
FACULTAD DE INGENIERIA

**Estudio Geológico-Geoquímico de la Zona Ojo
de Agua, en la Porción Suroriental de la
Sierra de Catorce, S. L. P.**

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO GEOLOGO

p r e s e n t a :

GUILLERMO PEREZ IBARGUENCOITIA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Biblioteca Central

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM



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.



**Estudio Geológico-Geoquímico de la Zona Ojo de Agua,
en la Porción Suroriental de la Sierra de
Catorce, S. L. P.**

GUILLERMO PEREZ IBARGUENGOITIA

MEXICO, D. F.

1975

Con sincera gratitud

A MIS PADRES

5

A MIS HERMANOS

con cariño.

Por su cariño y comprensión, con todo

amor a mi esposa y a mi hijo



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-176

Al Pasante señor GUILLERVO PEREZ IBANGUENGOITIA,
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 Profesor Ing. Germán Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero GEOLOGO.

ESTUDIO GEOLOGICO-GEOQUIMICO DE LA ZONA OJO
DE AGUA, EN LA PORCION SURORIENTAL DE LA SI
ERRA DE CATORCE, S.L.P.

- I. Generalidades
- II. Historia minera de la sierra de catorce
- III. Geografía
- IV. Fisiografía
- V. Geología
- VI. Yacimientos minerales
- VII. Geoquímica
- VIII. Conclusiones y recomendaciones

Ruego a usted 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 indispensable 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"
México, D. F., a 16 de octubre de 1975
EL DIRECTOR

ING. ENRIQUE DEL VALLE CALDERON

EVC/ND/elt.

CONTENIDO

	Página
I - GENERALIDADES	1
I.1 - Introducción	1
I.2 - Estudios Previos	1
I.3 - Método de Trabajo	3
I.4 - Trabajo de Gabinete	4
II - HISTORIA MINERA DE LA SIERRA DE CATORCE	5
III - GEOGRAFIA	9
III.1 - Localización	9
III.2 - Vías de Comunicación	9
III.3 - Clima	9
III.4 - Vegetación	11
III.5 - Economía y Cultura	11
IV - FISIOGRAFIA	13
IV.1 - Geomorfología	13
IV.1.1 - Orografía	13
IV.1.2 - Hidrografía	16
V - GEOLOGIA	17
V.1 - Estratigrafía	17
V.2 - Geología Estructural	38
V.3 - Geología Histórica	40
VI - YACIMIENTOS MINERALES	42
VII - GEOQUIMICA	49
VII.1 - Sistema de Trabajo	49
VII.2 - Valores Estadísticos	50
VII.3 - Descripción de Anomalías	50
VII.4 - Interpretación	51
VIII - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS CITADAS	

ILUSTRACIONES

Planos

	Página
1 Localización	9 - 10
2 Provincias Fisiográficas de la República Mexicana	13 - 14
3 Localidades Mineras en la Sierra de Catorce, S.L.P. ...	42 - 43
4 Geológico del Area Ojo de Agua en la Sierra de Catorce, S.L.P.	En sobre al final
5 Muestreo Geoquímico en Suelos por Cu	"
6 Muestreo Geoquímico en Suelos por Pb	"
7 Muestreo Geoquímico en Suelos por Zn	"
8 Muestreo Geoquímico en Suelos por Sb	"
9 Conjunto de Anomalías Geoquímicas	"
10 Secciones Geológicas y Geoquímicas de las líneas N60°E de la Zona Ojo de Agua, Sierra de Catorce, S.L.P.	"
11 Secciones Geológicas y Geoquímicas de las líneas E-W en la Zona Ojo de Agua, Sierra de Catorce, S.L.P. ...	"

Gráficas

1 Frecuencia-Concentración de Cobre	Apéndice
2 Frecuencia-Concentración de Plomo	"
3 Frecuencia-Concentración de Zinc	"
4 Frecuencia-Concentración de Antimonio	"

Tablas

1 Correlación Estratigráfica	17 - 18
2 Para el Cómputo de Anomalías de Cobre	Apéndice
3 Para el Cómputo de Anomalías de Plomo	"
4 Para el Cómputo de Anomalías de Zinc	"

Fotografías

1 Calle Principal del Real de Catorce	6
2 Casa de Moneda Fundada en 1865	6
3 Vista General del Poblado Ojo de Agua	10
4 Vista del Cerro del Venteadero	14
5 Vista General de la Mesa del Yerbaníz	15
6 Caliza Zuloaga aflorando en el Arroyo La Plomosa	18
7 Contacto de las formaciones Huizachal y Zuloaga en el Arroyo de Juan Orozco	20
8 Afloramiento de la Formación Huizachal al NW del Poble do Ojo de Agua	21
9 Aspecto de la Formación Huizachal al norte del Poblado Ojo de Agua	22

Fotografías

Página

10	Gasterópodos Nerineas sp. en la Caliza Zuloaga del Jurásico Superior	24
11	Huellas de Oleaje "Ripple Marks" presentes en el miembro inferior de la Caliza Zuloaga	24
12	Diques Marcados por la Vegetación Cortando a la Caliza Zuloaga	30
13	Contacto de un Stock Cuarzomonzonítico con la Caliza Zuloaga en el Lugar Denominado Potrerillos	31
14	Remanente de Caliza Sobre un Stock Cuarzomonzonítico ..	32
15	La Caliza Zuloaga es Cortada por dos Diques de Pórfido Cuarzomonzonítico	33
16 y 16A	- Dique de Pórfido Cuarzomonzonítico que Corta a la Formación Huizachal en el Arroyo La Plomosa	34
17	Dique Cuarzomonzonítico Cortando a la Formación Huizachal en el Arroyo Juan Orozco	35
18	Caliche con Fragmentos de Caliza	37
19	Vista de una zona fallada con un Rumbo Norte 12°W, desde el Camino que Conduce a Ojo de Agua	39
20	Terreros de las Minas Cristalitos y Santo Domingo (Sb) .	43
21	Terreros de la Mina Santo Domingo (Sb)	43
22	Terrero de la Mina El Yerbaníz (Sb)	44
23	Vista de una Parte del Manto de Antimonio que se Explota en la Mina El Yerbaníz	45
24	Aspecto de un Labrado en la Mina El Yerbaníz	46
25	Bocamina El Ventedero (Sb) ubicada en el Cerro del mismo Nombre	54
26	Mina El Culebreado (Sb y Hg) al pie de la Mesa del Yerbaníz	55
27	Aspecto Interior de la Mina El Culebreado	55

.....En los primeros años del siglo XIX la riqueza
de las minas de plata de la Nueva España
guardaba el orden siguiente de mayor a menor:
Guanajuato, Catorce, Zacatecas, Real del
Monte, Bolaños, El Rosario, Sombrerete,
Taxco, Batopilas, Zimapan, Fresnillo, Ramos
y Parral.....

Alexander Von Humboldt, 1811

AGRADECIMIENTOS

El autor del presente trabajo agradece las facilidades que para la realización de este estudio ha recibido del Consejo de Recursos Naturales No Renovables y en particular de su Director General, Sr. Ing. Guillermo P. Salas, su Gerente de Exploración Sr. Ing. Rubén Pesquera Velázquez, así como al Jefe del Departamento de Geoquímica, Sr. Dr. José Luis Lee Moreno.

Un especial reconocimiento para el Sr. Ing. Germán Arriaga García por sus atinados consejos en la dirección de esta tesis. Del mismo modo quiero dejar parente mi agradecimiento a todo el personal de la Residencia del Consejo de Recursos Naturales No Renovables en San Luis Potosí, a la señorita Lucía Torres M., por el trabajo de mecanografía, y en general a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la ejecución de este trabajo.

I - GENERALIDADES

1.1 - Introducción

Gran parte del Territorio Nacional se encuentra sin explorar debido a su extensión, la difícil topografía, falta de vías de comunicación, y el escaso presupuesto que se destina para este fin. Cada día la exploración minera será más necesaria y a la vez más complicada.

Entre los métodos de prospección que se emplean actualmente, está la Geoquímica, que puede cubrir grandes extensiones en períodos de tiempo cortos y a costos muy reducidos.

El Gobierno de México por cuenta del CRNNR, ha iniciado hace algunos años exploraciones, utilizando la Geoquímica como método de prospección. Uno de estos trabajos a nivel regional se inició en la Sierra de Catorce, S.L.P., región tradicionalmente minera en el año de 1971 (Lee Moreno, J.L. 1971). El estudio anterior, sirvió para definir varias zonas, detectando importantes anomalías de plomo, cobre, zinc y antimonio.

El presente trabajo, corresponde a una de las zonas de mayor interés, debido a que se encontraron valores geoquímicos anómalos, que relacionados con los rasgos geológicos indican la posibilidad de localizar algún yacimiento mineral de importancia económica.

1.2 - Estudios Previos

La zona Ojo de Agua nunca había sido estudiada aún cuando se encuentra comprendida dentro de la Sierra de Catorce, región ampliamente conocida por sus antiguos centros mineros como Real de Catorce, Santa María de la Paz, Matehuala, La Maroma, Wadley, etc.

Existen algunos estudios sobre la Sierra de Catorce realizados por diferentes autores, algunos de ellos se citan a continuación: Humboldt, 1811, hace mención del Real de Catorce, aunque nunca estuvo ahí. Joseph Burkart, 1836, presenta algunos datos sobre una visita que realizó al Real de Catorce en 1830. Castillo y Aguilera, 1895, describen algunos fósiles y dan algunas notas sobre las rocas sedimentarias de la región. M. Tinoco, 1902, hizo un informe sobre la Mina Señor de la Humildad y anexas del mineral La Maroma, a 20 Km al sur del Real de Catorce, describiendo las principales estructuras y haciendo un análisis de costos. A. Chippendale, 1910, estudió la zona minera de La Maroma describiendo la forma del yacimiento y da algunos datos sobre el contenido de minerales. P. K. Lucke, 1920, hace un estudio económico de las principales minas existentes en el Real de Catorce, con interesantes datos sobre producción y reservas. Baker, C. L., 1921, habla sobre la geología en general del Distrito Minero de Catorce; Clendenin, T. P., 1926, hace una descripción general de las minas en este distrito. Pesquera V., R., 1954, hizo un estudio geológico-minero, describiendo las posibilidades del mineral de Catorce. En el Distrito Minero Villa de la Paz, Spurr, Garrey y Ferner en 1912, hicieron una investigación sobre un depósito metamórfico de contacto en la base oriental del Cerro del Fraile. García Gutiérrez C., 1967, relacionó y comparó los orígenes y asociaciones paragenéticas entre los depósitos minerales de Dolores y la Paz. Machado M. L., 1970, estudió la geología del Distrito Minero de la Paz, S. L. P.

Otros estudios realizados sobre Sierra de Catorce son los del yacimiento antimonífero de San José, a 12 Km al oriente de la Estación Wadley,

por J. González Reyna y Donald E. White (1947). Ellos hacen la descripción de cuatro mantos de antimonio, incluidos en calizas y lutitas de las formaciones llamadas localmente San José y Santa Emilia. Archibald C. J. 1950, hizo un trabajo sobre la geología de los depósitos de antimonio y principalmente su extracción. Cardona V.S., 1971, estudió los controles estratigráficos y estructurales de la mineralización en este yacimiento. El trabajo más reciente lo realizó Querol, S.F., 1973, con una interesante investigación sobre la génesis de estos depósitos.

De Cserna Z., 1956, también proporciona algunos datos sobre la tectónica y Martínez R.S., 1969, sobre la geología de la porción septentrional de la Sierra.

El trabajo más reciente efectuado en la región, es el estudio geológico regional de Lee Moreno, J.L., 1971 - que dió lugar a la presente investigación.

I.3 - Método de Trabajo

Como base topográfica para el desarrollo de este trabajo se empleó la Hoja Villa de Guadalupe (F14-17-34) carta topográfica de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, escala 1:50,000, sobre la cual se vació la información obtenida en los trabajos de campo y resultados de laboratorio.

El primer paso fue un muestreo regional de sedimentos de arroyo, obteniéndose valores interesantes de Cu, Pb, Zn y Sb, Lee Moreno, J.L., 1971. Como segundo paso se procedió a hacer la interpretación fotogeológica preliminar de esta zona, utilizando ocho fotografías aéreas verticales tomadas por la Cía. Mexicana Aerofoto en 1969 a escala 1:25,000 en las cuales

se identificaron las estructuras y se separaron las diferentes unidades por su cambio de tono y textura. El tercer paso consistió en la verificación del plano litogeológico y el muestreo geoquímico de suelos sobre 15 líneas trazadas sobre el terreno, equidistantes 500 m entre si, tomando muestras cada 100 m.

I. 4 - Trabajo de Gabinete y Laboratorio

En el laboratorio petrográfico se hicieron láminas delgadas de las rocas para su estudio microscópico, habiendo seleccionado para éstas, muestras representativas de las unidades observadas.

En el laboratorio químico se hizo el análisis geoquímico de 402 muestras por cobre, plomo, zinc y antimonio, los resultados se estudiaron estadísticamente, estableciendo ciertos límites locales de normalidad para cada uno de los cuatro elementos antes mencionados, anotándose en los planos geoquímicos y delimitando las zonas anómalas.

II - HISTORIA MINERA DE LA SIERRA DE CATORCE

No se conoce historia minera de la zona Ojo de Agua, ya que hasta en la última década se han localizado algunos prospectos de antimonio y mercurio. Cerca de la zona se encuentra el pueblo minero La Maroma, donde se trabajó la Mina "El Señor de la Humildad" descubierta en 1780 y trabajada hasta principios del siglo.

La historia minera de la Sierra de Catorce se inicia con el descubrimiento de la región por los españoles en el año de 1773.

Octaviano Cabrera Ipiña, historiador potosino escribe:

"No fue sino hasta el año de 1778 cuando el capitán español Don Bernabé Antonio de Zepeda, asociado con otro minero y varios peones se metió por la ladera al oriente de la Sierra y comenzó a explorarla con toda paciencia, con tan buena fortuna que al cabo de tres meses de búsqueda, dió con la "Veta Grande" del Real de Catorce, el 25 de agosto de 1778. El crestón de metal estaba a flor de tierra y era tal la abundancia de minerales colorados con plata verde y blanca que en pocos meses de trabajo ganó más de medio millón de pesos.

Como primer descubridor consiguió que le dieran las pertenencias que concedían las Reales Ordenanzas, que fueron: "Concepción", "Guadalupe", y "San Miguel", todas en el grupo del lado oriente de la Sierra en el Real de Catorce, minas que fueron entonces de las más ricas y codiciadas.

Don Bernabé Antonio de Zepeda se convirtió en poco tiempo en un hombre poderoso, que mucha parte tuvo en la fundación y engrandecimiento de la región, y sobre todo, en el descubrimiento del Mineral de Catorce, pues fue su hallazgo el que empezó a dar fama y renombre a esa tierra antes tan desconocida".

Fue tanta la riqueza que en 1817 Don Joaquín Eguía hacía elogios del Mineral de Catorce y recomendaba la fundación de una casa de moneda, pero ésta no fue fundada sino hasta épocas del Presidente Juárez (Fotos 1 y 2).



Foto 1. - Calle principal del Real de Catorce antiguo distrito minero.



Foto 2. - Casa de Moneda del Real de Catorce fundada en 1865.

Cabrera Ipiña relata:

"Restablecido el orden constitucional, el licenciado Benito Juárez, Presidente de la República concedió permiso para hacer la tan deseada casa de moneda, y adquirida la maquinaria en Filadelfia por el Sr. Anacleto Terán con un costo de 80,000 pesos oro se trasladó a Catorce. instalándose ésta en 1865.

La casa de moneda fue establecida en un edificio de tres pisos frente al templo parroquial. Su construcción se debe a Don Santos de la Maza. La acuñación habida en estos talleres, en los catorce meses de existencia que tuvo, de enero de 1865 a febrero de 1866 en que se clausuró, fue la siguiente:

1865	1,321,545.00
1866	167,860.00
Total:	1,489,405.00 pesos

Pero sucedió que el 20 de marzo de 1866, el Emperador Maximiliano, temiendo que las fuerzas juaristas se apoderaran de la casa de la moneda de Catorce y tuvieran efectivos para sostenerse, dió orden de clausurarla. El Ayuntamiento y todos los vecinos principales elevaron un memorial al Gobierno de su Majestad pidiéndole que fuera revocada su disposición. El fallo del Gobierno del Imperio fue adverso a los intereses de los Catorceños y la flamante casa de moneda se clausuró para no volverse a abrir nunca más, quedando la gente toda, desconsoladamente triste y en extremo decepcionada del Emperador".

Causó tanta euforia el descubrimiento de las vetas en Catorce que rápidamente se extendió la exploración en toda la Sierra, de tal manera que en pocos años se descubrió el mineral de Maromas.

"Al sur de este Mineral de Catorce y a 10 leguas de distancia, está el Mineral de La Maroma, descubierto en 1780, de muy buenas leyes por patio y fuego; metales negros, de plata azul o sulfuros, pero, sus vetas son angostas. En él se encuentran algunas minas como la de Santa Elena, El Refugio, San Juan y otras que en 1887 poco se trabajaban, estando sólo al amparo. La principal denominada "El Señor de la Humildad" o "Mina Grande", se movía en muy corta escala; se le abrió un socavón para su desagüe y extracción de sus platas, pero esta obra se paralizó por falta de gente. La Mina del Señor de la

Humildad está a 2,200 m de altura sobre el mar, en un cerro inaccesible; cerca se encuentra la Zaragoza y anexas.

Lo malo con las minas de Catorce fue que la explotación de ellas se hizo a saco, o sea, por medio de buscones y a partido, cuidándose poco de hacer obras de investigación y de llevar los trabajos en forma ordenada; con este pésimo sistema se estuvieron trabajando las minas hasta una profundidad de 250 m.

Agotados los metales de las principales minas en explotación hasta el límite cada vez más abundante del agua y presentándose insuperables los obstáculos, suspendiéronse las obras de desagüe tan costosas como insostenibles viniendo la decadencia consiguiente y quedando los trabajos limitados".

Creemos que es interesante hacer notar que el trabajo en las minas se suspendió por causas diversas, pero no por la falta de mineral.

Por lo cual, es necesario, ahora que se emplean técnicas avanzadas resurgir este centro minero tan importante para el país.

III - GEOGRAFIA

III.1 - Localización

La zona en estudio está situada al norte del Estado de San Luis Potosí, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental y en la porción suro-oriental de la Sierra de Catorce estando comprendida entre los paralelos $23^{\circ}26'$ y $23^{\circ}30'$ de latitud norte y los meridianos $100^{\circ}47'$ y $100^{\circ}52'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich, cubriendo una superficie de 40 Km^2 , (Plano 1). El poblado Ojo de Agua se encuentra a 28.1 Km en línea recta de la Ciudad de Matchuala, S.L.P.

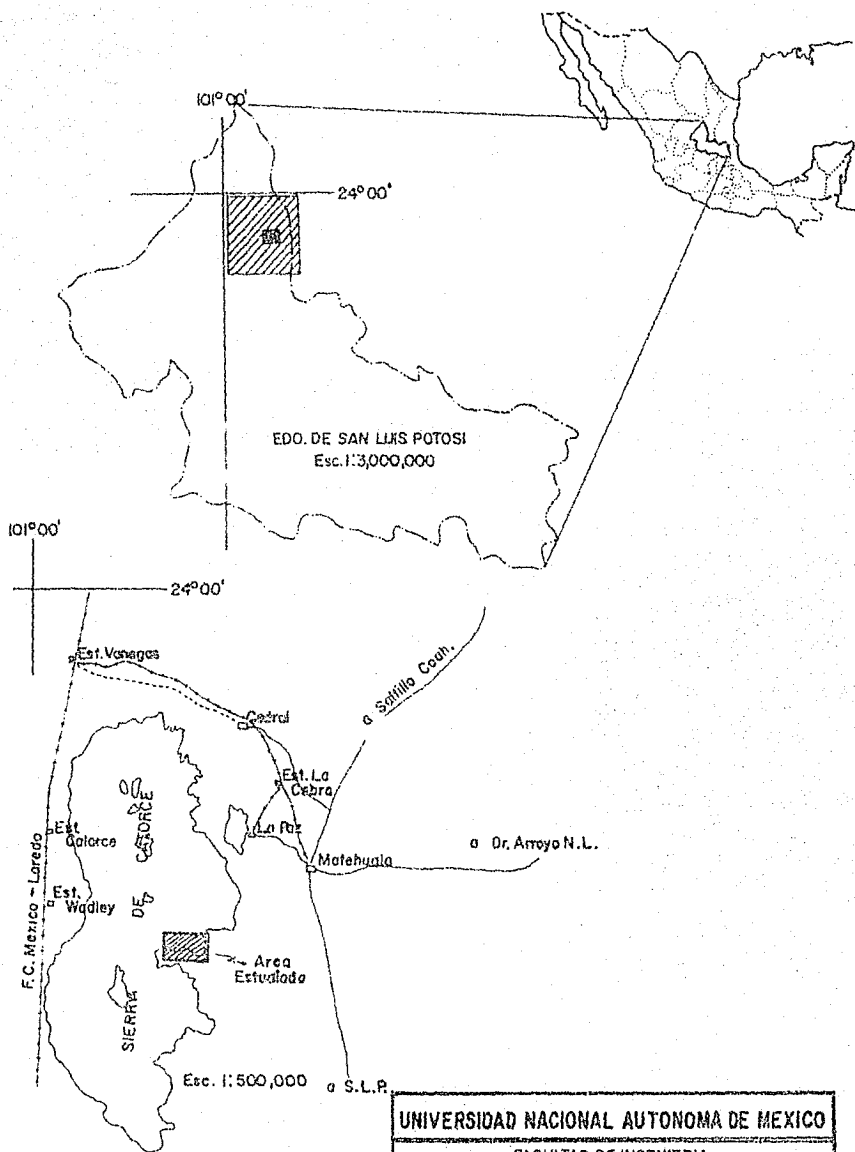
III.2 - Vías de Comunicación

El área Ojo de Agua es accesible desde la Ciudad de Matchuala, por la Carretera Federal # 57 siguiendo 16 Km al sur hasta el Km 171.8, donde se sigue por un camino de terracería en dirección a Villa de Guadalupe; a los 18 Km parte una brecha de 16 Km que pasa por el poblado de Buenavista y llega al de Ojo de Agua (Foto 3).

III.3 - Clima

El clima es seco estepario, Rzedowsky (1955), y según Koppen, es del tipo BSkwg, que corresponde al clima templado poco lluvioso. Su temperatura media anual es de 17.34°C y la precipitación anual de 343.9 mm.

Los vientos dominantes tienen una dirección general al oriente en invierno y primavera, cambiando al poniente en el verano y otoño. Las lluvias ocurren en el verano y ocasionalmente en el otoño.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO DE LOCALIZACION ZONA OJO DE AGUA, SIERRA DE CATORCE S.L.P.	
TESIS PROFESIONAL	P-1
PEREZ IBARGUENGOITIA GUILLERMO	



Foto 3.- Vista general del Poblado Ojo de Agua en la Sierra de Catorce.

III.4 - Vegetación

Predominan plantas de tipo matorral desértico micrófilo (Rzedowsky, 1961). Su característica principal es de ser hoja pequeña y resistente a la sequía. La Gobernadora (*Larrea divaricata*, familia de las zigofiliáceas); otras son la lechuguilla (*Agave Lechuguilla*) familia de las amarilidáceas que germinan en las laderas de los cerros y en partes altas; Palma Samandoca (*Yucca carnesosana*) y Palma China (*Yucca Filifera*) familia de las liliáceas; Peyote (*Lophophora williamsi*) y biznaga (*Echinocactus viznaga*) familia de las cactáceas, xoconostle (*Opuntia Sp.*), Magueyes (*Agave Sp.*), Mezquites (*Prosopis Juliflora*).

La fauna zonal es raquítica y está constituida principalmente por las siguientes especies:

Roedores: ratas de campo, conejos, liebres. Carnívoros: como gatos monteses, coyotes. De los ofidios predominan las víboras de cascabel, alicantes y chirrioneras. Entre las aves existen varias clases: palomas, torcacitas, guilota; pájaros: clendrias y cardenal; gallináceas: codornices, faisanes, correcaminos; aves carnívoras: aguililla, halcones, gavilán, águila real; y finalmente rapaces: zopilotes.

III.5 - Economía y Cultura

El ejido Ojo de Agua de Rodríguez tiene 240 habitantes, cuenta con una escuela primaria que funciona irregularmente. El plantel educativo más cercano es la escuela primaria de Buenavista. En Villa de Guadalupe, cabecera del Municipio (de 1,096 habitantes) existen otras dos escuelas primarias, una federal y otra estatal.

Los habitantes de los poblados consumen agua de lluvia almacenada en aljibes; su agricultura es muy raquítica, consiste de maíz y frijol en siembras de temporal, levantándose cosecha únicamente en los años en que la precipitación es óptima. El trabajo de sacar la fibra de la lechuguilla, "tallar lechuguilla", constituye la base de "modus vivendi" de muchos campesinos.

La actividad ganadera más importante es la cría de cabras y constituye un factor económico de gran ayuda a los campesinos que consumen su leche y carne. La cría de ganado vacuno y caballar es mínima.

IV - FISIOGRAFIA

La zona pertenece a la subprovincia de las sierras bajas de acuerdo con Erwin Raisz (1959), y forma parte de la provincia de la Sierra Madre Oriental (Plano 2), en los límites con la provincia de la Mesa Central, en donde su transición es imperceptible. Alvarez Jr. M. (1962).

Esta subprovincia se caracteriza por tener cadenas montañosas menos altas y alargadas de norte a sur, con extensas llanuras aluviales.

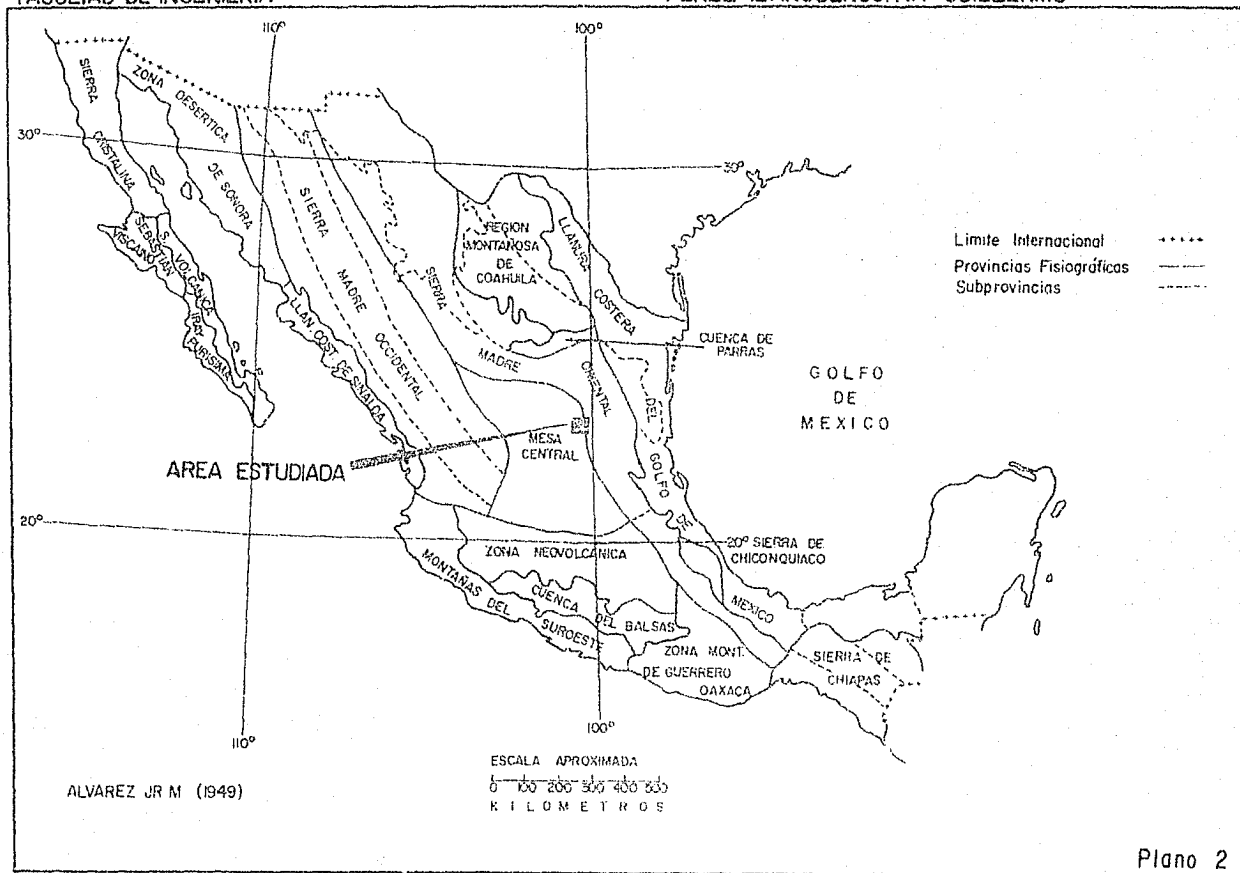
IV.1 - Geomorfología

Las sierras de la región son alargadas, de contornos suaves, destacándose sobre las extensas llanuras. Es notorio que en su mayoría los anticlinales de la zona forman las principales sierras y los sinclinales en cambio están en las cuencas, existiendo una conformidad entre el relieve topográfico y la estructura.

Las formas topográficas son relativamente suaves y se consideran resultado de una etapa avanzada en el ciclo de erosión, donde predominan los factores físicos sobre los químicos. Geomorfológicamente la zona se encuentra en un estado de madurez temprana. Lobeck A. K. (1939).

IV.1.1 - Orografía

El cerro más notable por su altura es el Cerro del Picacho al NW (2,780 m snm); otros cerros de importancia son el Cerro del Venteadero (2,000 m snm), y la Mesa del Yerbaniz (2,450 m snm), todos con formas semiredondas. Esta porción de la sierra sobresale del amplio valle aluvial que tiene al oriente (Fotos 4 y 5).



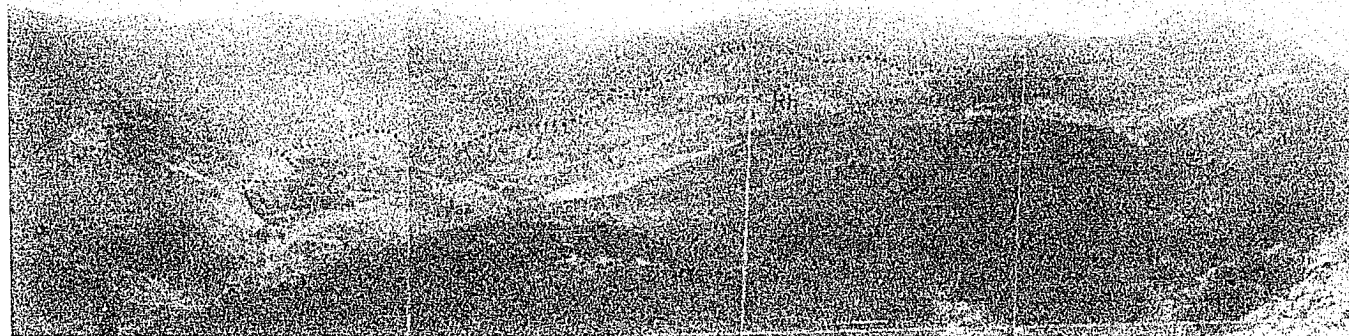


Foto 4.- Vista a la derecha del Cerro del Venteadero. Al fondo del Poblado
Ojo de Agua.

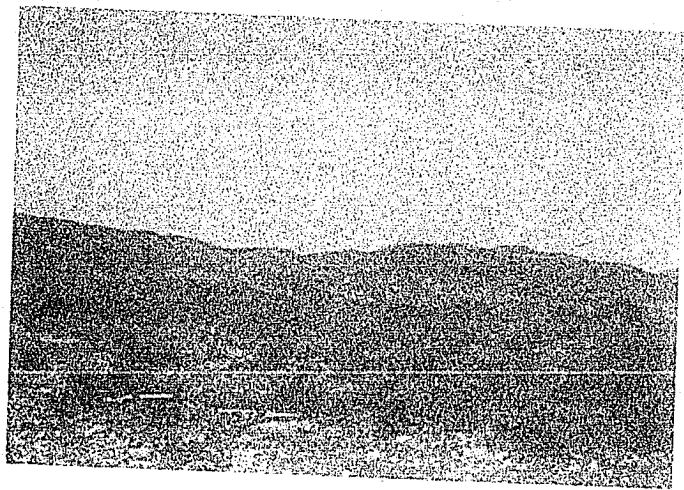


Foto 5. - Vista general de la Mesa del Yerbániz en la porción suroriental de la Sierra de Catorce.

IV. 1. 2 - Hidrografía

El drenaje es de tipo arborescente dendrítico existiendo arroyos cortos, rectos y otros grandes zigzagueantes, en un sistema endorréico; los principales arroyos que drenan la zona son: Arroyo de Juan Orozco y Arroyo La Plomosa, que al juntarse forman el Arroyo Ojo de Agua. Otros arroyos de importancia secundaria son el Arroyo de la Peña, Arroyo de la Leona y Arroyo de la Miel.

La mayoría de las veces el agua de estos arroyos no llega a las corrientes principales de la región, desapareciendo por infiltración y evaporación.

El Arroyo de Juan Orozco está entubado para ser aprovechado en Buenavista y Villa de Guadalupe.

V - GEOLOGIA

V.1 - Estratigrafía

Las rocas sedimentarias que afloran en la zona estudiada son:

Mesozoicas, pertenecientes al Triásico Superior, Jurásico Superior y Cretácico Inferior (Plano 4).

Los sedimentos más antiguos, por su posición estratigráfica y semejanza litológica han sido correlacionados con la Formación Huizachal; suprayaciendo a esta formación descansa discordante la Caliza Zuloaga que es la principal caliza formadora de montañas en el norte de Zacatecas, suroeste de Coahuila y norte de San Luis Potosí (Foto 6). Sobreyacen a ésta, la Formación La Caja y la Formación Taraises, que pertenecen al Jurásico Superior y Cretácico Inferior respectivamente (Tabla 1). La única Roca Ignea identificada en la región se asignó al Sistema Terciario.

ERA MESOZOICA

Sistema Triásico Superior

Formación Huizachal - La localidad tipo se localiza en el lado suroeste del Valle del Huizachal, aproximadamente 20 Km al sureste de Ciudad Victoria, Tamps.

Se ha empleado este término para llamar a una sucesión de sedimentos de tipo continental compuesto de lutitas, limolitas y areniscas rojas a las que Imlay, et al (1948 - p. 1758) correlaciona con la Formación Eagle Mills al decir que sus capas superiores en la mayoría de los lugares están cubiertas por calizas marinas del Oxfordiano y porque la aridez en partes de Norteamérica parece haber sido excesiva durante el Divesiano, ya que

TABLA DE CORRELACION ESTRATIGRAFICA

				CONCEPCION DEL ORO, ZAC.	2 SIERRA DE 14	3 ZONA DE AGUA
PERIODO	SUBPERIODO	EPOCA	SUBEPOCA			
TERCIARIO	CUATERNARIO	RECIENTE	PLEISTOCENO			ALUVION
			PLIOCENO			
			MIOCENO			
			OLIGOCENO			
			EOCENO			
			PALEOCENO			
	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICIANO			
			CAMPANIANO			
			SANTONIANO	LUTITA PARROS F. CARACOL		
			CONIACIANO			
CUATERNARIO	CRETACICO	SUPERIOR	TURONIANO	FORM. INCIDURA		
			CENOMANIANO			
		INFERIOR	ALBIANO	CALIZA CUESTA DEL CURA	FORM. CUESTA DEL CURA	
			SUPERIOR			
			MEDIO			
			INFERIOR			
	CRETACICO	INFERIOR	APTIANO	F. LA PEÑA	FORM. CUPIDO	
			BARRENIANO	CALIZA CUPIDO		
			HAUTERVIANO	FORM. TARAISES	FORM. TARAISES	FORM. TARAISES
			VALANGINIANO			
			BERRIASIANO			
	CRETACICO	SUPERIOR	PORTLANDIANO	FORM. LA CAJA	FORM. LA CAJA	FORM. LA CAJA
			XIMMERIDGIANO			
		OXFORDIANO	ARGOVIANO	CALIZA ZULOAGA	CALIZA ZULOAGA	CALIZA ZULOAGA
			DIVESIANO			
	CRETACICO	MEDIO	BATONIANO		FORM. HUIZACHAL	
			BAJOCIANO			
			ALENIANO			
CUATERNARIO	CRETACICO	INFERIOR	LIASICO	NO AFLORA		
			RETIANO			
			NURIANO			
			KARNIANO			
	CRETACICO	MEDIO	LA DINIANO			
			ANISIANO			
			ESCITIANO			
						FORM. HUIZACHAL

1- ROGERS Y COLAB. 1961

2- HUMPHREY Y TEODORO DIAZ 1961

3- PEREZ I. 1974

Nota Las líneas verticales indican hiatus estratigráficos. Las líneas oblicuas indican falta de afloramiento



Foto 6.- La Caliza Zuloaga aflorando en el Arroyo
La Plomosa.

los depósitos salinos estratificados del interior occidental y la sal Eagle Mills del sur de los Estados Unidos parecen ser principalmente de edad Divisiana. Por otro lado De Cserna (1956, p. 15), considera que los sedimentos rojos fueron acumulados después de la erosión de las estructuras producidas durante la deformación Permo-Triásica (Orogenia Apalachiana) y antes de la transgresión marina a principios del Argoviano, o sea que los sedimentos continentales se depositaron en esta parte de México, durante la mayor parte del Jurásico y posiblemente desde el Triásico Superior. Se considera que De Cserna tiene razón al exponer la posibilidad de que los sedimentos de la Formación Huizachal se hayan acumulado desde el Triásico Superior y se piensa que de ser así, estos fueron deformados por la Tafrogenia Permo-Triásica, último evento de la Orogenia Apalachiana.

Distribución y Espesor - Esta formación aflora en el poblado Ojo de Agua y al sureste de éste. Las rocas que le subyacen no afloran en esta localidad; su contacto con las rocas que lo sobreyacen, Caliza Zuloaga, se localiza al noroeste en el Cerro de Picacho, al oriente en el Arroyo de Juan Orozco y al sur con el Arroyo Ojo de Agua.

También aflora en una pequeña porción del Cañón de Potrerillos, donde es cortada por el Arroyo de la Peña. En el primer afloramiento se ha estimado un espesor de 250 m y en el segundo de 100 m (Fotos 7 y 8).

Litología - Está compuesta por areniscas arcillosas, arcillas y lutitas parcialmente metamorfozadas de colores rojizo, verde, gris violáceo y pardas. Los cuerpos más arcillosos presentan concreciones orientadas con un rumbo N62°E y en general está cortada por numerosas vetillas de cuarzo con un rumbo N60°W (Foto 9).



Foto 7. - Contacto de la Formación Huizachal
con la Caliza Zuloaga en el Arroyo de Juan
Orozco

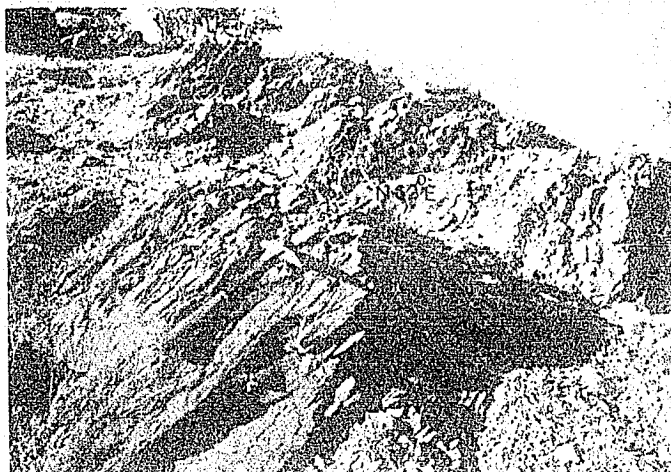


Foto 9. - Aspecto de la Formación Huizachal
al norte del Poblado Ojo de Agua

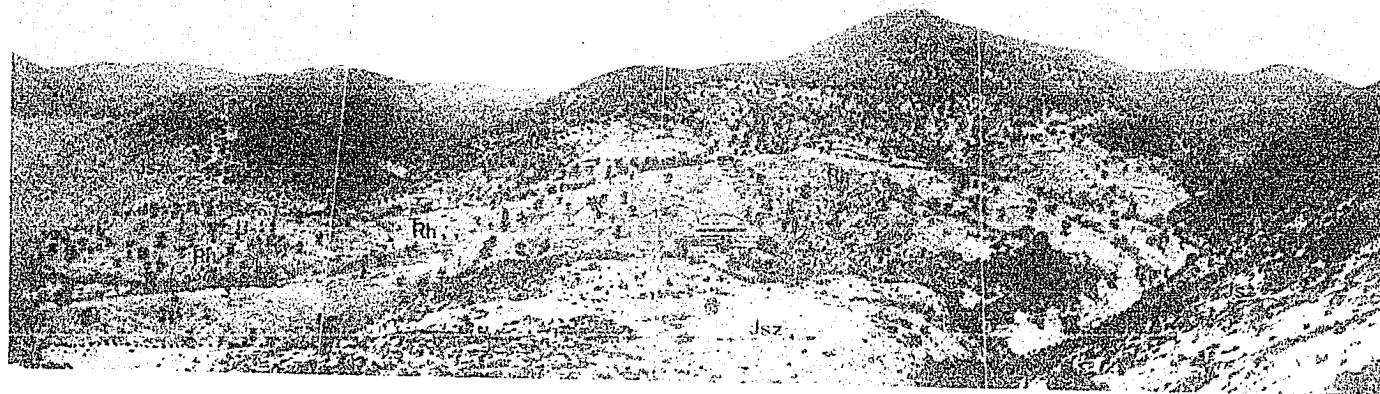


Foto 8. - Afloramiento de la Formación Huizachal que subyace discordante a la Caliza Zulonga al NW del Poblado Ojo de Agua

ESTUDIO PETROGRAFICO

Muestra: OA-13

Procedencia: Sierra de Catorce, S. L. P.

Textura: Pizarrosa

Mineralogía: Cuarzo, sericita, clorita, biotita, hematita, limonita, minerales arcillosos.

Clasificación: Filita

Origen: Metamorfismo regional

Clase Química: Pelítica

Facies: Esquistos verdes

Observaciones: Ejemplar estudiado en lámina delgada.

Sistema Jurásico Superior

Formación Caliza Zuloaga - Esta unidad fue descrita por Imlay (1938 p. 1657) en la Sierra del Sombreretillo, situada al norte de la población Melchor Ocampo en Zacatecas. La ausencia de areniscas indica que la Caliza Zuloaga fue depositada lejos del lugar de donde provinieron los sedimentos, y fue clasificada por Imlay como una facies extralitoral (off shore) del Argoviano (Oxfordiano Superior), siendo el equivalente batial de la Formación La Gloria (Imlay op. cit.) (De Cserna, 1956). Su uniformidad en la mayor parte de los afloramientos indica que fue un ambiente uniforme. La estratificación en bancos gruesos y la presencia de gasterópodos fueron considerados por Burckhardt (1930) como indicadoras de un depósito en aguas calientes, someras y muy agitadas (Fotos 10 y 11).



Foto 10. - Gasterópodo Nerineas s.p. en la Caliza Zuloaga del Jurásico Superior.

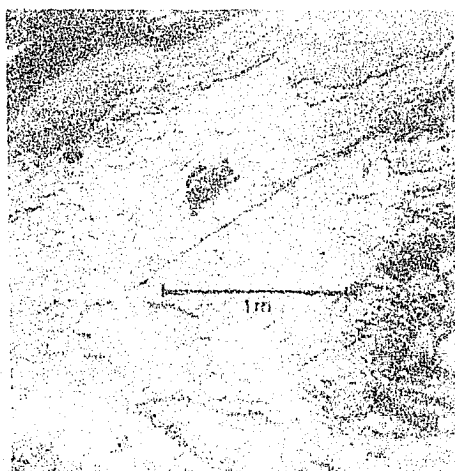


Foto 11. - Huellas de oleaje "Ripple Marks" presentes en el miembro inferior de la Caliza Zuloaga

Distribución y Espesor - La Caliza Zuloaga se encuentra en toda la localidad estudiada formando los núcleos y al mismo tiempo las cumbres más altas de la sierra. Su contacto inferior con la roca que le subyace, Formación Huizachal, es discordante, su contacto superior es concordante con la Formación La Caja. El espesor de la formación en esta zona se estimó en 300 m. Imlay (1943 p. 1480), midió una sección en la Sierra de Catorce que alcanzó un total de 304 m. De acuerdo con el espesor de los afloramientos que han sido medidos, parece ser que la formación se adelgaza hacia el sur; en la localidad tipo, Imlay, 1938, midió 550 m en la Sierra de Sombreretillo; en el Distrito de Concepción del Oro, Zac., C.L. Rogers, et al, 1957, midieron 400 m en la Sierra de Catorce, Imlay, op. cit. midió 304 m, y cerca del Pueblo Huizachal al suroeste de Ciudad Victoria, Tamps. donde se conoce a esta formación como Formación Novillo, una sección que midió Heim, 1940, no alcanzó más de 65 m.

La Caliza Zuloaga se diferencia de las calizas del Cretácico inferior por ser más oscura y estar en bancos más gruesos, capas de 1.0 m a 1.5 m de espesor son comunes, algunas llegan a tener hasta 3.0 m y generalmente está más cortada por vetillas de calcita.

Litología - En el área que comprende este trabajo la Caliza Zuloaga está constituida por calizas de grano fino color gris a gris oscuro en capas de 0.30 a 3.0 m de espesor que intemperizan a gris pardo y gris claro; algunas capas en la base de la formación son arcillosas, de color gris claro y menos común de color rosado, pero en general el color dominante es el gris oscuro. Generalmente se presentan estilolitas, nódulos de pedernal gris oscuro y negro y abundantes fracturas rellenas de calcita blanca.

Ciertos horizontes contienen pelecípodos y gasterópodos mal conservados. El gasterópodo *Nerinea* Sp. (C. Burekhardt, 1930) es el fósil más común y ha sido usado para designar a la formación.

Rogers C. L., et al (1961 p. 43) dividen a la Caliza Zuloaga en dos unidades bien definidas. La unidad inferior compuesta de calizas de color gris claro con algunas capas de limolitas calcáreas, lutita y caliza arcillosa. La unidad superior comprende caliza masiva en capas cuyo espesor varía de 0.30 a 3.0 m con estilolitas y nódulos de pedernal.

Algunas muestras de rocas de esta formación fueron estudiadas petrográficamente en láminas delgadas y se clasificaron como sigue:

Muestra: Z8-500

Procedencia: Sierra de Catorce, S.L.P.

Textura: Microcristalina

Mineralogía: Calcita en agregados microcristalinos cementando pisolitos de la misma composición. Contiene además numerosos fragmentos fósiles, minerales arcillosos y limonita.

Clasificación: CALIZA BIOCLASTICA

Origen: Sedimentario marino.

Observaciones: Ejemplar estudiado en lámina delgada

Muestra: Z2-1300

Procedencia: Sierra de Catorce, S.L.P.

Textura: Microcristalina

Mineralogía: Calcita, Cuarzo, Siderita, Limonita, minerales arcillosos.

Consiste esencialmente de un agregado cristalino de calcita con escasos fragmentos de cuarzo diseminado y algunas

vetillas de óxido de fierro.

Clasificación: Caliza microcristalina

Origen: Sedimentario marino

Observaciones: 1 - Ejemplar estudiado en lámina delgada. 2 - La presencia de caliza presenta oxidación secundaria que siguió a un fracturamiento previo.

Muestra: Z8-2800

Procedencia: Sierra de Catorce, S.L.P.

Textura: Microcristalina

Mineralogía: Agregado microcristalino de calcita casi pura con manchones de limonita y algo de minerales arcillosos.

Clasificación: CALIZA MICROCRISTALINA

Origen: Sedimentario marino

Observaciones: 1 - Ejemplar estudiado en lámina delgada. 2 - Esta roca estuvo sujeta a un metamorfismo incipiente con fracturamiento relleno de calcita.

Muestra: Z9-1800

Procedencia: Sierra de Catorce, S.L.P.

Textura: Cristalina

Mineralogía: Consiste de un agregado cristalino anedral de calcita con algo de limonita, hematita, siderita.

Clasificación: CALIZA RECRISTALIZADA

Origen: Sedimentario con metamorfismo incipiente

Observaciones: Ejemplar estudiado en lámina delgada.

Formación La Caja - Fue definida por Imlay, 1938, p. 1659 - 1683, designando como localidad tipo a la vereda del Quemado, situada en el flanco meridional de la Sierra de la Caja. Su edad varía desde fines del Kimmeridgiano Inferior al Tithoniano, Imlay, 1953.

La formación aflora en esta zona, flanqueando a la Caliza Zuloaga y por ser fácilmente erosionable se le encuentra semioverta por una cubierta de material aluvial, al oriente de la Mesa del Verbaniz. En un afloramiento al norte de nuestra área estudiada se le identificó como una alternancia de calizas margosas en bancos delgados y lutitas de colores pardo a rosado. Se identificaron algunas especies de pelecípodos, incluyendo *Arca* Sp., *Inoceramus* Sp., y amonitas, *Idoceras* Sp.; su espesor no fue medido, pero según C.L. Baker, 1922 en el área de Catorce, midió 26; Pesquera V. R., 1954 midió 350 a 400 m; Imlay 1953, midió en la localidad tipo 269 pies.

Sistema Cretácico Inferior

Piso Neocomiano

Formación Taraises - Fue designado por Imlay, 1936, p. 1111 el Cañón de Taraises, situado en la porción occidental de la Sierra de Parras como la localidad tipo. Su edad es del Hauteriviano y Valanginiano, C.L. Rogers, et al, 1961

La formación aflora en esta zona al oriente de la Mesa del Verbaniz y está constituida por una secuencia de estratos de calizas color gris claro de espesor mediano con pequeñas cantidades de limolita. Al norte del área estudiada se le pudo observar concordante con la Formación La Caja, a la cual sobreyace, C.L. Rogers, et al, 1961, calcula un espesor variable entre 130 y 170 m.

ERA CENOZOICA

Sistema Terciario

Las rocas terciarias son ígneas hipabisales de textura holocristalina porfídica y de composición cuarzomonzonítica o dacítica. Se presentan en formas de diques con una dirección preferente N-S, situándose principalmente en los flancos de los anticlinales y cortando a las formaciones Huizachal y Zuloaga. Estos se pueden seguir en una distancia de 3 a 3.5 Km teniendo espesores de unos cuantos m hasta 90 m (Foto 12).

En el poblado Ojo de Agua y donde nace el Cañón de Petrerillos, afloran stocks cuarzomonzoníticos en contacto con las calizas de la Formación Zuloaga (Fotos 13 y 14).

Los diques generalmente están alterados y presentan un color amarillo verdoso o pardo amarillento, los feldespatos están ampliamente caolinizados. Los pórfidos son menos resistentes a la erosión que las calizas, de aquí que se puede observar en la superficie una depresión en la traza de los diques (Fotos 15, 16, 16A y 17).

Muestra: DR-33

Procedencia: Sierra de Catorce, S. L. P.

Textura: Holocristalina porfídica

Mineralogía: Esenciales: cuarzo, andesina, oligoclasa, microclina

Accesorios: magnetita.

Clasificación: Pórfido cuarzomonzonítico

Origen: Hipabisal

Observaciones: Ejemplar estudiado en lámina delgada y superficie pulida



Foto 12. - Diques marcados por la vegetación
cortando a la Caliza Zuloaga.

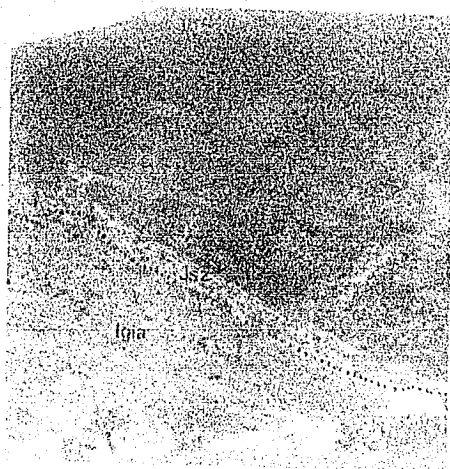


Foto 13. - Contacto de un stock cuarzomonzonítico con la Caliza Zuloaga en el lugar denominado Potrerillos.



Foto 14. - Remanente de caliza sobre un stock
cuarzomonzonítico. Abajo el Arroyo de Juan
Orozco.

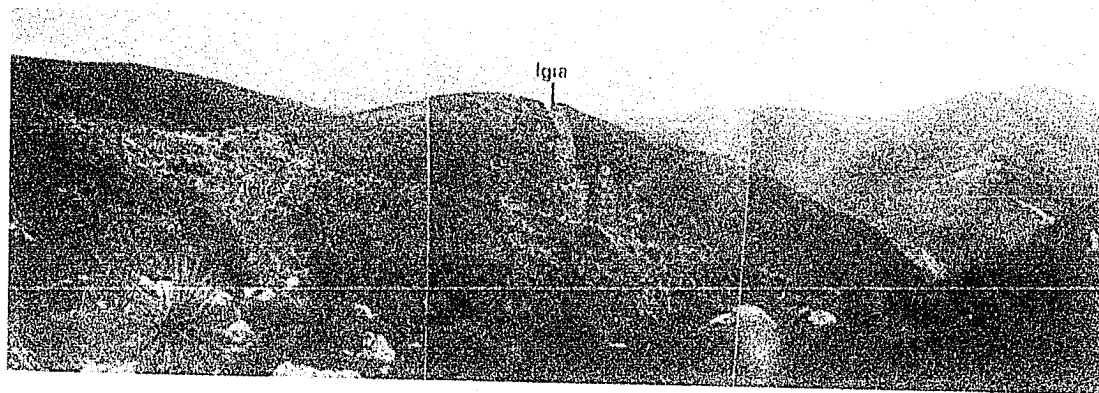


Foto 15. - La Caliza Zuloaga es cortada por dos diques de pórfido cuarzomonzonítico y dacítico. Nótese la depresión superficial donde cortan los diques.



Foto 16. - Dique de pórfido cuarzomonzonítico que corta a la Formación Huizachal alterándola en su contacto en el Arroyo La Plomosa.



Foto 16 A. -

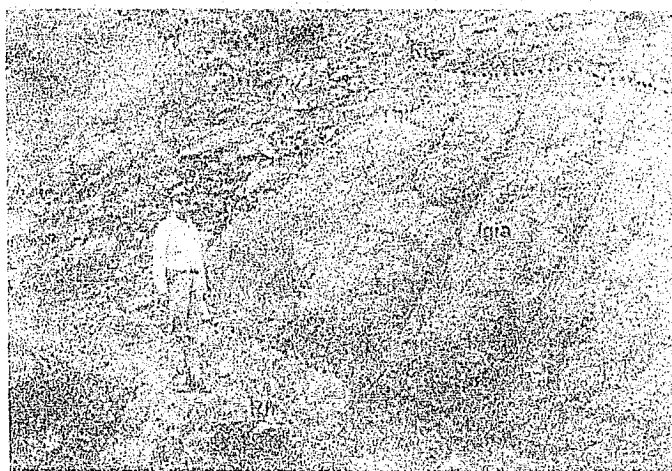


Foto 17.- Dique cuarzomonzonítico cortando a la Formación Huizachal en el Arroyo Juan Orozco.

Muestra: Z9-2700

Procedencia: Sierra de Catorce, S. L. P.

Textura: Holocristalina porfídica

Mineralogía: Esenciales: andesina, oligoclasa, cuarzo, microclina

Accesorios: ferromagnesianos alterados, magnetita, apatita

Secundarios: sericita, clorita, minerales arcillosos, limonita

Clasificación: PORFIDO DACÍTICO (?) alterado

Origen: Hipabisal con fuerte alteración hidrotermal

Observaciones: Ejemplar estudiado en lámina delgada.

Sistema Cuaternario

Como aluvión se han designado a los depósitos clásticos continentales del Cuaternario resultantes de la erosión que ha afectado a las rocas pre-existentes que afloran en la región y que se encuentran en los valles intermontanos, así como en las orillas y lechos de los arroyos. Se incluyen bajo esta denominación: gravas, caliches, limo, arenas, materiales de relleno y suelos residuales.

Los fragmentos de aluvión detríticos presentan una gran diversidad en sus tamaños, su redondeamiento varía desde anguloso, hasta bien redondeados, dependiendo de la distancia a que han sido transportados.

Los fragmentos de aluvión se hayan cementados por material calcáreo y sus fragmentos son de caliza principalmente (Foto 18).

El espesor no se midió pero se estima que varía de unas cuantas decenas de cm a varias decenas de metros en el valle.

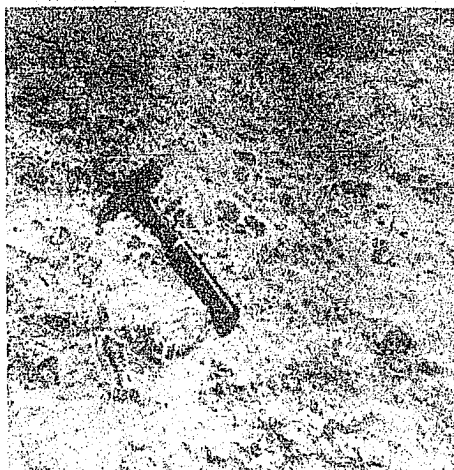


Foto 18. - "Caliche"? con fragmentos de caliza, que se observa en los valles y en los lechos de los ríos.

V. 2 - Geología Estructural

Los movimientos orogénicos producidos por la Revolución Larami- de que se iniciaron al finalizar el Cretácico, dieron lugar a plegamientos, fallas y fracturas que son responsables de los principales rasgos estructurales de la región.

Los ejes de los pliegues tienen un rumbo N-S cambiando al oeste a NW-SE y al sureste cambian a NE-SW, por lo que se cree, que los esfuerzos actuaron desde el W-SW hacia el E-NE.

Las fallas y fracturas tienen un rumbo NW-SE y los diques están orientados preferentemente N-S, con un echado aparentemente vertical, aunque esto no es muy claro por la fuerte alteración que presentan en la superficie.

El sistema de fracturas paralelo a los ejes de los pliegues es contemporáneo al plegamiento, más no así las fracturas que cortan dichos ejes, las cuales se consideran posteriores, ya que cortan también a los diques. En general las fallas son de tipo normal con echados casi verticales y cortos desplazamientos (Foto 19).

La mayoría de los plegamientos están representados por anticlinales y sinclinales simétricos y asimétricos que son identificados principalmente en la Caliza Zuloaga.

Se piensa que existe cierta relación entre las principales fallas existentes en la zona de las minas de San José (N10°W y N20°W) al poniente de la sierra con las que se presentan en la zona de estudio si se supone que la Sierra de Catorce se formó por el emplazamiento de un mismo intrusivo que fracturó las rocas preexistentes.

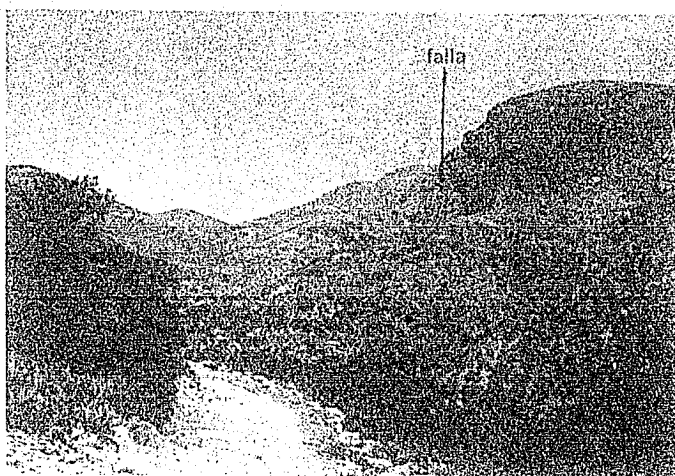


Foto 19. - Vista de una zona fallada con un rumbo N12°W desde el camino que conduce al Ojo de Agua.

V.3 - Geología Histórica

Los sedimentos más antiguos que afloran en la localidad pertenecen a la Formación Huizachal de edad Triásico Superior.

El ambiente predominante fue de excesiva aridez por varios millones de años, según Imlay (1953, p. 31), debido a la coloración rojiza que presentan estos sedimentos y la correlación que hace con algunos depósitos salinos estratificados del sur de los Estados Unidos. Ahora bien la asociación de lechos rojos con depósitos de evaporitas según Dunbar y Rodgers (1963) indica que sea producto de un ambiente árido y además los desiertos son generalmente notables por sus colores pardo y crema, no rojos. Estudios recientes han puesto en claro que el suelo rojo se forma principalmente en un ambiente de calor y humedad; por lo que en la actualidad el color rojo solo, no es un criterio del ambiente de depósito. Por consiguiente se estima que la Formación Huizachal se formó en un ambiente de excesivo calor y humedad.

Subsiguiente al depósito de esta formación y a principios del Argoviano se verificó la transgresión marina que originó el depósito de la Caliza Zuloaga que le sobreyace. Debido a la presencia de gasterópodos y a la estratificación gruesa, Burckhardt, 1930, consideró que existía un ambiente de aguas calientes, someras y muy agitadas en donde se depositaron principalmente calizas y una pequeña cantidad de materiales clásticos. Su depósito termina a fines del Argoviano y principios del Kimmeridgiano.

A continuación se depositó la Formación La Caja, en un ambiente infranerítico, Rogers, et al, 1961. Sin embargo, Imlay, 1943, sugiere que la gran cantidad de lutita y material orgánico, fue el resultado de cambios

climáticos que afectaron el área terrestre circundante. La deposición de estos sedimentos terminó a fines del Jurásico Superior.

Posteriormente, se acumularon los sedimentos de la Formación Tارايس, que según Rogers, et al, 1961, tuvo lugar en aguas bastante claras y de poca profundidad.

La secuencia de rocas que forman la Sierra de Catorce en esta región, termina con esta última.

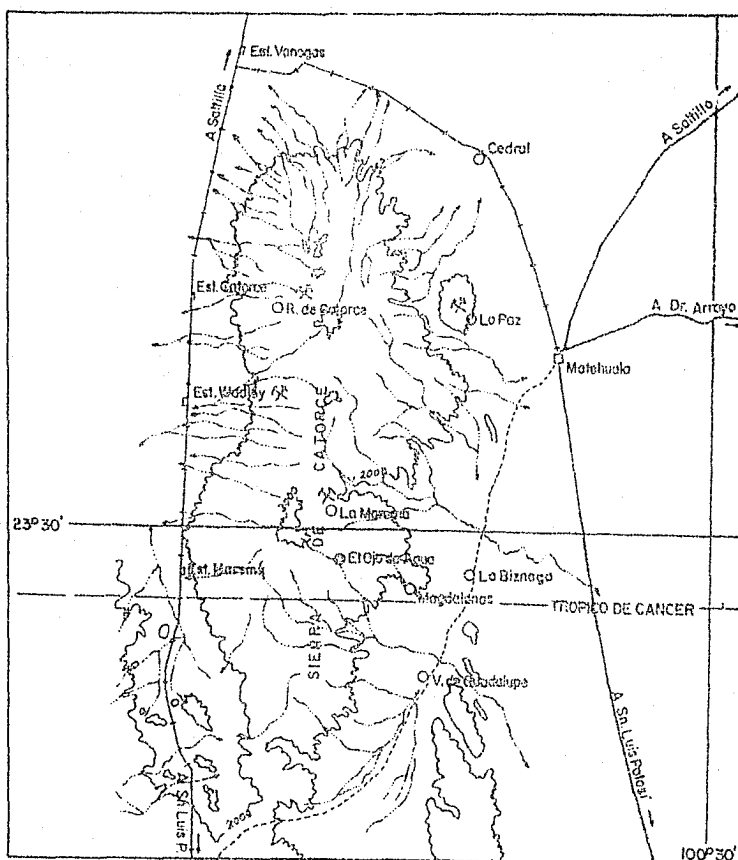
El levantamiento y plegamiento de las estructuras se produjo como consecuencia de la Orogenia Laramide desde fines del Cretácico hasta el Eoceno (Muir, 1936, p. 140). Posteriormente vino el emplazamiento de masas y cuerpos intrusivos posiblemente durante el Mioceno (Pesquera, V. R., 1954) que afectaron a los sedimentos provocándoles metamorfismo a su alrededor, deformación, fallamiento y después al enfriarse los magmas, mineralización en varios lugares, para culminar a principios del Plioceno y durante el Pleistoceno el depósito y relleno de los valles por material detrítico.

VI - YACIMIENTOS MINERALES

Los recursos mineros de esta zona están actualmente restringidos a minerales de antimonio que se han trabajado hace algunos años, existiendo muchas catas y algunas pequeñas minas, de las cuales la mayoría están derruidas. Por ahora se encuentra en exploración en forma rudimentaria la Mina El Yerbániz que cuenta con un desarrollo horizontal de 150 m y de la que se extraen principalmente óxidos de antimonio; estos se presentan en forma de mantos o como cuerpos irregulares rellenando fisuras y cavidades reemplazando a las vetillas de calcita y en algunos casos a la caliza. Se considera que estos depósitos de tipo epitermal fueron formados por soluciones hidrotermales a poca profundidad y baja temperatura (Park, Ch. F., 1970). En ocasiones se presenta mercurio asociado a los óxidos de antimonio, pero no constituye una mena (Fotos 20, 21, 22, 23 y 24).

La mineralización en esta zona reviste cierta importancia debido a que está relacionada con otras localidades mineras presentes en la Sierra de Catorce (Plano 3). La más cercana es la población minera llamada La Maroma que fue trabajada en 1830 por minerales de plata principalmente y oro en pequeñas cantidades, que van acompañados a una ganga de cuarzo con escasos minerales de cobre y hierro, M. Tinoco (1902). A. Chippendale (1910) menciona que las vetas de cuarzo se encuentran con pocas excepciones, enteramente dentro del pórfido con un rumbo E-W.

En el Distrito de San José de Wadley, S.L.P. (Tierras Negras), la mineralización de antimonio se presenta en depósitos concordantes (mantos) dentro de las formaciones que son llamadas localmente Santa Emilia y San José que corresponden respectivamente a la porción superior de la Caliza



EXPLICACION

- | | |
|--|---------------------------|
| | Carretera Federal |
| | Tierriacorfa |
| | Ferrocarril
y Estación |
| | Ciudad |
| | Poblado |
| | Ranchería |
| | Curva de Nivel |
| | Arroyo |
| | Mina |

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO DE LOCALIDADES MINERAS EN LA
SIERRA DE CATORCE, S.L.P.
TESIS PROFESIONAL
PEREZ IBARGUENSOITIA GUILLERMO

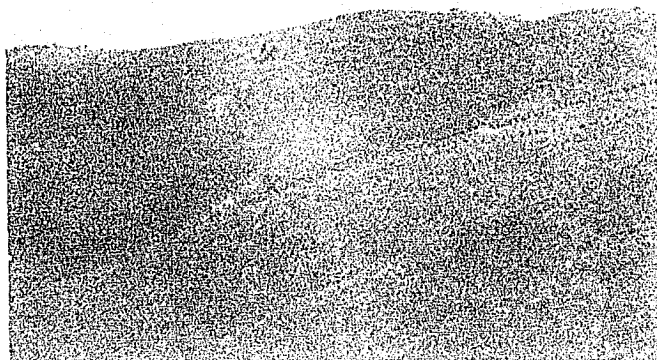


Foto 20. - Terreros de las Minas Cristalitos y
Sto. Domingo. (Sb)



Foto 21. - Terrero de la Mina Sto. Domingo (Sb)



Foto 22. - Terrero de la Mina "El Yerbaníz" (Sh)



Foto 23.- Vista de una parte del manto de antimonio que se explota en la mina El Yerbániz



Foto 24. - Aspecto de un labrado en la mina
El Yerbániz

Zuloaga y a la inferior de la Formación La Caja (Cardona, V. S., 1971).

La cervantita, valentinita y estibiconita son los principales óxidos que constituyen la mena. Este depósito es considerado auténticamente epitermal (Park, Ch., F., 1970, Bateman, A. M., 1957). La depositación de sus minerales estuvo sujeta a condiciones de presión y temperatura de las soluciones que ascendieron por canales y fisuras preexistentes reemplazando a la calcita y en ocasiones a la caliza. El mineral primario fue estibnita, el cual fue posteriormente oxidado, resultando los óxidos de antimonio. Existen acumulaciones de mineral en las intersecciones de mantos y fallas, en las zonas de falla y en los flancos occidentales de los anticlinales (Cardona, V.S., 1971).

El Distrito Santa María de la Paz (Ag, Pb, Zn, Cu) localizado en la porción nororiental de la sierra, la mineralización está asociada a un intrusivo ácido de edad eocénica, principalmente cuarzomonzonítico que cambia en unas partes a diorita y en otras a granito. Es éste un depósito pirometasomático en caliza con minerales de cobre asociados con esfalerita, pirita y galena; y vetas hidrotermales conteniendo argentita, galena y esfalerita principalmente (Machado, M. L., 1970).

En el Real de Catorce, (Ag, Pb, Zn) mencionado antes, la mineralización está estrechamente relacionada a varios diques de pórfido monzonítico cuarcífero de edad miocénica. Estos depósitos, clasificados como bonanzas epitermales por Pesquera, V.S., se encuentran alojados en forma de vetas y reemplazamientos en fracturas, fallas y contactos en la Caliza Zuloaga y La Caja principalmente; también se encuentra mineralización aun que escasa en la Formación Huizachal.

Es factible por la distribución que guardan los distritos mineros, que toda la mineralización en la Sierra de Catorce esté vinculada con varias emanaciones provenientes de un mismo intrusivo (Pesquera, V.R., 1954).

VII - GEOQUIMICA

VII.1 - Sistema de Trabajo

El levantamiento geoquímico en esta zona se realizó como consecuencia de un muestreo regional de sedimentos de arroyo en toda la Sierra de Catorce, que permitió definir varias zonas anómalas, siendo una de ellas la zona Ojo de Agua, objeto de este estudio.

El detalle geoquímico se hizo sobre la zona de estudio tomando muestras de suelo del horizonte B (15 a 25 cm de profundidad) a cada 100 m a lo largo de 15 líneas espaciadas 500 m entre sí. En 9 líneas de 3 Km de longitud cada una, se siguió una orientación N60°E y en 6 líneas de longitud variables entre uno y seis Km se orientaron E-W. Esto se hizo con la finalidad de cortar las principales estructuras que se observaron.

Todas las muestras se cernieron a -80 mallas y fueron analizadas con métodos colorimétricos por Cu, Pb, Zn, y Sb en el laboratorio de Geoquímica del Consejo de Recursos Naturales No Renovables en San Luis Potosí, S. L. P.

Los resultados obtenidos se estudiaron estadísticamente, estableciéndose ciertos límites locales de normalidad para cada uno de los cuatro elementos antes mencionados.

Posteriormente se trasladaron los valores al plano de muestreo y se identificaron las zonas anómalas. Estas fueron, más tarde, objeto de estudios de más detalle con los que se interpretaron sus características geoquímicas y geológicas básicas para definir su significado. Seguidamente se trazaron las curvas anómalas para cada elemento y se hicieron las observaciones pertinentes para obtener las conclusiones correspondientes.

VII.2 - Valores Estadísticos

Para establecer un límite de normalidad se procedió a hacer un cómputo estadístico que consistió en calcular la media y la desviación estandar del conjunto de valores obtenidos en los resultados de laboratorio. Las gráficas de concentración vs. frecuencia para cada elemento, muestran que los valores considerados forman parte de una sola población (Gráficas 1, 2, 3 y 4). Para tener una idea más precisa acerca de la distribución de valores anómalos, se suavizaron estos con un método de siete puntos preparado por el Dr. J. L. Lee Moreno. El cálculo se hizo utilizando una computadora Olivetti, Programma 101, mediante un programa elaborado en el Departamento de Geoquímica del CRNNR. Los resultados se anotaron en los planos 8 y 9. Con base en estos resultados y de acuerdo con los datos geológicos recabados, se establecieron los límites de normalidad para los elementos analizados.

Estos parámetros permitieron definir los intervalos de anomalías posibles y probables como sigue: (Tablas 1, 2, 3 y 4)

	Cu	Pb	Zn	Sb
Anomalía Posible-ppm	91 a 120	51 a 100	201 a 300	750 a 1000
Anomalía Prob. - ppm	120	100	300	1000

VII.3 - Descripción de Anomalías

Con la finalidad de identificar las líneas de muestreo, se han nominado con la letra Z a nueve líneas orientadas N60°E y cada muestra numerada en orden progresivo; lo mismo se hizo para seis líneas orientadas E-W. Debido a los resultados obtenidos se amplió el muestreo de seis líneas "Z" un Km al SW.

En cobre (Planos 3, 8 y 9) se nota una zona anómala localizada en las líneas "Z" 4, 5 y 6 con una extensión de 1,200 por 250 m, con valores de 200 y 300 ppm. La zona anómala de plomo (Planos 4, 8 y 9) cubre un área de 2,000 por 500 m sobre las líneas "Z" 1, 2, 3 y 4, conteniendo valores de 350 y 1000 ppm en la línea Z-1, de 150 ppm en la línea Z-2, de 125 a 500 ppm en la línea Z-3 y por último 350 y 750 ppm en la línea Z-4. La distribución de estas dos anomalías sugiere la existencia de un zoneamiento lateral.

La anomalía de zinc (Planos 5, 8 y 9) ocupa una zona de 1,700 por 300 m situándose sobre las líneas Z-3, 4, 5 y 6, con valores de 1,500 ppm sobre las líneas Z-3 y Z-4, de 500 ppm en la Z-5 y Z-6, existiendo valores anómalos aislados en las líneas Z-1 de 1,000 y 1,500 ppm y de 1,000 y 3,000 ppm en la línea Z-6.

El antimonio (Planos 6, 8 y 9) es un elemento abundante en la región y del cual se han detectado cuatro zonas anómalas comprendidas entre las líneas Z-2 a la Z-6 y entre las líneas G-2 y G-6 con extensiones de 1,000 a 1,500 m y variando sus valores desde 1,000 ppm hasta sobrepasar algunos de 2,200 ppm.

VII.4 - Interpretación

La anomalía de cobre (Plano 7) se encuentra sobre la Formación Huizachal de lutitas y areniscas, que subyacen discordantes a la Caliza Zuoloaga y cercanas a su contacto N-W. Es posible que la anomalía sea producto de una fuga en la zona de contacto en donde también se observan en las rocas pequeñas partículas de carbonatos de Cu.

Es conveniente recordar ahora que la Mina de Santa María de la Paz,

tiene producción considerable de cobre en niveles estratigráficos inferiores a los de plata, plomo y zinc, pero en el caso de Ojo de Agua las posibilidades de localizar mineral económico en la zona anómala de cobre, parecen ser remotas en función de sus características geológicas y geoquímicas.

La zona anómala de plomo (Plano 7) está situada donde corta una falla a la Caliza Zuloaga y sobre la línea Z-3. Es notable observar que los valores aumentan cerca de la falla a 500 ppm y decrecen a 350 y hasta 125 ppm en los extremos. Esta anomalía puede ser importante dado que está relacionada con una estructura que pudiera estar mineralizada. También es importante considerar que el plomo tiene una movilidad generalmente baja, notándose que la dispersión no pasa de 200 m respecto a la localidad del valor de mayor rango.

La anomalía de zinc (Plano 7) es atractiva por estar coincidiendo en una parte con la zona anómala de plomo, dada la estrecha relación (calcófila) que existe entre el plomo y el zinc. Se cree que a pesar de que el zinc posee una movilidad alta, su situación junto al plomo lo hace favorable, y en función del tipo de mineralización conocido en la zona, es posible que representaran fugas de un depósito epitermal argentífero localizado a profundidad.

Debido a la gran distribución que tiene el antimonio en la región, las anomalías son de mayor extensión superficial.

Se detectaron cuatro anomalías (Plano 7) que tienen valores entre 1,000 y más de 2,000 ppm.

La anomalía I se localiza en las líneas Z-5 y Z-6. Es posible que su origen sea debido a arrastres de la Mina El Venteadero y a la

contaminación que causó el transporte de minerales rumbo a Wadley y Tierras Negras, pues algunos valores altos se encuentran sobre el camino a dichos lugares (Foto 25).

La zona anómala II está sobre las líneas Z-3 y Z-4 y se sitúa en el flanco oriente de un anticlinal; aparentemente no es una zona contaminada. En su extremo S-W corta un dique cuarzomonzonítico y en su parte norte se encuentra la Mina Los Tres Reyes de Sb y Hg, que sería la única parte con posibilidades de contaminación directa.

Las anomalías III y IV se consideran conjuntamente en virtud de que ambas se ubican en los flancos de un anticlinal que forma el Cerro Pie de la Cuesta y la Mesa del Yerbaníz. Esta pequeña sierra ha sido explorada con muchas obras mineras mínimas por Sb, algunas de las cuales han contribuido obviamente a incrementar la expresión superficial de las anomalías. No obstante esto, las condiciones geológicas y la forma en que se presentan las anomalías geoquímicas en la zona, hacen pensar en la posibilidad de que ahí exista una serie de mantos antimoníferos paralelos, similares a los de Tierras Negras (Fotos 26 y 27).

Es necesario considerar que la movilidad geoquímica del antimonio es variable, pero que al oxidarse los sulfuros, el antimonio pasa a formar parte del suelo en donde entra a una fase relativamente estable, dando lugar a la formación de zonas anómalas, generalmente en la vecindad de la fuente de origen. La distribución de las minas y catas de antimonio en la zona, en diferentes posiciones estratigráficas, apoya también la suposición de que representen expresiones de varios mantos antimoníferos.



Foto 25.- Bocamina El Ventedero (Sb)
ubicada en el Cerro del mismo nombre



Foto 26 - Mina El Culebreado (Sb) al pie de la Mesa del Yerbanfz.

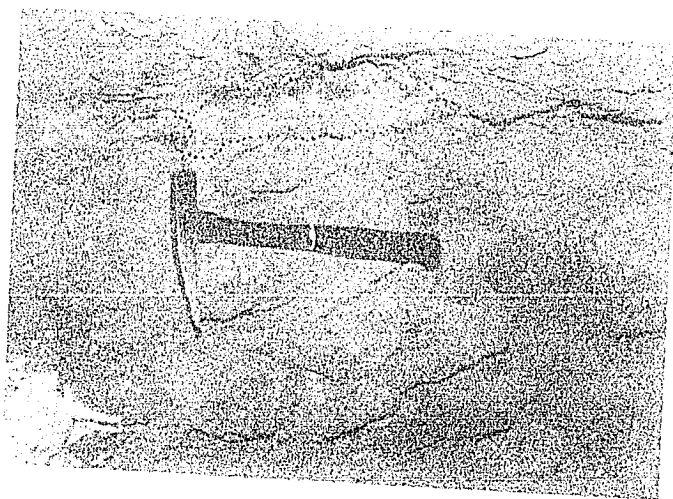


Foto 27 - Aspecto interior de la Mina El Culebreado.

VIII - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1 - El cobre en la región es por lo general escaso y únicamente se ha trabajado como subproducto. Por informaciones recabadas de la Zona Minera La Maroma, algunas minas trabajadas recientemente como San José del Pilar y Limones tenían mínimos valores en dicho metal.

2 - La zona anómala de Pb y Zn puede representar fugas de un depósito epitermal argentífero, localizado a profundidad. El zoneamiento lateral observado y la relación existente con una falla, denotan la posible mineralización de dicha estructura.

Esta proposición deberá investigarse con un levantamiento electromagnético a fin de recabar datos complementarios para programar obras directas de exploración.

3 - Tres muestras tomadas en algunas vetas de cuarzo que cortan la Formación Huizachal en las cercanías del Poblado Ojo de Agua, dieron valores de 10 a 30 gr de plata por Ton y 0.2 gr de oro por Ton.

Se cree conveniente hacer un muestreo sistemático en esta zona de vetas cuarcíferas por los elementos mencionados.

4 - Las anomalías de antimonio indican por sus altos valores y su amplia distribución, que ésta podría ser una localidad antimonífera de importancia. La distribución de las obras mineras observadas sugiere una similitud con los depósitos de Wadley, en forma de mantos paralelos.

Esta suposición podría ser confirmada haciendo perforaciones perpendiculares al echado de las calizas en las zonas geoquímicas anómalas, que básicamente se localizan en la Mesa del Yerbaníz.

El estudio en esta zona lo continúa otra de las brigadas del

Departamento de Geoquímica, que ha sido asignada para colaborar en un proyecto de exploración por antimonio en toda la República, que inició recientemente el Consejo de Recursos Naturales No Renovables. Esta brigada realizará también los estudios de detalle en la zona vecina anómala en antimonio de San Bartolo, en donde existen algunas obras mineras y donde las observaciones recabadas sugieren la existencia de un área con potencial para contener depósitos importantes de antimonio.

REFERENCIAS CITADAS

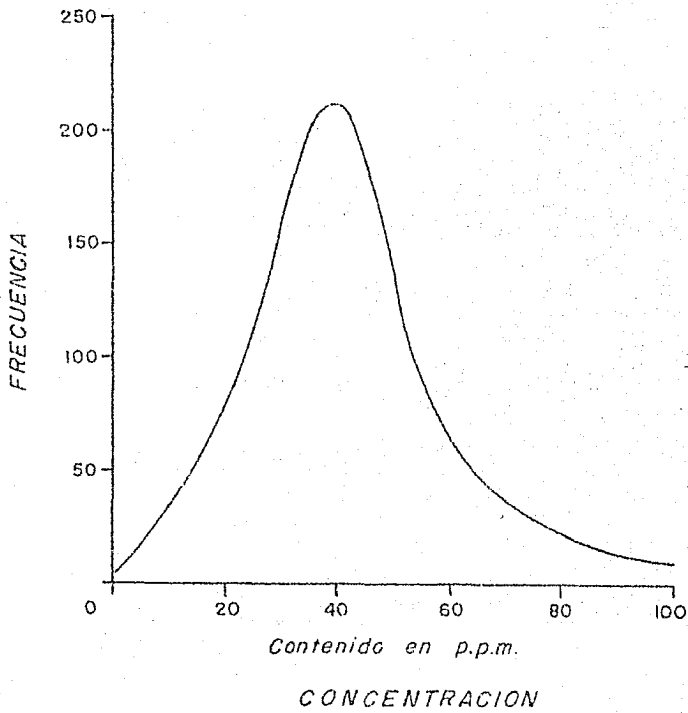
- Alessi, Víctor D.R - 1964: La Prospección geoquímica (conferencia), Centro Argentino de Ingenieros.
- Alvarez, Jr. Manuel - 1962: Apuntes de la Clase de Geología, Paleogeografía y Tectónica de México. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Archibald, J. J.C. - 1950: Estudio de los Depósitos de Antimonio y su extracción en las Minas de San José, Wadley, San Luis Potosí, México. Memorias I Convención Interamericana de Recursos Minerales. p. 264.
- Baker, Charles Laurence - 1922: General Geology of Catorce Mining District. Bol. AIMME., Vol. 66.
- Bateman, Alan M. - 1957: Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Editorial Omega, Barcelona.
- Burkart, Joseph - 1836: Aun fen thalt und Reisen in México in den Jahren. Stuttgart.
- Burckhardt, C. - 1930: Etude Synthetique sur le Mesozoique Mexicain Paleont. Gesell. Bd 49-50. Soc. Paleont. Suisse.
- Burnham, W. C. - 1959: Metallogenic Provinces of the Southwestern United States and Northern Mexico. State Bureau of Mines and Mineral Resources New Mexico. Bull 65.
- Cabrera Ipiña, Octaviano - 1970: El Real de Catorce. Sociedad Potosina de Estudios Históricos. 1a. Edic.
- Cardona Vértiz, Salvador - 1971: Controles de la Mineralización en el Distrito de San José en Wadley, S. L. P. UASLP. Tesis Profesional.
- Castillo, A. del, y Aguilera, J.C. - 1895: Fauna Fósil de la Sierra de Catorce, S. L. P. Instituto Geológico de México, Bol. 1 p. 55.
- Clendenin, T. P. - 1926: Report on Examination of Several Mines of the Catorce District, San Luis Potosí, Informe Inédito, INIRM.
- Chippendale, A. - 1910: Supplementary report on the Silver Mines of Maroma. Inédito.
- De Cserna, Zoltan - 1956: Tectónica de la Sierra Madre Oriental de México entre Torreón y Monterrey. XX Congreso Geológico Internacional. México.
- Dunbar, Carl O. y Rodgers, John - 1963: Principios de Estratigrafía, Edit. CECSA, p. 265.

- García Gutiérrez, Carlos - 1967: Geología y Paragénesis del Distrito Minero de Matehuala, S.L.P. Bol. Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXX No. 1.
- González Reyna, J. y Donald E. White - 1947: Los Yacimientos de Antimonio de San José, Sierra de Catorce, Estado de San Luis Potosí. Bol. 14 INIRM.
- Hawkes, H.E. y Webb, J.S. - 1962: Geochemistry in Mineral Exploration. Harpers Geoscience Series.
- Heim, Arnold - 1940: The front ranges of Sierra Madre Oriental, México from Cd. Victoria a Tamazunchale. Ecloage Geol. Helvetic. Vol. 33 No. 2.
- Humboldt, Alexander, Von - 1811: Essai Politique Sur le Royaume de la Nouvelle Espagne. Libro IV, Cap. XI, p. 479.
- Imlay, R. W. - 1938 b - Studies of the Mexican Geosyncline. Geol. Soc. Amer. Bull., 49 p.
- , 1943: Jurassic formation of the gulf region. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull. 27 p.
- , 1953: Las Formaciones Jurásicas de México. Soc. Geol. Mex. Bol. V. 16, p. 65.
- Instituto Geológico de México: Fauna Fósil de la Sierra de Catorce. Bol. No. 1.
- Lee Moreno, J. L. - 1971: Informe de Actividades Desarrolladas en la Residencia San Luis durante 1971. Cap. III. Sierra de Catorce, S.L.P. Informe Inédito. CRNNR.
- Lobeck, A.K. - 1939: Geomorphology. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Lucke, P.K. - 1920: Report on Catorce Options. Informe Inédito.
- Machado Martínez, Luis - 1970: Estudio Geológico del Distrito Minero Villa de La Paz, S.L.P. I.P.N. Tesis Profesional.
- Martínez Reyes, S. - Estudio Geológico del Extremo Septentrional de la Sierra de Catorce, S.L.P. Geología y Metalurgia. Vol. 4 No. 30.
- Park, Charles F. and MacDiarmid, R., 1970: Ore Deposits W. H. Freeman Co., San Francisco, Calif.
- Pesquera V., Rubén - 1954: Posibilidades del Mineral de Catorce, Estado de San Luis Potosí. Informe Inédito. INIRM.

- Querol Suñe, F. - 1973: The Genesis of the Antimony deposits at Wadley, San Luis Potosí, México: Field investigations and Stibnite solubility studies. Stanford Univ. Ph. D. Dissertation.
- Raisz, Erwin - 1959: Land forms of México.
- Rogers, C. L., De Cserna, Tavera, E., Ulloa, S. - 1961: Reconoc. Geológico y depósitos de fosfatos al norte de Zacatecas y áreas adyacentes en Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. Bol. 56, CRNNR, p.37.
- Rogers, C. L., De Cserna, Zoltan, Tavera, Eugenio y Ulloa, Salvador: 1957: General Geology and Phosphate deposits of Concepción del Oro District, Zacatecas, México, U.S. Geological Survey, Bull. 1037, p. 107.
- Rzedowsky, J. - 1955: Notas sobre la Flora y la Vegetación del Estado de San Luis Potosí. Ciencia. Vol. XV p. 89, 141.
- Shrock and Twenhofel - 1953: Principles of Invertebrate Paleontology. 2a. Edición. McGraw-Hill and Kōgakusha.
- Spurr, Garrey, G. H. and Ferner - 1912: Study of a contact metamorphic ore deposits, the Dolores Mine at Matehuala, S.L.P. Economic Geology. Vol. 7.
- Tamayo, J. L. - 1949: Geografía General de México. T. 1-4 IMIE, 1962.
- Tinoco, M. - 1902: Informe sobre la Mina "Señor de la Humildad" y anexas. Imprenta, Litografía y Rayados de M. Esquivel y Cía. San Luis Potosí, S. L. P.

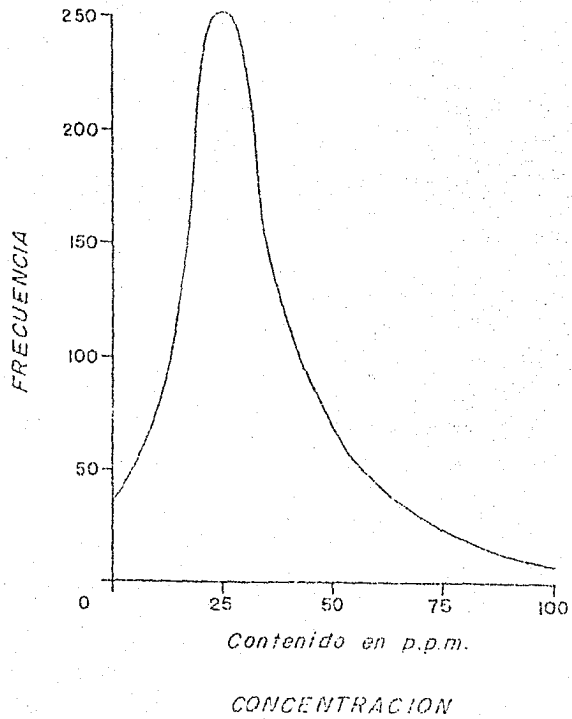
APENDICE

COBRE



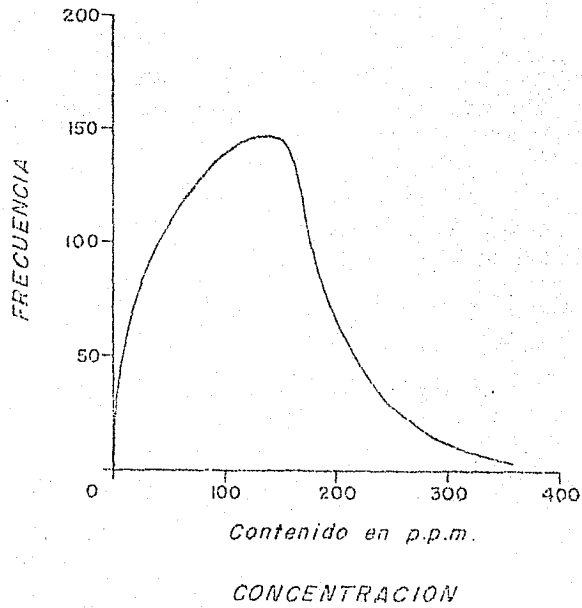
GRAFICA I ZONA OJO DE AGUA
SIERRA DE CATORCE

PLOMO



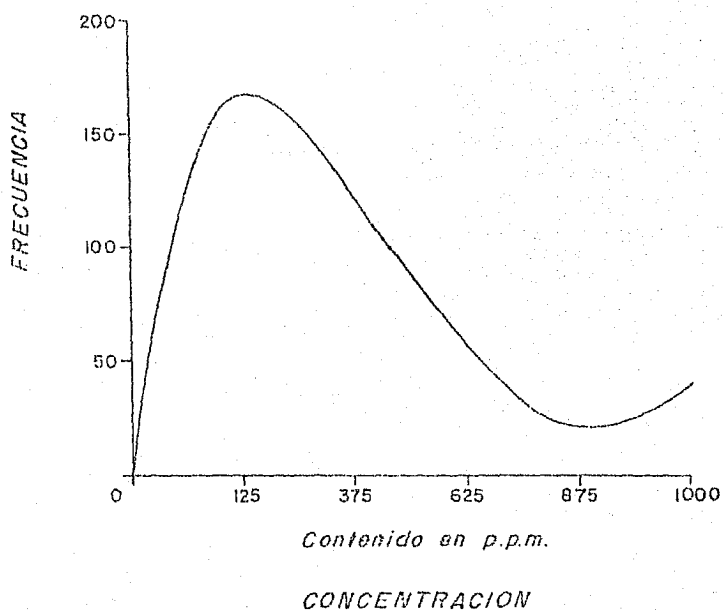
GRAFICA 2 ZONA OJO DE AGUA
SIERRA DE CATORCE

ZINC



GRAFICA 3 ZONA OJO DE AGUA
SIERRA DE CATORCE

ANTIMONIO



GRAFICA 4 ZONA OJO DE AGUA
SIERRA DE CATORCE

TABLA No. 1

COBRE

Zona de Ojo de Agua, Sierra de Catorce, S.L.P.

TABLA PARA COMPUTO DE ANOMALIAS					
RANGO	f	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$f(x - \bar{x})^2$
0	4	0	-45	2025	8100
20	83	20	-25	625	51875
40	210	40	-5	25	5250
60	64	60	15	225	14400
80	24	80	35	1225	30120
100	10	100	55	3025	30250
200	5	200	155	24025	120125
TOTAL	400				260120

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{X})^2}{N}} = 25.53$$

EXPLICACION

f= Frecuencia

X= Media del rango

$\bar{X}$ = Media del total 44.55 ~ 45

N= Número de observaciones 400

S= Desviación estándar 25.5

ANOMALIA POSIBLE = $\bar{X} + 2S$ = 96 ~ 95

ANOMALIA PROBABLE = $\bar{X} + 3S$ = 121.5 ~ 120

TABLA No. 2

PLOMO

Zona Ojo de Agua, Sierra de Catorce, S.L.P.

TABLA PARA COMPUTO DE ANOMALIAS					
RANGO	f	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$f(x - \bar{x})^2$
0	35	0	-32	1024	35840
25	253	25	-7	49	12397
50	70	50	18	324	22680
75	24	75	43	1849	44376
100	8	100	68	4624	36992
TOTAL	390				152285

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{X})^2}{N}} = 19.79 \sim 20$$

EXPLICACION

f= Frecuencia

X= Media del rango

$\bar{X}$ = Media del total = 31.85 ~ 32

N= Número de observaciones 390

S= Desviación estándar = 19.79 ~ 20

ANOMALIA POSIBLE = $\bar{X} + 2S$ = 72.00

ANOMALIA PROBABLE = $\bar{X} + 3S$ = 92.00 ~ 100

TABLA No. 3

ZINC

Zona Ojo de Agua, Sierra de Gatoree, S.L.P.

TABLA PARA COMPUTO DE ANOMALIAS					
RANGO	f	x	x - $\bar{x}$	(x - $\bar{x}$) ²	f(x - $\bar{x}$) ²
0- 50	84	25	-81	6561	551124
51-100	137	75	-31	961	131657
101-200	145	150	-44	1936	280720
201-300	27	250	144	20736	559872
301-400	4	350	244	59536	238144
TOTAL	397				1761517

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{X})^2}{N}} = 66.70$$

EXPLICACION

f= Frecuencia

X= Media del rango

$\bar{X}$ = Media del total 106

N= Número de observaciones 397

S= Desviación estándar 66.70

ANOMALIA POSIBLE = $\bar{X} + 2S = 239.40 \sim 240$

ANOMALIA PROBABLE = $\bar{X} + 3S = 306.09 \sim 300$

TABLA No. 4

ANTIMONIO

Zona Ojo de Agua, Sierra de Catorce, S.L.P.

TABLA PARA COMPUTO DE ANOMALIAS					
RANGO	f	x	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$	$f(x - \bar{x})^2$
0- 100	47	50	-2267	513928	24154616
100- 200	33	150	-1267	160528	5297424
200- 300	127	250	-267	7128	905256
300- 400	27	350	-733	53728	1438506
400- 500	50	450	17330	300328	15016400
500- 600	42	550	27330	746928	31370976
600- 700	11	650	3733	1393528	15328808
700- 800	0	750	4733	2240128	
800- 900	14	850	5733	3286728	46014192
900-1000	7	950	6733	4533328	31733296
TOTAL	358				-1/12594740

$$S = \sqrt{\frac{\sum f(X - \bar{X})^2}{N}} = \sqrt{47,837.8}$$

$$S = 218.7$$

EXPLICACION

f= Frecuencia

X= Medio del rango

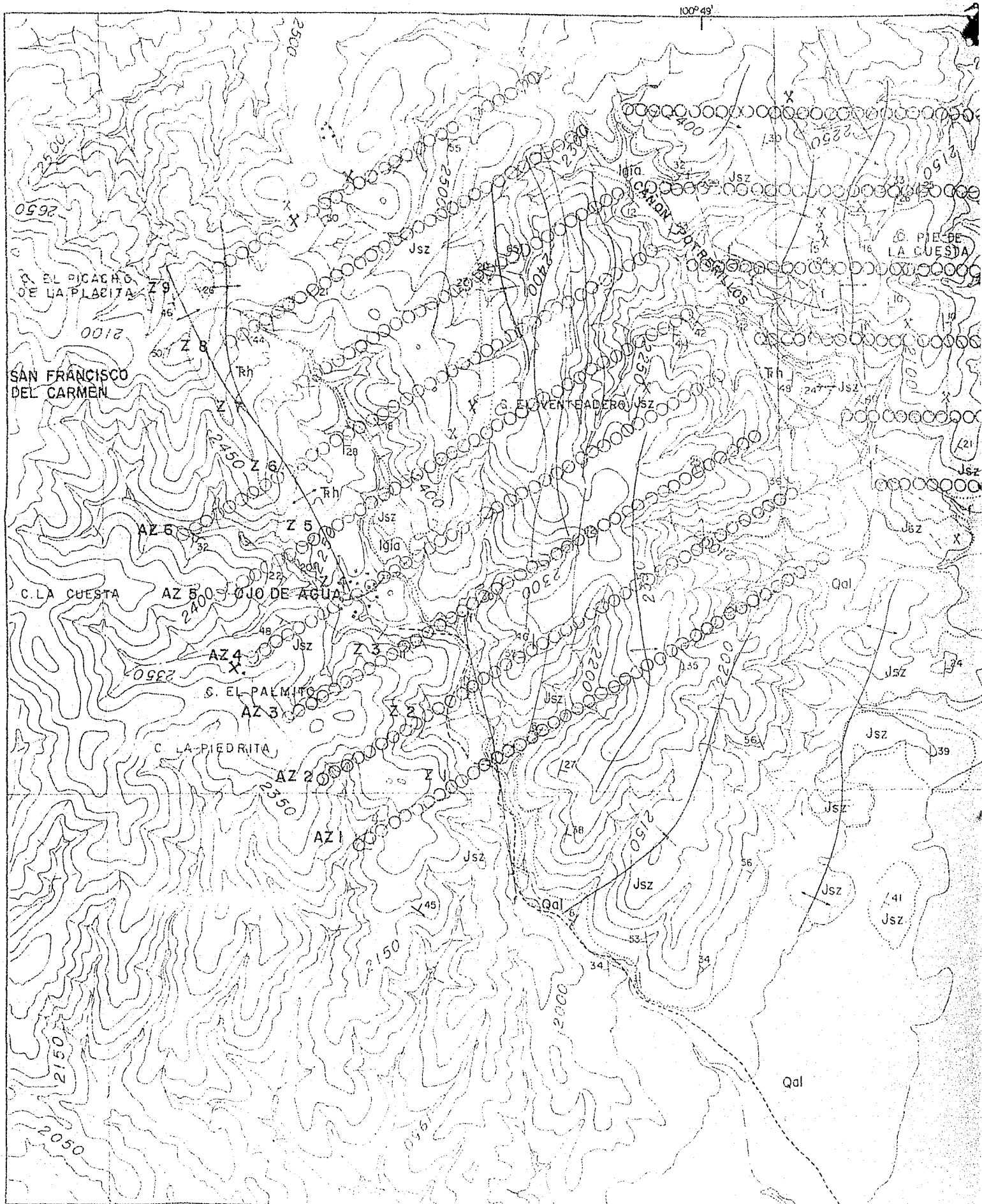
$\bar{X}$ = Media del total = 276.7

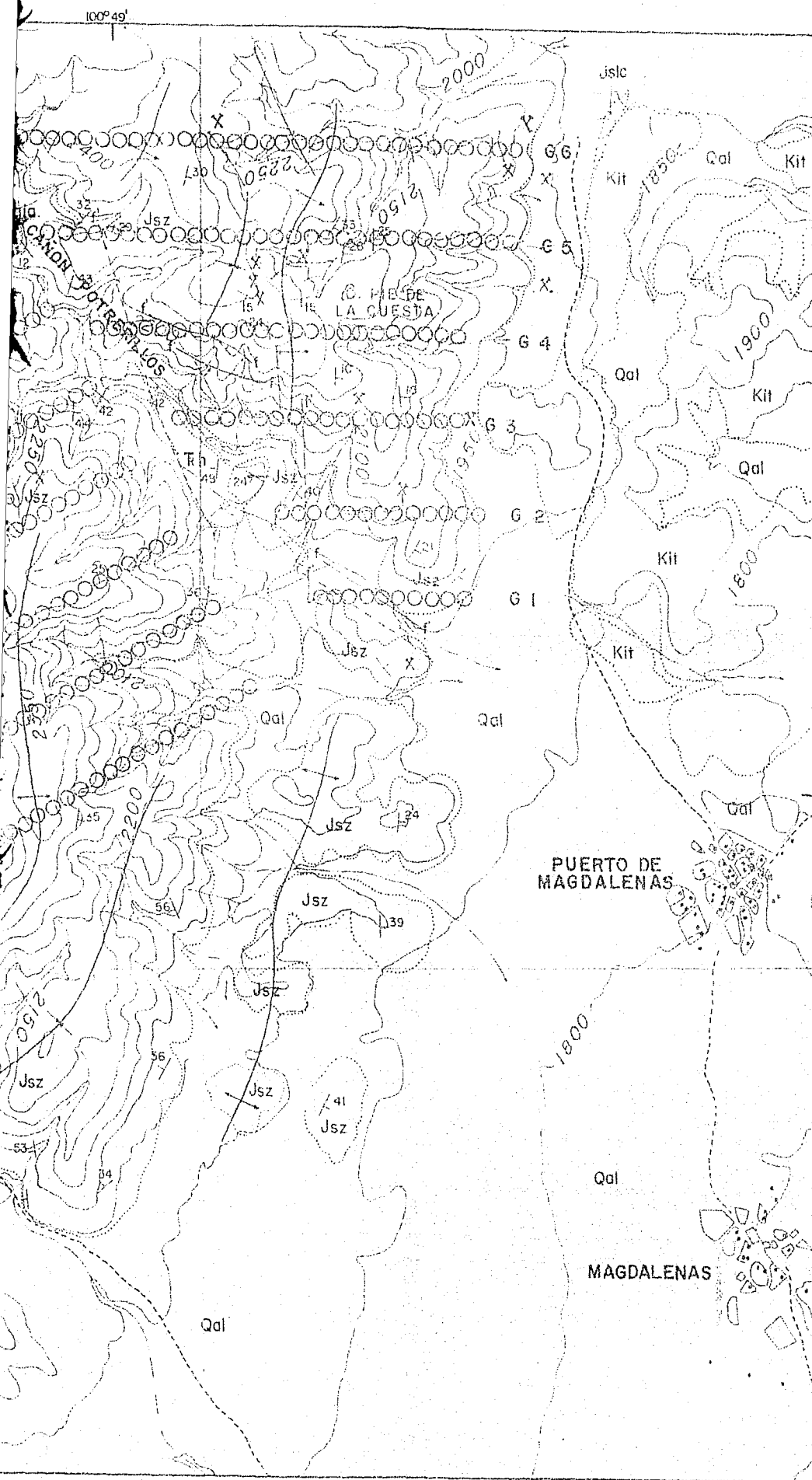
N= Número de observaciones

S= Desviación estándar

ANOMALIA POSIBLE = $\bar{X} + 2S = 714.1 \sim 750$

ANOMALIA PROBABLE = $\bar{X} + 3S = 932.8 \sim 1000$





EXPLIC

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal }	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit }	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jslc }	Formación La Caja
	{ JsZ }	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Rh }	Formación Huizachal

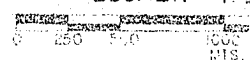
Rocas Igneas

Terciario	{ Igia }	Igneas Intrusivas Ácidas
-----------	----------	--------------------------

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	—
Dique	—
Falla	—
Falla inferida	- - -
Rumbo y Echado de capas	X
Eje de anticlinal	+
Eje de sinclinal	+

ESCALA 1:1



UNIVERSIDAD NACIONAL /

FACULTAD DE II

PLANO GEOLOGICO
OJO DE AGUA, E
DE CATORC

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA GUILL

EXPLICACION

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jslc	Formación La Caja
	{ Jsz	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Rh	Formación Huizachal

Camino

Poblacion

Arroyo

Obra minera

Cerca o bordo

Rocas Igneas

Terciario	{ Igia	Igneo Intrusiva Acido
-----------	--------	-----------------------

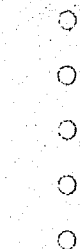
SIMBOLOS GEOQUIMICOS

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de copas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

Muestra de suelos

Valores de en p.p.m.



Anomalia geoquímica

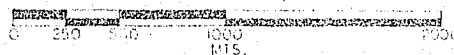
Cu.

Pb.

Zn.

Sb

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

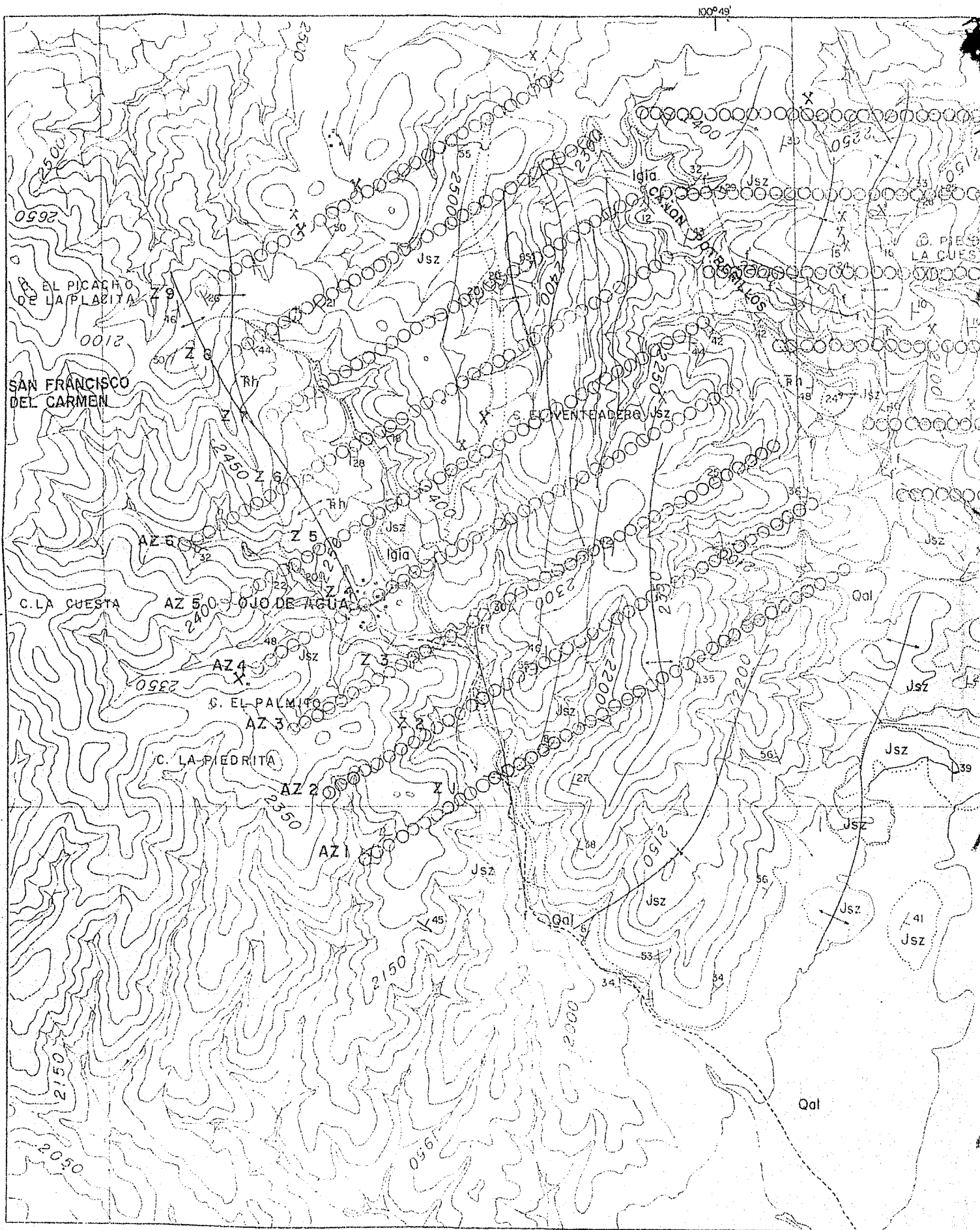
FACULTAD DE INGENIERIA

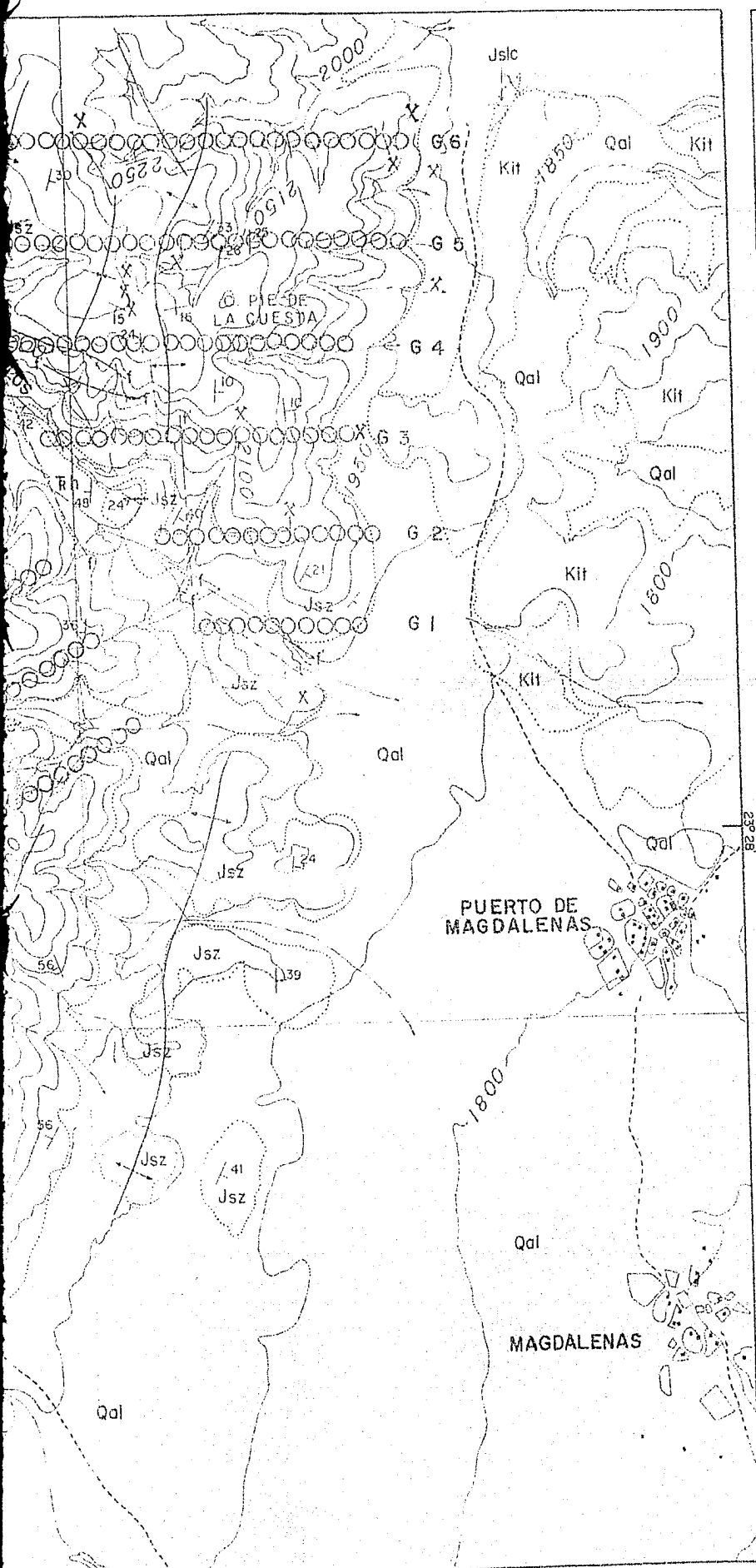
PLANO GEOLOGICO DEL AREA
OJO DE AGUA, EN LA SIERRA
DE CATORCE, S. L. P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA GUILLERMO

P-4





EXPLICACION

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal }	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit }	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jsic }	Formación La Caja
	{ Js2 }	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Rh }	Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario	{ Igio }	Igneo Intrusivo Acido
-----------	----------	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	—○—
Dique	— —
Falla	— —
Falla inferida	- - - - - -
Rumbo y Echado de capas	↘
Eje de anticlinal	+ +
Eje de sinclinal	+ +

SIMBOLOS TO

Camino
Poblacion
Arroyo
Obra minera
Cerca o barda

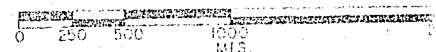
SIMBOLOS

Muestra de suelos

Valores de	○
	○ 91
	○ 46
	○ 0
	○

Anomalia geoqu

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA D

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE S

COBRE

QUE DE AGUA, Sierra de Catorce, S.L.P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

EXPLICACION

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jslc	Formación La Caja
	{ Js2	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Th	Formación Huizachal

Camino

Población

Arroyo

Obra minera

Cerca o barda

Rocas Igneas

Terciario	{ Igia	Igneo Intrusivo Acido
-----------	--------	-----------------------

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

Muestra de suelos

Valores de Cu en p.p.m.

○	>	120
○	91 -	120
○	46 -	30
○	0 -	45
○		

Anomalia geoquímica

Cu.

Pb.

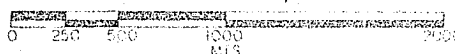
Zn.

Sb

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	—
Dique	—
Falla	—
Falla inferida	—
Rumbo y Echado de capas	X
Eje de anticlinal	+
Eje de sinclinal	+

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE SUELOS

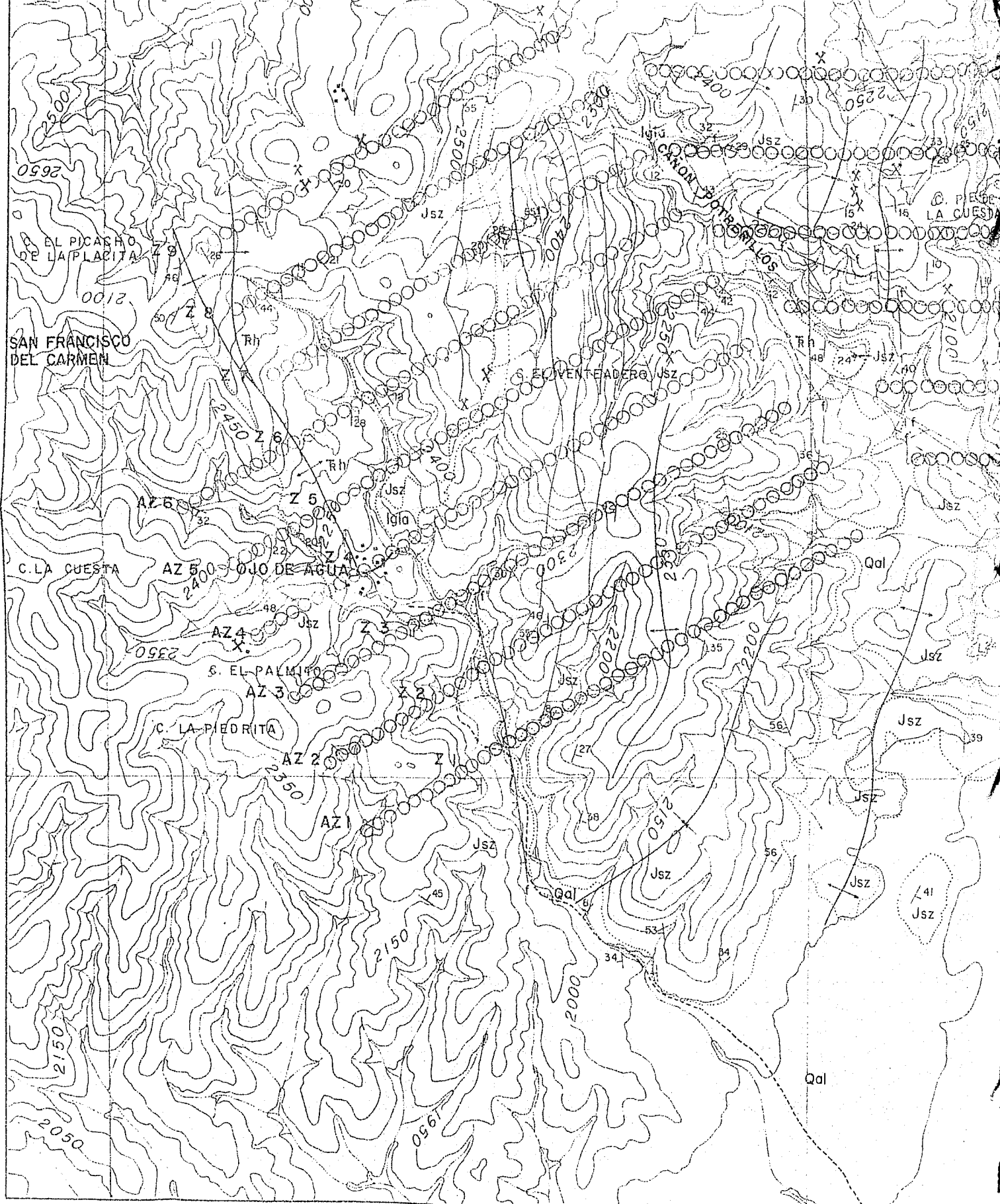
COBRE

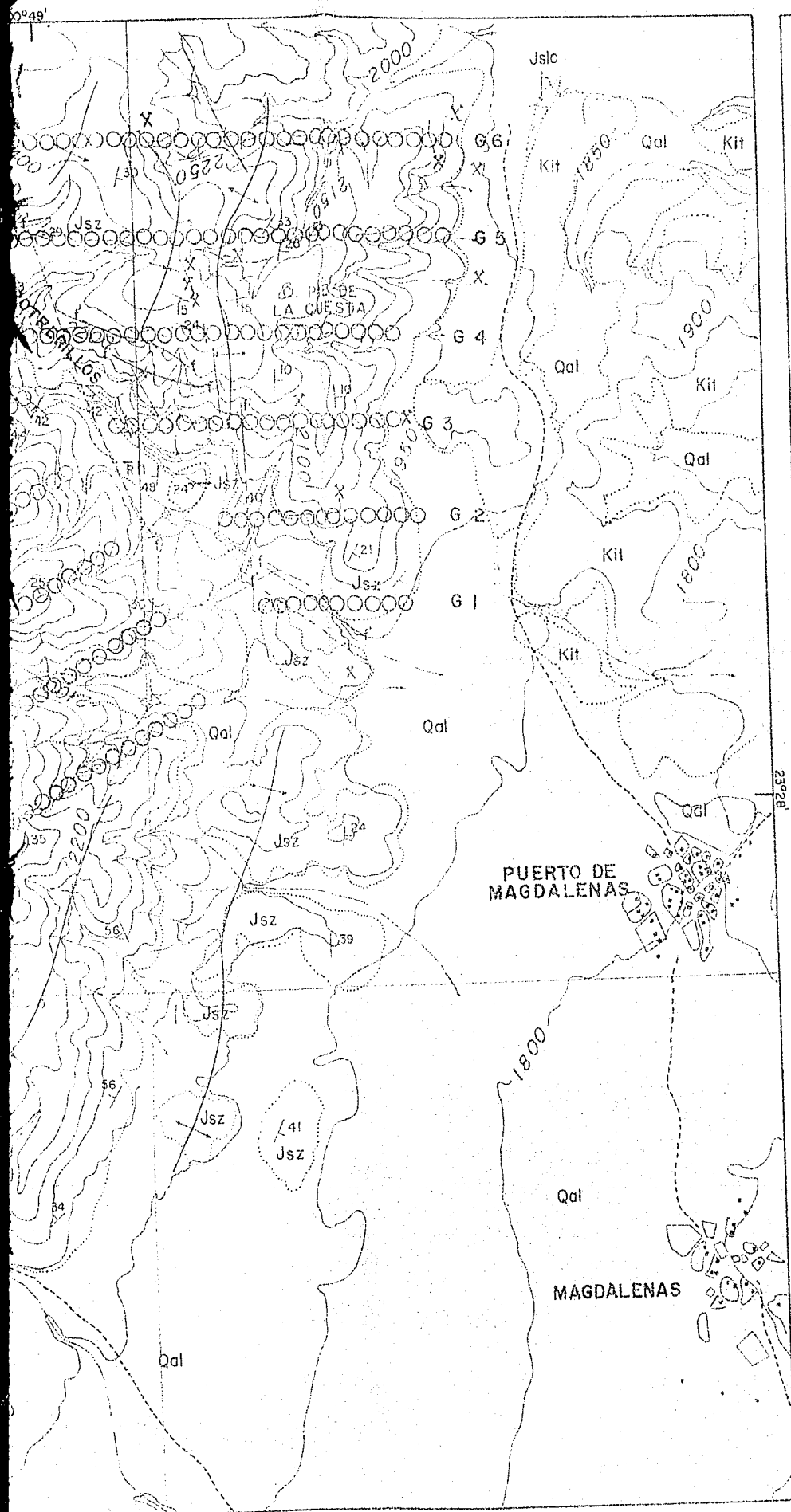
CDD DE AGUA, Sierra de Catorce, S. L. P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

P-5





EXPLICAC

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	Aluvión
Cretácico Inferior	Formación Taraises
Jurásico Superior	Formación La Caja
Triásico Superior	Formación Caliza Zuloaga
	Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario	Ignea Intrusiva Acida
-----------	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Eclado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

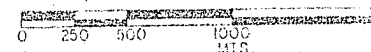
SIMBOLO

Camino
Poblacion
Arroyo
Obra minier
Cerca o b

SIMBOL

Muestra d
Valores d
Anomalia

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE

PLOMO

OJO DE AGUA, Sierra de Catorce,

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA GUILLERMO

EXPLICACION

Rocas Sedimentarias

Cuaternario		Aluvión
Cretácico Inferior		Formación Taraisés
Jurásico Superior		Formación La Caja
		Formación Caliza Zuluaga
Triásico Superior		Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario		Igneo Intrusivo Acido
-----------	--	-----------------------

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

SÍMBOLOS TOPOGRAFICOS

Camino	
Poblacion	
Arroyo	
Obra minera	
Cerca o barda	

SÍMBOLOS GEOQUIMICOS

Muestra de suelos

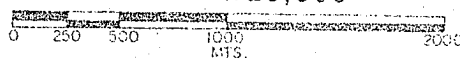
Valores de Pb en p.p.m.

	>	100
	51	- 100
	26	- 50
	0	- 25

Anomalia geoquímica

Cu.
Pb.
Zn.
Sb

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE SUELOS

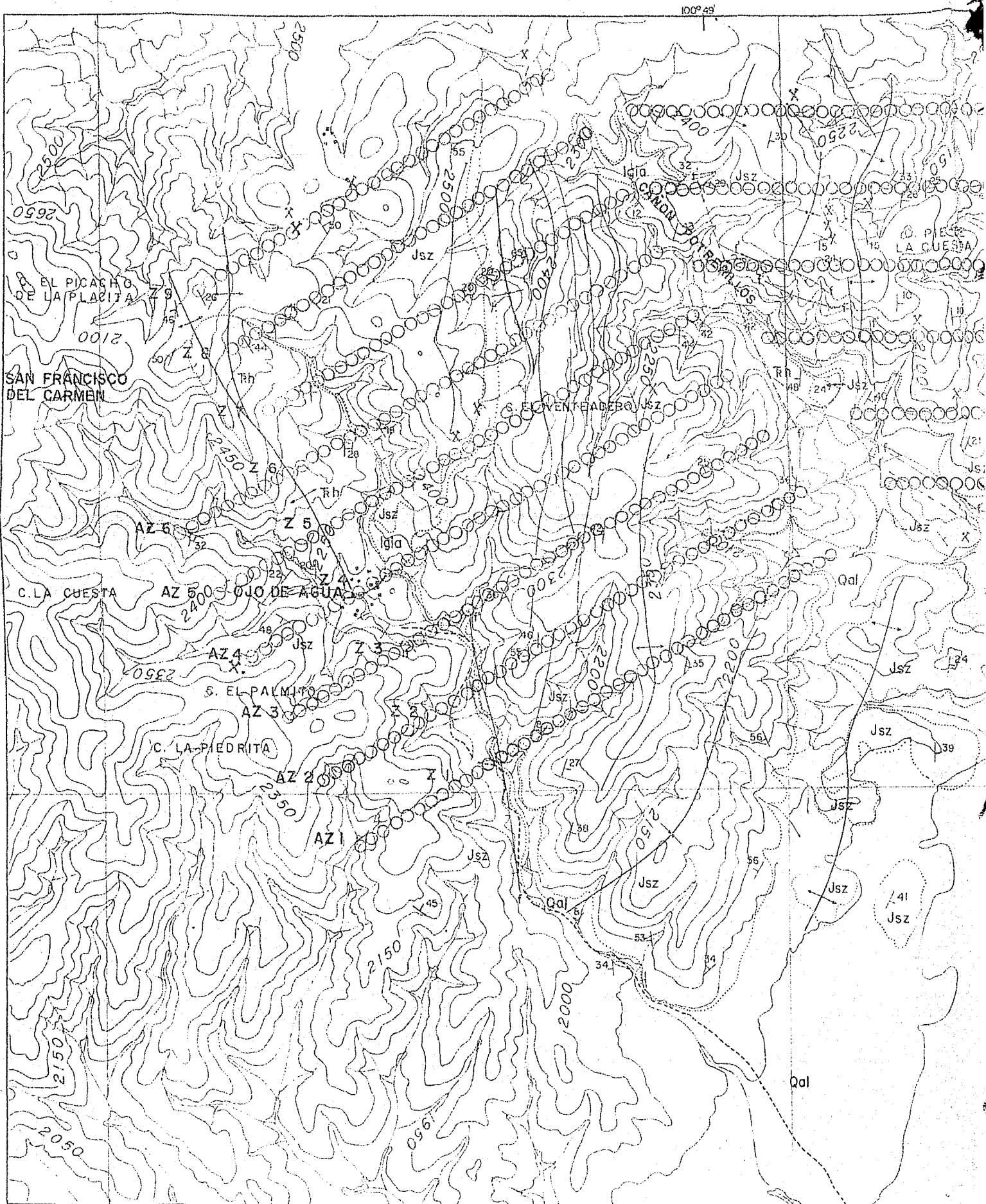
PLOMO

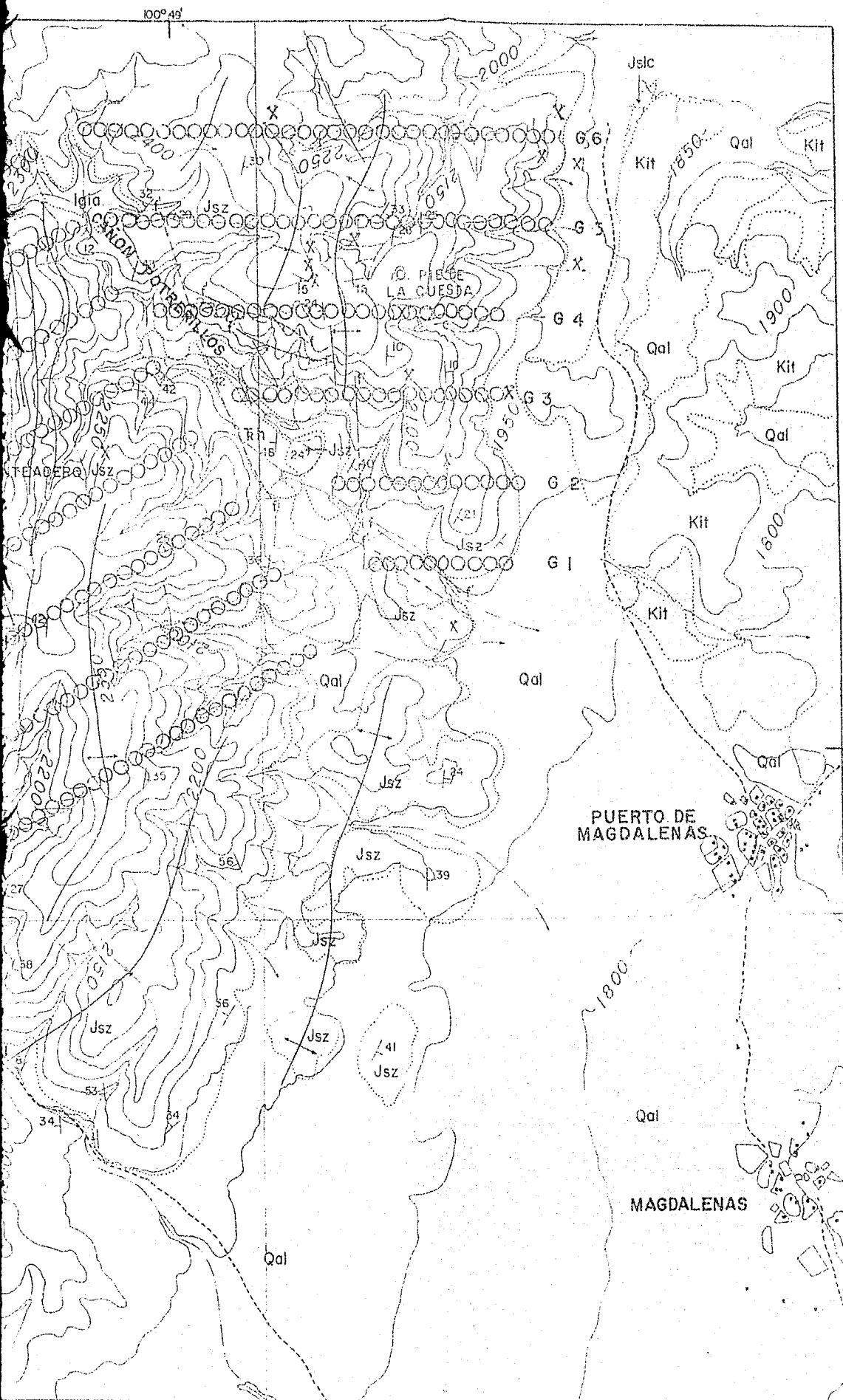
QUE DE AGUA, Sierra de Catorce, S. L. P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

P-6





EXPLI

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal }	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit }	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jsic }	Formación La Caja
	{ Js2 }	Formación Caliza Zuluaga
Triásico Superior	{ Rh }	Formación Huizachal

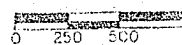
Rocas Igneas

Terciario	{ Ig1a }	Igneo Intrusivo Acido
-----------	----------	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	—○—
Dique	—
Falla	— —
Falla inferida	— ---
Rumbo y Echado de capas	↘
Eje de anticlinal	+
Eje de sinclinal	+

ESCALA



UNIVERSIDAD NACIONAL

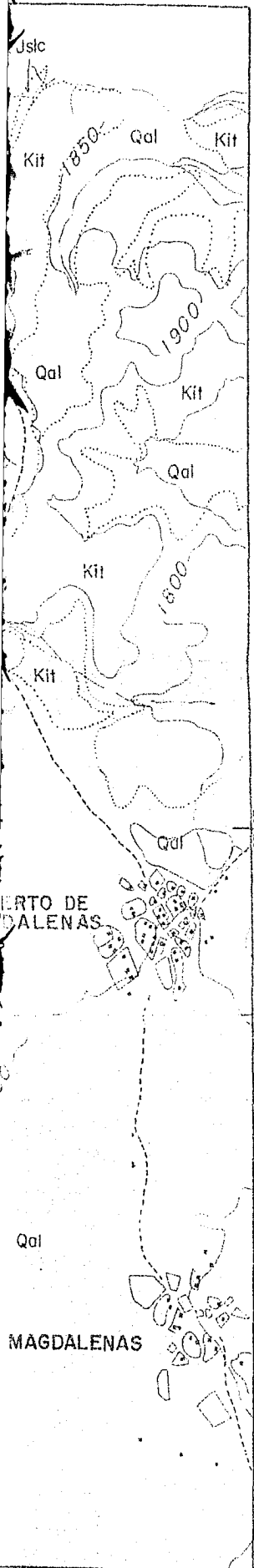
FACULTAD DE

MUESTREO GEO

QUE DE AGUA,

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA



EXPLICACION

Rocas Sedimentarias

Cuaternario		Aluvión
Cretácico Inferior		Formación Taraises
Jurásico Superior		Formación La Caja
		Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior		Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario		Igneo Intrusivo Acido
-----------	--	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

Camino	
Poblacion	
Arroyo	
Obra minera	
Cerca o bardo	

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

Muestra de suelos

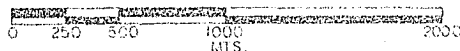
Valores de Zn en p.p.m.

	>	300
	201 -	300
	101 -	200
	0 -	100

Anomalia geoquímica

Cu.
Pb.
Zn.
Sb

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE SUELOS

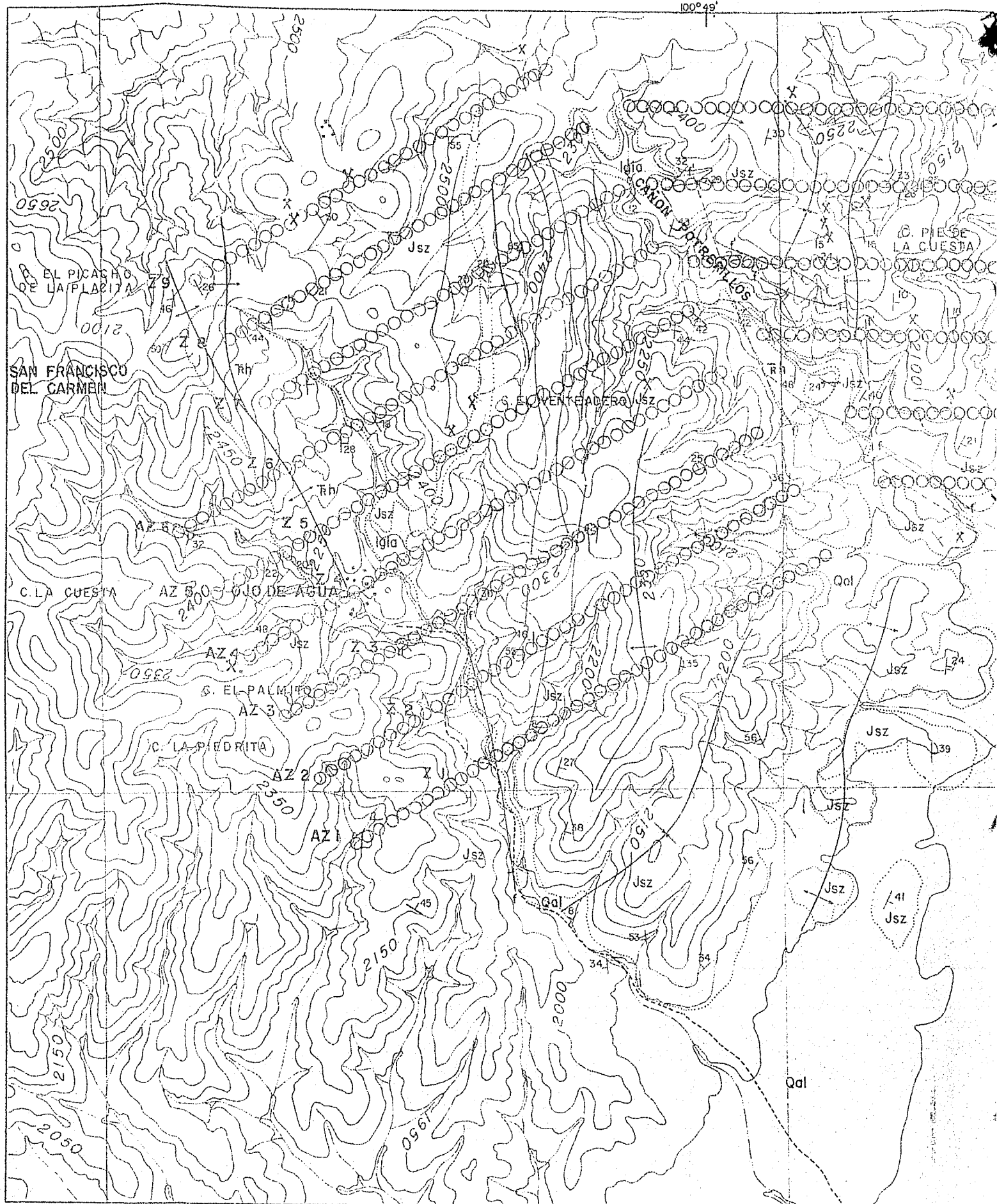
ZINC

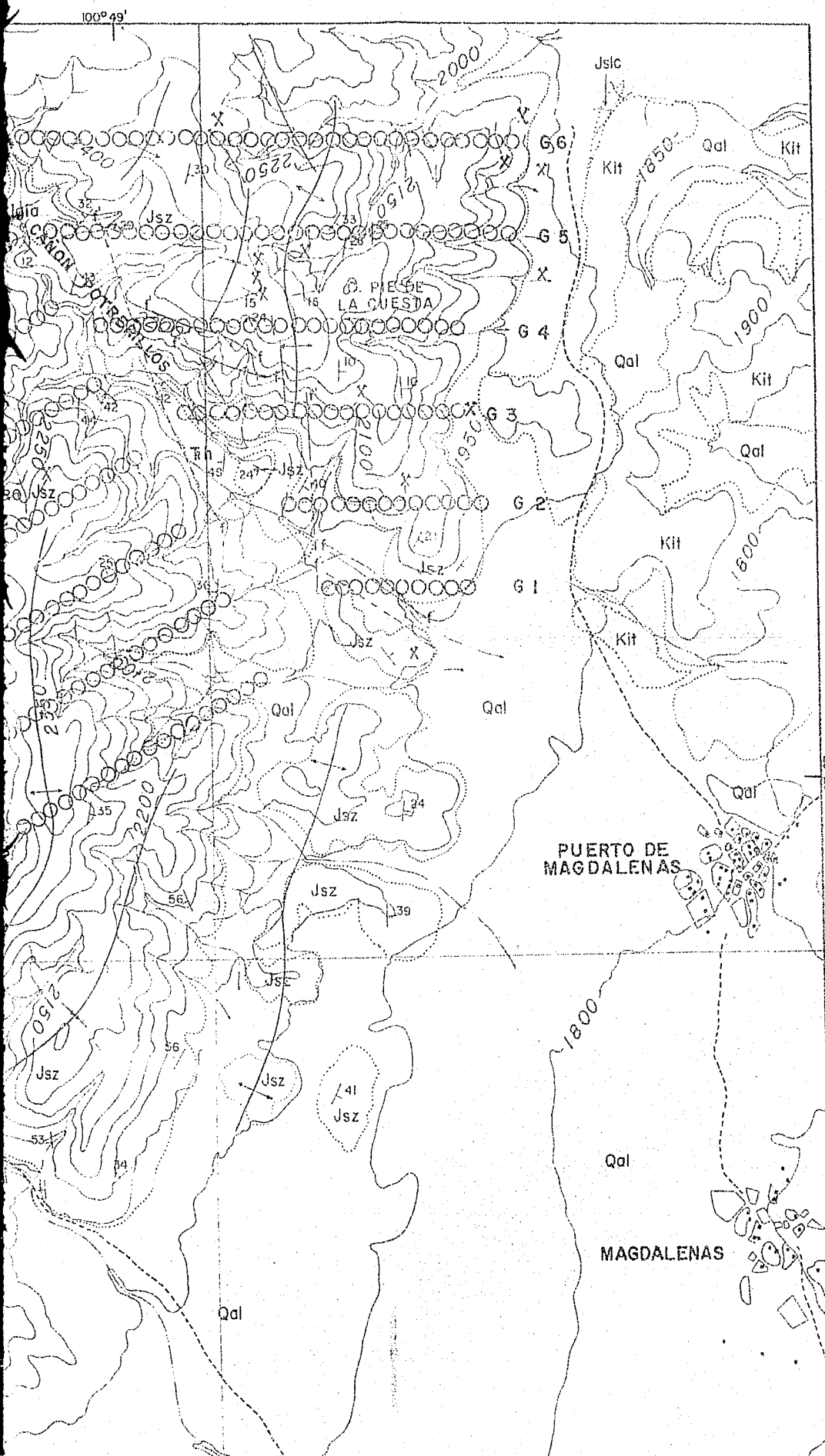
CJO DE AGUA, Sierra de Catorce, S. L. P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA GUILLERMO

P-7





EXPLIC

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal }	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit }	Formación Taraisés
Jurásico Superior	{ Jslc }	Formación La Caja
	{ Jsz }	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Rn }	Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario	{ Igia }	Igneo Intrusivo Acido
-----------	----------	-----------------------

SÍMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	—
Dique	—
Falla	—
Falla inferida	—
Rumbo y Eclado de capas	X
Eje de anticlinal	+
Eje de sinclinal	+

ESCALA 1:2

0 250 500 1000 MTS

UNIVERSIDAD NACIONAL

FACULTAD DE IN

MUESTREO GEOQUIM

ANTIMO

OJO DE AGUA, Sierra

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGUENGOITIA GUILL

EXPLICACION

Rocas Sedimentarias

Cuaternario		Aluvión
Cretácico inferior		Formación Taraises
Jurásico Superior		Formación La Caja
		Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior		Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario		Ignea Intrusivo Acido
-----------	---	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Fallo	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

Camino	
Poblacion	
Arroyo	
Obra minera	
Cerca o barda	

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

Muestra de suelos

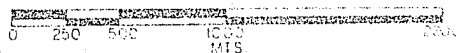
Valores de Sb en p.p.m.

	>	1000
	781 -	1000
	561 -	780
	341 -	560
	0	340

Anomalia geoquímica

Cu.
Pb.
Zn.
Sb

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

MUESTREO GEOQUIMICO DE SUELOS

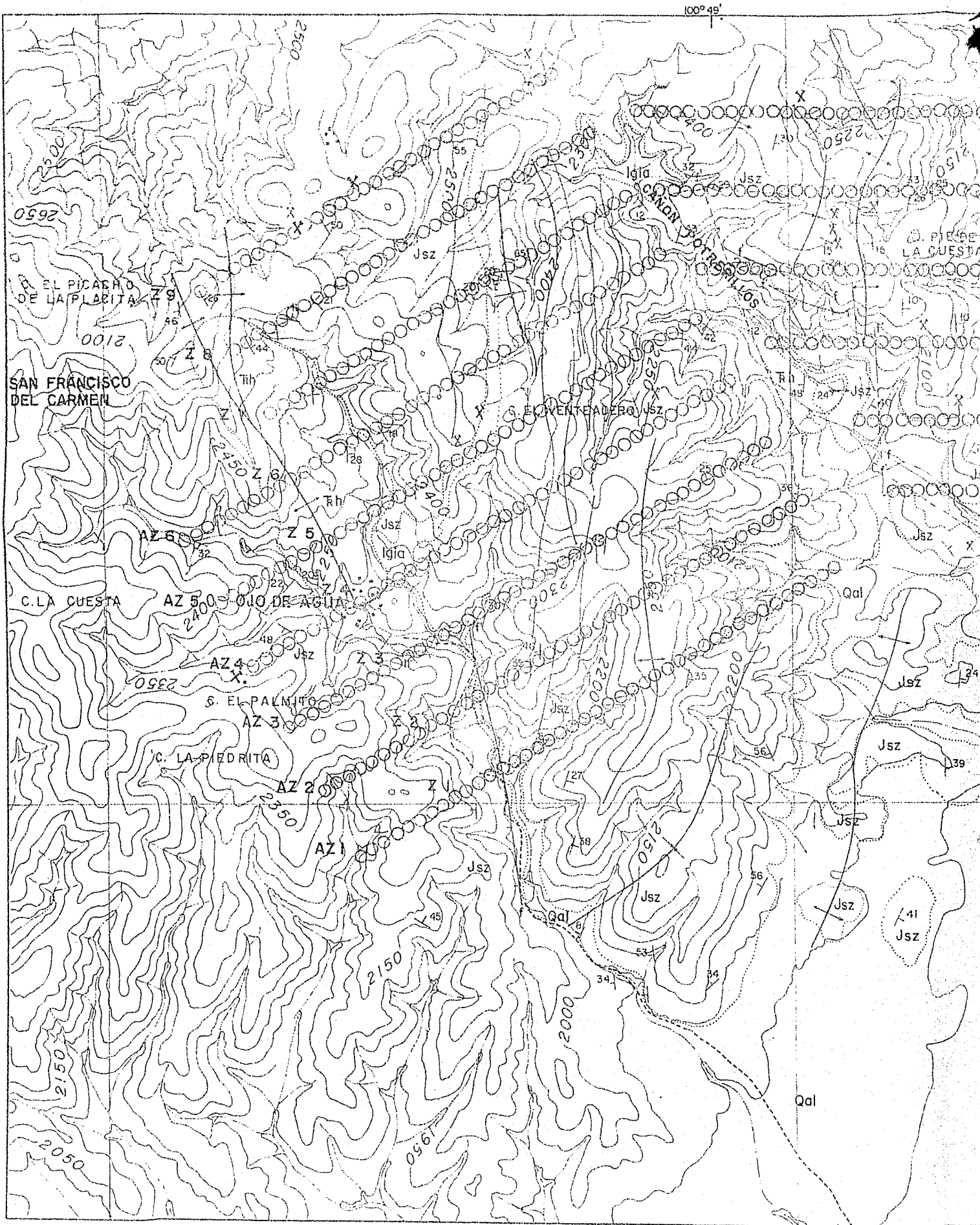
ANTIMONIO

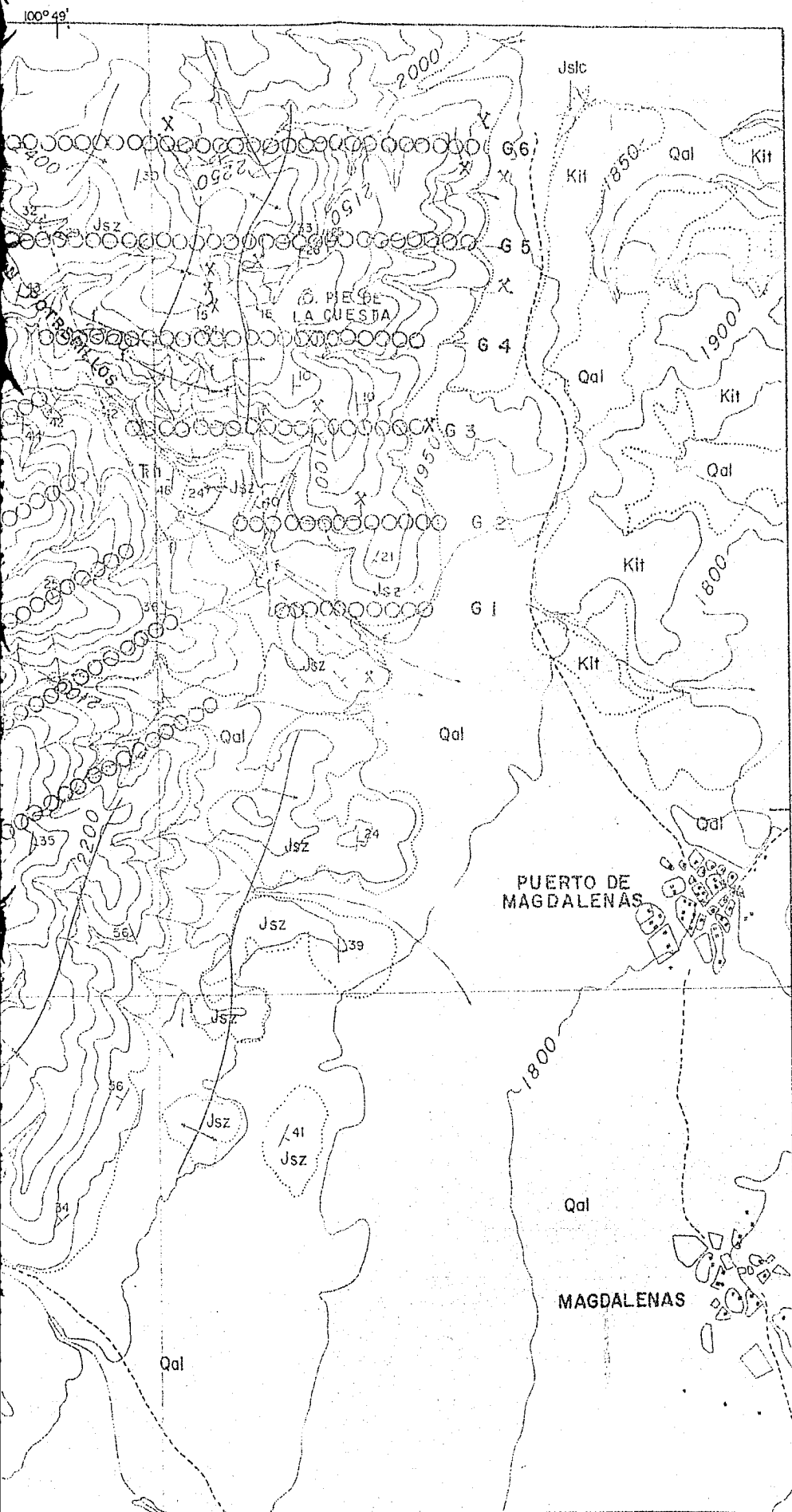
OJO DE AGUA, Sierra de Catorce, S. L. P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

P-8





EXPLICACION

Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal }	Aluvion
Cretácico Inferior	{ Kit }	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jsc }	Formación La Caja
	{ Jsz }	Formación Caliza Zuleaga
Triásico Superior	{ Rh }	Formación Huizachal

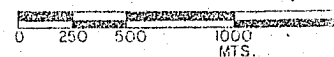
Rocas Igneas

Terciario	{ Igia }	Igneo Intrusivo Acido
-----------	----------	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA

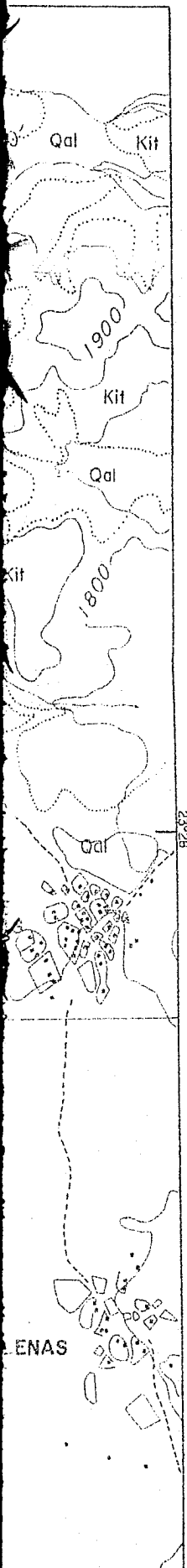
FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE CONJUNTO
ANOMALIAS GEOQUIMICAS

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

EXPLICACION



Rocas Sedimentarias

Cuaternario	{ Qal	Aluvión
Cretácico Inferior	{ Kit	Formación Taraises
Jurásico Superior	{ Jsic	Formación La Caja
	{ Js2	Formación Caliza Zuloaga
Triásico Superior	{ Rh	Formación Huizachal

Rocas Igneas

Terciario	{ Igla	Igneo Intrusivo Acido
-----------	--------	-----------------------

SIMBOLOS GEOLOGICOS

Contacto geológico	
Dique	
Falla	
Falla inferida	
Rumbo y Echado de capas	
Eje de anticlinal	
Eje de sinclinal	

SIMBOLOS TOPOGRAFICOS

Camino	
Poblacion	
Arroyo	
Obra minera	
Cerca o barda	

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

Muestra de suelos

Valores de en p.p.m.



Anomalia geoquímica

Cu.
Pb.
Zn.
Sb

ESCALA 1:25,000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE CONJUNTO
ANOMALIAS GEOQUIMICAS

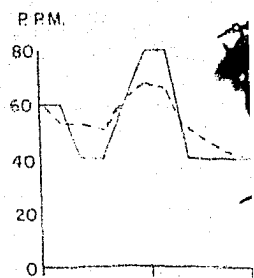
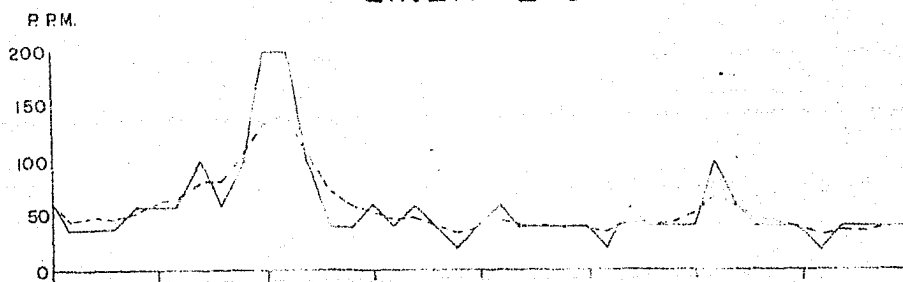
TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

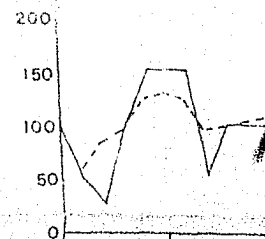
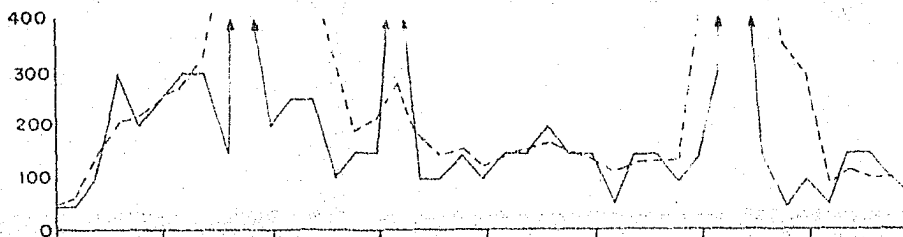
P-9

LINEA Z-6

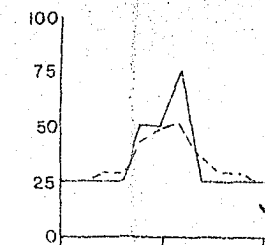
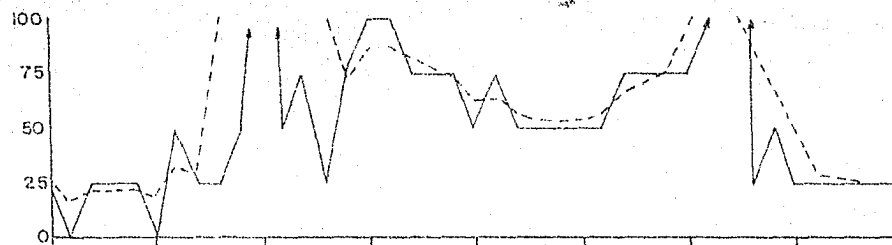
COBRE



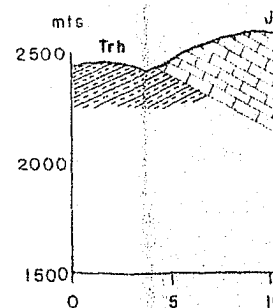
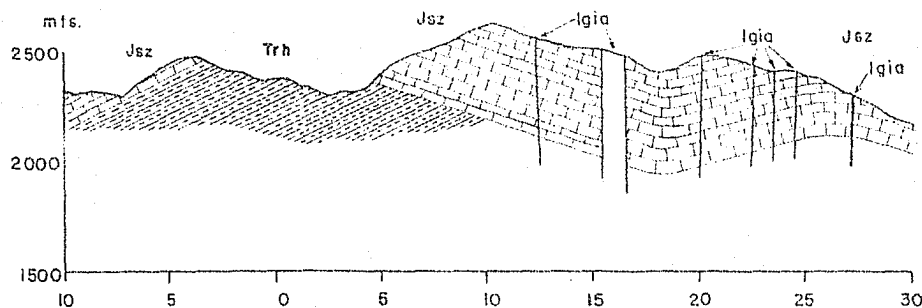
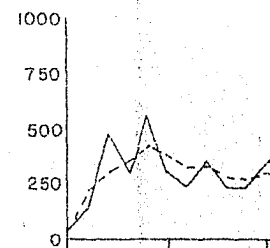
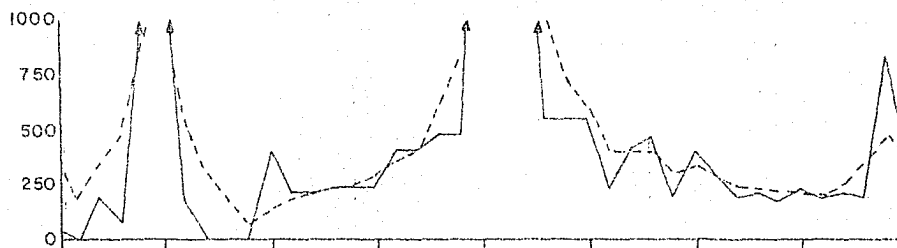
ZINC



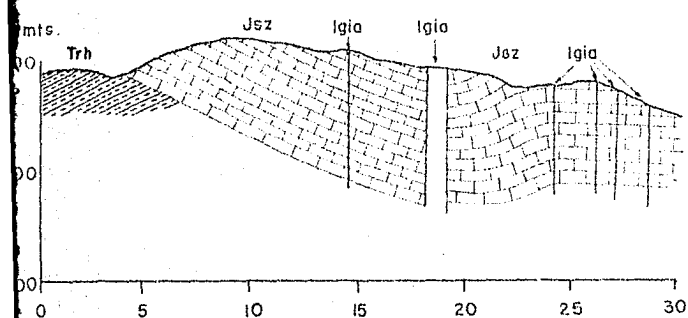
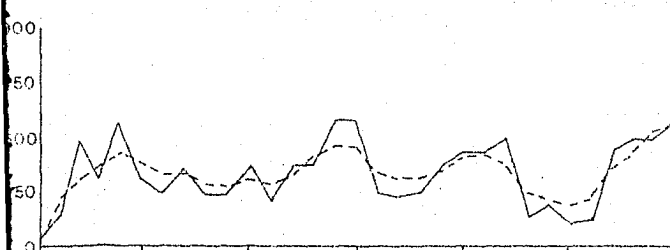
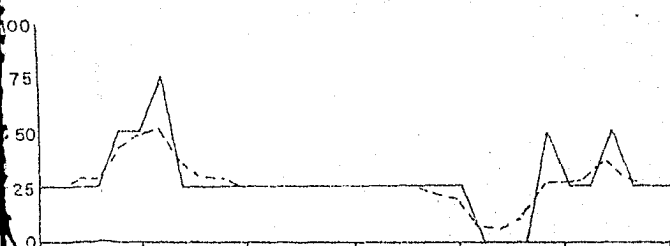
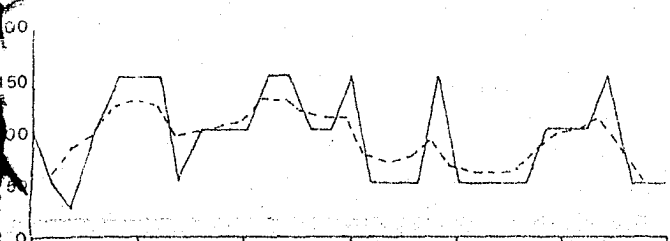
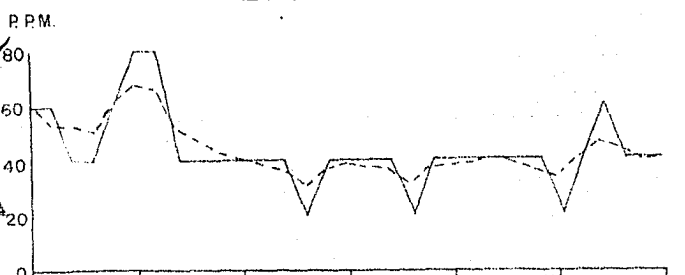
PLOMO



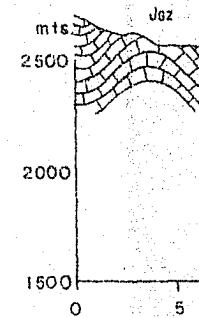
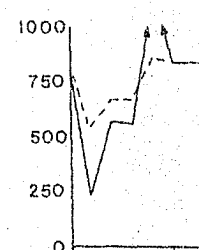
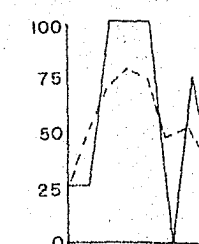
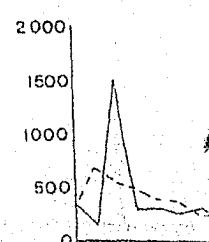
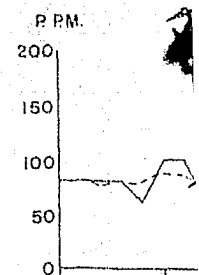
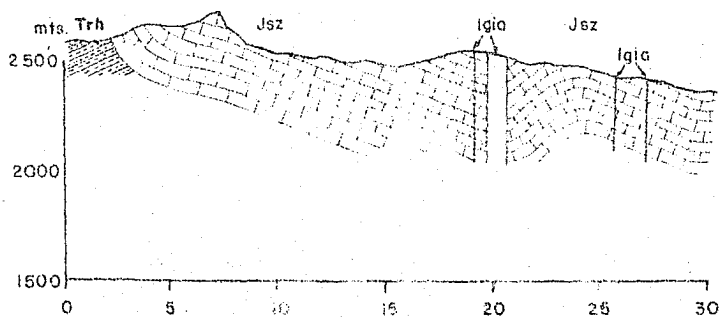
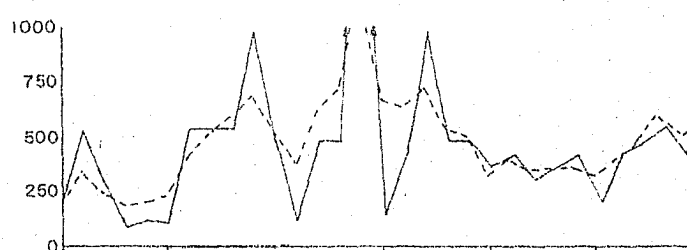
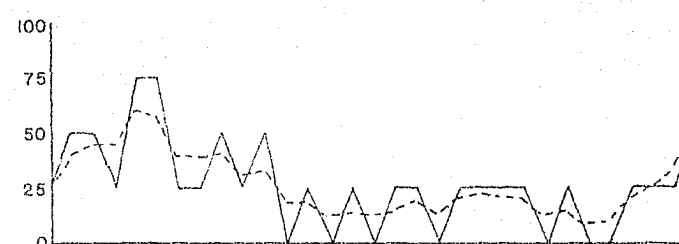
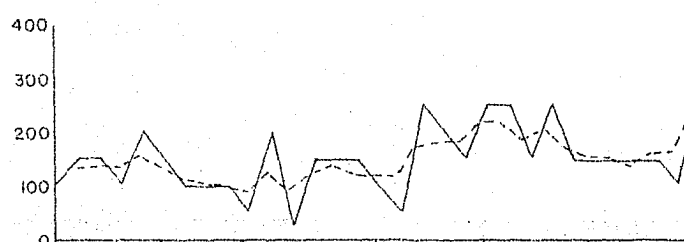
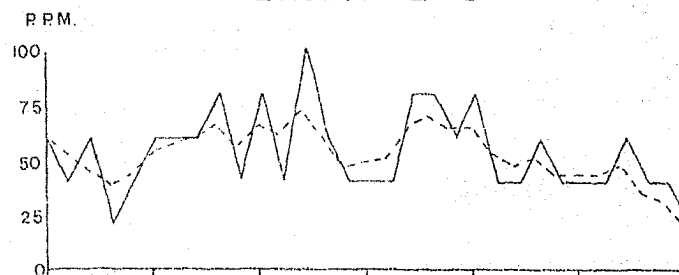
ANTIMONIO



LINEA Z-7

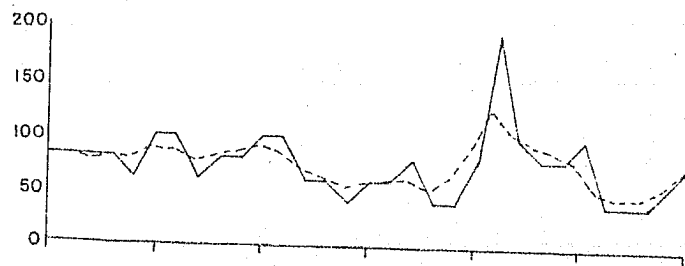


LINEA Z-8

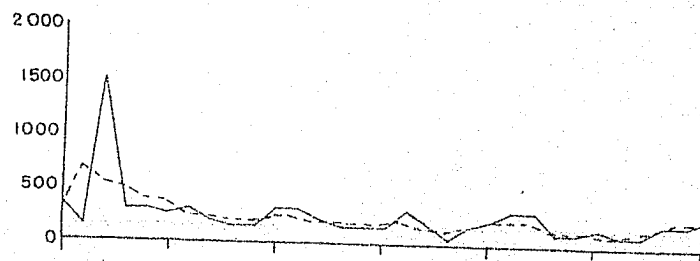


LINEA Z-9

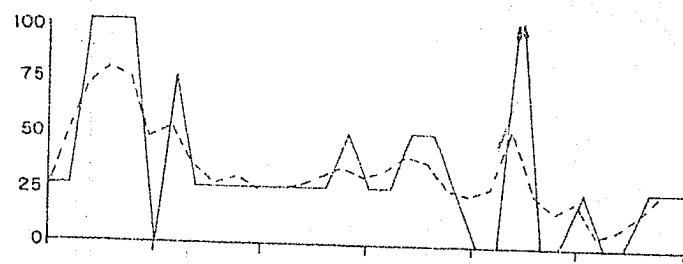
P.P.M.



COBRE



ZINC

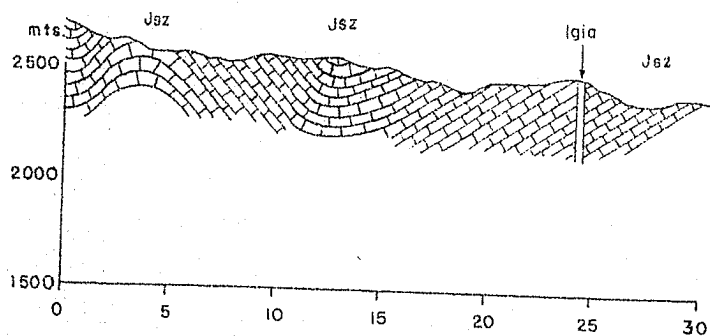


PLOMO



ANTIMONIO

SECCIONES N 60° E
VIENDO AL NW



COLUMNA GEOLOGICA

Rocas Sedimentarias

Cuaternario { Cul Aluvion

Jurásico Superior { Jss Formacion Zuloaga

Triásico Superior { Trh Formacion Huizachal

Rocas Igneas

Terciario { Igia Igneo Intrusivo Acido

SIMBOLOS GEOLOGICOS



Dique

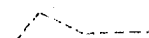


Falla

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

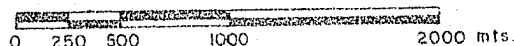


Valores reales



Valores suavizados

ESCALA 1:25 000



SECCIONES N 60° E

VIENDO AL NW

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES GEOLOGICAS Y GEOQUIMICAS

DE LAS LINEAS N 60° E EN LA ZONA

OJO DE AGUA. SIERRA DE CATORCE, S.L.P.

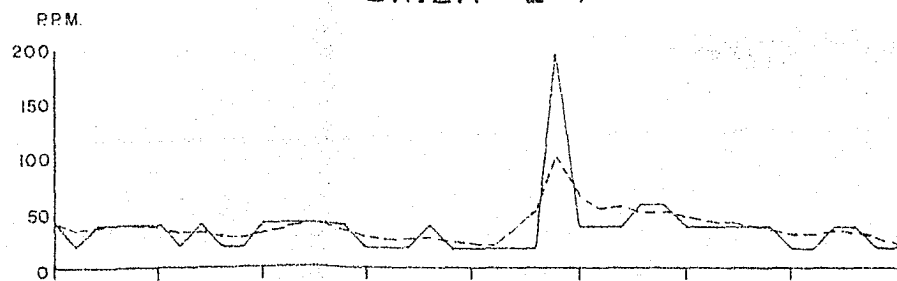
TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

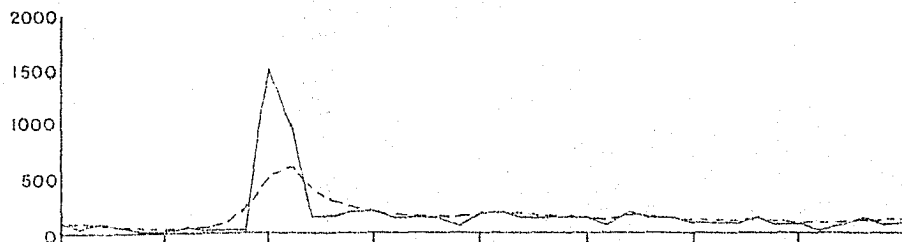
P-10

LINEA Z-1

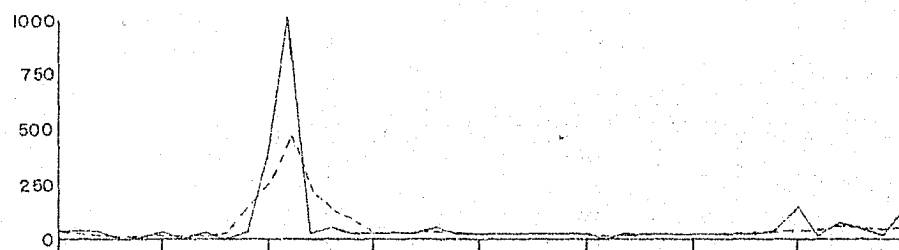
COBRE



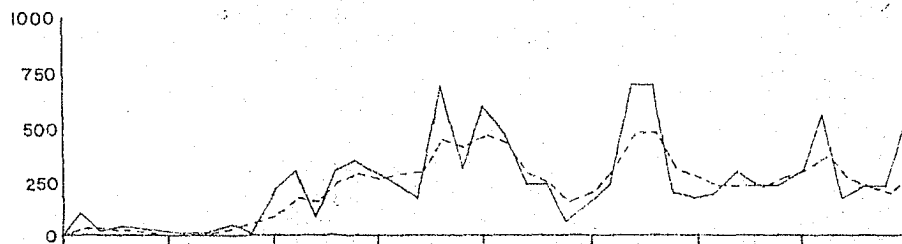
ZINC



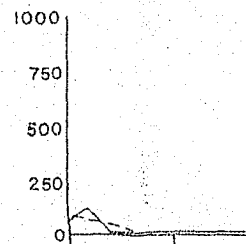
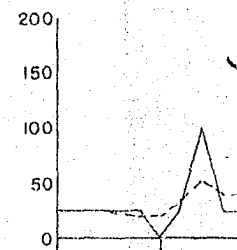
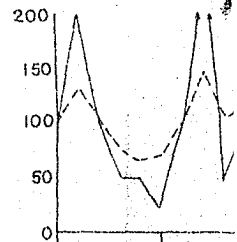
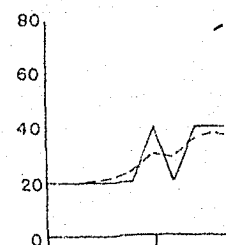
PLOMO



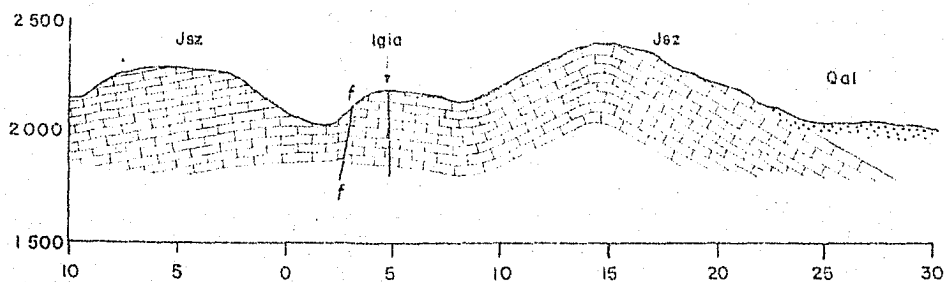
ANTIMONIO



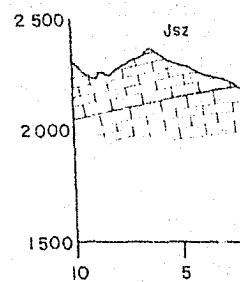
RPM.



mts.

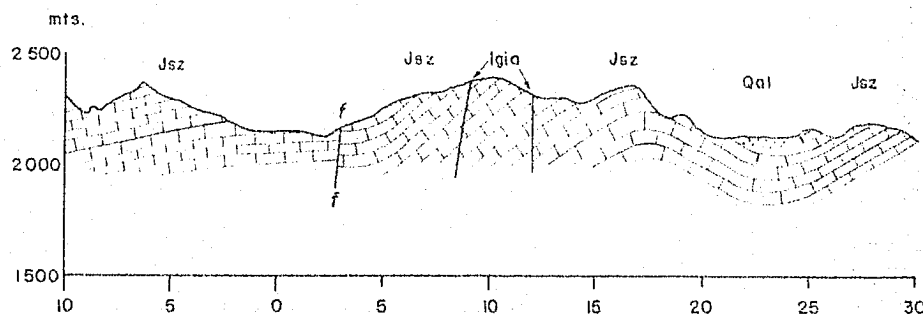
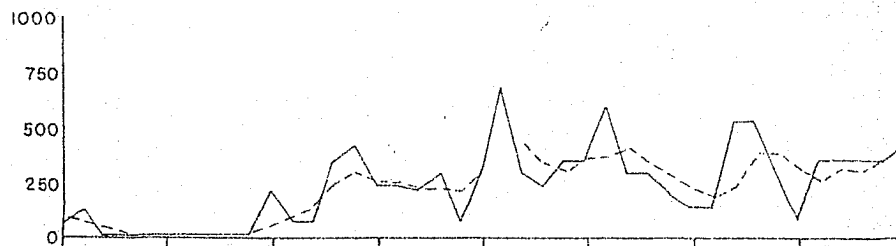
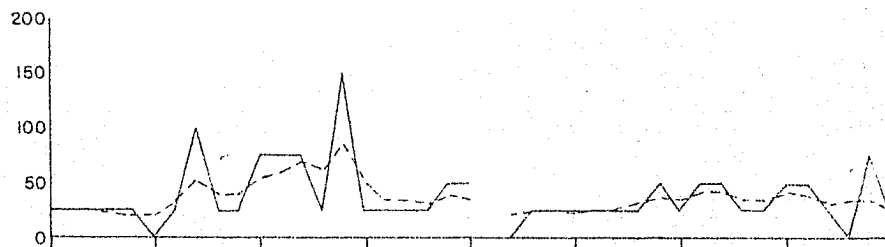
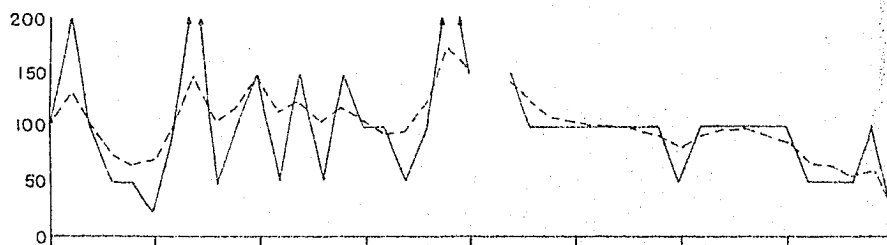
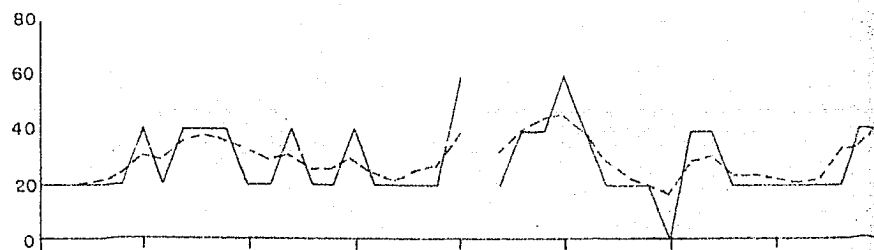


mts.



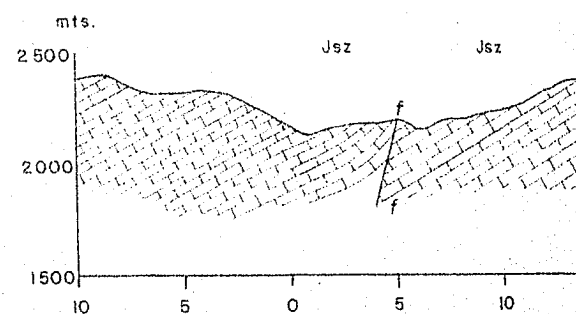
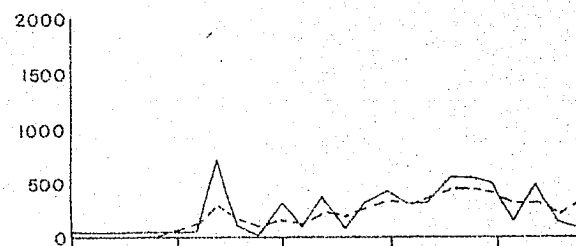
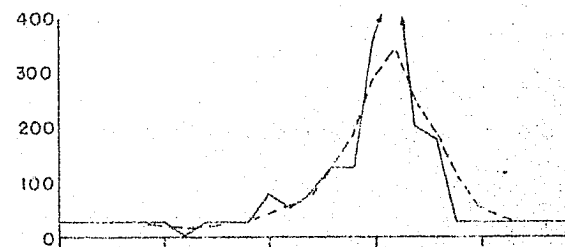
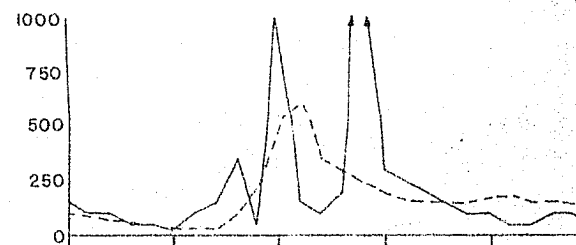
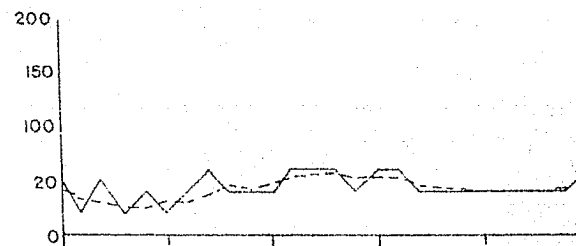
LINEA Z-2

PPM.

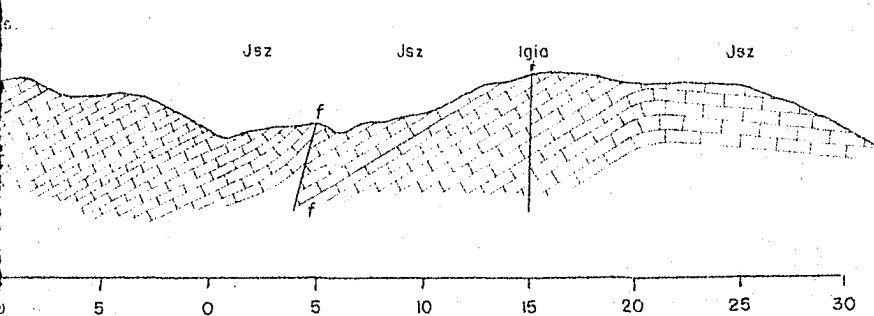
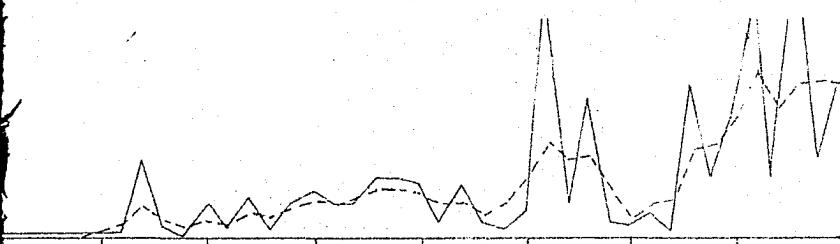
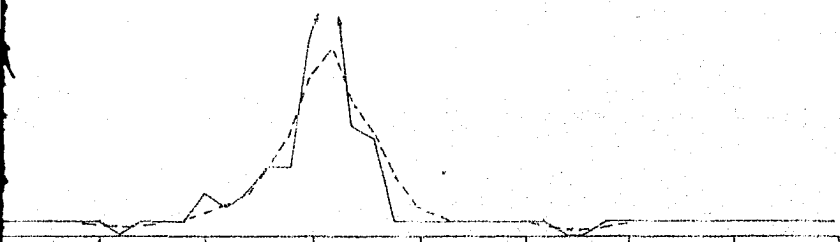
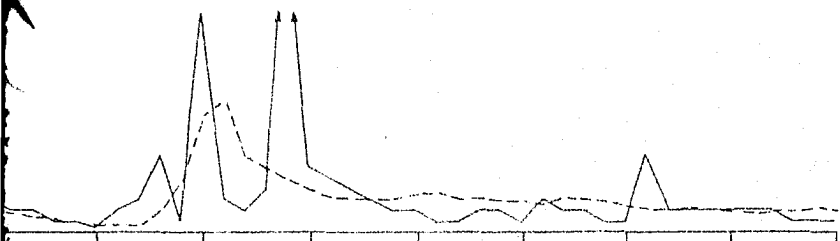
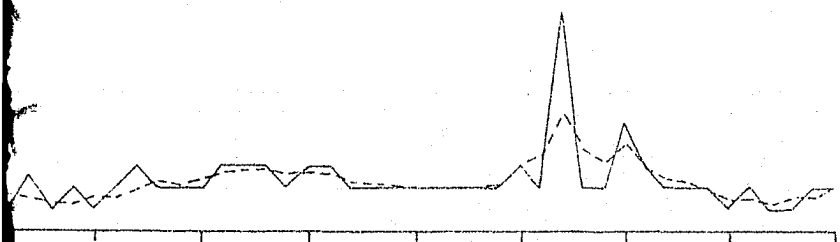


LINEA Z-3

PPM.

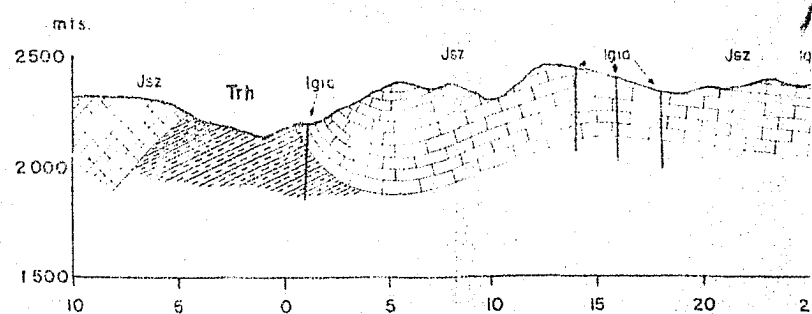
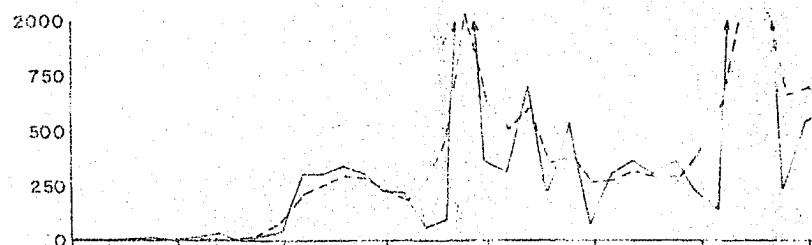
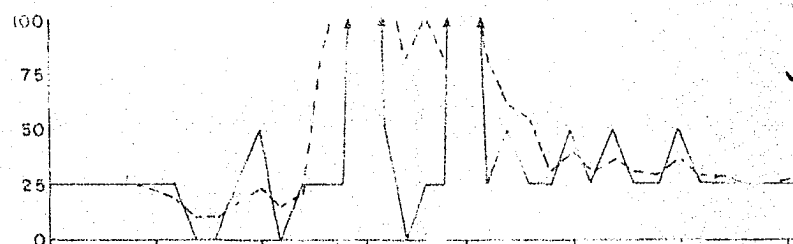
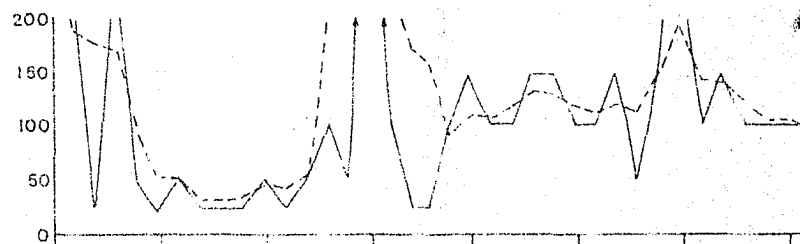
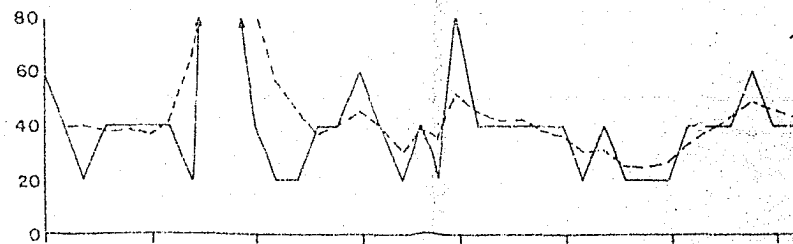


LINEA Z-3

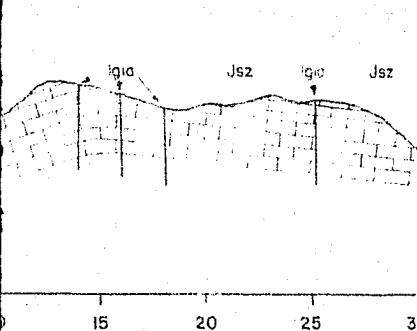
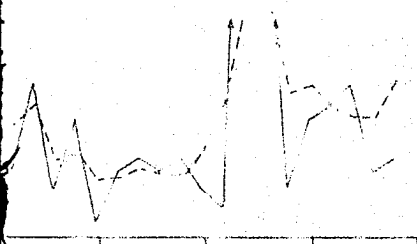
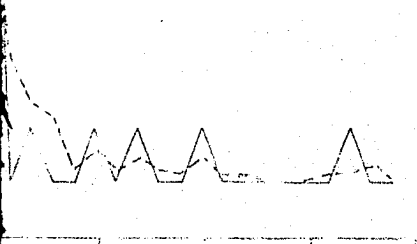
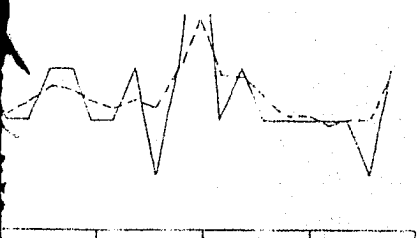
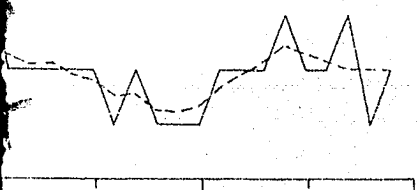


LINEA Z-4

R.P.M.

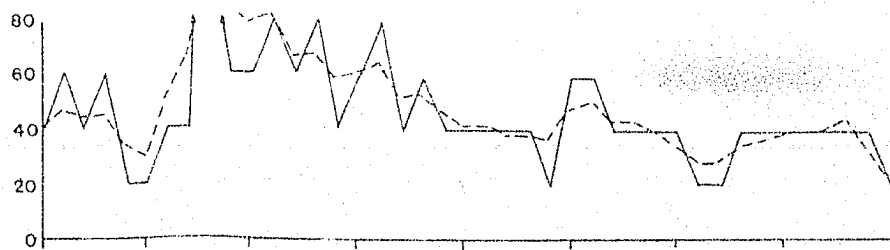


Z-4

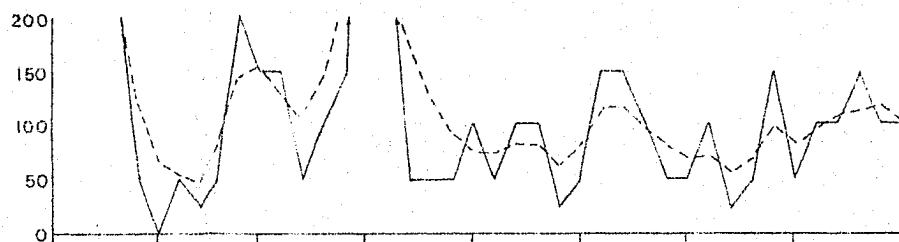


LINEA Z-5

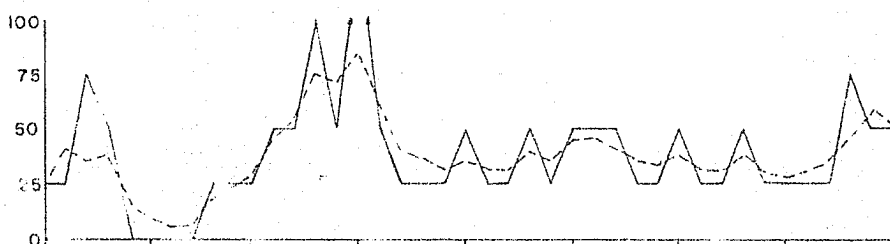
RPM.



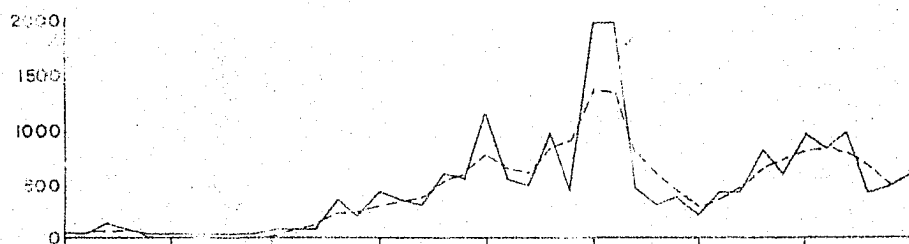
COBRE



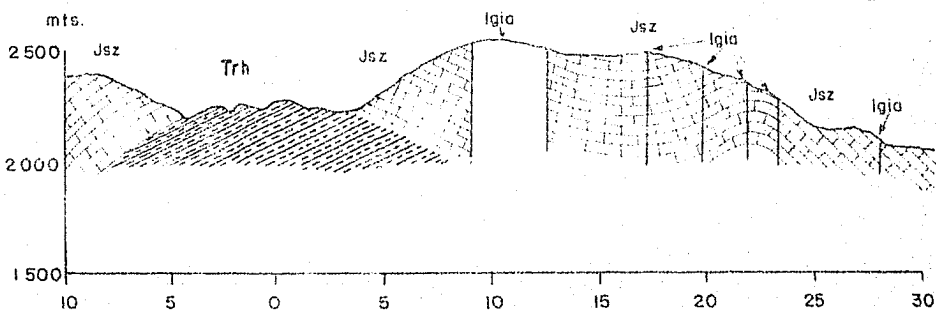
ZINC



PLOMO

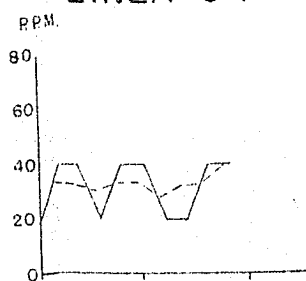


ANTIMONIO

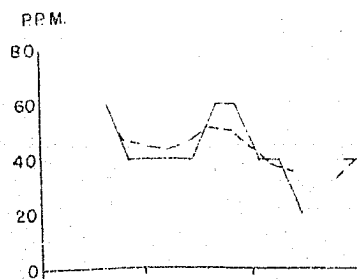


COBRE

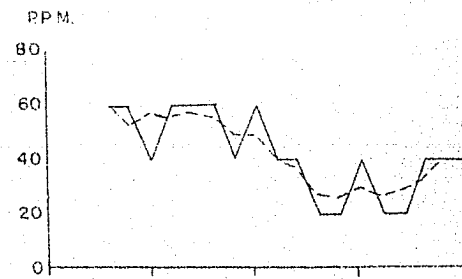
LINEA G-1



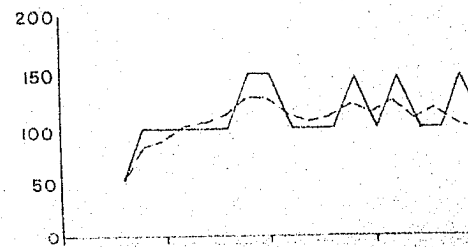
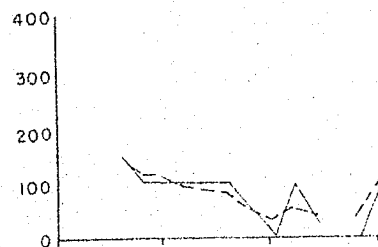
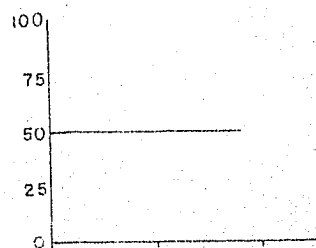
LINEA G-2



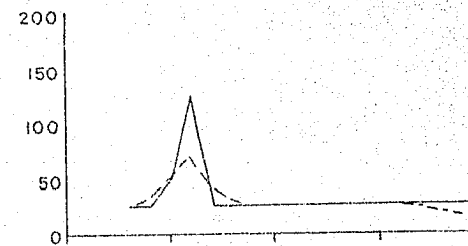
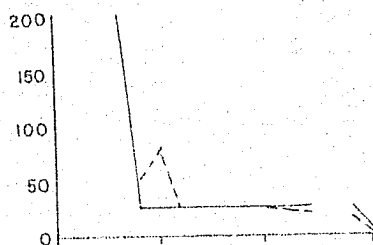
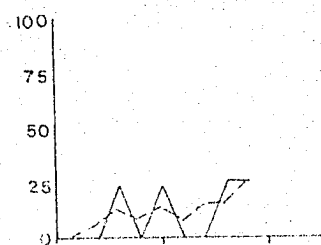
LINEA G-3



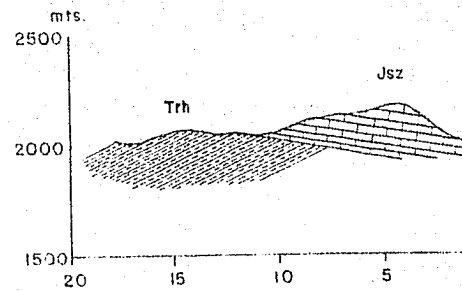
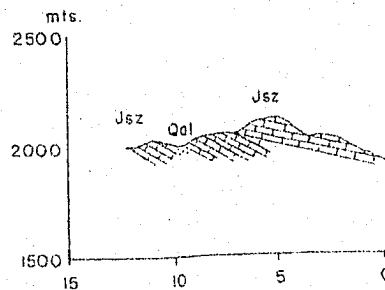
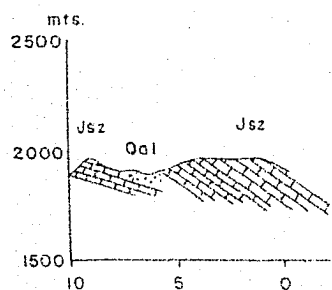
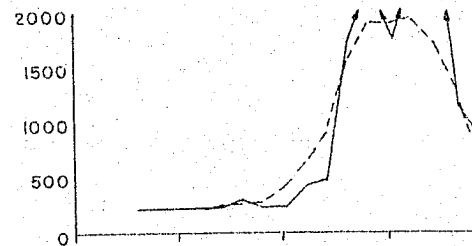
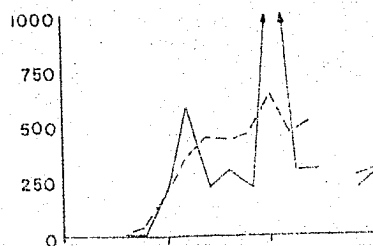
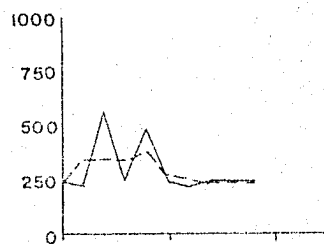
ZINC



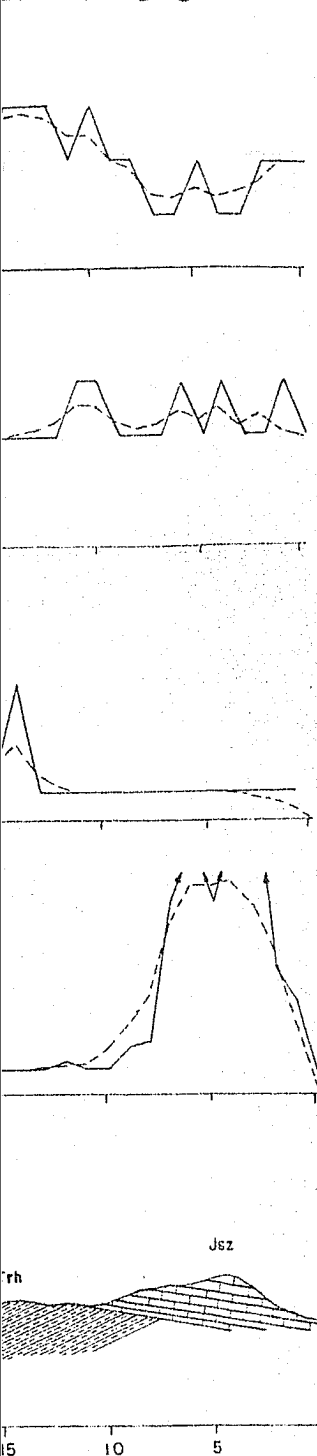
PLOMO



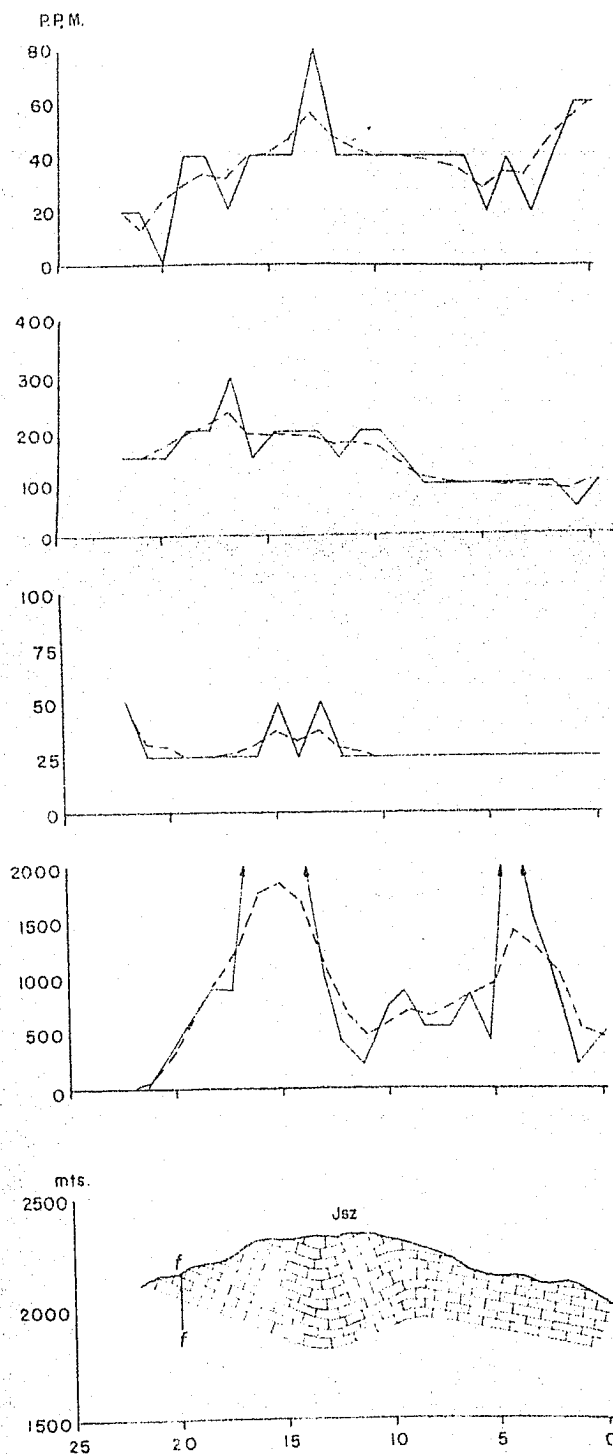
ANTIMONIO



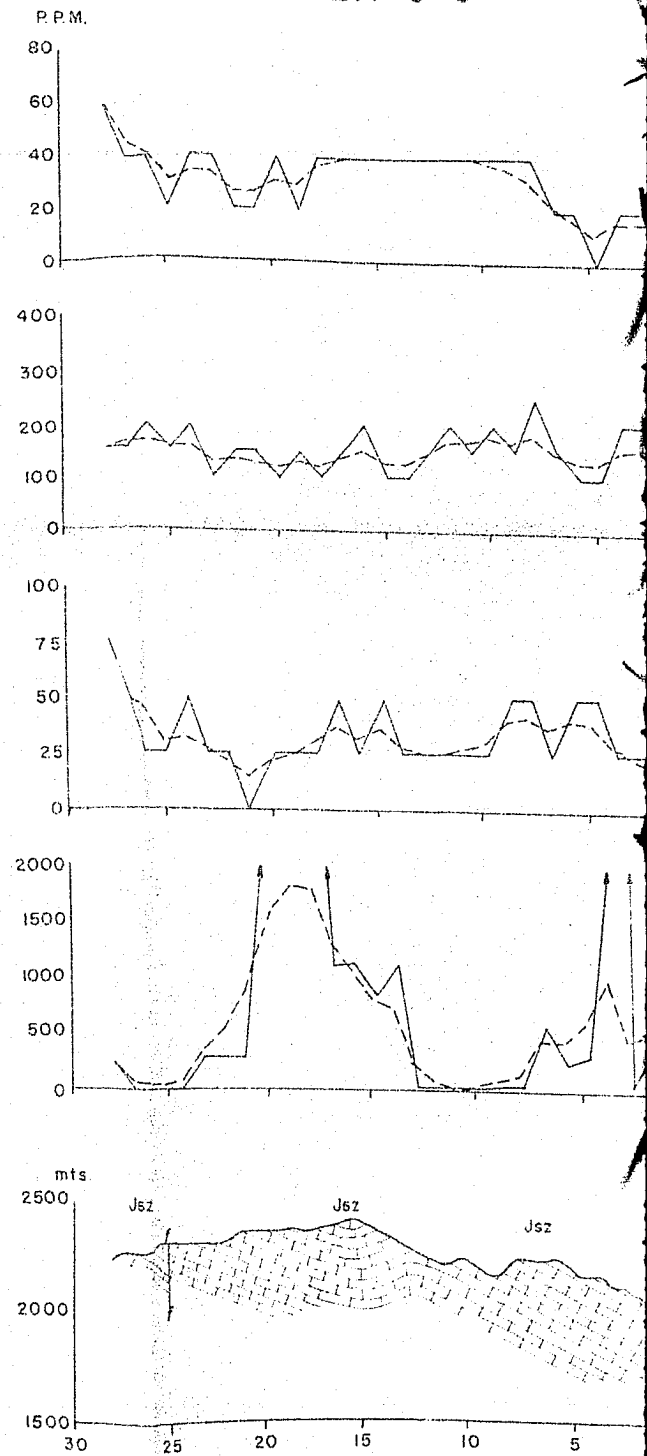
LINEA G-3



LINEA G-4

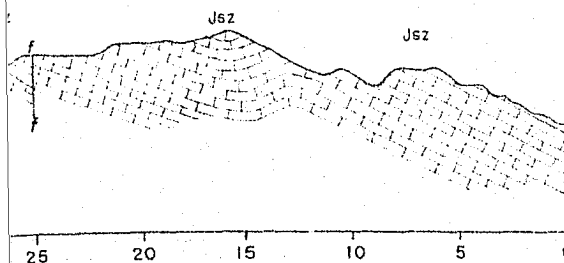
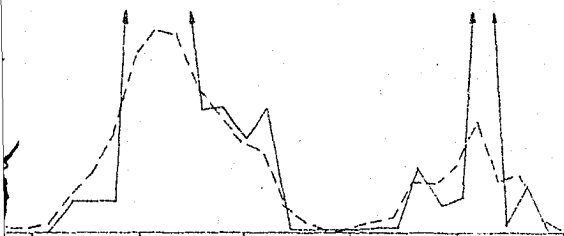
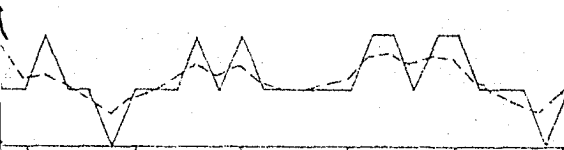
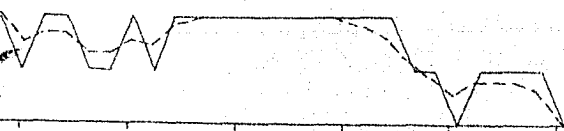


LINEA G-5



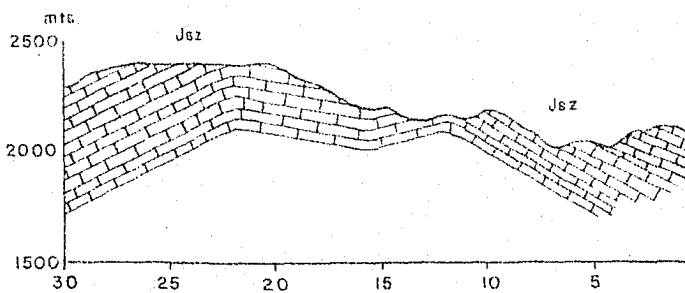
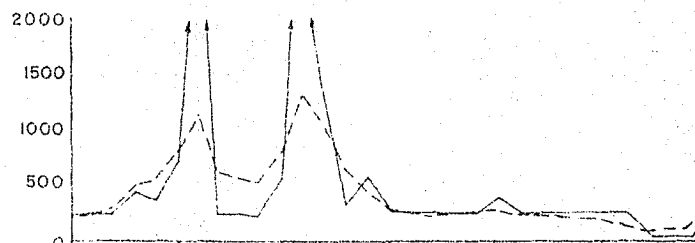
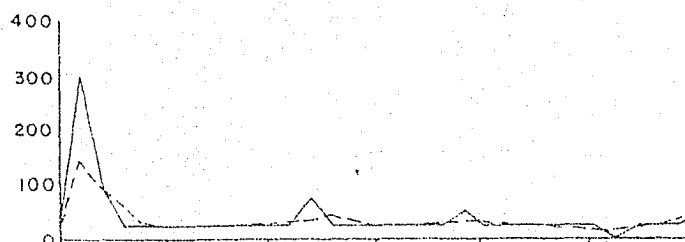
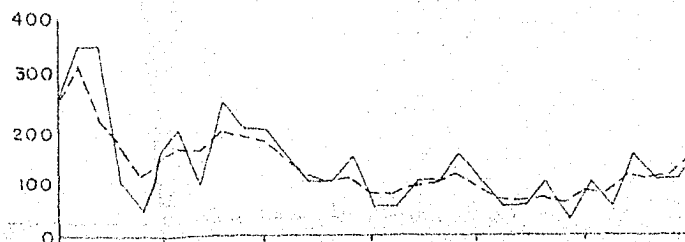
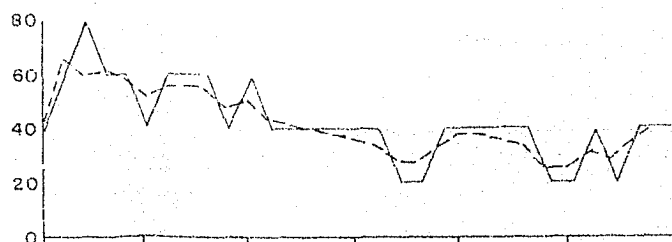
SECCIONES E-W VIENDO AL N

LINEA G-5



LINEA G-6

P.P.M.



UN
S
O
PERE

LINEA G-6

EXPLICACION

COLUMNA GEOLOGICA

Rocas Sedimentarias

- Cuaternario  Aluvion
- Jurásico Superior  Formacion Zuloaga
- Triásico Superior  Formacion Huizachal

Rocas Igneas

- Terciario  Ignea Intrusivo Acido

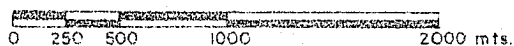
SIMBOLOS GEOLOGICOS

-  Dique
-  Falla

SIMBOLOS GEOQUIMICOS

-  Valores reales
-  Valores suavizados

ESCALA 1:25 000

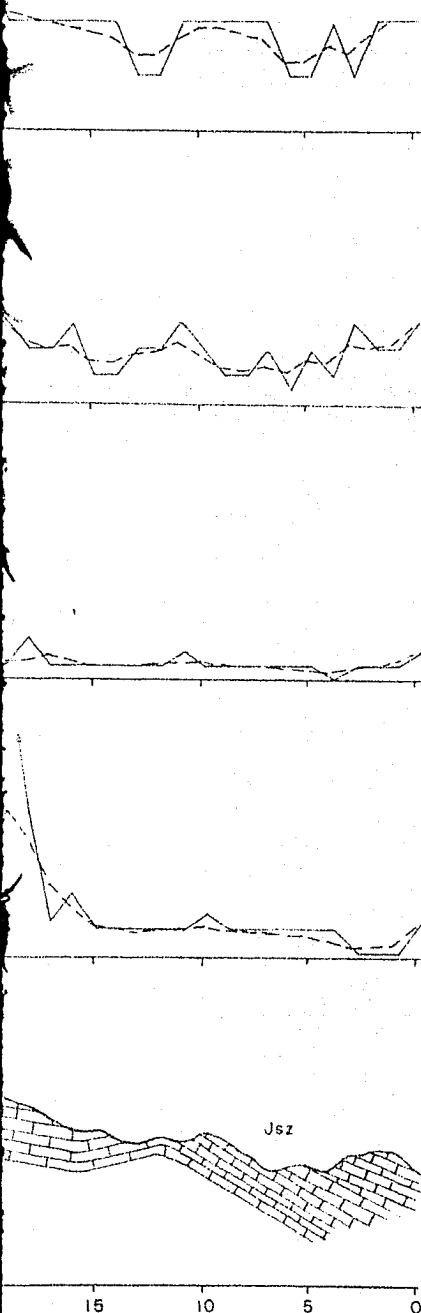


COBRE

ZINC

PLOMO

ANTIMONIO



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES GEOLOGICAS Y GEOQUIMICAS
DE LAS LINEAS E-W EN LA ZONA
OJO DE AGUA. SIERRA DE CATORCE, S.L.P.

TESIS PROFESIONAL

PEREZ IBARGÜENGOITIA GUILLERMO

P-II