



1A

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

Reconocimiento Geológico en Algunas Localidades Ultrabásicas Prospectando por Cromo y Níquel en la República Mexicana

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

p r e s e n t a :

JAIME NUÑEZ ESPINAL



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-101

Al Pasante señor JAIME NUÑEZ ESPINAL
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el -- Prof. Ing. German Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de INGENIERO GEOLOGO.

"RECONOCIMIENTO GEOLOGICO EN ALGUNAS LOCALIDADES ULTRABASICAS
PROSPECTANDO POR CROMO Y NIQUEL EN LA REPUBLICA MEXICANA"

Resumen

- I.- Introducción
 - II.- Petrogénesis de las rocas ultrabásicas
 - III.- Distribución de minerales de cromo y níquel en México
 - IV.- Posibilidades de encontrar grandes depósitos en México
 - V.- Conclusiones y recomendaciones generales
- Bibliografía
Planos e ilustraciones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de - lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio - Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispen - sable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 13 de enero de 1981
EL DIRECTOR

Ing. Javier Jiménez Espinú

JJE' MRV' mdb.

I N D I C E

	PAG.
RESUMEN	A.
I. INTRODUCCION	B.
I.1 OBJETIVO DEL TRABAJO	1
I.2 METODO DE TRABAJO	1
I.3 TRABAJOS PREVIOS	1
I.4 USOS DEL CROMO Y NIQUEL	2
I.5 ASESORIA	3
II. PETROGENESIS DE LAS ROCAS ULTRABASICAS	5
II.1 FORMAS DE EMPLAZAMIENTO	5
II.2 CLASIFICACION	5
III. DISTRIBUCION DE MINERALES DE CROMO Y NIQUEL EN MEXICO	6
DISTRIBUCION GEOGRAFICA	6
TAMAULIPAS	7
BAJA CALIFORNIA NORTE	13
BAJA CALIFORNIA SUR	17
SINALOA	22
GUERRERO	26
PUEBLA	36
CHIAPAS	39
IV. POSIBILIDADES DE ENCONTRAR GRANDES DEPOSITOS EN MEXICO	42
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES	46
BIBLIOGRAFIA	I.
ANEXO 1. - FOTOGRAFIAS	
ANEXO 2 - PLANOS	

R E S U M E N

En los Estados de Baja California Norte y Sur, Puebla, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Sinaloa y Tamaulipas se realizaron estudios de investigación, sobre cuerpos ultrabásicos prospectando por Cromo y Níquel principalmente, así como Asbesto, Talco y Cobalto. Dichos estudios se desarrollaron por medio de la comparación de yacimientos de Cromo y Níquel en el mundo, utilizando como método principal el comparativo por reconocimiento del ambiente geológico, forma de emplazamiento y muestreo generalizado para análisis químico.

Para los diferentes tipos de ocurrencia de los cuerpos ultrabásicos y Básicos asociados, se utilizaron las clasificaciones de Naldret (1973) y Streickensen (1978). Se piensa que estas son las de mejor aplicación dadas las condiciones geológicas existentes en el país.

Los resultados obtenidos de los estudios realizados en las diferentes áreas; la de Papanaoa - Petatlán, Gro., resultó ser la de mayor interés económico, debido a su alto contenido de Cr. y Ni, dejándose en segundo término algunas áreas de interés, como son: Baja California Sur, Oaxaca, Puebla y Sinaloa; descartándose otras como: Tamaulipas y Chiapas; debido a que los valores arrojados para Cromo y Níquel son -- menores a los normativos.

I. INTRODUCCION

De acuerdo a las necesidades que atraviesa el país, se ha visto la necesidad de incrementar e impulsar aceleradamente la tecnología para acrecentar en la misma medida a la industria. En este caso la industria minera, ha venido realizando, de acuerdo a la política establecida por el país, intercambios tecnológicos, ya sea con Universidades, Institutos y Dependencias Gubernamentales de otros países.

Ahora bien, el Consejo de Recursos Minerales, a través de la Gerencia de Estudios Especiales, ha establecido la prioridad inmediata sobre varios elementos que aparentemente son inexistentes en nuestro país, aparentemente, porque se presentan las condiciones geológicas; sin embargo, no se habían prospectado estos elementos o bien no se tenían las técnicas adecuadas para este tipo de prospecciones; y por consiguiente, el mencionado Consejo ha dispuesto todas las facilidades para la capacitación, desarrollo y elaboración de este tipo de trabajos.

Específicamente, el Cromo y Níquel son dos elementos que el país consume, pero el 100% proviene del extranjero; es decir, todo el consumo nacional proviene de la importación. Por otra parte, es necesario mencionar que los profesionales australianos se encuentran entre los más capaces para la prospección de estos elementos; por tanto, se propuso la asesoría de estos técnicos, para el desarrollo de un proyecto denominado Convenio Australiano Rocas Ultrabásicas, que en parte es tomado para el presente trabajo de tesis profesional.

I.1. OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo del trabajo es determinar la ocurrencia, forma de emplazamiento y relaciones geológicas de las rocas ultrabásicas, - asimismo se trata de establecer las zonas propicias para la concentración y evaluar en forma potencial el contenido de Cromo y Níquel principalmente; así como Pt, Co, Mo, Asbesto y Talco en las mismas rocas ultrabásicas y sus asociadas.

I.2. METODO DE TRABAJO

Los criterios principales para desarrollar los objetivos fueron: el comparativo por reconocimiento del ambiente geológico, su forma de emplazamiento y el muestreo generalizado para análisis químico.

Los trabajos realizados se dividieron en tres etapas:

- 1.- De reconocimiento; visitando áreas donde se tenía información de la ocurrencia de este tipo de rocas.
- 2.- De asesoría y muestreo en las zonas reconocidas.
- 3.- Selección de áreas de mayor importancia, en base a las observaciones hechas por los asesores y a las conclusiones del propio realizador.

De acuerdo con esto, se eliminaron algunas áreas, y se elaboraron nuevos planes de trabajo para las zonas de mayor interés.

I.3 TRABAJOS PREVIOS

Los trabajos efectuados en este tipo de rocas son escasos y locales, entre los que se pueden mencionar: los realizados por el C.R.M.

principalmente, o en colaboración con él, siendo éstos los efectuados por los Ingenieros: Guillermo P. Salas en el Cañón del Novillo, Tamps. (1970), Altamirano en la Península de Vizcaníno, B.C.S. (1975) Solís en Tehuiztingo, Pue. (1979), José J. de los Santos en Petatlán, Gro. (1977) y Clark, K.F. (1973), en Culiacán, Sin.

Así como también otros de gran importancia realizados por el Instituto de Geología de la UNAM, por los doctores, Ortega en Puebla (1978) y Tamaulipas (1978), Z. de Cserna en Tamaulipas (1977) y Guerrero (1978), J.C. Carfantanen Chiapas (1977) y C. Rangin en Baja California Norte (1976).

I.4. USOS DEL CROMO Y NIQUEL

El Cromo y el Níquel son dos elementos de gran importancia, -- principalmente la Industria de los metales. Pero además es fundamental en otras; tienen gran variedad de usos de entre los cuales destacan por su importancia los siguientes:

Para el Cromo; las cromitas son la única materia prima empleada para la obtención de ferrocromo, usada como adición en la fundición de aceros especiales de alta calidad. Al Cromo y al Cromo-Níquel además en la industria del metal, tiene enorme importancia en el cromado, es decir, el revestimiento con una delgada capa de cromo metálico a los distintos artículos de metal para evitar la corrosión. Cierta parte de las cromitas tienen aplicación en la industria química, en la fabricación de distintas pinturas estables, en la industria de los curtidos y en la fabricación de preparados químicos

(ejem: dicromatos). Las menas de más baja calidad, pobres en Cr_2O_3 y ricos en FeO y Fe_2O_3 se emplean también en la fabricación de ladrillos refractarios para recubrir hornos metalúrgicos.

Para el Níquel; el níquel es un metal de aleación y se emplea principalmente en los aceros al níquel y los hierros fundidos al níquel, de los cuales existen numerosas variedades; también se les emplea muchísimo en otras aleaciones, tales como latones y bronce al níquel y aleaciones con cobre (metal monel), cromo, aluminio, plomo, cobalto, manganeso, plata y oro.

Los aceros al níquel contienen de 0.5 a 7% de Ni, en los aceros de bajo níquel, y de 7 a 35% en los aceros de alto níquel, los hierros al níquel contienen de 0.5 a 7.5%, y las aleaciones de cobre - níquel, de 2.5 a 4.5%; el metal monel, 67% y las aleaciones especiales hasta el 80%. El níquel da a las aleaciones dureza, tenacidad y ligereza, así como cualidades anticorrosivas, eléctricas y térmicas. Por consiguiente, los aceros y aleaciones al níquel se prefieren para las partes en movimiento y sujetos a desgaste de innumerables máquinas, herramientas, árboles de transmisión, tornillos, ejes de ruedas y engranes de automóviles, aeroplanos, equipos ferroviarios, de energía eléctrica, agrícolas de trituración, minería, molinería y prensas, así como también, para la acuñación de monedas y niquelados.

1.5 ASESORIA

Se contó con la asesoría del Dr. Gay Travis, quien realizó visitas a los lugares reconocidos en la primera etapa del trabajo, -

SUSTANCIA	CROMO	NIQUEL	COBALTO	PLATINO	MOLIBDENO	TALCO	ASBESTO	HIERRO	TITANIO
MINERAL (ES)	a) CROMITA 1) ALTO CROMO 2) ALTO ALUMINIO 3) ALTO HIERRO	a) PENTLANDITA b) NICOLITA c) GARNIERITA	a) LINNAITA b) SIEGENITA c) COBALTITA d) CARROLLITA	PLATINO NATIVO	a) MOLIBDENITA b) WULFENITA	ESTEATITA	ASBESTO d) CRISOTILO b) BASTITA	a) PIRITA b) ARSENOPIRITA c) HEMATITA d) SIDERITA e) LIMONITA f) MAGNETITA	a) ILMENTA b) RUTILO c) TITANITA d) PEROVSQUITA
COMPOSICION Y PORCENTAJE	a) $(Mg, Fe^{2+})(Cr, Al, Fe^{3+})_2O_4$ 33 a 55% Cr_2O_3 1) 46% o más de Cr_2O_3 2) 20% Al_2O_3 y más de 60% de Al_2 y Cr_2O_3 combinada. 3) contiene 40-46% Cr_2O_3	a) $(Fe, Ni)_3S_8$ b) NiAs As=56.1% ; Ni=43.9% c) HIDROSILICATO DE MAGNESIO Y NIQUEL (Comúnmente secundario)	a) TEORICO (Laboratorio) 58.0% Co b) $(Co, Ni)_3S_4$ 20.4-26.0% c) $(Co, Fe)AsS$ 26.0-32.4% Co d) $(Co_2Cu)_4S_8$ 35.2-36.0% Co	Pt 100%	a) MoS_2 60% de Mo b) $PbMoO_4$ 39.3% de Mo	$H_2Mg_3(SiO_3)_4$	$H_4Mg_4Si_2O_9$	a) FeS_2 46.8% de Fe b) $FeAsS$ 46.0% de Fe c) Fe_2O_3 70.0% de Fe d) $FeCO_3$ e) $FeO \cdot 3H_2O$ 85.6% de Fe f) $FeO \cdot Fe_2O_3$	a) $FeTiO_3$ O=31.6 Ti=31.6 Fe=36.8 b) TiO_2 O=40.0% Ti=60.0% c) $CaTiSiO_5$ Si=30.6% $TiO_2=40.8%$, Ca=28.6% d) $CaTiO_3$ $TiO_2=58.9%$, Ca=41.1%
COLOR	NEGRO FIERRO ALGUNAS VECES ROJO AMARILLENTO	a) AMARILLO BRONCE CLARO b) ROJO PALIDO COBRE c) VERDE MANZANA	a) GRIS ACERO PALIDO b) _____ c) BLANCO PLATEADO	ACERADO GRIS PARDUSCO	a) GRIS PLOMO O AMARILLO ANARANJADO b) ROJO, GRIS, BLANCO	VERDE MANZANA, GRIS VERDOSO BLANCO O BLANCO PLATEADO	OLIVO A VERDE OSCURO AMARILLENTO, VERDE BLANCO	a) AMARILLO LATON PALIDO b) PLATEADO BLANCO c) ROJO, GRIS ACERADO NEGRO d) CAFE e) CAFE OSCURO A NEGRO f) NEGRO DE FIERRO	a) NEGRO FIERRO b) MORENO ROJIZO c) GRIS, AMARILLO, VERDE d) AMARILLO PALIDO
RAYA	MORENA	a) NEGRA b) NEGRA A MORENO PALIDO OPACO c) _____	a) _____ b) _____ c) NEGRA GRISACEA	GRIS BRILLANTE	a) NEGRA APLOMADA b) BLANCA	BLANCA	_____	a) NEGRA b) NEGRA c) ROJA OSCURA d) BLANCA e) CAFE AMARILLENTO f) NEGRA	a) SUBMETALICA b) MORENO PALIDO c) BLANCA d) INCOLORA, GRISACEA
LUSTRE	METALICO	a) METALICO b) METALICO c) OPACO	a) _____ b) _____ c) METALICO	METALICO	a) METALICO b) ADAMANTINO A VITREO	APERLADO GRASOSO	GRASOSO	a) METALICO b) METALICO c) METALICO A OPACO d) VITREO e) SUBMETALICO f) METALICO O SUBMETALICO	a) SUBMETALICO b) METALICO ADAMANTINO c) ADAMANTINO A HESINOSO d) ADAMANTINO

<p>FRACTURA</p>	<p>IRREGULAR QUEBRADIZA</p>	<p>a) IRREGULAR QUEBRADIZO b) IRREGULAR QUEBRADIZO c) IRREGULAR QUEBRADIZO</p>	<p>a) ——— b) ——— c) IRREGULAR</p>	<p>MELLADA</p>	<p>a) IRREGULAR b) SUBCONCODEA</p>	<p>—————</p>	<p>FIBROSA</p>	<p>a) IRREGULAR b) IRREGULAR c) IRREGULAR d) IRREGULAR e) ASTILLOSA, TERROSA f) IRREGULAR</p>	<p>a) CONCODEA b) SUBCONCODEA A "IRREGULAR" c) ——— d) IRREGULAR A SUBCONCODEA</p>
<p>DUREZA</p>	<p>5.5</p>	<p>a) 3.5-4.0 b) 5.0-5.5 c) ———</p>	<p>a) 5.5 b) ——— c) 5.5</p>	<p>4-4.5</p>	<p>a) 1.0-1.5 b) 4.5-5.0</p>	<p>1.0</p>	<p>5.0</p>	<p>a) 6 - 6.5 b) 5.5 - 6.0 c) 5.5 - 6.5 d) 4.0 e) 5 - 5.5 f) 6.0</p>	<p>a) 5 - 6 b) 6 - 6.5 c) 5 - 5.5 d) 5.5</p>
<p>PESO ESPECIFICO</p>	<p>4.3-4.57</p>	<p>a) 5.30-5.65 b) 7.33-7.67 c) 2.30-2.80</p>	<p>a) 4.8-5.0 b) ——— c) 6.0-6.3</p>	<p>14-21</p>	<p>a) 4.7 b) 6.0</p>	<p>2.8</p>	<p>2.5</p>	<p>a) 4.9 - 5.1 b) 6.0 - 6.2 c) 5.2 d) 3.9 e) 3.6 - 4.0 f) 5.1</p>	<p>a) 4.5 b) 4.18 - 4.25 c) 3.4 - 3.56 d) 5</p>
<p>TIPO DE YACIMIENTO</p>	<p>DEPOSITOS PRIMARIOS EN ROCAS ULTRAMAFICAS I) DEPOSITOS ESTRATIFORMES, EJ. BURNFIELD II) DEPOSITOS IRREGULARES (LENTECULAR O TABLAR) EJ. PENAL, ARIKARE EN E.U. DEPOSITOS SECUNDARIOS Y METALES ASOCIADOS EN SUELOS LATERITICOS CONTIENE 50% Fe 2.4% Cr₂O₃ 2.2-3% Ni</p>	<p>1) EN FORMA DE SULFUROS CON Ni, Fe PRINCIPALMENTE PENTLANDITA EJEM. CANADA, AUSTRALIA Y AFRIKA DEL SUR 2) EN SULFUROS REGULARES CON AMBIENTOS DE NIQUEL (NICOLITA) COBALTO Y COBRE, EJEM. CANADA Y E.U. 3) EN MINERIOS LATERITICOS EN PERIDOTITAS INCLUYE QUARTZ, PROXENITAS Y SERPENTINITAS (1.5 - 5.5% Ni) EJEM. NUEVA CALEDONIA VENEZUELA, BRASIL</p>	<p>1) DEPOSITOS HIPOBASICOS ASOCIADOS CON ROCAS INTRUSIVAS MAFICAS EJEM. SUDBURY, ONTARIO 2) DEPOSITOS EN CONTACTOS METAMORFICOS ASOCIADO A ROCAS MAFICAS EJEM. E.U. 3) DEPOSITOS LATERITICOS EJEM. CALIF., OREGON 4) SULFUROS MABIVOS EN ROCAS METAMORFICAS PRINCIPALMENTE DE ORIGEN VULCANICO-BEDIMENTARIO EJEM. IDAHO, E.U.</p>	<p>1) ESTRATIFORMES, EN COMPRESOS TABULARES EN UNA REPETICION VERTICAL DE UNA SECUENCIA DE CAPAS DE ROCA 2) COMPLEJOS ULTRAMAFICOS ASOCIADOS A CUERPO MAFICOS EJEM. ALABAMA 3) EJEMPLOS ALPINCOS, EJEM. RED MOUNTAIN Y NUEVA IDRA EN CALIFORNIA 4) PLACER</p>	<p>1) DEPOSITOS PORFIDICOS DISEMINADOS, INCLUYENDO STOCKWORKS Y BRECCIAS ALTERADAS EN ROCAS MAFICAS, EJEM. URAD COLORADO 2) EN ZONAS DE METAMORFISMO DE CONTACTO EN CUERPOS SILICATADOS ADYACENTES A ROCAS INTRUSIVAS, GRANITICAS, EJEM. LPS, CHINA 3) VETAS DE CUARZO EJEM. REC RIVER, NUEVO MEXICO 4) DIQUES DE APLITAS Y RESMATITAS</p>	<p>MINERAL DE ORIGEN SECUNDARIO, SE HA FORMADO POR ALTERACION DE SILICATOS MAGNECIANOS NO ALUMINOSOS COMO CRISOLITA, HIPERSTENA, ANFIBOL, ETC EJEM. TEXAS, CALIFORNIA POR METAMORFISMO DE CONTACTO EN ROCAS DOLOMITICAS, EJEM. SE. DE CALIFORNIA</p>	<p>1) DEPOSITOS DE CRISTITO EN SERPENTINITA MABIVA, EJEM. NORTEAMERICA TIPO QUEBEC</p>	<p>1) MAGNETITA-HEMATITA EN CUARCITAS 80-90% 2) HEMATITA-SIDERITA FACIES SEDIMENTARIAS 30% 3) SIDERITA EN ROCAS CARBONATADAS 30-90% 4) MAGNETITA EN TRENÇOS Y VETAS 5) ROMBIZOMORFO NITAZOMATICO</p>	<p>SE ENCUENTRA FRECUENTEMENTE EN VETAS O GRANDES MASAS AISLADAS CERCA DE LOS BORDES DE LA ROCA IGNEA EN LA QUE SE SUPONE SE FORMO POR DIFERENCIACION LOCAL O CRISTALIZACION FRACCIONADA SE ENCUENTRA TAMBIEN A VECES EN ROCAS METAMORFICAS</p>
<p>ESPECIFICACIONES GENERALES</p>	<p>EL CROMIUM EN ELEMENTO ASOCIADO A LA RIZA CON MAGNESIO Y NIQUEL EN ROCAS ULTRAMAFICAS (PERIDOTITAS, PROXENITAS Y SERPENTINAS) CON UN RANGO NORMAL DE 100-1400 PPM Y UN PROMEDIO DE 1800 PPM EN UN GABRO-BASALTO CONTIENE 200 PPM EN UN GRANITO 1 PPM</p>	<p>EN ROCAS ULTRAMAFICAS (QUARTZ, PERIDOTITAS, Y PROXENITAS) 0.1 - 0.3% Ni ROCAS MAFICAS (BASALTO, GABRO) 0.018 Ni ROCAS INTERMEDIAS 0.0055% Ni ROCAS ACIDAS 0.0008% Ni</p>	<p>1) SULFUROS DE Fe, Ni, Cu CON UN CONTENIDO DE 0.01% Cu 2) DEPOSITOS DE HEMATITA, CALCOPITA Y PIRITA COBALTIFEROS FORMADO POR EL CONTACTO METAMORFICO DE ROCAS CARBONATADAS POR SULFURACION DE DIABASA 3) EN CUERPOS DE ROCA DE PERIDOTITA Y SERPENTINA COMERCIALMENTE LOS CUERPOS CONTIENEN 40-50% Fe, 10-20% Ni, 0.001-0.01% Cu 4) LOS SULFUROS MABIVOS CONSISTEN PRINCIPALMENTE DE PIRITA Y PIRROTITA, O 4 - 6.5% Cu</p>	<p>1) GRUPO DE MINERALES DE PLATINO ESTABA ASOCIADO A ROCAS ULTRABASICAS Y CONTIENEN 15-20% Ni, 0.001-0.01% Cu EN MEXICO NO SE CONDEN DEPOSITOS COMERCIALES DE PLATINO</p>	<p>LA MOLIBDENA ES LA PRINCIPAL MENA DE MOLIBDENO LAS FUNDICIONES UTILIZAN CONCENTRADOS DE 47-50% DE MOLIBDENO, NI MAS DE 20% DE COBRE 0.15% DE PAL ESTARDO Y 8.0% DE CUARZO</p>	<p>EL TALCO CON FRECUENCIA ESTA ASOCIADO A SERPENTINA, ESQUISTO TALCOSO O CLORITICO Y DOLOMITA Y FRECUENTEMENTE CONTIENE CRISTALES DE DOLOMITA</p>	<p>1) LOS DEPOSITOS DE ASBESTO EN ROCAS ULTRAMAFICAS (PERIDOTITA Y PROXENITAS) DONDE UNA PARTE ALTERA A SIFERENTINA</p>	<p>LA INDUSTRIA DE FIERRO Y ACERO REQUIERE DE UNA AMPLIA VARIEDAD DE ESPECIFICACIONES MABIVO PERMISIBLE DE AZUFRE ES DE 0.01-0.02% FOSFORO DE 0.001-0.008% ARSEN 0.001-0.002% ESTADNO 0.008% ZINC 0.2% ALUMINO 0.01-0.02% TAMBIEN EXISTEN ESPECIFICACIONES PARA EL CONTENIDO DE MANGANESO CROMO Y NIQUEL</p>	<p>OCURRE COMO UN COMPONENTE ACCERORICO EN MUCHAS ROCAS IGNEAS, TOMANDO EL LUGAR DE LA HEMATITA, ESPECIALMENTE EN GABRO Y DIORITAS, ES UNO DE LOS PRINCIPALES CONSTITUYENTES DEL MAGMA QUE CRISTALIZA</p>

aportando observaciones y recomendaciones, así como la manera de mues
trear y diferenciar los tipos de rocas pertenecientes a este grupo.
Además y de manera directa, se contó con la asesoría del Ing. Jorge
Nieto Obregón, Jefe del Departamento de Investigación Aplicada de la
Gerencia de Estudios Especiales.

II. PETROGENESIS DE LAS ROCAS ULTRABASICAS

II. 1. FORMAS DE EMPLAZAMIENTO

La mayoría de los estudios realizados en este tipo de rocas, coinciden en que existe una estrecha relación entre la composición de la roca y la forma de emplazamiento.

Ahora bien, existen dos formas principales de emplazamiento: la primera establece que su ocurrencia es a manera de intrusiones, derivadas de un magma relativamente líquido y de composición peridotítica, la segunda, como emplazamiento dinámico, debido a esfuerzos tectónicos, es decir, que la intrusión de estos cuerpos no se efectuó en forma de magma sino como masas cristalinas sólidas, (Hess y Bowen en Huang W. T., 1968), todas estas provenientes directamente del manto superior y/o antiguo piso y corteza oceánica (Wyllie, P. J., 1969).

II. 2. CLASIFICACION

Existen varias clasificaciones en este tipo de rocas; de entre éstas, se ha elegido las elaboradas por Naldrett, A. J. (1973) y Streickensen (1978) que se basan en la composición química y petroológica, en las asociaciones de campo y su ambiente tectónico; la de Naldrett se utiliza para las asociaciones de campo y ambiente tectónico; la de Streickensen para la composición química y petroológica. Estas clasificaciones se pueden aplicar más acertadamente, debido a las condiciones geológicas existentes en el país. Anexándose a continuación dichas clasificaciones.

Naldrett A.J. (1973).- Nickel Sulfide Deposits - Their Classification and Genesis with special emphasis on deposits of association.

C L A S E

A. Cuerpos asociados con cinturones orogénicos

1.- Contemporáneas

Con vulcanismo eugeosinclinal

i) Sills y Complejos

Diferenciados por gravedad

a) Subtipo rico en ultramáficos

Intrusionada al tiempo de la secuencia eugeosinclinal o antes.

i) Sulf Ni (Sills)

b) Subtipo anortositico

Algunas han cristalizado antes del plegamiento.

ii) Lentes ultramáficos

Asociado con vulcanismo concordante con la estratificación volcánica. No hay movimientos post-consolidación durante el plegamiento.

Ni-Sulfuros lentes muy importantes.

2.- Cuerpos de tipo Alpino

Relacionadas a zonas de placer convergentes.

Pobre en (Ni).

i) Grandes hojas "obduccionadas"

i) Hojas sobre material continental volcánica o sedimentario (idem en Arcos de Islas).

ii) Complejos Ofiolíticos

ii) Con cuerpos empujados en Flysch.

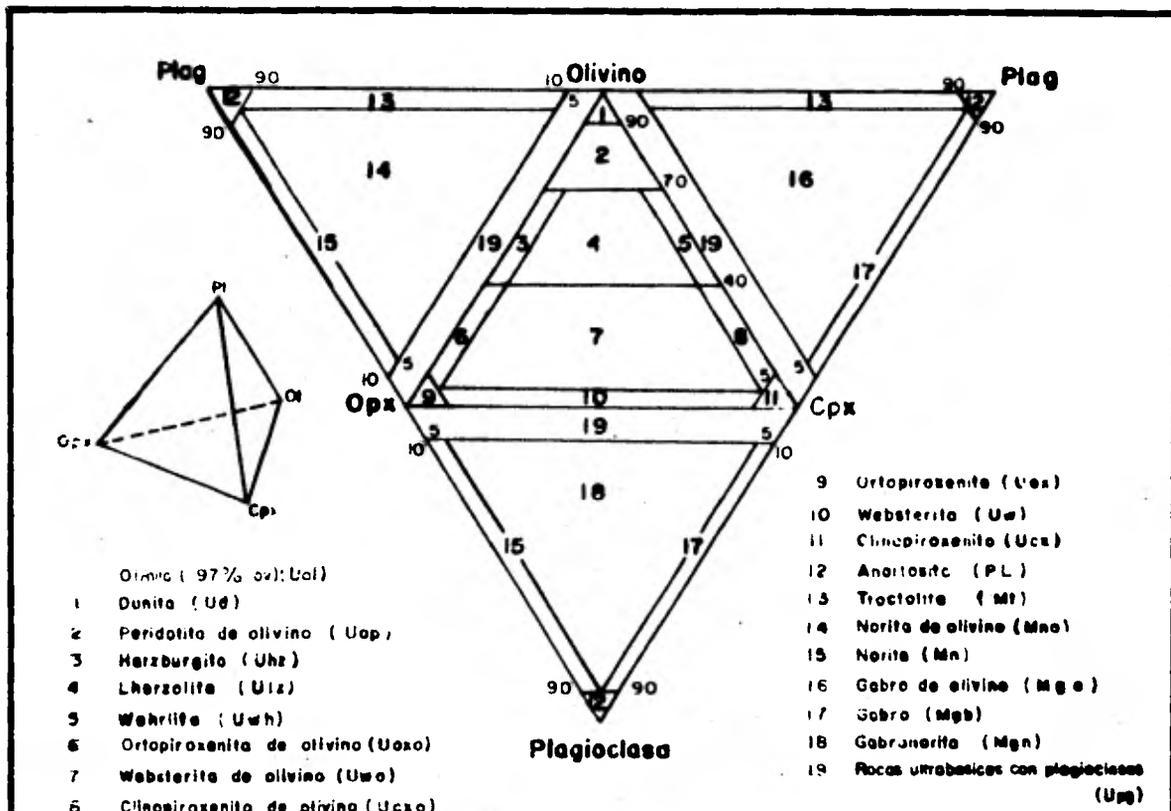
iii) Complejos Ofiolíticos deformados y bloques cáoticos en terreno de Melange.

iii) Con bloques cáoticos diferenciados.

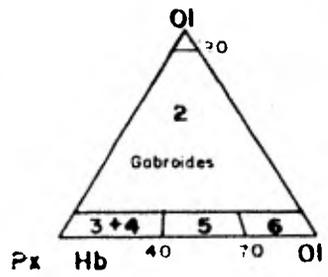
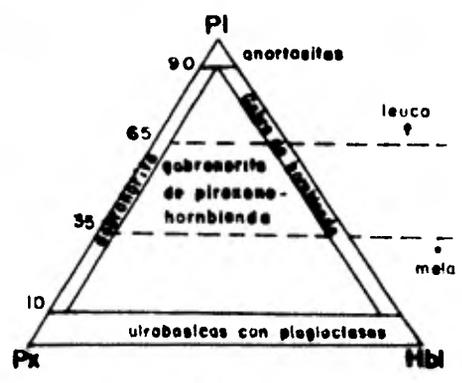
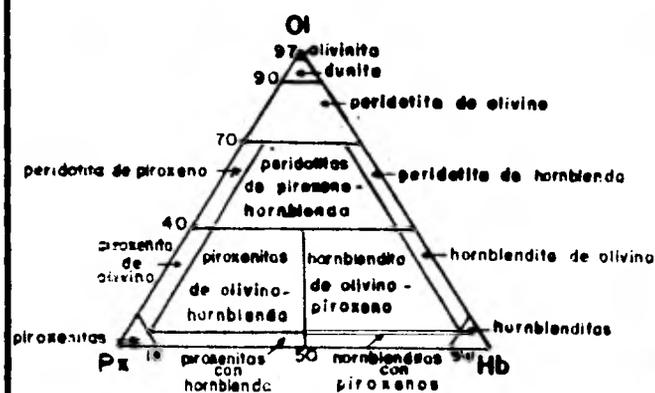
iv) Posibles diapiros. s.

iv. Posibles diapiros en zonas de altura. Se interpretan como parte de litósfera oceánica de las capas 2 y 3 de la corteza oceánica.

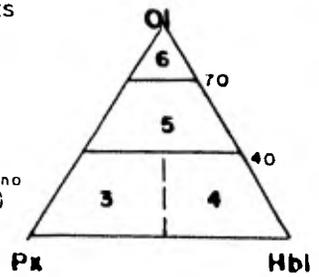
- | | | |
|---|--|-----------------|
| 3.- Intrusiones zonadas del tipo alaska. | Intrusiones en cinturones orogénicos durante o después del plegamiento, pero antes del emplazamiento de batolito granítico. Sucesiones de intrusiones cada vez más ultrabásicas y por el centro de la antigua intrusión. | Pobre (Nis) |
| 4.- Intrusiones asociadas con suturas corticales. | Fallas mayores en cinturones móviles. Plegamiento complejo metamorfismo de alto grado y debilidad cortical - poco estudiados. Ejemplo de English River Manitoba. | Sulf. de Ni |
| B.- Cuerpo de zonas más estables | | |
| 5.- Grandes complejos estratigráficos. | Bauhued, Sillwater Sudbury-En cratones estables. Diferenciados in situ por cristalización fraccionada. Remisión de magma residual. | Sulf. de Ni |
| 6.- Grandes sills, equivalentes intrusivos de flujo de basalto. | En cratones con fallas de bloque, levantamiento epirogénico y extrusión de basalto. Cristalización fraccionada relacionada con basaltos. | |
| 7.- Intrusiones de medio tamaño - asociado a vulcanismo no orogénico. | Zonas no orogénicas - Cristalización fraccionada relacionada en ocasiones con rocas volcánicas. | Ni-Sulf. (URRS) |
| 8.- Pequeños diques a intrusivas asociados con vulcanismo no orogénico. | Amplia variedad de intrusivos del rango toleítico-alcalino asociado con actividad volcánica. Puede ser Paleozoico o Terciario. | |
| 9.- Rocas alcalinas ultrabásicas en complejos anuales y "Pipes" de kimberlitas. | Son numerosos y ocurren en cratones. | |



- Olivino (97% ol): Uol)
- 1 Dunita (Ud)
 - 2 Peridotita de olivino (Uop)
 - 3 Herzburgita (Uhz)
 - 4 Lherzolitita (Utz)
 - 5 Wehrilita (Uwh)
 - 6 Ortopiroxenita de olivino (Uosa)
 - 7 Websterita de olivino (Uwo)
 - 8 Clinopiroxenita de olivino (Ucoa)



- CAMPOS GENERALES**
- 1 Anortositas (PL)
 - 2 Gabroides (Mg)
 - 3 Piroxenitas (Upx)
 - 4 Hornblenditas (Uhb)
 - 5 Peridotitas (Uod)
 - 6 Ultrabásicas ricas en olivino (Uol)



CLASIFICACION Y NOMENCLATURA DE ROCAS MAFICAS Y ULTRAMAFICAS (MODIFICADA DEL SISTEMA IUGS)

III. DISTRIBUCION DE MINERALES DE CROMO Y NIQUEL EN MEXICO

DISTRIBUCION GEOGRAFICA

Se han visitado diferentes lugares de la República Mexicana con el propósito de detallar la ocurrencia de rocas ultrabásicas y básicas asociadas, así como la posible mineralización existente de cromo y níquel como son:

- a) TAMAULIPAS
(Cañón del Novillo)
- b) BAJA CALIFORNIA NORTE
(Real del Castillo)
- c) BAJA CALIFORNIA SUR
(Península de Vizcaino)
- d) SINALOA
(Poblado San Antonio)
- e) GUERRERO
PAPANOA (Cerro Tamarindo)
PETATLAN (Cerro Loma Baya)
- f) PUEBLA
(Tehuizingo)
- g) CHIAPAS
(Motozintla)



- ⊕ Area de Mayor Importancia
- Area de Menor Importancia

Nota en importancia en el sentido de magnitud y concentración mineralógica de los cuerpos de afloramientos

- Ciudades importantes
- ▨ Localidad Urbánica Reconocida

UNAM	FAC DE ING
Tesis Profesional	
MAPA DE LOCALIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AREAS RECONOCIDAS.	
Feb. 1981	Jaime Núñez E.

TAMAULIPAS-CIUDAD VICTORIA (CAÑON DEL NOVILLO)

INTRODUCCION

En esta área se han efectuado varios estudios con objetivos diferentes, algunas veces con sentido económico, y otras de investigación. Entre los primeros, se tienen los de Salas (1970) prospectando por Asbesto; Priego de Wit (1972), para Cromo y Níquel. Entre los segundos, están los realizados por Ortega (1978), Cserna (1977) y Ramírez (1978).

En esta área afloran rocas Sedimentarias, Igneas y Metamórficas; cuyas edades van del Precámbrico al Reciente.

La serpentinita es el cuerpo de interés que se presenta emplazado en el Esquisto Granjeno de edad Paleozoica.

I. ASPECTOS GEOLOGICOS

a) LOCALIZACION

El área de trabajo se localiza aproximadamente a 12 Km. al Oeste de Cd. Victoria, Tamps., en el Cañón del Novillo (Arroyo El Barbón, Las Latas y El Tigre).

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

Las rocas representativas del Precámbrico son las pertenecientes al Gneiss Novillo, este nombre fué propuesto por Fries y Rincón-Orta (1965); para designar al gneiss bandeado en capas alternantes claras y oscuras con abundantes granate, que afloran en el -

Cañón del Novillo.

El gneiss tiene una estructura que varía de bandeada con alternancia de bandas claras y oscuras a masivas, predomina la bandeada. Las bandas claras son feldespáticas y cuarzo-feldespáticas mientras que las oscuras son ricas en piroxeno y granate.

Dentro del Gneiss Novillo (Ortega op. cit.) reconoce tres miembros, que en orden estructural ascendente son: ortogneiss bandeado, nelsonítico y meta-anortosítico. Los ortogneises se formaron inicialmente a partir de un cuerpo gabroide-anortosítico (?).

De acuerdo con Carrillo Bravo (1961) y de Cserna (1977), el Cámbrico está representado por una cuarcita, denominada cuarcita La Presa, se le ha asignado esta edad por métodos radiométricos.

Tanto el contacto inferior como el superior de esta formación, son discordantes. Esta cuarcita descansa sobre el Gneiss Novillo y subyace al Esquisto Granjeno. En algunos lugares la formación desaparece por accidentes tectónicos (Fallas ?).

Continuando con el Paleozoico el Ordovícico está representado por el Esquisto Granjeno de un espesor aproximado de 500 m, sobreyaciendo algunas veces al Gneiss Novillo y otras a la cuarcita La Presa, en contacto discordante y algunas veces por falla.

El Esquisto Granjeno, es un esquisto de grano fino, formado por moscovita, clorita, cuarzo y materia carbonosa, representa la parte baja de las facies de esquisto verde presentando además, algunos cuerpos metavolcánicos. Asimismo, se ha establecido la exis-

tencia de un cuerpo serpentinitico, formando cuerpos alargados en el sentido de la foliación. Existe además una íntima relación entre la serpentinita y el esquisto, debido a que fueron afectados por la misma fase de metamorfismo.

El Conglomerado Naranjal representa la parte basal de las rocas paleozoicas no metamorfoseadas, está constituido por un agregado, cantos y guijarros del Gneiss Novillo, Cuarcita La Presa y del Esquisto Granjeno; con un espesor aproximado de 40 m; su contacto inferior es discordante.

Este Conglomerado a su vez, está cubierto por una secuencia fosilífera de calizas, lutitas y sedimentos de tipo flysch, con un espesor de unos 340 m, que representa el intervalo comprendido desde el Silúrico Medio hasta el Mississippico Temprano.

Esta secuencia sedimentaria poco deformada está cubierta, en discordancia angular, igualmente por una secuencia sedimentaria no metamorfoseada, con fauna del Pensilvánico Temprano; de un espesor aproximado de 200 m. Otra discordancia separa a estas rocas, de las rocas sedimentarias más altas del Paleozoico, que forman un flysch, y que alcanzan un espesor de más de 1,000 m. Esta secuencia es de edad Pérmica Temprana.

El mesozoico sobreyace discordantemente y en forma angular. Pertenecientes al Triásico-Jurásico, afloran las capas rojas continentales de la formación Huizachal. Estas capas cubren al flysch del Pérmico Temprano; en el área el espesor estimado es de aproximadamente 2,000 m; Carrillo-Bravo (1961) le asigna una edad que va del

TABLA ESTRATIGRAFICA DEL NOVILLO, TAMAULIPAS

ERA	SISTEMA	SERIE	P I S O	CANONDE LA HUAS TECA. N.L.	AREA GALEANA- ARAMBERRI N.L.	CANONDEL NOVILLO - PEREGRINA	
CEZCO	TERCIARIO						
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	HAESTICHTIANO				
			SENON	CAMPANIANO		Fm. MENDEZ	Fm. MENDEZ
			SANTONIANO		Fm. SN. FELIPE	Fm. SN. FELIPE	
			CONIACIANO				
			TURONIANO	Fm. INDIDURA	Fm. AGUA NUEVA	Fm. AGUA NUEVA	
			CENOMANIANO	Fm. C. del CURA	C. del CURA	Fm. TAMAULIPAS SUPERIOR	
		MED	ALBIANO	Fm. AURORA	Fm. AURORA		
			APTIANO	Fm. PENA	Fm. PENA	Fm. PENA	
			NEOCOM.	BARREMIANO	Fm. CUPIDO	Fm. CUPIDO	Fm. CUPIDO
				HAUTERIVIANO			
				VALANGIANO	Fm. TARAISES	Fm. TARAISES	Fm. TARAISES
			BARRIASIANO				
	SUPERIOR	TITONIANO					
		DIXTRIKMER	BONONIANO	GPO. CASITA	Fm. CASA	Fm. CASA	
			HAVRIANO				
			SECUANIANO	GPO. ZULUAGA	Fm. OLVIDO	Fm. ZULUAGA	
		ARGOVIANO					
		DIVISIANO					
CALLOVIANO							
BATONIANO							
BAJOCIANO							
TRIASICO	INF	LIASICO			Fm.	Fm.	
		KETIANO			Fm. HUIZACHAL	Fm. HUIZACHAL	
		NORIANO					
		CARNIANO					
PALEOZOICO	INF MED SUP	PERMICO					
		CARBONIFERO				CAL. ARE. Y LUTS.	
		DEVONICO				CAL. LUTS. Y SEDS.	
		SILURICO				TIPO FLISH	
		ORDOVICICO				GRANJENO	
		CAMBRIICO				CUARCITA LA PRESA	
		PRECAMBRICO				ONEIS NOVILLO	

Triásico Superior al Jurásico Inferior.

Discordantemente, sobreyaciendo a los lechos rojos, se encuentra una secuencia evaporítica y calcárea de la Formación Zuloaga, correspondiente al Jurásico Superior.

La secuencia descrita se encuentra cubierta concordantemente por una serie de unidades, cuyas edades fluctúan del Cretácico Inferior al Terciario Inferior (Paleoceno). Los contactos son a la vez que concordantes, transicionales. El Reciente está representado por depósitos de pie de monte y aluviones, presentes en los valles y en los lechos de los arroyos.

2.- YACIMIENTOS MINERALES

La serpentinita muestra en su estructura una serie de pliegues muy cerrados, definidos por bandas alternantes de colores verde claro y verde oscuro pudiendo corresponder ésto, al bandeamiento original magmático, diferenciado de una antigua peridotita. (Ortega, - op. cit.).

En ejemplares estudiados petrográficamente, la serpentina corresponde a dos variedades: una es crisotilo y la otra es bastita, encontrándose ambos minerales como pseudomorfos, remplazando respectivamente al olivino y al ortopiroxeno. Por consiguiente, se trata de una harzburgita totalmente serpentinizada (Ortega, op. cit.)

La serpentinita se ha interpretado como producto de alteración de un dique estrato de rocas básicas y ultrabásicas, que se alojó en el Esquisto Granjeno durante el Ordovícico. De Cserna (1977) observa sobre la geometría entre el esquisto y la serpentinita que: "Estas

relaciones sugieren que el esquisto probablemente llegó a su posición actual mediante deslizamiento encima de una sustancia altamente móvil que en este caso ha sido la serpentinita. Esta masa deslizante, al no encontrar obstáculos en su movimiento se plegó y la serpentinita ha sido forzada e inyectada hacia arriba en las áreas anticlinales".

La nelsonita se presenta en cuerpos lenticulares alargados, en forma de diques irregulares, cuyo espesor varía desde unos centímetros a más de 40 m, con una orientación N55°W-90° se encuentra en el contacto de la meta-anortosita con el ortogneis bandeado.

b) ASPECTO ECONOMICO

La deformación del cuerpo serpentinitico ha sido muy importante, debido a ésto, presenta grandes cantidades de asbesto de fibra deslizada. Encontrándose también asbesto variedad crisotilo, el que, Salas (1970), lo compara en calidad con los de Canadá y E.U.A., con una ley media de 5.55%

En cuanto a Ni y Cr, las posibilidades en este cuerpo son - prácticamente nulas, debido a la intensa deformación experimentada por éste.

El estudio geoquímico del área, llevado a cabo por el C.R.M. (Priego, 1972, y el Proyecto Rocas Ultrabásicas, 1980), arrojó valores que se consideran normativos para rocas ultrabásicas. Los valores límites son en ppm:

Ni	Cr	Co	Cu
2500	3500	85	7
125	63	80	30

El análisis químico parcial de una nelsonita presentado por Ortega (op. cit.) arroja los siguientes datos: 33.15% de TiO_2 , 30.03% de FeO , 19.85% de CaO , 16.20% de P_2O_5 y 0.63% de $Fe+Cl$.

Con respecto al Talco, no se observó ninguna concentración importante de dicho mineral.

c) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- De acuerdo a los resultados obtenidos por el CRM en el Laboratorio Físico-Químico, para Cromo y Níquel, el área queda descartada, ya que los valores arrojados son normativos y aún menores; restringiéndose sólo para asbesto y la misma serpentina, que actualmente se encuentra en explotación para fines metalúrgicos.

2.- Debido a su complejidad, se recomienda ahondar en los estudios de investigación, con el propósito de aclarar la evolución geológica de esta área, y la unificación de teorías.

BAJA CALIFORNIA NORTE - Ensenada - Real del Castillo

INTRODUCCION

Esta zona ha sido objeto de múltiples estudios con objetivos mineros debido a que en sus alrededores existen concentraciones auríferas, en forma de placeres y vetas. Estas mineralizaciones se presentan relacionadas directamente con el batolito californiano. Algunos placeres son de gran importancia como los acumulados en el gran valle intermontano de Ojos Negros.

En la región, existen rocas matasedimentarias, metavolcánicas, esquistosos, gneisicas, básicas, ultrabásicas y graníticas.

1.- ASPECTOS GEOLOGICOS

a) LOCALIZACION

El área de estudio se localiza al Este de Ensenada y al Norte de Real del Castillo; tiene acceso por la carretera Ensenada-San Felipe, a la altura del Km 38, existe una desviación de 3 Km hacia -- Real del Castillo, a partir de donde por caminos vecinales se puede llegar a los Cerros Portezuelo y Delicias, que junto con lomeríos - circundantes, constituyen el área de estudio.

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

La estratigrafía que se presenta en el área de trabajo, corresponde a la prolongación de la Sierra Nevada, en E.U.A.; el rasgo más sobresaliente es el Batolito californiano.

El Paleozoico está representado por esquistos y gneises pelíticos; existen también hornfels de cordierita, muscovita y anfibolita. Los cuerpos básicos y ultrabásicos están incluidos en esta unidad, los cuales están constituidos por: gabros, pórfidos gabroicos y dioritas correspondientes a los cuerpos básicos e intermedios, -- mientras que las ultrabásicas son: harzburgita serpentizadas con horizontes de talco, anfibolitas (hornblendita con piroxenos) y esquistos de serpentina.

En los estudios realizados hasta la fecha, a esta unidad no se le ha determinado una edad específica; se le considera como rocas paleozoicas, debido a sus relaciones estratigráficas y al estilo metamórfico diferente que presenta, con respecto a la Formación Alisitos.

Las rocas paleozoicas están cubiertas por la Formación Alisitos, la cual está constituida por sedimentos clásticos y rocas biohermales (Hayama y Silva, 1978) metamorfoseadas. Los estudios radiométricos fechas a la Formación Alisitos del Aptiano-Albiano.

Las rocas del batolito californiano son las que más ampliamente se encuentran distribuidas. Gastil (et. al., 1971) ha datado a estas rocas con una edad entre 110 y 60 m.a., presentando variaciones de granitos, cuarzomonzonitas, granodioritas y dioritas, así mismo una serie de intrusiones básicas.

Se puede decir que existen dos fases de metamorfismo; la primera anterior al de la Formación Alisitos, y la segunda, provocada por los efectos del batolito californiano.

2.- YACIMIENTOS MINE RALES

a) FORMA DE EMPLAZAMIENTO

De acuerdo a las características que presentan las rocas paleozoicas, el cuerpo de rocas ultrabásicas se ha interpretado como un Sill diferenciado por gravedad, asociado a una zona eugeosinclinal.

b) ASPECTO ECONOMICO

Desde el punto de vista económico, la porción W del Cerro - Portezuelo es de atractivo interés, debido a un depósito de talco, que aunque de poca magnitud es de buena calidad; éste se encuentra alojado en la harzburgita serpentinizada.

Los valores reportados por el laboratorio Físico-Químico del C.R.M. para Cromo y Níquel, fueron menores que los normativos, (298 y 140 ppm respectivamente) por lo que esta área queda descartada para dichos elementos.

c) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. En el Cerro Las Delicias se ratifica más claramente que los cuerpos ultrabásicos tienen relación genética directamente con las rocas paleozoicas puesto que están alojadas en éstas; existe una relación espacio-temporal con el Batolito Californiano, durante el emplazamiento de ambos cuerpos.

2. De acuerdo a las características geológicas y en especial a las dimensiones aflorantes de los cuerpos ultrabásicos, -

esta área tiene interés en el sentido estructural. Se descarta la posibilidad de que pudieran existir concentraciones de Cromo y Níquel y puesto que las dimensiones de los horizontes de talco no son económicamente explotables, el área queda, por el momento, eliminada.

BAJA CALIFORNIA SUR (GUERRERO NEGRO, PENINGULA DE VIZCAINO,
PUERTO NUEVO.

INTRODUCCION

Esta localidad es de gran importancia geológica, puesto que es la única parte en la República en la que se puede observar claramente una serie ofiolítica. Se puede determinar cada uno de los -- miembros en la que están emplazados los depósitos podiformes de cro_mita, los que han sido sujetos a estudios detallados, principalmente los realizados por el C.R.M. en su residencia de La Paz, con objetivos económicos, así como otros con carácter de investigación.

1. ASPECTOS GEOLOGICOS

a) LOCALIZACION

Esta localidad se encuentra ubicada en lo que se ha denominado Península de Vizcaíno; se tiene acceso por caminos de brecha, que parten de Guerrero Negro hacia San José de Castro-Puerto Nuevo-Bahía de Tortugas. Se toma Puerto Nuevo como punto base, ya que las áreas de interés se encuentran alrededor de éste. La principal de todas es El Tigre; se localiza a 5 Km al W de Puerto Nuevo y tiene un acceso más fácil por el mar.

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

Para la Península de Vizcaíno, se presenta una variedad de rocas, que incluyen sedimentarias, ígneas (volcánicas y plutónicas) y metamórficas.

Las rocas metamórficas que constituyen la Sierra de Vizcaíno están representadas por esquistos de clorita-epidota y actinolita-gaucófono (Mendoza, 1979). Dicha secuencia se interpreta como basamento sedimentario, metamorfoseado durante el Devónico y Pérmico, - representan rocas de zona eugeosinclinal.

La serie ofiolítica está representada en orden estructural - ascendente por: peridotitas, dunitas, harzburgitas, piroxenitas, gabros (en forma de grandes cuerpos masivos) y derrames basálticos -- subacuáticos con estructuras de pilow-lavas. Debido a que los minerales de las Pilow -lavas presentan extinción ondulante, se supone que, éstas han sido sometidas a esfuerzos; todas se encuentran serpentinizadas en varios grados. Junto con las relaciones estratigráficas observadas en campo, y las conclusiones de varios autores, se ha determinado una edad Mesozoica para esta serie ofiolítica, probablemente jurásica.

Discordantemente y en posición estructural inversa sobreyace a la serie ofiolítica una secuencia sedimentaria, correspondiente a la Formación Eugenia; en su base está constituida por: lutitas de color café verdoso y capas delgadas de areniscas; en su parte superior se presentan estratos potentes de areniscas de grano medio a grueso con intercalaciones de conglomerados, así como tobas arcillosas, se ha establecido una edad correspondiente al Jurásico Superior. Gastill (1971) reporta Belemnites sp en muestras colectadas en Punta Eugenia, considerados del Jurásico Superior-Cretácico Inferior; por consiguiente, esta unidad podrá considerarse del Cretácico Inferior, ya que es el intervalo de tiempo que le corresponde a este fósil índice.

TABLA ESTRATIGRAFICA DE LA PENINSULA DE VIZCAINO, B.C.S.

ERA	SISTEMA	SERIE	P I S O	CUENCA DE VIZCAINO MINA (1957).	DEPRESION DE VIZCAI- NO, LOZANO (1974).	AREA ESTUDIADA		
CENOZOICO	CUTERNARIO		RECIENTE					
			PLEISTOCENO	ALUVION	ALUVION	ALUVION		
	TERCIARIO		PLIOCENO	ALMEJAS	ALMEJAS			
			MIOCENO	Tortugas / Tortugas	CONONDI / TORTUGAS			
			OLIGOCENO					
			EOCENO	BATEQUE	BATEQUE			
	PALEOCENO	Mai- arrimo	SEPULTURA	SEPULTURA				
C R E T A C I O	JURASICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO	VALLE SALITRAL	VALLE SALITRAL			
			SENON			CAMPANIANO		R. PLUTO NI- CAS
			SANTONIANO					
			CONIACIANO					
			TURONIANO					
		MED	CENOMANIANO	EUGENIA				
		INFERIOR	ALBIANO					
		APTIANO						
		MEOCOMI	BARREMIANO					
	HAUTERIVIANO							
	VALANGIANO							
	BERRIASIANO							
	TITONIANO							
	SUPERIOR	KIMMER	BONONIANO		SN. HIPOLITO	EUGENIA	EUGENIA	
		HAVRIANO						
		SECUNIANO						
		OXF.	ARGOVIANO					
		DIVISIANO						
CALLOVIANO								
MED		BATONIANO	SAN HIPOLITO					
BAJOCIANO								
INF		LIASICO						
TRIASICO		KETIANO		FRANCISCAN	FRANCISCAN			
		NORIANO						
		CARMIANO						
PALEO.								

Discordantemente sobreyace a la Formación Eugenia la Formación Valle, la que se ha dividido en tres miembros; inferior, medio y superior; el miembro inferior está constituido por lutitas arenosas y limolitas; el medio está representado por lutitas arenosas y limolitas con intercalaciones de conglomerados; el superior contiene areniscas con intercalaciones de lutitas y como una característica principal, presenta concreciones arenosas. Alison (1957), le asigna una edad del Albiano Superior-Cenomaniano inferior en base a la determinación de la amonita Mariella, colectada en Bahía de Tortugas.

Sobreyaciendo en discordancia angular a la formación descrita anteriormente, se encuentra la Formación Tortugas, de edad Mioceno. A esta última unidad, se sobrepone concordantemente la Formación Almejas, perteneciente al Plioceno.

Por último, los depósitos más recientes son los Cuaternarios, constituidos por aluviones y depósitos de piamonte.

1.- YACIMIENTOS MINERALES

a).- FORMAS DE EMPLAZAMIENTO

Las rocas ultrabásicas son las más importantes, puesto que en ellas y en sus productos de alteración se alojan depósitos podiformes y disseminaciones de cromita; además vetillas y mantos de magnetita.

Las estructuras podiformes típicamente ofiolíticas, forman rosarios de lentes, identificados hasta con 40 m de longitud (Corona y Saldaña, 1976).

De acuerdo con Naldrett el área corresponde a cuerpos de tipo alpino "Complejo Ofiolítico".

b).- ASPECTO ECONOMICO

Desde el punto de vista económico, las rocas ultrabásicas son las más importantes, debido a sus depósitos podiformes, diseminaciones y filones de cromita; mantos de magnesita y vetillas, las que algunas veces se encuentran en arreglos de stock work.

Los principales depósitos de cromita se localizan en El Tigre y áreas circundantes. El filón más extenso tiene 40 m. de longitud y 5 m. de anchura promedio. Se presentan también pequeñas bolsas de cromita, de hasta 1.5 m. de espesor en la serpentinita, con concentraciones hasta de 48% de Cr_2O_3 (Altamirano, 1975). Mendoza y Aparicio (1979), reportan cromita en un 5% en dunitas, considerando roca con cromo diseminado aquella que contiene 2% ó más.

En San José de Castro, la magnesita se aloja en andesitas metamorfizadas y serpentinitas, en forma de folones extensos de 50 m. de ancho y 200 m. de longitud, asociados a fallamientos y con una orientación N 50°W. Su origen es hidrotermal, posiblemente relacionado el emplazamiento de los intrusivos monzoníticos y cuarzomonzoníticos que afloran cercanos a esta zona.

c).- GENESIS

Los yacimientos minerales metálicos asociados a series ofiolíticas se dividen en dos grupos: los depósitos podiformes y depósitos de sulfuros. A esta área corresponden los depósitos podiformes

de cromita, interpretados como producto de segregación magmática del manto, es decir, un yacimiento ortomagmático por segregación; en donde la mineralización tiene relación directa con las harzburgitas, - peridotitas y dunitas existentes en el área.

Existe además un hidrotermalismo representado por los diferentes grados de serpentización que presentan las rocas y por los depósitos de magnesita. Este hidrotermalismo es posterior a la cristalización y al mismo emplazamiento de la serie ofiolítica.

Siguiendo el patrón estructural de la serie ofiolítica, los depósitos podiformes así como también las diseminaciones y filones, en conjunto están orientadas N 80°W.

d).- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Debido a las características y dimensiones de los depósitos podiformes de cromita aflorantes en superficie, el área queda con restringido valor económico; se toma en consideración solamente como modelo de depósitos podiformes de cromita, en una serie ofiolítica.

2.- No obstante, dado que los depósitos podiformes de cromita son de buena calidad, se recomienda incrementar los estudios geológicos, para que den la pauta, y determinar si dichos depósitos se continúan en el subsuelo.

3.- A causa de las condiciones geológicas existentes en El Tigre, se recomienda clasificar esta área, como una zona de interés didáctico y de reserva .

SINALOA - Culiacán (Poblado San Antonio)INTRODUCCION

De esta área no se conocen informes de estudio, excepto los realizados por el Consejo de Recursos Minerales, en un proyecto conjunto CRNNR-CONACYT de 1972-1973, realizado por el Dr. Kenneth Clark, basado en que anteriormente se contó con la referencia de la existencia de una mina de Níquel, reportada en un trabajo elaborado por González Reyna (1956).

1.- ASPECTOS GEOLOGICOSa) LOCALIZACION

La zona de trabajo está localizada a 27 Km al Noroeste de Culiacán, en el Cerro El Vigia, teniéndose acceso por una brecha que une al poblado San Antonio con esa Ciudad.

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

Las rocas más antiguas en el área están representadas por calizas con horizonte de lutitas, a las que se les ha fechado con una edad Cretácico Medio.

En la aureola de metamorfismo de contacto se observan hornfels, debido a la intrusión del batolito sinaloense que afecta a la caliza junto con sus horizontes de lutitas; a su vez, ésta presenta recristalización por metamorfismo regional.

Al batolito sinaloense se le ha asignado una edad del Cretácico Superior - Eoceno (Henry y Fredrikson, 1972); constituido --

principalmente por granodioritas, presentando variaciones desde -- granitos, hasta gabros y dioritas. En algunos lugares se observan Xenolitos de composición básica, incluidos en la granodiorita.

Sobreyaciendo discordantemente a los sedimentos calcáreos re cristalizados y al batolito, se encuentra una secuencia de tobas de composición andesítica-riolítica, a las que se les ha determinado una edad tentativa del Terciario Medio.

Clark, et. al (1972-1974), reportan una unidad de rocas ultra básicas, y las agrupan en los términos de eclogitas y troctolitas, en donde las primeras podrían corresponder a una roca metamórfica, producto de metamorfismo regional ó plutónico, formada a extrema presión y elevada temperatura; su aparición se limita a áreas de escudos precámbricos y las segundas corresponderían al clan del gabro en las que el olivino y la plagioclase cálcica son los principales minerales constitutivos, sin llegar a ser hiperalcalinos. Por lo que a juicio del que escribe, la terminología es confusa.

2.- YACIMIENTOS MINERALES

a) FORMA DE EMPLAZAMIENTO

La zona enriquecida se encuentra en una brecha de falla, que probablemente corresponde a una estructura tipo "Breccia - Pipe", fuertemente solificada y cloritizada, constituida por fragmentos de riolita, granodiorita y diorita. Por otro lado, puesto que en toda el área no existen rocas ultrabásicas, la mineralización de Ni y Co que se presente, se relaciona directamente con una fuente a

profundidad, la que afectó hidrotermalmente a la brecha de falla, postbatolítica y post-cuerpos básicos. Los cuerpos básicos pueden corresponder a una diferenciación magmática del batolito sinaloense.

b) ASPECTO ECONOMICO

Los principales minerales de níquel presentes en el área son: nicolita y garnierita, así como también sulfuros de Fe y Cu.

La nicolita y granierita se presentan en vetillas hasta de 1 cm, promedio, distribuidos irregularmente a lo largo de la brecha de falla. Los sulfuros de Fe y Cu, se presentan diseminados y alojados en la matriz de la brecha de falla.

El área de brechamiento, que corresponde a la zona de enriquecimiento, tiene un espesor de 1.5 m, cuya orientación es de 30° al S.

Clark, et. al (op. cit.) reporta valores hasta de 496,000 ppm de Ni, con 22 de Pt y 1,580 de Sb, mientras que el laboratorio Físico-Químico del C.R.M., reportó 41,000 ppm, de Ni y 11,900 ppm de Co, en material seleccionado del terreno de la brecha de falla.

Travis (1978), en muestras analizadas en la W.M.C., reporta 1.42% de Ni, 3.35% de Co y 38% de As, sugiriendo que este yacimiento pueda corresponder a un ambiente similar al hidrotermal de mineralización Fe, Ni, Co y As, aunado al Pt, Pd y Au,

Por lo tanto el área tiene importancia, puesto que es el único lugar en México donde existe níquel asociado con sulfuros.

c) GENESIS

De acuerdo a las características presentadas en el área, la mineralización se originó a partir de una fuente a profundidad; por lo que a este yacimiento se le clasifica como un yacimiento hidrotermal, involucrando presiones y temperaturas muy altas, dada la asociación mineralógica presente.

d) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- De acuerdo con los resultados obtenidos por: Travis (1978), Delgado et. al. (1980), Clark et. al. (1974), arrojan conjuntamente valores altos de Ni, Co, Pt, Sb y As; puede también existir Pd y Au (Travis, op. cit.) y no existiendo rocas ultrabásicas expuestas en el área, se trata de una asociación clásica de los yacimientos de origen hidrotermal. Por consiguiente, se recomienda encauzar la exploración, tanto geológica como geoquímica, para esta asociación, tomando como principales elementos el Au, Pt y Pd, quedando en segundo término el Ni, Co, As y Cu, ya que las características del yacimiento son menos favorables para éstos en superficie; tal vez se pueden encontrar mayores concentraciones de sulfuros en profundidad.

2.- No existen rocas ultrabásicas aflorantes en el área, y de acuerdo a las características descritas, es necesario considerar la terminología usada por Clark (et. al 1974) con mucha reserva.

GUERRERO - Papanoa - Petatlán.INTRODUCCION

El área Papanoa-Petatlán ha sido objetivo de múltiples estudios, entre ellos destacan dos de aspecto económico realizados por el CRM en prospecto de Asbesto, a cargo de la Residencia Chilpancingo; así como los de investigación por parte del Instituto de Geología de la UNAM (de Cserna et. al. 1977)

Estratigráficamente el área está representada por rocas que varían en edad, desde el Paleozoico al Reciente.

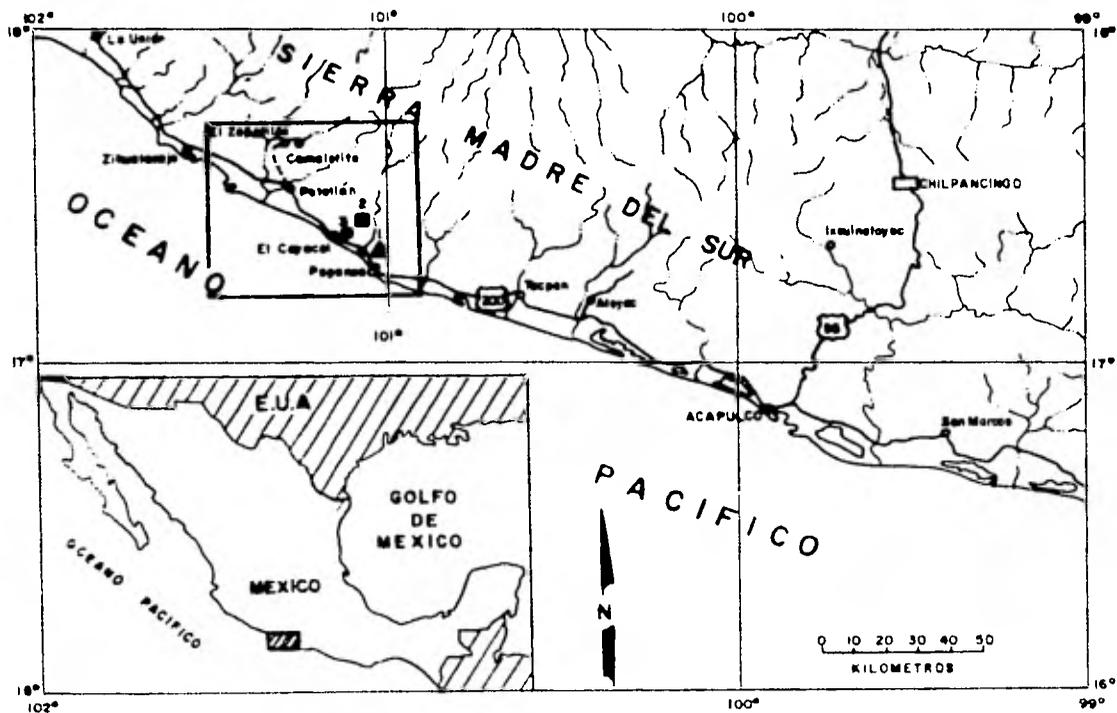
En el aspecto económico, las rocas más importantes son las ultrabásicas que afloran en los cerros El Tamarindo y Loma Baya y los pequeños cuerpos básicos serpentinizados, incluidos dentro del Complejo Xolapa.

Específicamente para esta área, el trabajo se realizó en dos etapas: Gabinete y Campo.

1.- ASPECTOS GEOLOGICOSa) LOCALIZACION

El área se localiza en el Km 160 de la Carretera Acapulco-Zihuatanejo. Específicamente las zonas de mayor interés correspondientes al área Papanoa son: Cerro El Tamarindo, Puerto Escondido, Cerro Microondas y Piedra Tlalcoyunque, que se localizan al Sur y Sureste del poblado Papanoa; se tiene acceso a éstas, por brechas y veredas

PLANO DE LOCALIZACION AREA PAPANOA - PETATLAN, GRO.



- 1.- CERRO EL TAMARINDO ▲
- 2.- LOMA BAYA ■
- 3.- PUNTA EL CALVARIO ●

vecinales. La correspondiente a Petatlán es Loma Baya; tiene acceso por la brecha del Arroyo Seco, hacia el Abrojal.

b) METODO DE TRABAJO

El trabajo se realizó en dos etapas:

Gabinete: En la primera fase de esta etapa, se seleccionó la bibliografía de zonas en las que se reportaban asbesto, talco, Ni - y/o Cr, según el plano geológico-minero del Estado de Guerrero (CRM); se consultaron los trabajos realizados teniendo en cuenta las sustancias mencionadas y en base al reporte anual 1979. (Rocas Ultrabásicas) se seleccionaron zonas de prioridad.

En la segunda fase y de acuerdo a los resultados obtenidos - (reconocimiento de ambiente geológico), se elaboró un plano geológico de lineamientos, identificados éstos en imágenes de Satélite Landsat 1 escala 1:1,000,000, con el propósito de establecer un patrón estructural. Esta información se vació en planos de la Defensa Nacional, escala 1:100,000, con el objetivo de facilitar el trabajo en el campo.

Tercera fase; una vez seleccionadas e identificadas las zonas de mayor interés económico, se realizaron dos compósitos: el primero incluye las hojas Zihuatenejo, Petatlán y San Luis de la Loma, escala 1:200,000, el segundo cubre parte de las hojas Petatlán y San Luis de la Loma, escala 1:50,000, de la Defensa Nacional.

En la cuarta fase; se mandaron a realizar restituciones fotogramétricas de las áreas de mayor importancia (Cerros Loma Baya y - Tamarindo), con el objeto de tener un control topográfico más exacto.

Campo: Se divide en dos fases: En la primera se visitaron las zonas en las que se tenía información de ocurrencia de asbesto, talco, níquel y/o Cromo, se muestrearon y cartografiaron las siguientes áreas: Cieneguillas, La Palapa, Cerro Botella, El Guamilón, Camalotitos y Rincón Mamey, todas ellas se encuentran incluidas dentro -- del Complejo Xolapa. Se presentan pequeños cuerpos a manera de diques y lentes, cuya composición varía desde esquistos de serpentina, serpentinitas, anfíbolitas serpentinizadas y cuerpos básicos serpentizados.

Se realizaron reconocimientos en Punta El Calvario, formado por un yacimiento de fierro relacionado con cuerpos básicos y pequeños diques ultrabásicos; éstos afectan al macizo granítico. Este -- cuerpo se encuentra delimitado por dos grandes fallas inversas y se ha clasificado como yacimiento de reemplazamiento metasomático. Los principales minerales constituyentes de este yacimiento son: magnetita y hematita.

En el área de Puerto Escondido afloran harzburgitas, serpentinitas y anfíbolitas; se observan pequeños lentes pegmatíticos de anfíbolas, las primeras se ponen en contacto por falla con andesitas pseudoestratificadas, epidotizadas. Es común observar pequeños lentes de asbesto de fibra cruzada, en cantidades no explotables.

Esta exploración permitió identificar nuevas áreas de ocurrencia de rocas ultrabásicas, tales como: Loma Baya, Piedra Tlalcoyunque, Cerro Microondas y Cerro Tamrindo; éstos dos últimos corresponden a la continuación de Puerto Escondido. Se puede apreciar la

no homogeneidad litológica de este cuerpo, (Cerro Tamarindo), es decir, de harzburgitas existen variaciones a serpentinitas, peridotitas serpentinizadas y anfibolitas; se observa en el contacto entre el macizo granítico y el cuerpo ultrabásico, cuerpos básicos e intermedios, mineralizados con sulfuros de Fe y Cu (gabros, dioritas y diabasas), emplazados paralelamente a la orientación del Cuerpo Ultrabásico.

Estos desaparecen en las cabeceras, donde el cuerpo ultrabásico se pone en contacto con el macizo granítico.

También se presentan afloramientos aislados del Complejo Xolapa, a manera de remanentes o colgantes, ocasionados por el emplazamiento del macizo cristalino. Además se observa en el contacto del macizo cristalino y los cuerpos básicos, una zona de contaminación por fusión parcial en el emplazamiento; ésta se encuentra representada por xenolitos y relleno de fracturas, por material de composición básica, y en algunos casos ultrabásica.

A la Piedra Tlalcoyunque se le ha considerado como un macroxenolito de composición peridotítica dentro del macizo granítico, en base a su ubicación, dimensiones (30 m. de diámetro aproximadamente) y relaciones estratigráficas. Presenta un dique anortosítico (?) y además apófisis del ultrabásico, los que intrusionan al macizo cristalino, siendo éstos más bien de composición básica. Esto es atribuible a una asimilación magmática del granito hacia el cuerpo ultrabásico al tiempo de su emplazamiento.

En Loma Baya existe una gran similitud con el Cerro Tamarindo, tanto en su composición como en su forma de emplazamiento; este lugar presenta una serie de serpentinitas, peridotitas serpentinizadas y anfibolitas, de igual forma asociadas a cuerpos básicos paralelos a la orientación del cuerpo ultrabásico. Es notoria la presencia de sulfuros de Fe y Cu diseminados en los cuerpos básicos y el macizo granítico, por lo que el yacimiento se hace más interesante desde el punto de vista económico. Dichos cuerpos básicos desaparecen también en las cabeceras, donde el cuerpo ultrabásico en su cabecera norte se pone en contacto con el Complejo Xolapa y en la Sur con el macizo granítico.

La zona se caracteriza por estar afectada hidrotermalmente y la serpentina por presentarse en relleno de fracturas, indicando el sentido de flujo del emplazamiento.

En la última fase de la etapa de campo, se verificaron los lineamientos, con el objeto de tener un control estructural, se mapearon y muestrearon, tanto los lineamientos como los cuerpos de rocas ultrabásicas. Asimismo se seleccionaron las áreas de mayor interés económico (Loma Baya, Cerro Tamarindo, Puerto Escondido y Piedra Tlalcoyanque), las que se cartografiaron con el propósito de conocer su magnitud real (dimensiones de los cuerpos ultrabásicos) y sus asociaciones mineralógicas.

C) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

El área está constituida por rocas cuya edad varía desde el Paleozoico hasta el Reciente. Las rocas paleozoicas están represen

tadas por el Complejo Xolapa, el cual, en la zona de trabajo presenta dos miembros claramente reconocidos: El miembro inferior está -- constituido por gneises de la fase cuarzo-feldespática, con una orientación de la foliación preferencialmente al NE 50° SW y con una intensidad de 20° al SE. El miembro superior está formado por un esquisto de mica (biotita-moscovita), en el que se encuentran emplazados cuerpos básicos y ultrabásicos parcialmente serpentinizados: los planos de esquistocidad de esta roca tienen la misma orientación que el miembro inferior. El contacto entre ambos miembros, bien podría ser por falla o por un pequeño hiatus, no llegando a establecerse con claridad.

Tanto las rocas gneisicas como los esquistos, se derivan de sedimentos pelíticos depositados en una zona eugeosinclinal. Según Klesse (1968) para el miembro inferior, el metamorfismo que dió lugar al esquisto corresponde a la fase de almandina - anfibolita, durante el Paleozoico. Económicamente el Complejo Xolapa puede ser importante, debido a la ocurrencia de cuerpos y lentes ultrabásicos, - así como básicos serpentinizados. La Formación Ixcuinatoyac sobreyace discordadamente al Complejo Xolapa; tiene una probable edad - Paleozoica; está constituida por filitas, cuarcitas, rocas metavolcánicas (de composición andesítica y basáltica) y tobas volcánicas andesíticas. Todas estas rocas fueron identificadas claramente, en el área de Cooper King; es necesario destacar su importancia por contener sulfuros masivos.

La Formación Ixcuinatoya se encuentra cubierta por la Formación Chapolapa que está constituida por rocas volcánicas intermedias

TABLA ESTRATIGRAFICA DE GUERRERO

ERA	SISTEMA	SERIE	P I S O	REGION DE CHILPANCINGO	GUERRERO, CENTRO Y NORTE, ONTIVEROS, OTROS	AREA PAPANOA- PETATLAN	
CENOZO.	CUAERNARIO		RECIENTE				
			PLEISTOCENO	ALUVION	ALUVION	ALUVION	
	TERCIARIO			PLIOCENO	CHILPANCINGO	CUERNAVACA	
				MIOCENO	ROCAS VOLCANICAS	R. IGNEAS EXTRUSIVAS	TERC. VOLCANICO
				OLIGOCENO			
				EOCENO	GPO BALSAS	GPO BALSAS	
				PALEOCENO			
MESOZOIC.	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO				
			SENONI	CAMPANIANO	MEXCALA	MEXCALA	
				SANTONIANO			
				CONIACIANO			
			TURONIANO	CUAUTLA	CUAUTLA		
		MED	CENOMANIANO	MORELOS	MORELOS	MORELOS	CRISTALINO
			ALBIANO				
		INFERIOR	APTIANO	GPO CICAPA	CZA CON NERNEAS	XQCHICALCO	
			NEOCOMI	BARREMIANO		ACAHUIZOTLA	
				HAUTERIVIANO			ROCAS VERDES SECUENCIA METAMORFICA
	VALANGIANO						
	BERRIASIANO						
	JURASICO	SUPERIOR	TITONIANO			Fm. ANGOA	
			BONONIANO				
			HAURIANO				
			SECUANIANO				
			ARGOVIANO				
		DIVISIANO					
		MED	CALLOVIANO				
BATHONIANO			MARINO	GPO TECOYCNCA		CGL. CUALAC	
BAJOCIANO							
TRIASICO	INFERIOR	LIASICO	GPO CONSUELO				
		KETIANO	Fm. CHAPOLAPA			Fm. CHAPOLAPA	
		NORIANO					
		CARNIANO					
		PERMICO					
PALEOZ.	SUPERIOR	CARBONIFERO	IXCUINATOYAC		ESQUISTO TAXCO	Fm. IXCUINATOYAC	
					NO DIFERENCIADO		
	INFERIOR	DEVONICO		COMPLEJO			COMPLEJO
		SILURICO					
		ORDOVICICO		XOLAPA			XOLAPA
		CAMBRIICO					
		PRECAMBRIICO					

y sedimentarias (grauvacas, filitas, brechas y cuarcitas), de edad Triásico-Jurásico. La Formación Morelos (?) del Cretácico Inferior sobreyace discordantemente a la Chapolapa; está constituida por calizas marmolizadas por la intrusión del batolito granítico de Guerrero, de edad Cretácico Superior. Este granito, el cual presente variaciones desde granito "Sensu Strictu", hasta cuarzo-monzonitas, monzonitas y granodioritas, así como pequeñas y locales intrusiones básicas e intermedias (dioritas y gabros).

A los cuerpos ultrabásicos se le ha designado una probable edad Paleozoica (?), además estos cuerpos son contemporáneos al Complejo Xolapa, debido a la presencia de xenolitos y macroxenolitos - de anfibolitas y peridotitas respectivamente, incluidos dentro del macizo granítico.

2.- YACIMIENTOS MINERALES

a) FORMAS DE EMPLAZAMIENTO

De acuerdo a las características observadas en el campo, el emplazamiento de los cuerpos de interés económico es dinámico debido a esfuerzos tectónicos, es decir, los cuerpos ultrabásicos corresponden a miembros del Complejo Xolapa, llevados a su posición actual mediante el emplazamiento del macizo cristalino. Las características que apoyan esta conclusión:

1.- La presencia de macroxenolitos y xenolitos de composición básica y ultrabásica dentro del macizo cristalino.

2.- La zona de contaminación por fusión parcial existente entre el macizo cristalino y los cuerpos básicos y ultrabásicos.

3.- Los remanentes o colgantes de gneises y esquistos del -- Complejo Xolapa presentes en el Cerro del Tamarindo y

4.- La relación entre los cuerpos básicos mencionados y el ultrabásico.

El deuterismo que pudiera existir es enmascarado por el hidrotermalismo que existe en el área, pudiendo corresponder éste último, a la intrusión misma del batolito granítico post-ultrabásico, de acuerdo con la clasificación de Naldrett (1973), tentativamente se clasifican estos depósitos como "sills y complejos diferenciados por gravedad, dentro de la clase de las rocas contemporáneas con volcanismo eugeosinclinal".

b) ASPECTO ECONOMICO

En vista de los resultados obtenidos de las muestras analizadas en el laboratorio Físico-Químico del CRM (de 0.54 a 8.0% de cromo y 0.26 a 0.36% de níquel, en el Cerro Tamrindo; de 0.46 a 0.815% de cromo y 0.55 a 0.62% de níquel en Loma Baya), y al tipo de depósito para estos elementos (como constituyentes de la misma roca), la zona resulta ser la más prometedora de toda la República.

Por lo que respecta al Asbesto y Talco; del segundo no se obtuvo ninguna evidencia a lo largo de los reconocimientos realizados. El asbesto se presenta en casi toda el área, económicamente no es favorable para su extracción, debido a que en su gran mayoría se presenta en fibra deslizada a excepción de la Piedra Tlalcoyunque y -- Puerto Escondido, donde se presenta de fibra cruzada, pero en poca cantidad.

Cabe hacer mención que el muestreo realizado no fué sistemático, sino que se efectuó a lo largo de los reconocimientos; y los resultados de los análisis del laboratorio son parciales, faltando por entregar la mayoría de éstos, los que se encuentran en proceso.

c) GENESIS

Dadas las características estructurales de los depósitos en donde los minerales de cromo y níquel se presentan diseminados, tentativamente se clasifican como un yacimiento ortomagmático o de concentración magmática. Posteriormente afectado por hidrotermalismo, atribuible éste último al emplazamiento del macizo granítico, representado el hidrotermalismo por: asbesto de fibra cruzada y deslizada, magnesita y serpentina presentes en casi toda el área.

d) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- De acuerdo a las características especificadas, se concluye que el emplazamiento es dinámico, debido a esfuerzos tectónicos.

2.- Las áreas de mayor importancia económica son: los cerros Tamrindo y Loma Baya, de acuerdo a las magnitudes dimensionales de los cuerpos ultrabásicos, y a los resultados de laboratorio, para cromo y níquel.

3.- Se recomienda hacer un estudio petrográfico y minerográfico, con el propósito de establecer las relaciones existentes entre el macizo granítico, los cuerpos básicos y ultrabásicos, para así determinar tanto génesis y emplazamiento del yacimiento y los cuerpos ultrabásicos. Tomándose por separado y con objetivos bien definidos, el básico más ultrabásico para determinar la génesis --

del yacimiento. El macizo cristalino, las rocas metamórficas y básico más ultrabásico, para ratificar ocurrencia de los cuerpos ultrabásicos, es decir forma de emplazamiento del yacimiento, petrográficamente.

PUEBLA - Tehuitzingo

INTRODUCCION:

En el Estado de Puebla se reconocen dos áreas de importancia por la presencia de rocas ultrabásicas y básicas: Tehuitzingo y Tecomatlán, siendo la primera la estudiada en este trabajo, encontrándose en ambas zonas evidencias de obras mineras a pequeña escala, efectuadas por talco, magnesita y asbesto principalmente.

Existen trabajos de Ortega (1978) sobre el Complejo Acatlán, que directamente incluyen a los cuerpos básicos y ultrabásicos, los que se encuentran alojados en dicho complejo.

1.- ASPECTOS GEOLOGICOS

a) LOCALIZACION:

La zona reconocida se localiza adyacente (3 Km. SW) al poblado Tehuitzingo, el que se encuentra aproximadamente a 39 Km. al SE de Izúcar de Matamoros.

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA

En el área de estudio las rocas más antiguas están representadas por el Complejo Acatlán, el que se divide formalmente en dos subgrupos: - Acateco y Petlalcingo. El primero constituido por dos formaciones: Xayacatlán y Tecomate; en el segundo se distinguen tres formaciones: Cosoltepec, Chazumba y Magdalena, incluyéndose además dos unidades metagraníticas: Granito Espe--

ranza y Tronco de Totoltepec (Ortega, op. cit.), correspondiendo los cuerpos básicos y ultrabásicos como miembros de la formación Xayacatlán.

Los cuerpos ultrabásicos están constituidos básicamente por: esquistos de serpentina, talco y clorita; derivados posiblemente de harzburgita y/o piroxenita, originados probablemente por los mismos efectos que dieron lugar a la formación Xayacatlán.

Debido a que los contactos entre la Formación Xayacatlán y la serpentina son por fallas, se puede pensar que la serpentina ha sido un cuerpo móvil e inestable, ocasionando, dadas sus características, una superficie de deslizamiento, semejante al caso del Cañón del Novillo.

Se les ha determinado una edad del Cámbrico, en base a sus relaciones estratigráficas y algunas edades isotópicas y radiométricas, siendo ésto para la mayor parte de la evolución geológica del Complejo Acatlán (Ortega, 1977).

De acuerdo a la relación existente entre los cuerpos básicos y ultrabásicos, Ortega (1977), define como posible complejo ofiolítico originalmente formado por peridotita, gabrodiorita, basalto y sedimentos pelágicos asociados, no definiéndose claramente, puesto que existen varias etapas de deformación y por consiguiente varias fases de metamorfismo que afectan el área.

2.- YACIMIENTOS MINERALES

a) FORMA DE EMPLAZAMIENTO

TABLA ESTRATIGRAFICA SW DE PUEBLA, NW DE OAXACA.

ERA	SISTEMA	serie	PISO	SW Puebla-NW Oaxaca Chila-Tanala		
CENOZOICO	CUATERNARIO		RECIENTE			
			PLEISTOCENO	Aluvión		
	TERCIARIO			PLIOCENO	R. Volcánicas	
				MIOCENO		
				OLIGOCENO	Fm. Huajuapen	
				EOCENO		
				PALEOCENO		
CRETACICO	SUPERIOR		MAESTRICHTIANO	Margas		
		SENONIANO	CAMPANIANO	Tilantongo		
			SANTONIANO			
			CONIACIANO	Caliza		
			TURONIANO	Patlalcingo		
		MEDIO		CENOMANIANO	Fm. Teposcolula	
				ALBIANO		
			INFERIOR		APTIANO	Gpa. evaporitas
				NEOCOMIANO	BARREMIANO	Puebla Fm. San Pedro
					HAUTEVIANO	
		VALANGIANO				
		BERRIASIANO	capas rojas			
	JURACICO	SUPERIOR		TITONIANO		
			OXFORDIAN		BONIANO	
					HAURIANO	
					SECUNIANO	
					ARGOVIANO	Calizas con
			DIVISIANO	Cidaris.		
		MEDIO		CALLOVIANO	Fm. Yucuyuti, Fms Otale	
				BATHONIANO	Zangra, Taberna	
			BASOCIANO	Zangra, Zarrillo		
INFERIOR				LIASICO	Fm. Rosario	
TRIACICO			KETIANO			
			NORIANO			
			CARNIANO			
			PERMICO			
PALEOZOICO	SUPERIOR		CARBONIFERO	Fm. Tecamate		
			DEVONICO			
	INFERIOR		SILURICO			
			ORDOVICICO	Comp. Acatlán		
			CAMBRIICO			
PRE-CAMBRIICO			BASAMENTO			

Ortega (1978) concluye que el Complejo Acatlán, representa una secuencia eugeosinclinal del Paleozoico; por lo que tentativamente, se puede explicar ésto, como un sill diferenciado por gravedad, en una zona eugeosinclinal, quedando la posibilidad que sea un complejo ofiolítico deformado, si es que se establece claramente la serie ofiolítica propuesta por Ortega.

b) ASPECTO ECONOMICO

En esta área el cuerpo serpentizado cuyas dimensiones son: 7 Km. de longitud y 0.5 Km. de ancho en promedio, tiene interés por: talco, magnesita, asbesto y la misma serpentina.

c) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Se concluye, que sólomente los depósitos de talco tienen algún interés económico, cuyo origen mas probable sea el efecto de alteración metasomática de los cuerpos de serpentina.

2.- En base a los estudios geológicos realizados y al estudio geoquímico de Solís (C.R.M. 1978), que también arrojó valores menores a los normativos, se concluye que la zona de Tehuitzingo debe descartarse para Cromo y Níquel, no así para asbesto y talco.

CHIAPAS - MotozintlaINTRODUCCION

Esta localidad se encuentra en una zona muy inestable tectónicamente, puesto que se aloja dentro del sistema de fallamiento transcurrente Polochic, por consiguiente el ambiente de ocurrencia es muy diferente a las demás localidades reconocidas.

Los trabajos realizados en esta área son muy pocos, contándose únicamente con los de Carfantán, J.C., (1977).

1.- ASPECTOS GEOLOGICOSa) LOCALIZACION:

La zona reconocida se localiza a 89 Km al Norte de Tapachula Chis., y a 3 Km. al Sur del poblado Motozintla.

b) RELACIONES ESTRATIGRAFICAS E HISTORIA GEOLOGICA:

El Precámbrico está representado por el macizo anortosítico y por basamento metamórfico, constituido éste último por: augeneis, gneis de anfibola y mica esquistos.

Afectando el basamento, Carfantán (op. cit.), ubica monzonitas y granitos, en el Ordovícico Silúrico y en el Pérmico; constituyen el armazón de la Sierra Madre de Chiapas.

Sobreyaciendo a estas unidades en forma discordante, el Paleozoico sedimentario está representado por pizarras negras del Misisípico, co-

correspondientes a la Formación Santa Rosa. A esta unidad de pizarras negras, la sobreyacen discordantemente sedimentos continentales tipo molassa post -- apalachiana, correspondientes a la Formación Todos Santos, constituida por lechos rojos del Triásico-Jurásico. Sobreyaciendo a éstas en forma discordante, se encuentran las calizas arrecifales de la Formación Sierra Madre, de Edad Aptiano-Albino. Cubriendo a éstas en forma discordante, se encuentran cuerpos meta-volcánicos de composición andesítica-riolíticas. Se observa que en general toda el área está intrusionada por cuerpos del Terciario, constituidos en su gran mayoría por dioritas y microdioritas.

TABLA ESTRATIGRAFICA MOTOZINTLA CHIAPAS.

ERA	SISTEMA	SERIE	P I S O	MOTOZINTLA CHS. (J. CARFANTAN).	
CENOZOICO	CUATERNA		RECIENTE	ALUVION	
			PLEISTOCENO	ANDECITAS, BRECHAS Y TOBAS.	
	TERCIARIO			PLIOCENO	
				MIOCENO	
				OLIGOCENO	DIORITAS Y
				EOCENO	
				PALEOCENO	MICRODIORITAS
	CRETACICO	SUPERIOR	SENON	MAESTRICHTIANO	COMPLEJO VULCANO PLUTONICO
				CAMPANIANO	
				SANTONIANO	
CONIACIANO					
TURONIANO					
MED			CENOMANIANO		
			ALVIANO		
INF.			NEOCOMA.	APTIANO	
				BARREMIANO	
		HAUTERIVIANO			
		VALANGIANO			
		BERRIASIANO			
JURASICO		SUPERIOR	OXF. KIMMER	TITONIANO	
				BONONIANO	
				HAVRIANO	
				SECUNIANO	
				ARGOVIANO	
		DIVISIANO			
	MED	CALLOVIANO			
		BATONIANO			
		BAJOCIANO			
		LIASICO			
KETIANO					
TRIASICO			NORIANO		
			CARNIANO		
			PERMICO		
PALEOZOICO	MED SUP.		CARBONIFERO	Fm. Sto. ROSA	
			DEVONICO		
			SILURICO	GRANITO	
	INF. MED SUP.		ORDOVICICO		
			CAMBRICO		
			PRECAMBRICO	MICA ESQUISTOS	

2.- YACIMIENTOS MINERALES

a) FORMA DE EMPLAZAMIENTO

De acuerdo con que las rocas ultrabásicas se presentan a manera de pequeños lentes y diques alojados en la anortosita, y distribuidos irregularmente dentro del sistema del fallamiento Polochic y basados en la clasificación de Naldrett, a estas ocurrencias tentativamente se les ha clasificado como correspondientes a una zona de intrusiones asociadas con suturas corticales, es decir, fallas mayores en cinturones móviles.

b) ASPECTO ECONOMICO

El cuerpo de interés es la anortosita, puesto que es donde están alojados los pequeños lentes y diques ultrabásicos, los que arrojan valores normativos para cromo y níquel, existiendo también pequeñas concentraciones de magnetita sin interés económico por sus dimensiones.

c) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Debido a las dimensiones de los cuerpos ultrabásicos aflorantes, los valores arrojados para cromo y níquel, y además no existiendo ni trazas de asbesto y talco, la zona queda sin valor económico restringida a los resultados de estudios posteriores.

IV. POSIBILIDADES DE ENCONTRAR GRANDES DEPOSITOS EN MEXICO

INTRODUCCION

Las zonas de mayor importancia en el país son los depósitos podiformes de cromita en la Península de Vizcaino, y los cuerpos ultrabásicos de Loma Baya y El Tamarindo, en Papanao-Petatlán, Gro., así como el yacimiento de níquel en San Antonio, - Sin. Los que difieren en ambiente, edad y mineralización; y por consiguiente en sus características económicamente potenciales.

Existen dos tipos principales de ocurrencia de los depósitos primarios de cromita, es decir, los depósitos estratiformes o en capas y los podiformes o lenticulares; en donde los primeros son a manera de estratos o capas en complejos ígneos y los segundos corresponden a cuerpos asociados con cinturones orogénicos del tipo alpino "Complejos ofiolíticos".

Por otro lado, se ha determinado que generalmente los depósitos de cromo, en cuanto a composición están relacionados directamente con el hierro y el aluminio, es decir, existen tres principales asociaciones, de acuerdo al tipo de depósito, tales como: alto-cromo, alto-hierro, y alto-aluminio.

Clasificación de Cromita por composición tipo de depósitos, y usos principales

Clase de depósito	Composición (por peso)	Tipo de depósito	Mejor uso
Alto-Cr	Cr ₂ O ₃ 46-55% Cr: Fe 2:1	Podiforme y Estratiforme	Metalurgia
Alto-Fe	Cr ₂ O ₃ 42-46% Cr: Fe 2:1	Estratiforme	Química-Metalurgia
Alto-Al	Cr ₂ O ₃ 33-38% Al ₂ O ₃ 22-34%	Podiforme	Refractario

Es necesario también, hacer mención a los estudios realizados en cuanto a reservas mundiales. Se ha establecido que aunque la mayor producción mundial de cromo, ha provenido de los depósitos podiformes, se estima que en términos de reservas, los depósitos estratiformes poseen sin lugar a dudas las mayores posibilidades; se considera que para el año 2000 las reservas de cromo de Sudáfrica y Rodesia sumarán el 99% del cromo explotable en todo el mundo; siendo éstos estratiformes (Tabla 2 y 3); Thayer y Lipin, 1978.

Los principales depósitos de níquel son en forma de sills a manera de sulfuros, en la clase de cuerpos asociacos con cinturones orogénicos, en la subclase de sill diferenciado por gravedad, contemporáneo con un vulcanismo eugeosinclinal; cuerpos de zonas más estables "grandes complejos estratificados" ricos también en sulfuros de níquel; además, depósitos relacionados con cuerpos plutónicos básicos y ultrabásicos, por reemplazamiento hidrotermal en vetas y depósitos residuales (Lateríticos).

LOCALIDADES PROPUESTAS

a) Los depósitos podiformes de la Península de Vizcaíno, no han sido potencialmente determinados en subsuelo, y además las dimensiones de la serie ofiolítica son pequeñas, ya que los depósitos van de acuerdo a ésta; por lo que es indudable que para países como el nuestro, en el que el consumo de cromo es importado el 100%, un depósito por pequeño que sea representa un ob-

A PARTIR DE
ESTA PAGINA

FALLA DE
ORIGEN.

TABLA 2
PRODUCCION DE CROMITA PROVENIENTE DE DEPOSITOS PODIFORMES 1946-1975
Y PORCENTAJE TOTAL MUNDIAL.
(EN MILES DE TONELADAS METRICAS.)

AÑOS	ALTO-AI			ALTO-Cr						TOTAL PODIFORME
	CUBA	FILIPINAS	TOTAL	FILIPINAS	ALBANIA	TURKIA	URSS [↓]	OTROS	TOTAL	
1946-50	556	650	1406	143	109	1420	1971	1094	4737	6143
%	5.9	9.0	14.9	1.6	1.1	16.0	20.8	11.8	49.9	64.8
1951-55	387	2208	2595	273	375	3205	2727	1653	6433	11028
%	2.3	13.2	15.5	1.8	2.2	19.2	16.3	11.1	50.4	65.9
1956-60	338	2742	3080	497	1041	3136	3618	2031	10323	13403
%	1.6	13.2	14.8	2.4	5.0	16.1	17.4	9.8	49.7	64.5
1961-65	174	2132	2306	521	1399	2256	5366	1912	11443	15749
%	0.8	9.8	10.6	2.4	6.4	10.4	24.6	9.9	52.6	63.2
1966-70	58	1859	1917	598	1899	2360	7118	1787	13750	15667
%	0.2	7.2	7.4	2.3	7.4	9.1	27.6	6.9	53.3	60.7
1971-75	100	2021	2121	502	3118	2684	9595	1619	16388	18509
%	0.3	6.6	6.1	1.4	9.0	7.6	24.8	4.4	47.2	53.3

↓ 10% Del total de la producción se cree pertenece al ALTO-Fe en Serenofsky URSS.

LOS DATOS DE PRODUCCION TOTAL SON DEL CONSEJO DE MINAS Y MINERIA DE YEARBOOK Y EL SERVICIO GEOLOGICO MARINO DE LA GRAN BRETAÑA

TABLA 3
PRODUCCION DE CROMITA PROVENIENTE DE DEPOSITOS
ESTRATIFORMES

(EN MILES DE TONELADAS METRICAS)

AÑOS	ALTO-Fe				ALTO-Cr					TOTAL ESTRATIFORME	
	S.AFRICA	URSS	USA	FINLANDIA	TOTAL	RHODESIA	INDIA	MALASIA	BRASIL		TOTAL
1956-60	3376	402	314	-	4292	2662	425	-	-	3087	7379
%	16.2	1.9	2.5	-	20.6	12.8	2.1	-	-	14.9	35.5
1961-65	4394	595	74	-	5063	2454	467	-	-	2919	7982
%	20.2	2.8	0.3	-	23.3	11.3	2.1	-	-	13.4	36.8
1966-70	5988	791	-	291	7070	1931	1141	-	-	3072	10142
%	23.2	3.1	-	1.1	27.4	7.8	4.4	-	-	11.9	39.3
1971-75	8841	956	-	671	10468	2801	1741	780	406	5728	16196
%	26.5	2.8	-	1.9	30.2	8.1	5.0	2.2	1.2	16.5	46.7

TOMADO DE THAYER AND LIPIN (1978)

jetivo de suma importancia para satisfacer las necesidades internas del país; tomándose en consideración las características descritas en la introducción. Por lo que este yacimiento, no llegaría a constituir un depósito de grandes dimensiones, ya que para los yacimientos económicamente explotables se les ha calculado un tonelaje de 100,000 ton. de mineral, el que ocupa un volumen de 22,222.22 m³ ó un depósito de 10X50X44 m de dimensiones; tomando en consideración que el peso específico de la cromita es de 4.5; se tiene una recuperación de - - - 28,000 ton. de cromo. Es decir, que 100,000 ton. de cromita significan un 50% de Cr₂O₃ ó 50,000 ton. de Cr₂O₃, de las cuales se puede obtener un 64.82% de cromo, con una recuperación del 85%.

b) El área Papanoa-Petatlán, Gro., es de atractivo interés, pues en el Tamarindo, se observa que cuando aumenta el contenido de cromo, disminuye el contenido de hierro; lo que puede corresponder a un yacimiento de alto-cromo. En Loma Baya la presencia de níquel y cromo conjuntamente con sulfuros de hierro y cobre, desde el punto de vista económico hacen más interesante el área, aunado a esto, la posible existencia de depósitos lateríticos, ya que las condiciones geológicas, geomorfológicas y climatológicas, son favorables para su ocurrencia. Por lo que estas áreas efectivamente llegarían a constituir un depósito de grandes dimensiones.

c) En San Antonio, Sinaloa, es el único lugar de la República Mexicana en donde la ocurrencia del níquel se ha podido determinar macroscópicamente, y aunque el depósito no es de grandes magnitudes, es posible que la misma estructura que contiene la zona mineralizada pueda extenderse a áreas aledañas, según información de los lugareños; por lo que el depósito se hace económicamente más interesante, aunado a que el consumo de níquel en el país, es de completa importación.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se presentan, están estructuradas de acuerdo a la importancia que representa cada una de ellas.

1.- De todas las localidades reconocidas, la de Papanoa - Petatlán, Gro., es la de mayor importancia, tanto económica como geológicamente; es decir, económicamente, por encontrarse los valores más atractivos para cromo y níquel, geológicamente, debido a su forma de emplazamiento, ya que los minerales (cromo y níquel) son constituyentes de la misma roca, así como también las dimensiones propias de los cuerpos ultrabásicos y básicos asociados, y la relación genética existente entre éstos.

Se recomienda realizar estudios a Detalle y Semidetalle apoyados en un estudio regional, con el objetivo de cuantificar y ubicar las máximas concentraciones. Así como también elaborar estudios geoquímicos, con el fin de conocer el comportamiento de las concentraciones, tanto en cuerpo de roca, como los posibles depósitos lateríticos, ya que de acuerdo a las condiciones geomorfológicas y climatológicas, son propicios para la formación de éstos.

2.- Baja California Sur (El Tigre) es la única localidad que hasta el momento se conoce la concentración de cromita en -

depósitos podiformes, asociados a una serie ofiolítica, por lo que es de gran importancia, pero debido a las características y dimensiones de los depósitos podiformes de cromita aflorantes en superficie, el área queda con restringido valor económico. Tomándose en consideración sólo como modelo de yacimientos tipo serie ofiolítica. Por lo que es necesario incrementar los estudios geológicos, para que den la pauta y determinar si dichos depósitos se continúan en el subsuelo; recomendándose - que se clasifique esta área como una zona de interés didáctico y en reserva.

3.- Puesto que en el área San Antonio Sinaloa, no existen rocas ultrabásicas, y los valores arrojados por Travis (1978)- el C.R.M. (1980), y Clark (1972-1974) para Ni, Co, Pt, Sb y As pudiendo existir Pd y Au, se concluye que la génesis de este yacimiento, corresponde a un yacimiento hidrotermal; debido a que se relaciona directamente con una brecha de falla post-batolítica y post-cuerpos básicos, siendo esta donde se encuentra la zona enriquecida, la que probablemente se originó a profundidad, para después ascender por dicha brecha, y alojarse en esta. Y a su asociación mineralógica, la que corresponde a un yacimiento hidrotermal.

Por consiguiente, se recomienda encauzar la exploración - tanto geológica, como geoquímica, considerando a este yacimiento, como un yacimiento hidrotermal, en el que soluciones mine-

ralizantes ascendentes, se alojaron en la brecha de falla. Dicha exploración tendría nuevos objetivos, siendo los principales, la prospección para los elementos Au, Pt y Pd, como secundarios quedarían el Ni, Co, As y Cu; ya que las características del yacimiento, son menos favorables para estos, en superficie, pudiendo encontrarse mayores concentraciones de sulfuros a profundidad.

4.- En el área Motozintla, Chis., las dimensiones de los cuerpos ultrabásicos aflorantes son pequeños, distribuidas irregularmente, a manera de lentes y diques, dichos cuerpos tienen su origen a través del sistema de fallamiento polochic, por lo que es de esperarse que el subsuelo de estos cuerpos ultrabásicos aumenten sus dimensiones. Si esta hipótesis es cierta, probablemente el contenido de elementos de interés (Cr y/o Ni) se vea también incrementado. Debido a esto, se recomienda incrementar los estudios, con el propósito de esclarecer los resultados a la fecha obtenidos, los que son nada alentadores. Por lo que hasta la fecha el interés económico de esta área es nulo.

5.- Debido a que los resultados obtenidos en el área de Tamaulipas, son normativos y aún menores (para cromo y níquel), la importancia de esta área, se restringe al asbesto y a la serpiente, así como la investigación de la evolución geológica de

la misma. Por lo que económicamente (para cromo y níquel) el área se descarta, no así para asbesto y serpentina, encontrándose ésta última actualmente en explotación para fines metalúrgicos.

6.- Como los resultados para cromo y níquel, obtenidos a través de los diferentes estudios realizados en el área de Tehuiztzingo, Pue., son normativos y aún menores, el área para estos elementos se descarta, no así para el talco, el que probablemente su origen se deba a la alteración metasomática de los cuerpos de serpentina.

Con el propósito de aclarar si efectivamente en esta área tuvo lugar una serie ofiolítica, se recomienda incrementar los estudios de investigación.

Por último, se concluye que este trabajo tuvo como objetivo principal el de reconocer todas y cada una de las áreas en donde se conocían reportes de afloramientos de rocas ultrabásicas; implícitamente se analizaron estas zonas en el sentido geoquímico, con el propósito de determinar áreas en donde el contenido de cromo y/o níquel sea de atractivo interés. Esta es la principal aportación de este trabajo, ya que las necesidades del país, lo han llevado a la completa importación de estos elementos (cromo y níquel).

Se recomienda que este trabajo sea utilizado como base a las investigaciones que posteriormente se realicen con fines económicos, para que de esta manera y conjuntamente se pueda contribuir al desarrollo, avance tecnológico y económico del país; esto lo ha iniciado el C.R.M. a través de la Gerencia de Estudios Especiales, por conducto del Depto. de Investigación Aplicada, específicamente a través del Proyecto Rocas Ultrabásicas.

BIBLIOGRAFIA

I. CITADA:

ALTAMIRANO RAMIREZ, F.J., 1975.- Exploración Geológico-Minera de la Sierra de Vizcaíno, Baja California Sur; CRM, V Seminario Interno sobre Exploración Geológica Minera, p. 105-135.

AUBOUIN, J., BLANCHET, R., CARFANTAN, J.C., RANGIN, C., STEPHAN, J.F. Y TRADY, M., 1977.- De la región Caribeña a las Cordilleras Sur y Norteamericana; Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Geología, - Revista, Vol. 1, No. 2, (1977), p. 129-132.

CARFANTAN, J.C., 1977.- La Cobijadura de Motozintla - un Palearco Volcánico en Chiapas; Univ. Nac. Aut. Méx. Inst. Geol., Revista, Vol. 1, No. 2 (1977), p. 133-137.

CHRISINGER, D.L. Y CLARK, K.F., 1974.- Reconocimiento geoquímico del área de Mina Culiacán, Municipio de Culiacán, Sin., C.R.M.N.R. A.T.

CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL, 1956.- Geología a lo largo de la carretera Panamericana entre México, D.F., y Tehuantepec, Oax., Distritos Mineros de Natividad y Pluma Hidalgo, Oax. y vista a monumentos precoloniales de Oaxaca; Congreso Geológico Internacional, XX Sesión Excursión A-6.

CSERNA DE Z., GRAF, J.L. Y ORTEGA-G.F., 1977.- Alóctono del Paleozoico Inferior de la región de Cd. Victoria, Tams., Univ. Nac. Aut. Méx., Revista, Inst. Geol., Vol. 1, No. 1.

- CSERNA DE, Z., 1965.- Reconocimiento Geológico en la Sierra Madre del Sur de México, entre Chilpancingo y Acapulco, Estado de Guerrero, Univ. Nac. Aut. de Méx., Inst. de Geología, Bol. 62, p. 1-76.
- CSERNA DE Z., GRAF, J.L. Y ORTEGA-G.F., 1977.- Alóctono del Paleozoico Inferior de la región de Cd. Victoria, Tamps.: Univ. Nac. Aut. Méx. Revista, Inst. Geología, Vol. 1, No. 1.
- CSERNA DE Z., AINSTRON, R.L., YAÑEZ-GARCIA, C. Y ZOLORIO, J., 1978.- Rocas - Metavolcánicas Paleozoicas de la región de Petatlán, Edo. de Guerrero, Univ. Nac. Aut. de Méx. Revista, Inst. Geología, Vol. 2, No. 1.
- CSERNA DE Z., SCHMITTER, E., DAMON, P.E., LIVINGSTON, D.E. Y KULP, J.L. - Edades de rocas metamórficas del Centro y Sur de Guerrero y de una - monzonita cuarcífera del norte de Sinaloa, Inst. de Geología, Bol. 64, parte 5, p. 71-84.
- GASTIL, G. Y PHILLIPS, R.P. (1971).- Reconnaissance Geologic Map of the State of B.C., Mexico. Prepared by students and staff of the University, A. de B.C., Mexico and San Diego State University.
- HAYAMA, Y. Y TAKEDA, H., 1976.- Informe del reconocimiento geológico en la Península de Baja California; Inédito.
- HUANG, W.T., 1968.- Petrología, UTEHA.
- KLESSE, E. 1970.- Geology of the El Ocotito - Ixcuinatoyac Region and of La Dicha Stratiform, Sulphide deposito, State of Guerrero, Bol. Soc. - Geol. Mexicana, V. 31, No. 2, p. 107-140.
- KRUMENACHER, D., GASTIL, R.G., BUSHEE, J. Y DOOPONT, D., 1975.- K-Ar Apparent ages, Peninsular Ranges Batholith, Southern California and Baja California, Geol. Soc. of Ameri. Bull, V. 86, p. 760-768, 5 figs.

- MENDOZA-R., V. Y CORDERO-E., A., 1979.- Estudio Geológico-Minero en la Península del Vizcaino, Baja California Sur, CRM, Inédito.
- MINA, U.FEDERICO (1957).- Bosquejo Geológico del Territorio Sur de la Baja California, Vol. IX, Nos. 3-4, Bol. Asoc. Mex. Geol. Petroleros.
- NALDRETT, A.J., 1973.- Nickel Sulphide deposits-their clasification and genesis, with special emphasiss deposits of volcanic Association Canadian Mining, Metal. Bull. V. 66 (739), p. 45-63.
- NALDRETT, A.J. Y CABRI, L.J., 1976.- Ultramafic and related mafic through; their clasification and genesis with special references to the concentration of nickel sulphide in platinum-through elements; Economic Geology, Vol. 71, p. 1131-1158.
- ORTEGA-G., F., 1977.- Mármoles intrusivos del Complejo Oaxaqueño; Univ. Nac. - Aut. Méx., Revis. Inst. Geol., Vol. 1, No. 1.
- ORTEGA-G., F., 1978.- El Gneiss Novillo y rocas metamórficas asociadas a los Cañones del Novillo y Peregrina, Área de Cd. Victoria, Tamps., Univ. Nac. Aut. de Méx., Revis. Inst. Geol., Vol. 2, No. 1.
- PESQUERA-RODRIGUEZ, R. Y ALTAMIRANO-R., F.J., 1968.- Reconocimiento geológico de la porción meridional del territorio de B.C. y Proyecto de exploración; A.T., CRM.
- PRIDGO DE WIT, M., 1972.- Informe de Explotación por Nickel, en el área comprendida entre los cañones del Novillo y La Libertad, Municipio de Cd. Victoria, Tamps., A.T., CRM.
- RAMIREZ-RAMIREZ, C., 1978.- Reinterpretación tectónica del esquisto Granjeno de Cd. Victoria, Tamps., Univ. Nac. Aut. de Méx., Revis. Inst. Geol., Vol. 1, No. 1.

- RANGIN, C., 1976.- Le complexe ophiolitique de Basse Californie: une Paléocroute océanique écaillée (Península de Vizcaino, Baja California Mexique). Bull. Soc. Geol. France, XVIII, No. 6, p. 1677-1685.
- SALAS, G.P., (1970).- Evaluación Geológico-Minera del Distrito Asbestífero - de Cd. Victoria, Tamps., Bol. 71, CRANR.
- SANTOS M. DE LOS, J.J., 1978.- Exploración por Asbesto en el área de Petatlán, Municipio de Petatlán, Edo. de Guerrero, CRM. VII Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera, p. 259-280.
- SOLIS, M.H., 1978.- Exploración Geológico-Minera en el cuerpo serpentizado de Tehuitzingo, Municipio de Tehuitzingo, Pue., CRM. VII Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera, p. 301-323.
- THAYER, T.P. AND LIPIN B., 1978.- A Geological Analysis of world cromite - production to the year 1000 A.D. Geological Survey U.S.
- TRAVIS, G.A., 1980.- Mineral Resource potential of ultramafic rocks in Mexico a provisional evaluation Report. No. K/2490. *
- WILLIE, P.J., 1969.- The origin of ultramafic and basaltic rocks Tectonophysics, Vol. 7 (5-6), p. 437-455.

II. CONSULTADA:

- BUSTAMANTE-Y., M.A., 1978.- Carta Metalogenética del Edo. de Sinaloa; CRM. - VII Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera, p. 45-104.
- BUTTON, R.M., 1973.- Preliminary report on the Culiacan nickel prospect, Culiacan Municipality, Sinaloa. C.R.M.U.R.A.T.

- CAIRE-L., L.O.F., 1975.- Evaluación Preliminar de los Yacimientos de magnesita de San José de Castro, Baja California Sur; CRM, V Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera, p. 645-665.
- CARMICHAEL, I.S.E., TURNER, F.J., AND VERHOOGEN, J., 1974.- Igneous Petrology; Mc. Graw-Hill.
- CLARK, K.F., 1973.- Nota sobre mineralización de níquel, Alisitos Municipio de Badiraguato, Sin., C.R.M.N.R. A.T.
- CORONA-ESQUIVEL, R.J.J., 1975.- Geología del yacimiento Asbestífero San Javier, Baja California Sur. Tesis Profesional, I.P.N.
- CORONA-E., R.J.J., Y SALDANA-M., A., 1976.- Evaluación Preliminar de los yacimientos de cromita en el área de El Tigre, Baja California Sur. A.T. CRM.
- HAYAMA, Y. Y SILVA, D., 1976.- Reporte Preliminar de la Geología y el Metamorfismo de la parte Este de Ensenada, Baja California Norte, incluyen los resultados de una corta exploración de las rocas volcánicas de la Formación Alisitos, A.T. C.R.M.
- MEDARIS, JR., L.G. AND DOTT, JR. R.H., 1970.- Mantled-Derived Peridotites in Southwestern Oregon; Relation to Plate Tectonics, Reprinted From -- Sciences, Vol. 169, p. 971-974.
- MEMOIRE DU BRG M. No. 97. COORDINATION POR BEESON, M., 1978.- Facteurs contrôlant les mineralisations sulfurées de nickel. Editions de B.R.G.M. 6-8, rue chasse-loup-laubat.
- PENNERA, T.J., 1969.- Rocks of the Alpine Ophiolitic Suite: discussion on the paper "The origin of ultramafic and ultrabasic rocks". By P.J. Wyllie, Tectonophysics, Vol. 7 (5-6), p. 507-509, Netherlands.

- RANGIN, C., 1977.- Sur un Trait tectonique majeur de la Gordure Continentale pacifique: le dispositif franciscain en Basse Californie (Mexique). C.R. somm. Soc. Géol. Fr., fasc. 4, p. 227-230.
- RANGIN, C. et Carrillo, M., 1978.- Le complexe ophiolitique áaaffinité franciscaine des Tles Margarita-Magdalena (Baja California Meridionales). une croute paléo-océanique obductée C.R. somm. Soc. Géol. Fr. fasc. 2, p. 55-58.
- SALAS, G.P. (1975).- Carta y Provincias Metalogénéticas de la República Mexicana, Publ. 21E, CRM.
- SALDAÑA, M., A., 1977.- Localización de yacimiento de cromita, B.C.S., Tesis Profesional, I.P.N.
- SCHULZE, G., SIN AÑO.- Notas sobre Cromo, Níquel y Cobalto A.T. CRM.
- THAYER, T.P., 1976.- Metallogenic Constrats in the Plutonic and Volcanic Rocks of the Ophiolite Assemblage. Geol. Assoc. of Canada, Special Paper No. 14.
- THAYER, T.P. SIN AÑO.- Chromium, U.S.G.S. prof. paper 820, U.S. Min. Resour. - p. 111-119.
- YANEZ-GARCIA, C., 1977.- Estudio Geológico-Minero del Yacimiento Volcanogénético de Camalotito, Municipio de Petatlán, Guerrero; I.P.N. Tesis.
- ZAMORA-M., S., 1975.- Geología de los yacimientos de grafito cristalino en el Estado de Oaxaca, CRM, V Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera, p. 311-347.

ANEXO 1 .- FOTOGRAFIAS



Zanjeo siguiendo los horizontes de talco encajonados en la serpentinita en la ladera Este del Cerro Portezuelo, Real del Castillo B. C. N.



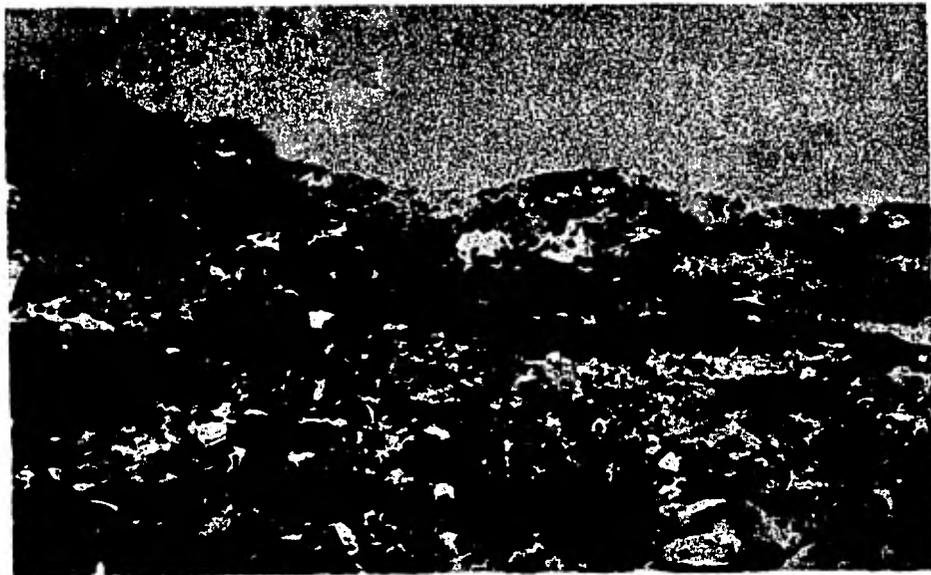
Detalle de los Esquistos Azules de Glaucófono, en Isla Cedros, B. C. S.



**Vista aérea de los depósitos de Magnesita
en San José de Castro, B.C.S.**



**Panorámica de la serie o Complejo Ofiolítico
presente en la Península de Vizcaino, en -
B.C.S.**



Depósito podiforme de cromita, en el arroyo
El Tigre, B.C.S.



Detalle que muestra el contorno o halo de dunita
que rodea los depósitos podiformes de cromita,
característica de éstos, en el arroyo El Tigre,
B.C.S.



Depósitos podiformes de cromita en El Tigre (área 2), en el que se puede observar el -- contorno de dunita, característicos de estos depósitos, Vizcaíno, B.C.S.

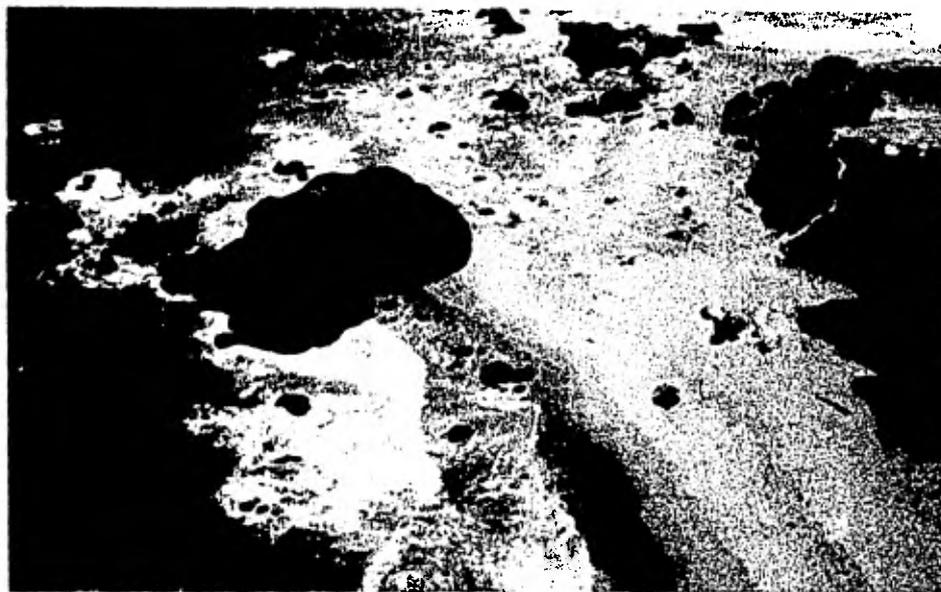


Gneises de la facie cuarzo-feldespática, perteneciente al miembro inferior del Complejo Xolapa, mostrando micropliegues, en el Cerro La Palapa, Gro.



Colgantes o remanentes del miembro superior del Complejo Xolapa, observados en el Cerro El Tamarindo, en Papanao, Gro.



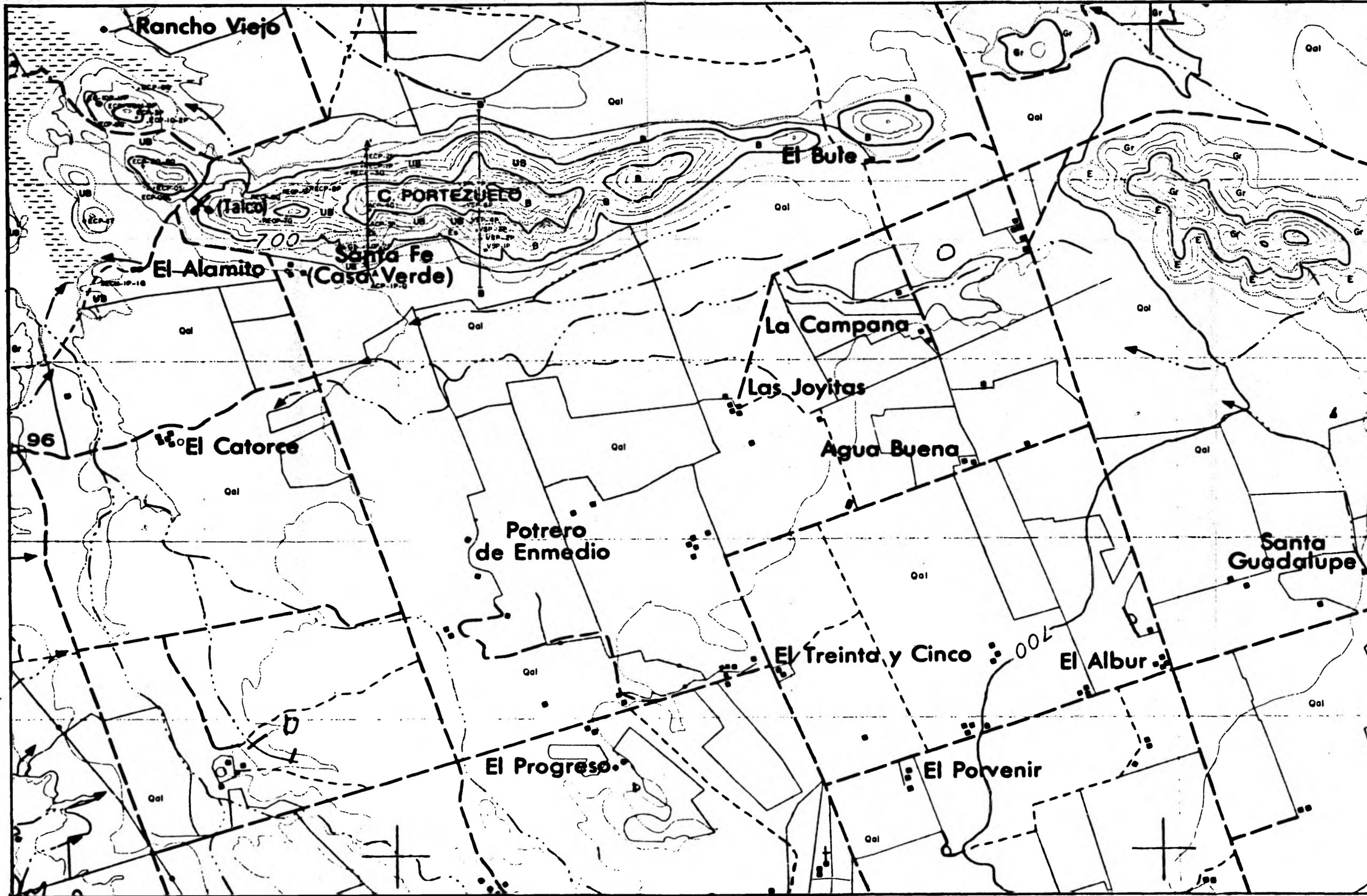


Vista aérea de la Piedra Tlalcoyunque, a la que se le ha interpretado como un macroxenolito de composición peridotítica, alojado en el macizo granítico.

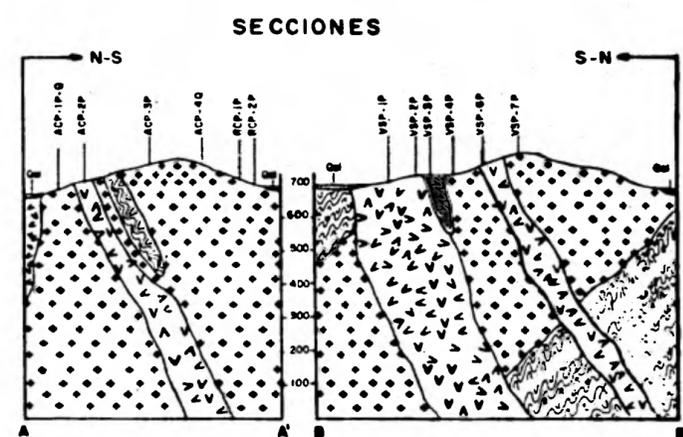


Detalle del Dique Anortosítico, intrusionando al macroxenolito de Piedra Tlalcoyunque.

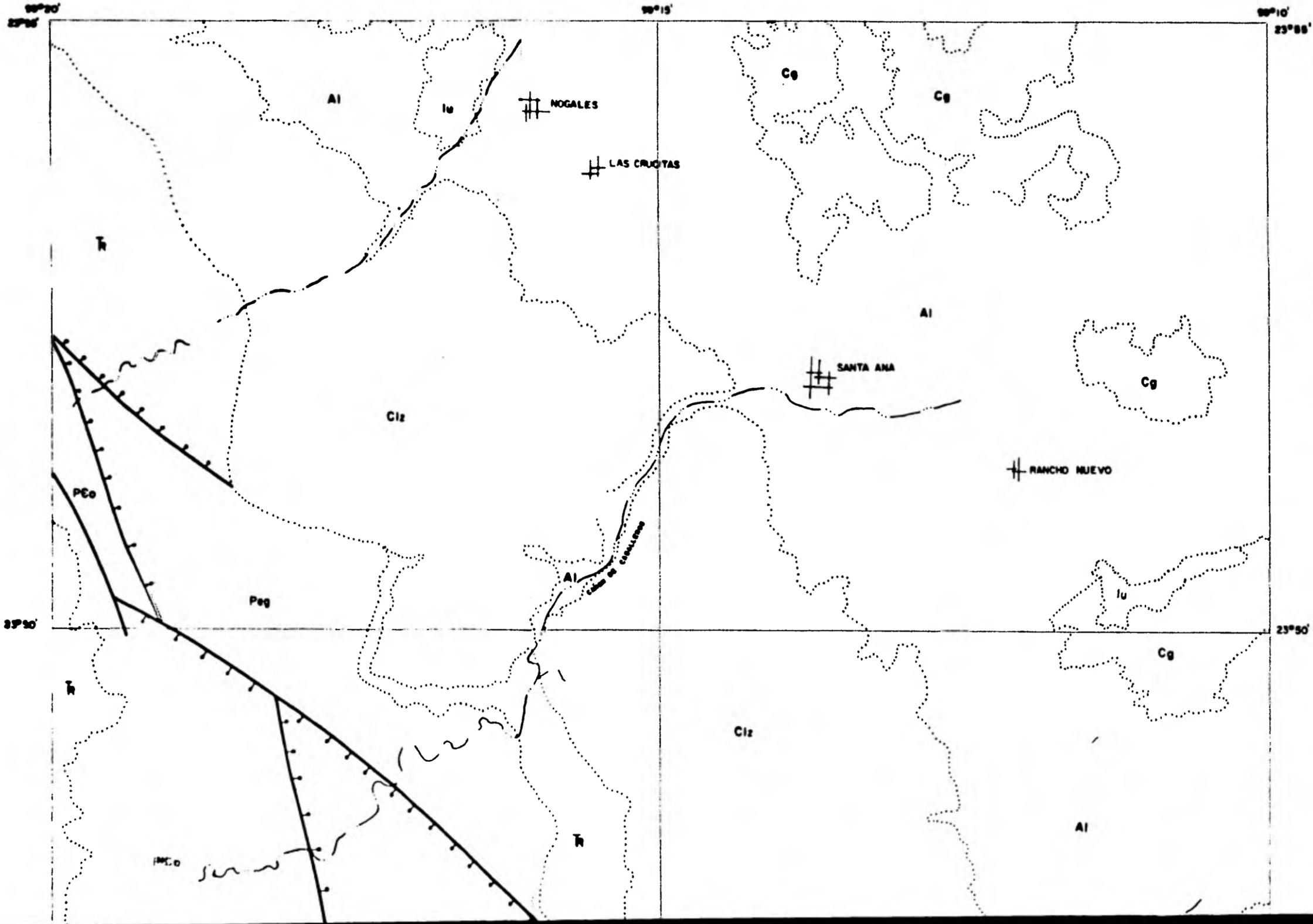
A N E X O 2.- PLANOS



LEYENDA	SIMBOLOGIA
(Qal) Aluvión	Contorno geológico
(Gr) Granito	Curva de nivel
(E) Esquistos de serpentina	Arroyo intermitente
(B) Básico	Camino de ferrocarril
(UB) Ultrabásico	Poblado o rancharío
	A— Línea de sección
	ACP-SP Clave de la muestra

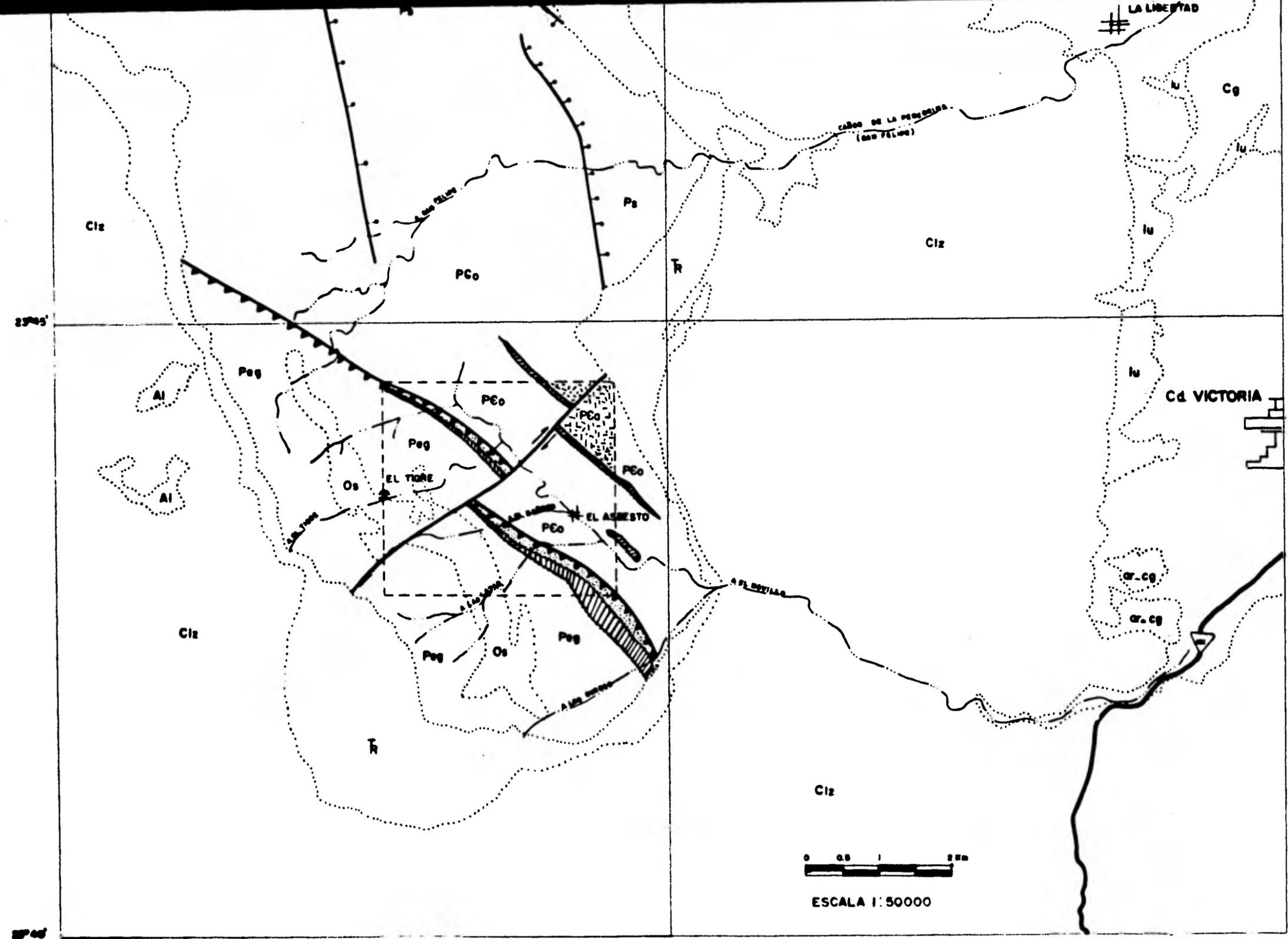


PLANO N-7		
UNAM	FAC. DE INGENIERIA	
	Tesis Profesional	
PLANO GEOLOGICO AREA OJOS NEGROS		
(REAL DEL CASTILLO) B.C.M.		
Plano N°3	Jaime Núñez E.	Feb. 1981



LEYENDA

- Al Aluvión
 - Lu Lutitas
 - ar-cg Areniscas y conglomerados
 - Cg Conglomerados
 - Ciz Calizas
- ORTEGA - DE CSERNA**
- Tr Triásico Superior - Jurásico Inferior.
(Copas rojas continentales)
 - Ps Silúrico Medio - Pérmico Inferior (Conglomerados, areniscas, carbonatos y flysch)
 - Os Ordovícico (Serpentinitas)
 - Peg Ordovícico (p) Esquisto Granjeno (Cuerzo, moscovita, clorita, grafito)
 - PCo Precámbrico. Gneiss Novillo (Ortogneiss granítico-gabróico)
 - PCa Precámbrico. Meta-anortositas y metagabro
 - / Cuerpo de Neisonita



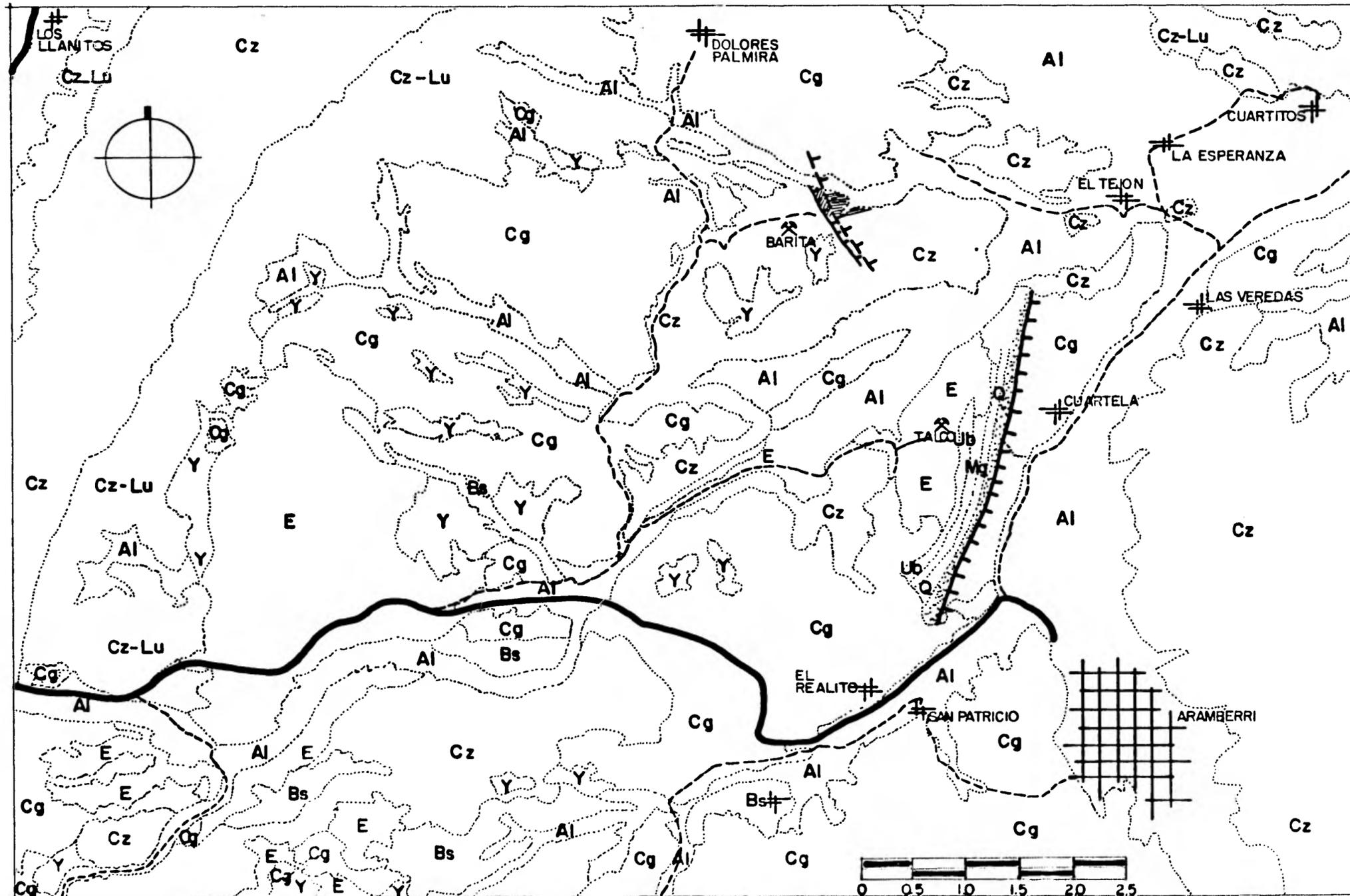
-  Granita
-  Milonitas y cataclastitas
-  Cabealgadura
-  Falla de transurrencia
-  Falla Normal
-  Area de trabajo de detalle de Ortega (1978)

MAPA GEOLOGICO DE LA REGION DE NOVILLO-PEREGRINA, TAMAULIPAS, EN BASE A INFORMACION TOMADA DE DETENAL (F-14-A-19 Y F-14-A-29), ORTEGA (1978) Y DE CSERNA et al (1977).

UNAM	FAC. DE INGENIERIA	
	Tesis Profesional	
MAPA GEOLOGICO DE LA REGION NOVILLO-PEREGRINA, TAMS.		
Plano N° 1	Jame Nolas E	Feb. 1981

0 0.5 1 2 Km
 ESCALA 1:50000

LEYENDA

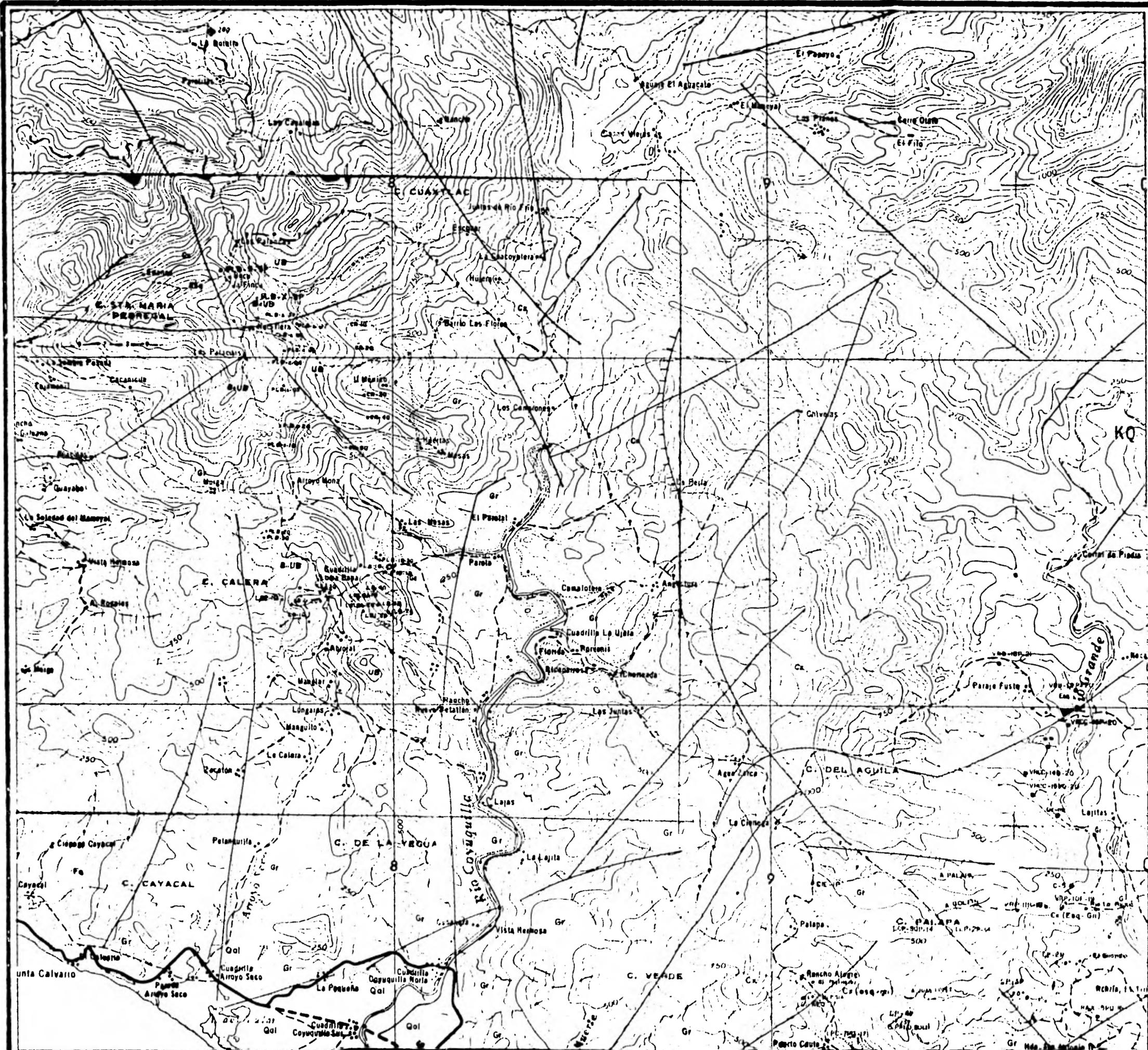


- | | | | |
|--------------|--|-----------|-------------------------------|
| Al | Aluvión. | | Esquisto Granjeno. |
| Cg | Conglomerado. | | Brecha de Falla. |
| Bs | Brecha Sedimentaria. | | Lachos Rojos Huizachal. |
| Cz-Lu | Calizas y Lutitas. | Q | Filón de Cuarzo. |
| Y | Yeso. | Mg | Metagabro. |
| E | Esquisto (Metatobas
Meta-areniscas) | UB | Gabro y Peridotita con Taleo. |
| | Falla Normal. | | Falla Normal Invertida. |
| | Mina | | Camino de terraceria. |
| | Camino de asfalto. | | |
- PLANOS BASE DETENAL G14 y C87.

UNAM FAC DE INGENIERIA
Tesis Profesional

MAPA GEOLOGICO DEL AREA
ARAMBERRI, NUEVO LEON

Plano N° 2 Jaime Núñez E Feb. 1981



LEYENDA

COLUMNA

Qal	Aluvion y Depositos Cuaternarios
Gr	Granitos, Granodioritas, Cuarcosyenitas y Migmatitas
UB-B	Horduzitas, peridotitas, peridotitas serpentizadas, anfilitas, gabbros, diabasas y doleritas
Ca	Complejo Xelapa (Esquistos-Gneis)

SIMBOLOGIA

	Carretera federal
	Carretera de terraceria
	Pabellon o rancharia
	Curva de nivel
	Rio perene
	Arroyo intermitente
	Limamientes (falla o fractura)
	Contacto geologico
	Yacimiento ferrifero no bien delimitado

2

Bahía de Papanaoa

SAN LUIS DE LA LOMA

KQ

Diqne



Esc. 1:50,000

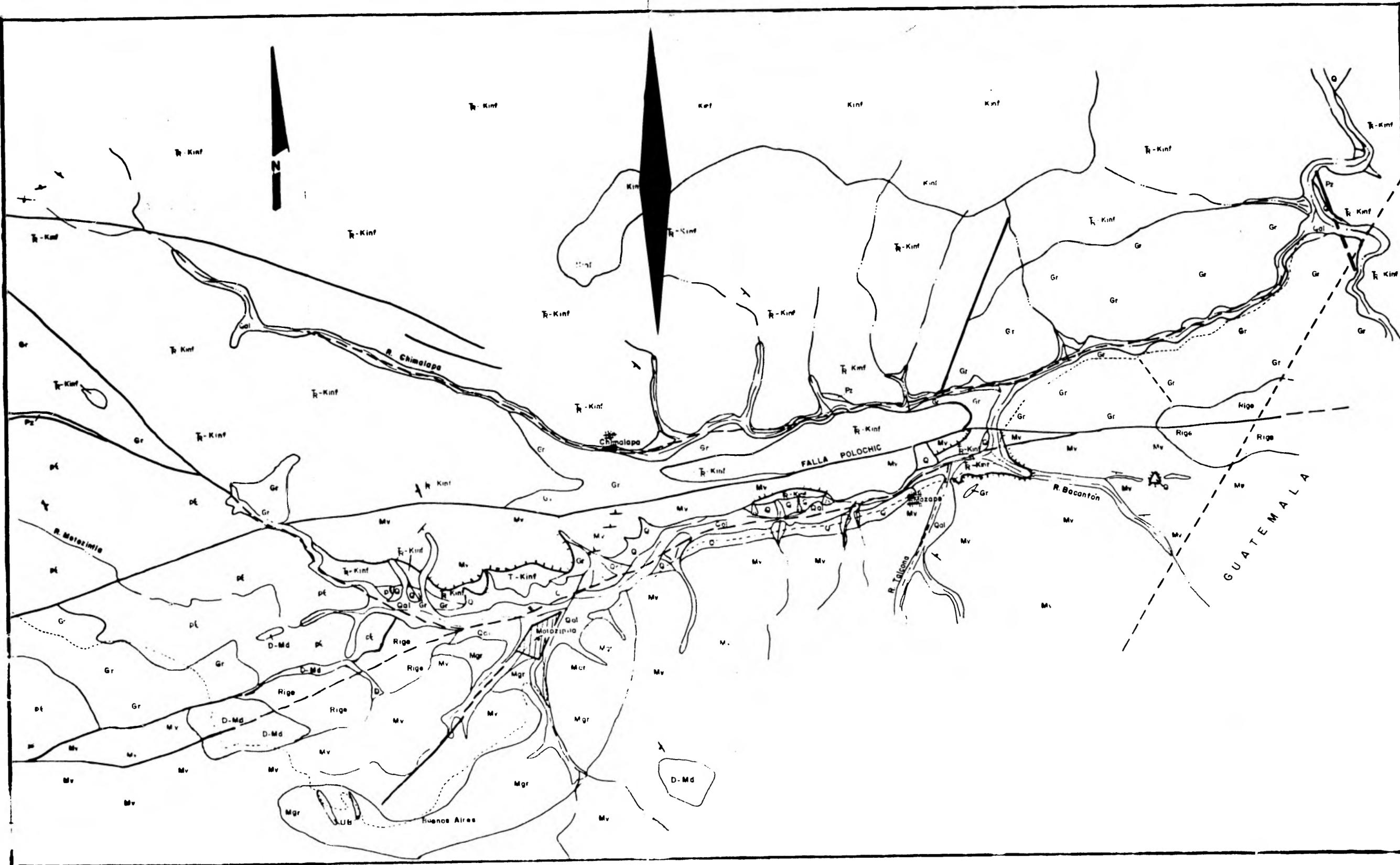


NOTA: El levantamiento topográfico de esta zona fue realizado por el Comandante de las Fuerzas Armadas y San Luis de la Loma, Estado de Guerrero, Esc. 1:100,000.

UNAM FAC. DE INGENIERIA
Tesis Profesional

PLANO GEOLOGICO Y DE LINEAMENTOS
AREA
PETATLAN-PAPANOA, GRO.

Plano N° 8 Jaime Núñez E. Feb. 1981



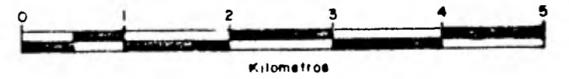
LEYENDA

- Qal Cuaternario Reciente (Aluvión)
- O Cuaternario Antiguo (Aluviones)
- Rige Plio Cuaternario (Andesitas, brechas y tóbas)
- D-Md Dioritas, macrodioritas terciarias
- B-UB Rocas básicas y ultrabásicas
- Mv Metaseditas, metarolita, metagrauvascas y metatobas
- Kinf Calizas Albano-Cenomaniano (F Sierra Madre)
- Tr-Kinf Molasa Continental Triásica-Cretácica inf (F Todas Santos)
- Pz Pizarras Missisípicas (F Sta. Rosa inf)
- Gr Granito Paleozoico
- Mgr Anortositas
- pt Micasquistos pre-Cámbricos

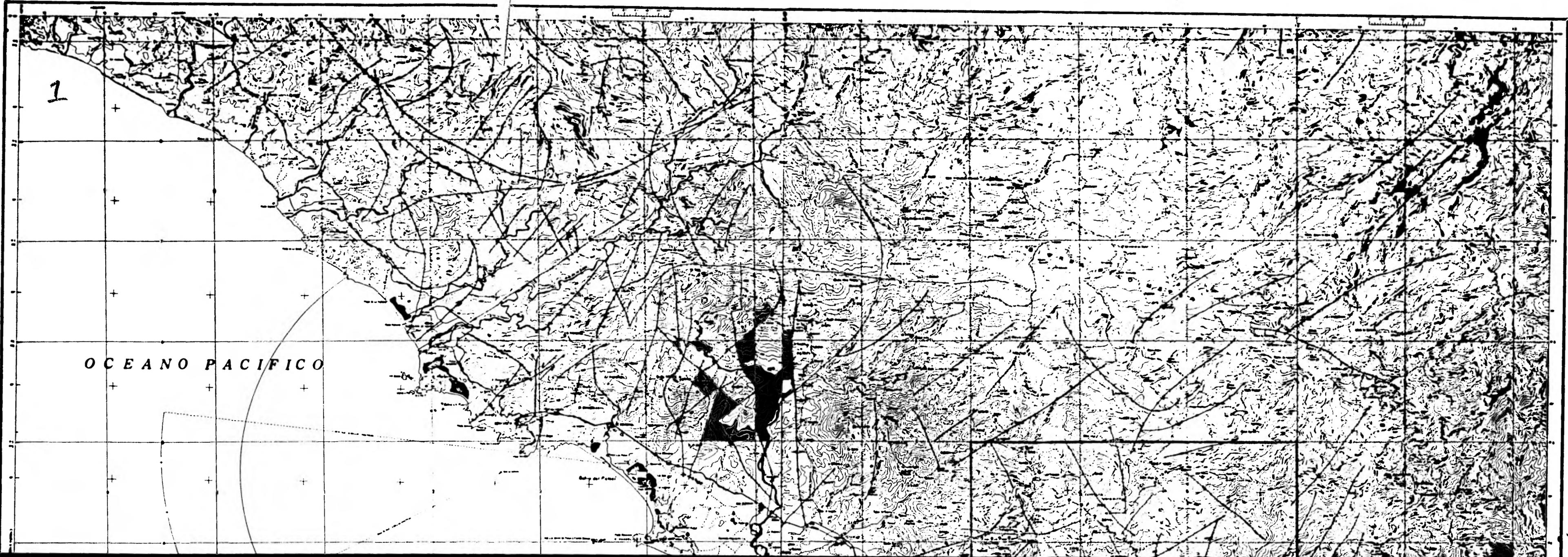
SIMBOLOGIA

- Cabalgamiento (los triángulos están del lado del cabalgamiento)
- Contacto geológico
- Falla
- Fallas probables
- Kumbos y estrados de las capas
- Pueblo
- Ciudad
- Camino de terracería
- Río o arroyo

Plano base tomado de J. Cortázar 1977



UNAM	FAC. DE INGENIERIA	
	Tesis Profesional	
MAPA GEOLOGICO DEL AREA MOTOZINTLA, CHIAPAS		
Plano N° 10	Jaime Nunez E	Feb. 1981



1

OCEANO PACIFICO

2

LEYENDA

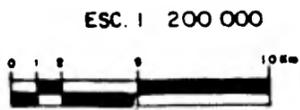
COLUMNA

- Qal** Aluvion y depósitos cuaternarios
- Gr** Granitos, Granodioritos, Cuarzomonzonitas, y Monzonitas.
- UB+B** Harzburgitas, peridotitas, peridotitas serpentinizadas, anfibolitas, gabros, diabasas y dioritas.
- Cx** Complejo Xalapa (esquistos-grais)

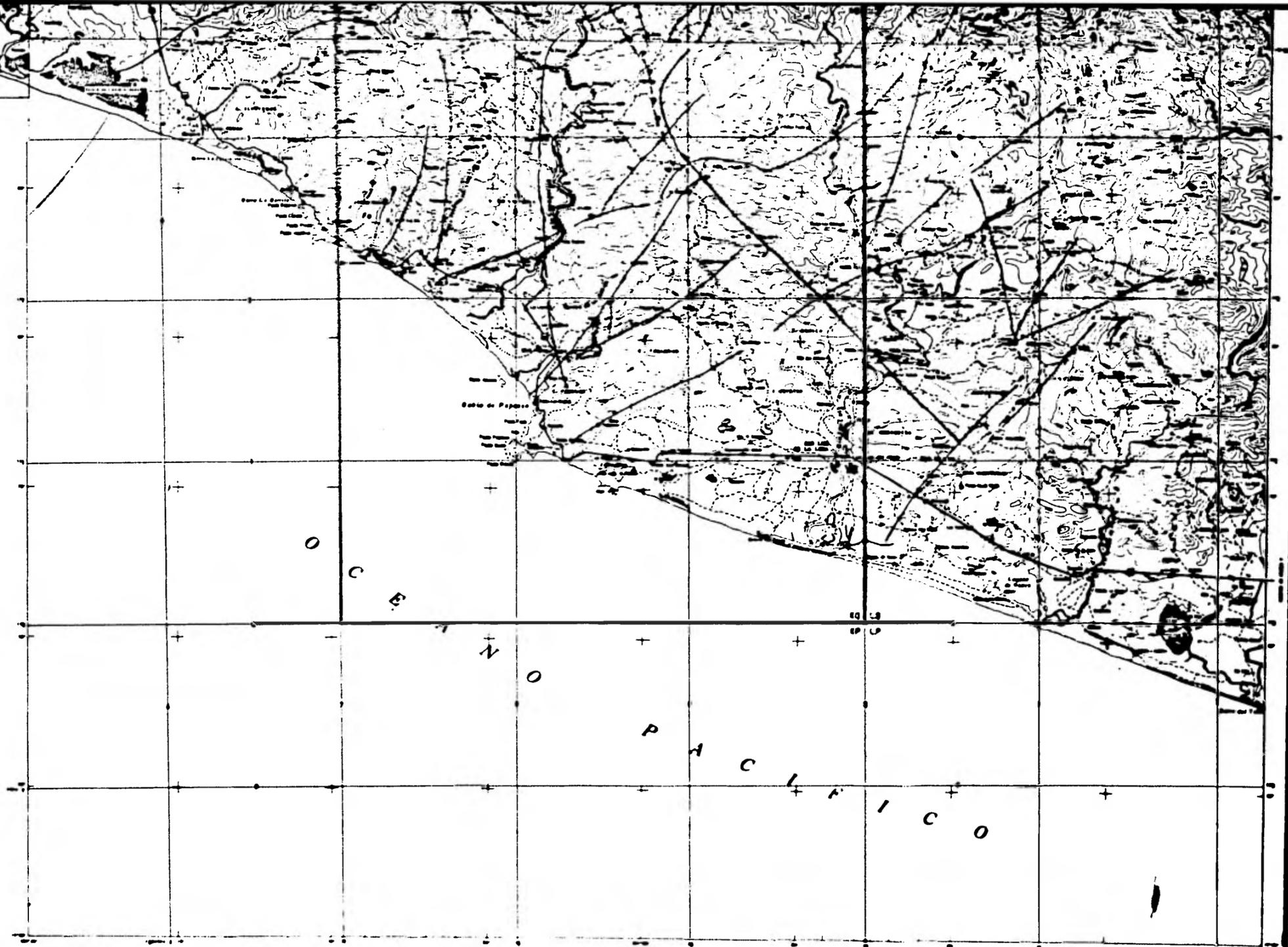
SIMBOLOGIA

- Carretera de terracería
- - - Veredas
- Fe Yacimiento ferrífero no bien definido

- Carretera federal.
- Contacto geológico
- Contacto geológico inferido
- Lineamiento (falla o fractura)
- Curva de nivel
- Poblado o ranchería
- Rio Perena
- Arroyo intermitente
- Area de trabajo regional



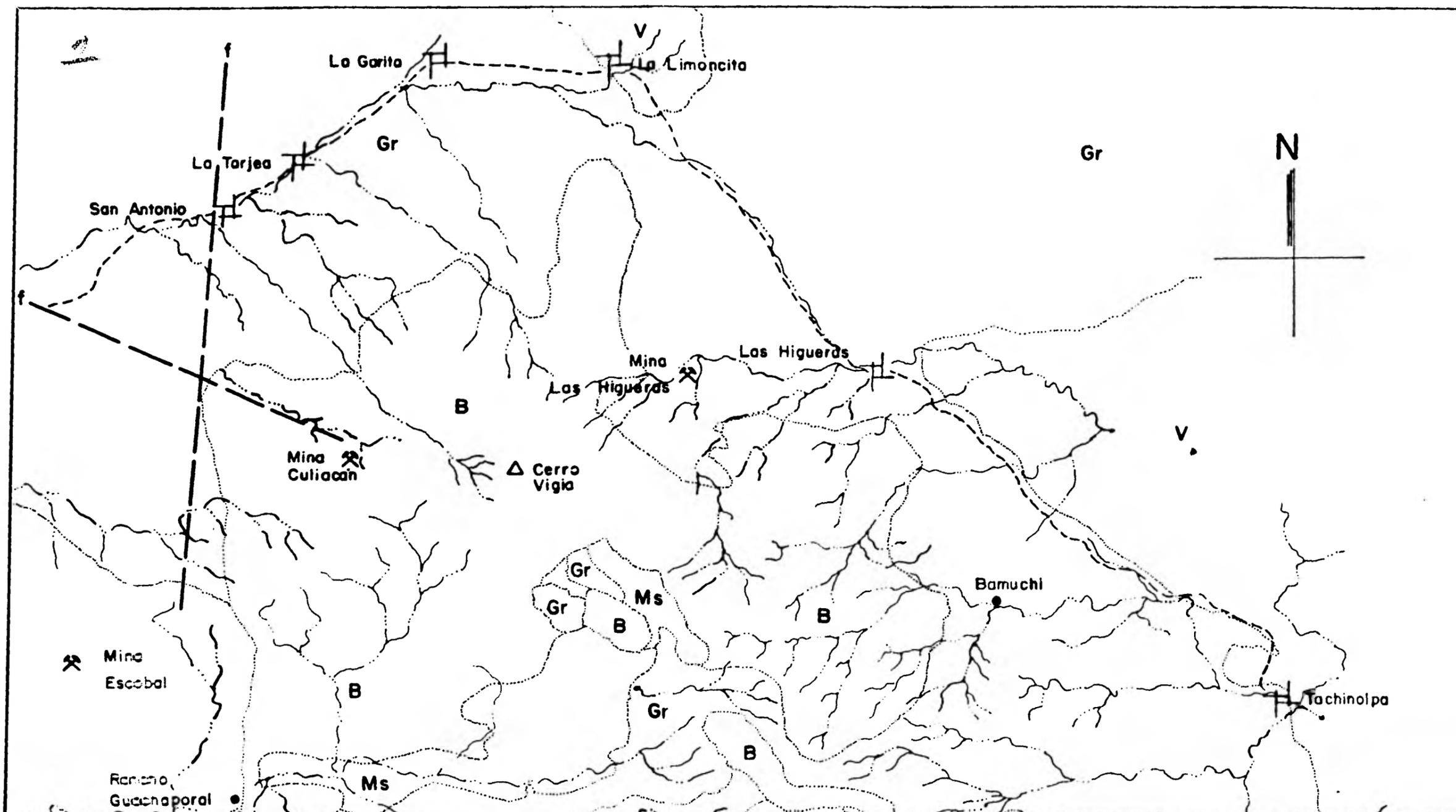
NOTA : a) Lineamientos tomados de imagenes de satélite Landsat-1
 b) Campos de las hojas Zihuatanejo, Petatlan y San L de la Loma, Hojas de la Defensa Esc. 1: 100 000



UNAM FAC. DE INGENIERIA
Tesis Profesional

PLANO GEOLOGICO Y DE LINEAMIENTOS
AREA PETATLAN - PAPANOA, GRO.

Plano N° 7 Jaime Núñez E. Feb. 1981



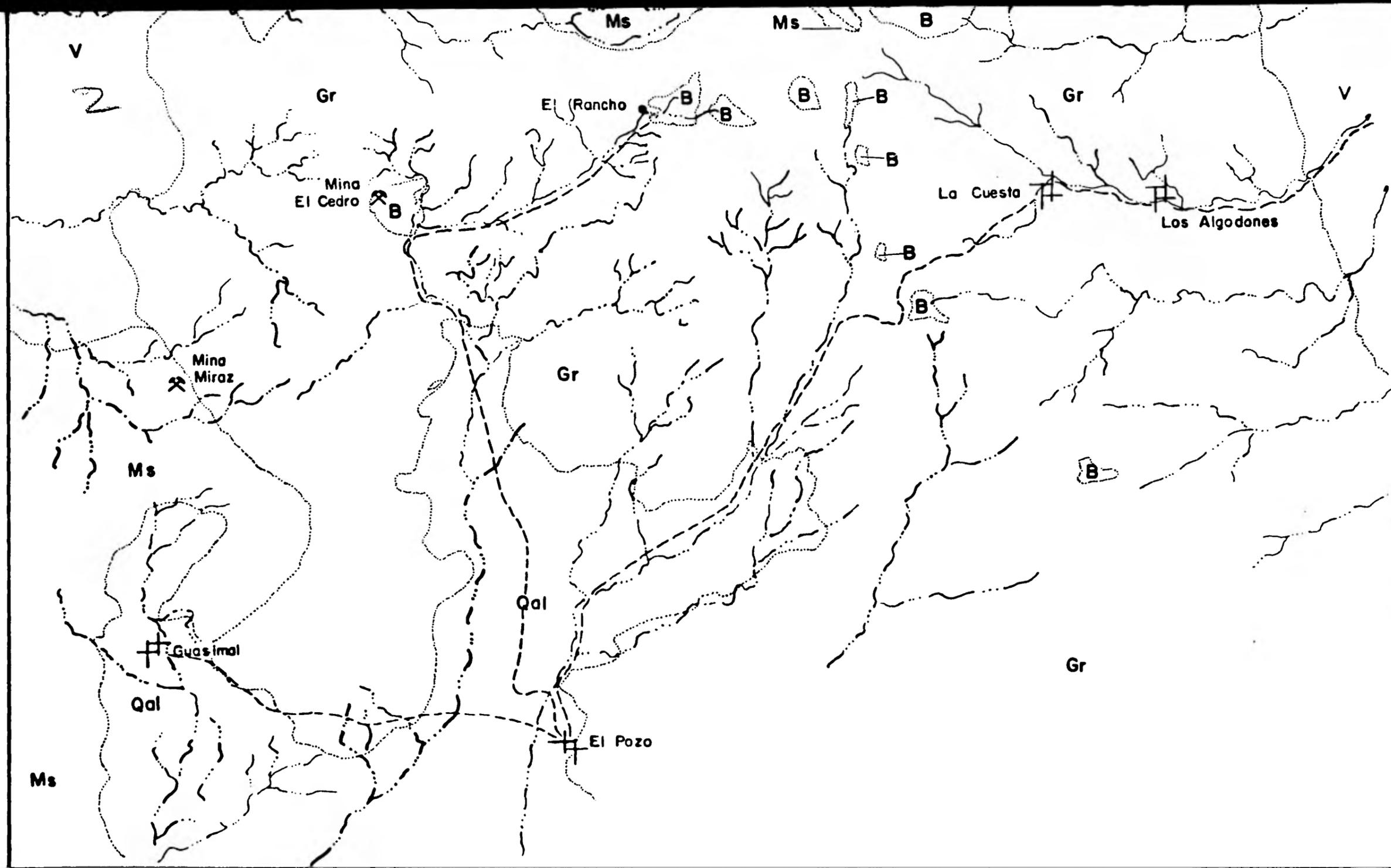
EXPLICACION

LEYENDA

Qal	Aluvion
Ms	Metasedimentos Mesozoicos
V	Volcanicos Terciarios
B	Basicas Terciarias (Gabros y Dioritas)
Gr	Granodioritas Terciarias

SIMBOLOGIA

	Camino
	Arroyo
	Contacto Litologico
	Rancho
	Poblacion



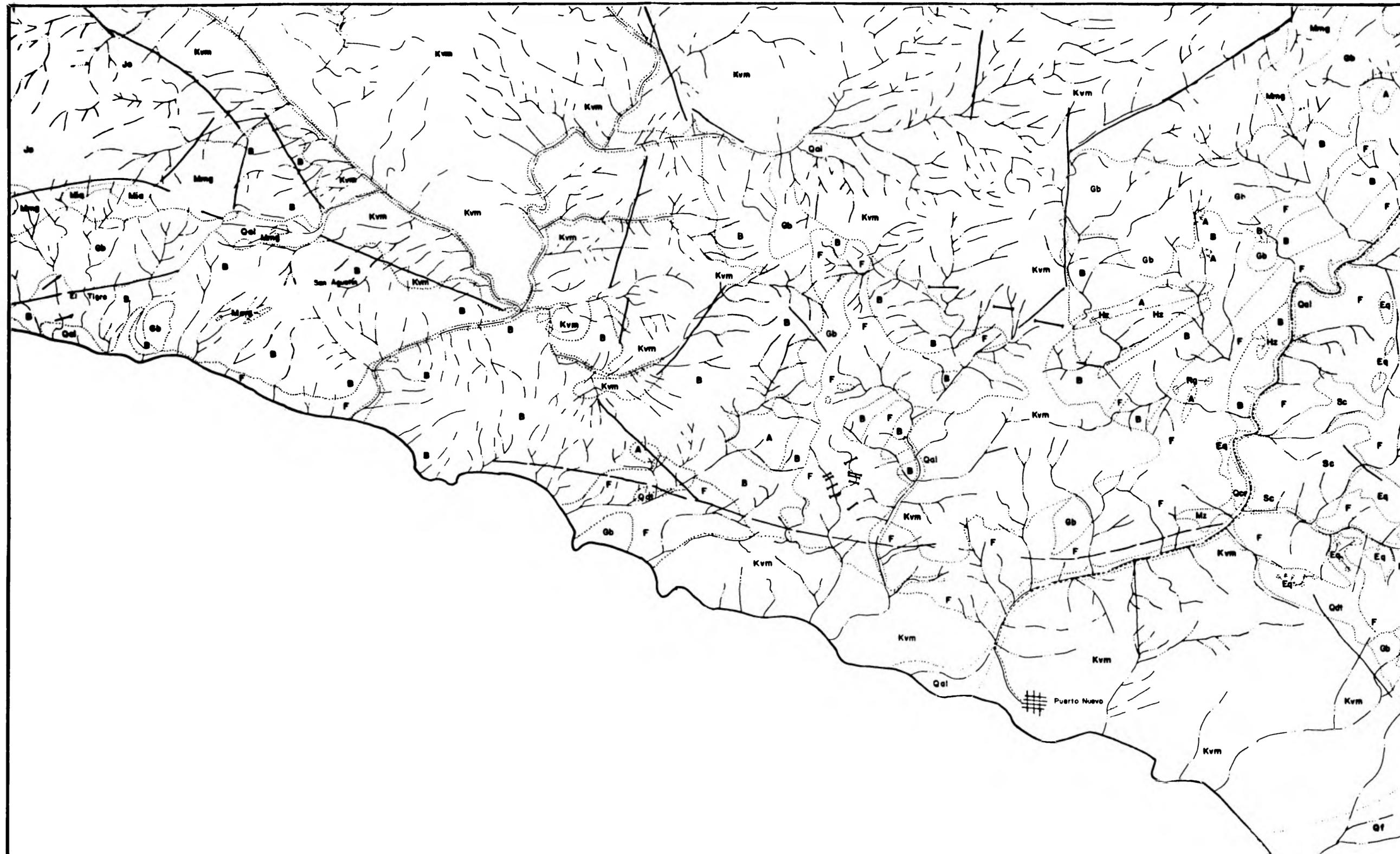
 Falla
 Mina o Prospecto

Plano litológico generalizado del area de San Antonio, Sin., tomado de Clark, (1973)

esc. 1:50 000



UNAM	FAC. DE INGENIERIA	
	Tesis Profesional	
MAPA GEOLOGICO DEL AREA SAN ANTONIO, SINALOA.		
Plano N° 6	Jaime Nuñez E.	Feb. 1981



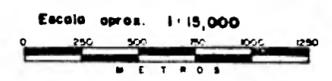
LEYENDA

- Qal Aluvión
- Tel F. Almejas
- Ti F. Tortugas
- Ms Diques (gabralcoy diabásicos)
- Kvm Menseñites y cuarzo-menseñites
- Jo F. Volca (lutitas, limolitas, lutitas arenosas, arenosas)
- Mio F. Eugenia (lutitas, arenosas, conglomerados, tabas)
- Gb Basaltos con estr. pillow lavas
- Hz Gabbros
- F Harzburgitas
- B Serpentinite talcosa
- A Serpentinite a partir de peridotite con piroxenos y poco cromite diseminada
- Eq Serpentinite a partir de dunite con cromite diseminada
- Eq Rocas metamórficas (esqueto de clarito-epidoto y actinolito-glaucófano)

SERIE OFIOLITICA

SIMBOLOGIA

- Contacto geológico
- Falla
- Falla inferida
- Fracturamiento
- Aroyo
- Poblado
- Breche



Plano base tomado del Ing. Victor Mendoza, residente La Paz, B.C.S.

UNAM	FAC. DE INGENIERIA
	Tesis Profesional
PLANO GEOLOGICO Y DE LOCALIZACION DE	
CUERPOS DE CROMITA, BAHIA	
DE VIZCAINO, B.C.S.	
Plano N° 5	Jaime Nuñez E Feb. 1981