

ペルー共和国中部地区

鉍物資源開発基礎調査報告書

第 8 卷

(総括報告書)

JICA LIBRARY



1035190[6]

昭和 54 年 2 月

国際協力事業団

金属鉍業事業団

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 8. 29	709
登録No. 14333	66.1
	MPN

## は し が き

日本政府はペルー共和国政府の要請に応え、同国中部地区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、昭和50年から昭和53年まで4ケ年間（予算年度は昭和49年から昭和53年まで5ケ年間）にわたって実施され、ペルー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4ケ年間の調査の結果をとりまとめたものである。

おわりに本調査の実施にあたって御協力をいただいたペルー共和国政府・関係機関並びに通商産業省、外務省、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54年 2 月

国際協力事業団

総 裁 法 眼 晋 作

金属鉱業事業団

理事長 西 家 正 起

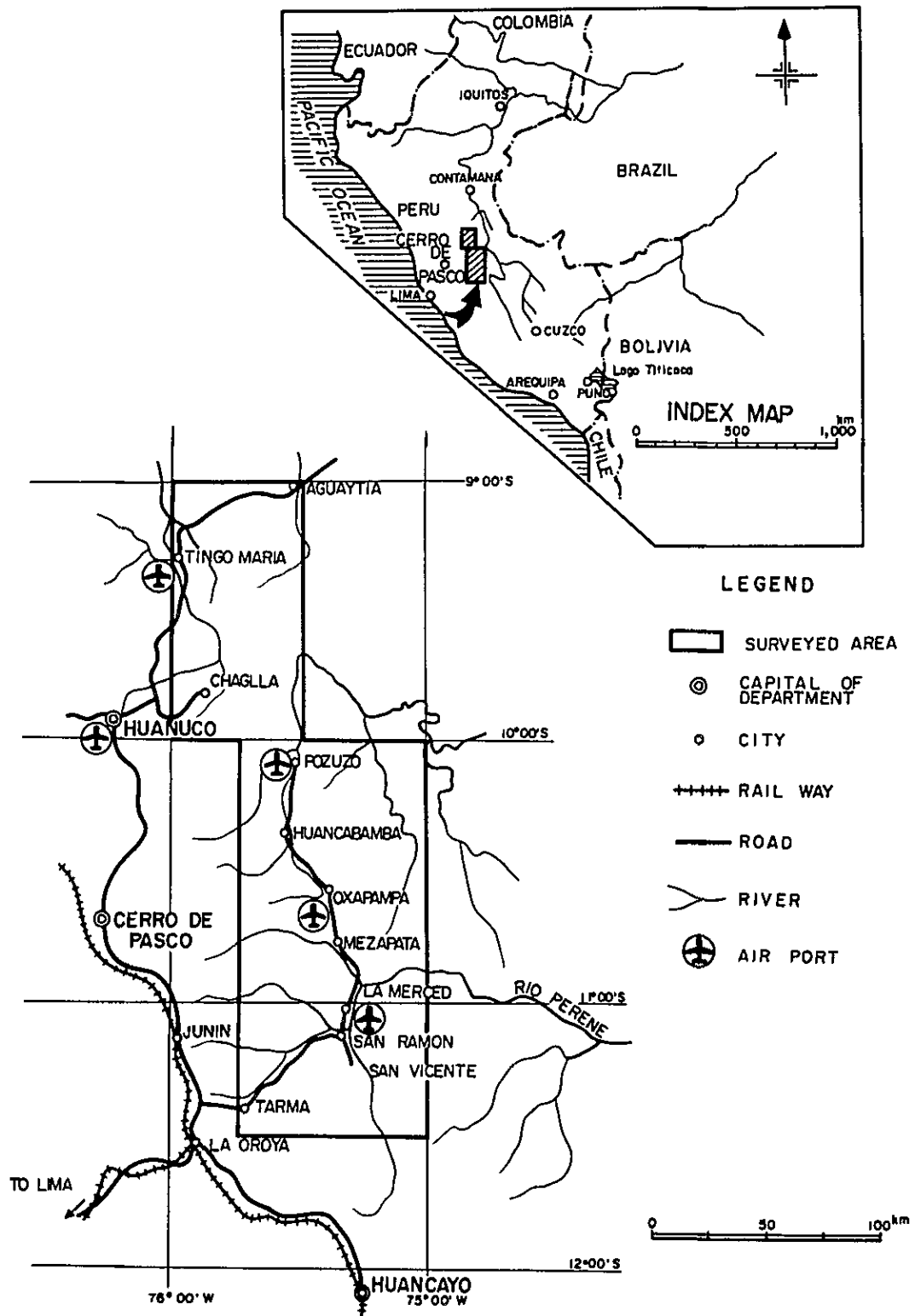


Fig. 1. Location Map of the Surveyed Area

# 目 次

はしがき	
位置図 (Fig.1)	
要 約	Ⅳ
第1章 序 論	1
1-1 調査の目的	1
1-2 調査の概要	1
1-3 調査団員	1
1-4 参考文献	1
第2章 結論および将来への展望	2
2-1 結 論	2
2-2 将来への展望	3
2-3 探査の方法	4
第3章 調査地域の一般概要	6
3-1 位 置	6
3-2 地 形	6
3-3 交 通	6
3-4 気 候	7
3-5 植 生	7
第4章 調査地域の地質概要	9
4-1 地質概要	9
4-2 地質構造	9
4-3 地 史	10
4-4 鉱床概要	11
第5章 1975年9月調査	12
5-1 調査の方法	12

5 - 2	調査の結果	13
第6章	1976年5月調査	15
6 - 1	調査の方法	15
6 - 2	調査の結果	15
第7章	1976年8月調査	17
7 - 1	調査の方法	17
7 - 2	調査の結果	17
第8章	1977年6月調査	19
8 - 1	調査の方法	19
8 - 2	調査の結果	20
第9章	1978年5月調査	23
9 - 1	調査の方法	23
9 - 2	調査の結果	23

## LIST OF ILLUSTRATIONS

- Fig. 1. Location map of the surveyed area.
2. Areas and methods of the field works carried out from 1975 to 1978.
  3. Schematic paleoenvironment illustrating the correlation to geology, geochemical anomalies and mineral showings.
    - (1) Entire surveyed area.
    - (2) Oxapampa area.
  4. Generalized geological map of the entire surveyed area.
  5. Generalized geological columns of the entire surveyed area.
  6. Results of gravity survey.
  7. Results of diamond drilling.
    - (1) in 1977.
    - (2) in 1978.
  8. Geological columns of the Pucara Group.
  9. Photographs of ores.

## LIST OF TABLES

- Table 1. Entire field works carried out from 1975 to 1978.
2. Flow chart of field works carried out from 1975 to 1978.
  3. List of members participated in the field survey.
  4. List of mineralization in the surveyed area.

## 要 約

この調査はペルー共和国 (Fig.1)における鉱物資源の開発のため、昭和50年より4ケ年にわたり行われた基礎調査である(予算年度は昭和49年から昭和53年の5ヶ月)。同地区に分布する鉛、亜鉛などの層準規制鉱床を胚胎するPucara(プカラ)層群の分布と地質構造とを明らかにし、鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出することを目的として実施された。

このため地質調査、トレンチ調査、土壌および岩石による地化学探査、炭酸塩岩類の微量成分分析、重力探査および試錐などが、それぞれの目的に応じて実施された。調査は中部地区の面積約20,000km<sup>2</sup>の中から、段階的に有望地域を抽出する方法がとられた。すなわち、20,000km<sup>2</sup>の調査地域は、第1段階においてPucara層群が主として分布する地域に、第2段階においてPucara層群のドロストンが分布する地域に、第3段階においてドロストンとそのゼブラ構造(白色と黒色の縞馬模様から成るドロマイト)が分布する地域に、さらに第4段階においてドロストンと泥質-砂質炭酸塩岩とが共に分布する地域に、面積が縮小されより詳しい調査が進められた。

これらの調査により、San Roque(サンロケ)、Tambo Maria(タンボ マリア)において層準規制鉱床に相当する新鉱徴が発見されたほか、以下のことが明らかにされた。中部地区のPucara層群は地区の中央部をNNW-SSE方向に帯状に分布し、主として石灰岩およびドロストンより構成されている。主な鉱床には層準規制鉛・亜鉛鉱床、接触交代銅・鉛・亜鉛鉱床、脈状銅・鉛亜鉛鉱床、斑岩銅型鉱床などがある。層準規制鉛・亜鉛鉱床には稼行中のSan Vicente(サン ビセンテ)鉱床が知られており、前述した新鉱徴が発見されている。これらの鉱徴は縞状型、割れ目充填型、および鉱染型に分類される。鉱染型は石灰岩中に認められ、その他のタイプはドロストン中に胚胎されている。ドロストンはこの地域では閉塞性の強いバックリーフ環境において、石灰岩の堆積作用の後の続成期に生成されたものと見られる。この地域では、鉱石鉱物は陸地から供給された金属イオンが低温性還元環境において、石灰岩の堆積と同時に沈澱しその後のドロマイト化作用がそれらの濃集に大きな役割を果たしたものと解釈される。ゼブラ構造に伴われる縞状鉱は鉱石鉱物の濃集度が最も高い。

以上の結果から、縞状鉱を胚胎するSan Vicente地域が最も期待される地域である。また、割れ目充填型、鉱染型鉱徴が発見されたSan Roque地域は、ゼブラ構造の発達があれば、San Vicente型鉱床が期待できるといえよう。今後さらに詳細な調査が必要な地域である。また、調査地域内において今後詳細調査が必要な有望地域には、Chontabamba(チョンタバンバ)からPusagno(プサグノ)までに至る間、San Ramon(サンラモン)北西部、Huancabamba(ワンカバンバ)北西部およびLas Palmas(ラス パルマス)西部の各地域が挙げられる。



# 第 1 章 序 論

## 1-1 調査の目的

この調査の目的は、ペルー共和国中部地区 (Fig. 1) において層準規制鉛・亜鉛鉱床の胚胎が期待される Pucara 層群の分布とその地質構造を明らかにし、その中から鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出すること、およびこの鉱床に対する最も適切な調査方法を明らかにすることである。

## 1-2 調査の概要

この調査は 1975 年から 1978 年までの 4 年間にわたって実施された。この間に実施された作業は Table 1 に、各年度別の調査地域は Fig. 2 に示した。また、4 年間にわたる調査のフローチャートは Table 2 に示した。

## 1-3 調査団員

現地作業および解析作業は、ペルー共和国動力鉱山省地質鉱物研究所 (Instituto de Geología y Minería) の協力を得て、三井金属エンジニアリング株式会社により実施された。各年度別調査団員は Table 3 に示した。

## 1-4 参考文献

本調査において使用された参考文献は次頁の通りである。

## REFERENCES

- AMSTUTZ , G. C., RAMDOHR P., ELBAZ F., and PARK, W. C., 1964.  
Diagenetic Behaviour of Sulphides. *Developments in Sedimentology*, 2.  
pp. 65-90. Elsevier, Amsterdam.
- ANDERSON , G. M., 1973.  
The Hydrothermal Transport and Deposition of Galena and Sphalerite  
near 100°C. *Econ. Geol.*, Vol. 68, pp. 480-492.
- ANDERSON , G. M., 1975.  
Precipitation of Mississippi Valley-Type Ores. *Econ. Geol.*, Vol. 70,  
pp. 937-942.
- BARTON Jr., P. B., 1967.  
Possible Role of Organic Matter in the Precipitation of the Mississippi  
Valley Ores. In: J. S. BROWN (editor), *Genesis of Stratiform Lead-Zinc-  
Barite-Fluorite Deposits*, *Econ. Geol. Monogr.*, 3. pp. 371-377.
- BEALES, F. W., 1975.  
Precipitation Mechanisms for Mississippi Valley-Type Ore Deposits.  
*Econ. Geol.*, Vol. 70, pp. 943-948.
- BELLIDO, E. B., 1969.  
Sinópsis de la Geología del Perú. *Serv. Geol. Min. Perú. Bol. N° 22.*
- BELLIDO, E. B. et al, 1972.  
Aspectos Generales de la Metalogenía del Perú. *Serv. Geol. Min. Perú.*
- BERNARD, A. J., 1973.  
Metallogenic Processes of Intrakarstic Sedimentation. In: *Ores in  
Sediments* (AMSTUTZ, G. C. and BERNARD, A. J. editors). Springer,  
New York.

BROWN, J. W. (editor), 1967.

Genesis of Stratiform Lead-Zinc-Barite-Fluorite Deposits. Econ. Geol.,  
Monograph., 3.

CALLAHAN, W. H., 1967.

Some spatial and Temporal Aspects of the Localization of Mississippi  
Valley-Appalachian Type Ore Deposits. Econ. Geol. Monogr., 3, pp.14-19.

CAPDEVILA, et al, preliminary.

L'age Permien de Granite de la Merced Peru Central: Observations de  
Terrain et Isochrone Rb/Sr. (handwriting unpublished).

CHESTER, R., 1965.

Geochemical Criteria for Differentiating Reef from Non-reef Facies in  
Carbonate Rocks. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists, 49, pp. 258-276.

CHILINGAR, G. V., BISSELL, H. J., and WOLF, K. H., 1967.

Diagenesis of Carbonate Rocks. Developments in Sedimentology, 8. Else-  
vier, Amsterdam.

DALMAYRAC, B., preliminary.

Estudio Geológico Preliminar de la Cordillera Oriental. Serv. Geol.  
Min. Perú.

DUNIN, E. B., 1975.

Control Litológico y Estratigráfico en la Ubicación de los Mantos con  
Sulfuros de Metales No Ferrosos en las Capas Calcáreas del Perú Central.  
Bol. Soc. Geol. Perú. Vol. N° 50.

FAIRBRIDGE, R. W., 1957.

The Dolomite Question, in Regional Aspects of Carbonate Deposition.  
S. E. P. M., Spec. publ., 5.

FAIRBRIDGE, R. W., 1967.

Phases of Diagenesis and Authigenesis. Developments in Sedimentology,  
9A. Elsevier, Amsterdam.

FLÜGEL, E., und Flügel-Kahler, E., 1962.

Microfazielle und Geochemische Gliederungen eines Obertriadischen Rifflandes der Nordlichen Kalkalpen. Mitt. Museums Bergbau, Geol. Technik Landes Museum "Joanneum", Graz, 24, pp. 1-128.

FRIEDMAN, G. M., and SANDERS, J. E., 1967.

Origin and Occurrence of Dolostones. Carbonate Rocks, Developments in Sedimentology, 9A. Elsevier, Amsterdam.

FUJINUKI, T., 1973.

Minor Elements in Carbonate Rocks (in Japanese). Mining Geol., Vol. 23, pp. 295-306.

GRAF, D. L., 1960.

Geochemistry of Carbonate Sediments and Sedimentary Rocks, part III. Illinois State Geol. Surv. Circ., 301, pp. 71.

HAGNI, R. D., 1976.

Tri-state Ore Deposits: The Character of their Host Rocks and their Genesis, in WOLF, K.F. (editor), Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits. Vol. 6, Chapter 10. pp. 457-494.

HAMADA, T., 1977.

Some Aspects of Marine Carbonate Masses from the Paleogeological Point of View (in Japanese). Jour. Japanese. Assoc. Petrol. Technologists, Vol. 42, N<sup>o</sup>. 6.

HEYL, A. V. et al, 1974.

Isotopic Evidence for the Origin of Mississippi Valley-Type Mineral Deposits: A Review. Econ. Geol., Vol. 69.

HOAGLAND, A. D., 1971.

Appalachian Strata-bound Deposits: Their Essential Features, Genesis and the Exploration Problem. Econ. Geol., Vol. 66, pp. 805-810.

HOAGLAND, A. D., 1976.

Appalachian Zinc-Lead Deposits, in WOLF, K.F. (editor), Handbook of Strata-bound and Stratiform Ore Deposits, Vol. 6, Chapter 11, pp. 495-534. Elsevier, Amsterdam.

INSTITUTO de GEOLOGÍA y MINERÍA, 1977.

Sinópsis Explicativa del Mapa Geológico del Perú. INGEOMIN, Bol N°. 28.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY, JAPAN METAL MINING AGENCY, 1976-1979. Report on Geological Survey of the Cordillera Oriental Central Peru. Vols. 1-7.

JONES, B. F., 1961.

Zoning of Saline Minerals at Deep Spring Lake, California, U.S.A. Geol. Surv. Profess. Papers, 424B, pp. 199-209.

KOBE, H. W., 1977.

El Grupo Pucará y su Mineralización en el Perú Central. Bol. Soc. Geol. Perú. Vol. 55-56, pp. 61-84.

KULLERUD, G., 1953.

The FeS-ZnS System. A Geological Thermometer. Norsk. Geo. Tid. 32, 61-147.

LAFFITE, P., 1967.

Cartographie Métallogénique et Gîtes Stratiformes. Econ. Geol. Monogr., 3, Genesis of Stratiform Lead-Zinc-Barite-Fluorite Deposits, J.S. Brown (editor).

LAUGHLIN, A. W., DAMON, P. E, and WATSON, B. N., 1968.

Potassium-Argon Dates from Toquepala and Michiquillay, Econ. Geol. Vol. 63.

LEVIN, P. M., 1973.

Nota Preliminar Acerca del Granito de San Ramon. Bol. Soc. Geol. Perú.  
Vol. N°. 43.

LEVIN, P. M., y SAMANIEGO, A. A., 1975.

Los Sedimentos del Grupo Pucará en el Área de Chanchamayo Perú Centro-  
Oriental. Bol. Soc. Geol. Perú. Vol. N°. 45.

LIPELTIER, C., 1969.

A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical  
Representation. Econ. Geol. Vol. 64.

LOVE, L. G., and ZIMMERMAN, D. O., 1961.

Bedded Pyrite and Micro-organisms from the Mount Isa Shale. Econ. Geol.  
Vol. 57, pp. 350-366.

LOVE, L. G., 1962.

Biogenic Primary Sulfide of the Permian Kupfe Schiefer and Marl Slate  
Econ. Geol. Vol. 57. pp. 350-366.

LOVE, L. G., 1964.

Early Diagenetic Pyrite in Fine-grained Sediments and the Genesis of  
Sulphide Ores. Developments in Sedimentology, 2, Sedimentology and  
Orogenesis. Elsevier, Amsterdam.

MASSAAD, M., 1974.

Framboidal Pyrite in Concretions. Mineral Deposita, 9, pp. 87-89.  
Springer, New York.

MEGARD, F., 1968.

Geología del Cuadrángulo de Huancayo. Serv. Geol. Min. Perú. Vol. N°.18.

MEGARD, F., 1973.

Étude Géologique D'une Transversale des Andes au Niveau de Perou Central.  
Université des Sciences et Techniques du Languedoc pour Obtenir le Grade  
de Docteur es Sciences Naturelle.

NICOLINI, P., 1964.

L'application des Courbes Prévisionnelles á la Recherche des Gisements Stratiformes de Plomb. Developments in Sedimentology. Vol. 2, pp. 53-64.

NOBLE, E. A., 1963.

Formation of Ore Deposits by Water of Compaction. Econ. Geol. Vol. 58. pp. 1145-1156.

PARDO, A. A. etc., 1973.

Estratigrafía y Evolución Tectónica del Mesozoico y Cenozoico de la Region de la Selva del Perú. II Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, Venezuela.

PARDO, A. A. etc., 1973.

Estratigrafía y Evolución Tectónica del Mesozoico de la Region de la Selva del Perú. II Congreso Latinoamericano de Geología, Caracas, Venezuela.

RENFRO, A. R., 1974.

Genesis of Evaporite Associated Stratiform Metalliferous Deposits-A Sabkha Process. Econ. Geol. Vol. 69. pp. 33-45.

SCHULZ, G. G., 1973.

Die Schichtgebundene Zinkblendelagerstätte San Vicente in Peru, Erzmetall 26(6), pp. 284-289.

SCHNEIDER, H. J., 1964.

Facies Differentiation and Controlling Factors for the Depositional Lead-Zinc Concentration in the Ladinian Geosyncline of the Eastern Alps. Developments in Sedimentology, 2. Elsevier, Amsterdam.

SHOJI, R., 1971.

Sedimentary Petrology (in Japanese). Asakura Pub., Tokyo.





SKALL, H., 1975.

The Paleoenvironment of the Pine Point Lead-Zinc District. Econ. Geol.  
Vol. 70, pp. 22-47.

STANTON, R. L., 1972.

Ore Petrology, McGraw-Hill, New York. pp. 541-553.

STERNBERG, E. T., FISCHER, A. G., and HOLLAND, H. D., 1959.

Strontium Contents of Calcites from the Steinplatte Reef Complex.  
Austria, Geol. Soc. Am., Abstr., 70:1681.

SZEKELY, T. S., and GROSE, L. T., 1972.

Stratigraphy of the Carbonate, Black Shale and Phosphate of the Pucara  
Group (Upper Triassic-Lower Jurassic). Central Andes Peru. Geol. Soc.  
Amer. Bull. N° 18.

TUREKIAN, K. K., and NEDEPOHL, K. H., 1961.

Distribution of the Elements in some Major Units of the Earth's Crust.  
Bull. Geol. Soc. Amer., 72, pp. 175-191.

WOLF, K. H., CHILINGAR, G. V., and BEALES, F. W., 1967.

Elemental Composition of Carbonate Skeletons, Minerals and Sediments:  
Developments in Sedimentology, 9B, Carbonate Rocks. Elsevier, Amster-  
dam.

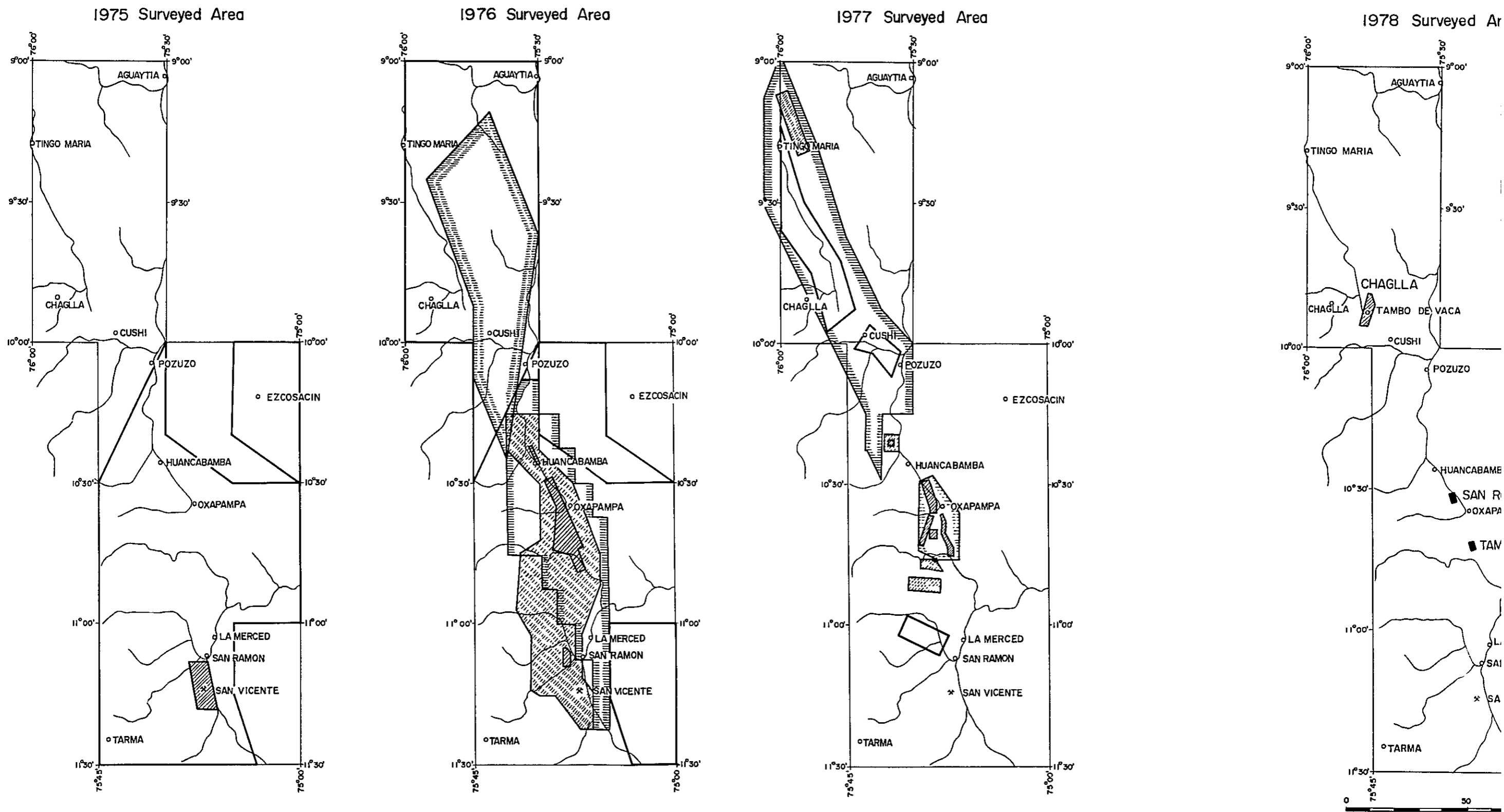


Fig. 2 Areas and methods of the field works carried out from 1975 to 1978

Area

1976 Surveyed Area

1977 Surveyed Area

1978 Surveyed Area

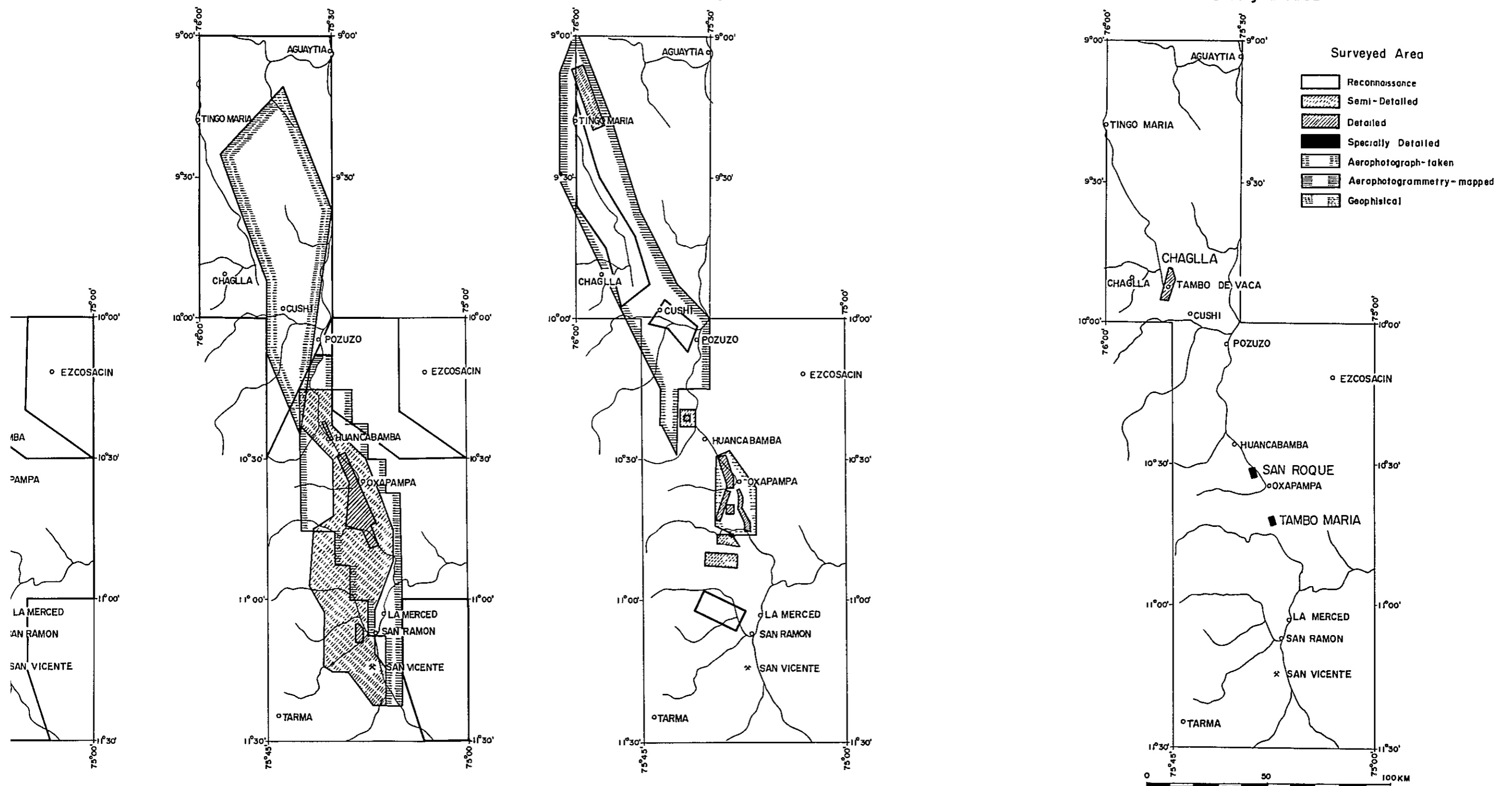


Fig. 2 Areas and methods of the field works carried out from 1975 to 1978



Table 1 Entire field works carried out from 1975 to 1978.

Items	1975	1976	1977	1978
Geological Survey (Km <sup>2</sup> )				
Reconnaissance	10,000	10,000	1,000	-
Semi-detailed survey	-	2,000	300	-
Detailed survey	100	259	100	45
Detailed survey combined with trenching survey	-	-	-	15
Trenching Survey (m)	-	-	187	5,626
Geochemical Survey (samples)				
Reconnaissance	2,595	1,702	262	-
Semi-detailed survey	-	2,622	315	-
Detailed survey	412	2,034	1,185	404
Geophysical Survey (Km <sup>2</sup> )	-	-	400	-
Drilling (m)	-	-	(4 holes) 968.8	(3 holes) 902.6
Aerophoto Taking (Km <sup>2</sup> )	-	3,000	-	-
Topographic Mapping (Km <sup>2</sup> )	-	3,000	3,400	-

Table 2 Flow chart of field works carried out from 1975 to 1978  
 ( Southern part ) ( Northern part )

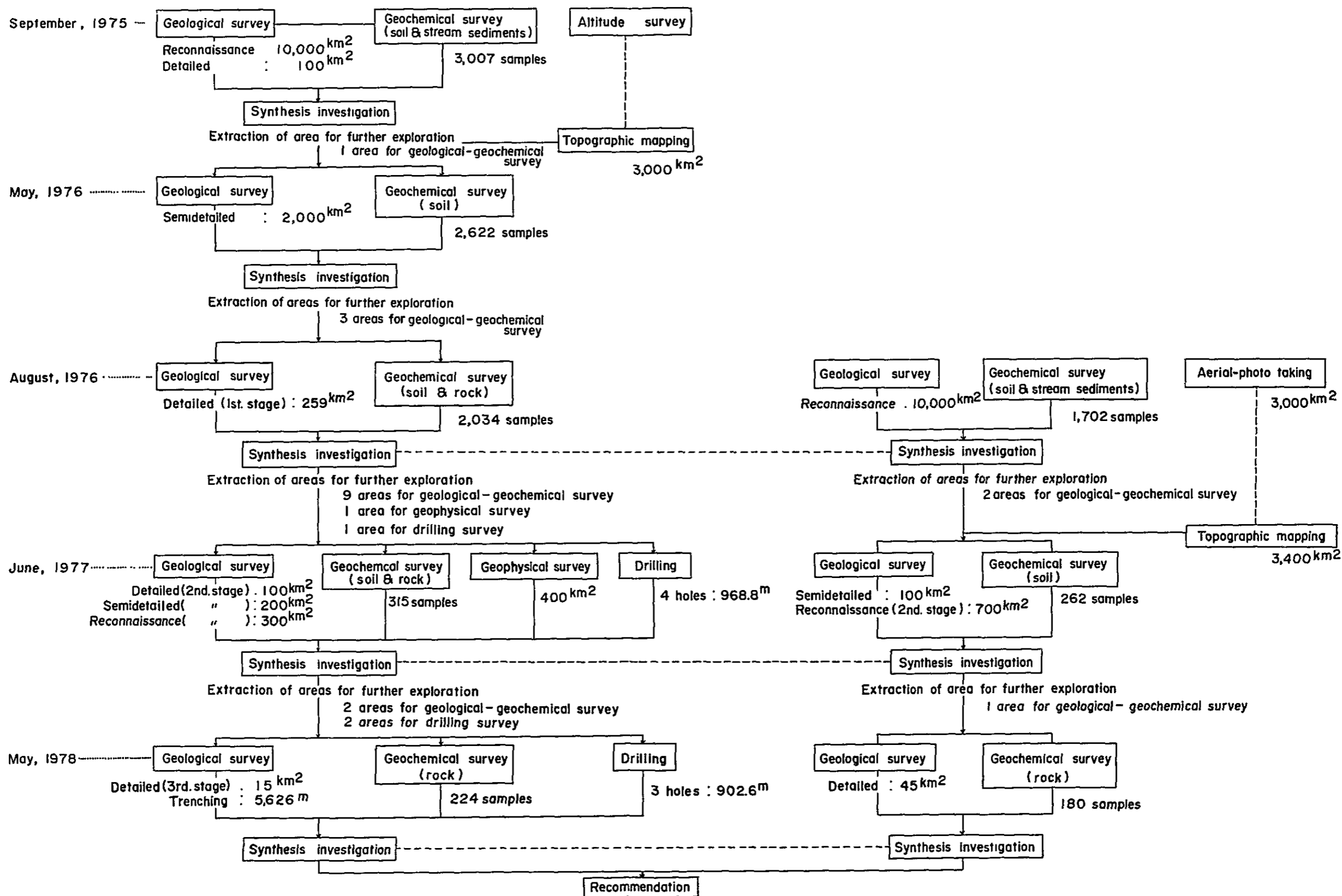


Table 3. List of the Technical Staffs Participated to the Project

	1975年9月調査	1976年5月調査	1976年8月調査	1977年6月調査	1978年5月調査
日本側調査団					
団長	吉川恵章	吉川恵章	吉川恵章	吉川恵章	吉川恵章
総括渉外	仁木弘明	牛草宏	萩原弘尚	淵村和次	末森満雄
	寺島進世意	島義亮	宮副信隆	寺島進世意	金野賢治
地質調査員	星野明雄	寺島進世意		森脇久光	沢田賢治
	深堀康昌	佐藤弘	佐藤弘	佐藤弘	佐藤弘
	斉藤信雄	深堀康昌	斉藤信雄	深田康昌	深田康昌
	田上勇吉	斉藤信雄	田上勇吉	田上勇吉	田上勇吉
	林育浩	濱博也	林育浩	土居信一	土居信一
	大地正高	中野啓二	藤岡洋介	林居信一	土南野正
		中野純一	藤岡洋介	鈴木英夫	南野正
		河後藤	柴田芳則	菅原一	南野正
		齊藤	池佐哲一		
物理探査調査員					
				森竹木	
				田中	
				大坂	
				谷中	
				谷川	
				成友和	
				生之彦	
				富雅美	
				勝展政	
				育夫	
試錐調査員					
					谷中那
					川山須
					勝忠重
					政利光
測量調査員					
	青山孝				
	塚中邦彦				

	1975年9月調査	1976年5月調査	1976年8月調査	1977年6月調査	1978年5月調査
ペルー側調査団 総括渉外	Sigfrido Narvaes L.	Benjamin Morales A Salvador Mendivil E.	Benjamin Morales A. Salvador Mendivil E.	Benjamin Morales A. Alberto Pool R. Carlos Guevara R. Julio Caldas V. Oscar palacios M.	Benjamin Morales A. Alberto Pool R. Edgardo Ponzoni Gregorio Flores N.
カウンターパート	Salvador Mendivil E. Carlos Guevara R. Julio Caldas V. Edgar Valdivia V. Julio César Zedano C.	Carlos Guevara R. Julio Caldas V. David Dávila M. Javier Barreda A. Oscar Menendez	Carlos Guevara R. Julio Caldas V. Victor Pecho G. Oscar Palacios M. Javier Barreda A. David Dávila M. Oscar La Torre V. Felix Portilla S.	Victor Pecho.G. David Dávila M. Alberto Aranda V. Alberto Gamarra Alejandro Garro E. Manuel Aldana Guillermo Diaz H. Luis Carrera Y. Zenen de La Cruz	Oscar Palacios M. David Dávila M. César Vilca N. Alejandro Garro E. Luis Carrera Y. David Zambrano M.



## 第 2 章 結論および将来への展望

### 2-1 結 論

この調査の目的を達成するため、種々の現地調査および解析作業が4年間にわたって実施された。これらの作業は、その必要性から鉱床生成または鉱石の濃集のプロセスを解明すること、ないし可能な限りそれに接近するような方針で進められた。このため、既存の資料および本調査によって得られたデータなどに基づく新しい解釈も行われた。ここでは、その解釈の主要な部分について記述する。

(1) 鉱床胚胎層準である炭酸塩岩類は、主として閉塞性の強いバックリーフ環境で生成されたものである。

① ドロストン中には粒度10 $\mu$ 程度のドロミクライトが存在していることが地質調査により、また検鏡、化学分析などにより明らかにされた。

② 浅海性堆積物であることが、うに、腕足類および石灰藻などの化石の存在により明らかにされた。

③ 炭酸塩岩類は、礫性環境で堆積したものであることが、含有されるストロンチウムの化学分析により考察された。

④ ドロストンは閉塞性の強い礫性環境で生成されたものであることが、石膏や濃集したバリウムなどの蒸発残留物の存在により考察された。

⑤ 閉塞性の強い礫性環境は、Mitu (ミツ) 層群の一部が断続的にPucara層群の堆積物に隆起し、堡礁のベースとしての役割を果たしたことにより形成されたものであることが、地質構造解析により考察された。

⑥ このような環境のもとでドロマイトは海水より方解石、アラゴナイトとして沈積し、成期のドロマイト化作用により生成されたものであることが、以上の結果などにより解釈された。

(2) ドロストン中のゼブラ構造は、ドロマイト化作用と準同時的に形成されたものである。

① ゼブラ構造はドロストンの層理面と斜交することもあるが、概ね平行であり、必ずしも地質構造と調和的でないことが地質調査により明らかにされた。

② 方解石からドロマイトへの転移により、最大12-13%の容積減少があると言われており (CHILINGAR (1967) など)、その空隙が層理面とほぼ平行に拡がり、ドロマイトの粗大結晶の生成が行われたことにより、ゼブラ構造が形成されたものと解釈された。

(3) 金属元素は陸地より水溶液として海水中にもたらされたものである。

① 現存する硫化物の周辺には、火成源変質作用は殆んど認められず、硫化物は後生的に火成

岩によって供給されたものではないことが、地質調査により、また検鏡、X線回折などにより明らかにされた。

② 調査地域の Pucara 層群中には火山性物質は認められておらず、硫化物は海底火山活動に伴われて供給されたものでもないことが、地質調査などにより解釈された。

③ 従って、金属元素は基盤の Mitu 層群などが含有しているものがイオンとして Pucara 層群の堆積盆に供給されたものであることが考察された。

(4) 初生硫化物は低温性還元環境において方解石などと同時に沈澱したものである。

① 石灰岩中には低温生成を示すフラクショナル組織を有する黄鉄鉱が存在していることが、検鏡、X線マイクロアナリシス（以下XMA）により確認された。

② 有機物を伴う泥-砂質堆積物が存在しており、金属イオンを還元させる $CH_4$ 、 $SO_4$ イオンなどの発生しやすい環境にあったことが、検鏡によりまた堆積環境などの考察から解釈された。

③ 閃亜鉛鉱などの金属鉱物は、方解石の粒間を埋め微粒、他形で存在しており、それと同時に沈澱により生成されたものであることが検鏡、XMA などにより実証された。

(5) 硫化物はドロマイト作用、さらにゼブラ構造の形成の際の空隙に初生硫化物が循環する高濃度塩水により運搬され濃集したものである。

① 鉱石鉱物の濃集はドロストーンに顕著で、石灰岩に微弱であることが地質調査、地化学探査、検鏡およびXMAなどにより明らかにされた。

② ドロマイトの結晶粒子の成長とともに、黄鉄鉱や閃亜鉛鉱も成長しているのが検鏡により確認された。

③ 割れ目充填型鉱床は、ドロマイトの結晶成長の開始される面を中心として硫化物が集積されたものであることが、地質調査および検鏡により明らかにされた。

④ ゼブラ構造に伴われる縞状型鉱床は、高濃度塩水により多量の硫化物が集積されたことによるものであることが、検鏡により、またSan Vicente 鉱床の形状から考察された。

⑤ 鉱床生成ないし濃集の時期の温度は $150^{\circ}C$ 以下であることが、ドロマイトの液体包有物の温度測定により確認された。

## 2-2 将来への展望

以上のことから、ペルー共和国中部地区における層準規制鉛・亜鉛鉱床の濃集には、少なくとも次の条件が必要であるといえる。

- ① 堆積盆地へ多量の金属イオンを供給するバックグラウンドの存在
- ② 炭酸塩岩類が堆積される海成環境

- ③ 金属イオンが還元される有機物や陸成碎屑物に富んだ環境
- ④ ドロマイトが生成される閉塞性の強いバックリーフ環境
- ⑤ セブラ構造が発達する環境

調査地域には稼行中のSan Vicente 鉱床のほか、多くの鉱徴が発見された。これらの鉱床は以下のごとく評価される。

- (1) 縞状型のSan Vicente 鉱床は、以上の5つの条件をすべて備えた環境を有する地域に存在し最も有望である。
- (2) 割れ目充填型および鉱染型鉱床が存在するSan Roque 地域は、San Vicente 地域に類似した環境を有している。しかし、現在までセブラ構造の発達は認められず、このため縞状型鉱床はまだ発見されていない。この地域にセブラ構造の発達があれば、縞状型鉱床が期待できるといえよう。
- (3) Tambo Maria地域、Chaglla地域においては、セブラ構造の発達は顕著である。しかし、初生硫化物の沈澱が極めて少なかったと考えられるため、硫化物の濃集の規模は小さい。
- (4) さらに、調査地域内においては、まだ詳しい調査が行われてないので明らかにされていないが、将来鉱床が発見される可能性のある地域は次の如くである (Fig.3 (1), Fig.3 (2))。
  - ① Chontabamba から Pusagno までの地域
  - ② San Ramon 北西部地域
  - ③ Huancabamba 北西部地域
  - ④ Las Palmas 西部地域

### 2-3 探査の方法

ペルー中部地区における層準規制鉛・亜鉛鉱床の調査は、Table 2 に示した順序と方法で4年間にわたって実施された。その結果としてSan Roque 地域に有望な新鉱徴が発見され、このタイプの鉱床の生成機構の輪郭も明らかにされた。その理論的完成には、まだ相当の調査と解析とを必要とする。だが、成因的解明に留意して進められたこの調査は、新鉱徴が発見されたことにより、調査の方法において特に問題はなかったと考えられる。すなわち、このタイプの鉱床の調査を新規に開始する場合には、先に記した五つの胚胎条件を照合し、徐々に有望地域を限定してゆく調査方法をとることが望ましいと判断される。

このため以下の方法で進められるのが望ましい。

第1段階：先ずPucara 層群の分布する地域において、層準規制鉛・亜鉛鉱床の胚胎する可能性が評価できるように調査を実施すべきである。具体的には、

- ① Pucara 層群の分布を明らかにすること

② その中でもドロストンの分布と、その層序を明らかにすること

③ 地質構造、特に基盤構造を明らかにすること

④ 重金属元素の広域的分布を明らかにすること

などの調査が必要である。このため、①地質調査（予察－概査）、②地化学探査（土壌）、③物理探査（重力法）などが有効な手法である。また、岩石中の鉛・亜鉛元素の分布状況を予め調べておくことも、引続いて実施される調査に対し有効である。なお、露出状況が良好であれば、初期調査の段階から岩石による地化学探査法が採用されても良い。

第2段階：次いで、土壌による地化学探査アノマリーすなわち鉱床胚胎の可能性の高い地域において、このタイプの鉱床の経済的濃集の期待度の評価を行うための調査を実施すべきである。

① 鉱床胚胎層準、特にドロストンの詳細な分布と層序ならびに、その堆積環境を明らかにすること

② 母岩の金属含有量と、その濃集の強度特にドロマイト化作用との関係を明らかにすること

③ ゼブラ構造の分布を明らかにすること

などである。このため、①トレンチを併用した地質調査（精査）、②地化学探査（岩石）、③構造試錐が有効な手法である。前頁2-2(4)で挙げた地域は、この段階の調査から実施されるべきである。

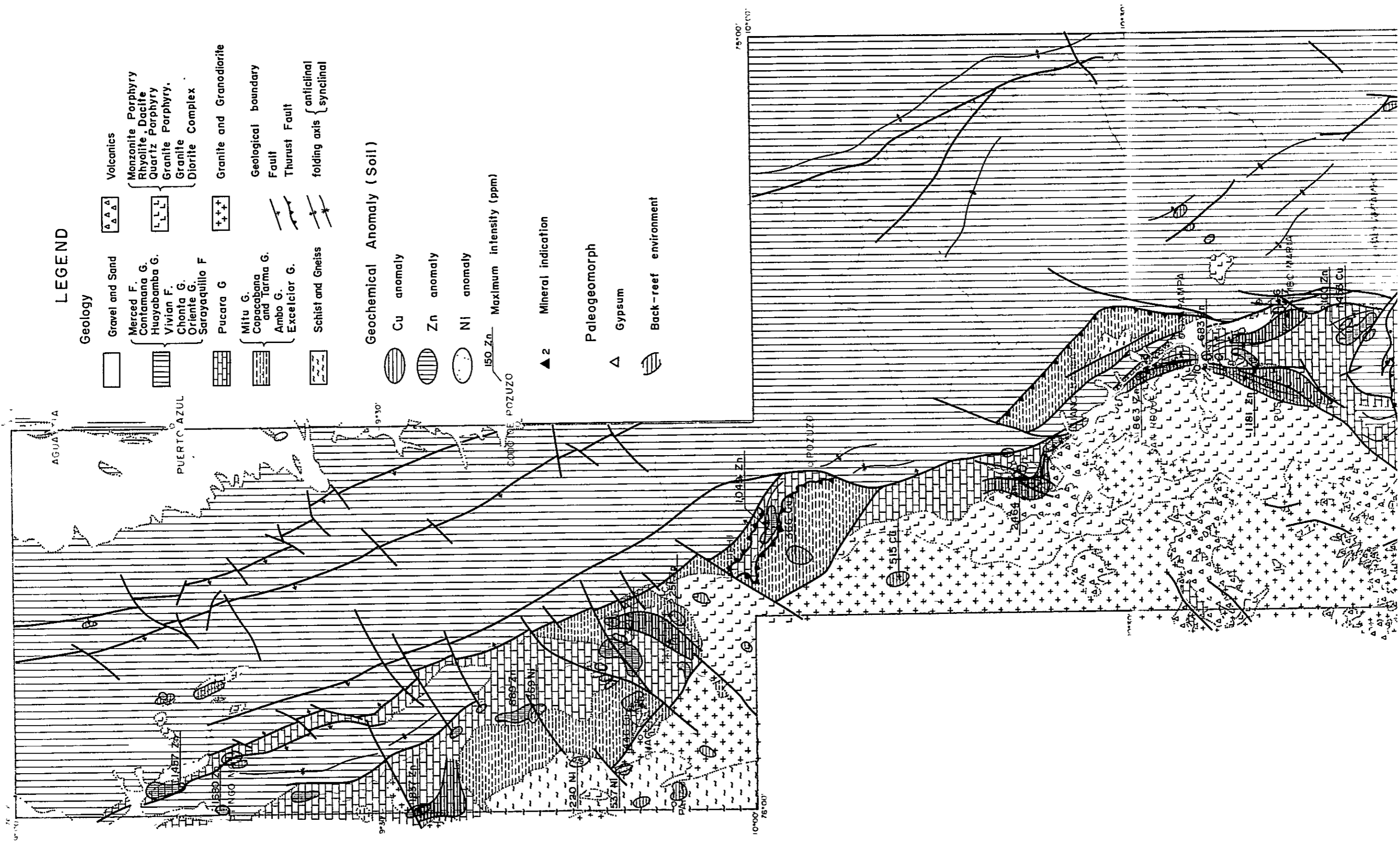
第3段階：最後に、経済的濃集が期待される地域において鉱床発見のための精しい調査を実施すべきである。具体的には、

① 高い含有を示す層準におけるゼブラ構造への濃集の状況を明らかにすること。

である。このため、①トレンチを併用した地質調査（精査）、②地化学探査（岩石）、③試錐（精査）が有効な手法である。San Roque 地域では、この段階の調査を継続すべきである。

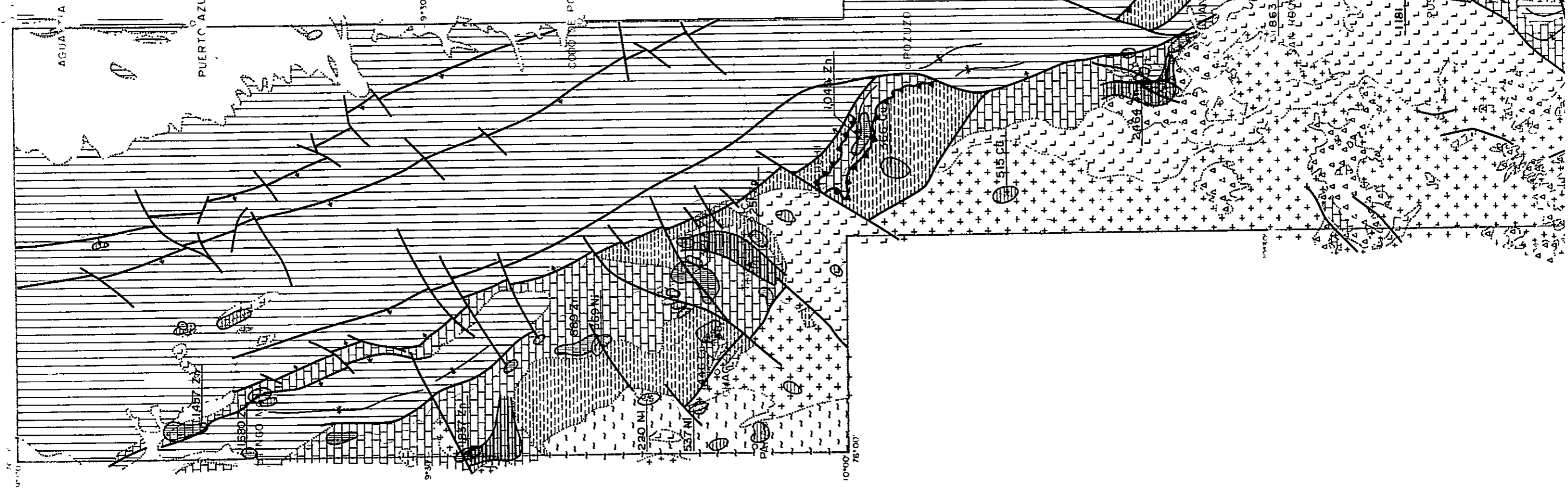
以上の調査は段階的に進められるべきであるが、可能ならば順序を繰りあげて実施されるべきである。第1段階の調査に加え、第2段階の調査が一部重複される場合には、土壌による地化学探査の現地における簡易分析法が採用されるのが望ましい。

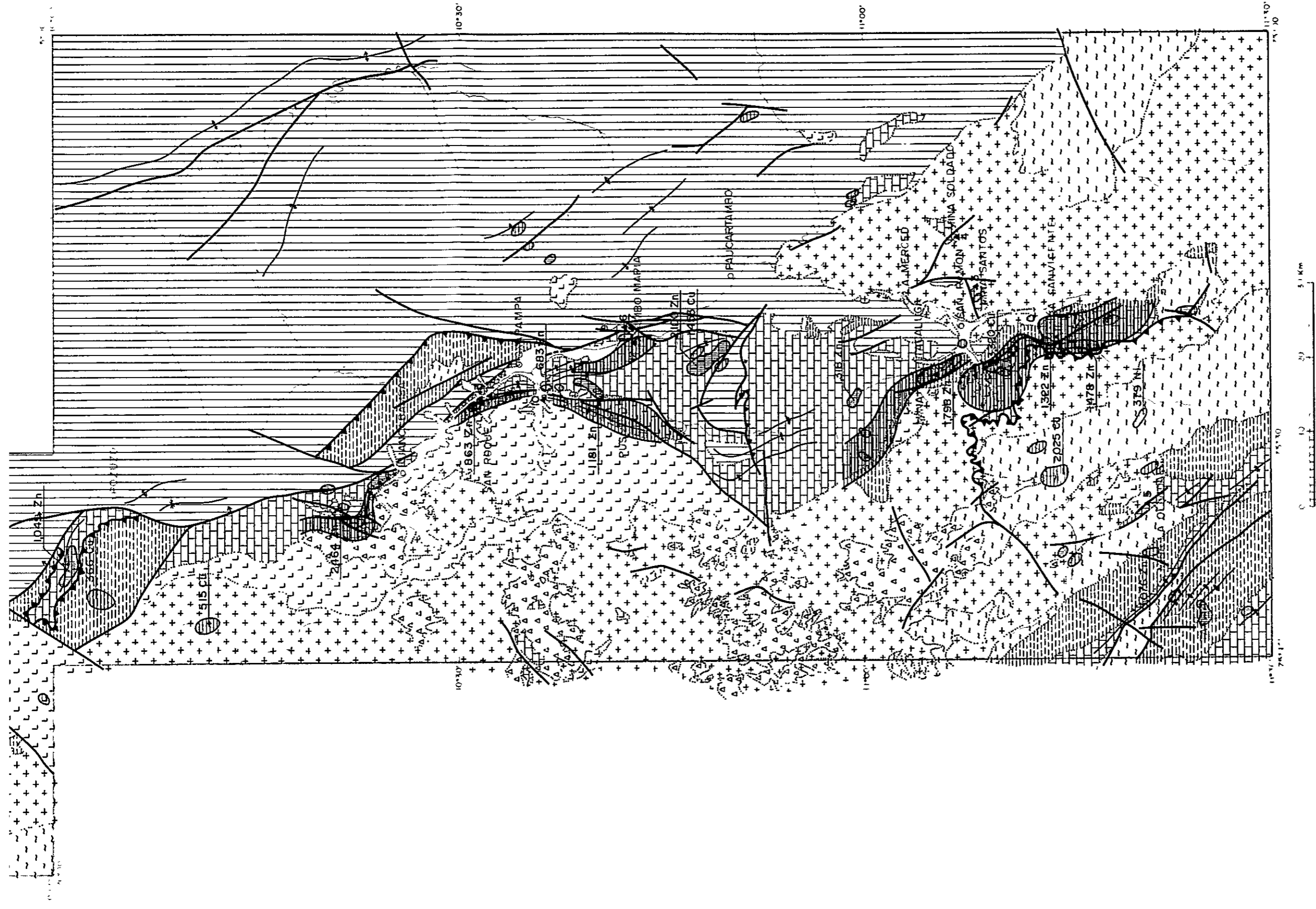
また、今回精しい調査は行われなかったが、Pucara 層群の基盤、特に Mutu 層群の岩石学的、地化学的検討も層準規制鉛・亜鉛鉱床のバックグラウンドを知る意味で、第1段階にて実施されるのが望ましい。



**LEGEND**

- Geology**
- Gravel and Sand
  - Merced F. / Cantamana G. / Huyabamba G. / Vivian F. / Chonta G. / Oriente G. / Sarayaquillo F.
  - Pucara G.
  - Mitu G. / Copacabana and Tarma G. / Ambo G. / Excelcior G.
  - Schist and Gneiss
  - Volcanics
    - Monzonite Porphyry
    - Rhyolite Dacite
    - Quartz Porphyry
    - Granite Porphyry
    - Granite
    - Diorite Complex
  - Granite and Granodiorite
  - Geological boundary
  - Fault
  - Thrust Fault
  - folding axis {
    - anticlinal
    - synclinal
- Geochemical Anomaly (Soil)**
- Cu anomaly
  - Zn anomaly
  - Ni anomaly
  - 150 Zn / Maximum intensity (ppm)
- ▲ 2 Mineral indication**
- Paleogeomorph**
- Gypsum
  - Back-reef environment





**Fig. 3 (1) Schematic Paleoenvironment Illustrating the Correlation to Geology, Geochemical Anomalies and Mineral Showings in the Entire Surveyed Area**

1502411  
10°27'57"

# LEGEND

## GEOLOGY

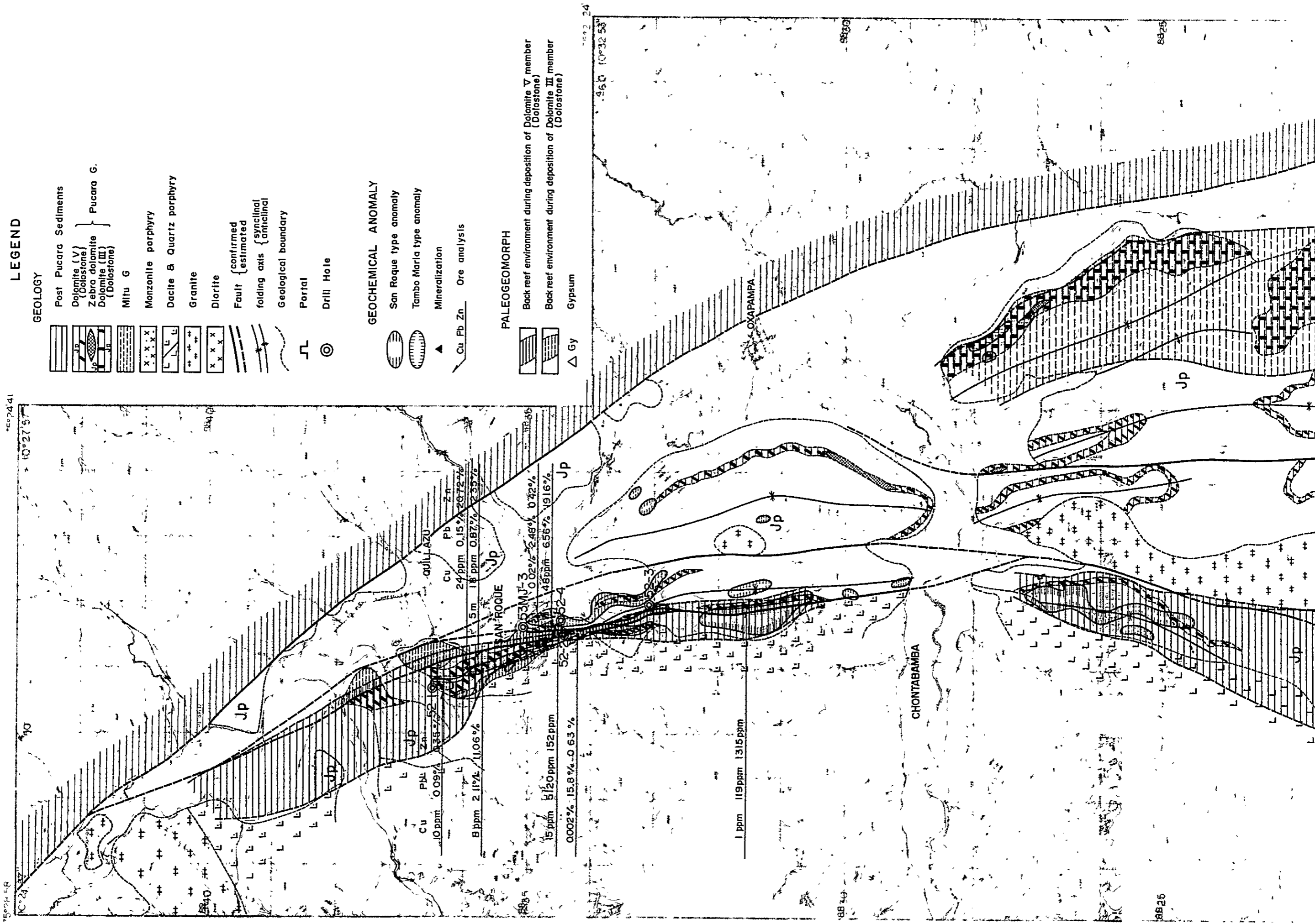
- Post Pucara Sediments
- Dolomite (V) (Dolostone) } Pucara G.
- Zebra dolomite
- Dolomite (III) (Dolostone)
- Mitu G
- Monzonite porphyry
- Dacite & Quartz porphyry
- Granite
- Diorite
- Fault { confirmed } { estimated }
- folding axis { synclinal } { antyclinal }
- Geological boundary
- Portal
- Drill Hole

## GEOCHEMICAL ANOMALY

- San Roque type anomaly
- Tambo Maria type anomaly
- Mineralization
- Cu Pb Zn Ore analysis

## PALEOGEOMORPH

- Back reef environment during deposition of Dolomite V member (Dolostone)
- Back reef environment during deposition of Dolomite III member (Dolostone)
- Gypsum



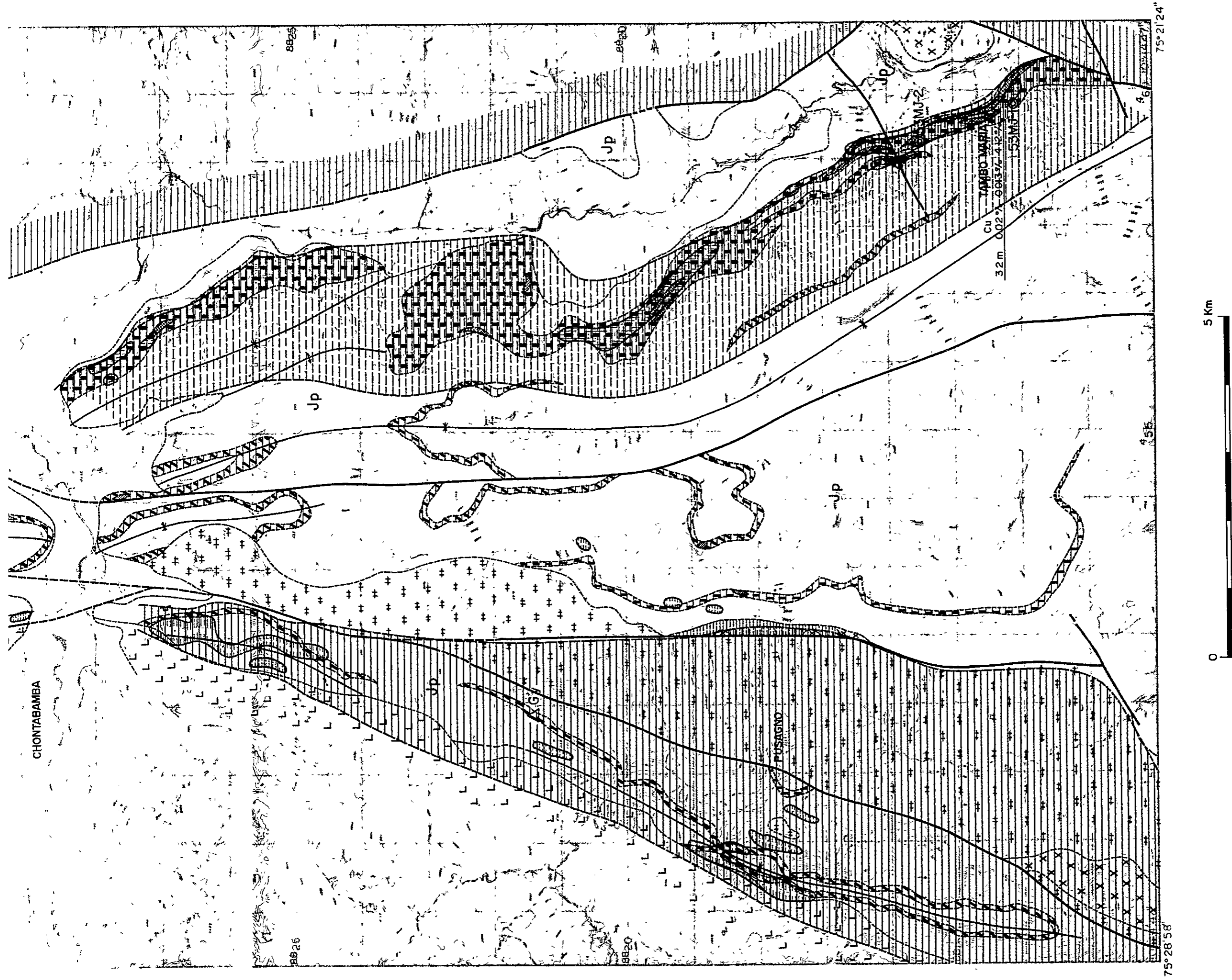


Fig. 3 (2) Schematic Paleoenvironment Illustrating the Correlation to Geology, Geochemical Anomalies and Mineral Showings in the Oxapampa Area



## 第 3 章 調査地域の一般概要

### 3-1 位 置

調査地域は、ペルー共和国中部の東部アンデス山脈-サブアンデス山脈-アマゾン平野にわたり、面積 20,000km<sup>2</sup>を有する。行政区画上、Junin (フニン)、Pasco (パスコ) および Huanuco (ワヌコ) の 3 県にまたがる。

### 3-2 地 形

調査地域は、その地形的特徴から西部高地、中間盆地、東部高地および東部低地に大別される。

#### (1) 西部高地

東部アンデス山脈 (Cordillera Oriental) 東縁の部分と、この山脈と中間盆地間の急斜面の部分とから成る。東部アンデス山脈東縁の部分は、主として古生代の岩石類から成り、細長い連山を形成し標高 4,000m 以上はカールも見られる。急斜面の部分は主として花崗岩類が分布し、河川による侵蝕が極めて強く V 字谷、樹枝状水系が見られる急崖をなす地形が一般的である。

#### (2) 中間盆地

東部アンデス山脈に連なる斜面部分、盆地部分、サブアンデス山脈 (Cordillera Subandina) に連る斜面部分に分けられる。盆地部分は比較的緩傾斜地形を示し、この中央部を N-S ないし NNW-SSE 方向に流れる河川が発達し、それに沿って河岸段丘の発達も認められる。調査地域の屋根に相当する Chaglla 付近では、東部アンデス山脈とサブアンデス山脈とは接合していて、中間盆地の発達はない。中間盆地の両側のそれぞれの斜面部分は急崖を形成していることが多い。

#### (3) 東部高地

サブアンデス山脈部分は中生代および新生代の堆積岩類より成り、中生代の砂岩層により比較的傾斜が急な連山と、V 字岩が形成されているのが特徴である。

#### (4) 東部低地

標高 500m 以下の低地が大部分を占め、特に東部は地形平坦で河川が蛇行する密生ジャングルとなっている。

### 3-3 交 通

首都 Lima (リマ) より調査地域へは、自動車によるのが最も普通である。南部の主要

都市である San Ramon へは、Lima からアンデス高原にある La Oroya (ラ オロヤ) を経て距離 308km, 約7時間で達する。一方、北部の Tingo Maria (ティンゴ マリア) へは La Oroya よりアンデス高原を北上し距離 545km, 13.5 時間で達する。これらの両都市へは Lima からの定期航空路も開かれている。

調査地域内の交通事情は中間盆地のうち San Ramon, Oxapampa 周辺を除いて極めて悪い。ここでは、農業および林業開発用の枝線が延びており、自動車による通行も可能であるが、それ以外の地域では道路の発達も極めて悪い。特に Tingo Maria 東南部の東部高地では、3,000 m 以上におよぶ未踏の地も残されている。調査地域の東部低地では不定期航空路の利用が可能であるが、一般に僅かな山道を利用するか、大河川沿いにボートを使用している。

以上の交通事情から、現地調査は大部分は徒歩により行われ、調査資材の輸送には車両、馬匹、人力のほか、航空機、ボート、いかだなども利用された。

### 3-4 気 候

調査地域の気候は西部の高地寒冷型、中央盆地の亜熱帯多雨型および東部の熱帯多雨型に大別される。高地寒冷型の西部高地は季節風の影響により、雨季と乾季とがある。地形の高度差により、また日中・夜間の気温の変化が激しい。乾季7-8月頃の最低気温は零下10℃前後である。

亜熱帯多雨型の中間盆地付近でも、4月から10月までの乾季、11月から3月までの雨季とがあるが、高地寒冷型ほど明瞭ではない。アマゾン平野から流れてくる湿度の高い空気により雲量も多く、乾季にも長雨が続くことがある。乾季の最高気温は30℃、最低気温は13℃ぐらいである。熱帯多雨型の北東部は年間を通じて暑く湿度も極めて高い。平均気温は28℃ぐらいである。

### 3-5 植 生

高地寒冷型気候の西部高地の標高 4,500m 以上の高所では、まばらに雑草が生えているのみで、ほとんど不毛である。4,500m 以下は草原となっており、時にユーカリなどの喬木が河川沿いに見られる。4,000m 以下では草原は放牧地として利用されており、馬鈴薯、とうもろこし等の栽培も局部的に行われている。

亜熱帯多雨型気候の中間盆地付近は、広葉樹を中心とする森林が繁茂している。これらの森林は伐採され、木材として搬出されている。また、伐採の跡地は開墾されバナナ、パイナップル、オレンジ、パイヤなどの果樹栽培が盛んであり、草原は放牧地となっている。熱帯多雨型気候の北東部は、密生したジャングル地帯となっており、大河川沿いに一部が開墾され放牧

地として利用されているほかは、全くの原始林である。

## 第 4 章 調査地域の地質概要

### 4-1 地質概要

ペルー共和国中部地区には堆積岩類、火成岩類および変成岩類が分布しており、それらはこの地域の一般的地勢が有する NNW-SSE 方向に支配されている (Fig. 4)。

堆積岩類は南西部の狭い地域と中央部から北部にかけての広い地域とに分布している。南西部には変成岩類を基盤として古生界から中生界が分布しており、中央部から北部は、一部に古生界の分布が認められるが、大部分は Pucara 層群を含む中生界から新生界までの堆積岩類によって構成され、概ね西側から東側に向って新期の堆積岩類が分布している。

これらの堆積岩類は下位より Exceleior 層群, Ambo 層群, Copacabana-Tarma 層群, Mitu 層群, (以上古生界), Pucara 層群, Sarayaquillo 累層, Oriente 層群, Chonta 層群, Vivian 累層 (以上中生界) および Contamana 層群, Huayabamba 層群, La Merced 累層, 第四紀堆積層 (以上新生界) に区分される。これらの層群名, 累層名は Bellido (1969) が中部地区一帯を対象として、命名したものに準拠している (Fig. 5)。

火成岩類は東部アンデス山脈沿いに南部 Tarma (タルマ), San Ramon 付近から Oxapampa 西方を経て, Chaglla (チャグラ) 付近まで NNW-SSE 方向をもって主として分布している。これらは古生代末期の貫入岩類, 中生代の閃緑岩類, 花崗岩類, 斑岩類ならびに新生代第三紀の火山岩類, 貫入岩類に分布される。

さらに、変成岩類は南部 Tarma - San Ramon 間の高地および北部 Panao (パナオ) 付近の高地において、ルーフペンダントとして分布しており、片麻岩類および片岩類より構成されている。

### 4-2 地質構造

堆積岩中の褶曲構造は主として NNW-SSE 方向の褶曲軸を有するものであり、古期堆積岩中では激しく、新期堆積岩中では比較的穏かな発達をしている。一方、断層構造は中間盆地の中の Tingo Maria-La Merced (ラメルセー) 構造線を始めとする NNW-SSE 系が最も顕著であり、NEE-SWW 系や NWW-SEE 系, NNE-SSW 系なども発達している。

以上のような NNW-SSE 系を基調とする地質構造や、この地域の地勢に一致した岩層分布は、さらに地史的には古生代から新生代までに至るアンデスの造山運動に関連して形成されたものと考察される。たとえば、この地域の先駆的的火成活動である古生代末期の花崗岩類は、東部アンデス山脈の東縁の地背斜運動に関連して貫入したものであり、それ以降の火成活動も主として、この花崗岩類に関連して活動している。また、中生代以降の堆積岩類は特に東側では、

地背斜に沿って形成された凹地に堆積したもので、地背斜の形成は堆積岩類の分布も大きく規制していると思ふことが出来る。断層構造や褶曲構造は NNW-SSE 方向にほぼ直交した NEE-SWW 方向の横圧力を蒙って発展したものであると言える。

#### 4-3 地 史

調査地域の最古の岩石は西部高地に分布する変成岩類である。これは先カンブリア紀の造山運動の過程で形成されたものと考えられている。西南部に分布する古生界は変成岩類を基盤として堆積している。堆積作用はオルドビス紀に形成された地向斜に、デボン紀 Excelcior 層群の堆積によって開始され、引き続き弱い造山運動や、海進、海退を繰り返しながら、古生代二疊紀前期の Hercynian 造山運動が活発になるまで、Ambo 層群、Copacabana-Tarma 層群などの堆積が行われている。二疊紀には、この造山運動に伴われた火成活動があり、三疊紀後期まで続いたと見られる花崗岩類が西部高地に NNW-SSE 方向で貫入している。造山運動は、さらに、ブロック隆起、断層運動なども伴い、その後の侵蝕作用は二疊紀 Mitu 層群を堆積させている。Mitu 層群は陸成礫岩層を主としているが、溶岩、凝灰岩などの火山活動の産物を伴うのが特徴である。

古生代末期から中生代初期にかけて起った西部高地付近の地背斜運動によって、その両側に地向斜が形成され、Pucara 層群の海成堆積が開始された。中間盆地付近における Pucara 層群の堆積盆地では、西部高地の地背斜運動に関連し、深海性、時には浅海性の堆積環境が形成されていたものと考えられる。

Pucara 層群の堆積に引き続き、中間盆地付近から東方では陸成 Sarayaquerillo 累層、主として陸成の Oriente 層群、海成 Chonta 層群および陸成 Vivian 累層などの堆積作用がジュラ紀中期から白亜紀後期まで断続的に行われている。この間、地向斜帯は徐々に東側へ移動して行ったようである。また、西部高地の地背斜運動はジュラ紀中期から後期にかけて最も盛んとなり、それに伴われ閃緑岩類に始まり花崗岩、斑岩類などの火成活動が起っている。

新生代に入り、アンデス造山帯では火山活動を伴う激しい造山運動があったが、調査地域では僅かに酸性火山岩類の活動があっただけで、地向斜帯には第三紀 Contamana および Huayabamba 層群の堆積が行われている。漸新世ないし中新世のころ、アンデス造山運動の第二期活動が活発化するとともに、堆積作用は終了し、この地域にも褶曲、断層などの構造運動が行われている。酸性火山岩の活動と火山性礫岩 (Rantrache ラントラチェ) の堆積、西部高地の東縁に行われ、また小規模なアルカリ岩が Tingo Maria-La Merced 構造線沿に貫入している。最後に La Merced 累層の堆積が中間盆地において行われている。

#### 4-4 鉛床概要

中部地区には多くの金属鉛床ならびに鉛徴が知られており、非金属鉛床には小規模な石膏鉛床がある。金属鉛床は鉛種とその成因により、次の4つのタイプに分類される。(Table 4)

- (1) Pucara 層群中の層準規制鉛床 (鉛・亜鉛)
- (2) Pucara 層群の炭酸塩岩と貫入岩との接触部に形成された接触交代鉛床 (銅・鉛・亜鉛)
- (3) Pucara 層群ならびに中生代閃緑岩などの中の脈状鉛床 (銅・鉛・亜鉛)
- (4) 第三紀モンゾニ岩中の斑岩銅型鉛床 (銅)

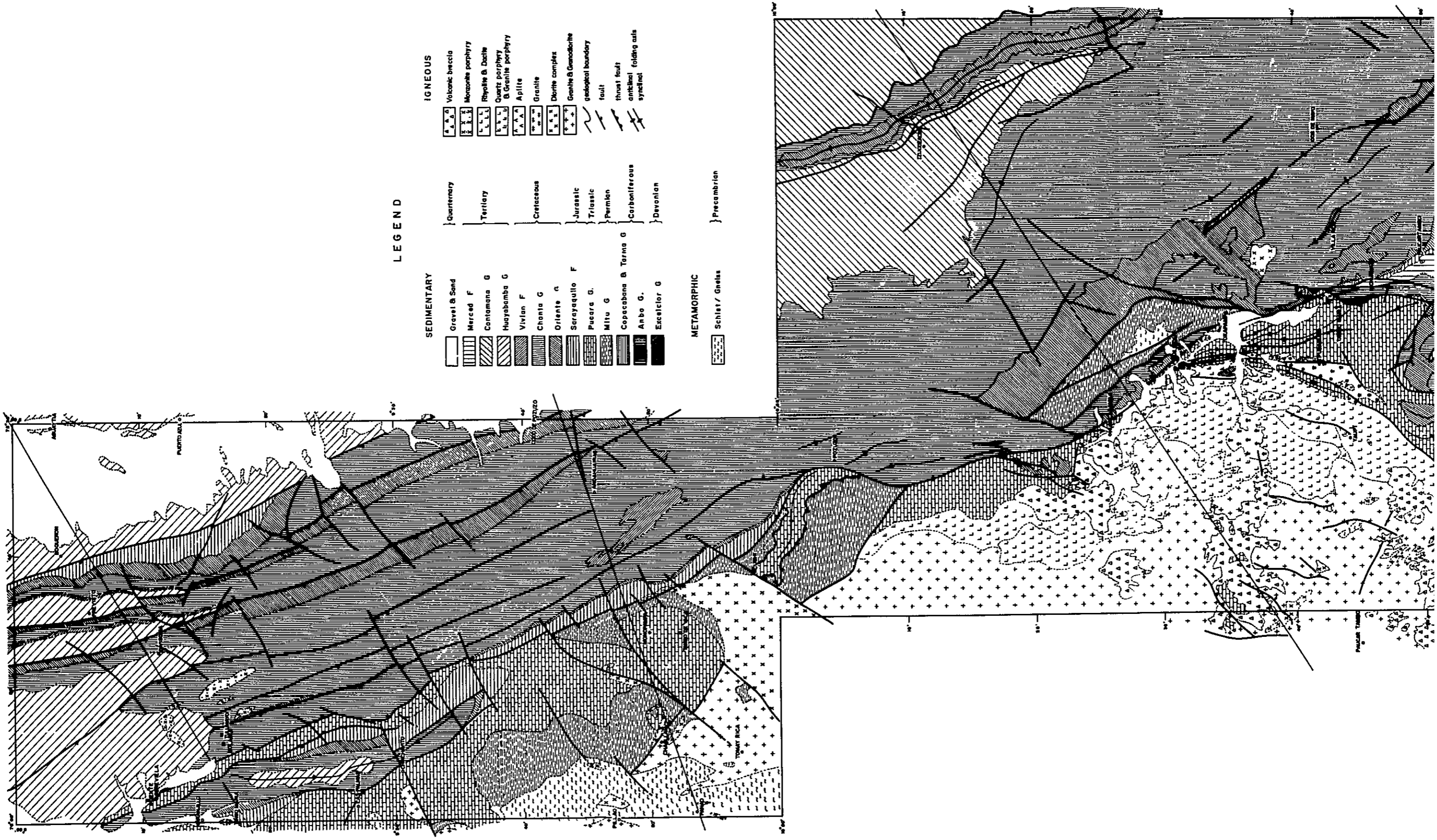
層準規制鉛床はPucara層群の主としてドロストンを母岩として胚胎されており、この地域で稼行されている San Vicente鉛床や、休止中の Pichita Caluga 鉛床および本調査で発見された Tambo Maria, San Roque 鉛徴などがこれに属する。この地域で最も重要な鉛床タイプである。

接触交代鉛床は主に San Ramon の東方の古生代末期に貫入した花崗岩類と、ルーフベンダント状に分布する Pucara 層群石灰岩との接触部に胚胎される。稼行実績を有する Santos (サントス) および Soldado (ソルダード) 鉛床が知られているが、いずれも小規模である。

脈状鉛床は Tarma 東方の稼行されたことのある La Olividada (ラオリビダーダ) 鉛床 (銅) のほか、Chaglla 付近, San Ramon 付近などに極めて微弱な鉛徴が知られている。

また、斑岩銅型鉛床は Tambo Mariaの東方に貫入するモンゾニ岩に僅かの銅の鉛染が認められる程度のものである。

一方、非金属鉛床としては Oxapampa 北方にて中生代白亜紀上部の Chonta 層群に、また Pusagno 西方の Pucara 層群にも小規模な石膏鉛床が挟在されているのが知られている。



LEGEND

SEDIMENTARY

- Gravel & Sand
- Merced F
- Contamana G
- Huayabamba G
- Vivian F
- Chonta G
- Oriente a
- Sarayquillo F
- Pacara G
- Mitu G
- Copacabana & Tarma G
- Anbo G
- Excelsior G

IGNEOUS

- Volcanic breccia
- Monzonite porphyry
- Rhyolite & Dacite
- Quartz porphyry & Granite porphyry
- Apilte
- Granite
- Diorite complex
- Granite & Gneissoidite

- geological boundary
- fault
- thrust fault
- antibasal folding axis
- syncline

METAMORPHIC

- Schist / Gneiss
- PreCambrian

- Quaternary
- Tertiary
- Cretaceous
- Jurassic
- Triassic
- Permian
- Carboniferous
- Devonian

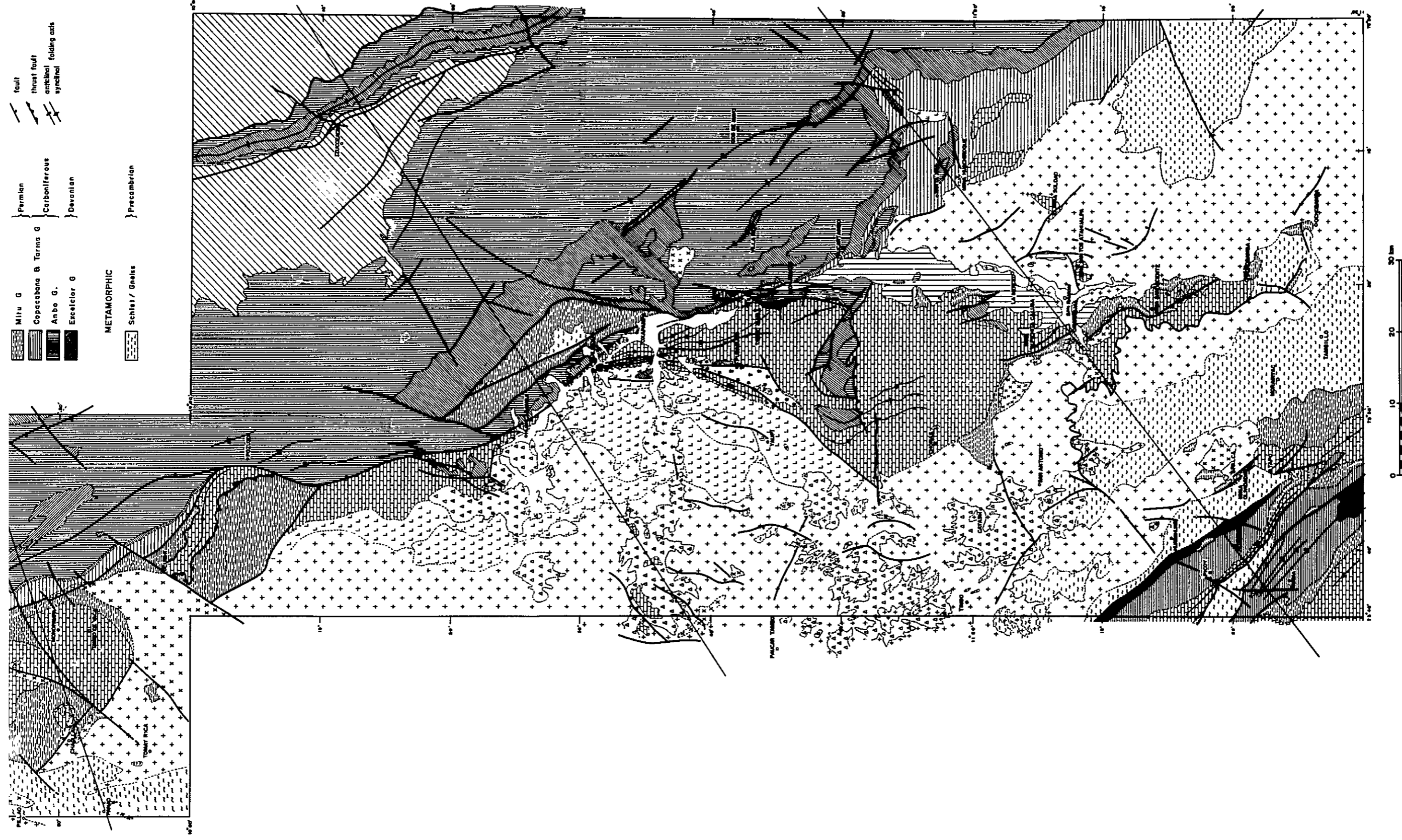


Fig. 4 Generalized Geological Map of the Surveyed Area



**Fig. 5 . Generalized Geological Columns of the Entire Surveyed Area**  
**Southern Block** **Northern Block**

GEOLOGICAL AGE	GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS		GEOLOGICAL UNITS	COLUMNAR SECTION	IGNEOUS ACTIVITY	DESCRIPTIONS				
				SEDIMENTARY & METAMORPHIC	IGNEOUS				SEDIMENTARY & METAMORPHIC	IGNEOUS			
CENOZOIC	QUATERNARY	HOLOCENE	ALLUVIUM		GRAVEL, SAND & CLAY	ALLUVIUM			GRAVEL, SAND & CLAY				
		PLEISTOCENE	DILUVIUM			DILUVIUM							
	TERTIARY	PLIOCENE	MERCED FORMATION		CONGLOMERATE, SANDSTONE & MUDSTONE					MONZONITE PORPHYRY MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY			
		MIOCENE		400m+									
		OLIGOCENE	CONTAMANA GROUP		UPPER PART BROWN SHALE WITH SANDSTONE & MUDSTONE	1.2	VOLCANIC BRECCIA ANDESITIC, DACITIC AGLOMERATE						
		EOCENE			LOWER PART RED SHALE, SANDSTONE & MUDSTONE WITE GREY LIMESTONE	1.3	MONZONITE PORPHYRY MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY	HUAYABAMBA FORMATION		RED TO BROWN SANDSTONE WITH SHALE, MUDSTONE AND CONGLOMERATE			
		PALAEOCENE			1,400m+								
	MESOZOIC	CRETACEOUS	LATER	CHONTA GROUP		UPPER PART RED SHALE WITH SANDSTONE	1.1	RHYOLITE & DACITE RHYOLITE & DACITE COMPLEX	CHONTA FORMATION		UPPER PART RED SHALE SANDSTONE		
			MIDDLE			MIDDLE PART GREY LIMESTONE			2,300m+	MIDDLE PART GREY LIMESTONE			
EARLIER					LOWER PART RED SHALE WITH SANDSTONE & SHALE	1.2	QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY GRANITE PORPHYRY, APLITE & QUARTZ PORPHYRY COMPLEX	ORIENTE GROUP		UPPER PART SANDSTONE ALTERNATION OF SANDSTONE & SHALE			
JURASSIC		LATER	SARAYAQUILLO FORMATION		UPPER PART SANDSTONE	1.3	GRANITE : GRANITE	SARAYAQUILLO FORMATION		UPPER PART PEBBLE CONGLOMERATE AND SANDSTONE			
		MIDDLE		1,000m+	MIDDLE PART SHALE & SANDSTONE			1,200m+	MIDDLE PART SANDSTONE WITH CONGLOMERATE				
		EARLIER			LOWER PART CONGLOMERATE WITH SHALE				1,200m+	LOWER PART SANDSTONE WITH CONGLOMERATE			
TRIASSIC		LATER	PUCARA GROUP		GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOSTONE WITH THIN BEDS OF SHALE & SANDSTONE	1.4	DIORITE DIORITE, GRANODIORITE PORPHYRY & MICRO GRANODIORITE COMPLEX	PUCARA GROUP		1,900m+	GREY TO BLACK LIMESTONE & GREY DOLOSTONE WITH THIN BEDS OF SANDSTONE	1.7	DIORITE MICRODIORITE, GRANODIORITE AND GRANITE
		MIDDLE											
		EARLIER											
PALAEOZOIC	PERMIAN	LATER	MITU GROUP		UPPER PART SANDSTONE & SHALE	1.5	GRANITE EASTERN PART RED GRANITE WITH GREY GRANODIORITE WESTERN PART GREY TO GREEN GRANODIORITE	MITU GROUP		UPPER PART ANDESITIC & DACITIC LAVA AND TUFF (PARTLY WELDED) WITH TUFFACEOUS SANDSTONE	1.6	GRANITE : GRANITE, GRANODIORITE AND DIORITE	
		MIDDLE			MIDDLE PART SANDSTONE & SHALE WITH LIMESTONE CONGLOMERATE			2,500m+	MIDDLE PART SANDSTONE WITH SHALE & CONGLOMERATE				
		EARLIER			LOWER PART CONGLOMERATE WITH SANDSTONE & SHALE					LOWER PART CONGLOMERATE WITH SANDSTONE & SHALE			
	CARBONIFEROUS	LATER	COPACABANA - TARMA GROUP		GREY TO DARK GREY LIMESTONE & PHYLLITIC SHALE PARTLY RED CALCAREOUS SHALE DOMINANT								
		EARLIER	AMBO GROUP		900m+	COMPACT GREY SANDSTONE WITH BLACK SHALE							
	DEVONIAN	LATER	EXCELCIOR GROUP		GREY SANDSTONE WITH GREY TO BLACK SHALE								
		EARLIER			700m+								
	SILURIAN	LATER											
		EARLIER											
	ORDOVICIAN	LATER											
EARLIER													
CAMBRIAN	LATER												
	EARLIER												
PRECAMBRIAN	BASAL COMPLEX			GNEISS & SCHIST WITH SERPENTINITE			BASAL COMPLEX		GNEISS & SCHIST				

- LEGEND**
- |                         |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| <b>SEDIMENTARY ROCK</b> | <b>IGNEOUS ROCK</b>                |
| SAND                    | VOLCANIC BRECCIA                   |
| GRAVEL                  | MONZONITE & MONZONITE PORPHYRY     |
| SHALE & PHYLLITE        | RHYOLITE & DACITE                  |
| SANDSTONE               | QUARTZ PORPHYRY & GRANITE PORPHYRY |
| CONGLOMERATE            | DIORITE                            |
| LIMESTONE / DOLOSTONE   | GRANITE                            |
| <b>METAMORPHIC ROCK</b> | ANDESITIC TO DACITIC LAVA AND TUFF |
| GNEISS & SCHIST         | UNCONFORMITY                       |
|                         | CONFORMITY                         |

Table 4 List of mineralization in the surveyed area.

No	Area	Location	Kind of Ore	Host Rock		Alteration	Related Igneous Rock	Mode of Occurrence	Scale of Mineralization	Direction of Mineralization	Amount of Unit Ore Body	Unit Ore body			Grade of Ore	Ore Minerals	Gangue Minerals	Structural Control	History	Note	Sample No
				Group	Rock							Scale	Thickness Width	Direction							
1	SAN RAMON	SAN VICENTE	Zn, Pb, Cu	PU	Do, Ls	-	-	ba	3m x 500m	N-S 20-50W	10	main 200m x 200m	20m	N-S 45-50W	Pb 1% Zn 14%	Sp, Gn > Cp, Py	dol, cal	strata bound	worked product 1200T		
2	SAN RAMON	PICHITA CALUGA	Zn, Pb, Cu	PU	Ls	-	Di	ba	200m x 75m	N50W NE	2	200m x 75m	5m	N50W NE	Pb 5% Zn 15%	Sp, Gn > Cp, Py	dol, cal	strata bound	closed in 1969		
3	SAN RAMON	SANTOS	Zn, Pb, Cu	PU	Ls	Sk	Qp	diss	30m x	E-W S	1	30m x	max 15m	E-W S	Pb 1% Zn 13%	Sp, Gn > Py, Cp, Po	epi, gar	intrusive	exploited in 1974		S91202 S91204
4	SAN RAMON	SOLDADO	Zn, Pb, Cu	PU	Ls	Sk	Qp	diss	100m x	N50W, S45 N40E, S50	2	100m x	max 5m	N40E S50	Pb 1% Zn 12%	Sp, Gn > Cp, Py	epi, gar	intrusive	closed		F103001
5	TARMA	LA OLIVIDADA	Cu	PU	Ls	Sil	-	net	50m x	NW-SE	1	50m x	max 35m	NW-SE	Cu 5%	Az, Mal > Sp	cal	NW-SE-fracture	worked product 9 T/M		T91902
6	OXAPAMPA	HONDA	Cu	PU	Ls	Sk	Mo	diss							Cu 0.06%	Py, Cp	skarn	intrusive		Surveyed by Japanese Mission (1976)	K244
7	OXAPAMPA	HONDA	Cu	-	Mo	-	Mo	diss							Cu 0.08%	Mt, Py > Ht, Cv		intrusive		Surveyed by Japanese Mission (1976)	K264
8	CHAGLLA	CHAGLLA	Cu, Pb	PU	Ls	-	-	vein							Cu 0.24% Pb 0.018% Zn 0.066%	Mal, Gn	cal			Surveyed by Japanese Mission (1976)	A023 A024 A025
9	SAN RAMON	SOUTH PICHITA CALUGA	Cu, Zn	-	Do	epi chl	Di	vein					0.25m		Cu 1.90% Zn 0.13%	Mal, Cp Py, Sp	cal, qt epi, chl	fault		Surveyed by Japanese Mission (1976)	T008 I082 F072
10	OXAPAMPA	CHONTABAMBA	Pb, Zn	PU	Ls	-	-								Pb 23% Zn 3%	Gn, Sp			closed product 10 T	Surveyed by Japanese Mission (1976)	A089
11	OXAPAMPA	SAN ROQUE VALLEY	Pb, Zn	PU	Ls	-	-	diss							Pb 15.8% Zn 0.63% (C 416)	Gn	cal	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1976)(1977)	L219, C416 OF007, M494 OF017
12	OXAPAMPA	TAMBO MARIA	Zn	PU	Do	-	-	ba					32m		Cu 0.02% Pb 0.013% Zn 4.12%	Sp, Sm	dol	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1976)(1977)	S024, S025 S346, S347 S350
13	OXAPAMPA	SAN ROQUE T-2	Zn, Pb	PU	Do	-	-	diss							Pb 0.09% Zn 0.35%	Sp, Gn	qt, dol	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1978)	L729
		SAN ROQUE T-4	Zn	PU	Do	-	-	diss & fr							Pb 0.15% Zn 2.72%	Sp	qt, dol	strata bound			S725
		SAN ROQUE T-10	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr							Pb 6.56% Zn 19.16%	Sp, He, Gn	dol	strata bound			S783
		SAN ROQUE T-28	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr					5m		Pb 0.87% Zn 2.85%	Sp, Gn	dol	strata bound			L783-1 L783-2 L783-3 L783-4 L783-5
		SAN ROQUE T-29	Zn, Pb	PU	Do	-	-	fr							Pb 2.11% Zn 1.06%	Sp, Gn	dol	strata bound			L815
14	CHAGLLA	HUARAO CHICO	Pb	PU	Do	-	-	diss							Gn	cal, flu	strata bound		Surveyed by Japanese Mission (1978)	N746	
		HUARAO GRANDE	Pb	PU	Do	-	-	diss							Gn	cal, flu	strata bound			N752	
		HUARAO GRANDE	Pb	PU	Ls	-	-	diss							Gn	cal	strata bound			D807	

Group  
Rock Name  
Alteration

PU : Pucara Group  
Do : Dolostone  
Ls : Limestone  
Mo : Monzonite  
Di : Diorite  
Qp : Quartz porphyry  
Sil : silicification  
epi : epidotization  
chl : chloritization  
Sk : Skarnization

Ore Mineral

Az : Azurite  
Cp : Chalcopyrite  
Cv : Covellite  
Gn : Galena  
He : Hemimorphite  
Ht : Hematite  
Mal : Malachite  
Mt : Magnetite  
Po : Pyrrhotite  
Py : Pyrite  
Sm : Smithsonite  
Sp : Sphalerite

Gangue Mineral

cal : Calcite  
chl : Chlorite  
dol : Dolomite  
epi : Epidote  
flu : Fluorite  
gar : Garnet  
qt : Quartz

Mode of occurrence

diss : disseminated  
fr : fracture filling  
ba : banded  
vein : vein type  
net : network

## 第 5 章 1975 年 9 月調査

初年度の調査として地質調査（予察、精査）および地化学探査が、計画された地域約 20,000  $km^2$  中の約 10,000  $km^2$  において実施された。また、地形図化のための標高点測量も実施された (Fig. 2)。

### 5-1 調査の方法

#### (1) 予 察

調査はペルー政府により作成された SLAR (Side Looking Airborne Radar) モザイクによる地質解析資料の再解析を行い、層準規制鉛・亜鉛鉱床の賦存が期待される Pucara 層群の分布の地質構造を把握し、鉱床賦存の可能性の高い地域を抽出するための資料を蒐集することを目的とした。

予察の調査ルートは主要な道路、河川沿いに地質構造の方向に直交するように計画され、Pucara 層群の分布域では 10  $km$  間隔、それ以外の地域ではほぼ 20  $km$  間隔となるように選定された。調査の際の位置確認には地形図空中写真が用いられたが、それらが作成されていない所では SLAR モザイク図 (縮尺 1/100,000) が使用され、地質などの記載は SLAR モザイク図上に行われた。

#### (2) 地 質 精 査

調査は中部地区において唯一稼働中の San Vicente 鉱床を中心とした面積 100  $km^2$  の地域において行われた。調査の目的は代表的鉱床を含む地域の地質特性を把握し、今後の方針を明確にすることであった。調査ルートは、ほぼ 5  $km$  間隔となるように選定された。位置確認および調査事項などの記載は、縮尺 1/25,000 の地形図が用いられた。

#### (3) 地化学探査

地質調査と同時に行われた。予察では広域的な鉱床に関する情報を得るため、河川堆積物および土壌サンプルが採取された。河川堆積物は調査ルートにおいて遭遇した河川からサンプル総数 1,095 個が、また土壌サンプルは調査ルートにおいて B1 層から、総数 1,500 個が採取された。一方、精査では土壌サンプルが合計 412 個採取された。採取されたサンプルは現地にて風乾、篩分などの処理が行われ、その約 10  $g$  が分析に供された。予察のサンプルは指示元素 Cu, Zn, Ni が原子吸光法により分析された。精査のサンプルは指示元素 Cu, Pb, Zn が分析された。

#### (4) 標高点測量

以上の調査とは別個に、Pucara 層群が分布する地域において既存の航空写真による地形図のための標高点測量が行われた。

## 5-2 調査の結果

この調査によって明らかにされたことを要約すると以下のごとくである。

- (1) 調査地域は堆積岩類、変成岩類および火成岩類によって構成される。古生代石炭紀Copa cabana-Tarma 層群までの堆積岩類と変成岩類とは、主として地域南西部のTarma 付近に限られて狭い分布を示している。
- (2) 三疊紀 Mitu 層群は中間盆地に沿ってSan Ramon 付近, Oxapampa 付近および Pozuzo 付近などに分布しており, Tarma 付近では小分布を示しているに過ぎない。本層群は二疊紀前期の造山運動に引き続く侵蝕作用の産物として堆積したもので, 礫岩, 砂岩および頁岩から成り, 溶岩および火山砕屑岩などの火山岩類を挟在している。礫岩は赤褐色-褐色を呈し花崗岩類, 火山岩類, 変成岩類などの比較的円磨度のよい礫と, 砂質-凝灰質基質とから成る。挟在する火山岩類は本層群の上部層において著しく発達している。全般に岩相変化が著しい。
- (3) 中生代三疊紀からジュラ紀に堆積した Pucara 層群は, 西部高地の地背斜構造の両側に分布している。西側では Tarma 付近において NW-SE 方向に小規模な露出を示している。  
東側では San Ramon 付近から Oxapampa, Pozuzo 付近まで N-S ないし NNW-SSE 方向で帯状に分布している。San Ramon 北西部で最も幅広く露出しているが, その南方および北方では幅狭く露出している。San Vicente 付近では下位の Mitu 層群と平行不整合関係にあり, そのほかの地域では火成岩類に貫入され, または断層で境されている。  
本層は主として石灰岩およびドロストンなどの炭酸塩岩類によって構成される。San Vicente 鉱床付近では3部層に分けられる。下部層および上部層は石灰岩を主とし, 中部層はドロストンおよびドロマイト質石灰岩より構成されている。中部層の中位には数層の結晶質ドロストンがあり, セブラ構造と呼ばれる縞状構造を伴い, また角礫状構造なども存在している。
- (4) 火成岩類では二疊紀の造山運動に伴われ, 三疊紀中期ごろまで活動した花崗岩類が調査地域の中で最も広い分布を示している。花崗岩類には Tarma 付近から Oxapampa 西方付近に露出する優白質花崗岩と San Ramon 付近に分布する赤色花崗岩類とがある。前者は, 別に Tarma 花崗岩または“白い花崗岩”と呼ばれ, 後者は San Ramon 花崗岩または“赤い花崗岩”と呼ばれている。いずれも粗-中粒完晶質岩である。K-Ar 法による年代測定の結果は, 白い花崗岩は 244m.y. であり, 赤い花崗岩は 195m.y. である。これらの花崗岩類は主として二疊紀前期から後期にかけて, またその一部は三疊紀までにわたり活動したものと考察される。

西部高地におけるジュラ紀中期以降の造山活動は, 花崗岩類の主として東側において, ま

た一部はPucara 層群を貫いて、閃緑岩、花崗岩、酸性斑岩および火山岩類の活動をもたらしている。

- (5) 調査地域には4-4で述べたタイプの金属鉱床が見出されている。

San Vicente 鉱床に代表される層準規制鉛・亜鉛鉱床は、Pucara 層群中のドロストン中に胚胎される。その中でも特に、縞状構造や角礫状構造が発達したところに顕著である。細粒の閃亜鉛鉱を主とし、若干の方鉛鉱を伴う鉱石は、ドロストンの縞状構造と平行に胚胎されている。San Vicente 鉱床の品位はPb1%, Zn10-20%である。

鉱床付近には火成活動に関連して生成されたと考察される変質鉱物は見出されない。

一方、母岩のドロマイトの中に含まれる液体包有物の充填温度は70-150℃であった。この値はMississippi Valley型、鉛・亜鉛鉱床の値に近似しており、San Vicente 鉱床もこれと同一タイプの鉱床と考察される。

- (6) San Vicente 鉱床の南方にはSiete Jeringas 鉱床が、北方にはLlanco Cateador 鉱床がある。両鉱床ではドロストン中の初生細粒硫化物と、それを切ると考察される後期の粗粒閃亜鉛鉱の細脈が認められる。また、San Ramon 北西部に位置するPichita Caluga 鉱床は、ドロマイト質石灰岩の層理面に平行に胚胎されている。粗粒の閃亜鉛鉱から成り、San Vicente に比べ黄鉄鉱、黄銅鉱が多い。

San Ramon 東方には花崗岩類のルーフペンダントとしてPucara 層群の石灰岩が存在し、花崗岩類の接触部にSantos, Soldado 両鉱床がある。いずれも高温交代鉱床で、緑れん石、ざくろ石を主とするスカルンに銅、鉛および亜鉛が伴われている。目下のところ、幅1-5m、延長30-100mの規模が知られているが、詳しい調査はまだ行われていない。

また、Tarma 東方のLa Olvidada 鉱床は西部高地に分布するPucara 層群石灰岩中の脈状鉱床で最大幅3.5m、延長50mを有する。銅を主とし若干の亜鉛を伴う鉱床である。

- (7) 地化学探査により土壤中の亜鉛の高い値は、概ねPucara 層群の分布域に限られて認められた。特に、亜鉛の鉱徴が見出された地点やドロストンが分布する地点に著しく高く、中生代の閃緑岩やMitú 層群の分布する地点もやや高い値を示した。銅の高い値もその鉱徴が存在するところおよび閃緑岩の周辺に認められた。一方、ニッケルは西部高地の変成岩体に若干の高い値が認められただけである。

この結果、層準規制鉛・亜鉛鉱床の捕捉を目的とした調査はPucara 層群の分布する範囲において実施すべきであることが明らかにされた。

## 第 6 章 1976年5月調査

1976年度の調査は前期と後期との2期にわけて実施された。5月の調査では南部地域において地質調査および地化学探査が行われた。また、調査に先立ち空中写真の地形図化が行われた。

### 6-1 調査の方法

#### (1) 地質中精査

この調査は前年の調査によって明らかにされた Pucara 層群の分布域を中心とする面積 2,000km<sup>2</sup> の地域において行われた。Pucara 層群の中の鈹床胚胎層準の分布と、その構造とを明らかにし、本調査に引き続いて実施される 1976年8月調査の対象地域を抽出することが目的とされた。調査ルートは地質構造の方向に直交し、概ね5km間隔となるよう選定された。

調査には今回図化された縮尺 1/25,000 の地形図が用いられた。

#### (2) 地化学探査

地質調査と同時に、土壌を対象としてサンプルが採取された。サンプルは合計 2,622 個、現地において直ちに指示元素を亜鉛とし、ジチゾン法による比色分析が行われた。その結果は 1976年8月調査の精査対象地域抽出のために供された。原子吸光法による指示元素 Cu, Pb, Zn の分析は日本において実施された。

#### (3) 地形図化

南部地域の Pucara 層群が分布する地域を中心に空中写真の地形図化が行われた。

### 6-2 調査の結果

この調査によって明らかにされたことを要約すると、以下のごとくである。

- (1) 調査地域は、その中央部を占める Pucara 層群と、その西部の花崗岩類を主とする火成岩類および東部の Pucara 層群以降の新期堆積岩類により構成される。Pucara 層群中のドロストンは特に Oxapampa 以南に分布している。随所に縞状構造を伴っており、その中でも最下部のドロストン中によく発達している。
- (2) Tambo Maria 地域では、この縞状構造の中に新たな亜鉛鈹徴が見出された。また、San Roqua 地域では石灰岩中に鈹染状の鉛鈹徴が、Tambo Maria 付近の新第三紀モンゾニ岩には鈹染状銅鈹徴が見出された。

Tambo Maria 鈹徴は、San Vicente 鈹床と極めて類似した産状を示している。白色の粗粒再結晶ドロマイトと黒色の細粒ドロマイトとから成るセブラ構造の白色側に閃亜鉛鈹の粗粒結晶が認められる。ドロストンは部分的に角礫構造を伴っており、セブラ構造と同様

に白色粗粒のドロマイトで埋められている。これらは構造運動により、セグレゲートし生成されたものと考察された。

鉍染状鉍徴は花崗斑岩、石英斑岩などの貫入岩体に近接したところに位置しているが、San Vicente 鉍床の場合と同様に、母岩の変質作用は全く見出されない。Tambo Mariaおよび San Roque 鉍徴は、いずれも微弱なものである。

- (3) 地化学探査で採取されたサンプルは指示元素を亜鉛とし、ジチゾン法による比色分析が行われ、その結果により 1976 年 8 月調査の精査を必要とする地域が抽出され、この分析結果はさらに日本において原子吸光分析により再確認された。

土壌中の鉛・亜鉛元素は、それぞれ似たような挙動を示していることが明らかにされ、Pucara 層群の分布域において特に高い値のサンプルが集中していることが判明した。しかし、Tambo Maria 鉍徴付近では地化学異常を示す高い値は見出されなかった。

## 第 7 章 1976年8月調査

本調査は1976年5月調査に引き続いて行われ、北部10,000km<sup>2</sup>の範囲の予察と南部地域の259km<sup>2</sup>の範囲の精査とから成る。また、北部の空中写真撮影も実施された。

### 7-1 調査の方法

#### (1) 予 察

1975年9月調査で実施された南部地域の予察と、ほぼ同様の方法で行われた。

#### (2) 地質精査

1976年5月調査で抽出されたOxapampaの周辺の地域で行われた。調査の主目的はPucara層群の層序を解明し、中精査によって発見されたPucara層群中の新鉱徴の賦存状況を明らかにすることであった。調査は精度をより高めるため、縮尺1/25,000から1/10,000へ拡大された地形図が用いられ、ほぼ2km間隔に調査ルートを選定し、その大部分は伐採によって開かれた。

#### (3) 地化学探査

予察では前年と同様の方法で河川堆積物(310個)と、土壌(1,392個)が採取された。精査では土壌を対象として1,840個のサンプルが採取され、さらに炭酸塩岩中の金属元素の挙動を考察する目的で、岩石試料も194個採取された。

以上の試料は、予察では指示元素Cu, Zn, Niが、精査ではCu, Pb, Znが分析された。

#### (4) 空中写真撮影

予察はSLARモザイク図をベースに調査が計画された。しかし、位置確認や調査精度を高めるため、空中写真撮影がペルー共和国空軍省に依頼して実施された。予察は、この写真撮影の完了を持って実施された。

### 7-2 調査の結果

この調査によって明らかにされたことを要約すると以下のごとくである。

- (1) 北部の予察が行われた地域は、南部地域とほぼ同様の岩層分布を示し、南西側に火成岩類および変成岩類が、北東側に堆積岩類が配置されている。

火成岩類は花崗岩類と閃緑岩などの深成岩が主として分布している。花崗岩類は西部高地の地背斜構造に沿って貫入したもので、Oxapampa西方から北方に延びPozuzo西方を経てChagllia付近まで分布している。優白質中粒で、有色鉱物は少ないが時には集合体として片状組織を示すところもある。南部に比べてやや岩相変化が著しく花崗閃緑岩、閃緑斑岩、微閃緑岩などの岩相を呈するところもある。K-Ar法による年代測定の結果は208-282m.y.



であった。閃緑岩は花崗岩体の東側において Mitu 層群を貫いて分布している。K-Ar 法による年代測定の結果は 170m.y. であった。

(2) Pucara 層群は中央部において NNW-SSE 方向に帯状に分布し、下位の Mitu 層群とは不整合関係である。Pucara 層群の東側は Tingo Maria 東方から Pozuzo へ至る NNW-SSE 方向の顕著な断層で、新期堆積岩類と境されている。中部地区北部の本層群は石灰岩、ドロストンなどの炭酸塩岩類から成り、ドロストン中にはところどころにゼブラ構造の発達も認められる。Oxapampa 付近における Pucara 層群は、3-4 層のドロストンを挟在する。その最下部が San Vicente 鉱床の層準と同一層準として対比されることが、産出する化石から明らかにされた。また、この付近では NNW-SSE 方向ないし N-S 方向の軸を有する複向斜構造を呈していることが明らかにされた。

(3) 北部では鉱徴は Chaglla 付近にて火成岩に伴われた脈状銅鉱化が認められただけで Pucara 層群中の層準規制鉱床は全く見出されなかった。

南部において、ドロストン中のゼブラ構造の発達したところに位置する Tambo Maria 鉱徴は、平均幅 30cm、延長 2m の規模であることが明らかにされた。前年度の土壌による地化学探査では、この付近には Zn の高い値は全く見出されていない。岩石による地化学探査でも、この付近の Zn 含有量は極端に低い。しかし、Tambo Maria 鉱徴付近では周辺から鉱徴地に向って炭酸塩岩中の Zn 含有量は徐々に高くなる傾向がある。

このことから、鉛・亜鉛などの金属鉱物は構造運動に関連し、初生的に炭酸塩岩に含有されていたものが移動し、ゼブラ構造あるいは角礫構造へ濃集したものと解釈された。

San Roque 鉱徴は西側の火成岩沿いに分布する石灰岩、ドロストン中に認められる。変質作用は認められないので、低温性の鉱化作用により火成岩から添加されたものと考察された。

(4) 北部地域の予察における地化学探査では、南部の予察と同様の結果が得られた。すなわち、亜鉛の高い値は Pucara 層群の分布域に概ね限られている。一方、Oxapampa 地域における岩石による地化学探査では、土壌では抽出できなかった Tambo Maria 鉱徴が、その地域の炭酸塩岩中に含有される金属の平均値より低くなっているところに存在するという、金属元素の移動および濃集を示唆する形で現われ、アノマリーとして抽出された。

## 第 8 章 1977年6月調査

これまで実施された調査の結果から、南部および北部の約10ヶ所の地域が抽出され、地質調査、地化学探査、物理探査および試錐が行われた。また、調査の精度を高めるため、前年度撮影された空中写真などから地形図化が行われた。

### 8-1 調査の方法

#### (1) 地質調査

本調査は Oxapampa 地域における第2次精査と、これまで予察や中精査が実施された地域に対する補足的調査とから成る。

##### ① 地質精査(第2次)

San Roque 地域、Tambo Maria 地域などの4地域において、Pucara 層群の層序を明らかにし、鉍化帯の地質構造との関係を明白にすることを目的として実施された。調査ルートは第1次精査で踏査されなかったところに対し、調査がほぼ1km間隔となるように選定され、縮尺1/25,000の地質図が作成された。また、Tambo Maria、San Roque 両地域では、層序関係をより明確にするため縮尺1/2,500の精査が実施された。

##### ② 地質中精査

南部のHuancabamba、Rio Santa Cruz、Raymondi および北部のTingo Maria の各地域において行われた。

##### ③ 予 察

Rio Huallaga 流域、Pozuzo および Rio Oxapampa の各地域において行われた。

#### (2) 地化学探査

予察および中精査では土壌サンプルが採取された。精査では岩石中の微量成分の挙動を把握するため、岩石サンプルが採取された。これらのサンプルは、すべて現地で調整され日本で分析された。

#### (3) 物理探査

調査地域のうち、鉍床賦存の可能性が強くなった Oxapampa 地域が抽出され、Pucara 層群を含む地下構造を解明するための重力探査と、層準規制鉍床に対する電気探査の適応性を検討するための短電極間隔法によるIP法電気探査が実施された。

重力探査は Oxapampa を中心に面積400km<sup>2</sup>の地域において、ルート延長およそ1kmにつき1点の概査と、同じく2点の精査とが行われた。測点は主要道路、山道および山岳地に配置された。それらの水準測量は自動レベル(幹線)と、精密高度計(山岳地)により実施された。

重力測定には La Coste & Romberg 重力計2台が使用され、1日1回の閉塞観測が実施され

た。短電極間隔によるIP法電気探査は、San Vicente、Tambo Mariaなどの鉱徴地を中心に16点が選ばれて測定された。

#### (4) 試 錐

以上の調査に加えて、Pucara 層群の層序ならびに鉱床に関するより正確な情報を得るため、San Roque 地域の4地点が選定され実施された。試錐機は TGM-2C機および TBS 機の2台が使用された。

#### (5) 地形図化

北部地域のうち、Pucara 層群が分布する地域を中心に 3,400 km<sup>2</sup> の地域の地形図化が、地質調査に先立ち実施された。

### 8-2 調査の結果

この調査によって明らかにされたことを要約すると以下のごとくである。

- (1) 重力探査が行われた Oxapampa 地域の重力傾向は、NNW-SSE系の走向を有し、広域的な地質構造の方向に一致している。本地域では Mitu 層群および Pucara 層群が概ねその高重力異常とに対応される (Fig. 6)。

Pucara 層群の中でもドロストン、石灰岩および砂岩が卓越するところで、それぞれ差異があり、ドロストンの卓越する付近は顕著な高重力異常として明瞭に示されるようである。これに対し、Pucara 層群以降の堆積岩類は低重力異常を示している。地下における密度の不連続線として、N-S方向ないし NNW-SSE方向が推察されたが、地質調査で考察される断層とはほぼ一致している。さらに、Oxapampa 西方から Tambo Maria 付近まで、ほぼ N-S方向に連続する。幅 2-5 km の高密度帯が把握されたが、走行 NNW、傾斜 SW の Pucara 層群のドロストン (厚さ約 400 m) の分布と一致している。Pusagno 付近 (1977 年報告書の物理探査の項では Maria Tereza としている) には、N-S 方向の低密度帯があるが、西側に分布する花崗岩類が、その東方の Pucara 層群の下部に貫入していることを示しているものと見られる。San Roque 付近では南方から連続的に追跡される高密度帯は中断されており、基盤が他の地域に比べてやや浅いところに存在していると推察される。

本地域の層準規制鉛・亜鉛鉱床は、ドロストンと密接な関係を有して胚胎されている。従って、以上のようにドロストン層が高密度帯として把握できたことは、このタイプの鉱床に対する重力探査の適用性のあることを示しているものと見られる。

- (2) 短電極間隔法による電気探査では、San Vicente 鉱床や San Roque 鉱徴などの鉛・亜鉛鉱徴で測定が行われ、測定結果のモデル計算が行われた。見掛比抵抗、見掛 F.E. の示徴は小さく、この種の鉱床に対する IP 法の適用性は殆んどないことが判明した。

(3) San Roque 地域でPucara層群の層序を知る目的の試錐が4ヶ所で行われた。  
(Fig.7(1))。

No 5 2-1 孔では170 mまで厚いドロストンが確認された。このうち、115.25-140.70 m間には、閃亜鉛鉱および方鉛鉱の鉱染が認められた。これら金属鉱物はドロストン中に含有される化石類を交代し、また石英、方解石細脈に伴われて認められた。その中でも、130 m 付近では7.7 m にわたり平均品位Pb 0.24%, Zn 1.1%を示し、129.35-130.35 m間(1.0 m)はZn 4.9%であった。

No 5 2-2 孔はMitu 層群に属する火山性角礫岩-礫岩であった。

No 5 2-3 孔は石灰岩および泥質石灰岩の互層であった。硫化鉱物として方鉛鉱が100 m 付近をはじめ、孔底付近まで鉱染状に認められた。閃亜鉛鉱は肉眼では認められないが、化学分析によって150 m から200 m までの間に、ややZn の高い層準が認められた。鏡下の観察では閃亜鉛鉱は、石灰岩を構成する方解石の粒間を埋めるように粒状、他形(5-20  $\mu$ )で認められた。

No 5 2-4 孔も石灰岩と泥質石灰岩との互層であったが、硫化鉱物は肉眼では認められず化学分析では50 m および125 m 付近において、Zn のやや高い層準が認められた。

(4) 本年度行われた地質調査および試錐などにより、調査地域のPucara層群は6部層に分けて考察が試みられた。それらは、下部から第I-VI層と呼称された。ドロストンは第I, III, VI層のものが主要であり、第V層にも挟在される。このうち、Oxapampa からTambo Maria にかけて分布する第III層のドロストンは、調査地域内で最大規模を有し、NNW-SSE 方向を軸とする複背斜構造を示していて、西側の火成岩沿いにも分布している。しかし、ここではドロストンの発達は弱く、その岩相は変化に富むようである。また、San Roque 地域には新たに試錐などにより、約170 m の厚さを有する泥質ドロストンの分布が確認された。

本層は、Oxapampa 以南に分布するドロストンの上位に位置しており、北部Tingo Maria Chagilla 地域に分布する第VI層のドロストンと同一層準に対比された。第V層のドロストンは、いずれも小規模で局所的な分布にしか過ぎない。

ドロストン中のゼブラ構造は第III層において最も顕著であり、Tambo Maria 地域では厚さ最大150 m, 延長2.5 km に達する。

(5) San Roque 付近ではNo 5 2-2 孔および、その試錐座付近にてこれまでの調査では発見できなかったMitu 層群がPucara層群中に分布していることが確認された。この付近ではNNW-SSE方向ないしN-S方向の断層が顕著に発達している。Pucara 層群の下位のMitu 層群は、この断層活動に伴い挟み込まれて露出している。

(6) San Roque 付近のドロストンおよび石灰岩は、試錐によって泥質相、砂質相などの碎屑



岩相を挟み岩層変化の著しいことが判明した。

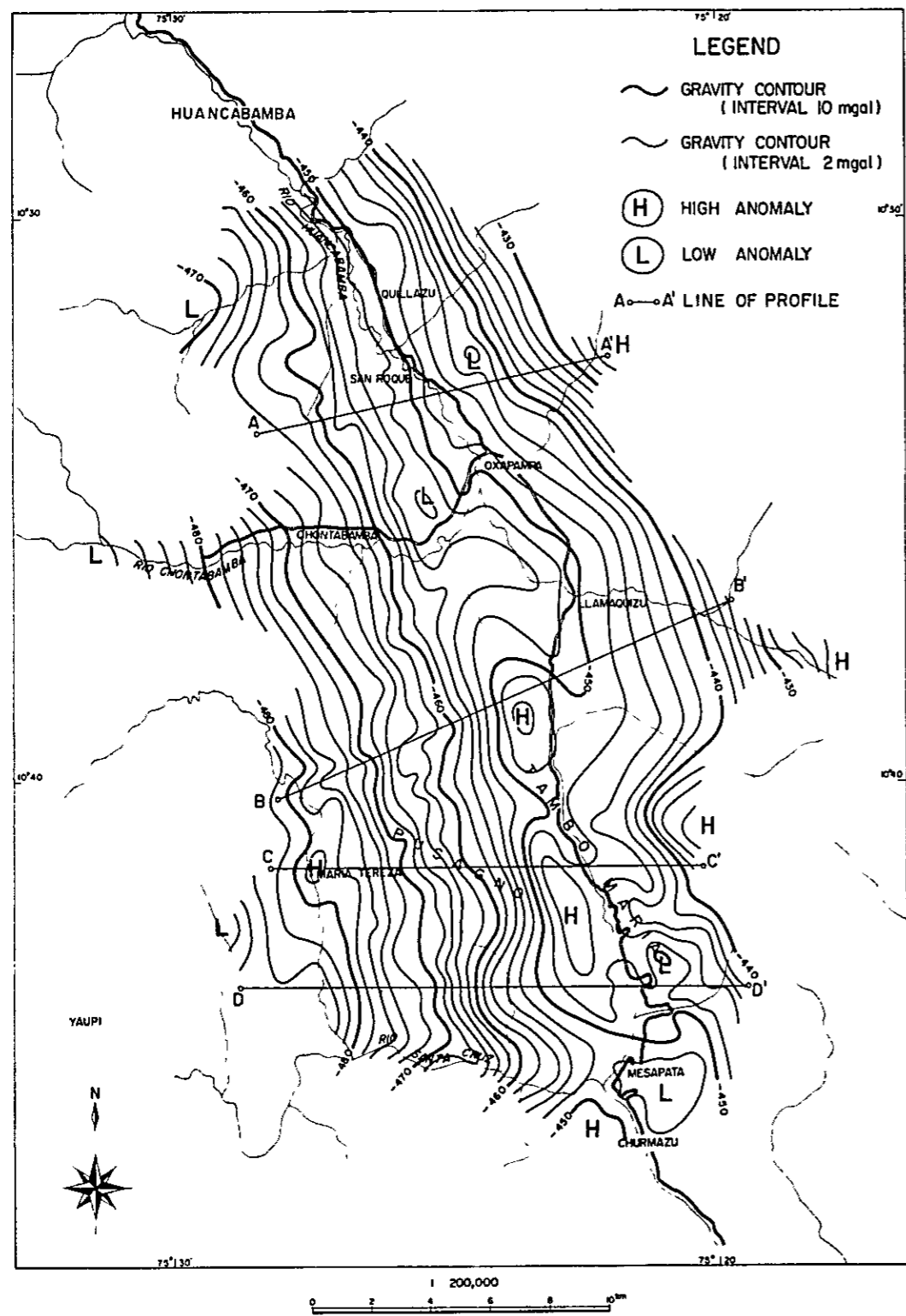
岩相と含有される鉛・亜鉛との関係を見ると、高い含有量を有する層準はドロストン、石灰岩に拘らず、泥質-砂質などの碎屑質岩層の中あるいはその上に位置している。また、閃亜鉛鉱は石灰岩中では通常、微粒状、他形（ $5-20\mu$ ）で散見されるが、石灰岩中の再結晶方解石やドロストン中の石英方解石脈では中-粗粒・自形となり、肉眼で認められる粒度のものもある。また、低温生成であることを示すフランボイダル黄鉄鉱も顕著に認められる。

これらから、硫化物は有機物を伴う碎屑物質の存在する還元環境で微粒状、他形で沈澱し、母岩の結晶成長とともに硫化物も成長しているものと考察された。

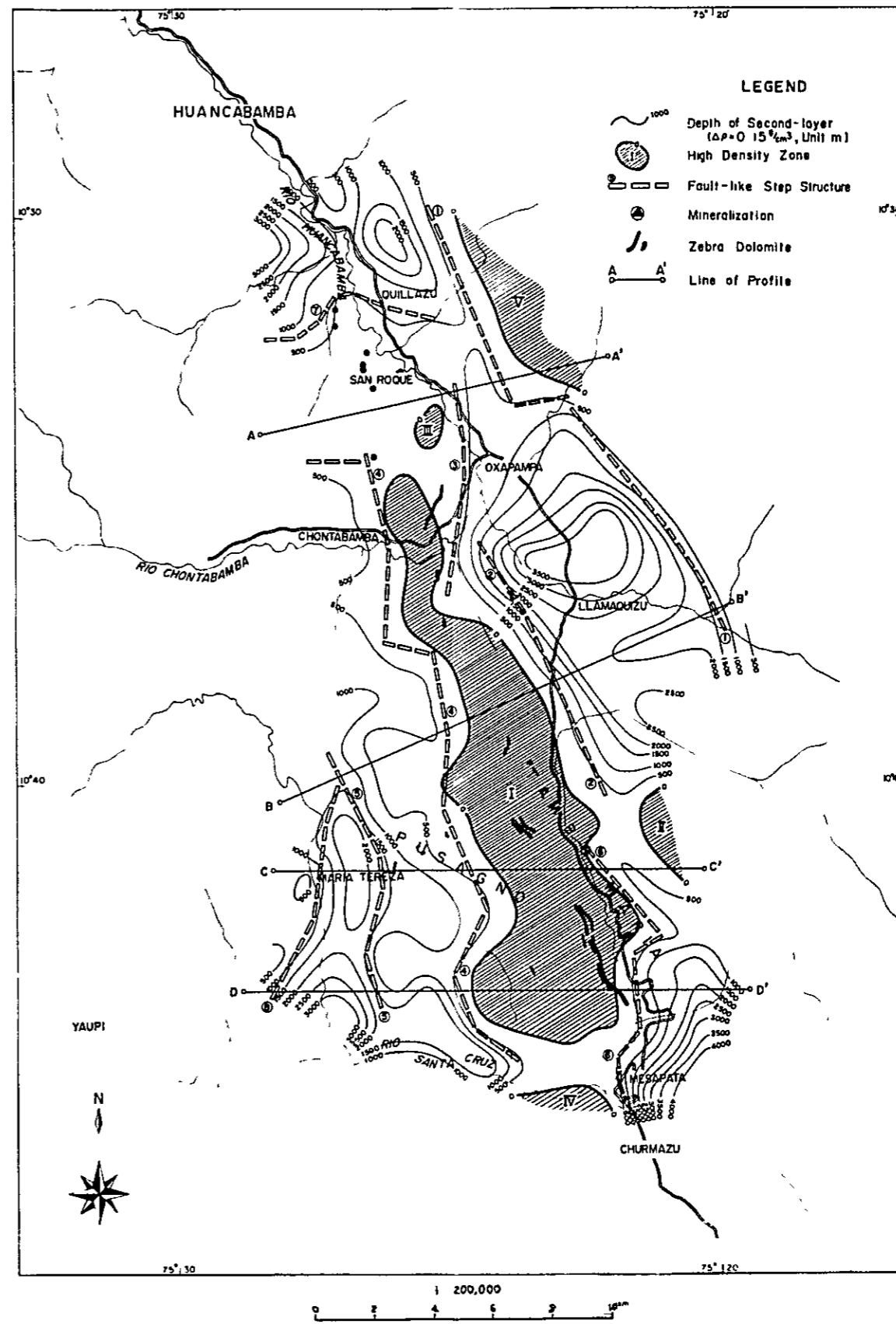
- (7) 炭酸塩岩類が含有する鉛・亜鉛値は、平均 Pb 50 ppm, Zn 60 ppm である。火成岩に近接したところでは高く (Pb 88 ppm, Zn 217 ppm)、第Ⅲ層ドロストン沿いでは低い (Pb 31 ppm, Zn 23 ppm)。特に、セブラ構造の発達するところでは Zn 10 ppm 前後である。火成岩に接近した San Roque 地域では、ドロストンのみならず石灰岩中にも Pb, Zn の高い値が分布しており、その中に鉛・亜鉛鉱微が見出されている。しかし、鉛・亜鉛 anomalies は、一般的な火成岩側に亜鉛が高いという関係はなく、むしろ逆の関係が認められる。

この anomalies の関係から、石灰岩堆積の際、沈澱した鉛・亜鉛がその後の続成作用および火成岩の貫入により再編成されたものであることが考察された。第Ⅲ層ドロストンの発達する Tambo Maria 地域では、Pb, Zn ともに含有量は低い。ドロストン中のセブラ構造の発達する範囲にはほぼ一致して、延長約 10 km において Pb 値より Zn 値が低くなっている。

一方、その外側では Zn は Pb 値より高い。Tambo Maria 鉱微は Zn 値が Pb 値より低い範囲内に認められた。このことは、セブラ構造の形成に伴い炭酸塩岩に含有される亜鉛元素が、セブラ構造中に濃集された一つの証拠といえよう。



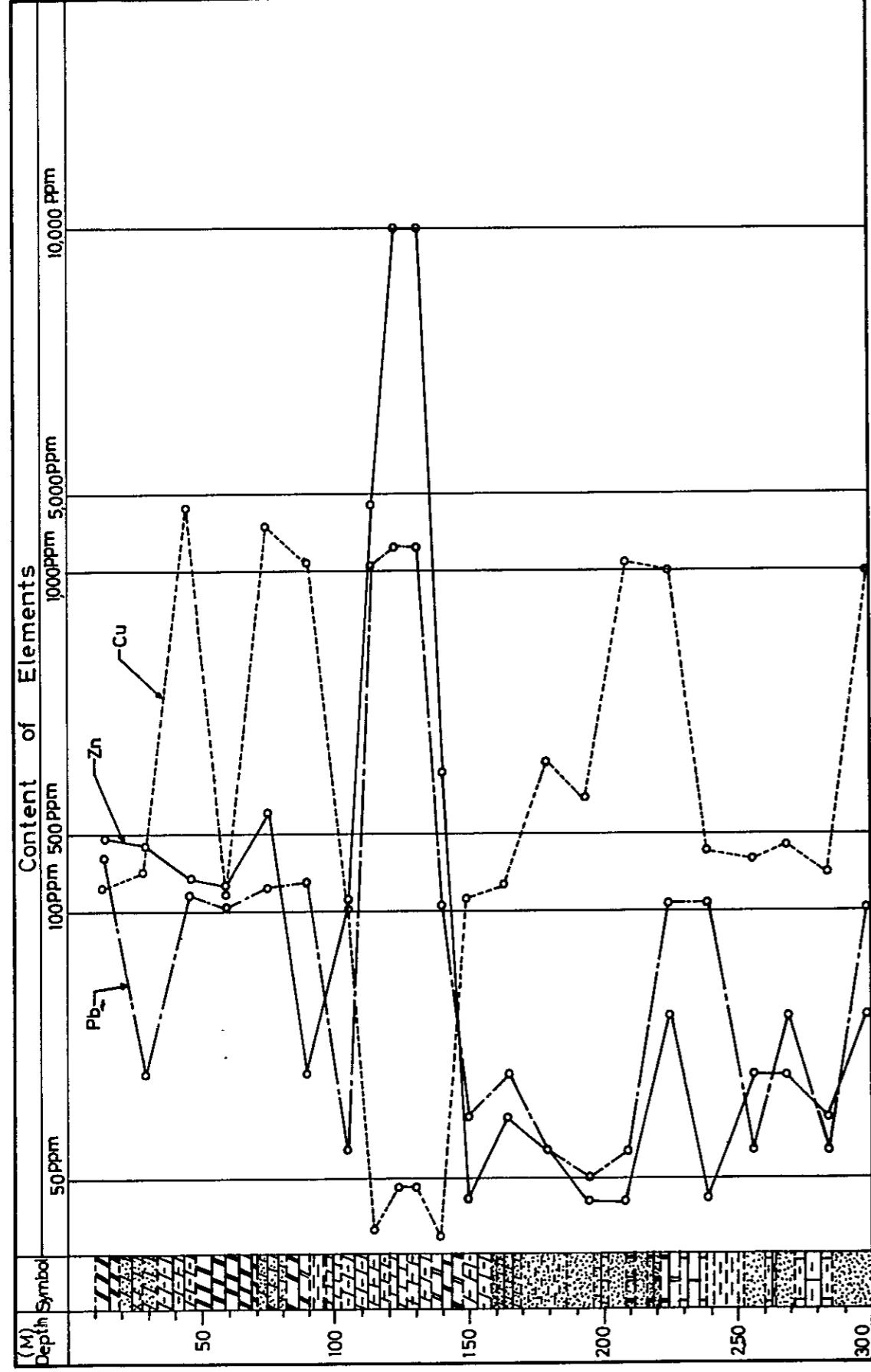
Bouguer Anomaly ( $\rho = 2.67$ )



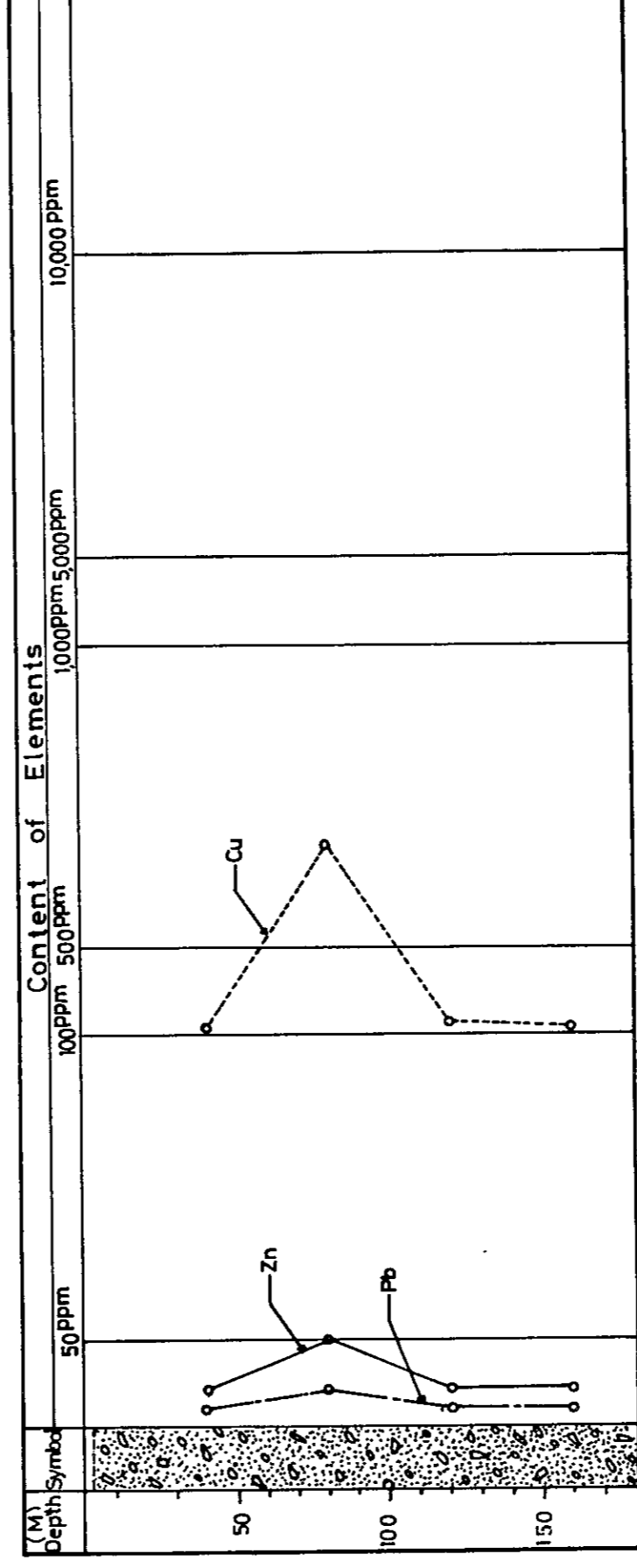
Underground Structure

Fig.6 RESULTS OF GRAVITY SURVEY

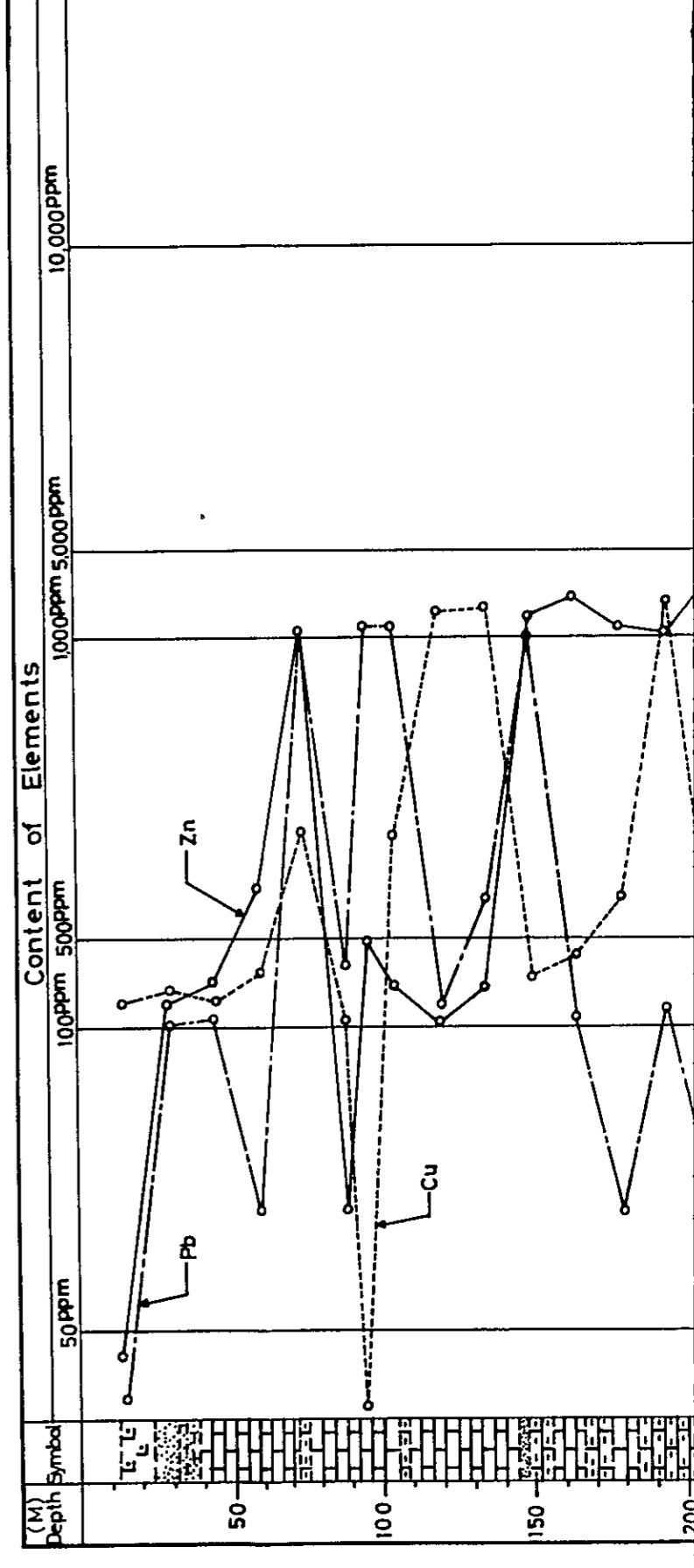
No. 52-1



No. 52-2

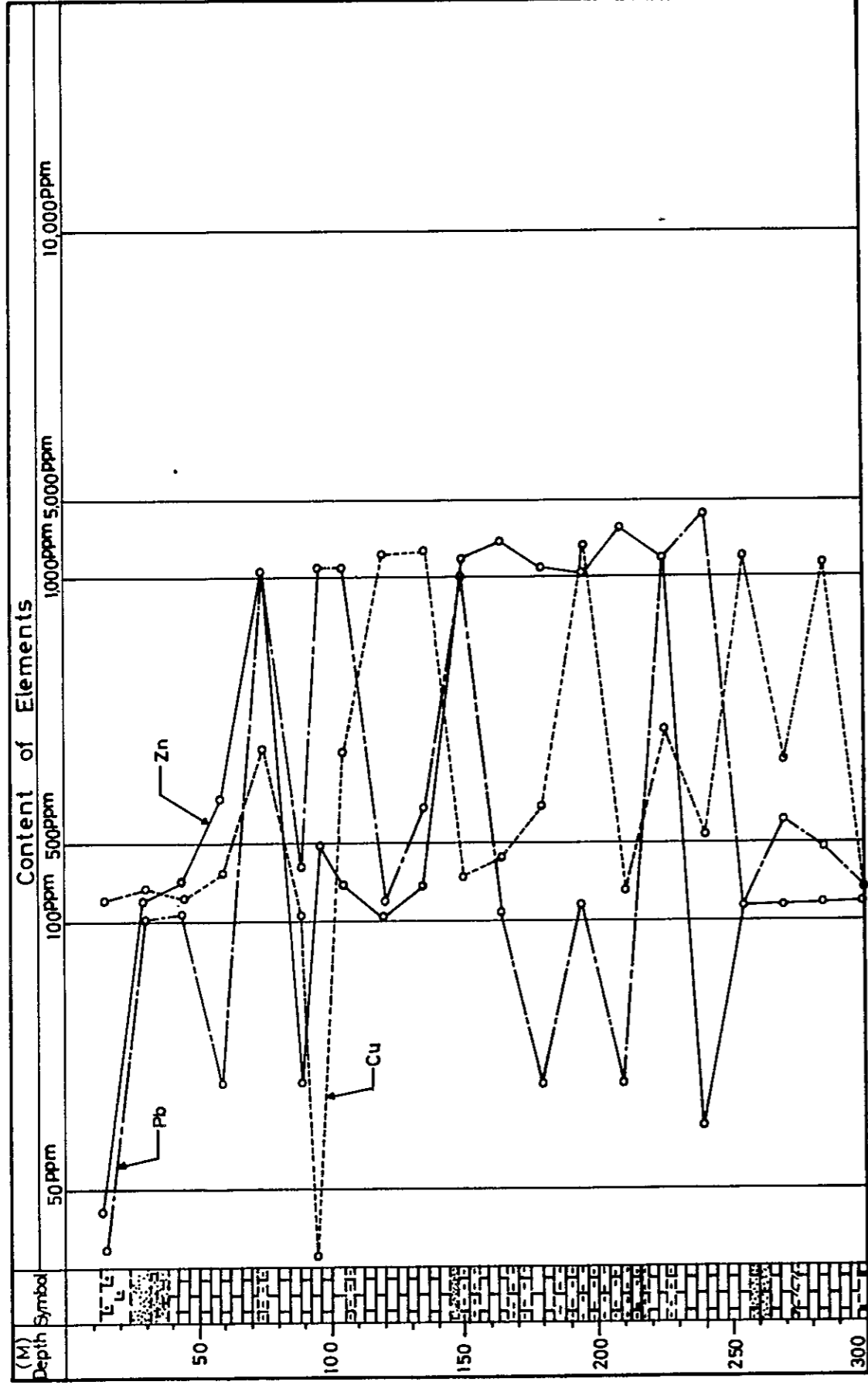


No. 52-3

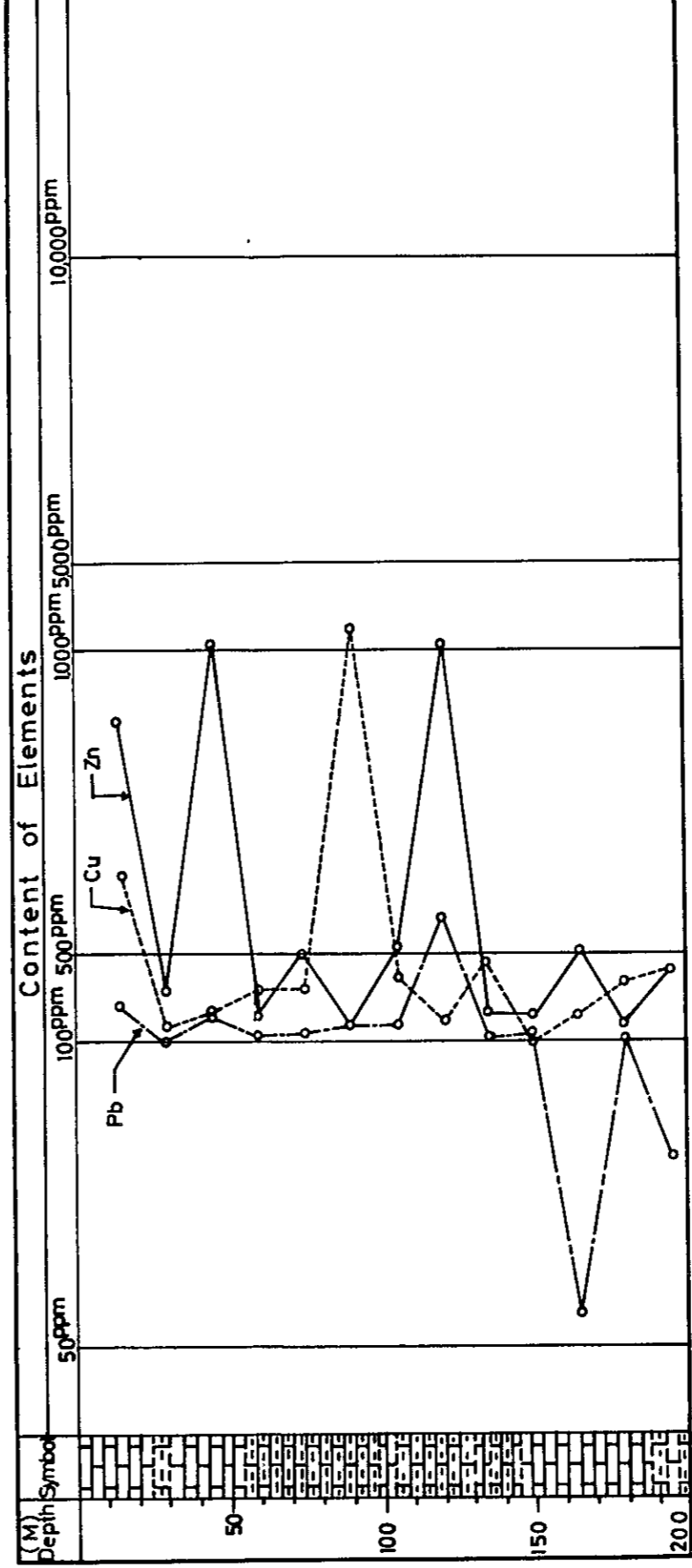




### No. 52-3



### No. 52-4



#### Geological Index

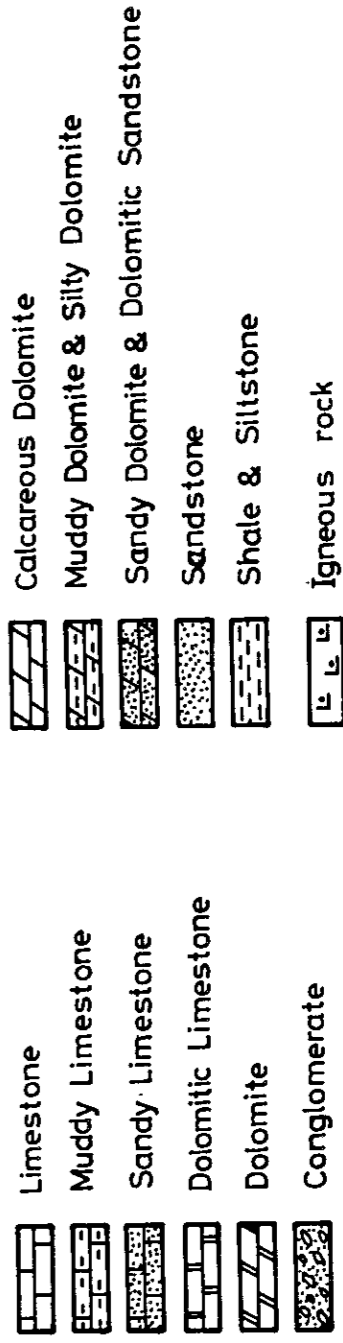


Fig.7 (1) Results of diamond drilling in 1977.

## 第 9 章 1978年5月調査

本年度の調査は南部の San Roque, Tambo Maria 両地域と、北部の Chaglla 地域とにおいて、地質調査、地化学探査および試錐が行われた。

### 9-1 調査の方法

#### (1) 地質精査(第3次)

San Roque および Tambo Maria 地域の第3次精査は、鉛・亜鉛鉱床の胚胎層準や、その層準規制を明確にし、生成機構を考察することを目的として行われた。このため、総延長 5,626 m のトレンチが実施された。トレンチでは Pucara 層群の層序と構造がより明白となり、また地化学探査のアノマリーと鉱化帯との関係が把握できる位置が選定された。作業はすべて人力によって行われた。トレンチの地質は縮尺 1/500 でスケッチされ、補足的に行われた地質調査の結果とともに解析に供された。

一方、北部ではこれまでの南部地域と同一の方法で調査が行われ、鉱床賦存の可能性が検討された。調査ルートは主要構造と直交するように総延長 5.3 km が選ばれた。

#### (2) 地化学探査

炭酸塩岩類を対象として合計 404 個のサンプルが採取された。サンプルは現地で調整され、指示元素 Cu, Pb, Zn の分析および Sr, Ba などの微量成分の分析はすべて日本で行われた。

#### (3) 試錐

San Roque および Tambo Maria 地域にて、Pucara 層群の層序関係をより明白にできる位置 3ヶ所が選定され試錐が実施された。

### 9-2 調査の結果

この調査によって明らかにされたことを要約すると以下のごとくである。

#### (1) 試錐の結果

San Roque 地域、Tambo Maria 地域で Pucara 層群の層序と鉱床胚胎層準とに関する情報を得るため、3本の試錐が実施された (Fig.7(2))。

Nº 53-MJ1 孔は、すべてドロストンであることが確認され、ゼブラ構造、角礫化ドロストンも認められた。鉱徴は極めて乏しく鉛・亜鉛の分析値も 20 ppm 前後である。

Nº 53-MJ2 孔は 181.2 m まで細粒-中粒結晶質ドロストンであり、一部に砂質-泥質ドロストン、ゼブラ構造を挟在する。181.2 m 以降はアンモナイトの化石を含む黒色泥質石灰岩と石灰質シルト岩との互層である。鉱徴は 105 m および 135 m 付近で微弱な黄鉄鉱が、190-191 m で多量に濃集した黄鉄鉱が認められた。また、190.6 m では亜鉛の分析値は

19,080 ppm を示し、粒径 20-50  $\mu$  の閃亜鉛鉱が鏡下で認められた。

№53 - MJ3 孔は細粒-中粒結晶質石灰岩と砂質-泥質石灰岩とから構成されている。160m 付近までは腕足類、うに類、石灰藻などの化石に富む。58.75m, 71.1m, 84.3m および 123.1m に方鉛鉱の鉱徴が認められたが、鉛の分析値はどれも小さく、600 ppm 前後であった。

№53 - MJ1 孔および№53 - MJ2 孔は、すべて Pucara 層群第Ⅲ層に対比され、№53 - MJ3 孔は同層群第Ⅵ層に対比される。

## (2) Pucara 層群の層序

Pucara 層群は、これまでの調査によって6層に分けられ、第Ⅰ-Ⅵ層と呼ばれてきた。しかし、San Roque 地域の試錐および Chaglla 地域の地質調査などによる層序および化石の対比により、5層に分けられるべきであることが判明した。Chaglla 地域で第Ⅳ-Ⅴ層に対比された層準は、示準化石の発見により第Ⅲ-Ⅴ層に細分された。

第Ⅲ層のドロストン、石灰岩は Tambo Maria 地域や San Vicente 地域の鉱床層準に対比されることがすでに明らかにされている(第7章参照)。San Roque 地域のドロストンは第Ⅴ層に対比された。以上のように本層群はドロストン-石灰岩を主とする3部層と泥質-砂質石灰岩を主とする2部層とに分けられることが明らかにされた (Fig.8)。

また、以下のことが考察された。

- ① 第Ⅰ層は三疊紀上部に相当し、標式地 Chambara 累層に対比される。
- ② 第Ⅱ層はジュラ紀下部-中部に相当し、標式地の Aramachay 累層の下部に対比される。
- ③ 第Ⅲ層以上はジュラ紀下部-中部に相当し、標式地の Aramachay 累層上部および Condorsinga 累層に対比されるが、両累層の境界はまだ明確ではない。
- ④ Pucara 層群の層厚は北部約 1,900m, 南部約 2,450m である。

## (3) ドロストンの産状

ドロストンは第Ⅰ, Ⅲおよび第Ⅴ層に主要なものが分布し、このうち第Ⅲ層と第Ⅴ層のものが顕著である。第Ⅲ層のドロストンは San Vicente 地域では、石灰質砂岩、石灰質泥岩などの薄層と互層をなしているが、そのほかの地域ではほぼ均質である。これに対し、San Roque 地域の第Ⅴ層ドロストンは泥質である。

また、第Ⅲ層ドロストンは概ね結晶質で、再結晶作用による結晶の成長と純化が認められる。硫化物もドロマイトとともに結晶成長している。これに対し、第Ⅴ層ドロストンは微晶質で浅海棲貝化石および碎屑性石英、玉髓質石英、粘土質物質などを含有している。硫化物としては単に少量の微球状黄鉄鉱および閃亜鉛鉱が鏡下で認められるに過ぎないが、ドロマイトの結晶粒が大きくなるに従い、肉眼で認められる大きさに成長している。

マグネシウム（以下Mg）10%以上を含有するドロストーンには、泥サイズ（0.01mm以下）の粒子から再結晶により粗大結晶化したドロマイトが含まれている。すなわち、それらの間にはMg成分の差異はなく、単に結晶度に差異があるだけである。従って、FRIEDMAN（1967）が述べるように、準同時的に堆積し再結晶作用によって粗大化したものと考察される。

#### （4）Pucara層群の堆積環境

調査地域の炭酸塩岩に含有されるストロンチウムは、第Ⅱ層の泥-砂質石灰岩を除き10-390ppmである。このことから、炭酸塩岩類の大部分はCHESTER（1965）らにより説明されているような、浅海性礫性環境に堆積したものであることが考察される。

硫酸バリウムは600-3,000ppm含有されており、CHESTER（1965）が示す礫性環境の値から極端に高く、一部2%に達するサンプルもある。また、石膏がSan Vicente地域およびPusagno地域で発見されている。濃集した硫酸バリウムおよび石膏の存在は、炭酸塩岩類が蒸発性の強い環境で生成されたことを示している。

#### （5）Mitu層群を基盤としたバックリーフ環境

Mitu層群はSan Roque地域におけるトレンチにより、Pucara層群の走向とほぼ平行に幅100-400mで分布していることが明らかになり、さらに、その南方約30kmのPusagno地域にも分布していることが、1977年の調査で明らかにされている。

地質構造的に見ると、調査地域の西部高地、東部アンデス山脈沿いに大きな地背斜運動が、NNW-SSE方向を軸として起っている。San Roque地域のMitu層群は、地背斜構造の東縁から1-5kmの間隔を保ちながら、Pucara層群と断層関係で地塁状に存在している。起源的には地背斜運動に関連した潜在的火成岩の押し上げにより、隆起したものと考察される。その結果として、Pucara層群の堆積盆は二分され、Mitu層群は堡礁のベースとして堆積環境に変化を与える効果をもたらしたものと解釈される。すなわち、ドロマイトが生成されるために必要なバックリーフ環境を形成するのに重要な役割を果たしたものと見える。

San Vicente地域の東側にもMitu層群が分布しており、San Roque地域の第V層の場合と同様の堆積環境を有しているものと見られる。

#### （6）ドロマイトの生成

調査地域のドロストーン中に初生的なドロミクライトが確認され、その生成条件としての閉塞性の強いバックリーフ環境が考察された。従って、ドロマイトはFRIEDMAN（1967）らにより説明されているように、

- ① カルシウムを含む海水からのアラゴナイト、低Mg方解石の沈澱
- ② 海水の蒸発作用により生じたMgを含む高濃度塩水による高Mg方解石、プロトドロマイトへの置換

### ③ 続成作用によるドロマイトへの転移および交代

のプロセスにより生成されたものと解釈される。

#### (7) ゼブラ構造の形成

ドロストン中のゼブラ構造は、構造運動により生じた空隙にセグレートし、生成されたものと推察されてきた。しかし、ゼブラ構造は必ずしも地質構造と調和的ではない。ドロマイト化作用において、すなわち炭酸カルシウムがドロマイトに転移する時、最大12-13%の割合で空隙が生ずることが CHILINGAR (1967) らによって報告されている。この空隙は圧密作用によって閉塞されない限り、高濃度塩水の通路となり、連鎖的ドロマイト化作用を進めると同時に拡大して行ったものと見られる。そして、空隙が層理面とほぼ平行に連続的に拡がり、ドロマイトの粗大結晶が晶出したことによりゼブラ構造は形成されたものと解釈される。

なお、ゼブラ構造の黒色部もドロマイトであるが、そのドロマイト化は白色部粗大結晶の生成よりやや遅れ、吸蔵塩水によって行われたものと推察される。

#### (8) 岩石による地化学アノマリー

炭酸塩岩類を対象とした地化学探査により、高い値を有する San Roque 型アノマリーと、低い値を有する Tambo Maria 型アノマリーとの二つのタイプのアノマリーの存在することは、すでに明らかにされている(第8章 Fig.3(1), (2))。ドロストンが分布し、割れ目充填型鉛・亜鉛鉱床が発見された San Roque 北部ではその拡りは小規模である。これに対し、鉱染型鉛・亜鉛を伴う石灰岩を主とする南部では大規模である。この付近ではドロマイト化が弱い。

すなわち、母岩との関係、換言すれば石灰岩であるかドロストンであるかによって、アノマリーの拡りに差異を生じていることが明瞭である。ドロストンは続成期にドロマイト化作用により生成されたものである。従って、金属元素のドロマイト化作用に伴う移動が地化学アノマリーに現われているものと考察される。Tambo Maria 型アノマリーは大部分がドロストンに沿って分布しており、Tambo Maria 鉱床はドロストンのゼブラ構造の中に胚胎されている。このタイプのアノマリーもゼブラ構造の形成に伴う移動のあったことを示している。

#### (9) 鉱石の生成機構

調査地域の層準規制鉛・亜鉛鉱床の周辺には、火成活動に原因した変質作用は認められず、海底火山活動を示す火山性物質の挟在も全く認められていない。このため、鉱石鉱物は海底火山活動を含む火成活動に関連して供給されたものではなく、調査地域の主として西側に露出する Mitu 層群などの古期岩類に含有される金属元素が塩または錯塩として供給されたことによるものと考察される。

堆積盆に流入した金属塩類は、有機腐泥物質、硫酸バクテリア、メタンガスおよび炭酸ガス



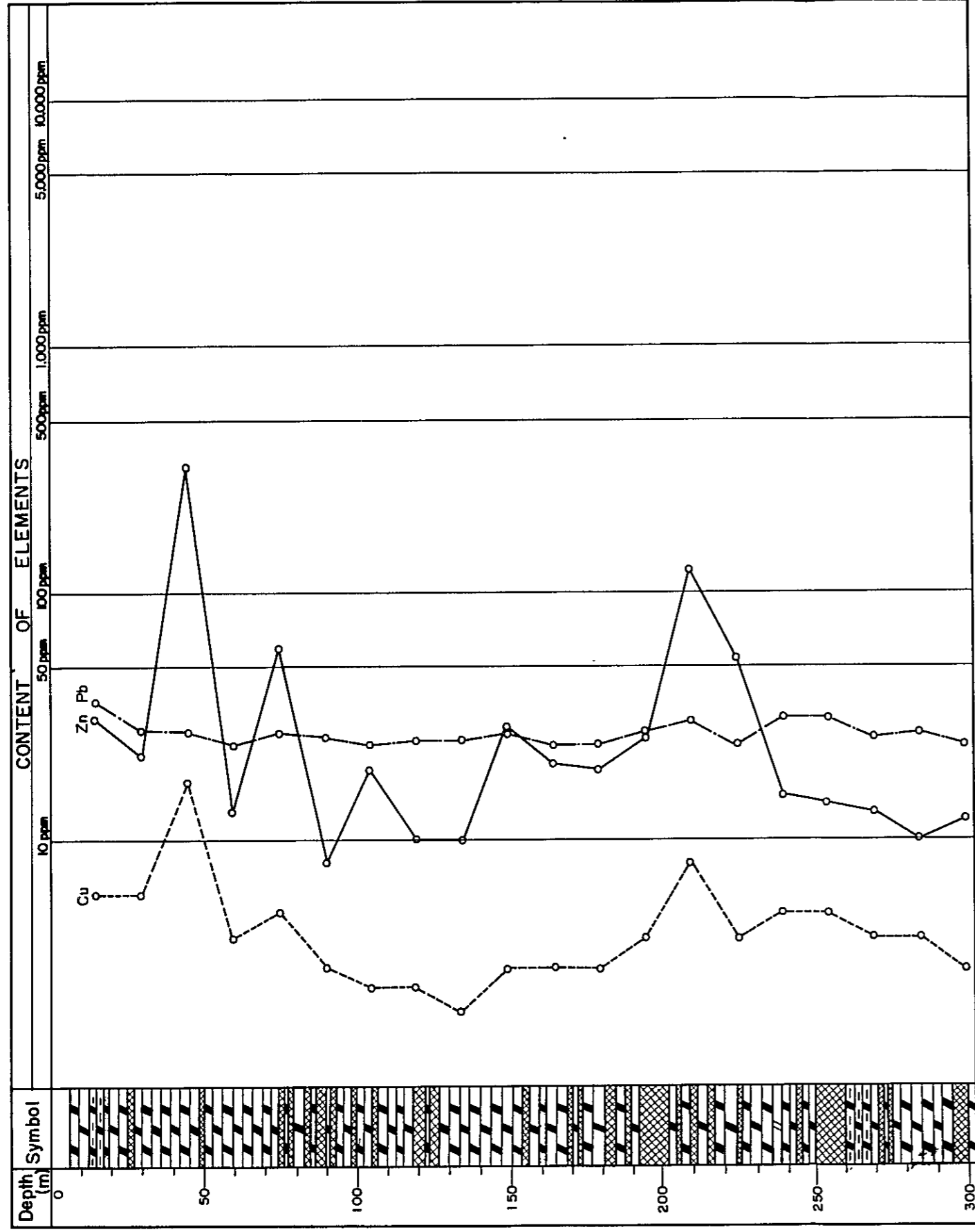
などの存在する弱酸性から中性の場合において、初生硫化物として炭酸塩類と同時に沈澱したと考えられる。

本地域の層準規制鉛・亜鉛鉱床はその産状から鉱染型、割れ目充填型および縞状型に分類される (Fig.9)。それぞれの亜鉛含有量は数 100 - 数 1,000 ppm, 3 - 4 %, 10 - 20 % であり、縞状型が最も濃集している。

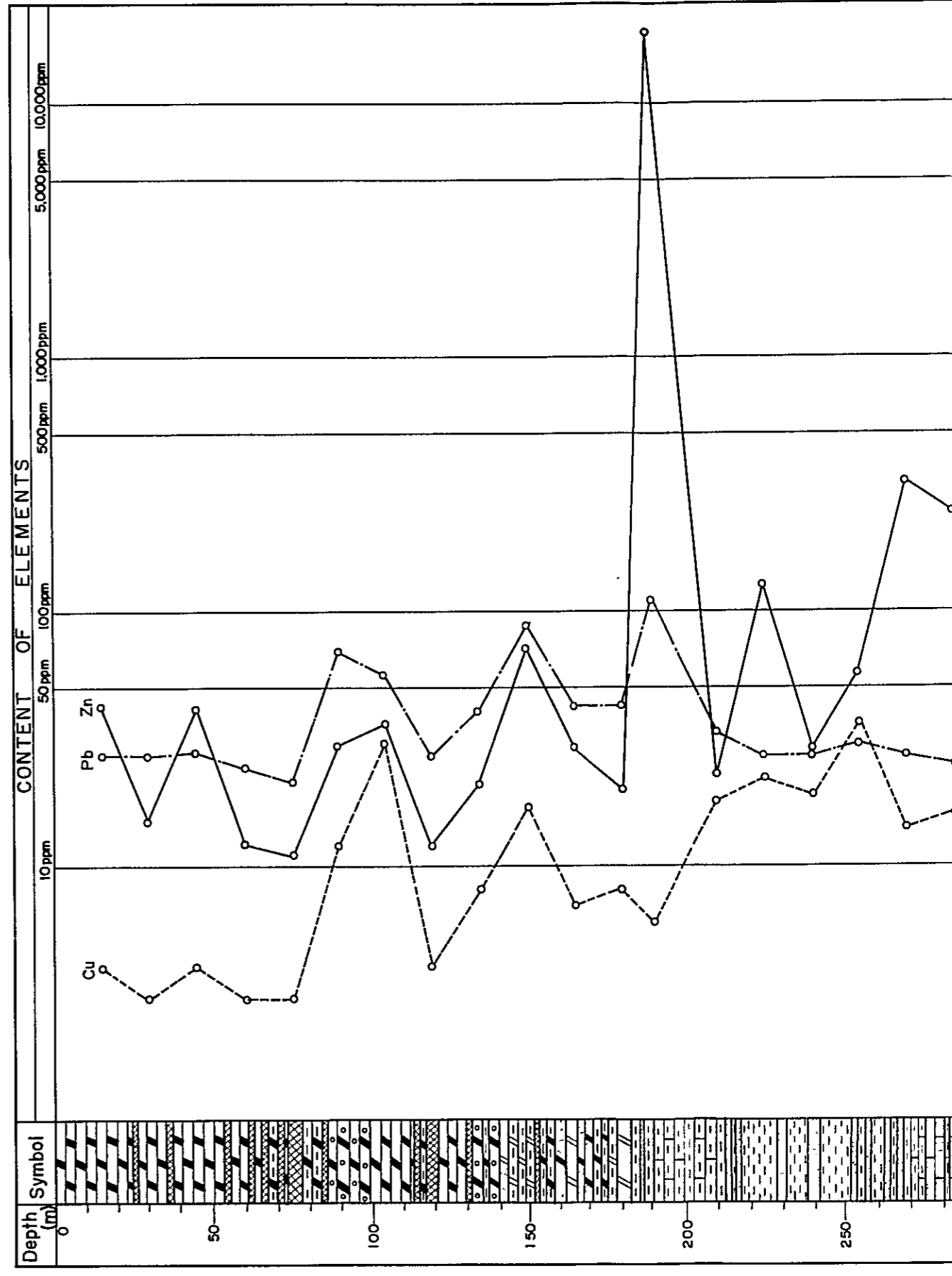
一方、地化学探査の結果により、初生硫化物の移動濃集の有無がアノマリーに反映すると考察された。また、検鏡によりドロストンにおけるドロミクライトから粗大結晶ドロマイイトへの結晶成長に伴い、硫化物も集合しあるいは成長していることも明らかにされた。

ドロマイイト化作用において、すなわちアラゴナイト、含 Mg 方解石がドロマイイトへ転移する過程で、空隙率の増加が知られている。硫化物はその空隙を通じて高濃度塩水により運搬され、濃集したと考えられる。空隙を作るのに最も良い条件を持っていたところが、ドロマイイトの結晶成長の始る面であり、割れ目充填型の濃集部が形成されたものと考えられる。縞状型鉱床はこのようなプロセスの連続的なものと見られる。すなわち、硫化物は圧密作用による排出された高濃度塩水により、連続的にゼブラ構造を形成するような空隙に運搬集積され、結晶の粗大化、縞状鉱の形成が行われたものと見られる。

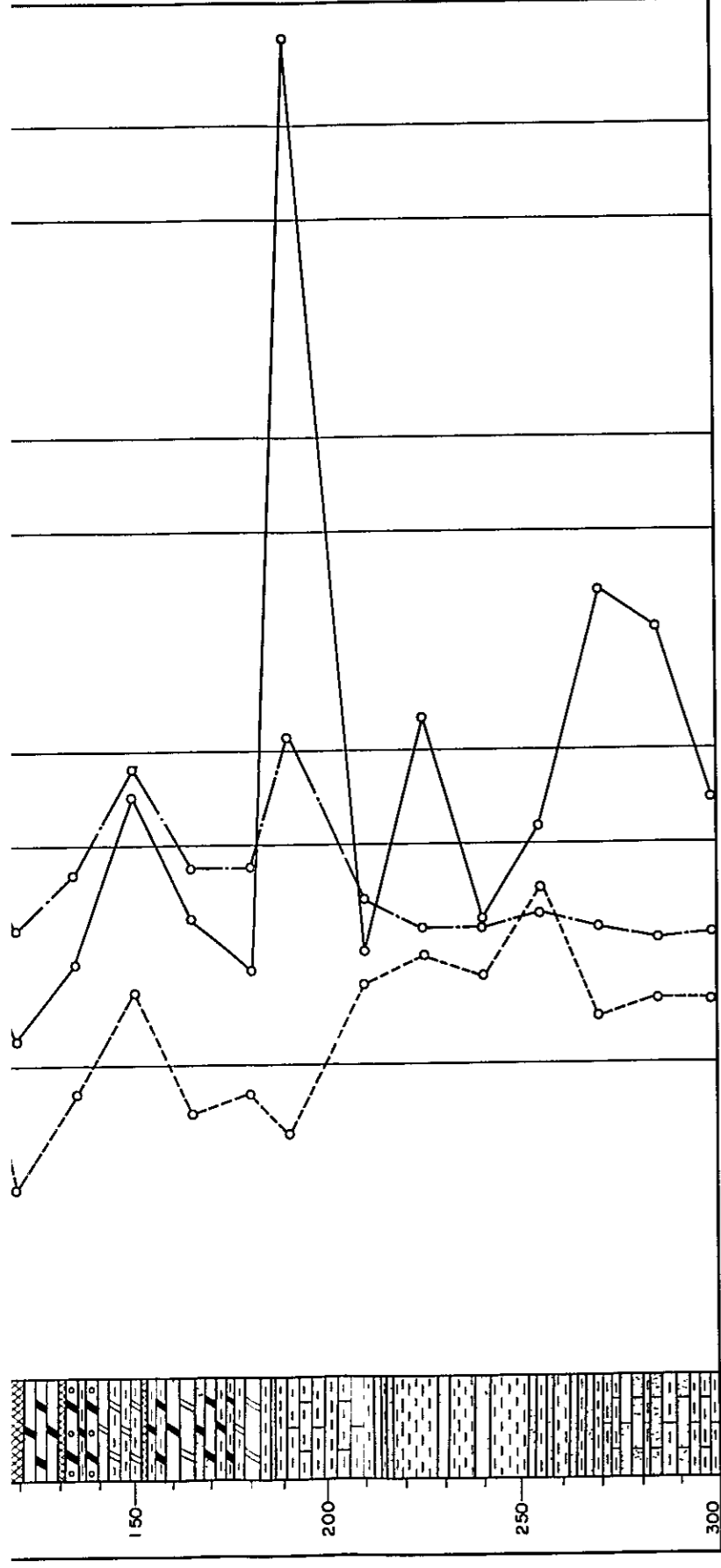
No. 53-- MJ 1



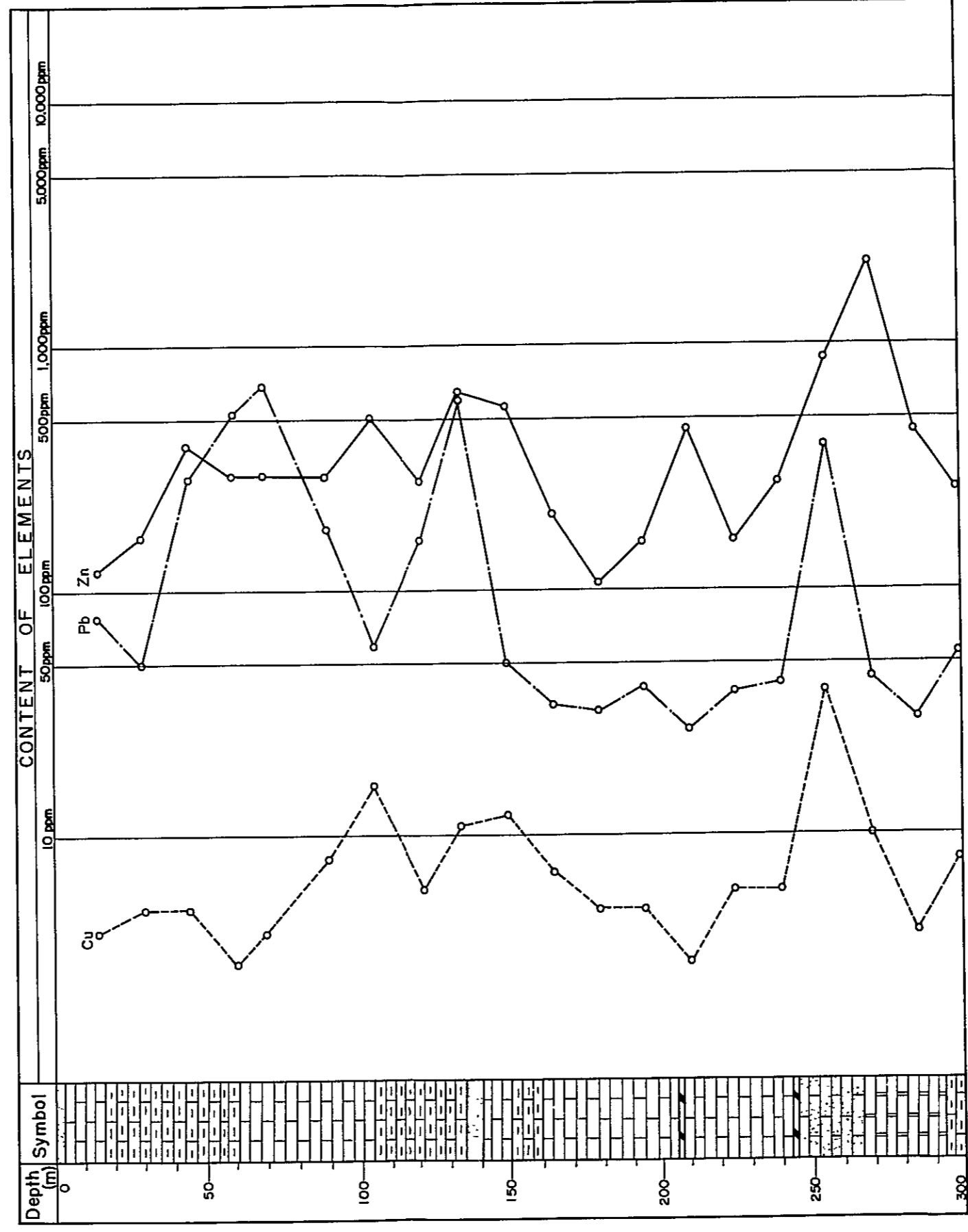
No. 53-- MJ 2







**No. 53 - MJ 3**



**Fig.7 (2) Results of diamond drilling in 1978 .**

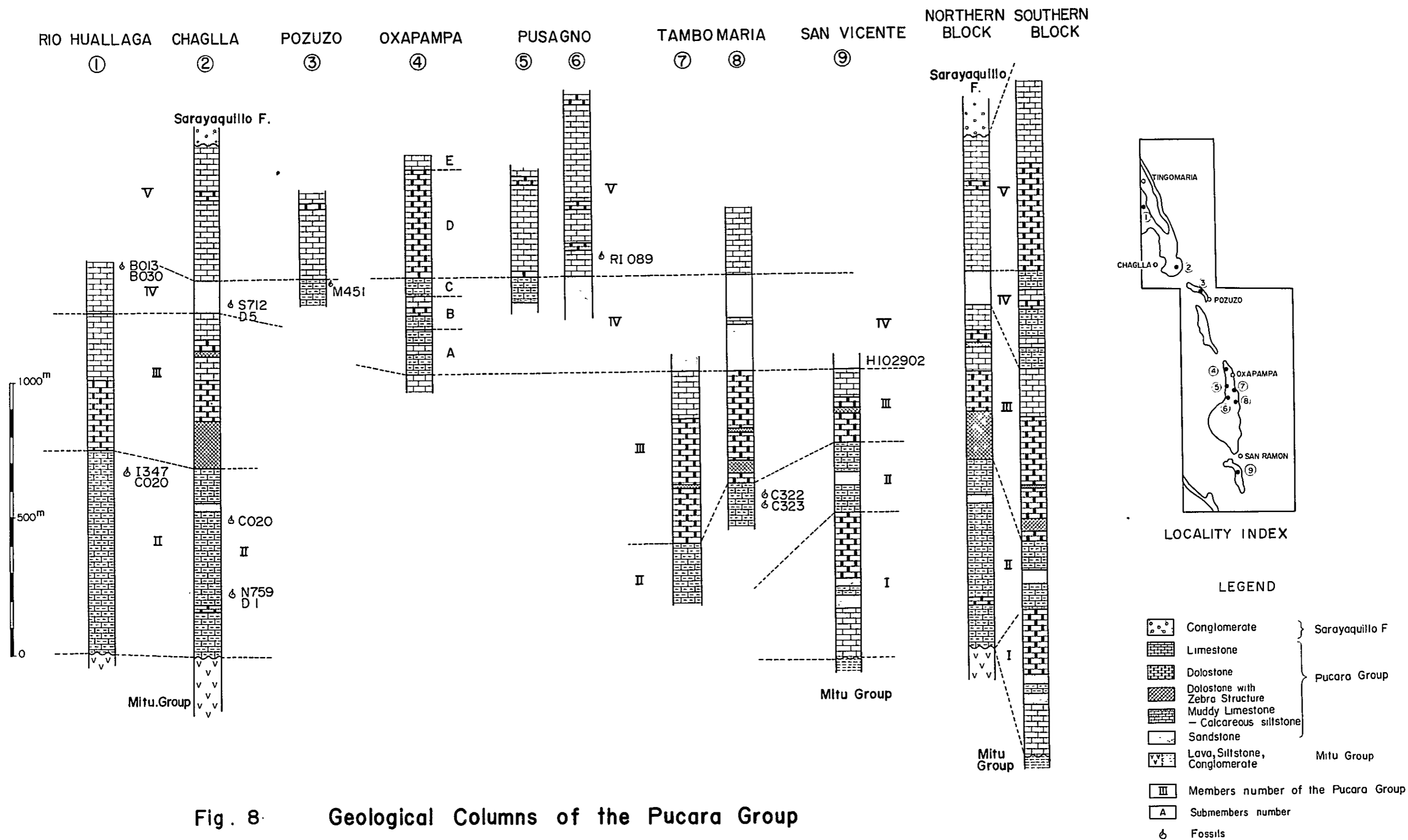
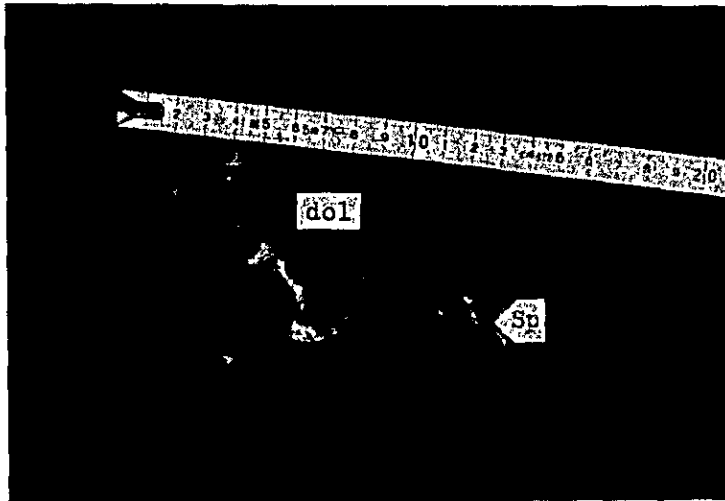


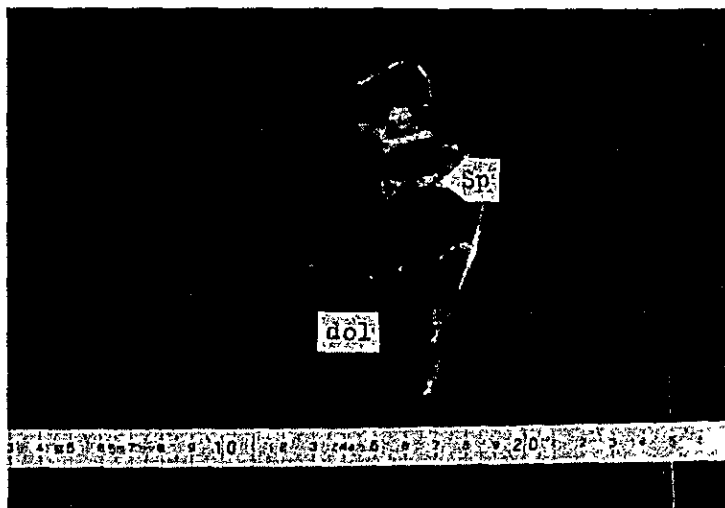
Fig. 8. Geological Columns of the Pucara Group

**Fig. 9** Photographs of ores.



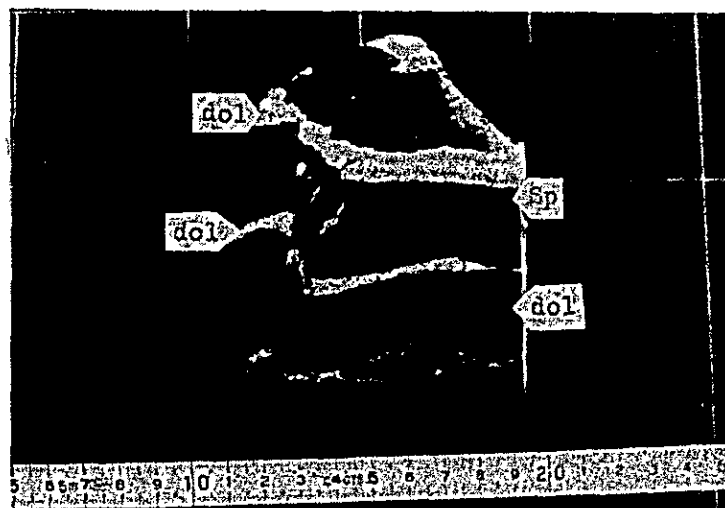
Sphalerite ore of the  
San Roque trench T-28.

Sp : Sphalerite  
dol: Dolostone



Sphalerite ore of the  
San Roque trench T-28.  
(Polished)

Sp : Sphalerite  
dol: Dolostone



Sphalerite ore of the  
San Vicente mine.  
(Polished)

Sp : Sphalerite  
dol: Dolomite