

第7章 結論及び勧告

7-1. 結 論

本調査は、メキシコ中央部 Hidalgo (イダルゴ) 州 Pachuca (パチュカ) 地域 (5,250 km²) において、地質、地質構造、火成活動及び鉱化作用、これらの相互関係を調査し鉱床賦存状況を解明することを目的として実施した。昭和54年度(第1年次)には写真地質解析及び地質調査(概査)、昭和55年度(第2年次)には地質調査(準精査)・地化学探査(河床堆積物)及び地質調査(精査)・地化学探査(河床堆積物)、昭和56年度には地質調査(精査)・地化学探査(土壌及び岩石)及び物理探査(IP法)、昭和57年度には地質調査(精査)・地化学探査(岩石)及びボーリング調査が、各年次の調査により抽出された鉱化帯を対象として順次実施された。その結果、本地域における地質鉱床に関する基礎的知見を、更に抽出された鉱化帯については、それぞれ興味ある諸特徴を把握することが出来た。これらの結果は次のようにまとめられる。

1 地質及び地質構造

地質構造的に調査地域を、東シエラ・マードレ帯に含まれる北部・中央部・南東部と、新期火山中軸地帯に含まれる中央西部および南西部に分けることができる。

東シエラ・マードレ帯は、北米大陸におけるアルプス造山帯の前縁に位置づけられるロッキー山脈の南東延長部に相当し、比較的火成活動の少ない地域である。一方、新期火山中軸地帯は、東シエラ・マードレ帯及びこれに平行な、北西-南東系のメキシコの主地質構造帯を切って東西方向に分布し、現世に至るまで継続する烈しい火成活動の場となっている。

このような構造的背景を反映して、地域北部・中央部・南東部には、下位より、最上部ジュラ系ティトン階から最下部白亜系ネオコム階に対比される Las Trancas 累層 (Jts, Jtc, Jtl 部層)、下部白亜系中部オーブ階から上部白亜系上部チューロン階に属する El Doctor 累層 (Kdl, Kdf, Kds 部層) 及び上部白亜系最上部チューロン階からシャンパーニュ階の Mendez 累層 (Kms) が分布する。Las Trancas 及び Mendez 累層は泥質であるが、El Doctor 累層の主体は石灰岩である。

これら先第三系中には、大規模な一対の過褶曲背斜及び向斜構造と多数の小褶曲構造が発達し、地質構造は著しく複雑化されている。しかし、この一対の過褶曲背斜・向斜構造は、走向NWの軸と西傾斜の軸面をもつので、地質構造は、一見、正常な層序関係を示す単斜構造状を呈するが、実際は、両軸面に挟まれた部分が逆転層序関係を示す過褶曲構造である。

一方、地域中央西部・南西部には第三紀火山岩類が広く分布する。これらの中で重要なのは Trhy 2 に属するカリ流紋岩で、地域中央部で Tba 1 に属する玄武岩を被覆して SAN CLEMENTE 山塊を形成している。本岩類の活動時期は、K-Ar 放射年代測定結果によれば 25.5~27.1 Maで、

漸新世末期を示している。本岩類はカリ又はソーダに富むカリ流紋岩であって、金の鉱化作用と密接な関係をもつものと考えられ、主要調査対象の一つである。

地域内に分布する貫入岩類の主要なものは、石英閃緑岩類 (Tidi) 及び閃緑岩斑岩 (Tidp) である。

石英閃緑岩類 (Tidi) は不規則岩株状形態を示し、その分布は地域北部に集中し一定の方向に配列する傾向を示す。この方向性は地域内にみられる主要断層の2方向系列に調和的である。本岩類は主として石灰質岩類からなる El Doctor 累層中に貫入し、鉱化作用をともなった接触変質作用を与えており、鉱床分布を規制している点で重要である。本岩の K-Ar 放射年代は 47 Ma 前後の年代を示し始新世中期に相当する。

閃緑斑岩 (Tidp) は Pechuga 部落付近、SAN CLEMENTE 地区などに小規模岩株～岩脈の形態をもって分布するが、被貫入岩類である石灰質岩類に鉱化作用をともなった接触変成作用を与えており、前者同様重要である。K-Ar 絶対年代は 31.1 ± 1.6 Ma を示し、漸新世中期の活動である。

II 鉱化帯

(1) 本調査地域内には次の3つのタイプの鉱化帯が発達することが判明した。

A 閃緑岩体 (Tidi) の貫入によって、被貫入岩である石灰質岩類中に生じた接触変成帯に胚胎する接触交代型鉱化帯 [Fe-Cu-(Pb-Zn-Ag-Au) 型] : これらは閃緑岩体の分布にともなって、地域北部に集中して分布する。その代表例として、EL TEJOCOTE, ENCARNACION, EL ZAPOTE, DOS DE EL AGUILA, SAN JOSE DEL ORO, LAS PIEDRAS 鉱化帯がある。

B 上記貫入岩体から離れた周辺部、または閃緑斑岩 (Tidp) 貫入岩体周辺の石灰質岩類中に不規則塊状～マント状～鉱脈などの形態で胚胎する熱水型鉱床 [Pb-Ag (Zn-Au-Cu) 型] (代表例として PECHUGA, PROVIDENCIA, EL TEJOCOTE 鉱化帯)

C 地域中央部の SAN CLEMENTE 山塊を形成するカリ流紋岩中にみられる熱水型金鉱床 (代表例として同地区の San Severiano 鉱山)

(2) 以上の鉱化帯の中で今後更に探鉱価値のある地区として熱水型鉱床 [Pb-Ag (Zn-Au-Cu) 型] の期待される PROVIDENCIA 地区と熱水型金鉱床の期待される SAN CLEMENTE 地区が挙げられる。

PROVIDENCIA 地区

鉱化帯は El Doctor 累層の黒色フリント挟在中層理石灰岩部層中で観察され、NW-SE 方向の軸をもつ褶曲軸面付近及び NNW-SSE 系と ENE-WSW 系の断層破碎帯などに沿って胚胎する熱水型の産状を示す。

単位鉱体は不規則塊状、角礫状、鉱染状などの形態を示す。鉱石はすべて酸化鉱からなり、

鉛石鉱物は、主に針鉄鉛と赤鉄鉛で、これに異極鉛や白鉛鉛が含まれる。

本地区の鉛床から採取した局部試料のうち、鉛と亜鉛の分析品位の最高値はそれぞれ Pb 10.28 %、Zn 44.78 %で、高品位なものである。

鉛床の最大規模のものは、NNW-SSE系の断層に沿った鉛体で鉛体幅約 2 mで走向延長約 200 mに達する。この鉛体から採取した局部試料の分析品位は Pb 0.94 %、Zn 32.87 %及び Pb 6.66 %、Zn 0.90 %などである。

本地区で実施した物理探査 (IP法) 及び地化学探査では、非常に良く重複した異常域を把握した。ボーリング調査の結果 6ヶ所で着鉛したが、いずれも塊状の酸化鉄であり、深度 300 mにおいても依然として酸化帯が続いていることが判明した。

SAN CLEMENTE 地区

本地区に発達する金の鉛化作用は、通常の鉛脈型鉛床と異なり、顕著な珪化作用や熱水変質作用をとみなわない、比較的新鮮な流紋岩中の不規則・微細な割目に、銀を約 25 %含むエレクトラムの微粒として賦存する、網状鉛染型ともいえる状況を示す。

この鉛化作用は、地化学探査 (岩石) により、SAN SEVERIANO 鉛山西方で優勢であることが判明した。その中でも最も高品位な区域 (200 m × 400 m) に対し地質調査 (トレンチ調査) 及びボーリング調査を実施した。トレンチ調査 (延長 3.625 m) の 5 m 区間毎の分析品位金換算量 1 g/t 以上を示したものは 10 試料のみで最高は 7.9 g/t であった。一方ボーリング調査の結果、深部における金鉛化作用は、地表部に比較して劣勢であることが判明した。しかし、コア中には、黄銅鉛・閃亜鉛鉛・方鉛鉛の鉛染が観察されることから、地表～浅所では金・銀が優勢であるが、深部では金・銀が劣勢になり、銅・鉛・亜鉛が優勢になる垂直的累帯配列を示しているものと考えられる。

(3) 上記 2 地区に比べて探鉛価値は低いが、接触交代型鉛床の期待される、興味ある地区として Colorado 地区及び El Zapote-Las Piedras 地区が挙げられる。

COLORADO 地区 (DOS DE EL AGUILA と一部重複)

El Doctor 累層に属する塊状石灰岩 (Kdl) 部層とこれに貫入する小規模岩株状閃緑岩 (Tidi) の接触部付近には断続的にスカン帯が発達し、その中に鉛化作用が認められる。地区北西部には Dos de El Aguila, Esmeralda 両鉛山がある。この主要鉛化スカン帯は貫入岩体の両側に発達しており、東側では幅 20 m ~ 40 m、延長約 260 m、西側にもほぼ同規模のものが認められる。脈石鉱物はザクロ石が主体で、これに磁鉄鉛・方鉛鉛・閃亜鉛鉛・黄銅鉛・黄鉄鉛などが鉛染している。採取試料の分析結果では、Au 0.02 ~ 2.7 g/t、Ag 4 ~ 140 g/t、Cu 0.0n ~ 14.49 %、Pb 0.04 ~ 1.59 %、Zn 0.1 ~ 1.62 %などの値が得られているが、高品位のものは少なく、現在確認されている鉛化部の延長は余り期待できない。

しかしながら、地化学探査 (河床堆積物) で地区北東端に中程度の Pb 異常が検出されてい

ること、またこの南西側山陵には貫入岩体があり、La Luz, San Antonio, Bonanza の各鉱山があることから、このPb地化学異常地からLa Luz鉱山にかけて既知鉱床以外の鉱化帯の存在の可能性が残されている。

EL ZAPOTE-LAS PIEDRAS 地区

閃緑岩質貫入岩体とEl Doctor 累層石灰岩の接触部に発達するスカルン帯には、Fe, Cuを主とし、Pb-Zn-Au-Agをともなうレンズ状鉱体が点在する。この探鉱開発のため、11の鉱山が集中し、Zapote 鉱山地帯と呼ばれているが、現在稼働中のものは4鉱山のみである。スカルン帯は主に細粒のザクロ石スカルンよりなり、30m~150mの幅をもって貫入岩体に沿って分布する。鉱体は、スカルン帯中に断続的に分布し、単位鉱体の規模は、厚さ5m~10m・走向延長100m±・傾斜延長70m~130mである。鉱石は磁鉄鉱が卓越し黄銅鉱やその他の硫化鉱物の鉱染したものと塊状硫化鉱物からなるものの2種類ある。いずれの種類の鉱石も金及び銀をともなうことが特徴的であるが、特に後者はその含有量が多い。後者の鉱石を産するIGNACIO ZARAGOZA, SAN JOSE DEL ORO, LA TRINIDAD, LOS GALLOS 鉱山産鉱石の品位はAu 1.4~43.4 g/t, Ag 9.3~3139 g/t, Cu 0.77~23.70%であって、金・銀・銅を主成分とする鉱石で鉛・亜鉛は少ない。

EL ZAPOTE 鉱化帯の中央部は詳細に探鉱開発が進んでおり探鉱余地は少ない。しかし、EL ZAPOTE 貫入岩体北半部、特にSAN JOSE DEL ORO 西方の石灰岩分布域でAgを主成分とする地化学異常が検出されており、スカルン帯が伏在している可能性がある。さらに、LAS PIEDRAS 貫入岩体周辺には幅80mに達するスカルン帯が認められ、同時にAg成分の地化学異常が検出されている。これら2地区は、EL ZAPOTE地区とほぼ同様の鉱床胚胎条件を備えており、鉱化帯の存在の可能性が残されている。

7-2. 勧 告

パチュカ地域における本調査は、本年度を以って終了するが、今後更にメキシコ合衆国側で探鉱を継続する場合、次に述べる方法を勧告する。

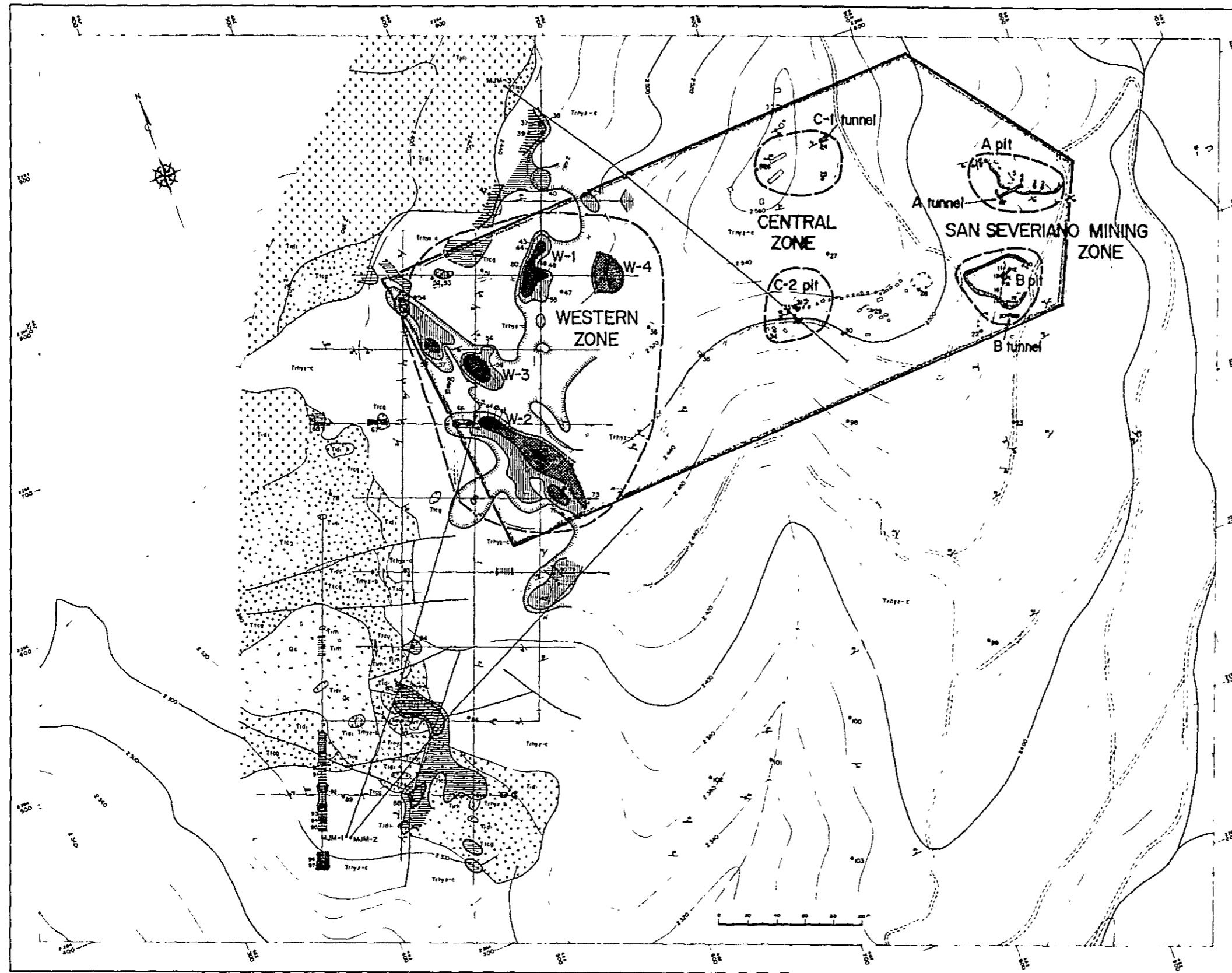
(1) SAN CLEMENTE 地区

当地区における金・銀鉱化作用は、地表~浅部で優勢であることが判明しており、標高2,450m以上を対象とするべきである。従って今後、第4年次調査地区東部からSan Severiano 鉱山にかけての区域(200m×400m)に対するトレンチ探査をまず実施し、地表部における金・銀の分布を確認した上で、第4年次調査地区をも含めた金・銀高品位部に対し、深度50m程度のボーリングを定間隔で実施し、鉱量及び品位の確認に努めることをすすめる。

(2) PROVIDENCIA 地区

これまでの調査結果地表下300mにおいても、酸化帯であることが判明しており、鉱床賦存

状況を把握するために今後まず第一義的にボーリング調査により硫化鉱体の把握と空間的広がり
の把握に努めることをすすめる。



LEGEND

0.32 Chip samples contained 0.5% Au and/or higher contents
 1.90 Channel samples contained 0.25% Au and/or higher contents (Photo 1, 2 samples) and 0.5% Au and/or higher contents (Photo 3, 2 samples) respectively

Mineralized zone
 Recommended area for next step exploration

Sample No.	Depth (m)	Phase	Type of Sample	Au (ppm)	Ag (ppm)	Photo	Type of Sample
1	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
2	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
3	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
4	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
5	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
6	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
7	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
8	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
9	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
10	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
11	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
12	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
13	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
14	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
15	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
16	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
17	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
18	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
19	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
20	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
21	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
22	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
23	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
24	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
25	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
26	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
27	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
28	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
29	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
30	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
31	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
32	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
33	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
34	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
35	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
36	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
37	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
38	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
39	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
40	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
41	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
42	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
43	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
44	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
45	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
46	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
47	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
48	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
49	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
50	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
51	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
52	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
53	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
54	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
55	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
56	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
57	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
58	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
59	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
60	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
61	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
62	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
63	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
64	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
65	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
66	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
67	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
68	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
69	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
70	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
71	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
72	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
73	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
74	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
75	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
76	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
77	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
78	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
79	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
80	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
81	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
82	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
83	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
84	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
85	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
86	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
87	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
88	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
89	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
90	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
91	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
92	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
93	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
94	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
95	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
96	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
97	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
98	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
99	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C
100	2.0	1	C	0.00	0.00	1	C

Above: 0.32
 C(1.0m): Channel samples of sample 1
 C(1.0m): Chip sample (width of sample)

Fig.7-1 Interpretation Map of the SAN SEVERIANO Mining Area, SAN CLEMENTE



LEGEND

- Altered granite anast
- Rhyolite
- Kdf
Alteration of medium bedded limestone, thin bedded calcarenite and sand thin sand
- Strike and dip of strata
- Fault
- Anticlinal axis
- Synclinal axis
- Overturned anticlinal axis
- Overturned synclinal axis
- Strike slip
- Geological profile line
- Diamond drilling and number

Geochronical Ca, Pb and Ag anomalies (after phase II)

- A class of anomalies Ca > 1419PM
- AA and A class of anomalies, Pb > 6238PM
- A class of anomalies Ag > 6828PM

Geophysical T.P. anomalies (after phase II)

- 200 m

Recommended exploration work

- Diamond drilling to investigate the mineralization of the deeper part

No	direction	inclination	length
No 1	S70°W	-70°	500m
No 2	-	vertical	500m

Fig.7-2 Interpretation Map of the PROVIDENCIA Mining Area, PROVIDENCIA

REFERENCES

- 1) Aguilar Garcia, M., 1972 Prospección geológico-minera de la región de Maconí, Zimapán, Pachuca, Edos. de Queretaro e Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 2) Bastin, E.S., 1948 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, México : Econ. Geol., v. 43, p. 53-65.
- 3) Benites M., J.A., 1972 Informe mensual de la zona Cardonal, Hgo. : C.R.N.N.R. (inedito).
- 4) Boyle, R.W., 1976 The geochemistry of gold and its deposits (together with a chapter on geochemical prospecting for the element) : Geological Survey of Canada, Bulletin 280.
- 5) Carrillo Bravo, J., 1965 Estudio geológico de una parte del Anticlinorio de Huayacocotla : Asoc. Mex. Geol. Petrol., v. 13.
- 6) Casarrubias Jimenez, J.S., 1973 Exploración geológico minera del área de el Cardonal, Estado de Hidalgo : Tesis Profesional, 52 p., I.P.N.
- 7) Chairez Blanco, J., 1978 Estudio geológico-minero de la Mina San Miguel, la Pechuga, Mpio. de Ixmiquilpan , Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 8) Cumming, G.L., et al., 1979 Isotopic composition of lead in Mexican mineral deposits : Econ. Geol.,v. 74. pp. 1395-1407.
- 9) De la Crus, Trejo, M., 1975 Guías útiles de la prosección de minerales en el distrito minero de Zimapán, Edo. de Hidalgo : Tesis Profesional, I.P.N.
- 10) De Pablo Galan, L., 1965 Los minerales de manganeso de Molango, Hidalgo : Univ. Nac. Autón. Méx. Inst. Geol., Bol. 76,pte. 1, p. 1-38.
- 11) Fries, C., Jr., 1956 Bosquejo geológico de la región entre México, D.F. y Taxco, Guerrero : Internat. Geol. Cong., 20th, Mexico, 1956, Guide book Excursions A-4 and C-2, P.11-35.
- 12) Galicia F., J., 1972 Informes mensuales de la zona de Encarnación, Hgo. : C.R.N.N.R.



- 13) Geyne, A.R., 1949 Mineral relationships in the ores of Pachuca and Real del Monte, Hidalgo, México - A reply : Econ. Geol., v. 44, p.233-234.
- 14) Geyne,A.R., and Wilson, I.F., et al., 1963 Geology and mineral deposits of the Pachuca-Real del Monte District, State of Hidalgo, México: C.R.N.N.R., Mem.5 E.
- 15) Imlay, R.W., 1944 a Cretaceous formations of Central America and Mexico :Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., v. 28, p. 1077-1195.
- 16) ————— 1944b Correlation of the Cretaceous formations of the Greater Antillers, Central America, and Mexico : Bull. Geol. Soci. Amer.,v. 55, p. 1005-1046.
- 17) —————1952 Correlation of the Jurassic formations of North America, exclusive of Canada : Bull. Geol. Soci. Amer., v. 63, p.953-992.
- 18) JICA and MMAJ, 1980-1983 Report on geological survey of the Pachuca-Zimapán area, Central Mexico ; phase I-IV., Japan International Cooperation Agency and Metal Mining Agency of Japan.
- 19) Krauskopf, K.B., 1979 Introduction to Geochemistry : 721 p., MacGraw-Hill Book Co.
- 20) Kuno, H. 1976 Volcanoes and Volcanic Rocks (in Japanese) 2nd ed., 283 p., Iwanami Press.
- 21) Lee Moreno, J.L., 1974 Geochemical prospecting for epithermal precious metals veins in the vicinity of the Pachuca-Real del Monte mining district in Mexico : Soci. Min. Eng., AIME, p. 1-16.
- 22) Miyashiro, A. and Kushiro,I., 1977 Petrology I, II and III (in Japanese) : Kyoritsu Press.
- 23) Quintus Bosz, R.L., 1972 Estudio geológico de la zona fosforítica de San Francisco, Municipio de Pacula, Edo. de Hgo. : C.R.N.N.R., p.28-45.
- 24) Restovic Peres, I.V., 1973 Estudio geológico minero del área de Encarnacion, Mpio. de Zimapán, Edo. Hgo.: Tesis Profesional, U.N.A.M.
- 25) Rösler and Lange, 1972 Geochemical Tables : Elsevier

- 26) Salas, G.P., 1975 Carta y provincias metarogenéticas de la República Mexicana : C.R.M. de México, Publicación 21 E.
- 27) Schulze, G., 1951 Mantos intrusivos en formaciones volcánicas en sus relaciones con vetas : Convención Interamericana de Recursos Minerales, 1^a, México., 1951, Mem., p.202-207.
- 28) Segerstrom, K., 1962 Geology of south-central Hidalgo and northeastern Mexico, Mexico : U.S.Geol. Survey, Bull., 1104-C, p.87-162.
- 29) Simons, F.S. and Mapes V.E., 1957 Geología y yacimientos minerales del distrito minero de Zimapán, Hidalgo : Instituto Nacional para Investigación de Recursos Minerales.
- 30) Smith, R.L. et al Hidalgoite, a new mineral : U.S.Geol. Survey, Washington, D.C., p.1218-1224.
- 31) Takeda, H., 1977 Las características de la mineralización de los depósitos de plomo, zinc, y plata en las calizas de la parte norte de la Sierra Madre Oriental, México : VI seminario interno sobre exploración geológico-minera, de C.R.M.
- 32) Tavera Amezcua, E. and Alexandri,R., 1963 Los yacimientos de manganeso del área de Molango, Hidalgo : Vth Convención de la Asoc. de Ings. de Minas, Met. y Geólogos de México, Torreon, Coahuila.
- 33) Thornburg, C.L., 1945 Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte area, Pachuca silver district, Mexico : Econ. Geol., v. 40, p. 283-297.
- 34) Turban, E., 1947 Estudio de la mineralización a la profundidad en los minerales de Pachuca y Real del Monte, Estado de Hidalgo : Minas y Petróleo, Bol., v. 16, p. 3-6.
- 35) White, D.E., 1947 Diagenetic origin of chert lenses in limestone at Soyatal of Queretaro, México : Amer. Jour. Sci., v. 245, p.49-55.
- 36) _____ 1948 Antimony deposits of the Soyatal district, State of Queretaro, México : U.S. Geol. Survey, Bull. 960-B, p. 35-38.
- 37) Wisser, E., 1937 Formation of the north-south fractures of the Real del Monte Area, Pachuca silver district, Mexico : Amer. Inst. Mining Metall. Engineers, Trans., v. 126, p. 442-486.

- 38) ————— 1951 Tectonic analysis of a mining district
-Pachuca, Hidalgo : Econ. Geol., v. 46,
p. 459-477.
- 39) Wittich, E. and La celestita de Atotonilco el Grande,
Vivar, G., 1913 Hidalgo : Soc. Geol. Mex. Bol., p.5-8.

APPENDICES

Apx. 2 Stratigraphic Correlation of the Jurassic and Cretaceous Systems by the Identified Macrofossils

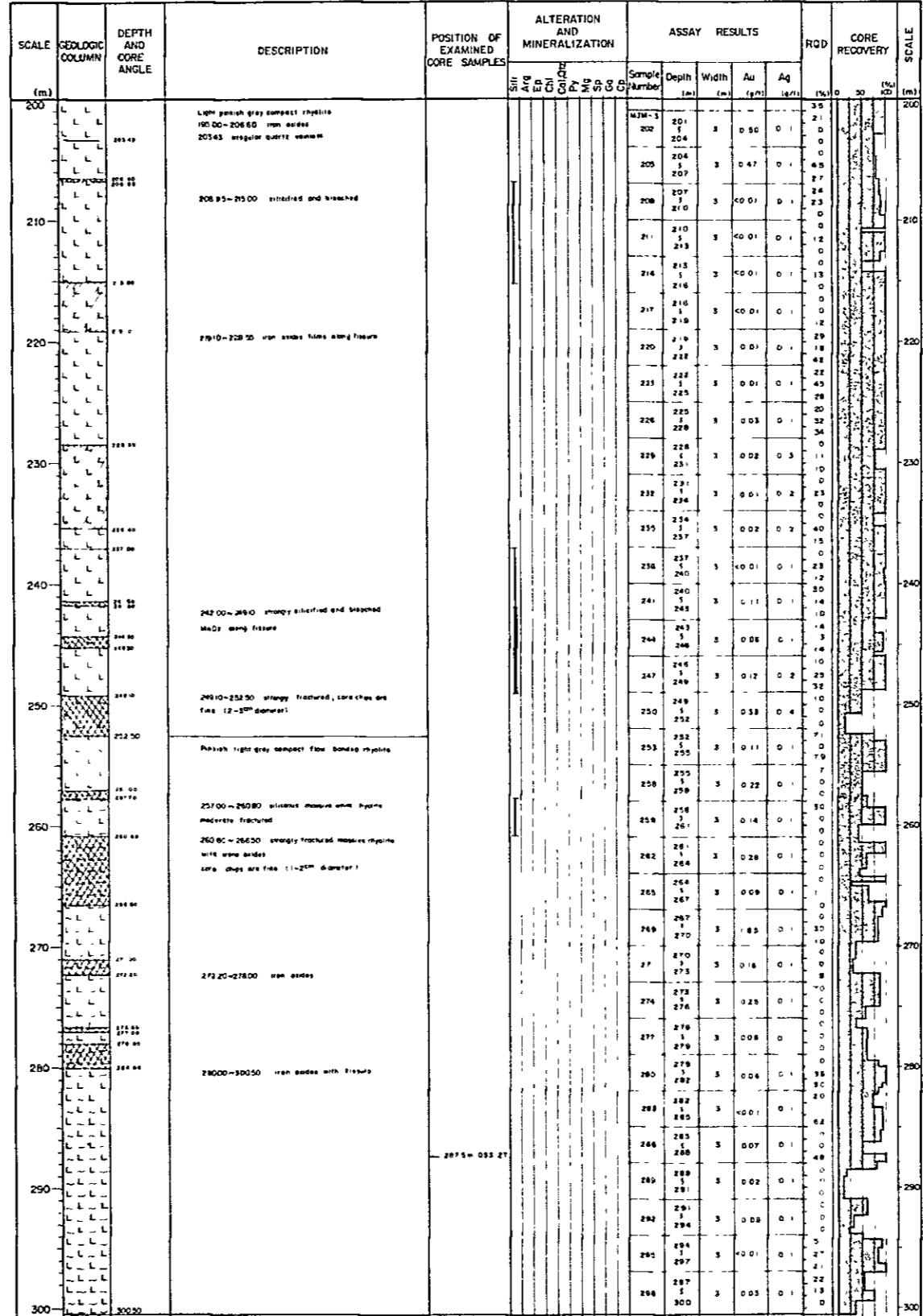
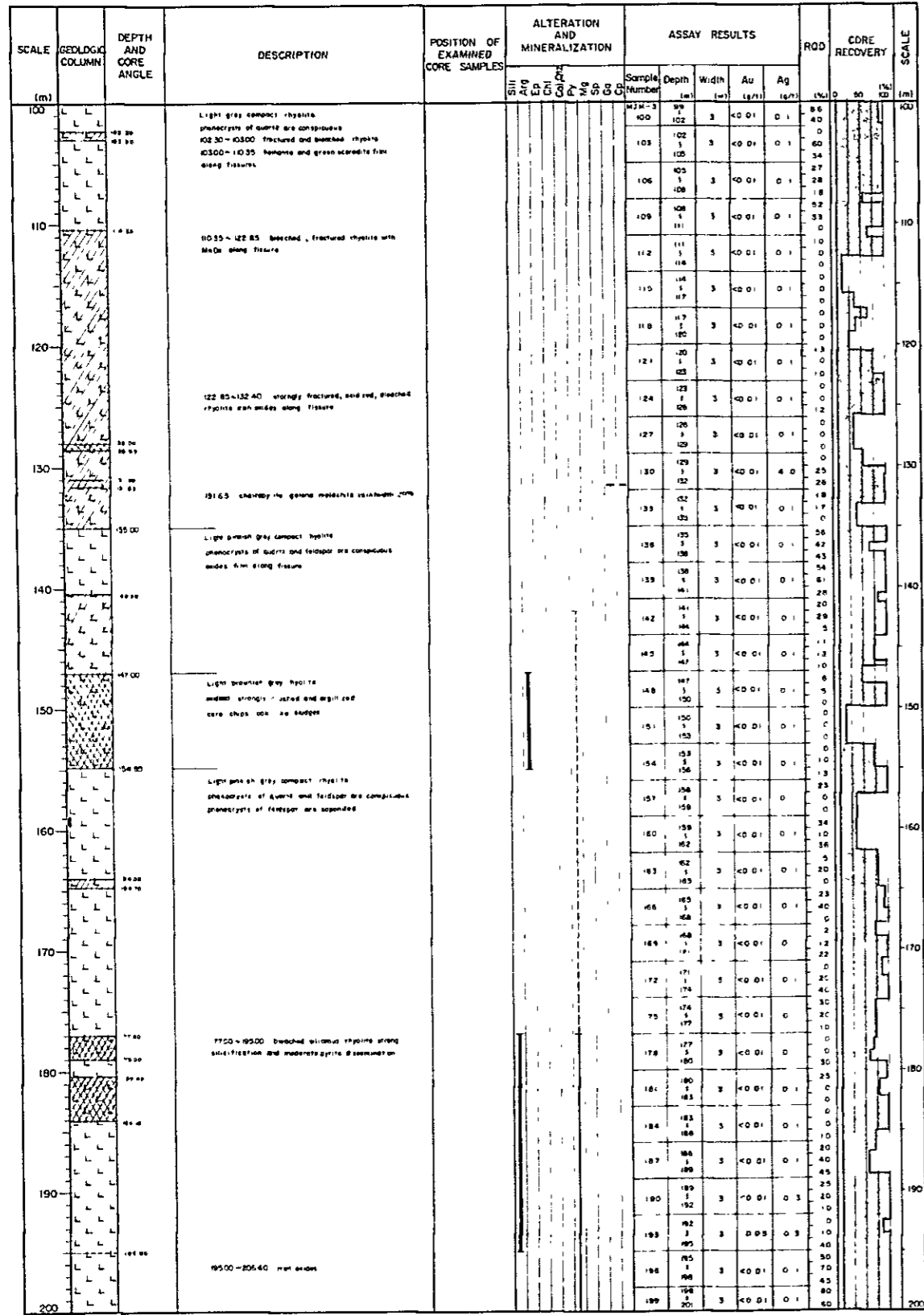
Age	European Stage	South-central Hidalgo and north-eastern Mexico (Segerstrom, 1967)	Pachuca-Zimapan area, Hidalgo (JICA & MMAJ, 1981)	Macrofossils
Upper Cretaceous	Maastrichtian			Collignoniceratidae gen. et sp. indet.
	Campanian	Mexcala fm.	Mendez fm.	Inoceramus (<i>Platyceramus</i>) aff. <i>Platinus</i> LOGAN
	Santonian			Inoceramus (<i>Platyceramus</i>) ex. gr. <i>cycoloides</i> WEGNER
	Coniacian			Scaphitidae gen. et sp. indet.
	Turonian	Soyatal fm.		<i>Moussikites</i> sp.
	Cenomanian		El Doctor fm.	<i>Otocaphites</i> sp.
Lower Cretaceous	Albian	El Doctor limestone		<i>Polyptychoceras</i> sp.
	Aptian			<i>Scafarites</i> sp.
	Neocomian	Santuario fm.	Las Trancas fm.	Crioceratitinae gen. et sp. indet.
Upper Jurassic	Tithonian			Berriasellidae (<i>Berriasellinae</i>) gen. et sp. indet.
	Kimmeridgian	Las Trancas fm.		Berriasellinae gen. et sp. indet.
	Oxfordian		not observed	<i>Spiticeras</i> (<i>Spiticeras</i>) sp.
	Collovian		not observed	

(); sample number
 < >; Symbol name of the formation
 —; range of leading fossil

Apx. 4 Age Determination by the Identified Nannofossils

(Ma)	Age	Key species	Subordinate species	Range of nannofossil-yielding sample
65	Maastrichtian			
	L			
	E	<i>Eiffelithus erimius</i>		
70	Campanian	<i>Tetraithus aculeus</i>		
	L	<i>Micula concava</i>		
	E	<i>Broinsonia parca</i>		
80	Santonian	<i>Lithastrinus floralis</i>		
	L			
	E	<i>Eiffelithus erimius</i>	<i>Lucianorhabdus cayenaei</i>	
	L		<i>Matsuaneria communis</i>	
	E			
90	Turonian	<i>Micula utahophora</i>	<i>Gartnerago obliquum</i>	
	L			
	M		<i>Crucellipsis chitastia</i>	
	E		<i>Prediscosphaera cretacea</i>	
100	Cenomanian			
	L			
	M		<i>Broinsonia enormis</i>	
	E			
	L	<i>Eiffelithus turrisseiffeli</i>		
	M		<i>Prediscosphaera columnata</i>	
	E			

Bar lines under the species names show the lower limits of the ranges; on the tops the contrary.

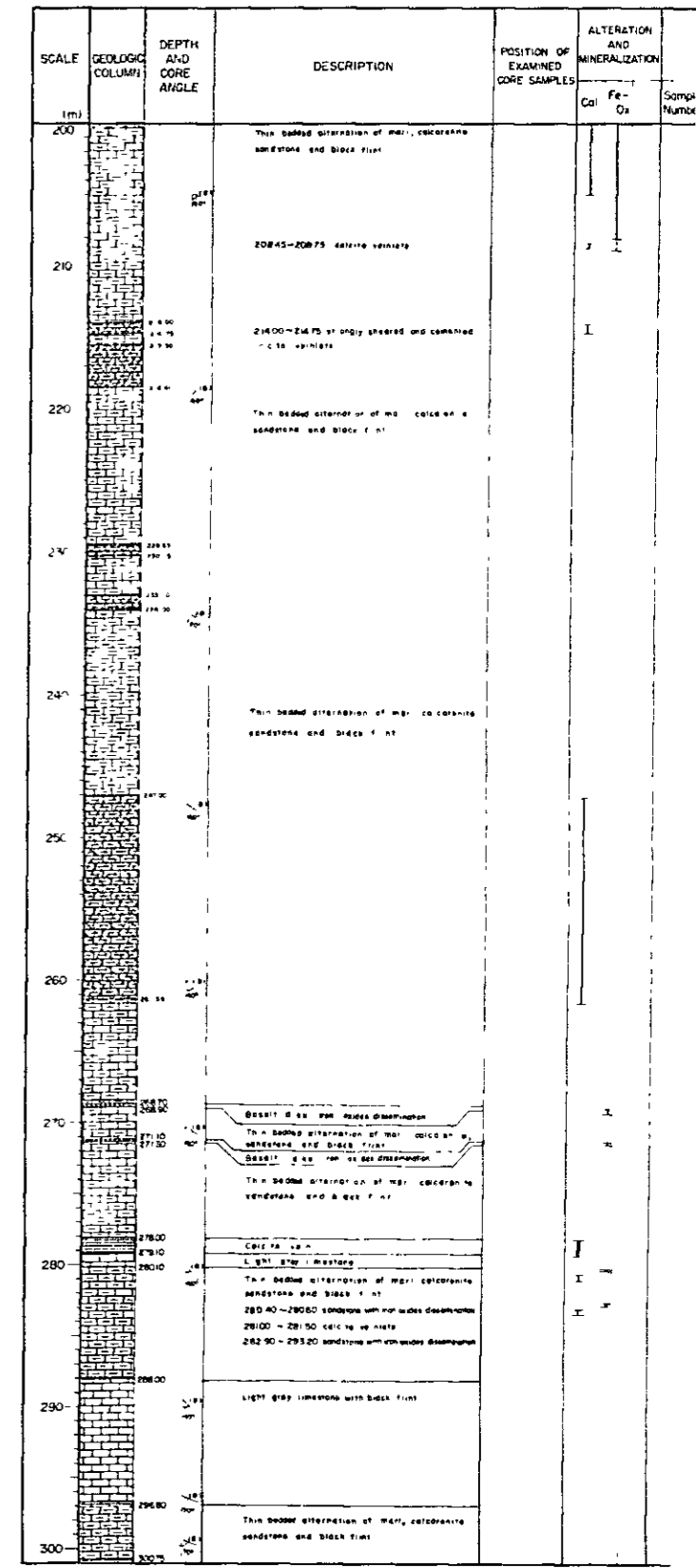
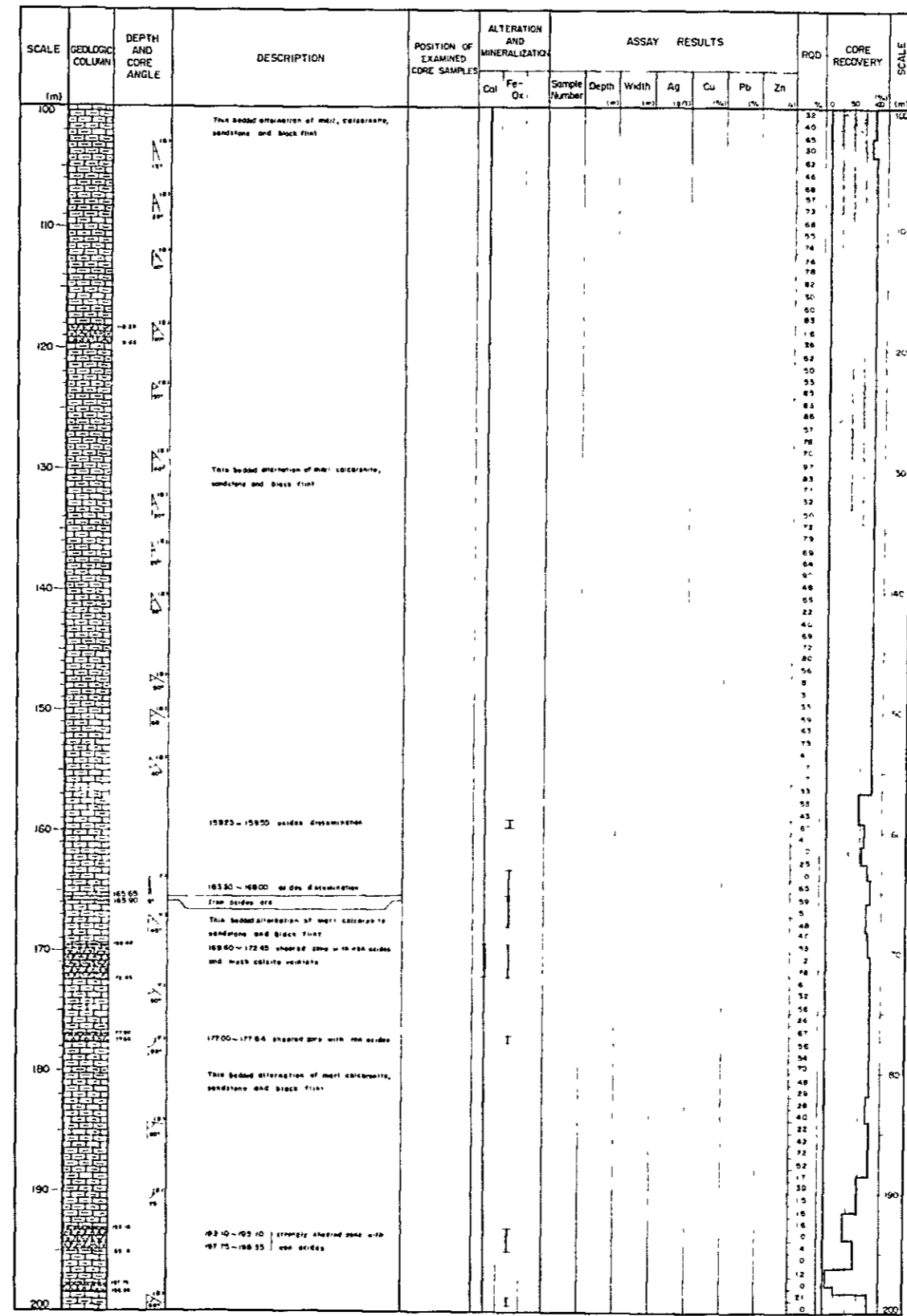
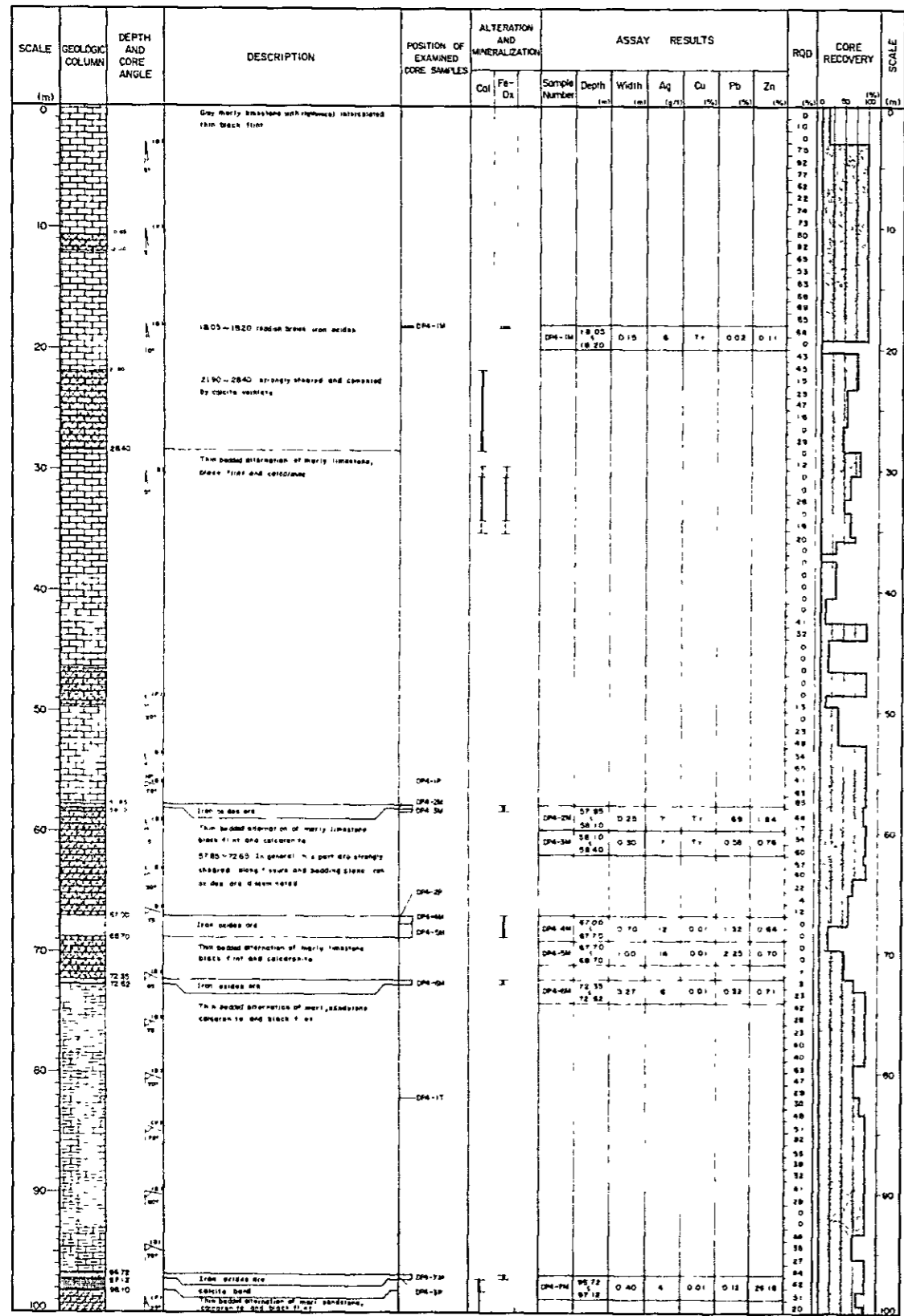


DRILL No	MJM-3
DRILL SITE	Coordinate
	Altitude
DIRECTION	S 43°E
INCLINATION	0°
LENGTH	300.50 m

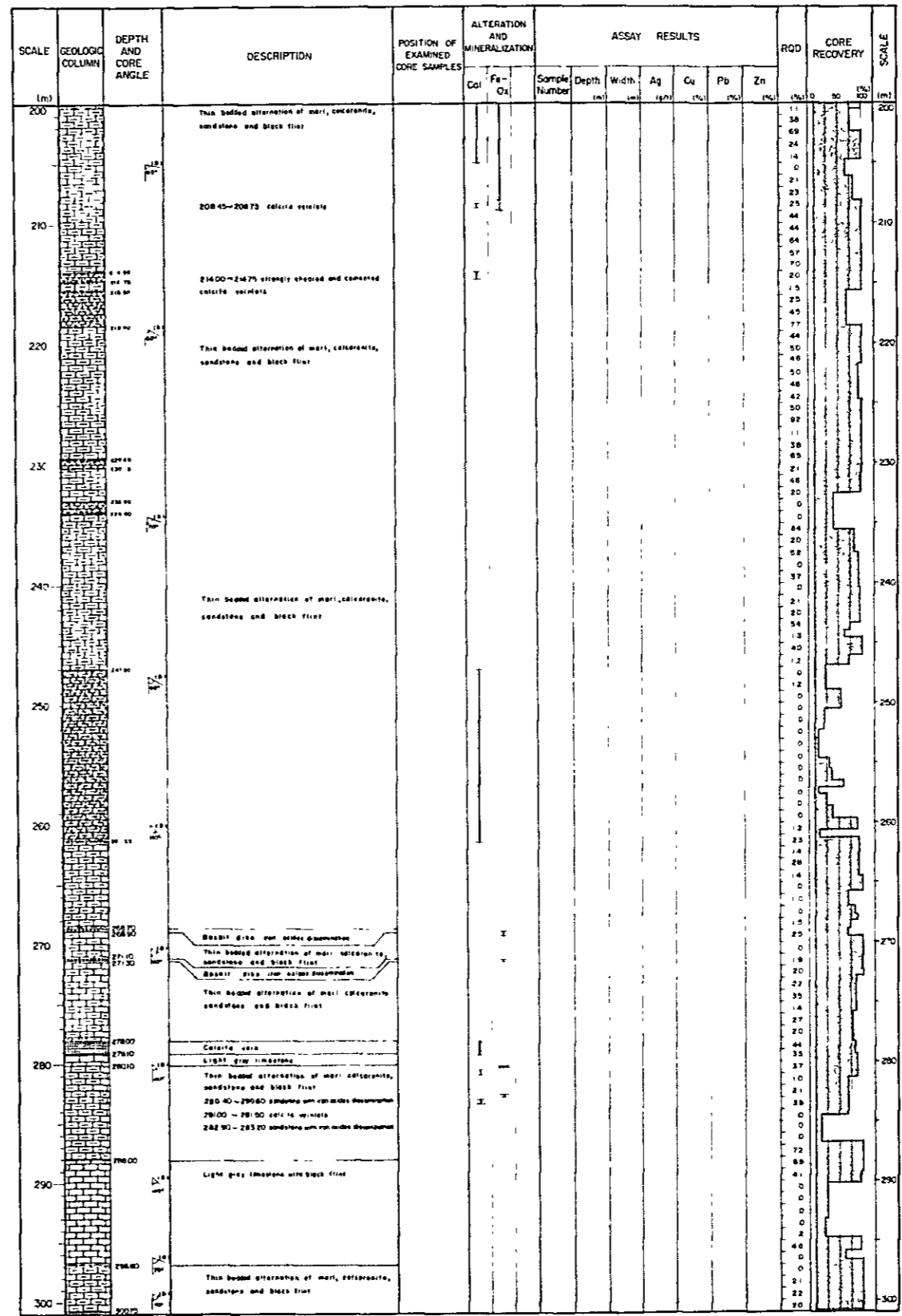
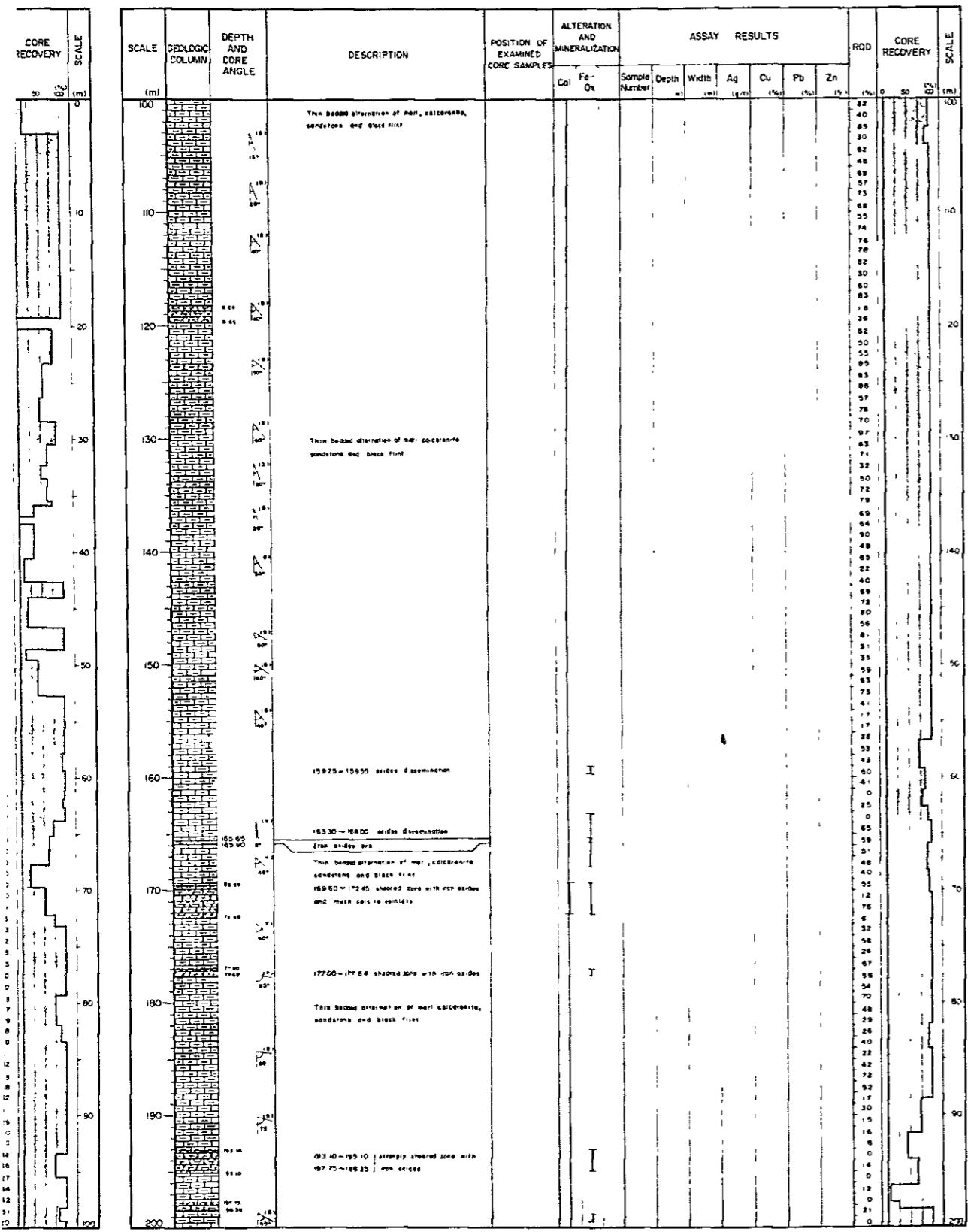
ABBREVIATIONS		SYMBOL	
(F)	Fracture	————	Vein
(V)	Vein	————	Brecciated vein
(B)	Bedding	————	Silicification
Sil	Silicification	————	Druse
Arg	Argillization	————	Sheared zone
Ep	Epitaxialization	————	Strongly sheared zone
Ch	Chloritization	————	Brecciation
Cal,Qtz	Calcite and Quartz vein	————	
Py	Pyrite	————	
Mg	Magnetite	————	
Sp	Sphalerite	————	
Ga	Galena	————	
Cp	Chalcopyrite	————	
T	Thin section	————	
P	Polished section	————	
M	Chemical analysis of ore	————	
W	Chemical analysis of whole-rock	————	

ALTERATION AND MINERALIZATION GRADE	
————	Strong
————	Medium
————	Weak

Apx. 7 Geological Log of Diamond Drilling Hole in the SAN CLEMENTE Area (MJM-3)



Apx. 8 Geological Log of Diamond Dr



DRILL No	MJM - 4
DRILL SITE	Coordinate Altitude N 2256245 2357 m E 487991
DIRECTION	
INCLINATION	-90°
LENGTH	300,75 m

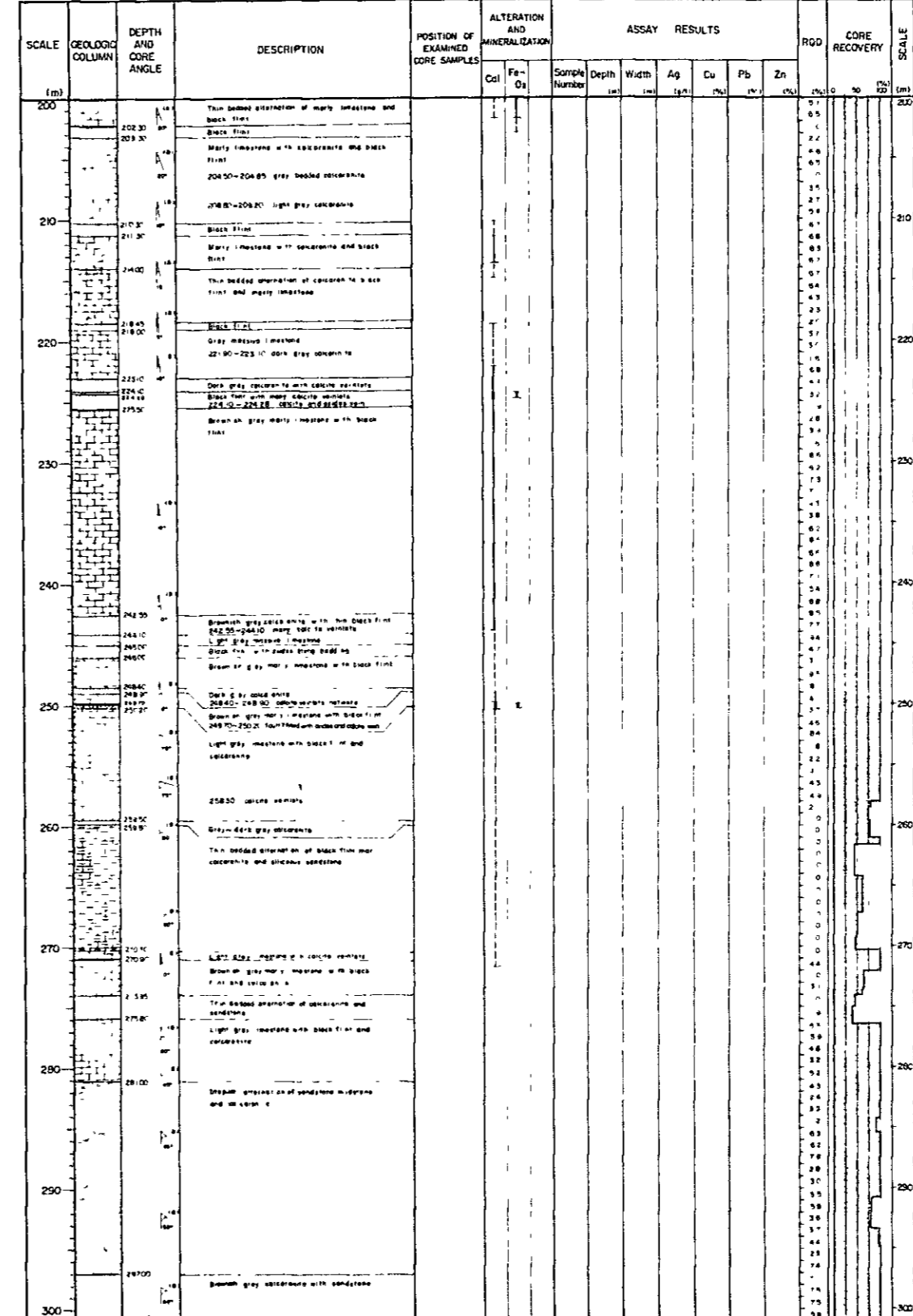
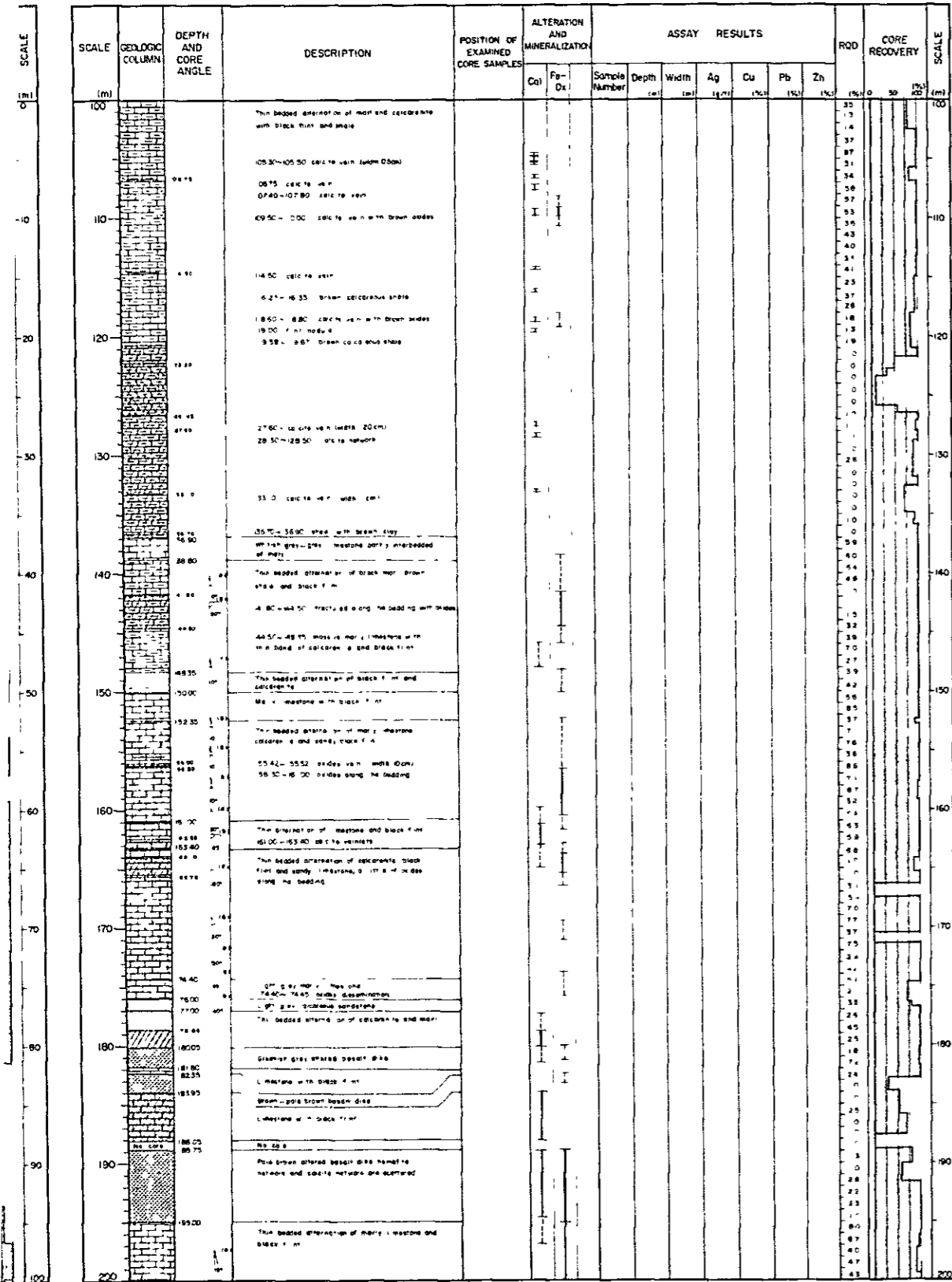
ABBREVIATIONS	SYMBOL
(F) Fracture	— Vein
(V) Vein	▨ Sheared zone
(B) Bedding	▩ Strongly sheared zone
Col Calcite vein	
Fe-Ox Fe-Oxides	
T Thin section	— Strong
P Polished section	— Medium
M Chemical analysis of ore	--- Weak

Apx. 8 Geological Log of Diamond Drilling Hole in the PROVIDENCIA Area (MJM-4)

SCALE (m)	GEOLOGIC COLUMN	DEPTH AND CORE ANGLE	DESCRIPTION	POSITION OF EXAMINED CORE SAMPLES	ALTERATION AND MINERALIZATION	ASSAY RESULTS								RQD (%)	CORE RECOVERY (%)	SCALE (m)
						Sample Number	Depth (m)	Width (cm)	Ag (%)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ca (%)			
0			The bedded alternation of dark gray marl and gray calcarenite with black thin bedded 26.45-33.17 rock sh. brown siderite with calcite replacement (depth 3-35cm)													0
10																10
20																20
30																30
40																40
50																50
60																60
70																70
80																80
90																90
100																100

SCALE (m)	GEOLOGIC COLUMN	DEPTH AND CORE ANGLE	DESCRIPTION	POSITION OF EXAMINED CORE SAMPLES	ALTERATION AND MINERALIZATION	ASSAY RESULTS								RQD (%)	CORE RECOVERY (%)	SCALE (m)
						Sample Number	Depth (m)	Width (cm)	Ag (%)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ca (%)			
100			Thin bedded alternation of marl and calcarenite with black thin bed and shale													100
110																110
120																120
130																130
140																140
150																150
160																160
170																170
180																180
190																190
200																200

SCALE (m)	GEOLOGIC COLUMN	DEPTH AND CORE ANGLE	DESCRIPTION	POSITION OF EXAMINED CORE SAMPLES	ALTERATION AND MINERALIZATION	ASSAY RESULTS								RQD (%)	CORE RECOVERY (%)	SCALE (m)
						Sample Number	Depth (m)	Width (cm)	Ag (%)	Cu (%)	Pb (%)	Zn (%)	Ca (%)			
200			Thin bedded alternation of marl and calcarenite with black thin bedded 26.45-33.17 rock sh. brown siderite with calcite replacement (depth 3-35cm)													200
210																210
220																220
230																230
240																240
250																250
260																260
270																270
280																280
290																290
300																300



DRILL No.	MJM-5	
	Coordinates	Altitude
DRILL SITE	N 2286329	2435 m
	E 489602	
DIRECTION		
INCLINATION	-90°	
LENGTH	300,80 m	

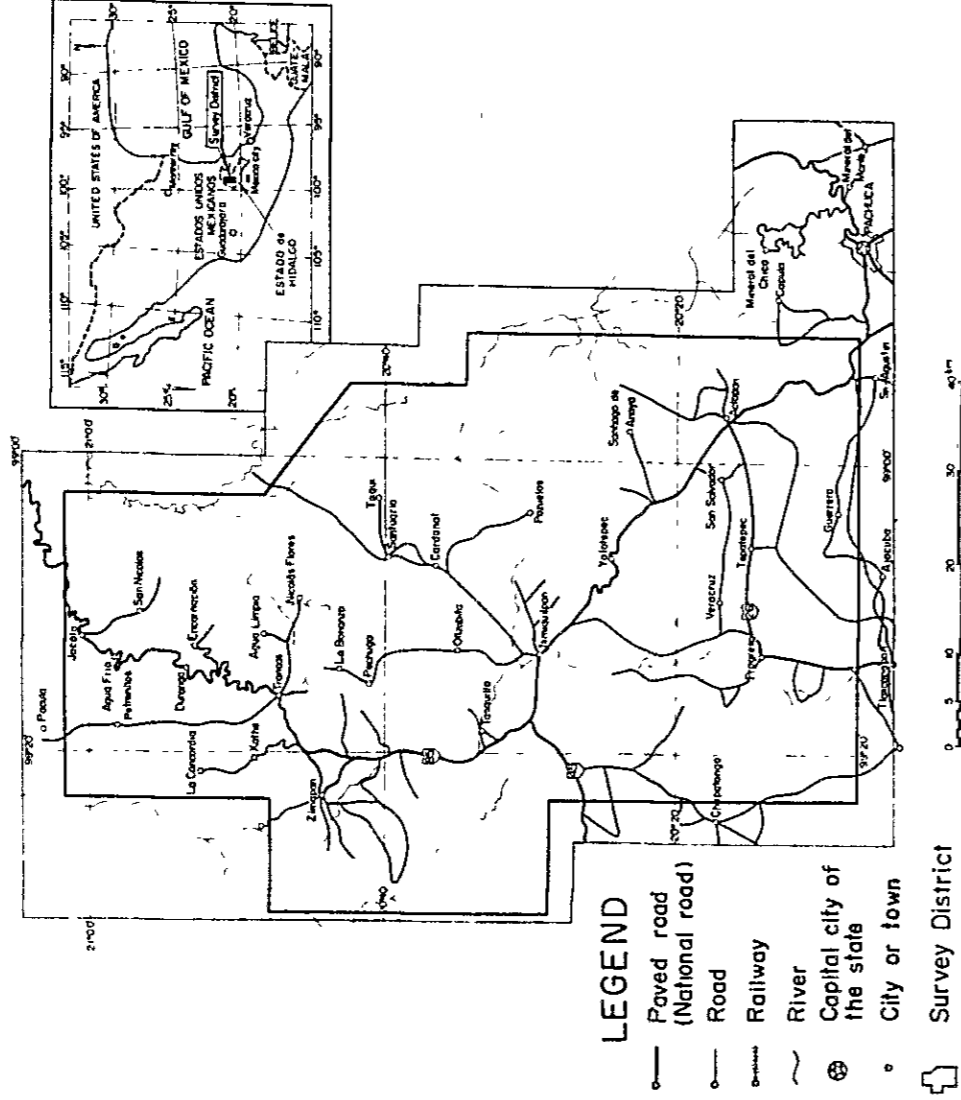
ABBREVIATIONS	SYMBOL
(F) Fracture	— Vein
(V) Vein	▨ Sheared zone
(B) Bedding	▩ Strongly sheared zone
Cal Calcite vein	
Fe-Ox Fe-Oxides	
T Thin section	ALTERATION AND MINERALIZATION GRADE
P Polished section	— Strong
M Chemical analysis of ore	— Medium
	- - - Weak

Apx. 9 Geological Log of Diamond Drilling Hole in the PROVIDENCIA Area (MJM-5)

GEOLOGICAL SURVEY
OF
THE PACHUCA - ZIMAPAN AREA

GEOLOGICAL MAP

Scale 1 : 100,000



LEGEND

- Paved road (National road)
- Road
- Railway
- River
- ⊕ Capital city of the state
- City or town
- ⊞ Survey District

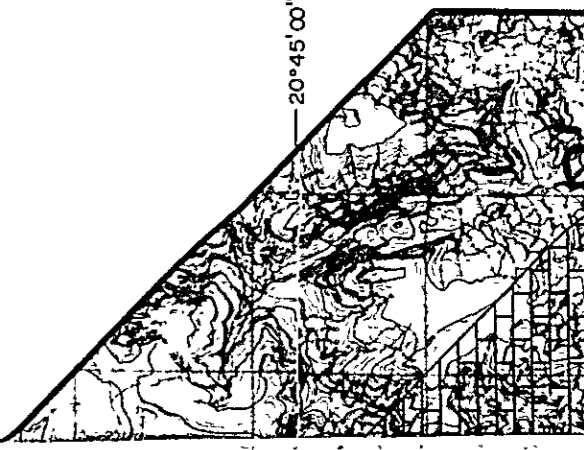
JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY AND
METAL MINING AGENCY OF JAPAN
IN COLLABORATION WITH
CONSEJO DE RECURSOS MINERALES DE MEXICO
MARCH 1983

LEGEND

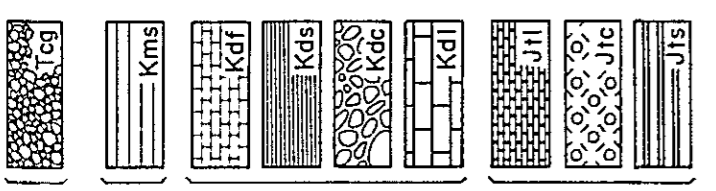
	Gravel
	Basalt lava
	Gravel, sand, silt and ash
	Basalt lava
	Dacite lava and pyroclastic rocks
	Rhyolite lava and pyroclastic rocks
	Andesite lava
	Acidic tuff, Lapilli tuff, tuff breccia and tuffaceous sandstone
	Rhyolite lava and pyroclastic rocks
	Basalt lava and pyroclastic rocks
	Andesite lava and pyroclastic rocks
	Rhyolite lava and pyroclastic rocks
	Basalt lava and pyroclastic rocks
	INTRUSIVE ROCKS
	Rhyolite
	Andesite
	Basalt and dolerite
	Perthite granite and quartz monzonite

0000

20°45'00"



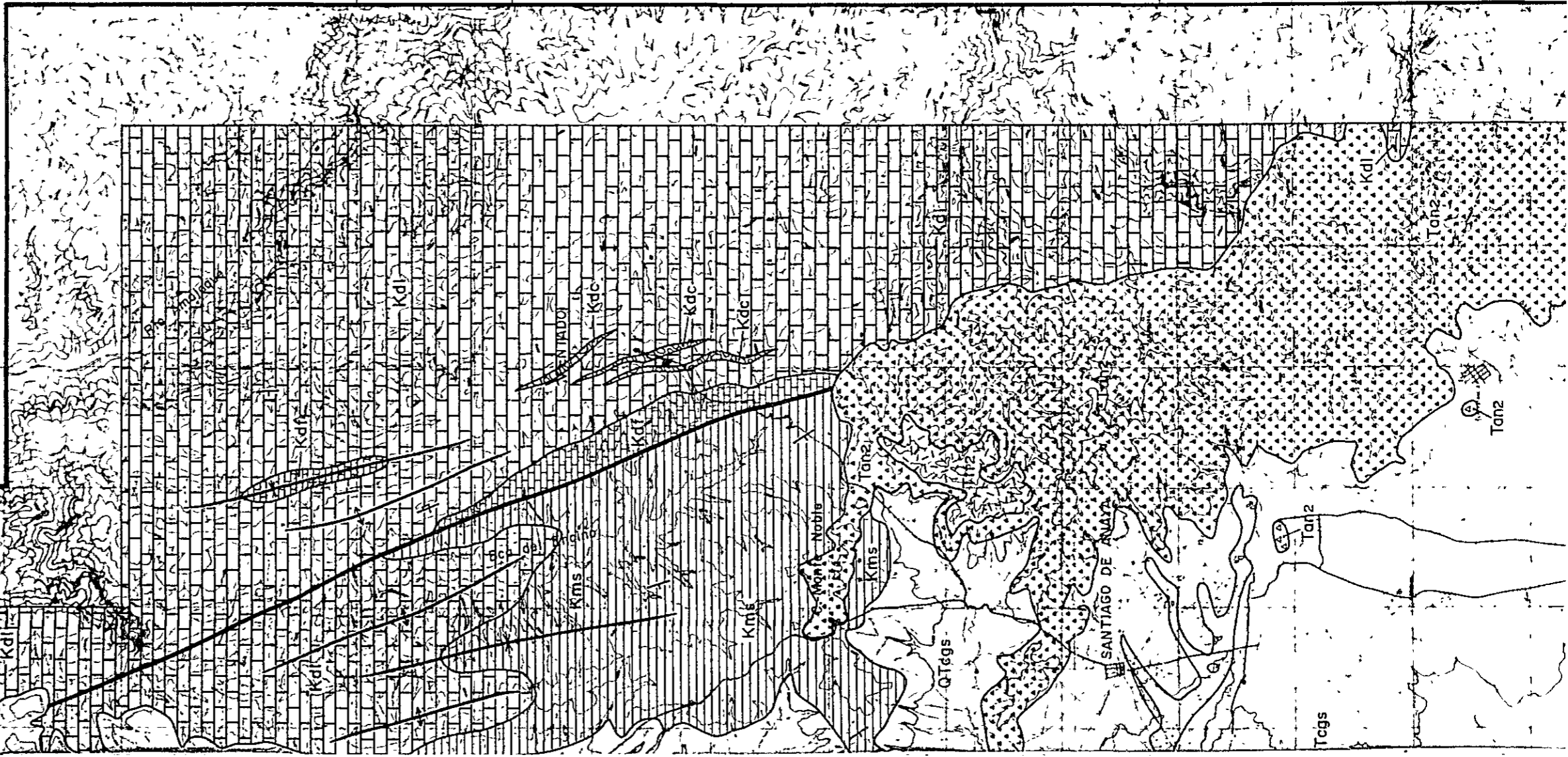
- Upper Jurassic ~ Lower Cretaceous
- Lower ~ Upper Cretaceous
- El Morro Formation
- Mendez Formation
- El Doctor Formation
- Los Trancos Formation



- Conglomerate
- Shale intercalated with siltstone, sandstone and marl
- Alternation of limestone, marl, calcarenite, shale and black flint
- Alternation of shale and marl
- Clastic limestone, conglomeratic limestone and calcarenite
- Massive limestone
- Muddy limestone and limestone with a few black flint band
- Tuffaceous conglomerate, sandstone and andesitic tuff
- Shale intercalated with calcareous shale, sandstone and marl

20°37'30"
2280000

510000



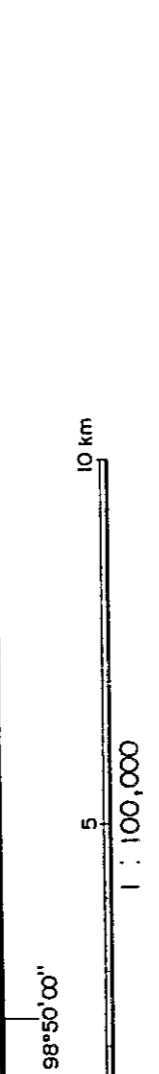
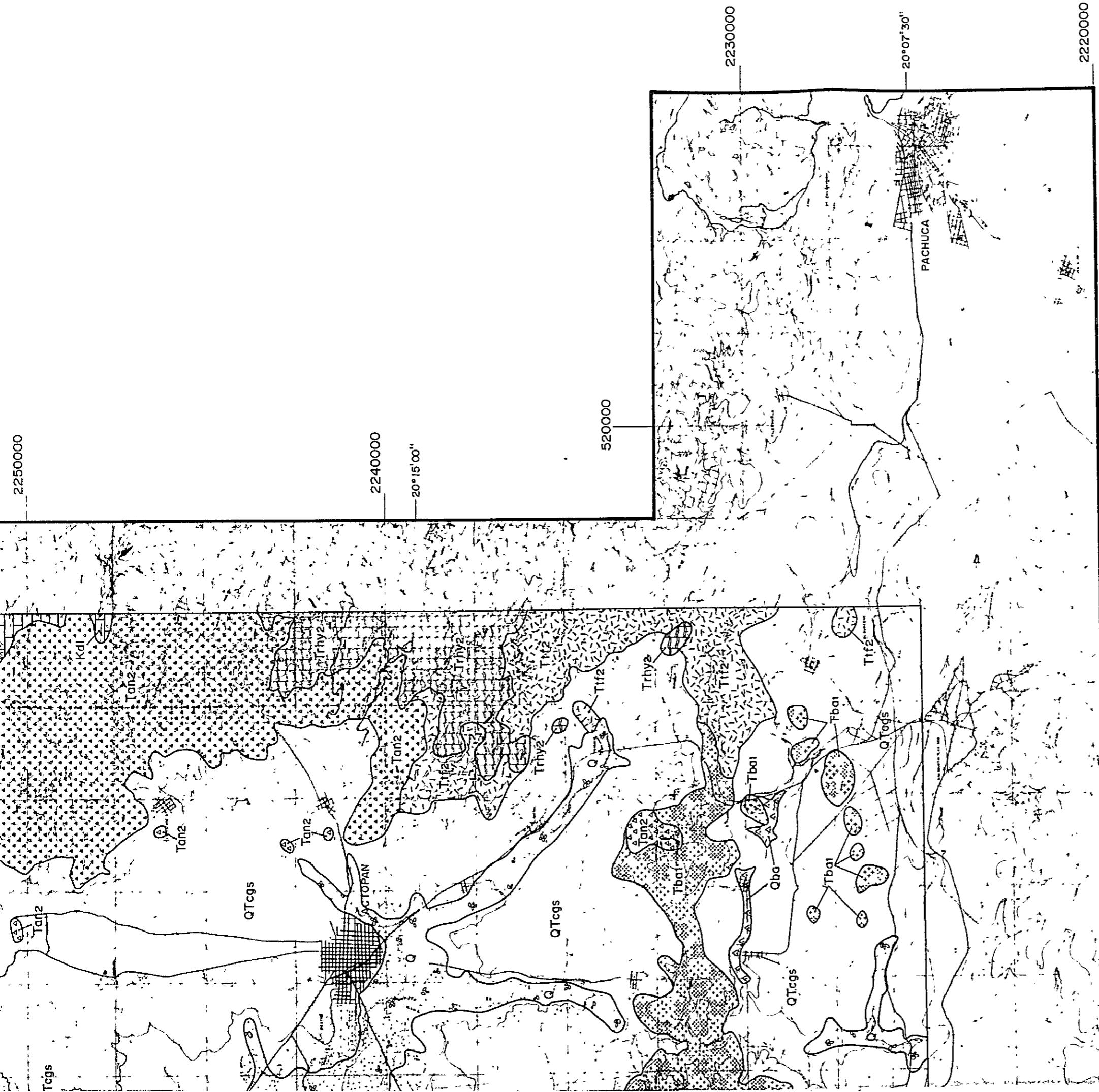
2270000

20°30'00"

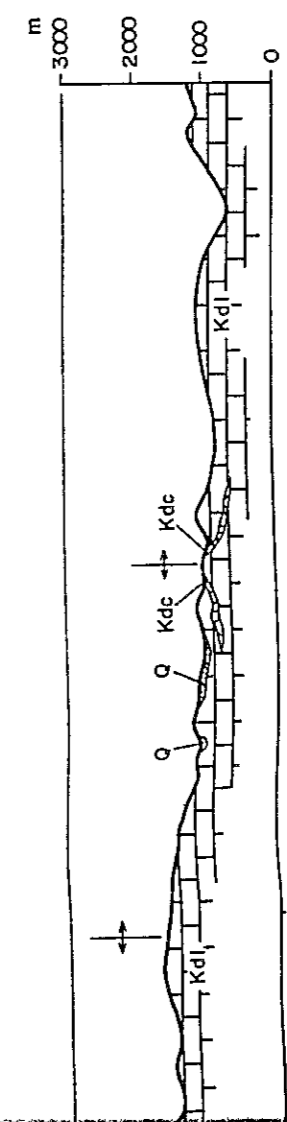
2260000

20°22'30"

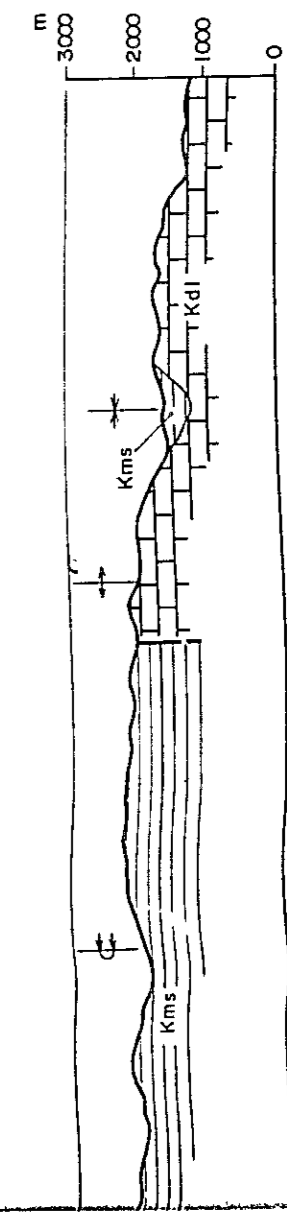
2250000



A'



B'



480000

490000

99°10'00"

21°00'00"

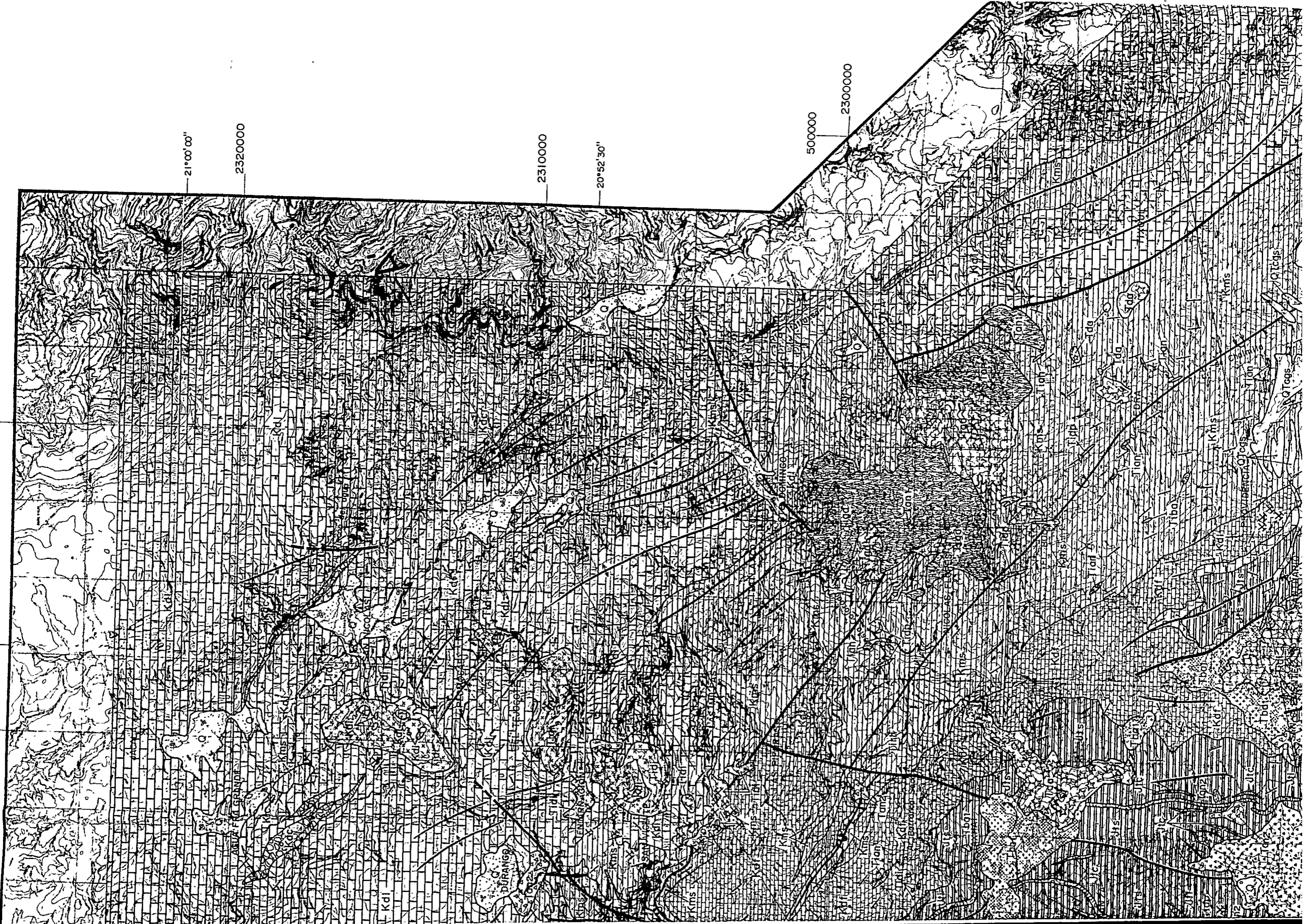
2320000

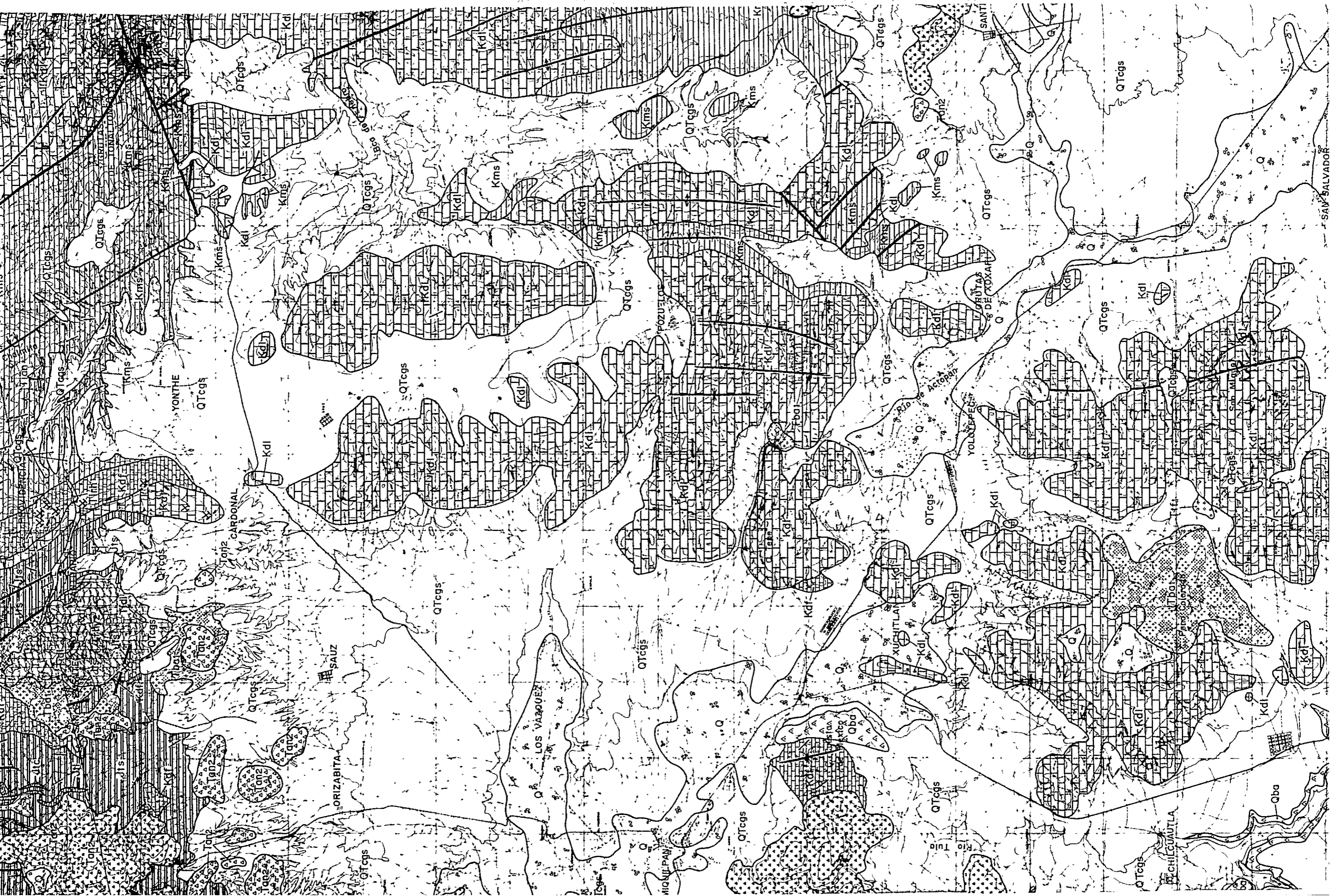
2310000

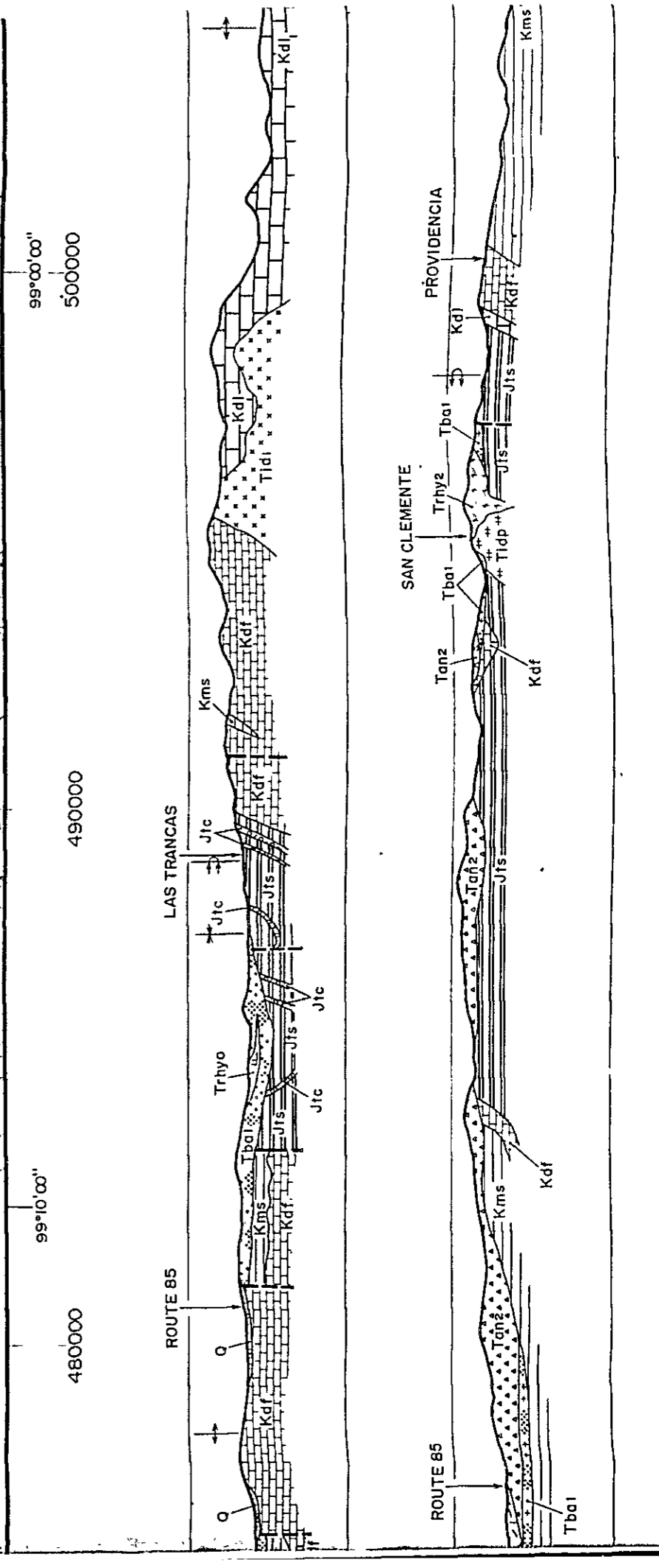
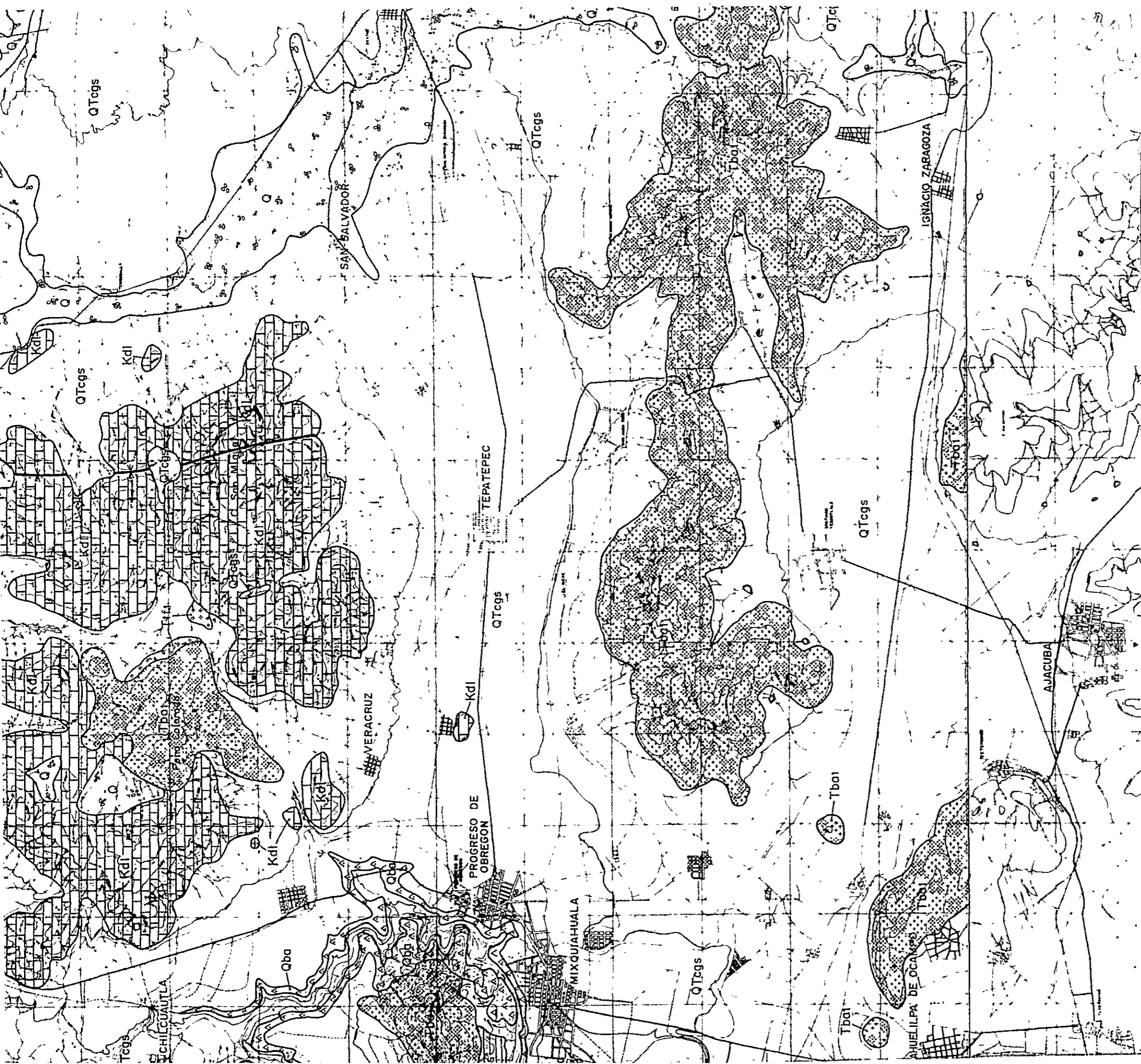
20°52'30"

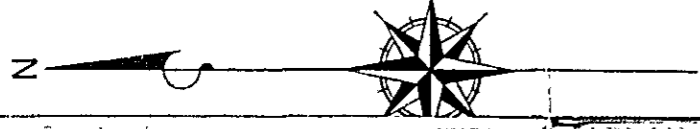
500000

2300000









470000

99°20'00"

460000

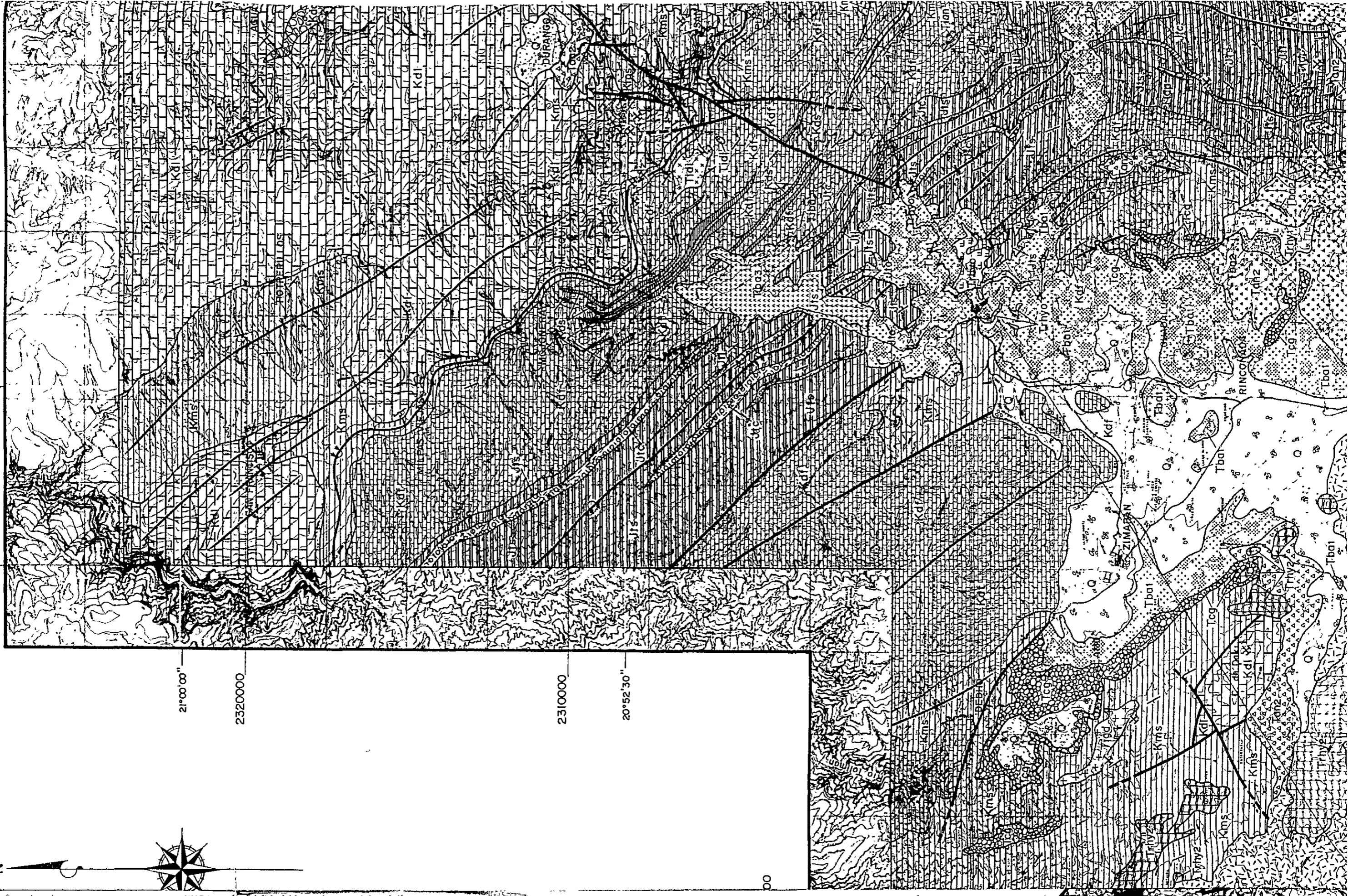
21°00'00"

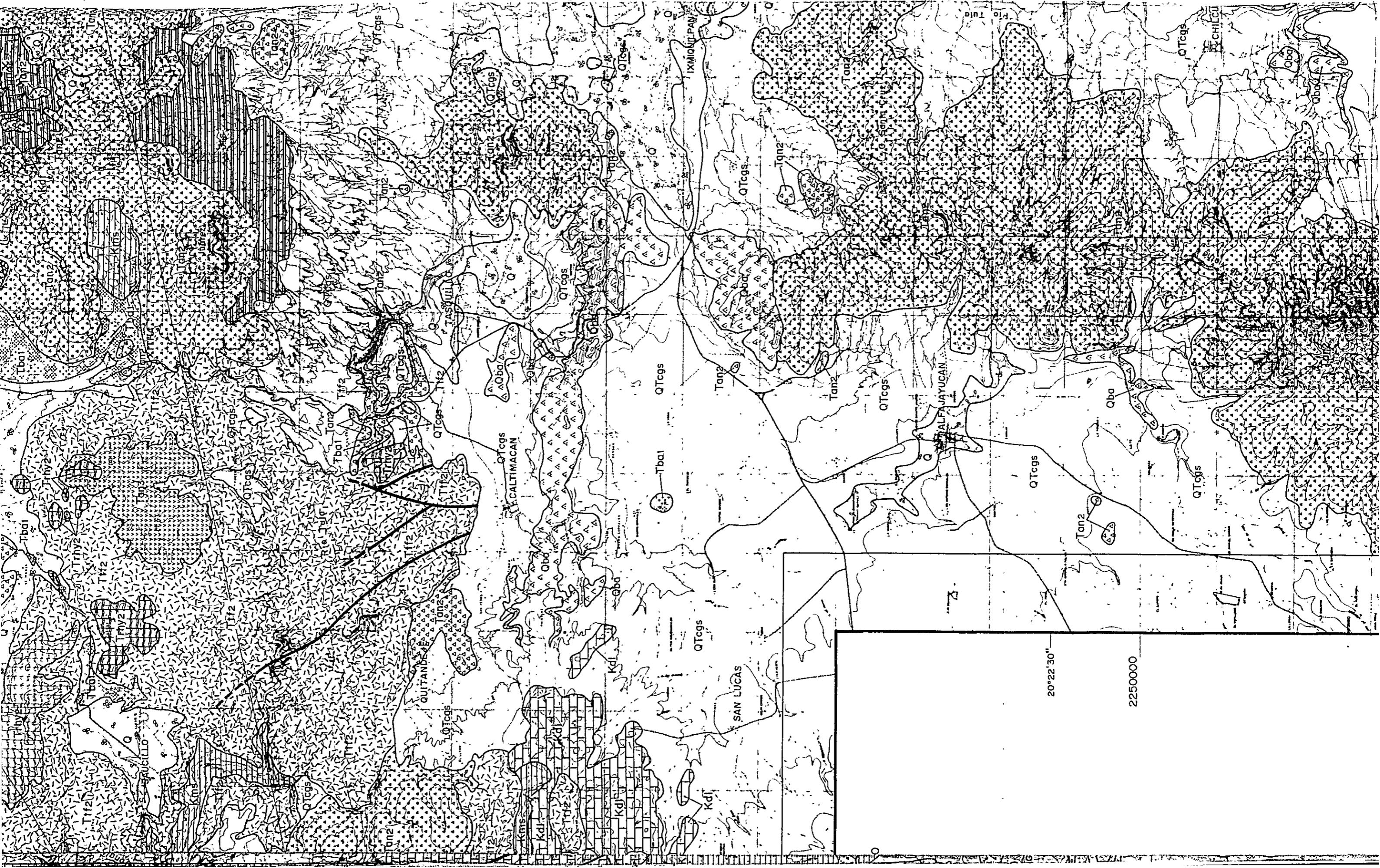
2320000

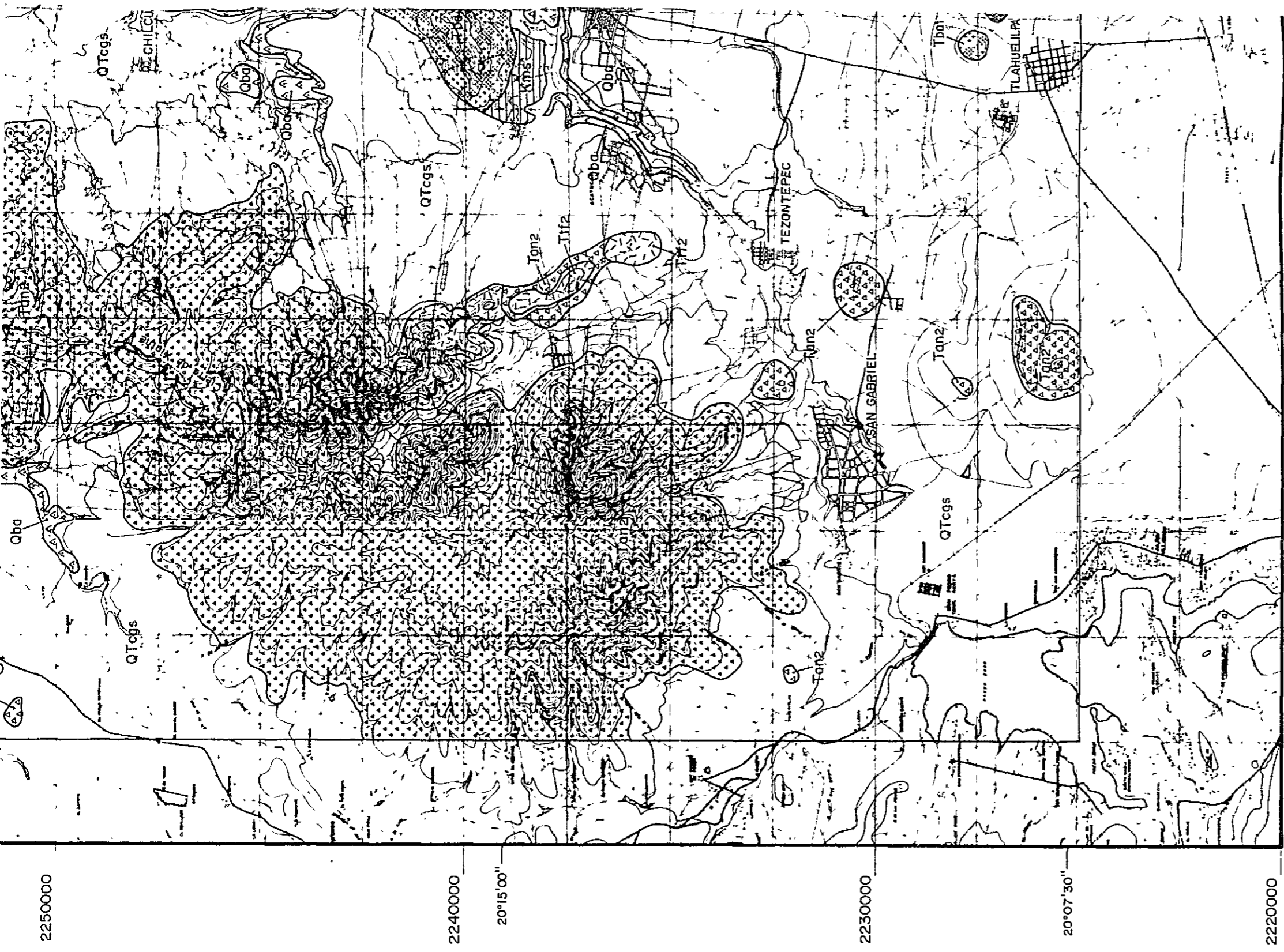
2310000

20°52'30"

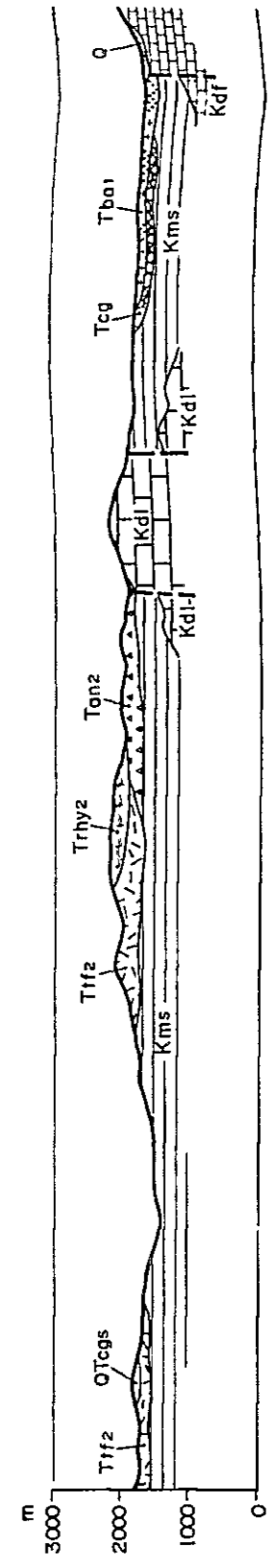
00



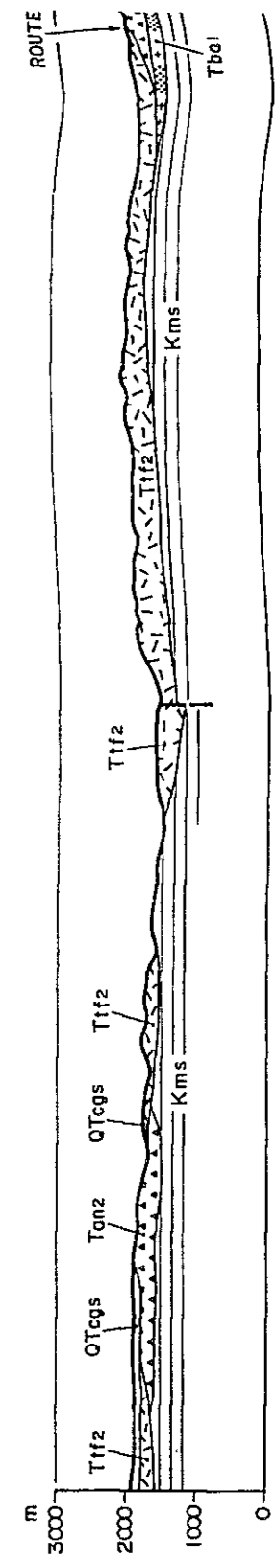


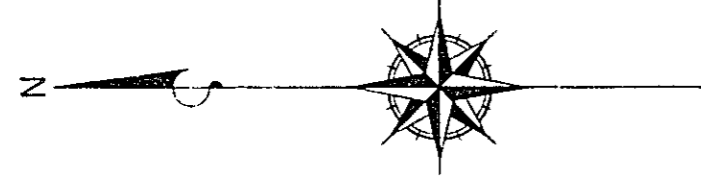


A



B





99°20'00"

460000

21°00'00"

2320000

2310000

20°52'30"

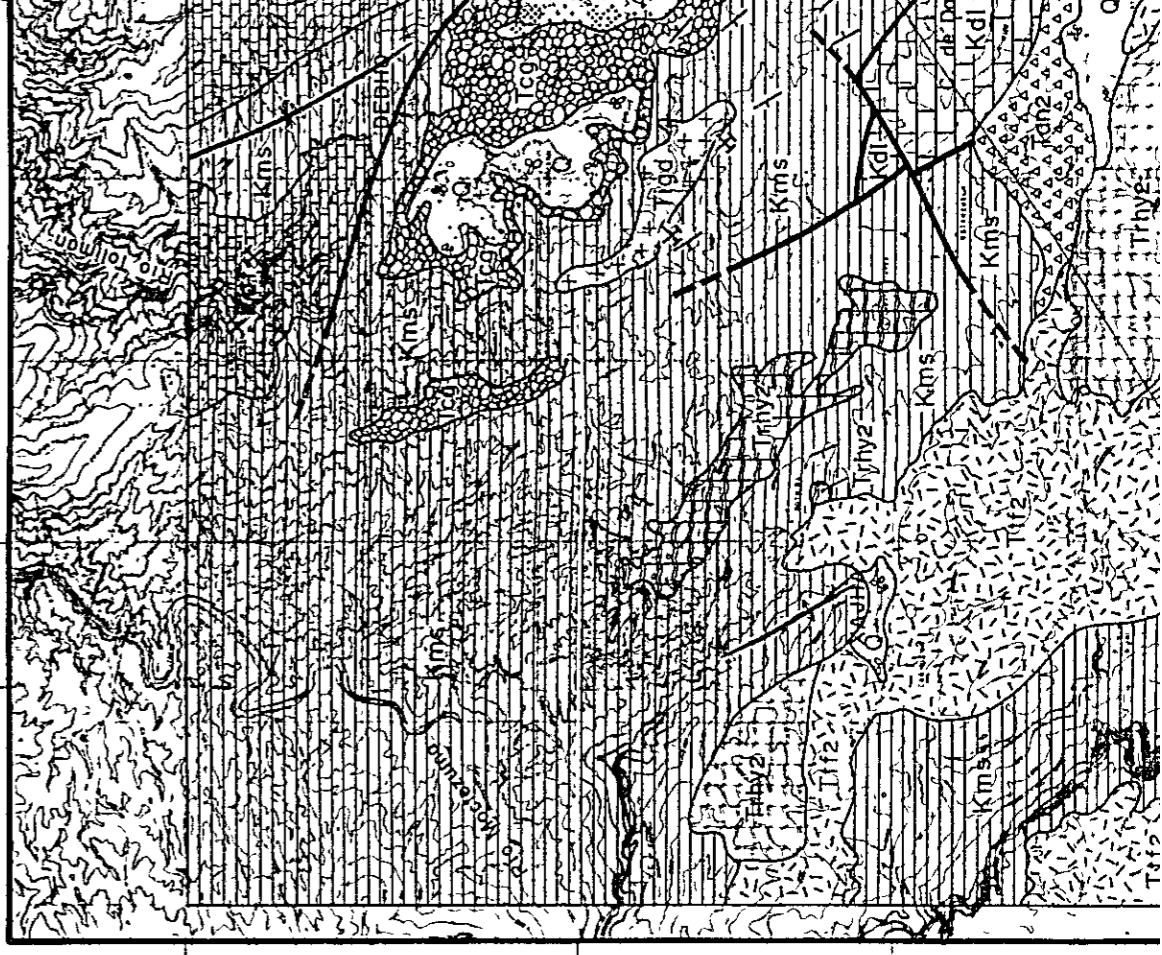
450000

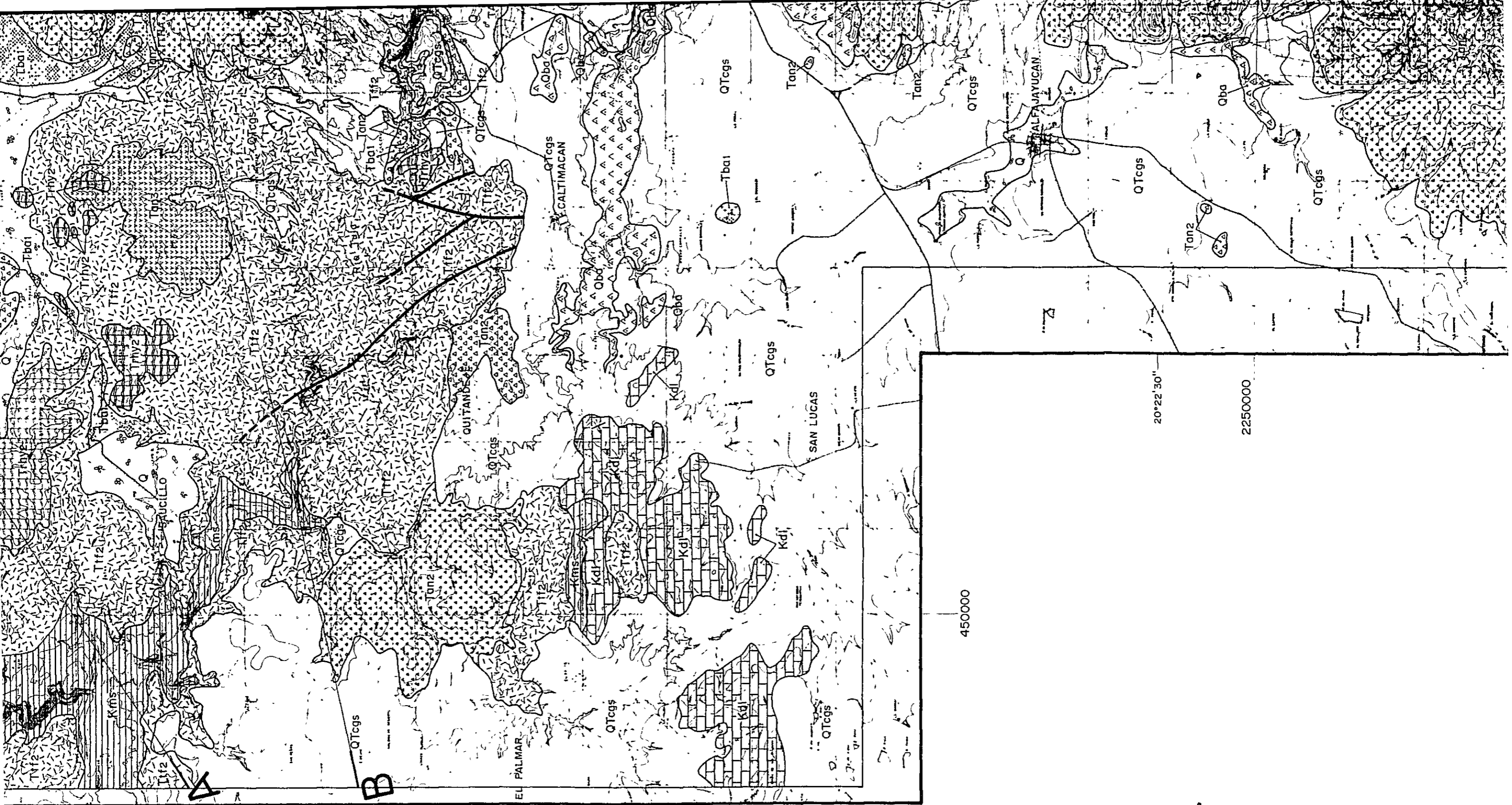
99°30'00"

2300000

20°45'00"

2290000





20°37'30"
2280000

2270000

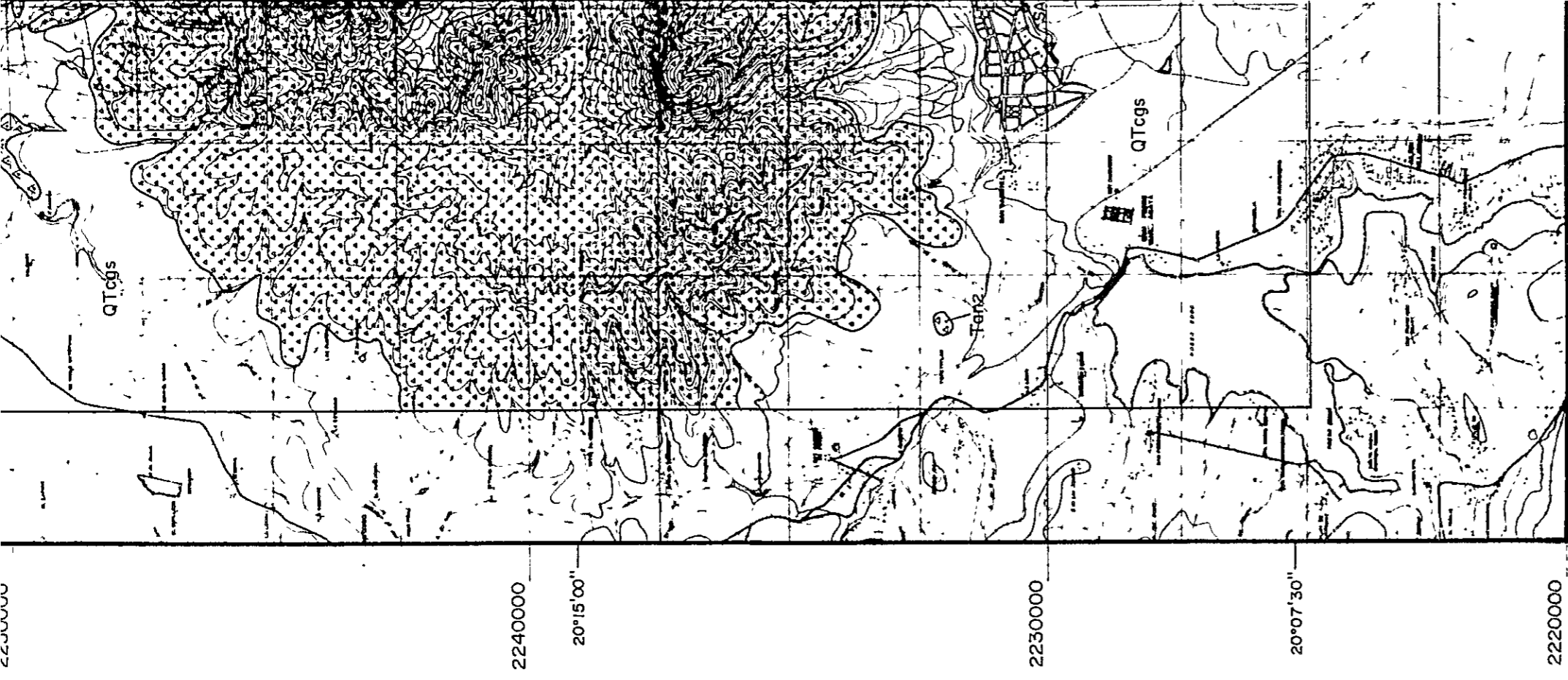
20°30'00"

2260000

450000

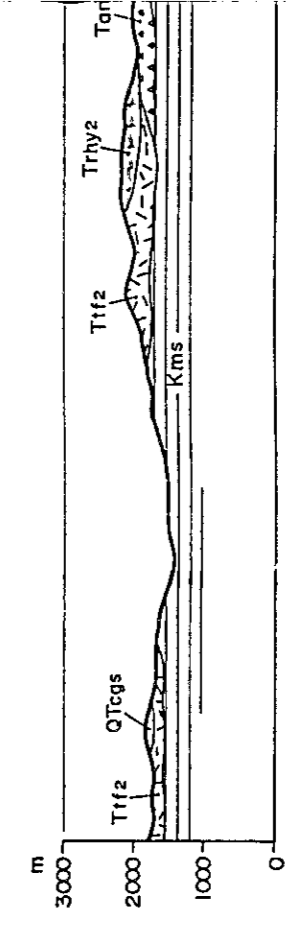
20°22'30"

2250000



460000

A



B

