, plagioclase, biotite and calcite. Phenocrysts of plagioclase show carlsbad-albite twin (subhedral up to 1.80 mm). Cloudy potash feldspar (anhedral up to 0.90 mm) and biotite are also observed as phenocrysts. Accessory minerals are opaque minerals, apatite, zircon and sphene.	

Table 2-4 Microscopic Observations
(Polished sections of the Quebrada Huiquintipa area)

Sample No.	Location	Ore	Microscopic observations	Remarks
65	Ancho de Huiquintipa	Copper	Principal ore mineral is chalcopyrite which is enclosed by chalcosite and bornite. Oxidized copper minerals, mainly malachite, are seen.	See Fig. I-4 (A)
65	do.	Copper	In this polished section, cuprite occurs generally around the native copper. There is also pyrite but in a very small amount.	See Fig. I-4 (B)

Table 3. Potassium-Argon ages on some igneous rocks

Sample No.	Location	Rock	K (%)	$^{40}\text{Ar}^*$ ($\times 10^{-6}$ CCSTP/g)	$\frac{^{40}\text{Ar atm.}}{^{40}\text{Ar tot.}} \times 100$ (%)	Age ¹⁾ ($\times 10^6$ years)
11S-B3	Queb. Puno	Quartz diorite	2.83 } 2.76 }	3.487	76.9	31.7 ± 2.2
22P-S2	Queb. Pinchal	Biotite-granite	3.17 } 3.13 }	8.213	22.7	65.8 ± 1.7
10Y-S4	Queb. Cejas	Rhyolite	2.77 } 2.75 }	9.879	21.7	89.8 ± 2.3

N.B.

$^{40}\text{Ar}^*$: radiogenic ^{40}Ar .

1) λ : 5.480×10^{-10} year $^{-1}$, λ_e : 0.575×10^{-10} year $^{-1}$, $^{40}\text{K}/\text{K}$: 1.18×10^{-4} (atomic).
 \pm means the precision in 1σ (standard deviation).

K content was determined by S. Zashu (Geophysical Inst., Univ. of Tokyo).

Table 4. List of X-ray Diffractive Analysis

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						Silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
* 1C - K11	Quebrada Pinchal	Intrusive	Quartz monzonite porphyry		+					++	-		-			
* 1C - K15	do.	do.	do.		+					++			-			
* 2A - F2	do.	do.	Granodiorite A		+					++						
* 2A - F3	do.	do.	do.		+					++						
* 2B - F6	do.	D	Andesite							+	-		+++			
2E - B3	do.	E	Brecciated sandstone	+	+					++			+			mica group, zeolite
A2 - K1	do.	Intrusive	Granodiorite A	+	+					+			+			
* 3A - F12	do.	do.	do.		-					+			+			
* 3A - F14	do.	do.	do.					+++								
* 3A - F16	do.	do.	do.		+					++	-					
* 3A - F17	do.	do.	do.		+					++						
* 3A - F19	do.	do.	Andesite							++	-		+			
* 3A - F20	do.	do.	Granodiorite A							++			+			

All samples are dusty.

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile

The others have been carried out by Carmen Schwartz - Instituto de Investigaciones Geológicas

+++ very much + exist

++ much - few

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						Silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
* 3A - F24	Quebrada Pinchal	Intrusive	Andesite			+				++	-	+				
* 3B - F4	do.	D	Tuff breccia			+				++			+			
* 3B - F6	do.	do.	do.							++			+			
3C - F2	do.	Intrusive	Quartz monzonite porphyry							+			++			
3C - F5	do.	do.	do.							++	-		+			
3C - F7	do.	do.	do.							++	-		+			
* 3A - F2	do.	do.	Granodiorite A							++	+		+			
3E - B2	do.	do.	Quartz monzonite							+			++			
3D - B3	do.	E	Brecciated sandstone	++		+				++						hematite
* 4A - F6	do.	D	Tuff breccia			+				+	-		++			Fe minerals
* 4A - F7	do.	do.	do.			+				++						
* 4A - F15	do.	Intrusive	Dacite							++			++			
* 4A - F16	do.	do.	do.							++	-					

All samples are dusty.

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile

The others have been carried out by Carmen Schwarze T. Instituto de Investigaciones Geológicas

+++ very much + exist

++ much - few

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals					Silica		K - Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass					
* 4A - F17	Quebrada Pinchal	Intrusive	Dacite						++			+			
* 4B - F19	do.	D	Andesite			+			++						
* 4B - F20	do.	do.	do.						++		+				
* 4C - F5	do.	do.	do.						++		+				
* 4C - F6	do.	do.	do.						++		+				
* 4C - F10	do.	Intrusive	Quartz monzonite porphyry						++	+	+				
* 4C - F11	do.	do.	do.						++						
* 4D - F3	do.	do.	Monzonite porphyry						++		+				
* 4D - F4	do.	do.	do.						++		+				
* 4D - F7	do.	E	Brecciated sandstone			+			++						
4D - F8	do.	do.	do.			+			++					Jarosite *	
4D - F9	do.	do.	do.			+			++		+				
4D - F10	do.	do.	do.			+++			++					Jarosite	

All samples are dusty.

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile

The others have been carried out by Carmen Schwarze F. Instituto de Investigaciones Geológicas.

+++ very much + exist
++ much - few

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						Silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Phrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
4D - F11	Quebrada Pinchal	E	Brecciated sandstone			++				+			+			Fe minerals
4D - F12	do.	do.	do.			+				++			++			
4D - F14	do.	do.	do.			+				++			+			andalusite and calcite ?
4D - F15	do.	do.	do.			+				++			++			
4D - F16	do.	do.	do.			-				+						amphibole
4D - F17	do.	do.	do.			+				++			++			
4D - F18	do.	do.	Sandstone							++			+++			amphibole
4D - F21	do.	do.	Brecciated sandstone			+				+			+			mica group
4D - F22	do.	do.	do.							++			+			
4D - F24	do.	do.	do.							++			-			
4D - F25	do.	do.	do.			+				++						
4D - F27	do.	do.	do.			+				+			+++			
4E - F4	do.	do.	do.			+				++					+	

All samples are dusty.

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile

The others have been carried out by Carmen Schwarze T. Instituto de Investigaciones Geológicas

+++ very much + exist
 ++ much - few

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						Silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
4E - F5	Quebrada Pinchal	E	Brecciated sandstone		+++					+++					++	
4E - F6	do.	do.	do.			+				++		+	+++			
4E - F7	do.	do.	do.			+				++			+			
* C3 - K3	do.	Intrusive	Quartz monzonite porphyry			-				++			+++			Fe minerals
* C3 - K6	do.	do.	Dacite			-				+++			++			
* B3 - K10	do.	do.	do.			+				+++			++			
* 5A - F6	do.	C	Conglomerate							+++			++			
* 5D - F2	do.	E	Sandstone							+++			++			
* 5D - F7	do.	Intrusive	Quartz diorite porphyry							+++			++			
* 5D - F9	do.	do.	Monzonite porphyry			-				+++			-			
* 5D - F10	do.	E	Brecciated sandstone							+++			++			
* 5D - F11	do.	do.	do.			-				+++						Fe minerals
* 5D - F12	do.	do.	do.							+++			++			Fe minerals

All samples are dusty.

+++ very much + exist

++ much - few

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile
The others have been carried out by Carmen Schwarze T, Instituto de Investigaciones Geológicas.

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						Silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
* 5D - F13	Quebrada Pinal	E	Brecciated sandstone							+++	.					
* 5E - F3	do.	F	Dacite lava							+++		++				
5F - F3	do.	do.	do.	.						++		+	+++			hematite
* 5D-F11A	do.	E	Brecciated sandstone		+	+				+++						hematite ?
6D - F2	do.	do.	Sandstone	+						++		.	+			
11S - B2	Quebrada Puno	Intrusive	Altered granitic rocks				+	++		++						zeolite
11S - B4	do.	do.	do.				+	++		++						zeolite
11S - B5	do.	do.	do.		+		+	++		++						zeolite
K - 17	Quebrada Pinal	Intrusive	Quartz monzonite porphyry			+++				++			+		-	
K - 20	do.	do.	do.			++				+++			.			
K - 22	do.	do.	do.	+		+	+++									halite(+++), mica group
K - 24	do.	do.	do.			+				++		+	+++			
K - 25	do.	do.	do.			+				++			+			

All samples are dusty.

+++ very much + exist
++ much - few

- * These analyses have been carried out by Lucy Pena, University of Chile.
- The others have been carried out by Carmen Schwarze T. . Instituto de Investigaciones Geológicas

Sample No.	Location	Geological units	Kinds of rocks	Clay minerals						silica		K-Feldspar	Plagioclase	Biotite	Tourmaline	Remarks
				Kaolinite	Chlorite	Sericite	Alunite	Pyrophyllite	Quartz	Volcanic glass						
K - 28	Quebrada Pinchal	Intrusive	Granodiorite B.		+					++					‡	
K - 31	do.	do.	Quartz monzonite porphyry		++					+			++			
K - 36	do.	do.	do.		.					+						
K - 39	do.	do.	do.								+		++	‡		
K - 40	do.	do.	Granodiorite B		.										+	
K - 43	do.	do.	do.		.					+			++			
K - 44	do.	do.	do.			+					+		++			
K - 54	do.	do.	do.			+					+		++			
K - 56	do.	do.	Quartz monzonite porphyry		++											
K - 71	do.	D	Andesite		++										+	
W - 12	Quebrada Sama	Intrusive	Granite										+			Apatite and natrojarosite

All samples are dusty.

* These analyses have been carried out by Lucy Peña, University of Chile
The others have been carried out by Carmen Schwarze T. Instituto de Investigaciones Geológicas.

+++ very much + exist
++ much - few

Table 5 List of Chemical Analysis of Ores

Name of mineralization	Sample No.	Location	Kinds of ore	Components											Remarks
				Au (ppb)	Ag (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	S ^{Total} (%)	Fe (%)	Mo (ppm)	Min (ppm)	As (ppm)		
Quebrada Pinchal mineralization & alteration	K - 54	Quebrada Pinchal	Limo, hem.	<15	<2	163	<25	15	0.110	2.07	3	15	10	Stockworks in hydro-thermal alteration zone	
	4C - F13			30	<2	71	<25	27	1.160	10.93	12	27	80		
	4C - F14			<15	<2	41	<25	<10	1.260	7.97	4	<10	15		
	4C - F15			<15	<2	28	<25	<10	0.222	1.77	2	<10	5		
	4C - F16			<15	<2	24	<25	<10	0.386	6.53	6	<10	15		
	4C - F17			<15	<2	36	<25	<10	0.220	3.93	4	<10	10		
	4C - F18			30	<2	34	<25	<10	0.460	11.43	9	<10	100		
	4C - F19			<15	<2	94	<25	10	0.232	14.18	17	10	15		
	4C - F20			<15	<2	31	<25	11	0.428	3.33	8	11	<5		
	4C - F21			<15	4	23	<25	15	0.880	4.65	10	15	35		
5E - F2	<15	<2	3.85	4.3	149	0.016	3.58	38	149	1800	Vein				
Puno alteration	11S - B1	Quebrada Puno	Limo, hem	40	5	71	53	24	0.061	8.36	81	24	700	Stockwork type	
Northeast in the Cerro Yocas quadrangle	11W - S1	Branch of Quebrada	Ox-cu.	60	<2	2.30	905	1250	0.015	4.05	7	1250	75	Thin vein in andesite	
	11W - S3	Sapunta		<15	3	0.93	510	900	0.055	5.75	9	900	10		
Cerro Pinchal	W - 10	North of Cerro Pinchal	Qz	<15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Vein in granite	

Note 1. The analyses are made by dry method.

2. Analysts are Hector Paredes R., Carmen Espejo B. & Jose Soto C. in the laboratory of Instituto de Investigaciones Geológicas

Abbreviation
 cp. . chalcopyrite
 py . pyrite
 hem. . hematite
 limo. . limonite
 Ox-cu . Oxide copper
 Qtz . Quartz

Table 6 Chemical analysis of stream sediments for polymetallic components of the Quebrada Huiquintipa area

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
1	0057	0067	0005	0025	0730	36	0037	0073	0002	0025	0795
2	0041	0046	0003	0025	0585	37	0031	0049	0002	0020	0704
3	0052	0072	0004	0025	0728	38	0039	0038	0002	0020	0566
4	0038	0044	0004	0020	0471	39	0126	0104	0003	0025	0909
5	0048	0046	0002	0025	0588	40	0034	0080	0003	0030	0852
6	0055	0050	0004	0020	0649	41	0034	0082	0002	0025	0732
7	0043	0039	0005	0030	0442	42	0090	0124	0002	0025	0930
8	0035	0043	0003	0025	0809	43	0042	0068	0003	0020	0469
9	0041	0045	0003	0025	0622	44	0039	0059	0002	0025	0518
10	0045	0067	0005	0025	0733	45	0038	0057	0002	0025	0449
11	0048	0052	0003	0025	0702	46	0041	0059	0003	0020	0625
12	0047	0053	0005	0025	0468	47	0167	0110	0002	0025	1005
13	0054	0086	0006	0030	0996	48	0139	0089	0003	0005	0900
14	0049	0066	0004	0025	0817	49	0138	0086	0002	0020	0894
15	0067	0051	0004	0020	0788	50	0135	0089	0003	0020	0879
16	0034	0043	0003	0020	0633	51	0160	0096	0001	0020	0930
17	0033	0052	0004	0030	0532	52	0028	0048	0001	<005	1250
18	0029	0062	0003	0025	0693	53	0197	0100	0001	0005	0921
19	0034	0057	0003	0025	0548	54	0028	0043	0002	0005	0683
20	0038	0066	0003	0020	0629	55	0139	0086	0002	0008	0861
21	0030	0054	0002	0013	0560	56	0136	0087	0002	0008	0872
22	0031	0146	0002	0010	1106	57	0118	0065	0001	0005	0745
23	0025	0044	0003	0025	0466	58	0028	0042	0001	0005	0634
24	0026	0037	0004	0008	0512	59	0083	0056	0001	0005	0658
25	0026	0037	0004	0005	0433	60	0033	0058	0003	0020	0651
26	0031	0053	0003	0025	0504	61	0029	0058	0001	0025	0574
27	0034	0090	0008	0025	0875	62	0062	0054	0002	<005	0601
28	0033	0047	0004	0020	0326	63	0090	0058	0002	<005	0617
29	0037	0067	0003	0025	0822	64	0029	0054	0002	0005	0622
30	0049	0067	0002	0025	1164	65	0038	0045	0001	0025	0691
31	0034	0068	0003	0025	0717	66	0058	0052	0002	0005	0579
32	0056	0089	0003	0030	1960	67	0048	0069	0001	0030	0678
33	0050	0070	0002	0025	1950	68	0089	0061	0001	0005	0654
34	0044	0073	0003	0025	1400	69	0047	0062	0002	0008	0674
35	0031	0041	0003	0025	0500	70	0052	0074	0001	0008	0622

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
71	0062	0056	0001	0005	0710	106	0039	0052	0004	0010	0812
72	0029	0053	0001	0008	0533	107	0049	0047	0004	0005	0928
73	0056	0057	0001	0010	0646	108	0041	0063	0004	0020	0928
74	0037	0052	0001	0005	0665	109	0040	0052	0003	0005	0864
75	0035	0055	0002	0008	0624	110	0043	0075	0004	0005	0775
76	0035	0059	0001	0005	0618	111	0034	0056	0002	0010	1028
77	0049	0057	0001	0008	0660	112	0041	0067	0002	0015	1057
78	0032	0059	0005	0005	0612	113	0038	0072	0003	0010	0986
79	0045	0059	0001	0020	0310	114	0031	0045	0003	0008	0809
80	0033	0057	0001	0010	0609	115	0036	0055	0003	0020	0745
81	0034	0056	0001	0005	0588	116	0035	0061	0003	0025	0960
82	0035	0057	0002	0010	0584	117	0065	0070	0003	0025	0601
83	0036	0061	0001	0008	0572	118	0042	0058	0004	0025	0500
84	0040	0053	0001	0010	0573	119	0076	0063	0003	0008	0677
85	0035	0051	0002	0005	0559	120	0071	0077	0003	0020	0797
86	0032	0049	0002	0020	0507	121	0071	0058	0003	0008	0636
87	0041	0050	0001	0008	0571	122	0036	0057	0004	0005	0638
88	0037	0068	0001	0015	0690	123	0036	0056	0003	0005	0678
89	0039	0061	0002	0020	0519	124	1870	0290	0003	0125	1990
90	0030	0054	0002	0010	0494	125	0042	0047	0003	0008	0756
91	0035	0064	0003	0005	0625	126	0189	0085	0002	0020	0792
92	0029	0046	0004	0010	0498	127	0063	0076	0004	0025	0712
93	0032	0056	0003	0015	0569	128	0066	0080	0004	0020	0879
94	0029	0061	0003	0025	0578	129	0063	0063	0002	0025	0809
95	0041	0061	0004	0025	0663	130	0059	0066	0004	0020	0755
96	0037	0060	0003	0010	0716	131	0054	0081	0004	0020	0818
97	0032	0059	0004	0020	0523	132	0041	0072	0003	0015	0751
98	0033	0056	0003	0005	0607	133	0048	0064	0002	0020	0728
99	0042	0062	0002	<005	0560	134	0044	0058	0002	0010	0719
100	0038	0054	0002	0020	0604	135	0044	0058	0002	0008	0730
101	0036	0065	0004	0020	2500	136	0050	0062	0003	0010	0750
102	0033	0054	0002	0020	0613	137	0047	0056	0003	0008	0767
103	0041	0064	0003	0008	0590	138	0031	0043	0001	0010	0527
104	0031	0057	0004	0010	0621	139	0080	0056	0002	0008	0718
105	0034	0071	0003	0008	0617	140	0105	0056	0002	0010	0707

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
141	0135	0061	0002	0018	1660	176	0058	0114	0001	0010	1023
142	0085	0057	0002	0010	1570	177	1010	0380	0002	0050	1940
143	0045	0061	0002	0008	6970	178	0048	0083	0003	0020	0999
144	0024	0031	0001	0005	0530	179	3920	0620	0004	0225	2920
145	0026	0032	0001	0005	0445	180	0127	0129	0003	0030	1470
146	0017	0022	0001	< 005	0348	181	6750	0840	0004	0225	4540
147	0043	0045	0003	0025	0483	182	3100	0470	0004	0200	2290
148	0043	0056	0003	0025	0543	183	0091	0140	0002	0030	1580
149	0032	0056	0003	0018	0616	184	0053	0129	0004	0025	1870
150	0026	0042	0001	0020	0517	185	0140	0125	0003	0025	1330
151	0030	0048	0002	0018	0562	186	0038	0067	0002	0010	0892
152	0039	0046	0002	0010	0617	187	0067	0135	0003	0015	1340
153	0033	0064	0002	0014	0630	188	0085	0092	0002	0020	0943
154	0031	0042	0002	0015	0530	189	0059	0107	0002	0025	0928
155	0034	0050	0002	0015	0592	190	0063	0120	0003	0023	1264
156	0030	0126	0003	0008	0961	191	1540	0370	0003	0088	2250
157	0026	0042	0002	0008	0551	192	0771	0300	0002	0050	1500
158	0029	0047	0002	0005	0585	193	2420	0500	0003	0175	2080
159	0032	0052	0002	0010	1172	194	0048	0069	0002	0020	0766
160	0033	0051	0002	0020	0692	195	0050	0320	0003	0040	1126
161	1060	0330	0002	0088	1840	196	0036	0065	0002	0020	0668
162	0033	0058	0001	< 005	0868	197	0053	0051	0003	0020	0820
163	1070	0330	0001	0075	1990	198	0031	0055	0002	0005	0607
164	0050	0078	0002	0020	0871	199	0037	0058	0003	0025	0697
165	0046	0074	0001	0018	0869	200	0034	0110	0003	0005	1035
166	0047	0071	0002	0015	0754	201	0027	0042	0002	0020	1108
167	2850	0480	0003	0125	2660	202	0040	0121	0002	0035	0835
168	0055	0072	0004	0025	0663	203	0033	0043	0003	0005	0734
169	2530	0635	0004	0150	4170	204	0041	0116	0002	0045	0789
170	0044	0102	0003	0020	0998	205	0040	0092	0002	0035	0933
171	0072	0102	0002	0025	1222	206	0132	0095	0021	0030	0719
172	1890	0410	0002	0075	2600	207	0033	0073	0002	0030	0689
173	0148	0077	0002	0005	1180	208	0131	0078	0001	0025	0750
174	1390	0350	0001	0075	2050	209	0060	0067	0002	0020	1121
175	1440	0365	0001	0088	1850	210	0086	0078	0001	0025	3250

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
211	0065	0073	0004	0030	0525	226	0034	0051	0004	0023	1420
212	0215	0087	0002	0008	2580	227	0036	0118	0003	0035	0845
213	0107	0062	0002	0005	0925	228	0040	0147	0004	0063	0944
214	0071	0065	0001	0010	0730	229	0023	0033	0004	0010	0748
215	0082	0072	0002	0005	1250	230	0034	0052	0003	0040	1500
216	0062	0067	0002	0005	0689	231	0029	0044	0004	0020	0571
217	0058	0069	0001	0020	1730	232	0028	0052	0003	0050	1297
218	0072	0071	0002	0010	0702	233	0055	0080	0004	0025	0467
219	0050	0070	0001	0018	0635	234	0030	0046	0002	0035	2100
220	0045	0079	0003	0010	0660	235	0070	0050	0002	0010	0402
221	0030	0064	0002	0023	0687	236	0034	0049	0003	0020	0566
222	0052	0083	0002	0025	6890	237	0025	0038	0002	0005	0567
223	0042	0042	0002	0020	0770	238	0058	0083	0002	0020	0765
224	0040	0064	0003	0023	1540	239	0045	0075	0002	0020	0871
225	0030	0046	0004	0023	0719						

Table 7 Chemical analysis of stream sediments for polymetallic components of the Cerro Yocas quadrangle

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
1	0046	0069	0004	0005	0668	36	0046	0071	0005	0075	0659
2	0042	0060	0004	0015	0751	37	0051	0075	0006	0025	0758
3	0050	0088	0003	0020	0784	38	0037	0065	0005	0045	0717
4	0065	0153	0003	0025	1299	39	0035	0066	0006	0030	0787
5	0055	0120	0004	0020	1047	40	0038	0066	0006	0030	0622
6	0045	0120	0003	0005	1060	41	0056	0064	0004	0025	0786
7	0041	0128	0005	0020	1004	42	0047	0063	0006	0030	0671
8	0033	0097	0005	0015	0924	43	0032	0060	0006	0025	0598
9	0035	0106	0003	0010	1039	44	0037	0066	0005	0020	0719
10	0033	0125	0005	0010	1113	45	0024	0051	0005	0025	0566
11	0037	0142	0005	0013	1293	46	0029	0051	0006	0040	0661
12	0030	0058	0004	0015	0433	47	0029	0060	0005	0040	0643
13	0034	0082	0005	0015	0601	48	0041	0051	0005	0020	0496
14	0036	0097	0004	0025	0976	49	0031	0063	0006	0030	0640
15	0033	0070	0004	0020	0581	50	0044	0055	0006	0025	0526
16	0030	0047	0004	0015	0491	51	0041	0048	0006	0025	0539
17	0034	0045	0005	0020	0522	52	0042	0047	0006	0030	0575
18	0046	0046	0005	0018	0538	53	0037	0043	0006	0012	0475
19	0034	0053	0004	0015	0432	54	0044	0052	0006	0020	0639
20	0036	0050	0005	0030	0533	55	0043	0055	0004	0010	0496
21	0033	0049	0004	0020	0431	56	0045	0050	0005	0020	0617
22	0030	0052	0005	0015	0602	57	0036	0070	0006	0040	0710
23	0051	0064	0005	0015	0619	58	0042	0059	0005	0020	0798
24	0045	0094	0005	0020	0933	59	0036	0058	0008	0020	0585
25	0039	0099	0004	0010	0973	60	0036	0071	0004	0030	0794
26	0052	0127	0005	0010	1067	61	0036	0076	0004	0025	0667
27	0031	0074	0006	0030	0645	62	0035	0082	0005	0020	0706
28	0031	0072	0006	0010	0624	63	0032	0067	0004	0025	0638
29	0032	0064	0005	0020	0397	64	0035	0083	0004	0020	0831
30	0035	0050	0007	0020	0456	65	0040	0058	0004	0015	0568
31	0033	0062	0005	0030	0569	66	0041	0069	0003	0010	0606
32	0038	0062	0005	0060	0641	67	0039	0057	0004	0015	0603
33	0038	0075	0006	0120	0715	68	0042	0070	0004	0010	0698
34	0060	0097	0007	0080	1019	69	0034	0046	0004	0015	0545
35	0044	0078	0006	0120	0723	70	0052	0057	0004	0010	0651

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
71	0053	0058	0003	0010	0653	204	0059	0118	0005	0060	0734
72	0031	0038	0004	<005	0563	205	0053	0217	0006	<005	1163
73	0041	0076	0004	0025	0762	206	0036	0090	0005	0025	0811
74	0039	0072	0003	0040	0814	207	0044	0133	0005	0020	1142
75	0037	0069	0004	0045	0800	208	0052	0063	0005	0055	0603
76	0042	0060	0004	0025	0727	209	0037	0056	0005	0020	0677
77	0035	0069	0004	0035	0833	210	0025	0067	0006	0095	0876
78	0035	0063	0005	0030	0718	211	0027	0047	0004	0010	0533
79	0034	0064	0005	0025	0723	212	0035	0071	0003	0010	0485
80	0035	0067	0004	0045	0692	213	0043	0062	0004	0010	0577
81	0031	0058	0005	0050	0639	214	0043	0085	0004	0025	0766
82	0045	0078	0006	0050	0744	215	0041	0102	0004	0025	0879
83	0033	0057	0004	0015	0590	216	0042	0088	0004	0025	0711
84	0039	0065	0005	0030	0641	217	0047	0090	0005	0020	0820
85	0037	0061	0005	0030	0681	218	0039	0099	0004	0020	0864
86	0037	0068	0004	0020	0623	219	0044	0093	0004	0015	0766
87	0036	0061	0005	0025	0625	220	0031	0070	0004	0025	0623
88	0038	0076	0004	0050	0753	221	0044	0103	0003	0015	0908
89	0036	0089	0006	<005	0596	222	0032	0082	0004	0020	0599
90	0035	0089	0006	0050	0684	223	0049	0084	0004	0025	0635
91	0038	0091	0007	0050	0770	224	0037	0097	0003	0020	0746
92	0033	0082	0006	0050	0690	225	0030	0063	0004	0060	0598
93	0038	0058	0005	0075	0713	226	0030	0061	0004	0010	0619
94	0046	0058	0003	0050	0716	227	0030	0060	0004	0015	0610
95	0040	0063	0003	0060	0714	228	0039	0074	0003	0015	0705
96	0033	0058	0002	0030	0608	229	0040	0085	0004	0025	0763
97	0035	0059	0003	0045	0624	230	0038	0096	0003	0015	0881
98	0038	0088	0002	0075	0810	231	0036	0078	0004	0010	0832
99	0043	0072	0004	0030	0732	232	0043	0067	0005	0045	0672
100	0034	0073	0003	0030	0748	233	0042	0085	0004	0015	0828
101	0032	0070	0004	0030	0855	234	0036	0075	0003	0030	0940
102	0033	0076	0004	0050	0825	235	0042	0077	0005	0020	0701
201	0033	0052	0005	0040	0452	236	0038	0067	0004	0028	0654
202	0027	0069	0004	0008	0758	237	0036	0077	0003	0020	0739
203	0042	0072	0004	0125	0608	238	0055	0060	0005	0025	0740

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
239	0073	0080	0008	0030	1049	515	0038	0066	0005	0020	0606
240	0040	0084	0004	0025	0761	516	0041	0072	0004	0035	0515
241	0048	0069	0004	0020	0678	508A	0041	0075	0006	0045	0751
242	0042	0066	0004	0045	0635	509A	0036	0086	0004	0025	0787
243	0038	0068	0004	0030	0663	510A	0034	0077	0002	0030	0706
244	0040	0069	0003	0025	0693	511A	0030	0071	0004	0040	0675
245	0041	0069	0004	0040	0709	601	0036	0075	0004	0015	0786
246	0046	0075	0004	0065	0682	602	0030	0059	0001	<005	0717
247	0046	0063	0003	0070	0662	603	0044	0394	0001	<005	2040
248	0042	0075	0004	0028	0636	604	0036	0121	0001	0025	1081
249	0038	0077	0004	0015	0607	13FBG1	0036	0075	0003	0030	0599
250	0041	0089	0004	0040	0705	16FBG1	0048	0067	0004	0040	0655
251	0043	0064	0004	0025	0663	24FNG1	0061	0061	0004	0035	0570
252	0048	0069	0004	0025	0721	24GNG1	0057	0060	0004	0035	0563
253	0052	0064	0002	0045	0732	14GBG1	0034	0063	0003	0020	0710
254	0045	0070	0003	0040	0711	13HBG1	0036	0124	0004	0020	1072
255	0048	0078	0008	0030	0635	23HNG1	0037	0062	0004	0035	0613
256	0038	0051	0004	0030	0549	13JBG2	0037	0063	0002	0020	0694
257	0029	0068	0003	0025	0617	1KSG1	0036	0067	0003	0020	0585
258	0030	0073	0004	0025	0637	1KSG2	0034	0078	0002	0015	0751
259	0032	0069	0003	0030	0665	2KSG1	0028	0059	0003	0020	0604
501	0038	0071	0004	0025	0664	2KSG2	0042	0062	0004	0010	0676
502	0037	0068	0003	0040	0616	3LSG1	0032	0065	0002	0020	0693
503	0031	0072	0004	0030	0697	4LSG1	0021	0041	0003	0010	0471
504	0027	0116	0004	0025	0522	2WSG1	0041	0050	0004	0012	0528
505	0034	0098	0005	0045	0552	2XSG1	0041	0053	0004	0025	0504
506	0034	0105	0004	0050	0623	3XSG1	0071	0055	0004	0030	0558
507	0032	0071	0003	0045	0740	3YSG1	0039	0062	0003	0020	0406
508	0039	0146	0003	0040	0770	2VSG1	0037	0053	0003	0009	0526
509	0045	0081	0004	0025	0698	4PSG1	0038	0060	0003	0007	0461
510	0037	0081	0003	0040	0612	4SSG1	0030	0066	0003	0009	0609
511	0038	0074	0003	0040	0658	9VSG1	0039	0071	0005	0045	0833
512	0034	0056	0004	0030	0576	4QSG1	0027	0047	0004	0005	0389
513	0037	0066	0003	0015	0691	5WSG1	0040	0104	0004	0020	0942
514	0041	0072	0004	0040	0740	5GSG1	0028	0069	0003	0008	0666

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
3SSG1	0025	0051	0003	0010	0496	9WSG2	0063	0044	0004	0006	0623
6USG1	0024	0059	0003	0035	0561	7RSG1	0024	0034	0004	0010	0527
2RSG1	0027	0035	0004	<005	0407	6ZSG1	0045	0077	0003	0008	0826
9RSG1	0033	0050	0004	0010	0437	8QSG1	0025	0050	0004	0006	0619
6TSG1	0037	0057	0003	0070	0545	10SSG1	0031	0052	0004	0045	0552
8TSG1	0031	0054	0003	0025	0462	5ISG1	0037	0071	0003	0007	0736
9YSG1	0055	0048	0003	0010	0394	5XSG1	0027	0060	0005	0075	0743
4TSG1	0024	0041	0004	0007	0619	9USG1	0031	0057	0006	0050	0605
6SSG2	0025	0038	0003	0045	0395	1QSG1	0026	0053	0005	0010	0488
6QSG1	0025	0045	0005	<005	0573	2SSG1	0037	0077	0004	0020	0559
3QSG1	0033	0046	0004	0005	0478	2QSG1	0029	0043	0004	0015	0379
9WSG1	0041	0060	0005	0035	0681	4MSG1	0021	0056	0003	0010	0501
5RSG1	0029	0047	0004	0006	0527	22OSG1	0041	0080	0004	0035	0857
7KSG1	0029	0059	0003	0009	0646	22PSG1	0041	0079	0004	0030	0787
8ZSG1	0048	0060	0002	0010	0609	14PNG1	0040	0081	0003	0008	0787
7MSG1	0059	0090	0006	0065	0697	16PNG1	0044	0081	0003	0008	0625
6VSG1	0034	0058	0005	0055	0637	16RNG1	0038	0075	0003	0008	0611
10RSG1	0031	0040	0003	0005	0424	17VNG1	0033	0070	0003	0008	0475
1SSG1	0040	0129	0005	0025	1447	17WNG1	0052	0121	0003	0005	1017
7SSG1	0025	0056	0004	0038	0759	19WNG1	0030	0087	0003	0005	0694
7WSG1	0034	0045	0003	0013	0466	20XNG1	0066	0119	0003	0005	0948
4VSG1	0024	0065	0005	0009	0848	21XNG1	0061	0072	0002	0005	0646
7QSG1	0023	0040	0003	0005	0423	20YNG1	0057	0093	0003	0005	0893
10TSG1	0027	0044	0004	0039	0475	19YNG1	0053	0079	0004	0005	0541
7XSG1	0030	0048	0004	0010	0596	14WNG1	0037	0129	0004	0005	0858
5SSG1	0026	0053	0006	0015	0593	12WNG1	0037	0082	0003	0005	0563
7VSG1	0034	0044	0004	0008	0492	10WNG1	0032	0067	0002	0005	0544
8XSG2	0045	0046	0005	0015	0487	11UNG1	0064	0094	0004	0035	0585
9XSG1	0042	0041	0004	0023	0395	11TNG1	0066	0120	0005	0065	0712
8XSG1	0040	0063	0004	0015	0703	11SNG1	0074	0104	0004	0035	0551
6XSG2	0033	0048	0004	0065	0527	12UNG1	0030	0054	0003	0008	0395
6XSG1	0036	0056	0003	0009	0590	14VNG1	0036	0075	0002	0010	0532
8YSG1	0066	0069	0004	0020	0634	14TNG1	0035	0075	0003	0010	0541
5QSG1	0025	0041	0004	0005	0441	15SNG1	0030	0060	0003	0005	0513
6SSG1	0025	0046	0005	0070	0614	21WNG1	0037	0072	0003	0005	0661

Sample		Elements (ppm)					Sample		Elements (ppm)				
No.	Cu	Zn	Mo	As	Mn	No.	Cu	Zn	Mo	As	Mn		
23YNG1	0041	0082	0002	<005	0755	13LBG1	0034	0089	0003	0009	0893		
24XNG1	0051	0076	0002	0005	1005	12KBG1	0027	0097	0003	0009	0869		
25YNG1	0054	0103	0003	0005	0908	12NBG1	0033	0088	0003	0028	0822		
25WNG1	0040	0065	0003	0050	0563	13PBG1	0041	0076	0003	0032	0727		
24WNG1	0042	0059	0004	0015	0504	14NBG1	0029	0106	0003	0007	0990		
25UNG1	0046	0067	0004	0045	0590	15NBG1	0031	0096	0003	0008	0842		
27ZNG1	0064	0059	0003	0010	0526	15XSG1	0026	0058	0003	0045	0711		
14LBG1	0038	0099	0003	0007	1034	3VSG1	0034	0071	0003	0010	0713		
13KBG1	0033	0090	0002	0008	0926	4XSG1	0045	0073	0004	0035	0605		
13JBG1	0034	0072	0003	0008	0671								

Table 8 Chemical analysis of soil and stream sediments for polymetallic components of the Quebrada Pinchal area

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
A0	0037	0072	0003	0030	0518	C2	0047	0066	0003	0020	0521
A1	0035	0066	0004	0025	0552	C3	0040	0072	0003	0020	0619
A2	0042	0062	0004	0012	0517	C4	0039	0062	0004	0020	0497
A3	0051	0067	0003	0020	0402	C5	0047	0070	0003	0020	0420
A4	0042	0063	0004	0025	0493	C6	0040	0064	0002	0025	0468
A5	0041	0066	0003	0020	0474	C7	0043	0069	0004	0035	0506
A6	0051	0075	0004	0030	0524	C8	0036	0066	0004	0040	0511
A7	0036	0071	0005	0025	0503	C9	0060	0065	0003	0045	0409
A8	0056	0072	0004	0015	0571	C10	0035	0060	0004	0060	0416
A9	0050	0059	0004	0020	0545	C11	0034	0061	0004	0040	0372
B0	0039	0066	0003	0045	0482	C12	0031	0060	0003	0025	0415
B1	0043	0055	0003	0025	0467	C13	0038	0076	0004	0035	0521
B2	0038	0061	0004	0020	0475	C14	0045	0062	0003	0010	0488
B3	0036	0066	0005	0015	0511	C15	0037	0060	0002	0045	0422
B4	0034	0059	0004	0020	0398	C16	0041	0067	0004	0040	0388
B5	0040	0064	0002	0030	0419	C17	0027	0066	0004	0025	0436
B6	0042	0069	0005	0035	0405	C18	0042	0066	0010	0030	0410
B7	0043	0059	0004	0020	0494	C19	0036	0075	0003	0025	0504
B8	0059	0065	0004	0020	0582	C20	0042	0079	0002	0015	0486
B9	0046	0053	0006	0020	0437	C21	0035	0070	0003	0030	0479
B10	0067	0043	0003	0045	0544	C22	0040	0108	0004	0025	0524
B11	0051	0043	0002	0060	0460	D0	0032	0066	0003	0025	0436
B12	0042	0046	0003	0035	0542	D1	0036	0072	0002	0025	0426
B13	0038	0055	0004	0030	0360	D2	0048	0082	0003	0030	0540
B14	0049	0057	0003	0010	0562	D3	0036	0074	0003	0006	0464
B15	0049	0057	0005	0025	0443	D4	0031	0065	0003	0020	0320
B16	0034	0054	0003	0045	0451	D5	0040	0069	0003	0030	0402
B17	0038	0062	0004	0020	0421	D6	0045	0066	0003	0015	0511
B18	0039	0065	0004	0030	0562	D7	0047	0073	0003	0045	0543
B19	0038	0062	0004	0020	0486	D8	0044	0080	0003	0020	0556
B20	0040	0068	0002	0040	0513	D9	0039	0075	0004	0055	0464
B21	0033	0062	0003	0020	0464	D10	0039	0073	0002	0040	0445
B22	0041	0074	0003	0025	0518	D11	0038	0068	0004	0035	0417
C0	0037	0069	0002	0025	0437	D12	0034	0074	0003	0035	0397
C1	0040	0061	0003	0015	0391	D13	0040	0090	0005	0030	0483

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
D14	0042	0066	0006	0035	0406	F3	0076	0069	0002	0025	0560
D15	0036	0076	0004	0015	0521	F4	0083	0080	0003	0025	0470
D16	0038	0069	0003	0020	0463	F5	0052	0074	0004	0025	0461
D17	0033	0079	0004	0045	0428	F6	0093	0080	0003	0020	0532
D18	0032	0075	0004	0020	0594	F7	0043	0061	0004	0010	0542
D19	0037	0073	0003	0015	0427	F8	0051	0071	0002	0010	0541
D20	0038	0077	0003	0010	0515	F9	0057	0073	0003	0020	0492
D21	0037	0074	0003	0030	0513	F10	0160	0076	0013	0060	0530
D22	0040	0077	0002	0010	0523	F11	0052	0066	0003	0025	0464
E0	0067	0078	0005	0040	0504	F12	0041	0055	0002	0020	0475
E1	0044	0076	0003	0040	0523	F13	0065	0052	0002	0025	0354
E2	0045	0083	0003	0025	0424	F14	0035	0060	0001	0010	0428
E3	0055	0076	0003	0020	0455	F15	0049	0063	0002	0030	0474
E4	0038	0077	0002	0020	0487	F16	0052	0068	0004	0025	0504
E5	0048	0076	0003	0020	0439	F17	0049	0055	0001	0025	0365
E6	0042	0082	0003	0010	0567	F18	0063	0045	0005	0040	0211
E7	0046	0072	0004	0020	0481	F19	0024	0049	0003	0015	0263
E8	0051	0065	0005	0025	0436	F20	0035	0057	0002	0015	0467
E9	0034	0068	0005	0045	0498	F21	0050	0046	0002	0025	0471
E10	0034	0073	0002	0025	0455	F22	0035	0068	0003	0015	0546
E11	0037	0066	0003	0025	0358	G0	0059	0089	0001	0020	0832
E12	0061	0070	0003	0020	0631	G1	0065	0075	0002	0020	0568
E13	0043	0065	0004	0045	0421	G2	0046	0069	0001	0015	0579
E14	0046	0063	0003	0025	0467	G3	0045	0076	0001	0018	0604
E15	0056	0060	0004	0030	0570	G4	0036	0069	0003	0017	0442
E16	0055	0058	0003	<005	0448	G5	0050	0072	0003	0018	0486
E17	0063	0062	0003	0030	0443	G6	0041	0070	0002	0020	0513
E18	0042	0061	0004	0025	0571	G7	0067	0074	0006	0025	0311
E19	0058	0052	0003	0025	0408	G8	0053	0056	0004	0025	0383
E20	0044	0069	0004	0020	0535	G9	0065	0078	0004	0030	0555
E21	0048	0076	0004	0010	0590	G10	0048	0069	0004	0015	0507
E22	0054	0071	0004	0045	0486	G11	0043	0074	0004	<005	0531
F0	0059	0071	0002	0020	0527	G12	0039	0061	0002	0020	0455
F1	0054	0069	0002	0010	0533	G13	0052	0060	0006	0030	0408
F2	0060	0075	0002	0030	0560	G14	0037	0058	0003	0020	0405

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
G15	0043	0073	0006	0030	0471	I 4	0064	0069	0005	0020	0459
G16	0051	0061	0007	0030	0366	I 5	0040	0074	0004	0020	0433
G17	0037	0070	0003	0015	0487	I 6	0066	0067	0005	0025	0499
G18	0060	0074	0005	0030	0516	I 7	0049	0045	0006	0015	0263
G19	0052	0054	0008	0020	0404	I 8	0062	0076	0005	0025	0405
G20	0069	0070	0006	0025	0443	I 9	0102	0090	0008	0025	0508
G21	0040	0043	0004	0025	0383	I 10	0039	0063	0008	0020	0397
G22	0038	0066	0005	0025	0431	I 11	0050	0077	0009	0030	0479
H0	0051	0074	0003	0020	0442	I 12	0050	0050	0009	0030	0246
H1	0073	0088	0003	0030	0633	I 13	0050	0071	0007	0025	0384
H2	0053	0079	0004	0020	0486	I 14	0079	0074	0006	0030	0521
H3	0061	0077	0003	0025	0438	I 15	0092	0087	0010	0045	0988
H4	0048	0067	0003	0020	0412	I 16	0035	0064	0007	0020	0434
H5	0065	0063	0006	0020	0520	I 17	0051	0064	0008	0045	0321
H6	0075	0073	0006	0025	0756	I 18	0047	0064	0008	0020	0398
H7	0040	0061	0004	0025	0448	I 19	0072	0088	0005	0015	0840
H8	0115	0119	0009	0030	0428	I 20	0055	0064	0007	0025	0528
H9	0055	0078	0006	0030	0487	I 21	0104	0047	0003	0025	0251
H10	0046	0075	0004	0030	0372	I 22	0032	0064	0007	0020	0615
H11	0045	0064	0005	0025	0455	I 23	0028	0042	0010	0015	0271
H12	0042	0054	0006	0025	0436	I 24	0044	0057	0007	0020	0568
H13	0035	0057	0005	0030	0442	I 25	0030	0058	0007	0025	0361
H14	0041	0064	0005	0025	0384	I 26	0043	0061	0006	0010	0502
H15	0048	0066	0005	0025	0375	I 27	0053	0065	0006	0020	0541
H16	0043	0068	0007	0030	0444	I 28	0059	0092	0006	0015	0639
H17	0055	0073	0007	0030	0398	I 29	0066	0090	0006	0027	0703
H18	0043	0064	0006	0020	0379	J 0	0053	0068	0006	0020	0541
H19	0056	0066	0004	0020	0405	J 1	0086	0086	0005	0030	0671
H20	0076	0043	0007	0030	0262	J 2	0053	0076	0006	0018	0463
H21	0049	0061	0006	0017	0464	J 3	0068	0058	0006	0020	0462
H22	0138	0063	0012	0020	0413	J 4	0048	0074	0005	0020	0455
I 0	0052	0073	0005	0015	0530	J 5	0045	0072	0005	0020	0495
I 1	0049	0062	0005	0025	0399	J 6	0048	0077	0007	0020	0486
I 2	0058	0073	0004	0015	0457	J 7	0145	0084	0005	0030	0765
I 3	0054	0067	0005	0028	0554	J 8	0071	0062	0005	0020	0858

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
J 9	0041	0055	0007	0020	0556	K14	0060	0099	0003	0015	0480
J 10	0064	0087	0006	0015	1093	K15	0038	0061	0005	0020	0402
J 11	0046	0065	0007	0020	0385	K16	0038	0065	0005	0020	0438
J 12	0035	0056	0007	0025	0380	K17	0047	0066	0004	0020	0452
J 13	0035	0073	0006	0020	0464	K18	0047	0068	0005	0025	0331
J 14	0039	0063	0002	0020	0362	K19	0054	0072	0006	0020	0440
J 15	0043	0071	0003	0015	0450	K20	0059	0069	0003	0015	0477
J 16	0062	0082	0004	0030	0438	K21	0055	0060	0004	0018	0490
J 17	0044	0061	0005	0015	0367	K22	0067	0063	0004	0012	0758
J 18	0037	0080	0004	0025	0452	K23	0087	0069	0003	0020	0702
J 19	0041	0064	0003	0020	0490	K24	0041	0060	0005	0010	0510
J 20	0042	0078	0003	0030	0734	K25	0051	0066	0004	0015	0556
J 21	0040	0074	0004	0015	0538	K26	0052	0054	0003	0028	0522
J 22	0063	0087	0004	0020	0490	K27	0040	0070	0004	0015	0533
J 23	0046	0062	0008	0025	0530	K28	0047	0067	0005	0010	0570
J 24	0077	0041	0002	<005	0948	K29	0078	0066	0003	0005	0913
J 25	0067	0058	0004	0008	0537	L0	0050	0068	0004	0015	0541
J 26	0042	0068	0002	0015	0518	L1	0059	0066	0005	0020	0471
J 27	0097	0046	0003	0005	0499	L2	0047	0073	0003	0040	0496
J 28	0072	0064	0004	0020	0692	L3	0050	0069	0005	0020	0480
J 29	0042	0051	0005	0018	0590	L4	0037	0061	0005	0018	0439
K0	0046	0057	0003	0025	0514	L5	0053	0081	0005	0026	0463
K1	0046	0073	0003	0020	0489	L6	0042	0079	0004	0025	0444
K2	0053	0062	0003	0015	0448	L7	0064	0072	0005	0030	0400
K3	0077	0093	0003	0020	0638	L8	0049	0074	0003	0020	0527
K4	0043	0073	0004	0038	0558	L9	0040	0071	0004	0020	0545
K5	0057	0071	0003	0020	0452	L10	0045	0070	0005	0015	0481
K6	0040	0088	0004	0020	0502	L11	0037	0056	0003	0013	0342
K7	0044	0080	0004	0022	0427	L12	0039	0058	0004	0018	0478
K8	0060	0074	0003	0025	0679	L13	0045	0060	0004	0018	0363
K9	0087	0072	0004	0020	0565	L14	0053	0074	0003	0013	0668
K10	0036	0069	0004	0010	0419	L15	0051	0066	0004	0020	0480
K11	0079	0082	0003	0020	0493	L16	0086	0067	0004	0020	0726
K12	0057	0074	0003	0015	0553	L17	0041	0058	0009	0018	0286
K13	0040	0061	0005	0020	0451	L18	0038	0058	0004	0018	0392

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
L19	0056	0071	0007	0018	0606	M24	0053	0066	0002	0040	0466
L20	0061	0071	0003	0020	0501	M25	0044	0075	0002	0030	0490
L21	0050	0054	0004	0010	0429	M26	0040	0061	0002	0030	0523
L22	0047	0062	0006	0015	0605	M27	0035	0066	0003	<005	0547
L23	0052	0052	0003	0018	0659	M28	0044	0063	0002	0010	0508
L24	0064	0064	0006	0025	0423	M29	0032	0054	0002	0010	0424
L25	0040	0056	0005	0020	0590	N0	0038	0066	0003	0020	0543
L26	0047	0051	0002	0015	0535	N1	0038	0050	0002	0010	0359
L27	0052	0064	0004	0028	1220	N2	0042	0062	0002	0025	0687
L28	0038	0056	0003	0012	0583	N3	0043	0064	0003	0045	0529
L29	0038	0064	0002	0010	0519	N4	0040	0055	0002	0030	0506
M0	0040	0062	0004	0020	0381	N5	0049	0068	0003	0020	0482
M1	0061	0065	0004	0020	0552	N6	0045	0071	0002	0025	0517
M2	0035	0053	0002	0025	0508	N7	0049	0065	0002	0010	0491
M3	0048	0066	0005	0015	0452	N8	0037	0056	0002	0020	0388
M4	0053	0067	0004	0030	0703	N9	0038	0060	0002	0025	0434
M5	0051	0073	0002	0020	0511	N10	0035	0048	0003	0015	0379
M6	0045	0069	0004	0020	0532	N11	0075	0059	0003	0030	0549
M7	0048	0070	0005	0020	0405	N12	0090	0062	0003	0025	0533
M8	0044	0067	0003	0020	0418	N13	0038	0049	0003	0020	0385
M9	0042	0061	0004	0020	0394	N14	0083	0065	0003	0015	0714
M10	0042	0062	0004	0020	0456	N15	0038	0054	0003	0020	0402
M11	0046	0073	0002	0015	0524	N16	0062	0073	0003	0020	0685
M12	0040	0052	0005	0020	0477	N17	0067	0062	0003	0020	0578
M13	0044	0057	0004	0020	0437	N18	0056	0075	0003	0025	0490
M14	0046	0062	0002	0020	0441	N19	0077	0074	0003	0015	0605
M15	0040	0058	0005	0015	0415	N20	0075	0068	0005	0020	0381
M16	0077	0110	0005	0020	0961	N21	0063	0236	0003	0045	1212
M17	0095	0093	0002	0010	0914	N22	0082	0078	0003	0025	1072
M18	0059	0058	0008	0020	0392	N23	0081	0068	0003	0020	0659
M19	0082	0063	0006	0010	2366	N24	0050	0089	0002	0025	0569
M20	0065	0067	0005	0025	0403	N25	0068	0067	0003	0010	0597
M21	0042	0046	0006	0020	0278	N26	0082	0049	0003	0010	0667
M22	0057	0056	0006	0020	0401	N27	0057	0062	0002	0018	0532
M23	0053	0060	0003	0040	0760	N28	0074	0062	0003	0017	0863

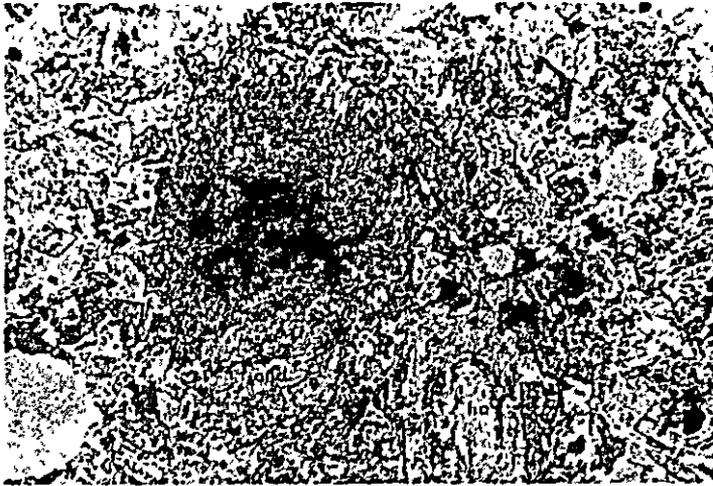
Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
N29	0042	0070	0003	0015	0487	P 4	0041	0076	0003	0030	0603
O0	0041	0068	0003	0030	0527	P 5	0038	0056	0004	0025	0445
O1	0040	0101	0004	0030	0672	P 6	0043	0066	0004	0020	0528
O2	0032	0074	0004	0025	0424	P 7	0042	0068	0003	0020	0411
O3	0038	0072	0003	0030	0514	P 8	0036	0064	0004	0025	0413
O4	0042	0073	0004	0020	0663	P 9	0035	0065	0003	0030	0396
O5	0038	0069	0003	0018	0459	P 10	0037	0057	0004	0025	0348
O6	0042	0077	0003	0012	0495	P 11	0040	0066	0003	0025	0543
O7	0045	0084	0004	0025	0521	P 12	0038	0071	0004	0020	0483
O8	0042	0073	0004	0020	0489	P 13	0041	0075	0004	0025	0537
O9	0041	0071	0003	0025	0472	P 14	0037	0063	0003	0028	0430
O10	0048	0074	0003	0030	0578	P 15	0036	0065	0003	0015	0442
O11	0037	0072	0004	0025	0424	P 16	0048	0058	0005	0020	0469
O12	0043	0061	0004	0020	0418	P 17	0030	0067	0003	0015	0599
O13	0039	0064	0004	0020	0416	P 18	0033	0053	0005	0025	0483
O14	0037	0063	0005	0035	0429	P 19	0039	0075	0004	0030	0557
O15	0047	0063	0005	0015	0531	P 20	0040	0062	0004	0025	0519
O16	0056	0069	0004	0015	0417	P 21	0041	0071	0004	0025	0547
O17	0032	0064	0004	0010	0848	P 22	0043	0080	0005	0025	0566
O18	0095	0070	0003	0020	0772	P 23	0037	0067	0004	0020	0478
O19	0035	0052	0004	0015	0472	P 24	0051	0072	0004	0025	0499
O20	0042	0081	0004	0036	0690	P 25	0047	0055	0004	0020	0462
O21	0081	0068	0003	0030	0593	P 26	0046	0067	0004	0015	0564
O22	0048	0065	0004	0025	0564	P 27	0046	0063	0004	0020	0505
O23	0039	0061	0004	0020	0497	P 28	0043	0083	0005	0020	0523
O24	0036	0061	0004	0025	0471	P 29	0034	0057	0004	0025	0462
O25	0042	0059	0003	0025	0455	Q0	0039	0082	0005	0030	0538
O26	0040	0072	0005	0030	0632	Q1	0038	0097	0005	0025	0605
O27	0043	0063	0004	0028	0480	Q2	0036	0076	0004	0025	0509
O28	0054	0053	0003	0025	0588	Q3	0024	0149	0005	0025	0811
O29	0043	0063	0004	0022	0583	Q4	0037	0091	0003	0030	0434
P0	0037	0072	0003	0020	0467	Q5	0037	0072	0002	0030	0566
P 1	0032	0061	0003	0020	0438	Q6	0018	0049	0003	0010	0195
P 2	0039	0075	0004	0025	0453	Q7	0031	0059	0004	0025	0391
P 3	0039	0067	0004	0020	0509	Q8	0032	0068	0002	0015	0487

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
Q9	0041	0072	0004	0020	0548	R14	0047	0072	0005	0025	0463
Q10	0043	0070	0004	0025	0468	R15	0043	0074	0005	0010	0512
Q11	0042	0068	0002	0040	0552	R16	0043	0082	0005	0020	0506
Q12	0046	0069	0003	0020	0536	R17	0046	0072	0005	0030	0411
Q13	0051	0084	0004	0025	0443	R18	0054	0100	0005	0020	0502
Q14	0047	0078	0003	0025	0526	R19	0048	0066	0020	0020	0354
Q15	0047	0067	0005	0005	0452	R20	0041	0066	0005	0020	0506
Q16	0045	0064	0004	0025	0467	R21	0046	0076	0006	0030	0610
Q17	0039	0063	0004	0030	0394	R22	0040	0069	0006	0020	0429
Q18	0051	0074	0004	0040	0547	R23	0048	0086	0005	0025	0498
Q19	0045	0083	0004	0015	0561	R24	0048	0076	0005	0025	0469
Q20	0048	0073	0004	0020	0509	R25	0043	0065	0005	0020	0496
Q21	0054	0090	0004	0020	0431	R26	0040	0070	0005	0020	0520
Q22	0042	0086	0003	0015	0585	R27	0045	0074	0006	0030	0571
Q23	0043	0073	0004	0020	0414	R28	0039	0071	0005	0020	0456
Q24	0045	0083	0005	0015	0529	R29	0040	0083	0004	0020	0505
Q25	0045	0070	0004	0025	0413	S0	0040	0088	0005	0025	0442
Q26	0043	0068	0005	0020	0420	T0	0038	0074	0003	0025	0554
Q27	0044	0066	0005	0030	0425	2DBG1	0038	0073	0005	0025	1167
Q28	0040	0078	0004	0020	0465	2DBG2	0049	0067	0005	0022	0495
Q29	0040	0080	0004	0020	0470	2DBG3	0043	0072	0005	0020	0450
R0	0034	0115	0004	0020	0589	2DBG4	0043	0062	0004	0020	0465
R1	0043	0082	0004	0030	0497	2EBG1	0052	0104	0005	0020	0836
R2	0037	0082	0005	0025	0427	2EBG2	0058	0072	0006	0025	0599
R3	0037	0091	0004	0040	0599	2EBG3	0051	0076	0004	0025	0631
R4	0048	0080	0004	0025	0629	2ENG1	0044	0080	0004	0020	0638
R5	0041	0118	0005	0035	0505	2ENG2	0039	0076	0005	0025	0528
R6	0045	0073	0006	0020	0522	2ENG3	0031	0063	0004	0010	0448
R7	0046	0080	0005	0020	0540	2FNG1	0034	0101	0004	0030	1099
R8	0052	0090	0005	0040	0662	2FNG2	0041	0112	0005	0020	0968
R9	0044	0070	0005	0020	0494	1ENG1	0039	0088	0004	<005	0583
R10	0096	0067	0005	0040	0549	1ENG2	0043	0078	0004	0020	0697
R11	0043	0061	0005	0010	0417	1ENG3	0035	0072	0004	0020	0629
R12	0043	0078	0005	0015	0432	1FNG1	0035	0065	0004	0015	0411
R13	0050	0068	0004	0015	0462	1FNG2	0040	0072	0003	0020	0569

Sample No.	Elements (ppm)					Sample No.	Elements (ppm)				
	Cu	Zn	Mo	As	Mn		Cu	Zn	Mo	As	Mn
1FNG3	0038	0070	0004	0010	0472	N1BKG2	0042	0068	0003	0020	0890
1FNG4	0034	0063	0004	0010	0471	N1BKG3	0049	0071	0002	0025	0581
5EGF1	0064	0074	0003	0005	0495	N1BKG4	0048	0064	0004	0020	0656
5EGF2	0043	0066	0004	0020	0321	N2BKG1	0064	0079	0004	0025	0738
5EGF3	0046	0096	0004	0025	0890	N2BKG2	0042	0079	0003	0010	1350
5EGF4	0042	0056	0003	0025	0344	N2BKG3	0072	0091	0002	0020	0658
5DGF1	0068	0067	0005	0030	0497	N3BKG1	0049	0077	0004	0035	0654
5DGF2	0069	0075	0005	0030	0466	N3BKG2	0039	0064	0004	0025	0502
5DGF3	0029	0076	0003	0005	0467	N3BKG3	0030	0049	0005	0035	0442
5DGF4	0062	0067	0003	0020	0392	N1CKG1	0035	0065	0003	0025	0492
5DGF5	0049	0052	0003	0018	0266	N1CKG2	0040	0065	0003	0025	0549
4DGF1	0041	0064	0004	0012	0651	N1CKG3	0042	0080	0003	0015	0457
4DGF2	0035	0049	0005	0015	0253	N3CKG1	0044	0058	0004	<005	0536
4DGF3	0034	0043	0003	0005	0388	N3CKG2	0040	0079	0003	0030	0565
4DGF4	0073	0047	0011	0027	0136	N2DKG1	0040	0076	0003	0030	0508
4DGF5	0054	0080	0003	0020	0729	2AGF1	0075	0061	0008	0040	0410
4DGF6	0049	0079	0004	0026	0527	2AKG1	0044	0072	0004	0050	0686
4DGF7	0045	0075	0005	0028	0622	2AKG2	0044	0070	0002	0025	0703
4FGF1	0052	0085	0003	0005	0739	2AKG3	0040	0064	0004	0030	0639
4FGF2	0039	0072	0003	0015	0602	2AKG5	0048	0063	0004	0030	0591
4EGF1	0060	0078	0003	0005	0327	3AGF1	0053	0086	0004	0040	0700
5AGF1	0044	0090	0005	0025	0971	3AGF2	0071	0090	0006	0045	0437
5AGF2	0046	0084	0005	0025	0578	3AGF3	0052	0058	0005	0040	0349
5AGF3	0061	0092	0005	<005	0636	3AGF4	0051	0048	0006	0040	0293
4BGF1	0050	0089	0004	0025	0594	3AGF5	0050	0064	0007	0038	0498
4AGF1	0046	0080	0004	0025	1198	3AKG1	0056	0061	0004	0010	0807
4AGF2	0040	0076	0002	0030	0638	3AKG2	0041	0070	0004	0025	0570
4AGF3	0042	0088	0002	0030	0836	3AKG3	0040	0071	0004	0025	0500
4AGF4	0056	0124	0020	0030	1932	3AKG4	0042	0072	0004	0025	0598
4AGF5	0052	0099	0003	0030	0632	3AKG5	0068	0083	0004	0030	0810
4AGF6	0047	0167	0003	0025	0973	2BKG1	0053	0072	0004	0040	0664
3AGF1	0050	0089	0005	0030	0601	3BKG1	0040	0065	0003	0012	0478
N2AKG3	0045	0090	0005	0040	0679	3BGF1	0084	0078	0005	0025	1261
2AKG4	0047	0074	0004	0035	1077	4BGF2	0038	0064	0003	0030	0512
N1BKG1	0049	0068	0004	0020	1151	3CGF1	0081	0067	0005	0040	0512

Sample		Elements (ppm)					Sample		Elements (ppm)				
No.	Cu	Zn	Mo	As	Mn	No.	Cu	Zn	Mo	As	Mn		
3CGF2	0040	0052	0002	0005	0329	3F BG2	0032	0060	0002	0020	0481		
3DBG1	0033	0046	0004	0025	0353	3F BG3	0031	0070	0003	0020	0573		
3DBG2	0035	0046	0004	0020	0451	3F BG4	0032	0069	0003	0020	0515		
3DBG3	0036	0048	0002	0020	0466	N1AKG1	0046	0084	0003	0040	0633		
3DBG4	0037	0051	0002	0020	0444	N1AKG2	0034	0074	0003	0040	0618		
3DBG5	0040	0055	0001	0015	0381	N1AKG3	0040	0080	0002	0030	0613		
3EBG1	0034	0071	0002	0025	0707	N1AKG4	0034	0074	0004	0025	0563		
3EBG2	0032	0052	0002	0015	0453	N2AKG1	0048	0097	0005	0030	0658		
3EBG3	0033	0046	0002	0020	0469	N2AKG2	0045	0084	0005	0040	0764		
3EBG4	0043	0069	0002	0020	0442								
2F BG1	0040	0077	0002	0020	0747								
2F BG2	0034	0071	0003	0020	0566								
2F BG3	0039	0085	0004	0030	0803								
2F BG4	0035	0063	0002	0020	0444								
3F BG1	0036	0089	0003	0020	0832								

Fig. 1-1 Microscopic Observations
(Thin sections of the Quebrada Huiquintipa area)



(A) Rock Name : Diorite

Specimen No. : 84

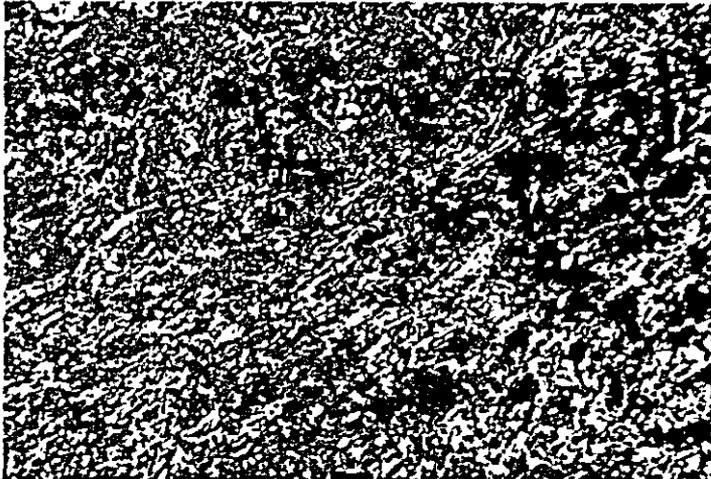
pl : plagioclase

and : andesine

hd : hornblende

0 0.5 m/m

Open nicol



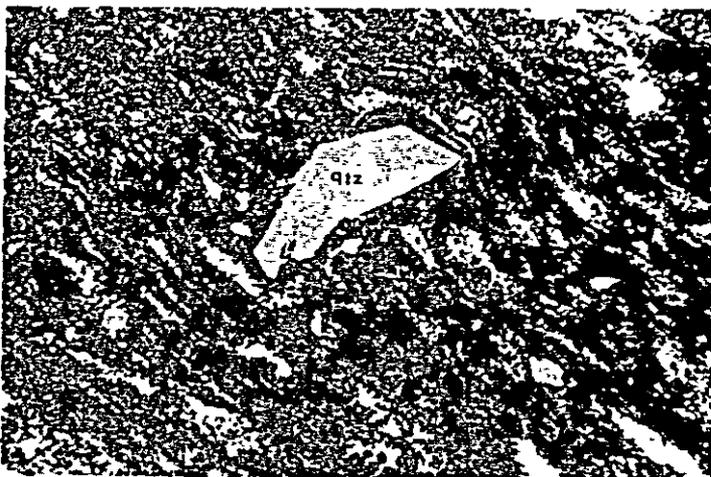
(B) Rock Name : Trachytic andesite

Specimen No. : 33

pl : plagioclase

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(C) Rock Name : Welded tuff

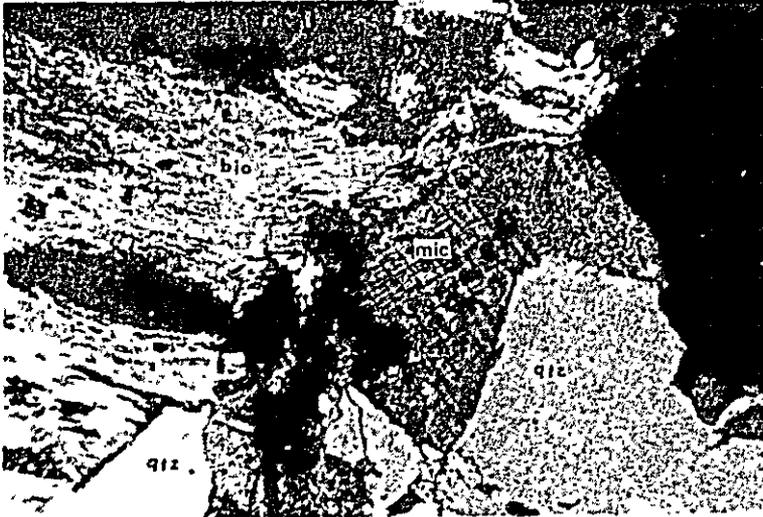
Specimen No. : 12

qtz : quartz

0 0.5 m/m

Crossed nicols

Fig. 1-2 Microscopic Observations
(Thin sections of the Cerro Yocas quadrangle)



(A) Rock Name : Biotite granite

Specimen No. : I-141175-2

qtz : quartz

mic : microcline

bio : biotite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(B) Rock Name : Two-mica granite

Specimen No. : 23H-N1

qtz : quartz

or : orthoclase

bio : biotite

mus : muscovite

pl : plagioclase

mag : magnetite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(C) Rock Name : Graphic granite

Specimen No. : 10S-S1

k-fel : potash feldspar

pl : plagioclase

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(D) Rock Name : Quartz diorite
Specimen No. : 11S-B3

qtz : quartz
bio : biotite
pl : plagioclase
hd : hornblende
mag : magnetite

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 m/m

Crossed nicols



(E) Rock Name : Diorite
Specimen No. : 10y-S1

qtz : quartz
bio : biotite
pl : plagioclase
hd : hornblende
mag : magnetite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(F) Rock Name : Quartz diorite
porphyry
Specimen No.: I-171175-1

qtz : quartz
pl : plagioclase
chl : chlorite
mag : magnetite

0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 m/m

Open nicol



(G) Rock Name : Altered andesite

Specimen No. : 8N-S1

pl : plagioclase

ca : calcite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(H) Rock Name : Augite hornblende
andesite

Specimen No. : 13K-B2

pl : plagioclase

hd : hornblende

mag : magnetite

0 0.5 m/m

Open nicol



(I) Rock Name : Two-pyroxene
andesite

Specimen No. : 14O-B1

pl : plagioclase

au : augite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(J) Rock Name : Trachytic andesite (dyke)

Specimen No.: 21X-B1

pl : plagioclase

ca : calcite

0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 m/m

Crossed nicols



(K) Rock Name : Welded tuff

Specimen No. : 15Q-B1

pl : plagioclase

0 0.5 m/m

Open nicol



(L) Rock Name : Dacitic tuff

Specimen No. : 15W-B1

qtz : quartz

k-fel : potash feldspar

pl : plagioclase

ca : calcite

ep : epidot

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(M) Rock Name : Conglomerate

Specimen No.: I-151175-4

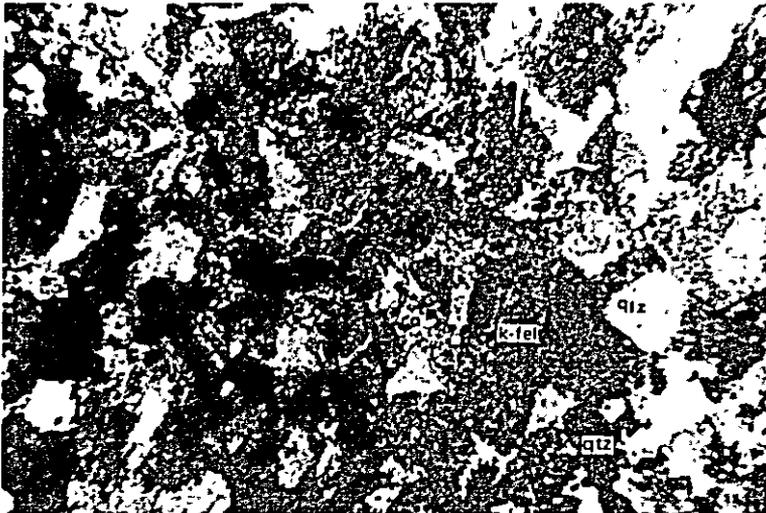
qtz : quartz

pl : plagioclase

r-frag: rock fragment

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(N) Rock Name : Calcareous sandstone

Specimen No. : I-151175-5

qtz : quartz

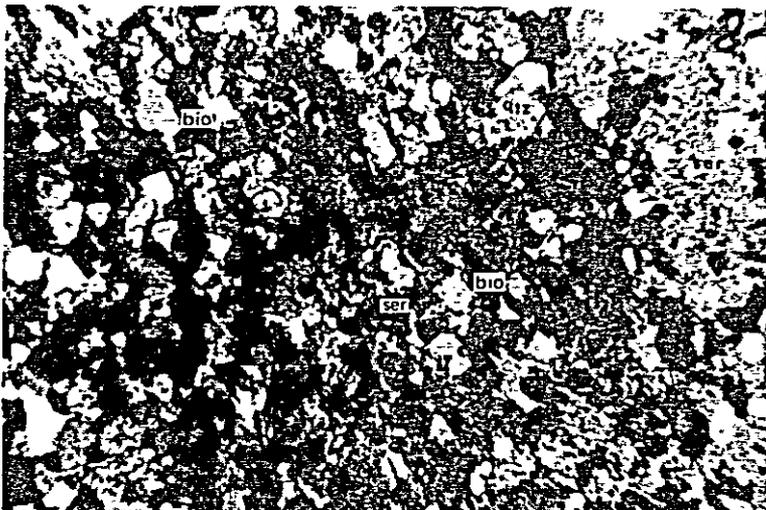
k-fel : potash feldspar

pl : plagioclase

ca : calcite

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(O) Rock Name : Plagioclase-biotite-sericite-quartz schist

Specimen No.: 22H-N1

qtz : quartz

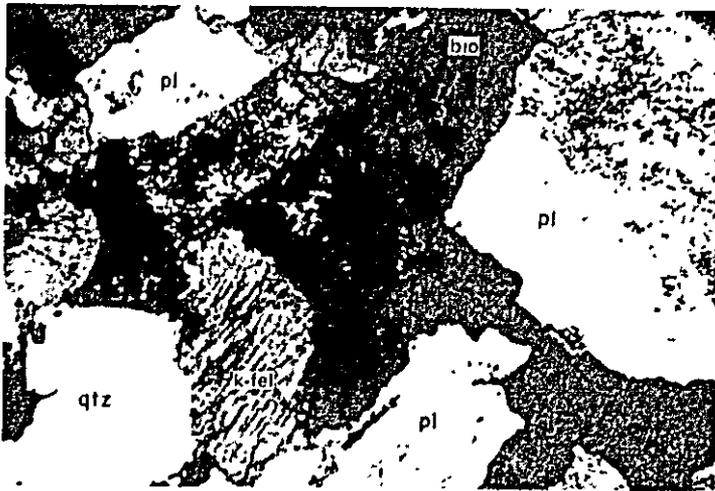
bio : biotite

ser : sericite

0 0.5 m/m

Crossed nicols

Fig. 1-3 Microscopic Observations
(Thin sections of the Quebrada Pinchal area)



(A) Rock Name : Granodiorite A
Specimen No. : 4A-F20

pl : plagioclase,
qtz : quartz
k-fel : potash feldspar
bio : biotite

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols

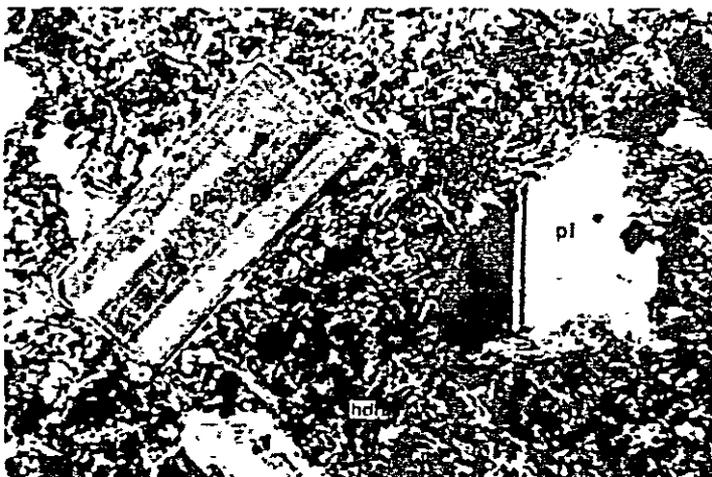


(B) Rock Name : Granodiorite B
Specimen No. : 6C-V13

pl : plagioclase
k-fel : potash feldspar
qtz : quartz
bio : biotite

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(C) Rock Name : Diorite Porphyry
Specimen No. : 2D-B2

pl : plagioclase
hd : hornblende

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols

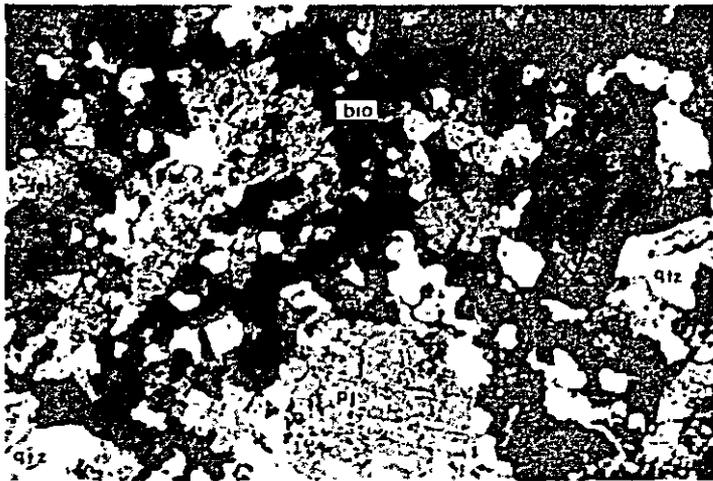


(D) Rock Name : Quartz monzonite
Specimen No. : 2E-B4

pl : plagioclase
k-fel : potash feldspar
qtz : quartz

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols

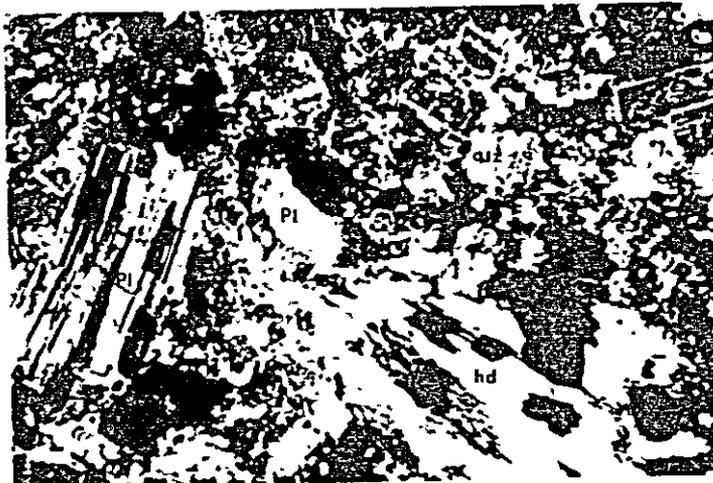


(E) Rock Name : Quartz monzonite porphyry
Specimen No. : K-10

pl : plagioclase
bio : biotite
qtz : quartz
k-fel : potash feldspar

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(F) Rock Name : Quartz diorite porphyry
Specimen No. : 5D-F4

pl : plagioclase
hd : hornblende
qtz : quartz

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(G) Rock Name : Agrillic altered
granodiorite A

Specimen No. : 3A-F24

qtz : quartz

ser : sericite

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(H) Rock Name : Quartz sericite
altered rock

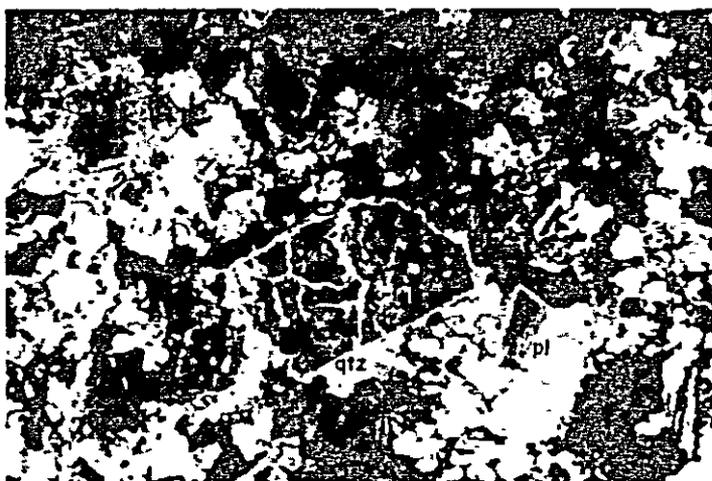
Specimen No. : 4C-V25

qtz : quartz

ser : sericite

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(I) Rock Name : Potassic altered
quartz diorite
porphyry

Specimen No. : 5D-F7

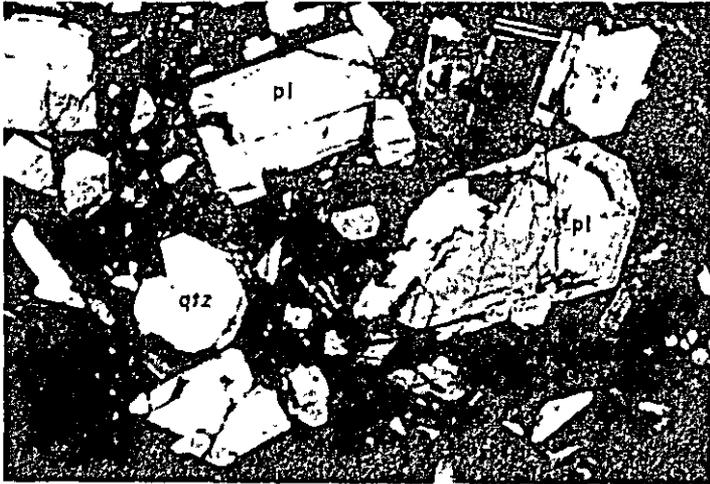
pl : plagioclase

k-fel : potash feldspar

qtz : quartz

0 0.5 m/m
└──────────┘

Crossed nicols



(J) Rock Name : Rhyolite
Specimen No. : 4E-F2

pl : plagioclase
qtz : quartz

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(K) Rock Name : Dacite
Specimen No. : 2F-B1

pl : plagioclase
qtz : quartz

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(L) Rock Name : Andesite
Specimen No. : 3A-K10

pl : plagioclase
hd : hornblende

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(M) Rock Name : Andesitic tuff breccia

Specimen No. : B2-K6

pl : plagioclase

cal : calcite

r-frag: rock fragment

ser : sericite

qtz : quartz

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(N) Rock Name : Tourmaline breccia in sandstone

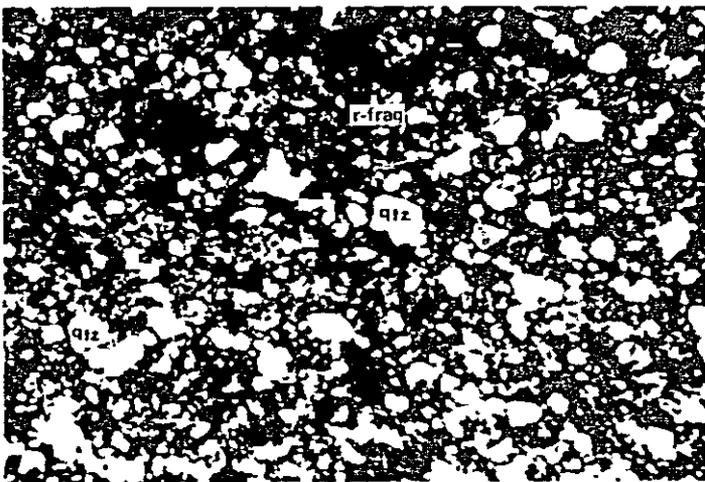
Specimen No.: 4E-F4

tour : tourmaline

qtz : quartz

0 0.5 m/m

Crossed nicols



(O) Rock Name : Black shale

Specimen No. : 6F-F12

qtz : quartz

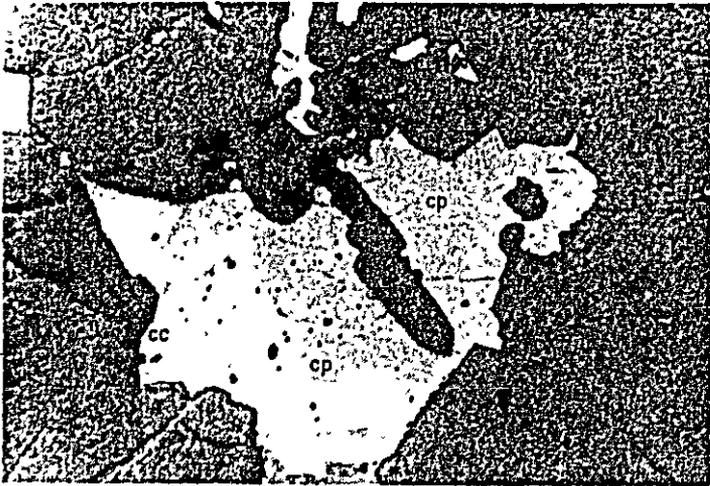
pl : plagioclase

r-frag: rock fragment

0 0.5 m/m

Crossed nicols

Fig. 1-4 Microscopic Observations
(Polished sections of the Quebrada Huiquintipa area)



(A) Name of Ore : Copper ore

Specimen No. : 65

cp : chalcopyrite

cc : chalcocite

0 0.5 m/m

Open nicol



(B) Name of Ore : Copper ore

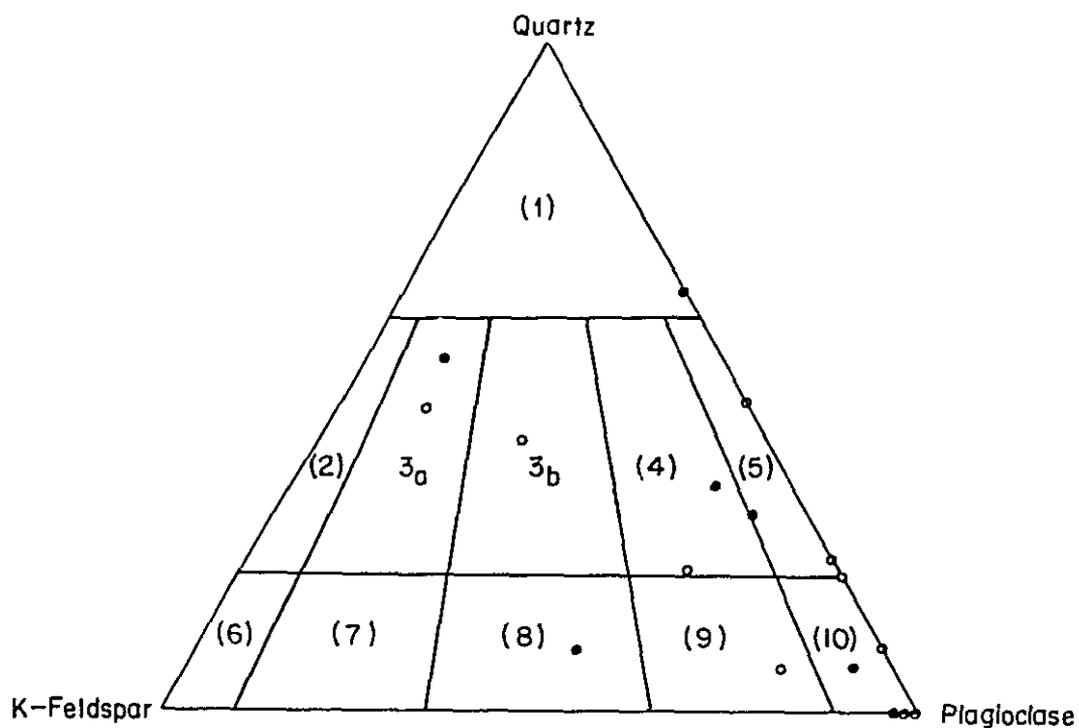
Specimen No. : 65

cu : native copper

cup : cuprite

0 0.5 m/m

Open nicol

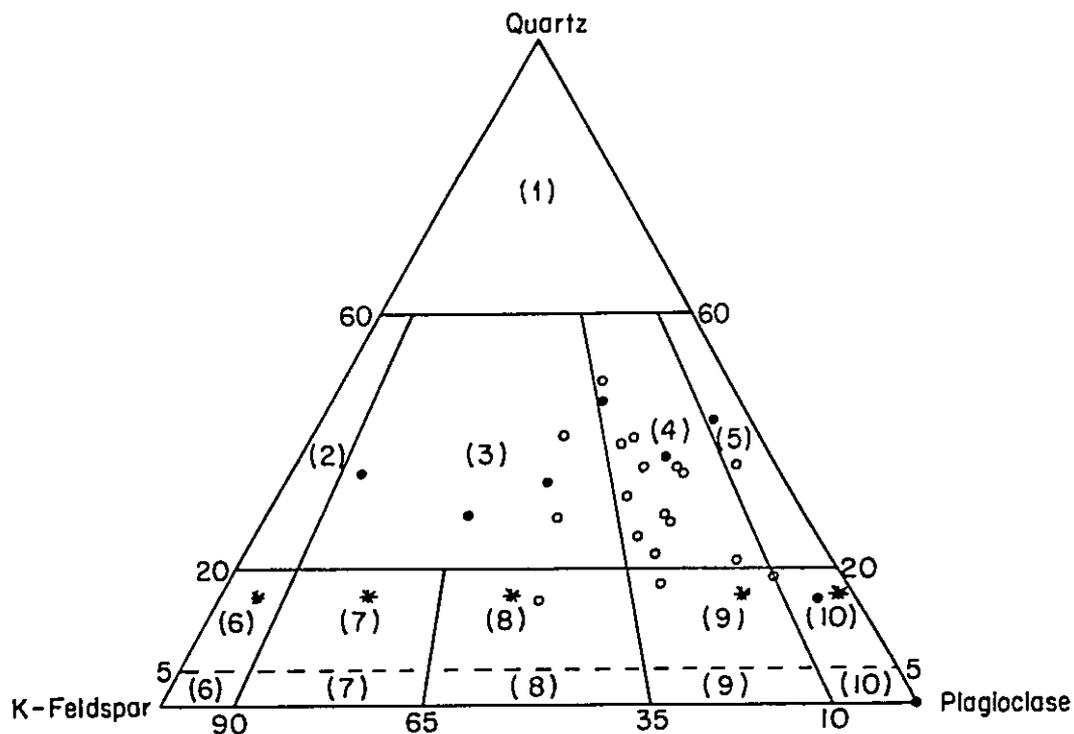


L E G E N D

- Measured mode
- Estimated mode
- 1-
- 2- Alkali Feldspar rhyolite
- 3_a Rhyolite
- 3_b Rhyodacite
- 4- Dacite
- 5- Quartz andesite
- 6- Alkali Feldspar trachyte
- 7- Trachyte
- 8- Latite
- 9- Latitic andesite/Latitic basalt
- 10- Andesite/Basalt

Fig. 2 Classification of Volcanic Rocks by Mode of Quartz and Feldspars of the Quebrada Pinchal area

After A Strekeisen (1,969)



L E G E N D

- Measured mode
- Estimated mode
- 1.- Quartz rich granitoids
- 2.- Alkali Feldspar granite
- 3.- Granite
- 4.- Granodiorite
- 5.- Tonalite
- 6*.- Alkali feldspar Quartz Syenite
- 6.- Alkali Feldspar Syenite
- 7*.- Quartz Syenite
- 7.- Syenite
- 8*.- Quartz - monzonite
- 8.- Monzonite
- 9*.- Quartz monzodiorite
- 9.- Monzodiorite / Monzogabbro
- 10*.- Quartz Diorite/Quartz Gabbro
- 10.- Diorite/Gabbro/Anorthosite

Fig. 3 Classification of Plutonic Rocks by Mode of Quartz and Feldspars of the Quebrada Pinchal area

After IUGS Commission on the systematics of Igneous Rocks (1,972)

