

11.5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

"PROSPECCION MINERA DEL AREA DE GOALCOMAN DE
VAZQUEZ PALLARES Y CHINIGUILA, MICH."

T E S I S

Que para obtener el Título de:

INGENIERO GEOLOGO

Presenta:

ANTONIO FLORES HERNANDEZ

DIRECTOR DE TESIS

ING. GERMAN ARRIAGA GARCIA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

PLANO DE LOCALIZACION .

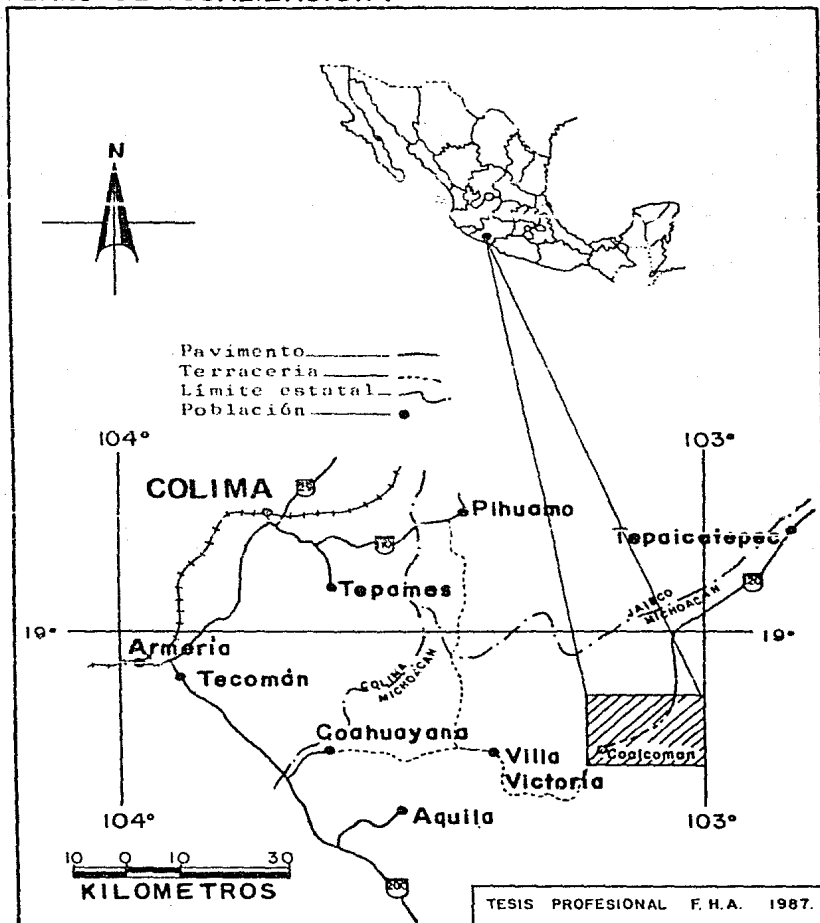


Figura 1.

INDICE

	Página
Resumen	
I.- Introducción	1
I.1.- Antecedentes	1
I.2.- Objetivo del Estudio	1
I.3.- Método de Trabajo	1
I.4.- Trabajos Previos	2
II.- Generalidades	6
II.1.- Localización	6
II.2.- Vías de comunicación	6
III.- Fisiografía	8
III.1.- Marco Regional	8
III.2.- Geomorfología	8
IV.- Geología General	12
IV.1.- Estratigrafía	12
IV.1.1.- Cretácico Inferior	12
IV.1.2.- Cretácico Medio	20
IV.1.3.- Terciario	29
IV.1.4.- Cuaternario	34
IV.2.- Geología Estructural	34
IV.3.- Historia Geológica y Tectónica	35
V.- Geoquímica	37

	Página
V.1.- Tipo de Muestreo	37
V.2.- Tipo de Análisis	38
V.3.- Interpretación de Resultados	48
V.3.1.- Interpretación de los Valores del Cu	53
V.3.2.- Interpretación de los Valores del Zn	56
V.3.3.- Interpretación de los Valores del Pb	58
V.3.4.- Interpretación de los Valores del Ba	60
VI.- Yacimientos Minerales	63
VI.1.- Localización	69
VI.2.- Mineralogía	70
VI.3.- Alteraciones	71
VI.4.- Valores Anómalos	72
VI.5.- Roca Encajonante	72
VI.6.- Estructura	73
VI.7.- Rocas Igneas Vecinas	74
VI.8.- Origen de la Mineralización	75
VII.- Conclusiones y Recomendaciones	78
VII.1.- Conclusiones	78
VII.2.- Recomendaciones	79
Bibliografía	80

RESUMEN

Se efectuó una exploración geológico-geoquímica en el área de Coalcomán de Vázquez Pallares y Chinicuilá, Michoacán, con la finalidad de descubrir nuevos yacimientos de sulfuros masivos vulcanogénicos (tipo La Minita).

Con la ayuda de estudios petrográficos, así como con la información geológica superficial obtenida en el campo, se integró la columna estratigráfica, que es la siguiente:

La base de la columna está representada por rocas volcánicas del Cretácico Inferior: andesitas, tobas andesíticas, areniscas volcánicas y tobas riolíticas. Estas han sido denominadas informalmente como Formación Tecalitlán. Un paquete vulcanosedimentario del Cretácico Medio sobreyace concordantemente a las rocas anteriores, constituido por sedimentos calcáreos, calcáreo-arcillosos, areniscas, tobas y andesitas que informalmente han sido denominadas como Formación Tepalcatepec.

Existe un cuerpo intrusivo de composición granodiorítica del Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno) que afecta a la columna anterior.

Se hizo un estudio geoquímico de sedimentos de arroyo a nivel regional para toda la zona de estudio. Se tomaron 203 muestras de estos sedimentos, con una densidad de una muestra por cada 1.5 km², para ser analizadas por: Cu, Zn, Ag, Pb y Ba, para interpretar los resultados se utilizó el método estadístico de Lepeltier; resultaron siete zonas con valores anómalos de es

tos elementos.

También se tomaron muestras mineralizadas de las obras mineras antiguas que existen en el área, a las cuales se les hizo un estudio mineragráfico.

I.- INTRODUCCION

I.1.- Antecedentes

El Consejo de Recursos Minerales por medio de la Gerencia de Estudios Especiales, seleccionó en el año de 1985 algunas zonas para ser estudiadas dentro del denominado "Proyecto de Exploración Regional Eje Neovolcánico". Una de estas fue la de Coalcomán de Vázquez Pallares y Chinicuilá, Michoacán, debido a que presenta condiciones geológicas favorables de contener yacimientos minerales económicamente explotables.

I.2.- Objetivo del Estudio

Se efectuó una exploración regional geológico-geoquímica, con el propósito de descubrir nuevos yacimientos de sulfuros masivos vulcanogénicos (tipo La Minita), ya que existen condiciones geológicas similares a las que se presentan en el yacimiento Vulcano La Minita, Michoacán, que se localiza a unos 17 km en línea recta al N 45° W de la ciudad de Coalcomán.

I.3.- Método de Trabajo

Antes de ir al campo se recopiló toda la información posible relacionada al área de estudio. Dicha información está enfocada tanto a la exploración minera como a la petrolera y ha sido obtenida por instituciones como PEMEX, C.R.M., así como por compañías particulares.

Se fotointerpretó la geología local; para ello se utili-

zaron fotografías aéreas escala 1: 50, 000.

Se preparó un programa de muestreo de sedimentos de arroyo para realizar un estudio geoquímico a nivel regional.

En un término de dos meses (octubre y noviembre de 1985) se efectuaron los trabajos de campo. Al realizar el muestreo geoquímico de sedimentos de arroyo, simultáneamente se colectaron muestras de roca para estudios petrográficos y se tomaron todos los datos geológicos posibles para determinar la secuencia estratigráfica del área. También se visitaron y se muestrearon las obras mineras antiguas existentes.

Se tomaron un total de 203 muestras de sedimentos de arroyo, con una densidad de una muestra por cada 1.5 km² y no cada km² como se programó inicialmente, ya que el terreno resultó ser bastante inaccesible.

Las muestras de sedimentos de arroyo, las muestras de roca y las muestras tomadas de las obras mineras, se enviaron a los respectivos laboratorios del Consejo de Recursos Minerales para ser analizadas. Posteriormente se interpretaron los resultados de las muestras de sedimentos de arroyo, y con ello, se obtuvo un plano de anomalías geoquímicas. También se obtuvo un plano geológico final con ayuda de la fotointerpretación y de la información superficial de campo. Los planos topográficos que se utilizaron como base fueron a una escala de 1: 50, 000.

I.4.- Trabajos Previos

Se han realizado pocos trabajos de investigación geológi-

ca en el área de Coalcomán, debido posiblemente a los pocos caminos de acceso existentes.

El Ing. J. Antonio Herrera (1985), Jefe del Proyecto Coalcomán, en su informe de fin de año, menciona en orden cronológico los siguientes trabajos:

Grothe y Salazar (1912) realizaron un trabajo sobre la industria minera en el estado de Michoacán, en el distrito de Coalcomán que contiene, a grosso modo, datos sobre la geología local.

Veytia (1958) elaboró un informe sobre las minas y placeres de oro en el distrito de Coalcomán; describió las unidades litológicas aflorantes.

Porraz y Hernández (1960) pertenecientes a la residencia del C.R.N.N.R. en Michoacán con sede en Uruapan, describieron las obras mineras localizadas en las cercanías de Tepalcatepec.

Veytia (1960) llevó a cabo un trabajo sobre los yacimientos de manganeso de El Tabaquito y Rancho Valladares en el municipio de Coalcomán, donde describió la geología local.

Carbonell y Hernández (1961) efectuaron un reconocimiento preliminar de los yacimientos ferríferos de la zona de Obregón en el municipio de Tepalcatepec, y describieron la geología local asociada a los yacimientos.

Elvir y Flores (1964) efectuaron un reconocimiento geológico general y prospección minera en el municipio de Villa Victoria, donde describieron las unidades litológicas que afloran.

Solís (1964) llevó a cabo un reconocimiento geológico de algunos prospectos mineros en los estados de Jalisco y Michoacán, describió la geología local y reportó leyes de manganeso y hierro.

El Consejo de Recursos Minerales y la Organización de las Naciones Unidas (1965) en forma conjunta efectuaron un proyecto de exploración de minerales metálicos, y describieron a nivel regional, su geología.

Godoy (1968) realizó una visita de reconocimiento a la mina Orospolis, ubicada en las cercanías de la rancharía El Zipimo, municipio de Villa Victoria, describió la geología local del yacimiento.

Mérida (1980) efectuó para el Consejo de Recursos Minerales un estudio geológico-magnetométrico para evaluar los yacimientos ferríferos de los municipios de Aquila, Arteaga, Coalcomán y Tepalcatepec en el estado de Michoacán; describió la geología regional.

Petróleos Mexicanos, a partir de 1975 ha efectuado trabajos con fines petroleros, comprenden aspectos variados como geología superficial, geoquímica, magnetometría y gravimetría, cuyos datos han proporcionado considerables avances en las distintas etapas de exploración, culminadas parcialmente con los pozos: Tepames-1, Jalisco-1 y Colima-1.

Gaytán et al (1979) elaboraron un trabajo de investigación del yacimiento Vulcano (La Minita); describieron la geología local, las relaciones estructurales, las leyes y la gé

nesis de este yacimiento de sulfuros masivos.

Oviedo (1981) elaboró su tesis profesional de la parte norte de Coalcomán, describió la geología regional del área, apoyado en información de PEMEX.

Urabe (1982) en su estancia en México como asesor del Consejo de Recursos Minerales, durante uno de sus recorridos efectuados por esta zona de estudio, describió las unidades litológicas aflorantes y recomendó establecer la secuencia vulcanosedimentaria a detalle, deja ver la posibilidad de encontrar un depósito de skarn de cobre.

Valladolid et al (1983) realizaron estudios geológico-regionales en Coalcomán, describieron la geología regional y recomendaron estudios a detalle en una zona de vetas al norte del rancho Ahuijullo, conocida como Área El Limoncito.

II.- GENERALIDADES

II.1.- Localización

El área de estudio se encuentra ubicada entre los paralelos $18^{\circ} 45' 00''$ y $18^{\circ} 53' 00''$ de Latitud Norte, y los meridianos $103^{\circ} 00' 00''$ y $103^{\circ} 12' 00''$ de Longitud Oeste; en la parte sudoccidental del estado de Michoacán (véase figura 1); ocupa una extensión de 316 km^2 aproximadamente. Queda comprendida en el municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares y Chiniculla, Michoacán; se extiende hacia el noreste de la ciudad de Coalcomán.

II.2.- Vías de comunicación

Las principales vías terrestres que comunican la región (figura 1), son las siguientes:

Al noreste, la carretera federal nº 120, comunica a las poblaciones de Apatzingán, Tepalcátepec y Coalcomán; está casi totalmente pavimentada, con menos de 10 km de terracería en buen estado. Su longitud es de 74 km desde Tepalcatepec hasta Coalcomán.

Al noroeste, la carretera federal nº 110, comunica a las poblaciones de Colima y Pihuamo; a 12 km de esta última se desprende una terracería que une al mineral de Las Encinas con la carretera mencionada; al continuar por la misma se comunican las poblaciones de El Guayabo, Pantla, Paso de Arrieros, El Sa~~l~~itre de Copala, Villa Victoria, Tehuantepec y Coalcomán. Este

camino tiene una longitud de 120 km aproximadamente.

Al sudoeste del área, la carretera federal nº 200 comunica a las poblaciones de Tecomán y Playa Azul. Al cruzar los límites de los estados de Colima y Michoacán, existe una desviación hacia Coahuayana, de donde parte una terracería que una esta población con Camalote, Palos María, Zipimo, El Salitre de Copalla, Villa Victoria, Tehuantepec y Coalcomán. El camino se encuentra en buen estado, con una longitud de 135 km desde Coahuayana a Coalcomán.

III.- FISIOGRAFIA

III.1.- Marco Regional

Esta zona se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, en la subprovincia de la Cuenca Balsas- Mexcala; en la porción noreste, en los límites septentrionales con la provincia del Eje Neovolcánico (Raisz, 1964).

La Sierra Madre del Sur incluye toda la región montañosa al sur del Eje Neovolcánico, así como la región de Tehuantepec. Es una de las partes más complejas de México; consiste en gran parte de metasedimentos paleozoicos, que en muchas localidades se encuentran cubiertos por el Mesozoico marino y por depósitos continentales del Terciario. Hay pocos volcanes, pero grandes superficies están cubiertas por piroclastos (Raisz, 1964).

III.2.- Geomorfología

Es una zona de relieve montañoso complejo, donde se conjugan: rocas volcánicas intermedias del Cretácico Inferior, rocas sedimentarias plegadas del Cretácico Medio, además, en las proximidades se encuentran cuerpos intrusivos del Terciario Inferior.

Las mayores alturas corresponden a las montañas plegadas constituidas esencialmente de caliza, se pueden diferenciar en estas: laderas de pendiente moderada a fuerte y una amplia mesa a más de 2000 m.s.n.m.; la cima mayor es de 2520 m.s.n.m..

y corresponde al cerro El Tejocote, ubicado a 12 km al noreste de Coalcomán. La mesa en rocas calizas, ha sufrido los efectos de la disolución que da origen a un paisaje kárstico, el cual incluye: lapiaz, numerosas dolinas y algunas uvalas; se trata de una zona de infiltración, en donde las dolinas se han desarrollado en forma alineada, a lo largo de las fracturas. La mesa limita con laderas de pendiente fuerte que alcanzan, incluso, más de 200 m de profundidad.

Las rocas volcánicas constituyen un relieve más bajo, en general, de 1100 a 1880 m.s.n.m.. Las laderas presentan una intensa disección por la erosión fluvial, con barrancos que alcanzan profundidades en algunos casos de hasta 250 m.

Contrasta con este relieve montañoso la depresión ocupada por la planicie aluvial del río Coalcomán, con orientación aproximada de norte a sur, y se presenta a una altitud de entre 1000 y 1080 m.s.n.m.. En la porción más amplia de ésta (más de 3 km) se asienta el poblado de Coalcomán.

El relieve de esta región está en relación con la actividad tectónica joven y con las diversas estructuras geológicas (pliegues, fracturas, cuerpos intrusivos, etc.). Es la margen exterior de una porción de la Sierra Madre del Sur, y se localiza a pocos km de la costa del pacífico.

Los valles montañosos de mayor longitud y profundidad están controlados por fracturas y fallas. La diversidad litológica influye en los distintos tipos de relieve: mesas, escarpes, laderas de distinta pendiente, etc..

Se reconocen tres niveles principales de acción de procesos exógenos: un primer nivel, el más alto, de disolución de las rocas e infiltración; el segundo nivel, es esencialmente de escurrimiento y erosión fluvial; y el tercero y más bajo, de acumulación fluvial.

El área está drenada por numerosos arroyos perennes e intermitentes que son afluentes del río Coalcomán, dan en su conjunto una configuración de drenaje tipo denarítico; aunque localmente, en las calizas, se presenta un drenaje tipo kárstico. En localidades hay corrientes rectilíneas (lineamientos) y configuraciones anulares. El río Coalcomán fluye hacia el sur, para después desviarse hacia el sudoeste y finalmente desembocar en el Océano Pacífico.

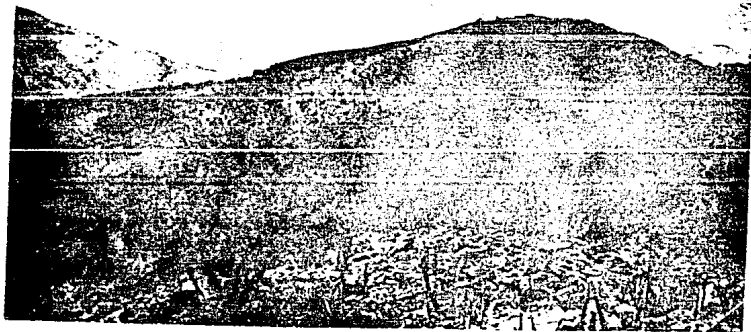
La densidad de drenaje es variable; en la mesa, los valores son de menos de 2.5, mientras que en las laderas son de hasta más de 6 km por km².

El relieve de las calizas y de las rocas volcánicas, puede verse en las fotografías 1 y 2, respectivamente.

Fotografía 1.
Calizas escarpadas del cerro
La Cantera.

Fotografía 2.
(abajo)

Andesitas y to-
bas andesíticas
del cerro Buena
vista.



IV.- GEOLOGIA GENERAL

La base de la columna geológica está representada por rocas volcánicas del Cretácico Inferior: andesitas, tobas andesíticas, tobas líticas, areniscas volcánicas y tobas riolíticas. Estas rocas han sido denominadas informalmente en los estudios realizados por PEMEX como Formación Tecalitlán. En el Cretácico Medio se encuentra un paquete vulcanosedimentario que sobreyace a las anteriores, constituido por sedimentos calcáreos, calcáreo-arcillosos, areniscas, tobas y andesitas que informalmente han sido denominadas como Formación Tepalcatepec.

La columna se encuentra afectada por rocas ígneas intrusivas félsicas, que pueden ser apófisis del Batolito Jilotlán, que aflora a lo largo del río Ahuijullo, al norte de Coalco--mán. Véase Tabla Estratigráfica.

Los valles están cubiertos por sedimentos aluviales del Cuaternario.

IV.1.- Estratigrafía

La columna estratigráfica se integró con base en la información geológica obtenida en el campo, así como en la información recopilada por PEMEX, en sus trabajos de geología superficial y del subsuelo.

IV.1.1.- Cretácico Inferior

Formación Tecalitlán (K1Tc)

Definición.

El Ing. Dionisio Rodríguez (1980), propuso informalmente este nombre, a una secuencia de piroclastos constituidos por tobas, areniscas volcánicas, tobas líticas, derrames andesíticos y aisladas intercalaciones de limolitas sin fauna.

Su localidad tipo se encuentra en los afloramientos si tuados a la orilla de la carretera federal n.º 110, entre la ciudad de Tecalitlán y la ranchería Carrizalillo, en el estado de Jalisco (Vargas H. A., 1984)

Litología y Espesor.

Se identificaron en el área tres unidades de esta forma ción, y son las siguientes:

Unidad Inferior.- Consiste de andesitas y tobas andesíticas. Las andesitas son de color gris claro a pardo grisáceo, de estructura compacta, vistas megascópicamente.

Al microscopio petrográfico se les observó una textura microlítica-porfídica, están compuestas esencialmente por una matriz microlítica de plagioclasas (oligoclasa-andesina) y cristales subedrales de hornblenda y augita; como minerales secundarios presentan calcita, clorita, sericita, epidota, limonita y minerales arcillosos.

Megascópicamente, las tobas andesíticas son de color ver de, pardo amarillento a pardo oscuro; intemperizan en forma esferoidal, cuyos diámetros varían entre 10 cm y 80 cm (véase

fotografía 3). Se presentan en pseudoestratos medianos (de 40 cm a 70 cm de espesor), o bien en forma masiva, con abundante cloritización que da a la roca una coloración verdosa. Afloramientos bien expuestos pueden verse en las cercanías del poblado de Marvata)

Fotografía 3.
Tobas esferoidales que afloran en Corongoro.



Unidad Media.- Se compone de tobas líticas, areniscas volcánicas y areniscas volcánicas conglomeráticas.

Las tobas líticas, vistas megascópicamente son de color pardo grisáceo y de estructura compacta. En láminas delgadas vistas al microscopio, se les observa una textura piroclástica; están constituidas esencialmente por fragmentos de roca y plagioclasas (oligoclasa-andesina); como minerales secundarios presentan hematita, clorita, calcita y sericita; contienen una gran cantidad de amígdalas rellenas de calcedonia y una fuerte cloritización. Se encuentran dispuestas en pseudoes

tratos de 20 cm a 70 cm de espesor, con un rumbo del echado de SW 70°- 14° en Corongoro, y de NW 75°- 22° al oeste de Las Agüitas (véase fotografía 4).

Fotografía 4.

Tobas liticas
seudoestratifi-
cadas.

Afloramiento
al oeste de
Las Agüitas.



Las areniscas volcánicas, megascópicamente muestran un color gris verdoso y una estructura compacta. En lámina delgada vista al microscopio petrográfico se les observa una textura clástica, constituidas esencialmente por fragmentos volcánicos de roca, feldespatos y cuarzo; como minerales accesorios presentan magnetita y apatito, y como secundarios sericita, clorita y calcita. Estas areniscas se encuentran dispuestas en estratos masivos en su parte inferior y en estratos delgados (de 3 cm a 10 cm de espesor) en su parte superior. El rumbo general del echado es de SW 65°- 24°. Buenos afloramientos pueden verse en la barranca Los Hornos, entre las cotas 1360 y 1400

m.s.n.m..

Las areniscas volcánicas conglomeráticas, megascópicamente, son de color verde a rojizo y de estructura compacta. microscópicamente, tienen una textura epiclástica-p~~za~~ammitica-pi~~ro~~clástica; esencialmente están compuestas por fragmentos volcánicos de roca, plagioclasas, calcita, vidrio volcánico devitrificado y ceniza; como mineral accesorio contienen magnetita, y como secundarios hematita, sericita, limonita y clorita.

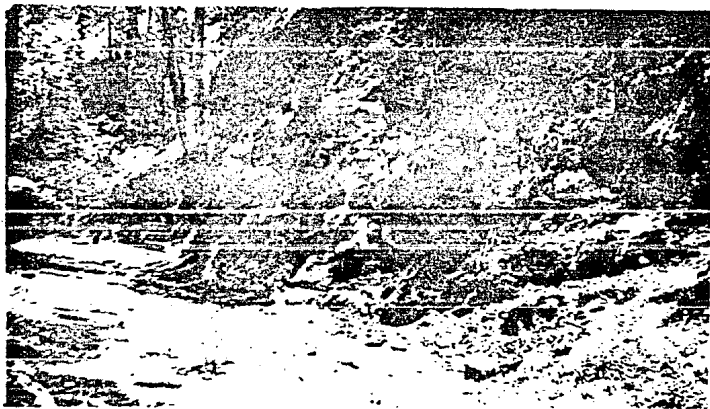
Unidad Superior.- Está compuesta por ignimbritas y tobas riolíticas pseudoestratificadas. Megascópicamente, las ignimbritas son de color rojizo, rosado a pardo, y de estructura compacta. En lámina delgada, se les observó una textura piroclástica, esencialmente constituidas por cuarzo, ceniza volcánica, vidrio, fragmentos de roca y feldespatos alterados; como minerales secundarios presentan magnetita, hematita, calcita, clorita y sericita. Estas rocas son masivas, y en partes tienen un bandeamiento fluidal. Afloramientos bien expuestos pueden verse en las barrancas Chipiañú, Las Peñas y Yesqueros.

Las tobas riolíticas son de color rosado vistas megascópicamente; se presentan en pseudoestratos medianos (de 10 cm a 50 cm de espesor), con un rumbo del echado que varía entre NE 80°-22 y SE 50°- 20°, medidos en Yesqueros (véase fotografía 5). Estudiadas microscópicamente, se determinó que están constitufdas esencialmente por fragmentos de roca, ceniza, vidrio volcánico, cuarzo y feldespatos alterados, y como secundarios pre-

sentan sericita, hematita y calcita.

Aparentemente las tobas riolíticas sobreyacen a las ignimbritas, según puede verse en Yesqueros.

El espesor de esta formación no se pudo determinar en el área, en trabajos realizados en superficie por PEMEX, se logró medir un máximo de 1805 m en su localidad tipo; mientras que en el pozo Tonaya-1, se penetraron 2300 m sin conocer su límite inferior, ya que no se logró atravesarla (Vargas H. A., 1984)



Fotografía 5. Tobas riolíticas seudoestratificadas que afloran en Yesqueros.

Distribución.

Esta formación se encuentra ampliamente distribuida en el área, cubre principalmente las porciones noroeste, centro y sureste. Afloramientos bien expuestos pueden observarse a lo largo del camino, entre los poblados de Marvatilla y El Salitre de Marvata, así como en las barrancas: El Grayabal, Las Pilas, Coronoro, Palos Verdes, Marvata, Los Molinos, Tapeístes, El Rincón, La Cebollita, La Parrilla y Las Peñas.

Relaciones Estratigráficas.

La Formación Tecalitlán subyace en forma concordante a la Formación Tepalcatepec. Esta relación puede observarse en Yesqueros, en donde la facies calcárea de la Formación Tepalcatepec cubre a las tobas félsicas de la Formación Tecalitlán. En el área no se observó su contacto inferior.

Edad y Correlación.

Se trata de una formación volcánica y carece de fósiles. PEMEX, le asignó una edad de Barremiano-Aptiano, debido a su posición estratigráfica entre dos formaciones perfectamente de finidas por macropaleontología, que son la Formación Alberca, de edad Berriasiano-Hauteriviano y la Formación Tepalcatepec, de edad Aptiano Superior-Albiano Superior.

Se correlaciona con una parte de la Formación San Lucas, de la Cuenca de Michoacán.

Origen.

Durante el depósito de estos sedimentos, se denota una etapa de inestabilidad tectónica y estratigráfica, en donde predominó una actividad volcánica.

IV.1.2.- Cretácico medio

Formación Tepalcatepec (KmTp)

Definición.

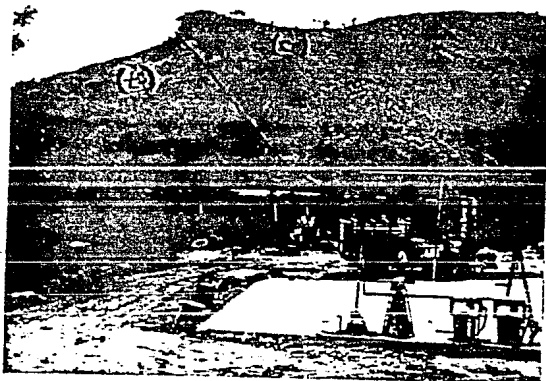
El nombre fue propuesto informalmente por Antonio Pimentel (1980), para una unidad vulcanosedimentaria, constituida por bancos calcáreos compuestos por wackestone, packstone, escaso grainstone y mudstone de color pardo grisáceo y claro, con capas gruesas a medianas; o cuerpos arrecifales y masivos, calizas arcillosas de color amarillo oscuro con abundante macrofauna (gasterópodos y bivalvos), escasas lutitas, calizas arenociliosas y areniscas ligeramente calcáreas de grano fino a medio, que se encuentran entre capas medianas a gruesas de limolitas rojas, tobas, areniscas conglomeráticas, conglomerado de color rojizo y escasos derrames andesíticos. La mejor exposición se localiza al poniente de la ciudad de Tepalcatepec, Mich., en el valle del mismo nombre (Vargas H. A., 1984)

Distribución.

En la zona de estudio existen dos secuencias de esta formación, una terrígena y otra calcárea.

La secuencia terrígena se encuentra muy poco distribuida; se presenta sólo en pequeños afloramientos alrededor de la ciudad de Coalcomán; estos terrígenos se encuentran en contacto con rocas calcáreas, mostrando así un cambio de facies, de terrígena a calcárea (véase fotografía 6). Al sur de Coalcomán, sobre la terracería rumbo a Tehuantepec, Mich., es donde se encuentran los mejores afloramientos de estos terrígenos.

Fotografía 6.
Cambio de facies
de terrígena a
calcárea.
Cerro Las Cuevas
de Guzmán.



La secuencia calcárea se encuentra ampliamente distribuida en el área, ocupa las porciones central y oriental, y hacia el occidente, corona los cerros de Los Preciados, Los Avillos, La Carbonera, Las Cuevas de Guzmán e Ixtala.

Litología y Espesor.

La facies terrígena está constituida por una secuencia de lutitas, areniscas calcáreo-arcillosas y calcarenitas. Las lutitas son de color gris oscuro a negras, y se presentan en capas delgadas (de 1 cm a 5 cm de espesor).

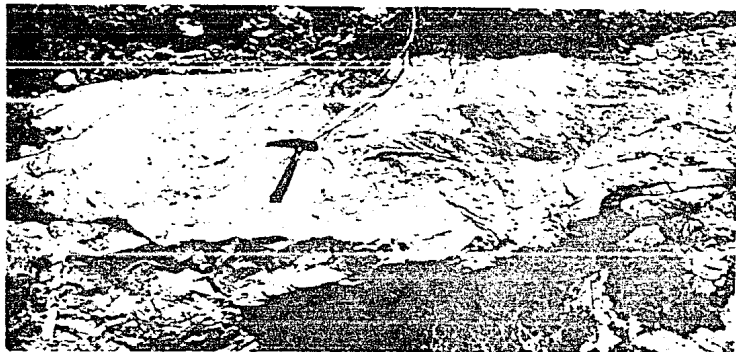
Megascópicamente, las areniscas muestran un color gris a verde amarillento y una estructura compacta. Vistas al microscopio se les observa una textura epiclástica-psammitica; están constituidas esencialmente por plagioclasas (oligoclasa-andesina), microclina, cuarzo, calcita y arcillas, con abundante aporte de terrígenos provenientes de cuerpos plutónicos; como minerales secundarios presentan clorita, hematita, sericita y limonita. Están dispuestas en capas medianas (de 10 cm a 50 cm de espesor).

Las calcarenitas, megascópicamente son de color gris oscuro, de estructura compacta, y se presentan dispuestas en estratos, cuyos espesores varían entre 5 cm y 40 cm.

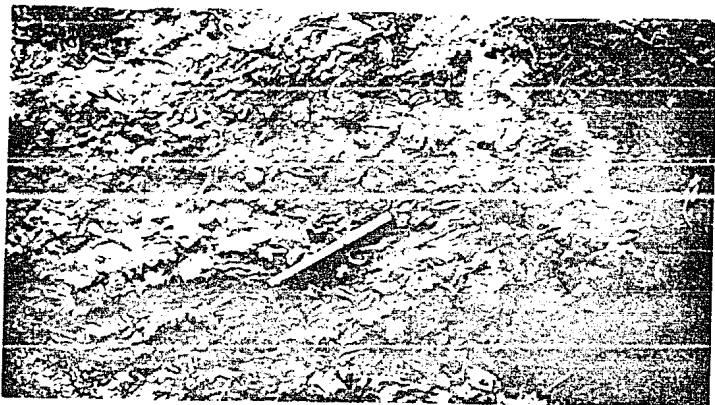
El rumbo del echado de esta secuencia es de SW 66° - 40° , generalmente.

La facies calcárea consiste de calizas de plataforma de color pardo, gris claro a gris oscuro, con abundante macro--

fauna (caprínidos, ostreas, toucasias, neríneas y turritelas); se presentan en estratos gruesos y masivos (véanse fotografías 7, 8, 9 y 10).



Fotografías 7 y 8. Calizas con macrofósiles.



Fotografías 9 y 10. Calizas con macrofósiles.

En lámina delgada, las rocas de la facies calcárea han sido clasificadas como biomicritas, de estructura compacta y textura microcristalina, constituidas esencialmente por calcita (en su variedad micrita), espatita en menor proporción y fósiles, de los cuales se identificaron fragmentos de conchas de moluscos y foraminíferos (globigerínidos y fusulínidos).

Existen pequeños afloramientos de caliza dolomitizada; megascópicamente son de color gris verdoso y de estructura compacta. Microscópicamente están constituidas por calcita y dolomita como minerales esenciales, y como secundarios presentan hematita, limonita y arcillas. Los afloramientos pueden verse a unos 1000 m al este de La Guacamaya, así como en la barranca que desciende de Puerto Hondo rumbo a El Rincón, a unos 2000 m al sur de Puerto Hondo.

Dentro de la secuencia calcárea existen intercalaciones de roca volcánica, como son tobas y derrames andesíticos. Las tobas andesíticas son de color verde a pardo amarillento; se encuentran en pseudoestratos de 5 cm a 40 cm de espesor, dispuestos horizontalmente (véase fotografía 11). Afloramientos de éstas se pueden ver en las cercanías de Las Agüitas.



Fotografía 11. Toba andesítica en pseudoestratos dispuestos horizontalmente.

Las andesitas son de color gris, de textura afanítica y muy vesiculares (véanse fotografías 12 y 13); los afloramientos de estas se observaron en la barranca Mesa Alta, a unos 2000 m al noreste de Las Agüitas.

Pimentel (1979) reporta un espesor de 900 m para toda la formación. En el pozo Jalisco-1, se penetraron 2400 m de estos sedimentos (Oviedo P. E., 1981).

Relaciones Estratigráficas.

En el área de estudio, la Formación Tepalcatepec sobrepone concordantemente a la Formación Tecalitlán, y se encuentra cubierta por depósitos aluviales del Cuaternario.

Edad y Correlación.

En los trabajos realizados por Pimentel (1979) y por Oviedo (1981), se considera esta formación como de edad Aptiano Superior-Albiano Superior, con base en microfósiles índice encontrados.

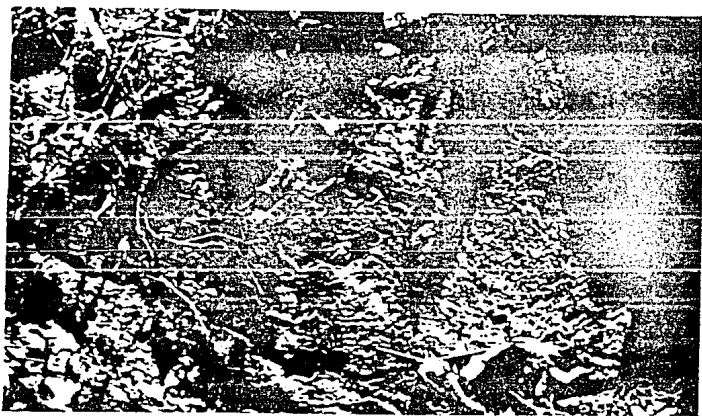
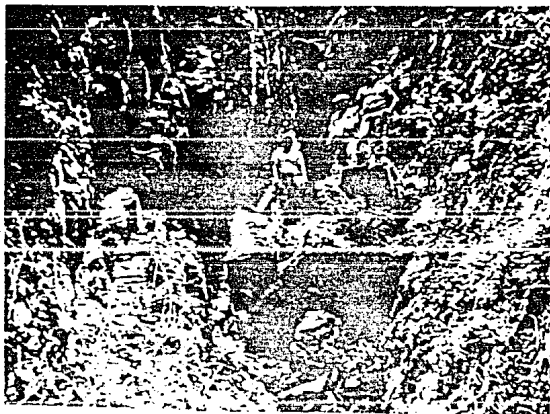
Esta formación es correlacionable en edad con la base de las Formaciones Morelos, El Abra, El Doctor y San Lucas.

Origen.

Esta formación se depositó posiblemente, en zonas litorales o sublitorales, en donde hubo un gran aporte de material terrígeno, en un fondo marino irregular más o menos profundo,

Fotografía 12.
Derrame andesítico.

Afloramiento en
la barranca Me-
sa Alta.



Fotografía 13. Vesículas de la roca andesítica anterior.

lo que permitió la acumulación de sedimentos y materia orgánica. En las zonas someras hubo desarrollo de calizas de plataforma, en condiciones favorables para el crecimiento abundante de fauna de alta energía; al mismo tiempo, se tuvo la influencia de una actividad volcánica que ocasionó el depósito de tobas y derrames andesíticos, los cuales quedaron intercalados en estos sedimentos.

IV.1.3.- Terciario

Batolito Jilotlán (Tgd)

Clasificación.

Está formado por rocas ácidas plutónicas que forman un gran Batolito; se encuentra más ampliamente distribuido hacia el norte y fuera de los límites del área. Las rocas principalmente son granodioritas que presentan variaciones texturales y de composición hacia los bordes.

Se tienen también rocas intermedias hipabisales las cuales originaron diques, representadas por dioritas, microdioritas y microgranodioritas.

Petrografía.

La granodiorita es de color gris claro a rosa con tintes verdes, en forma megascópica. Microscópicamente, presenta una textura holocristalina-porfídica; como constituyentes esenciales presenta microclina, cristales subedrales de plagioclasa

sas (oligoclasa-andesina) y cristales euedrales de cuarzo; como minerales accesorios contiene hornblenda, titanita, augita, apatito, biotita y magnetita, y como secundarios calcita, hematita, clorita y sericita.

La diorita es de color gris verdoso y de estructura compacta. En lámina delgada, se le determinó una textura holocristalina-hipidiomórfica-porfídica, constituida esencialmente por plagioclasas (andesina); como minerales accesorios presenta magnetita y augita, y como secundarios clorita, sericita y hematita.

La microgranodiorita es de color gris y de estructura compacta. En lámina delgada se le observa una textura holocristalina-porfídica, contiene plagioclasas (oligoclasa-andesina), feldespatos potásicos y cuarzo como constituyentes esenciales; magnetita como accesorio, y calcita, hematita, limonita y sericita como minerales de alteración.

La microdiorita es de color pardo y de estructura compacta. Microscópicamente, presenta una textura holocristalina-porfídica, constituida esencialmente por plagioclasas (oligoclasa-andesina); como minerales accesorios presenta ferromagnesianos alterados, y como secundarios clorita, sericita, hematita y limonita.

Distribución.

La granodiorita (de hornblenda), aflora en una superfi-

cie de aproximadamente 7 km^2 en el arroyo El Guayabal, al suroeste del poblado El Salitre de Marvata.

La diorita se presenta en forma de diques, que en el área afloran sobre la terracería entre Marvata y Las Pilas; tienen un espesor que varía entre 1 m y 3 m, con un rumbo generalizado de $\text{SW } 53^\circ \text{ NE}$, y una inclinación de 70° hacia el NW (véase fotografía 14).

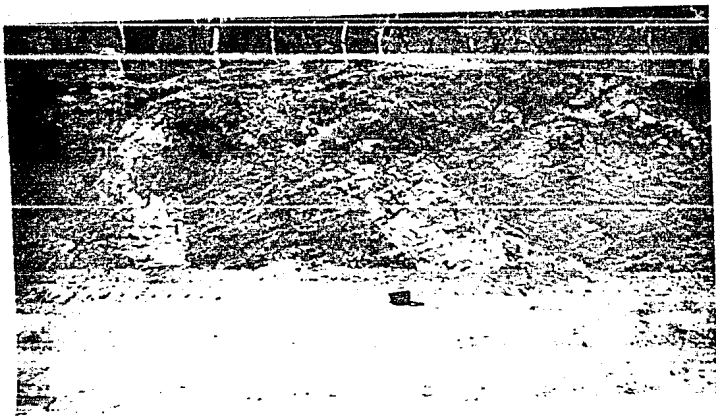
La microgranodiorita y la microdiorita afloran en las barrancas Las Peñas y Los Hornos, respectivamente.

Relación con la rocas encajonantes:

La granodiorita que aflora en la barranca El Guayabal, intrusiona a las andesitas y a las tobas andesíticas de la Unidad Inferior de la Formación Tecalitlán. Las andesitas muestran una alteración hidrotermal, y las tobas presentan mineralización de fierro en su contacto con el intrusivo.

Los diques de diorita intrusionan a las tobas líticas de la Unidad Media de la Formación Tecalitlán, así como a la secuencia calcárea de la Formación Tepalcatepec; según puede verse sobre la terracería entre Marvata y Las Pilas, así como en la barranca Juan Abarca.

La microdiorita afecta a las tobas líticas y a las areniscas volcánicas de la Unidad Media de la Formación Tecalitlán,



Fotografía 14. Dique diorítico. Afloramiento en el corte de la terracería, entre Marvata y Las Pilas.

en la barranca de Los Hornos.

La relación de la microgranodiorita no es muy clara, aun que aflora cerca de las tobas andesíticas e ignimbritas de la Formación Tecalitlán, y de las calizas macrofosilíferas de la Formación Tepalcatepec, en la barranca de Las Peñas.

Edad.

Pano (1974) y Pimentel (1979), lo consideran como de edad Cretácico Superior-Paleoceno, por extrapolación de datos pertenecientes al Batolito de Manzanillo, de características petrográficas similares (Oviedo P. E., 1981).

El Ing. López Infanzón, recientemente ha realizado estudios radiométricos de rocas cercanas al área de estudio. No se pudo disponer de su trabajo escrito, aunque por comunicación verbal, se obtuvo la siguiente información:

Tronco Jilotlán, 57 millones de años; determinada por biotita.

Intrusivo Tepalcatepec, 54 millones de años; por plagioclasa.

Tronco Ahuijulio, 60 millones de años; por ortoclasa.

Intrusivo Villa Victoria, 61 millones de años; determinada por plagioclasa.

Si se hace caso de esta información, entonces las rocas

intrusivas del área de estudio quedan comprendidas en el Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno).

Origen.

Son rocas ígneas intrusivas que forman parte de un Batolito, constituido en su parte central por granodioritas, y en su parte externa por dioritas que forman diques y apófisis.

IV.1.4.- Cuaternario (Qal)

Consiste principalmente de cantos rodados, arenas y arcillas de color amarillo rojizo. En la actualidad rellenan los valles, en la zona de estudio pueden verse en las margenes del río Coalcomán, el cual fluye de norte a sur.

IV.2.- Geología Estructural

Es una zona compleja estructuralmente, existen plegamientos que forman anticlinales y sinclinales muy separados entre sí, con ejes orientados de NW a SE. Existen dos sistemas de fracturas, unas orientadas de NW a SE y otras de NE a SW, con dimensiones de entre 1 km y 5 km; se tienen también fallas normales escalonadas, con dimensiones de entre 1 km y 4 km de longitud, y llegan a formar grabens.

El rumbo predominante de las capas es de NW 70° SE, con inclinaciones de entre 14° y 44° hacia el SW.

Las rocas han estado sujetas a esfuerzos tensionales, compresionales y gravitacionales, producidos en primer lugar por los efectos de la Orogenia Laramide, y posteriormente por el emplazamiento del Batolito Jilotlán.

IV.3.- Historia Geológica y Tectónica

Para analizar la evolución tectónica de la zona de estudio, es necesario tomar en cuenta la secuencia litológica --- existente, representada por rocas volcánicas en su base y vulcanosedimentarias en su cima; cuya asociación sugiere un ambiente de intensa actividad volcánica en un medio marino. El marco adecuado para explicar esta estratigrafía, sería un ambiente tectónico asociado a la interacción de placas convergentes, que nos definiría un sistema arco trinchera (véase figura 2); donde la corteza oceánica es consumida debajo de los arcos volcánicos insulares.

Este arco insular volcánico funcionó activamente durante el Cretácico Inferior y dió origen a las rocas volcánicas y vulcanoclásticas de la Formación Tecalitlán, posiblemente en una cuenca de postarco (figura 2). El vulcanismo es de composición intermedia y cambia a félsica en su etapa final.

Al término del Cretácico Inferior, hubo depósitos de sedimentos areno-arcillosos, en una cuenca más o menos profunda de fondo marino irregular; al mismo tiempo, en las zonas más someras comienza a desarrollarse una plataforma de calizas en

condiciones favorables para un abundante crecimiento de fauna de alta energía. También se tuvo influencia volcánica, que dió origen a coladas andesíticas y tobas andesíticas seudoestratificadas, que quedaron intercaladas en las calizas macrofossilíferas. Estos sedimentos corresponden a la Formación Te palcatepec.

En el Cretácico Superior, posiblemente la región sufrió un levantamiento, ya que no se tienen evidencias de depósito de sedimentos.

Durante el Terciario Inferior (Paleoceno-Eoceno), se tiene la evidencia de una intensa actividad ígnea tipo intrusivo, que origina el Batolito Jilotlán; el cual afecta a las rocas preexistentes.

Desde el Plioceno hasta el Reciente, comienza un vulcanismo básico (andesítico-basáltico) manifestado por conos y coladas de material volcánico, que han conformado el Eje Neovolcánico, que sirve de límite norte del área estudiada.

Figura 2.

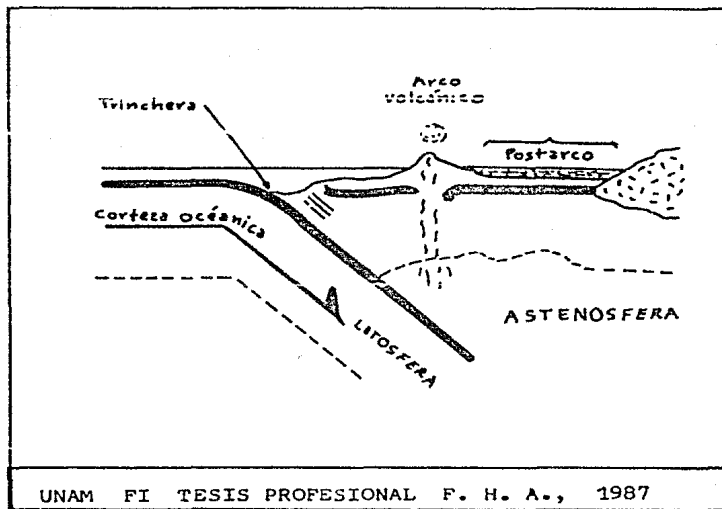


Figura que ilustra el modelo tectónico para una interacción de placas convergentes.

La secuencia estratigráfica observada en el área, posiblemente corresponda a depósitos originados en una cuenca de postarco.

TABLA ESTRATIGRAFICA

TIEMPO			M. A.	CUENCA JALISCO-COL.	POZO JALISCO-COL.	AREA COALCOMAN, MICH.				
ERA	SISTEMA	SUB-SISTEMA		FORMACION	FORMACION	FORMACION	FORMACION			
CENOZOICO	CUATERNARIO		2.5	Aluvión		Aluvión	Aluvión			
				Colima						
	TERCIARIO	Superior		65				Batolito Jalisco	Batolito Jalisco	
		Medio		156						
JURASICO	Superior		196							
	Medio			225						
TRIASICO	Superior		225							
	Medio			225						
PALEOZOICO	PREPALEOZOICO		225							

NO AFLORA

NO DEPOSITO Y/O EROSION

Vargas M.A., 1984

Tesis Profesional

F.H.A., 1987.

V.- GEOQUIMICA

A 17 km en línea recta, al N 45° W de la ciudad de Coalcomán, se localiza La Minita, que es un yacimiento de sulfuros masivos vulcanosedimentarios.

Al considerar que en la zona de estudio afloran rocas similares a las de La Minita, se vió la conveniencia de realizar un estudio geoquímico de sedimentos de arroyo, y así -- prospectar este tipo de sulfuros en la zona estudiada.

Se optó por realizar este estudio geoquímico, ya que tiene la ventaja de permitir explorar una gran superficie en poco tiempo y a bajo costo.

V.1.- Tipo de Muestreo

Se llevó a cabo el muestreo en forma sistemática. Se recolectaron un total de 203 muestras de sedimentos de arroyo, con una densidad de una muestra por cada 1.5 km². Inicialmente, se programó tomar una muestra cada km², pero esto no fue posible, debido a que el área resultó ser bastante inaccesible.

Para la recolección de muestras, se tuvo en cuenta lo siguiente:

-- Tomar aproximadamente 500 gr de sedimento, guardarlo en una bolsa de polietileno, escurrir el agua hasta donde

fuera posible, cerrar bien la bolsa y anotar en ella los datos de ubicación.

- Tomar el sedimento lo más fino posible.

- Tomarlo en el centro del arroyo, y que corresponda a las últimas avenidas.

Además, es necesario anotar en la libreta de campo todas las observaciones posibles, como son: la pendiente del arroyo, si es perenne o intermitente, el tipo de roca sobre la que fluye, tipo de rodados, etc.. Todos estos datos pueden ser de utilidad posteriormente, cuando se interpreten los resultados.

V.2.- Tipo de Análisis

Las muestras se enviaron al laboratorio Físico-Químico del Consejo de Recursos Minerales, para ser analizadas por los elementos: Cu, Zn, Pb, Ag y Ba.

El método de análisis empleado para el Cu, Zn, Pb y Ag fue el de espectrofotometría de absorción atómica. Para el Ba se utilizó el método de fluorescencia de rayos X.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(qr/ton)</u>
001	38	100	0	40	290
002	29	83	0	30	320
003	60	100	0	20	300
004	36	89	0	20	270
005	50	100	0	0	320
006	39	100	0	20	280
007	44	100	0	30	270
008	40	100	0	0	310
009	35	87	0	0	320
010	40	100	0	10	310
011	66	100	0	10	270
012	31	100	0	0	260
013	34	100	0	20	380
014	60	100	28	20	230
015	58	88	0	30	230
016	54	77	0	20	220
017	61	100	0	20	260
018	36	100	0	40	280
019	41	89	0	30	230
020	48	79	0	20	230
021	39	200	0	80	250
022	52	83	0	30	190
023	35	200	0	70	270
024	40	100	0	50	430

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(qr/ton)</u>
025	26	200	0	200	350
026	32	200	0	60	310
027	55	100	0	20	220
028	53	91	0	30	190
029	40	100	0	40	290
030	38	68	0	40	150
031	43	78	0	10	190
032	49	83	0	20	200
033	44	100	0	30	310
034	39	100	0	40	330
035	36	200	0	20	530
036	40	200	0	50	240
037	38	200	0	50	280
038	28	100	0	60	110
039	41	100	0	20	310
040	34	100	0	30	340
041	29	100	0	30	230
042	8	66	0	20	160
043	9	60	0	30	140
044	39	100	0	30	240
045	35	100	0	30	230
046	43	100	0	40	380
047	37	200	0	50	320
048	36	100	0	30	280

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(qr/ton)</u>
049	39	100	0	20	200
050	42	93	0	30	330
051	47	100	0	30	350
052	34	88	0	0	230
053	53	99	0	0	230
054	27	200	0	0	270
055	41	100	0	0	190
056	65	300	0	0	240
058	39	300	0	0	400
059	53	300	0	50	400
060	40	300	0	0	360
061	52	100	0	0	210
062	24	80	0	0	220
063	40	70	0	0	260
064	43	84	0	0	290
065	35	68	0	0	220
066	43	74	0	0	250
067	54	79	0	0	280
068	32	78	0	0	340
069	34	79	0	0	310
070	51	01	0	30	280
071	44	88	0	20	260
072	48	83	0	0	270
073	54	84	0	0	200
075	65	92	0	0	260

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(gr/ton)</u>
076	70	100	0	20	270
077	50	100	0	20	250
078	66	100	4	20	250
079	66	66	3	20	250
080	89	100	1	20	240
081	43	100	0	20	320
082	74	300	0	80	330
083	59	100	0	10	280
084	63	100	0	10	280
085	59	100	0	0	270
086	80	98	0	10	290
087	44	86	0	20	190
088	43	100	2	20	310
089	48	75	0	20	200
090	44	97	0	10	260
091	70	100	0	20	200
092	82	100	0	20	200
093	56	2	0	10	230
094	47	88	0	10	190
095	49	93	0	0	250
096	64	100	0	10	240
097	63	100	0	0	300
098	35	90	0	20	250
099	60	92	0	20	240

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(gr/ton)</u>
100	50	100	0	20	230
101	50	100	0	20	270
102	50	100	0	20	270
103	36	67	0	20	190
104	37	65	0	20	160
105	30	59	0	20	130
106	29	64	0	0	170
107	58	71	0	20	170
108	25	37	0	20	250
109	34	76	0	20	240
110	32	73	0	20	190
111	52	78	0	10	280
112	61	73	0	30	280
113	58	79	0	30	240
114	48	112	0	50	240
115	45	80	0	10	270
116	48	100	0	30	220
117	51	114	1	40	220
118	53	118	0	50	210
119	58	114	1	40	260
120	52	145	2	110	400
121	54	119	2	40	220
122	49	110	1	40	250
123	46	109	1	30	240

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(gr/ton)</u>
124	29	79	2	30	190
125	66	148	1	30	200
126	49	96	0	20	220
127	42	112	0	20	220
128	40	102	0	30	360
129	28	150	0	50	180
130	34	200	2	80	300
131	51	165	2	40	290
132	38	161	2	40	250
133	45	84	1	30	250
134	42	75	0	20	250
135	53	86	0	30	190
136	49	82	0	30	240
137	41	72	0	30	270
138	71	174	1	40	210
139	72	165	0	50	320
140	39	95	0	40	190
141	74	100	0	20	210
142	68	100	0	0	240
143	100	200	0	10	350
144	100	200	0	0	340
145	93	200	0	0	280
146	51	75	0	0	140
147	51	100	0	20	210

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(qr/ton)</u>
148	54	100	0	20	210
149	45	73	0	20	200
150	55	81	0	0	300
151	68	75	0	0	170
152	38	25	0	20	200
153	24	28	0	10	190
154	100	82	0	0	210
155	200	100	0	40	250
156	20	37	0	20	90
157	18	28	0	0	140
158	25	24	0	0	180
159	19	56	0	0	170
160	20	64	0	0	140
161	35	49	0	0	100
162	7	15	0	0	180
163	29	51	0	0	110
164	15	50	0	0	90
165	19	31	0	0	90
166	25	38	0	0	190
167	78	100	0	0	160
168	56	81	0	0	190
169	49	100	0	0	270
170	75	100	0	0	230
171	100	100	0	0	250

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(gr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(gr/ton)</u>
172	62	100	0	20	330
173	71	100	0	20	270
175	100	200	0	20	220
176	100	200	0	20	220
177	67	100	0	20	270
178	57	200	4	100	330
179	25	100	0	20	240
180	64	300	0	30	270
181	73	100	0	0	260
182	44	100	0	10	300
183	55	100	0	10	340
184	38	100	1	0	500
185	41	100	0	0	320
186	41	100	0	10	280
187	19	95	0	10	220
188	93	100	0	10	230
189	68	100	0	0	360
190	41	200	1	100	300
191	15	200	0	60	400
192	44	100	0	0	270
193	16	100	0	0	210
194	31	100	2	10	260
195	14	57	0	10	370
196	84	94	0	0	220

<u>MUESTRA</u>	<u>Cu</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Zn</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ag</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Pb</u> <u>(qr/ton)</u>	<u>Ba</u> <u>(qr/ton)</u>
197	53	100	0	0	290
198	51	100	1	0	280
199	80	98	0	0	220
200	57	200	2	10	210
201	53	200	0	20	280
202	71	100	0	0	250
203	78	100	0	0	260
204	74	100	0	0	260
205	57	100	0	10	280
206	57	100	0	20	520

• Nota: No existen muestras con número 057, 074 y 174

V.3.- Interpretación de Resultados

Se tiene una buena cantidad de datos, que es necesario estudiar y extraer de ellos la información esencial. La mejor manera de interpretarlos es tratarlos estadísticamente.

Un método geoquímico sencillo y confiable para el tratamiento de datos geoquímicos por representación gráfica es el de Claude Lepeltier. Este método es el que se utilizó para interpretar los datos obtenidos.

Antes de aplicarlo, se dará una breve explicación sobre este método.

Según el autor, los datos geoquímicos siguen un patrón de distribución lognormal, es decir, que los logaritmos de esos valores se distribuyen siguiendo una ley normal (o ley de Gauss), mejor conocida como curva en forma de campana.

Construcción de la Curva de Frecuencia Acumulativa.

Una curva de distribución lognormal se define por dos parámetros: uno depende del valor medio, y el otro depende del carácter de la distribución de los valores. Este último parámetro es una medida del rango de distribución de los valores, es decir, si la distribución cubre un amplio o un estrecho rango de valores.

Para la construcción de la curva los pasos a seguir son los siguientes:

- 1.- Seleccionar un conjunto preciso de datos ("población"), tan grande y homogéneo como sea posible.
- 2.- Agrupar los valores en un adecuado número de clases.
- 3.- Calcular la frecuencia de ocurrencia para cada clase y representar gráficamente éstas contra los límites de clases; de esta manera se obtiene un diagrama llamado "histograma".
- 4.- Suavizar el histograma para obtener la curva de frecuencias.
- 5.- Utilizar una escala de probabilidad para expresar en forma gráfica las frecuencias contra los límites de clases. así se obtiene la curva de frecuencia acumulativa, representada por una o más líneas rectas.

Para propósitos geoquímicos es conveniente trabajar con un total de entre 10 y 20 puntos sobre la línea de frecuencia acumulativa, que es lo mismo decir, entre 9 y 19 intervalos de clases.

Hay tres variables a considerar:

(n), el número de puntos necesario para construir una línea correcta.

(R), el rango de distribución de los valores, expresado como el radio de los altos a los bajos valores de la población.

(log. int.), la amplitud de las clases expresada logarítmicamente, la cual es seleccionada en función de las dos primeras variables.

Las tres variables quedan enlazadas por la relación:

$$\text{log. int.} = \frac{\log R}{n}$$

Se seleccionó el valor de 0.1 como el mejor intervalo logarítmico, ya que proporciona un razonable número de clases y una buena definición de la curva. En el caso de que la dispersión de los valores alrededor de la media sea muy reducida, puede utilizarse el valor de 0.05; y si la dispersión es muy amplia, entonces se elegirá el valor de 0.2.

Después de seleccionar la tabla de clases, los valores se agrupan y se calcula la frecuencia para cada clase (en porcentaje); entonces las frecuencias se expresan gráficamente contra los límites de clases (los últimos se calculan logarítmicamente, puede usarse papel aritmético ordinario), de donde resulta un histograma el cual se suaviza para obtener la curva de frecuencias.

Prácticamente, el paso de la curva de frecuencias-histograma es brincado y la curva de frecuencia acumulativa se construye directamente, ya que de ella se interpretarán los resultados.

Al considerar la importancia de los altos valores para la determinación del nivel de "threshold", según el autor, es conveniente acumular las frecuencias desde los altos hasta los bajos valores; así, el 100 % corresponderá a las clases bajas.

Información dada por la Curva de Frecuencia Acumulativa.

El principal objetivo al construir la curva de frecuencia acumulativa para una población dada, es verificar si esta -- ajusta a una distribución lognormal, y si es así, estimar -- gráficamente estos parámetros: background (b), coeficientes de desviación (s , s' , s'') y el nivel de threshold (t).

(b), da una idea del nivel de concentración promedio de -- los elementos para un área determinada.

(s), expresa la dispersión de los valores alrededor del -- background (b).

(t), es un parámetro complejo, puede ser determinado como condicional: estadísticamente depende del nivel de probabilidad elegido; geológicamente, y para fines prácticos, éste indica el límite superior de las fluctuaciones del (b). Los valores iguales o más altos que el (t) son considerados anóma---los.

Background.

Una línea recta en la curva de frecuencia acumulativa, de

nota una población sencilla lognormalmente distribuida. En este caso, el valor del background (b) está dado por la intersección de la línea con la ordenada al 50 %.

Desviación.

Para obtener los coeficientes de desviación, se van a utilizar las intersecciones de la línea recta obtenida, con las ordenadas al 16 %, 50 % y 84 %; según las siguientes relaciones:

$$\begin{array}{l} \text{desviación geométrica} \\ (s') \end{array} \quad s' = \frac{A}{O} \quad \begin{array}{l} \text{(valor leído al 16 \%)} \\ \text{(valor leído al 50 \%)} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{coeficiente de desviación} \\ (s) \end{array} \quad s = \log (\text{base } 10) s'$$

$$\begin{array}{l} \text{desviación relativa o} \\ \text{coeficiente de variación} \\ (s'') \end{array} \quad s'' = 100 \times \frac{s}{b} \quad (\text{en \%})$$

Threshold.

Después del background y del coeficiente de desviación, el tercer parámetro importante es el nivel de threshold (t), el cual es una función de los dos primeros. En el caso de una distribución simétrica (lognormalmente distribuida), el 95 % de los valores individuales caen entre $b+2s$ y $b-2s$; que es lo mismo decir que solamente el 2.5 % de la población excede el límite superior $b+2s$. Este límite superior es --

convencionalmente llamado como el nivel de threshold (t), arriba del cual, los valores son considerados como anómalos.

$$\text{threshold (t): } t = b \times s^2$$

Prácticamente, (t) es leído directamente sobre la gráfica, como la abscisa de la intersección de la línea de distribución con el 2.5 % de la ordenada.

V.3.1.- Interpretación de los Valores del Cobre (Cu).

Hay 203 resultados, los cuales varían entre 7 y 200 ppm (partes por millón).

$$\text{Población (N): } N = 203$$

$$\text{Rango (R): } R = \frac{200}{7} = 28.57$$

$$\text{Intervalo logarítmico (log. int.): } \text{int. log.} = \frac{\log R}{n}$$

$$\text{int. log.} = \frac{1.456}{n}$$

$$\frac{1.456}{15} = 0.097$$

Entonces, a un intervalo logarítmico de 0.1, la población queda dividida en 15 intervalos de clases, y con ello se obtiene la siguiente tabla de clases:

Tabla de Clases para el Cobre:

INT. CLAS. (log)	INT. CLAS. (ppm)	FREC. CLAS.	FREC. REL. (%)	FREC. ACUM. (%)
0.75-0.85	5.6- 7.1	1	0.5	100.0
0.85-0.95	7.1- 8.9	1	0.5	99.5
0.95-1.05	8.9-11.2	1	0.5	99.0
1.05-1.15	11.2-14.1	1	0.5	98.5
1.15-1.25	14.1-17.8	3	1.5	98.0
1.25-1.35	17.8-22.4	6	3.0	96.5
1.35-1.45	22.4-28.2	10	4.9	93.5
1.45-1.55	28.2-35.5	23	11.3	88.6
1.55-1.65	35.5-44.7	51	25.1	77.3
1.65-1.75	44.7-56.2	49	24.1	52.2
1.75-1.85	56.2-70.8	32	15.8	28.1
1.85-1.95	70.8-89.1	16	7.9	12.3
1.95-2.05	89.1-112.2	8	3.9	4.4
2.25-2.35	177.8-223.9	1	0.5	0.5

Con los valores de la tabla de clases, se construye la curva de distribución de frecuencia acumulativa (figura 3).

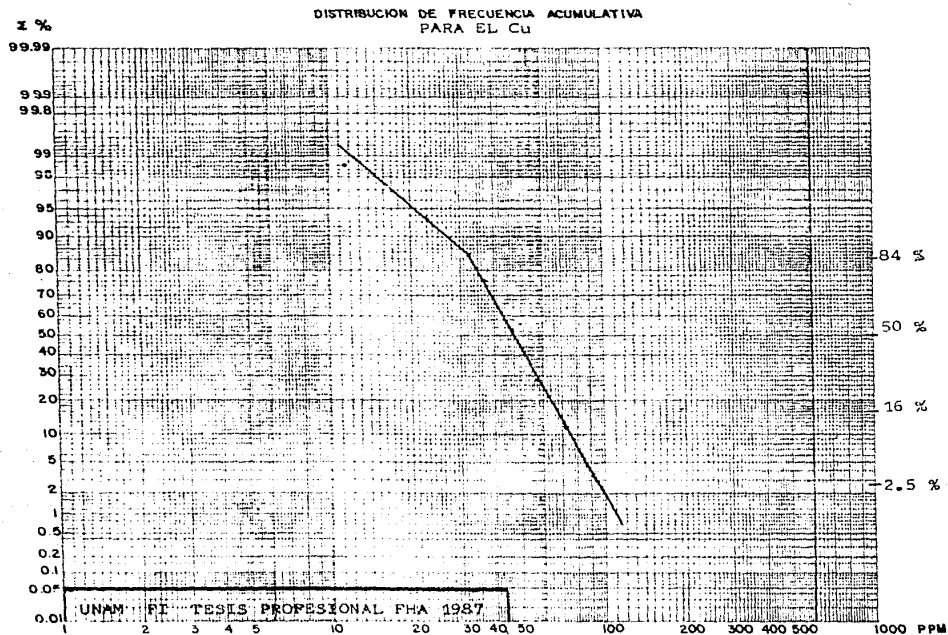


Figura 3.

De la curva de distribución de frecuencia acumulativa, se obtiene la siguiente información:

Desviación geométrica (s')

$$s' = \frac{A}{O} = \frac{66}{47} = 1.4$$

Coefficiente de desviación (s)

$$s = \log s' = 0.146$$

Desviación relativa (s'')

$$s'' = 100 \frac{s}{b} = 100 \frac{0.146}{47}$$

$$s'' = 0.31 \%$$

Threshold (t)

$$t = b \times s'^2 = 47 \times (1.4)^2$$

$$t = 92.12 \text{ ppm}$$

Entonces todos los valores mayores o iguales a 92 ppm son considerados como anómalos para el cobre. En este caso, se tienen 9 muestras con estos valores, que son: la 143, 144, 145, 154, 155, 171, 175, 176 y la 188.

V.3.2.- Interpretación de los Valores del Zinc (Zn)

A un intervalo logarítmico (log. int.) de 0.1, se obtiene la siguiente tabla de clases:

INT. CLAS. (log)	INT. CLAS. (ppm)	FREC. CLAS.	FREC. REL. (%)	FREC. ACUM. (%)
0.21-0.31	1.6 - 2.1	1	0.5	100.0
1.11-1.21	12.8- 16.2	1	0.5	99.5
1.31-1.41	20.4- 25.7	2	1.0	99.0
1.41-1.51	25.7- 32.4	3	1.5	98.0
1.51-1.61	32.4- 40.7	3	1.5	96.5
1.61-1.71	40.7- 51.3	3	1.5	95.0
1.71-1.81	51.3- 64.6	6	3.0	93.5
1.81-1.91	64.6- 81.3	31	15.2	90.5
1.91-2.01	81.3-102.3	112	55.2	78.3
2.01-2.11	102.3-128.8	8	3.9	20.1
2.11-2.21	128.8-162.2	4	1.9	16.3
2.21-2.31	162.2-204.2	23	11.3	14.3
2.41-2.51	257.0-323.6	6	3.0	3.0

Con esta tabla de clases se obtiene la siguiente curva de frecuencia acumulativa (figura 4).

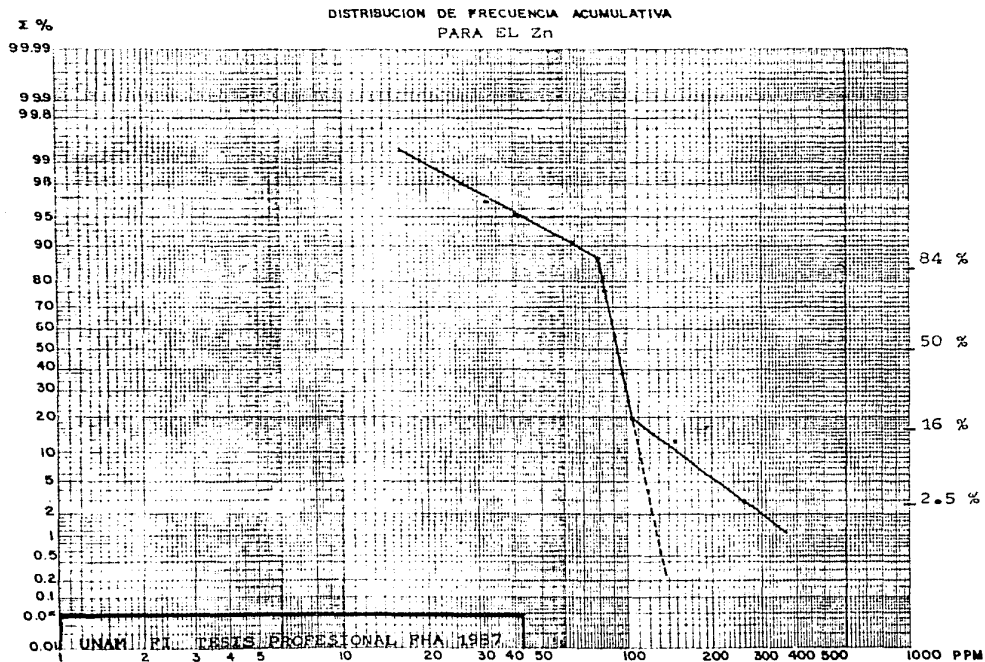


Figura 4.

A partir de la curva de frecuencia acumulativa, se puede determinar la siguiente información:

Desviación geométrica (s')

$$s' = \frac{A}{O} = \frac{106}{91}$$

$$s' = 1.16$$

Coefficiente de desviación (s)

$$s = \log s'$$

$$s = 0.07$$

Desviación relativa (s'')

$$s'' = 100 \frac{s}{b} = 100 \frac{0.07}{91}$$

$$s'' = 0.073 \%$$

Threshold (t)

$$t = b \times s'^2 = 91 \times (1.16)^2$$

$$t = 122.4 \text{ ppm}$$

De esta manera, todos los valores del zinc mayores o iguales a 122 ppm son considerados anómalos. Se tienen así, 33 valores anómalos, que corresponden a las siguientes muestras: 021, 023, 025, 026, 035, 036, 037, 047, 054, 056, 058, 059, -

060, 082, 120, 125, 129. 130. 131, 132, 138, 139, 143, 144,
145, 175, 176, 178, 180, 190, 191, 200 y 201.

V.3.3.- Interpretación de los Valores del Plomo (Pb)

Al utilizar un intervalo logarítmico (log. int.) de --
0.2, se obtiene la siguiente tabla de clases:

INT. CLAS. (log)	INT. CLAS. (ppm)	FREC. CLAS.	FREC. REL. (%)	FREC. ACUM. (%)
0.11-0.31	1.3- 2.0	1	0.7	100.0
0.31-0.51	2.0- 3.2	0	0.0	99.3
0.51-0.71	3.2- 5.1	0	0.0	99.3
0.71-0.91	5.1- 8.1	0	0.0	99.3
0.91-1.11	8.1-12.9	23	16.2	99.3
1.11-1.31	12.9-20.4	55	38.8	83.1
1.31-1.51	20.4-32.4	28	19.7	44.3
1.51-1.71	32.4-51.3	24	16.9	24.6
1.71-1.91	51.3-81.3	7	4.9	7.7
1.91-2.11	81.3-128.8	3	2.1	2.8
2.11-2.31	128.8-204.2	1	0.7	0.7

Con los valores de esta tabla, se obtiene la curva de frec
cuencia acumulativa (figura 5).

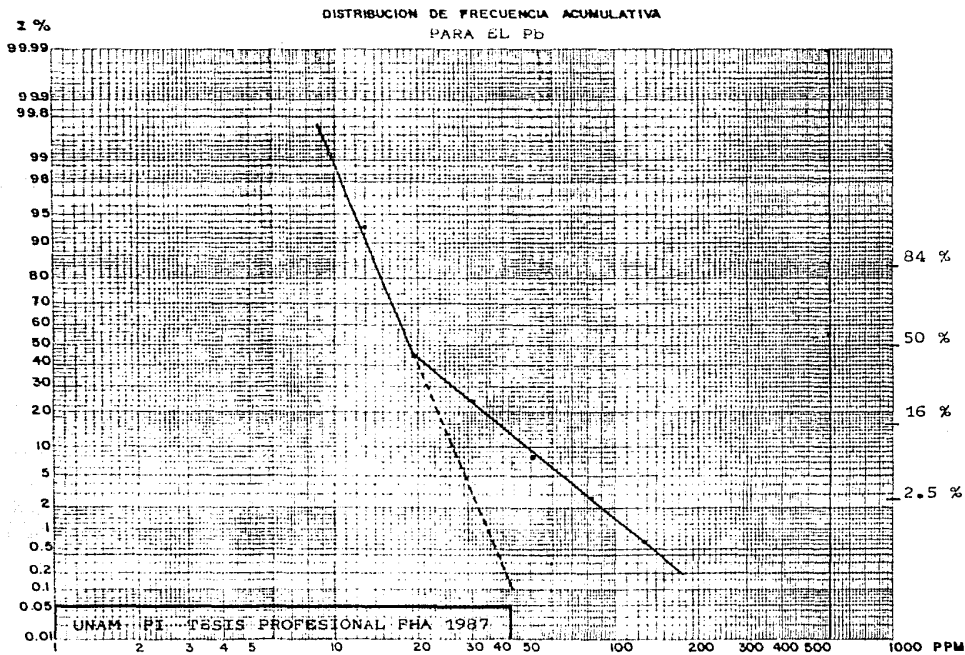


Figura 5.

De la curva de frecuencia acumulativa, para el plomo se obtiene lo siguiente:

Desviación geométrica (s')

$$s' = \frac{A}{O} = \frac{25}{18.5}$$

$$s' = 1.35$$

Coefficiente de desviación (s)

$$s = \log s'$$

$$s = 0.13$$

Desviación^a relativa (s'')

$$s'' = 100 \frac{s}{b} = 100 \frac{0.13}{18.5}$$

$$s'' = 0.707 \%$$

Threshold (t)

$$t = b \times s'^2 = 18.5 \times (1.35)^2$$

$$t = 33.7 \text{ ppm}$$

De acuerdo con esto, todos los valores del plomo mayores o iguales a 34 ppm son considerados anómalos. Se tienen 35 valores anómalos, y corresponden a las muestras: 001, 018,

021, 023, 024, 025, 026, 029, 030, 034, 036, 037, 038, 046,
 047, 059, 082, 114, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 129, 130,
 131, 132, 138, 139, 140, 155, 178, 190 y 191.

V.3.4.- Interpretación de los Valores del Bario. (Ba)

A un intervalo logarítmico (log. int.) de 0.05 se. -
 Obtenga la siguiente tabla de clases:

INT. CLAS. (log)	INT. CLAS. (ppm)	FREC. CLAS.	FREC. REL. (%)	FREC. ACUM. (%)
1.95-2.00	89.1-100.0	3	1.5	100.0
2.00-2.05	100.0-112.2	3	1.5	98.5
2.05-2.10	112.2-125.9	0	0.0	97.0
2.10-2.15	125.9-141.2	5	2.5	97.0
2.15-2.20	141.2-158.5	1	0.5	94.5
2.20-2.25	158.5-177.8	7	3.4	94.0
2.25-2.30	177.8-199.5	17	8.4	90.6
2.30-2.35	199.5-223.9	32	15.7	82.2
2.35-2.40	223.9-251.2	39	19.2	66.5
2.40-2.45	251.2-281.8	44	21.7	47.3
2.45-2.50	281.8-316.2	19	9.3	25.6
2.50-2.55	316.2-354.8	19	9.3	16.3
2.55-2.60	354.8-398.1	6	3.0	7.0
2.60-2.65	398.1-446.7	5	2.5	4.0
2.65-2.70	446.7-501.2	1	0.5	1.5
2.70-2.75	501.2-562.3	2	1.0	1.0

A partir de esta tabla se construye la siguiente curva
 de frecuencia acumulativa. (figura 6).

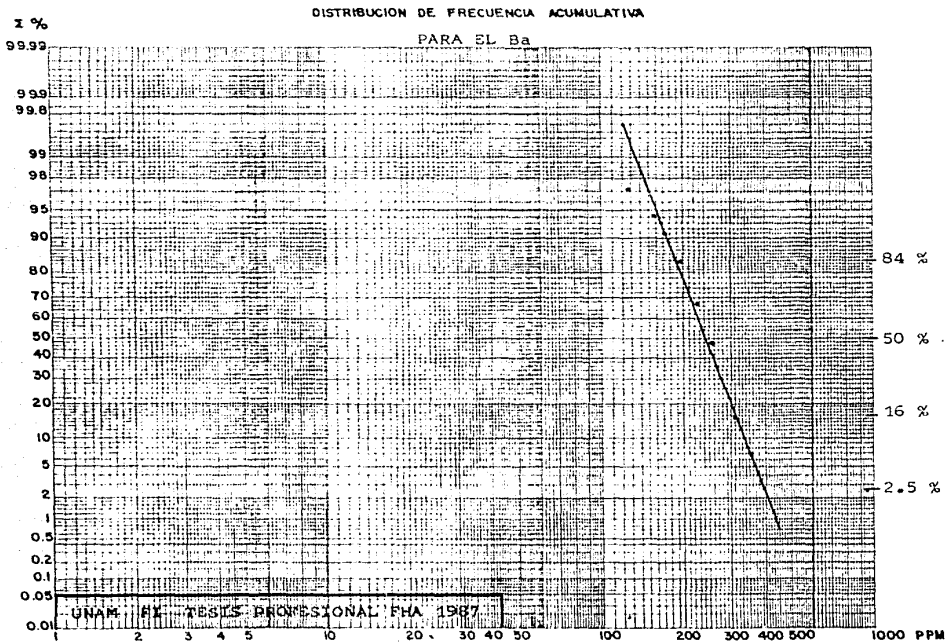


Figura 6.

De la curva de distribución de frecuencia acumulativa se obtiene lo que sigue:

Desviación geométrica (s')

$$s' = \frac{A}{O} = \frac{305}{235}$$

$$s' = 1.29$$

Coefficiente de desviación (s)

$$s = \log s'$$

$$s = 0.11$$

Desviación relativa (s'')

$$s'' = \frac{s}{b} \cdot 100 = 100 \times \frac{0.11}{235}$$

$$s'' = 0.048$$

Threshold (t)

$$t = b \times s'^2 = 235 \times (1.29)^2$$

$$t = 390 \text{ ppm}$$

De este modo, todas las muestras con valor igual o mayor que 390 ppm son anómalas. Se tienen solamente 8 muestras

de bario anómalas, estas son: 024, 035, 058, 059, 120, 184, 191 y 206.

Para el caso de la plata, no se pudo aplicar el método geoquímico, ya que solamente 24 muestras resultaron con valores. Estos valores varían entre 1 g/ton y 28 g/ton, y corresponden a las siguientes muestras: 014, 072, 079, - 080, 088, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, - 130, 131, 132, 133, 138, 178, 181, 184, 194, 198 y 200.

Todas las muestras pueden verse en el plano de ubicación de muestras de sedimentos de arroyo.

Los histogramas para el cobre, zinc, plomo y bario, pueden verse en la figura 7.

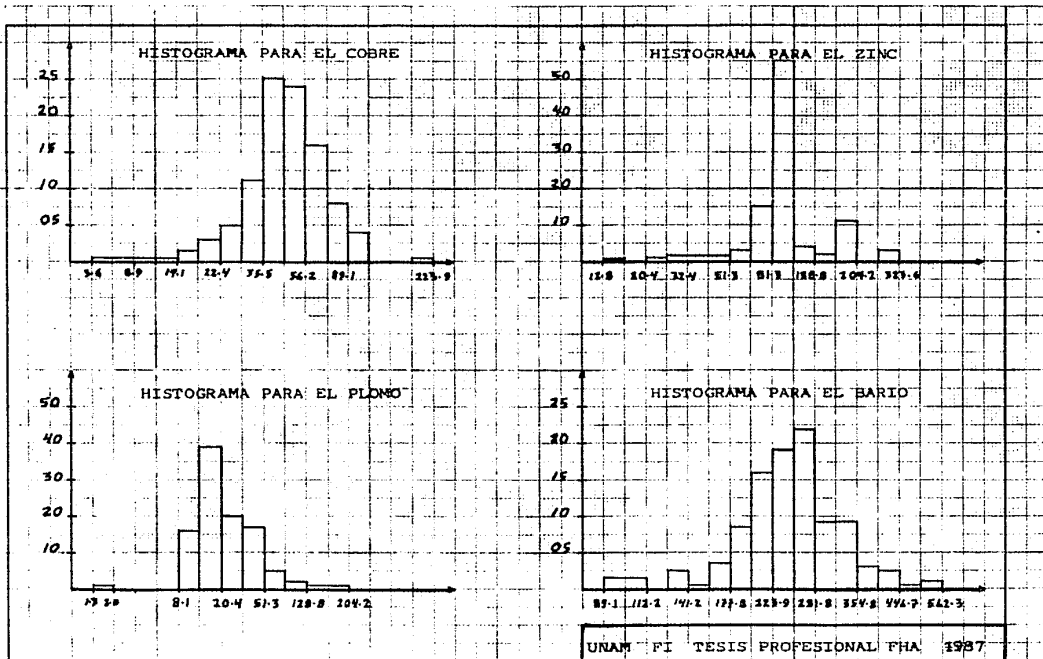
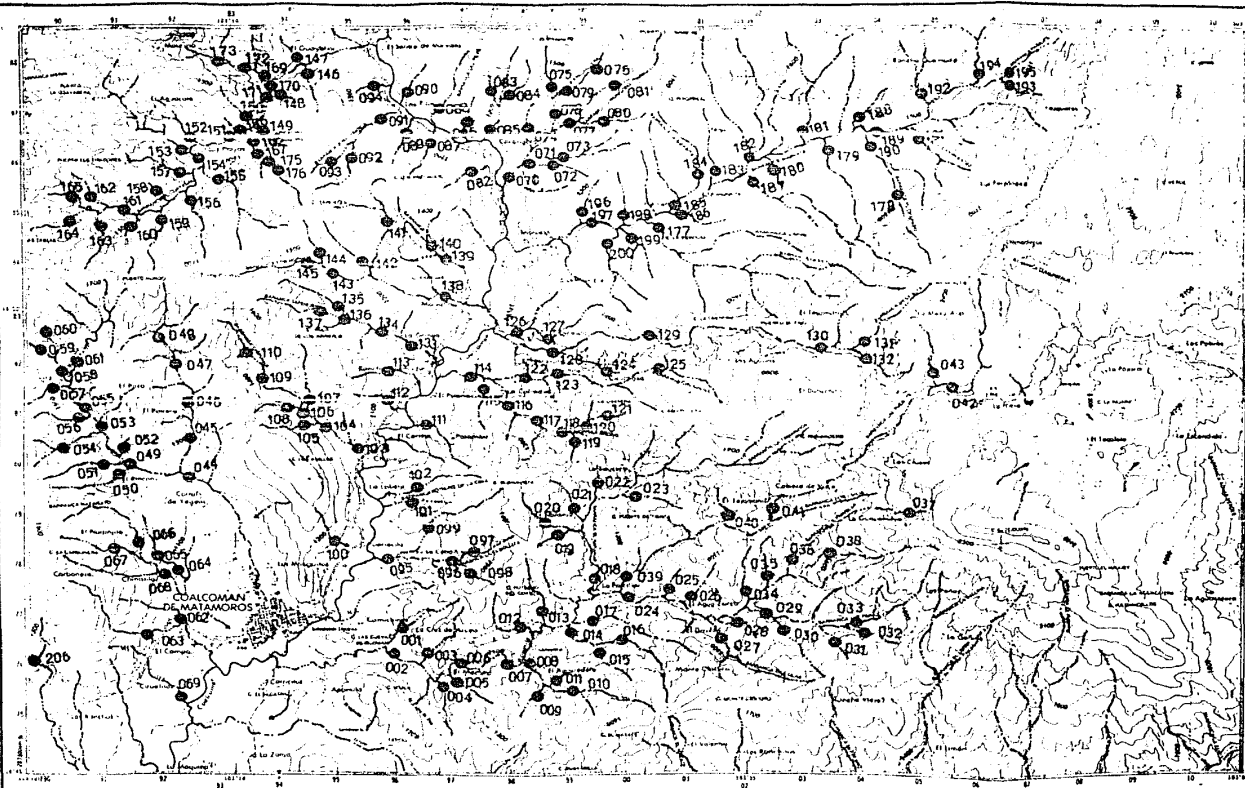
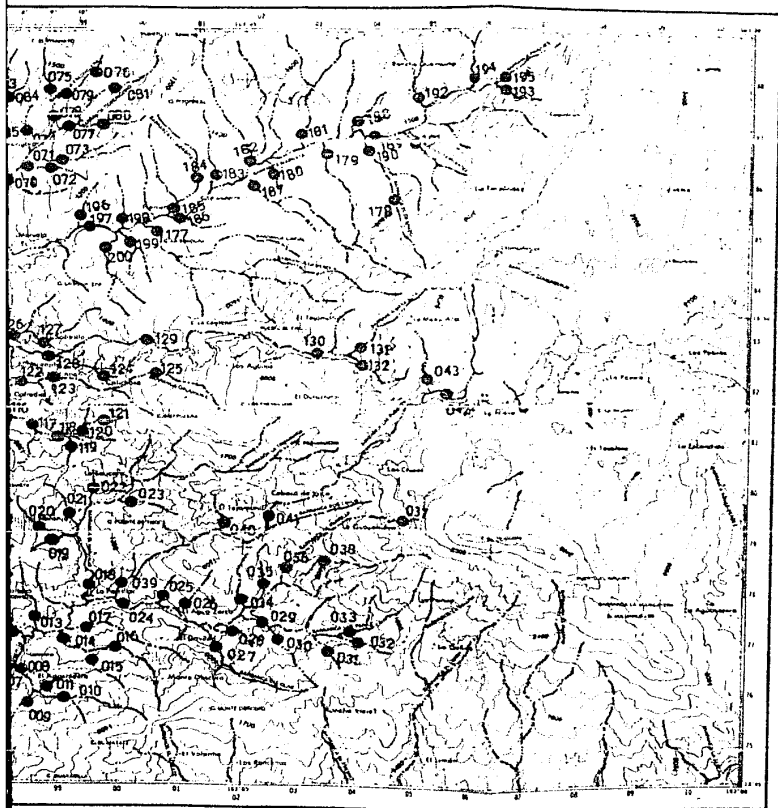


Figura 7.





EXPLICACION

CORRIENTE FLUVIAL _____



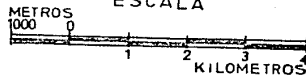
MUESTRA DE SEDIMENTO
DE ARROLLO _____



NOTA: LA BASE TOPOGRAFICA SE TOMO DE LA CARTA E 133 56 EDITADA POR DETENAL.



ESCALA



U N A M

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE UBICACION
DE MUESTRAS DE SE
DIMENTOS DE ARROYO

TESIS PROFESIONAL F. H. A. 1987

VI.- YACIMIENTOS MINERALES

La prospección geológico-geoquímica en Coalcomán, se llevó a cabo con la finalidad de descubrir nuevos yacimientos de sulfuros masivos vulcanosedimentarios (tipo La Minita).

Mediante el estudio geoquímico de sedimentos de arroyo, se determinó en la zona de estudio, la presencia de los elementos: Cu, Zn, Ag, Pb y Ba. Se analizaron estos elementos ya que son los más comunes en los yacimientos de sulfuros vulcanosedimentarios. Los resultados son poco halagadores, la mayoría son muy bajos, según puede verse en el capítulo de Geoquímica discutido anteriormente; aunque existen algunos valores altos para cada uno de los elementos, que han sido considerados como anómalos, según el método estadístico de interpretación aplicado (método de Lepeltier).

MODELO DE YACIMIENTOS VULCANOGENICOS

Las características generales de los depósitos vulcanogénicos de sulfuros masivos, según Sato T. (1977), son las siguientes:

Definición de los términos usados.

El término sulfuros masivos, se refiere a la mineralización compuesta casi exclusivamente de sulfuros minerales.

Se usan comúnmente los términos "stratabound", "estratiforme" y "exhalativo". En general, el término sulfuros masivos vulcanogénicos es usado en América del Norte, y el término "exhalativo-sedimentario" en Europa, especialmente en Alemania.

De acuerdo con Stanton (1972), "estratiforme" significa que las menas se presentan como capas dispuestas concordantemente con respecto a la estratificación de los materiales sedimentarios encajonantes. Si las menas favorecen horizontes específicos dentro de las secuencias sedimentarias locales, entonces se les llama "stratabound". El término exhalativo - implica que las menas se formaron por emanaciones volcánicas.

Ambiente geológico y edad.

Las concentraciones de sulfuros de este tipo muestran - una amplia distribución tanto en espacio como en tiempo, donde existieron medios submarinos. Se presentan no solo en regiones volcánicamente activas tales como arcos insulares o dorsales oceánicas, sino también en cuencas intracontinentales y en plataformas continentales, donde la actividad volcánica fue mínima.

Las rocas volcánicas asociadas varían en composición de básicas a ácidas. Se les encuentra en uno de los más antiguos segmentos de la corteza tales como la Provincia Superior del Precámbrico Temprano en el Escudo Canadiense, en cuencas pre

cámbricas de Australia y Canadá, en muchas franjas "eugeosinclinales" del Paleozoico, Mesozoico y Terciario, y también actualmente, en el piso oceánico del Mar Rojo. Son por lo tanto, de todos los depósitos de mena, los más ampliamente distribuidos.

Forma.

Los sulfuros masivos vulcanogénicos muestran una extensa variedad de formas, pero todos los depósitos de este grupo están concordantemente incluidos en rocas encajonantes vulcanosedimentarias. Algunos tienen forma lenticular con una extensión que raramente excede 1 km, pero otros continúan durante varios kilómetros en una forma tabular de poco espesor. Los depósitos de forma lenticular generalmente tienen zonas de mineralización en "stockwork"; zonas que se cree representan los conductos de alimentación de las soluciones mineralizantes ascendentes.

Composición mineralógica.

Como un grupo, los depósitos de sulfuros masivos vulcanogénicos son importantes fuentes de cobre, zinc, plomo, plata y oro. En algunos depósitos se ha recuperado bario, yeso, cadmio, mercurio, bismuto, cobalto y estaño. el fierro es el elemento no económico más abundante de estas menas.

Los sulfuros más importantes son la piritita, la esfalerita y la galena; la pirrotita y la tetraedrita son también comunes en algunos depósitos, la plata está contenida en la tetraedrita y menos comúnmente en la galena. El oro en caso de estar presente, está como metal nativo o electrum. Como minerales de ganga el cuarzo, la calcita y la barita son comunes para algunos depósitos, mientras que para otros, la clorita y la sericita son los más comunes.

Los depósitos de sulfuros vulcanogénicos más importantes del mundo son los siguientes:

- 1.- Depósitos asociados con rocas volcánicas félsicas
 - Depósitos tipo Kuroko
 - Tipo Noranda en el Escudo Canadiense
 - Tipo Río Tinto de España y Portugal
- 2.- Depósitos asociados con rocas volcánicas máficas
 - Depósitos tipo Chipre
 - Depósitos recientes tipo Salmuera del Mar Rojo
 - Depósitos tipo Besshi
- 3.- Depósitos en rocas sedimentarias
 - Yacimientos de Mc Artur, Australia
 - El yacimiento de Meggen en Alemania Occidental.

DEPOSITOS TIPO KUROKO

Los depósitos tipo Kuroko se caracterizan por lo siguiente

te:

Asociación de minerales y alteraciones.

La asociación mineralógica consiste de pirita, calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita, bornita, magnetita y hematita; como minerales de ganga contienen barita, cuarzo y yeso. Como alteración presentan silicificación en la parte central y sericitización-cloritización en los alrededores de los depósitos.

Composición química.

En cuanto a composición química, existe zoneamiento tanto vertical como lateral, en donde el plomo y el zinc aumentan mientras que el cobre y el fierro disminuyen hacia arriba. La barita es abundante en las menas de plomo-zinc, y masas de yeso se presentan en las cercanías de los depósitos.

El sulfuro masivo está cubierto por capas de arcilla o pedernal rojizo en una extensión no mayor de 1 km más allá de los depósitos.

Litología y estratigrafía.

Los depósitos tipo Kuroko se encuentran en rocas volcánicas del Mioceno en la margen este del Mar de Japón. Las rocas son en su mayoría andesitas y dacitas en la parte inferior del paquete intrusivo, y rocas más félsicas que predominan en la parte superior. Todos los depósitos de importancia se

encuentran en un horizonte estratigráfico del Mioceno Medio y están íntimamente asociadas con domos riolíticos (riolita -- blanca).

Estructura y tectónica global.

Los depósitos se localizan cerca de las margenes de las cuencas bordeadas por fallas casi verticales (grabens). Las dimensiones de las cuencas son aproximadamente de 10 a 30 km de diámetro.

Los yacimientos se componen de sulfuros masivos lenticulares que sobreyacen menas en "stockwork". El tamaño de las menas de carácter masivo raramente excede los 500 metros en su extensión lateral y los 50 m en espesor.

Génesis.

Para formar los depósitos de sulfuros, el azurre y los metales deben transportarse desde su fuente de origen hasta el sitio de depósito. Las soluciones Kuroko se estima que tuvieron temperaturas entre 200 y 250 °C, pH entre neutral y ligeramente ácido, muy bajas fugacidades de oxígeno y concentraciones de cloro dos o tres veces mayores que las del agua marina normal. La generación de estos fluidos puede ser favorecida por la diferenciación de magmas hídricos como los de la serie calcoalcalina del tipo arco insular.

Los depósitos de sulfuros masivos tipo Noranda, son similares en muchos aspectos a los del tipo Kuroko; algunas diferencias de importancia son: la ausencia de sulfatos, la presencia de magnetita y/o pirrotita, y los bajos contenidos de plomo.

MINERALIZACION EN LA ZONA DE ESTUDIO

Con las muestras de sedimentos de arroyo que resultaron con valores anómalos, se obtuvieron siete zonas, (véase Plano de Anomalías Geoquímicas). En cada una de estas existe, aunque muy remota, la posibilidad de que esté presente algún yacimiento de sulfuros masivos vulcanogénicos. Las zonas anómalas están formadas por asociaciones de los elementos Cu, Zn, Ag, Pb y Ba.

Existen algunas obras mineras antiguas, que quedan ubicadas dentro de las zonas consideradas como anómalas. De las obras mineras se tomaron muestras de mano y se enviaron al laboratorio de Petrografía y Metalogenia del Consejo de Recursos Minerales, en donde se les hizo un estudio mineragráfico en superficies pulidas.

VI.1.- Localización

La zona-1 se localiza aproximadamente a 6 km en línea recta al N 45° W de la ciudad de Coalcomán, al oeste del cauce del arroyo El Rincón.

La zona-2 se localiza al norte de la ciudad de Coalcomán, a 8 km aproximadamente en línea recta, entre las barrancas Los Hornos y Juan Abarca.

La zona-3 se localiza a 1.5 km en línea recta al oeste del poblado de Marvata, cerca de la terracería entre Coalcomán y Tepalcatpec.

La zona-4 se localiza al N 80° E de la ciudad de Coalcomán, a 10 km aproximadamente en línea recta, entre las barrancas Las Peñas y Los Cullis.

La zona-5 se localiza aproximadamente a 13 km en línea recta al N 60° E de la ciudad de Coalcomán.

La zona-6 se localiza a 7 km en línea recta al N 45° E de la ciudad de Coalcomán, junto al poblado El Puertecito.

La zona-7 se localiza a unos 3 km en línea recta al este del poblado Las Pilas, a 11.5 km al N 20° E de la ciudad de Coalcomán.

VI.2.- Mineralogía

Según el resultado del estudio mineralográfico de muestras tomadas en las obras mineras, ubicadas dentro de las zonas anómalas 1 y 3, se determinó en el área la presencia de sulfuros primarios, como son: blenda, galena, pirita y cal-

copirita; sulfatos como barita y abundantes óxidos de fierro (especularita y magnetita). Como minerales de ganga se tienen crisocola, malaquita, covelita, limonita y minerales arcillosos.

De acuerdo con el resultado del estudio geoquímico, las zonas anómalas están dadas de la siguiente manera:

Zona-1: formada por valores anómalos de Zn, Ba

Zona-2: por valores anómalos de Cu, Zn

Zona-3: por valores anómalos de Pb, Zn

Zona-4: por valores anómalos de Pb, Zn, Ba

Zona-5: por valores anómalos de Pb, Zn, Ag, Ba

Zona-6: por valores anómalos de Pb, Ag, Ba

Zona-7: por valores de Ag

Probablemente la plata se encuentre contenida en la galena, o bien como nativa, ya que no se determinó la presencia de tetraedrita, con la que comúnmente se asocia.

VI.3.- Alteraciones

Las principales alteraciones que se tienen son: silicificación, en las proximidades de las mineralizaciones de sulfuros, como puede verse en la estructura tabular mineralizada

que se encuentra en el cerro Los Preciados (zona-3); también se tienen propilitización, sericitización y cloritización en las rocas adyacentes a las mineralizadas.

El cuarzo, la clorita, la calcita y la sericita, aparecen como minerales secundarios en la mayoría de las rocas piroclásticas de la Formación Tecalitlán, según los estudios petrográficos realizados; estos minerales son formados por hidrotermalismo.

VI.4.- Valores Anómalos

Como puede verse en el capítulo de Geoquímica, la mayoría de las muestras de sedimentos de arroyo, tuvieron valores muy bajos de los elementos analizados. Al aplicar el método estadístico de Lepeltier, se obtuvieron valores anómalos para cada elemento, estos son los siguientes:

Para el Cu: de 93 g/ton a 200 g/ton

Para el Zn: de 145 g/ton a 300 g/ton

Para el Pb: de 40 g/ton a 200 g/ton

Para el Ba: de 380 g/ton a 530 g/ton

Para la Ag: de 1 g/ton a 28 g/ton

VI.5.- Roca Encajonante

Los sulfuros masivos del yacimiento Vulcano La Minita,

favorecen horizontes litológicos específicos, dados por rocas volcánicas félsicas que sobreyacen a rocas volcánicas de composición intermedia. De igual modo sucede en la zona de estudio, según puede verse en el cerro Los Preciados y en el área Rancho Quemado, donde la mineralización está contenida en las tobas andesíticas que subyacen a tobas félsicas.

Las estructuras mineralizadas "estratiformes" que existen en el cerro Los Preciados y en Rancho Quemado, se presentan en una relación concordante con la pseudoestratificación de las tobas andesíticas de la Unidad Media de la Formación Tecalitlán.

También, según puede verse en el plano de anomalías geoquímicas, las zonas anómalas quedan comprendidas entre las rocas volcánicas intermedias y las calizas de las Formaciones Tecalitlán y Tepalcatepec, respectivamente.

VI.6.- Estructura

Se observaron dos estructuras mineralizadas. Una, ubicada en el cerro Los Preciados, al oeste de Marvata (dentro de la zona anómala-3); aquí, los sulfuros blenda y galena se encuentran diseminados dentro de la estructura de forma tabular-"estratiforme", constituida esencialmente por cuarzo lechoso y masivo. La estructura tiene un espesor de -- aproximadamente 90 cm, en un afloramiento de unos tres me-

tros de longitud; tiene un rumbo de NE 57° SW, con una inclinación de 86° hacia el NW. En apariencia, se encuentra concordante con la pseudoestratificación de las tobas líticas andesíticas en que está contenida.

La otra, se encuentra en Rancho Quemado, a unos 15 km en línea recta al N 45° E de la ciudad de Coalcomán (a 500 m al sur de la ranchería Rancho Quemado). Esta tiene también una forma tabular-"estratiforme", constituida esencialmente de barita; tiene un espesor de 30 cm y un rumbo de NE 63° SW, con una inclinación de 78° hacia el NW. A 50 cm aproximadamente a ambos lados de la estructura, existen vetillas asociadas a la estructura principal, con espesores que varían entre 1 cm y 2 cm. El mineral es de color blanco con tintes rosados y con su característico alto peso específico. Según los datos, esta estructura de forma tabular-"estratiforme", se presenta casi paralela a la estructura anterior y también, en apariencia, se encuentra en una relación concordante con las tobas líticas pseudoestratificadas que la contienen.

VI.7.- Rocas Igneas Vecinas

Como puede verse, la mineralización está contenida en rocas de la Formación Tecalitlán, que es una secuencia completamente volcánica; además, se encuentra inmediatamente debajo de rocas vulcanosedimentarias de la Formación Tepalca

tepec; entonces, las rocas ígneas vecinas son andesitas, tobas andesíticas y tobas riolíticas.

Sólo en las zonas anómalas 2 y 3, aparte de tener cercanas a las rocas ígneas anteriores, se encuentran muy proximas al intrusivo granodiorítico que aflora en la barranca El Guayabal.

VI.8.- Origen de la Mineralización

Se tienen muy pocos datos para asignarle con exactitud un origen a la mineralización que existe en el área. Pero si se considera que la secuencia litológica a la que está relacionada la mineralización se depositó en un medio marino, que las estructuras mineralizadas de forma tabular y "estratiforme" se encuentran concordantes con la pseudoestratificación de las tobas, y que existen alteraciones (de cuarzo, calcita, clorita y sericita) provocadas por hidrotermalismo, puede -tentativamente pensarse que se trata de un depósito vulcanosedimentario-submarino; además, por la presencia de sulfatos (barita) y la asociación con rocas volcánicas de composición intermedia a félsica, puede tratarse de un depósito tipo Kuroko. De ser así, el intrusivo granodiorítico que aflora en la barranca El Guayabal (de edad Terciario Inferior), no tuvo nada que ver con la mineralización, ya que ésta se depositó al mismo tiempo que las tobas intermedias y félsicas seudoestratificadas de la Formación Tecalitlán, en el Cretácico

Inferior. Entonces, la fuente calorífica que provocó las so-luciones mineralizantes, posiblemente se encuentra sepultada a profundidad.

Mérida Cruz A. A. (1978), realizó un estudio del yaci-
miento de fierro Puerto Hondo, que se localiza a 7 km en lí-
nea recta al N 20° W de la ciudad de Coalcomán. Considera -
que la mineralización de fierro fue producida por metasomatis-
mo de contacto. Es posible que así sea, ya que en las cerca-
nías del yacimiento (en la barranca El Guayabal), se encuen-
tra el intrusivo granodiorítico, en contacto con las andesi-
tas y las tobas andesíticas de la Formación Tecalitlán, y con
las calizas macrofossilíferas de la Formación Tepalcatepec, con
las cuales pudo reaccionar químicamente.

Mérida, describe un skarn de granate que aflora en Puer-
to Hondo de la siguiente manera:

"Megascópicamente son rocas de color verdoso, de textura
fanerítica fina y estructura masiva, con granates de color --
ocre, posiblemente de la variedad andradita; presentan caras
bien definidas y diámetros que van de 2 a 4 mm, asociado con
el granate se aprecia epidota en grado bajo. Los espesores de
roca son de 10 a 80 cm y su distribución es mínima, se tra-
ta de dos pequeñas ventanas de 20 a 25 m de largo, respecti-
vamente, por 10 m de ancho, originadas por el emplazamiento
del plutón".

El autor indica que la mineralización de fierro queda - comprendida en una superficie de 15 hectáreas aproximadamente, en donde se puede apreciar, a lo largo de los arroyos, material rodado y desintegrado con dimensiones de 5 a 60 cm de diámetro. Los afloramientos "in situ", son tres casquetes de forma irregular. El afloramiento del norte presenta las siguientes dimensiones: 50 m de largo, 17 m de ancho en su parte más amplia y 5 m en su parte más angosta, con espesores de 12 m; las dimensiones del cuerpo del centro son: 22 m de largo, 9 m de ancho y 2 m de espesor; el casquete sur tiene 23 m de largo, 14 m de ancho en su parte más amplia y 9 m en su parte angosta, por 4 m de espesor.

Los minerales de mena son hematita (en su variedad especularita) y magnetita, en muestra de mano son de color gris con lustre metálico. Como minerales de ganga contienen pirita y poco cuarzo. Las rocas encajonantes son andesitas y tobas andesíticas de la Formación Tecalitlán.

En el prospecto de fierro Puerto Hondo, se cubicaron reservas por 1, 576, 733 toneladas métricas de minerales de fierro, con una ley de 55.78 %; con altos valores de sílice y alúmina: 17 % y 12.8 %, respectivamente, que se presentan como impurezas.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.1.- Conclusiones

La columna estratigráfica quedó integrada de la siguiente manera: en su base existen rocas volcánicas de la Formación Tecalitlán; a éstas les sobreyace un paquete vulcanosedimentario que corresponde a la Formación Tepalcatepec. La secuencia se encuentra afectada por un intrusivo granodiorítico del Terciario Inferior.

Con el estudio minerográfico de muestras mineralizadas tomadas de obras mineras antiguas, se determinó la presencia de sulfuros primarios, como son blenda, galena, piritita y calcopiritita; también sulfatos como barita y abundantes óxidos de hierro, principalmente especularita. El estudio geoquímico de sedimentos de arroyo se aplicó en la prospección de este tipo de sulfuros. Al aplicar el método estadístico geoquímico, se obtuvieron en la zona de estudio siete zonas con valores anómalos de Cu, Zn, Pb, Ag y Ba.

La mineralización queda contenida en las rocas de las Unidades Media y Superior de la Formación Tecalitlán, que son tobas de composición andesítica y riolítica pseudoestratificadas.

El depósito de la secuencia en un medio marino, la relación concordante de las estructuras mineralizadas con la roca

encajonante y la presencia de barita, son factores que se pueden utilizar para considerar a la mineralización como de origen vulcanosedimentario tipo Kuroko.

Posiblemente la fuente termal que provocó la mineralización se encuentre sepultada a profundidad y no tenga nada que ver con el intrusivo granodiorítico aflorante, ya que éste es de edad Terciaria, mientras que la mineralización se depositó al mismo que las rocas encajonantes, es decir, en el Cretácico Inferior.

VII.2.- Recomendaciones

Es recomendable realizar un estudio a detalle para las siete zonas consideradas como anómalas, en especial, en las zonas 3, 4 y 5; ya que son las que presentan condiciones geológicas más favorables de contener algún yacimiento vulcanogénico (tipo La Minita), debido a su similitud en la secuencia litológica. Puede realizarse otro estudio geoquímico, que bien puede ser de rocas o de vegetación, en donde se programe un muestreo cada 100 m o 50 m para cada una de las zonas anómalas, y así acercarse a la mineralización, en caso de existir en grado económico.

También es recomendable realizar un estudio a detalle en el área de Puerto Hondo (entre las zonas anómalas 2 y 3), en donde según el Ing. Mérida Cruz, existen depósitos de skarn, provocados por el intrusivo granodiorítico.

BIBLIOGRAFIA

- Arriaga G. G., 1980 Algunas Consideraciones sobre la Clasificación de Yacimientos Minerales y sus Relaciones con las Rocas Encajonantes. VIII Seminario Interno, C.R.M., México.
- Bateman A. M., 1957 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico. Traducción de la Segunda Edición Americana. Ediciones Omega S. A., Barcelona.
- Campos M. M. H. _____ Exploración Geológica Minera en el Area de Campo Morado, Guerrero. Tesis Profesional, U.N.A.M., México.
- Gaytán R. J. E., 1977 Descubrimiento, Geología y Génesis del Yacimiento Vulcano, "La Minita", Mich. Mem. Tec. XIII Conv. AIMMG. México.
- Guerra P. F., 1980 Fotogeología. Primera Edición. Facultad de Ingeniería. U.N.A.M.
- Hawkes & Webb S. J., 1962 Geochemistry in Mineral Exploration. Harper and Row Publishers, New York and Evanston. USA.
- Herrera M. J. A., 1985 Informe Anual de Actividades. Geren---

cia de Estudios Especiales, C.R.M. Inédito. México.

Lepeltier C., 1969 A simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. Economic Geology, Vol. 64.

Levinson A. A., 1980 Introduction to Exploration Geochemistry. Applied Publishing Ltd. Calgary Canadá.

López M. H., 1967 Estudio Geológico Magnetométrico del Yacimiento Ferrífero La Guayabera, Municipio de Villa Victoria, Michoacán. C.R.M. Inédito. México.

Mc. Kinstry H. E., 1977 Geología de Minas. Tercera Edición. Ediciones Omega S. A. Barcelona.

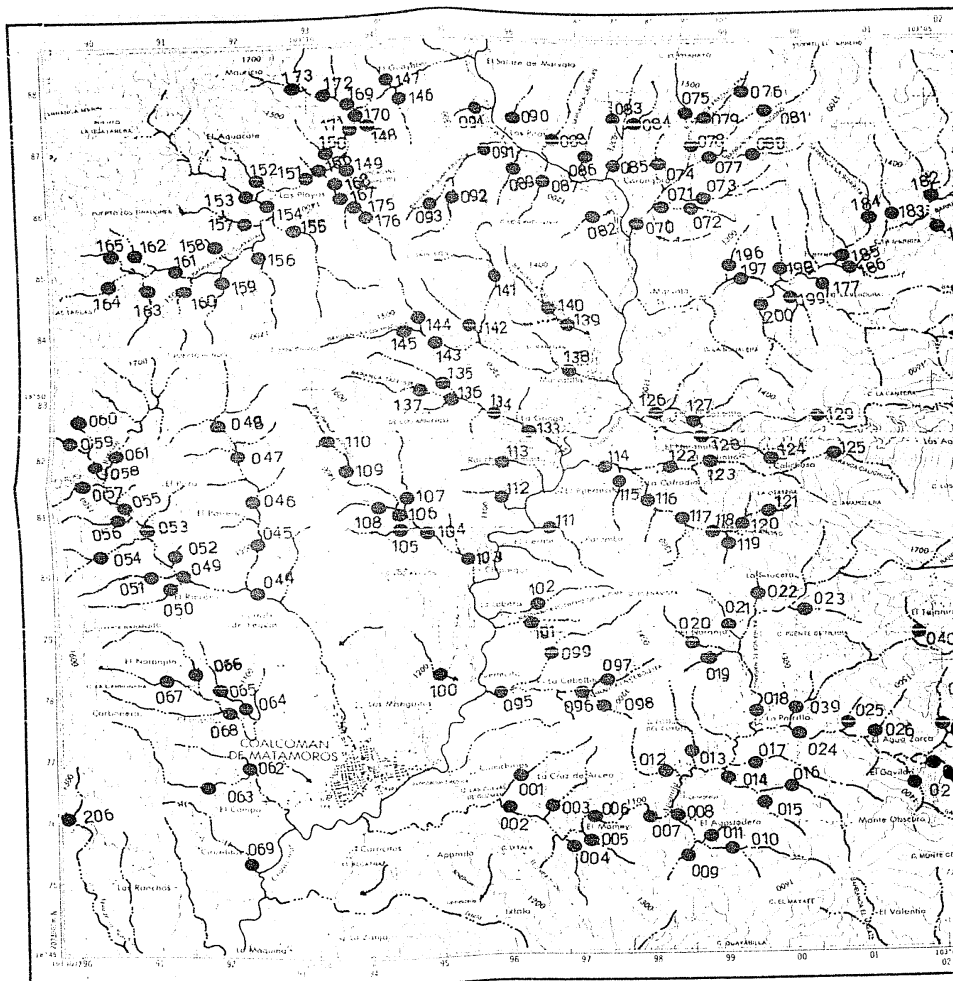
Mérida C. A. A., 1978 Geología General de la Zona Coalcomán, Michoacán y Estudio Geológico Minero del Yacimiento de Puerto Hondo. Tesis Profesional, I.P.N. México.

Morán Z. D. J., 1984 Geología de la República Mexicana. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México.

Moscosa G. M., 1983 Geología y Génesis del Yacimiento Minero El Tabaquito, Michoacán.

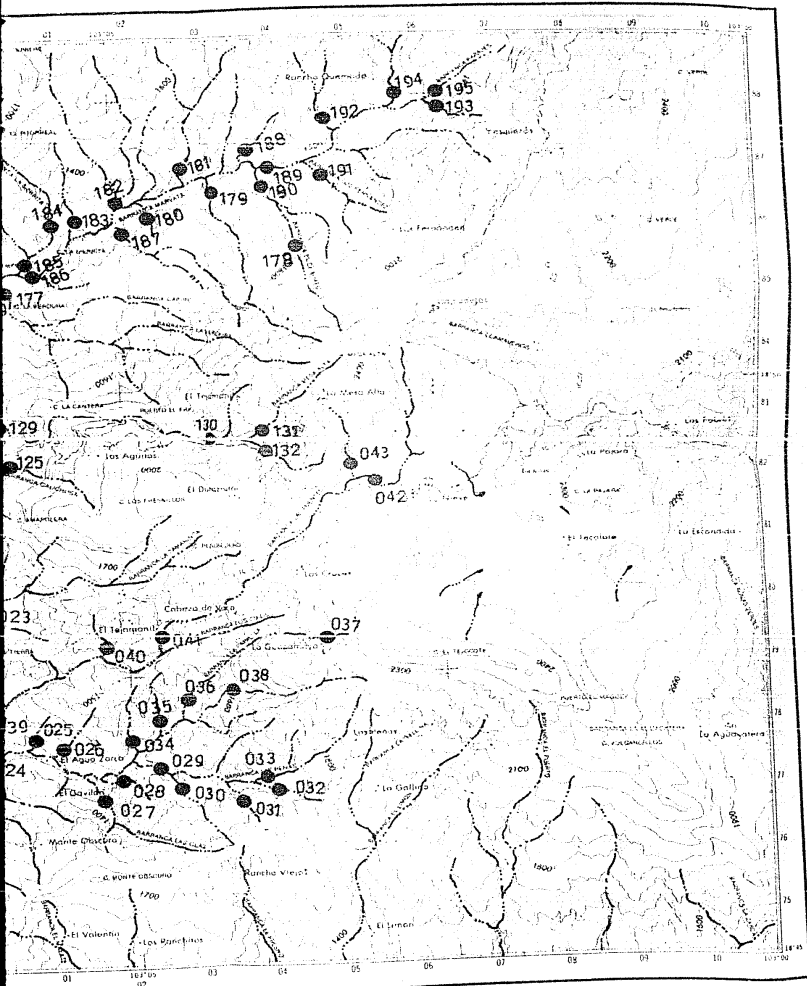
- Tesis Profesional I.P.N. México.
- Oviedo P. E., 1981 Geología de la Porción Sudoccidental de la Cuenca Jalisco-Colima, Estados de - Michoacán y Jalisco.
Tesis Profesional I.P.N. México.
- Raisz E., 1964 Landforms of México.
Mapa Esc. 1: 3 000 000 Cambridge Mass. USA.
- Salas P. G., 1980 Carta y Provincias Metalogenéticas de la República Mexicana.
Publicación 21E, 2a. Ed. C.R.M. México.
- Santiago C. C., 1985 Yacimientos de Sulfuros Masivos Volcanogenéticos de Cuale, Jalisco.
Tesis Profesional I.P.N. México.
- Sato T., 1977 Los Sulfuros Masivos Volcanogenéticos su Metalogenia y Clasificación. Publicación Nº. 1. Depto. de Geología Universidad de Sonora. México.
- Vargas H. A., 1984 Posibilidades Petrolíferas de los Sedimentos del Cretácico Inferior y Medio de la Cuenca Jalisco - Colima.
Tesis Profesional I.P.N. México.

COALCOMAN



MAN

E X P L I



CORRIENTE F

MUESTRA DE
DE ARROLLO

NOTA: LA BASE
MO DE LA
EDITADA



U N
FACULTAD
PLANO DE
DE MUE
DIMENTO
TESIS PROFESION



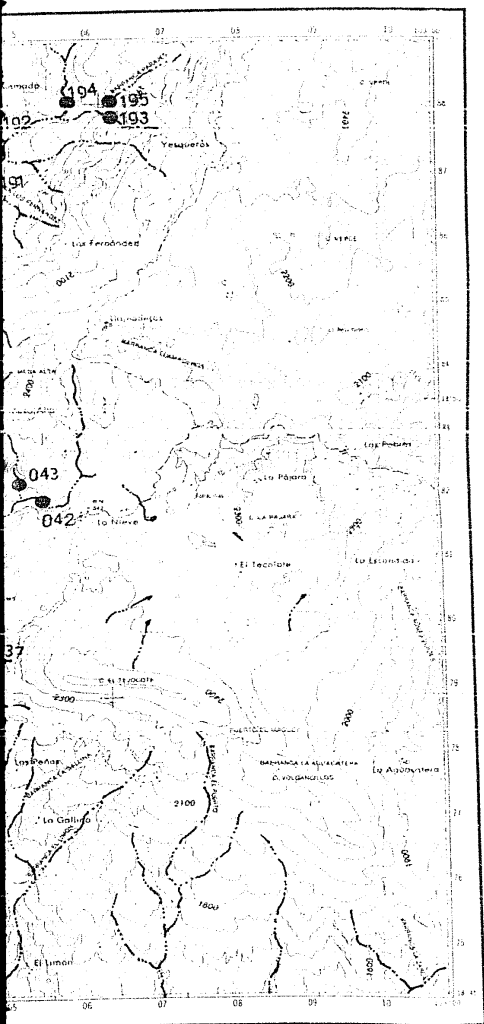
E X P L I C A C I O N

CORRIENTE FLUVIAL _____

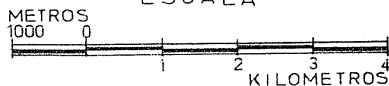


MUESTRA DE SEDIMENTO
DE ARROLLO _____ ● 029

NOTA: LA BASE TOPOGRAFICA SE TO-
MO DE LA CARTA E 13 3 56
EDITADA POR DETENAL.

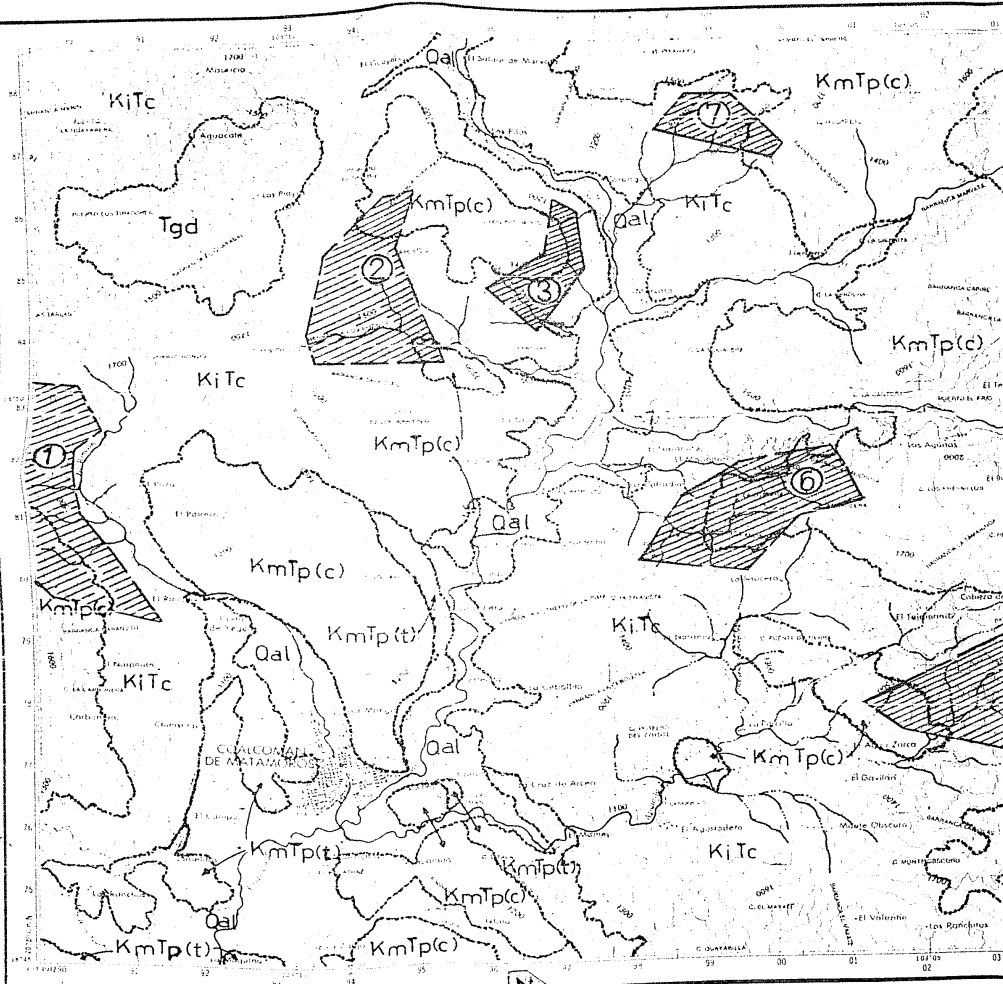


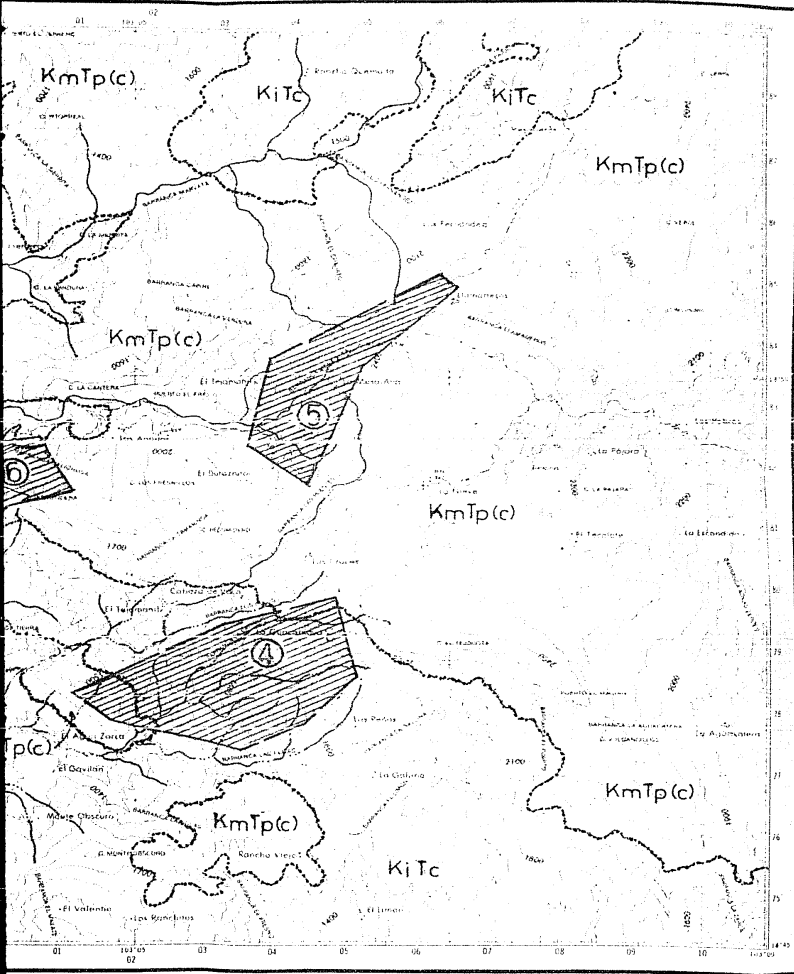
ESCALA



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO DE UBICACION DE MUESTRAS DE SE- DIMIENTOS DE ARROYO	
TESIS PROFESIONAL	F. H. A. 1987

COALCOMAN





ALUVION _____
Gravas arcillas

INTRUSIVO _____
Granodiorita, di

FORMACION T _____
Areniscas volca

sitas, tobas and
bas riolíticas e

FORMACION T _____
(FACIES TERR

Lutitas, arenisc
arcillosas y cal

FORMACION T _____
PEC (FACIES G

Calizas de plat
intercalaciones
tas y tobas an

CONTACTO G _____

ZONAS ANOM _____

El Rincón: Zr

Barranca Los H

Cerro Los Pre

La Guacamaya

Mesa Alta: Pb,

Cerro La Ota

Corongoro: Ag

ES _____

METROS _____

1000 _____

U N

FACULTAD

PLANO DE

GEOC

TESIS PROFESIO



S I M B O L O G I A

ALUVION _____ [0al]

Gravas arcillas y limos

INTRUSIVO _____ [Igd]

Granodiorita, diorita

FORMACION TECALITLAN [KiTc]

Areniscas volcánicas, andesitas, tobas andesíticas, tobas riolíticas e ignimbritas

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES TERRIGENA) _____ [Kmp(t)]

Lutitas, areniscas calcáreas, arcillosas y calcarenitas

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES CALCÁREA) _____ [Kmp(c)]

Calizas de plataforma con intercalaciones de andesitas y tobas andesíticas

CONTACTO GEOLOGICO _____

ZONAS ANOMALAS:

El Rincón: Zn, Ba _____ [1]

Barranca Los Hornos: Cu, Zn _____ [2]

Cerro Los Preciados: Pb, Zn _____ [3]

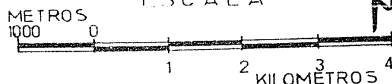
La Guacamaya: Pb, Zn, Ba _____ [4]

Mesa Alta: Pb, Zn, Ag, Ba _____ [5]

Cerro La Otatera: Pb, Ag, Ba _____ [6]

Corongoro: Ag _____ [7]

ESCALA

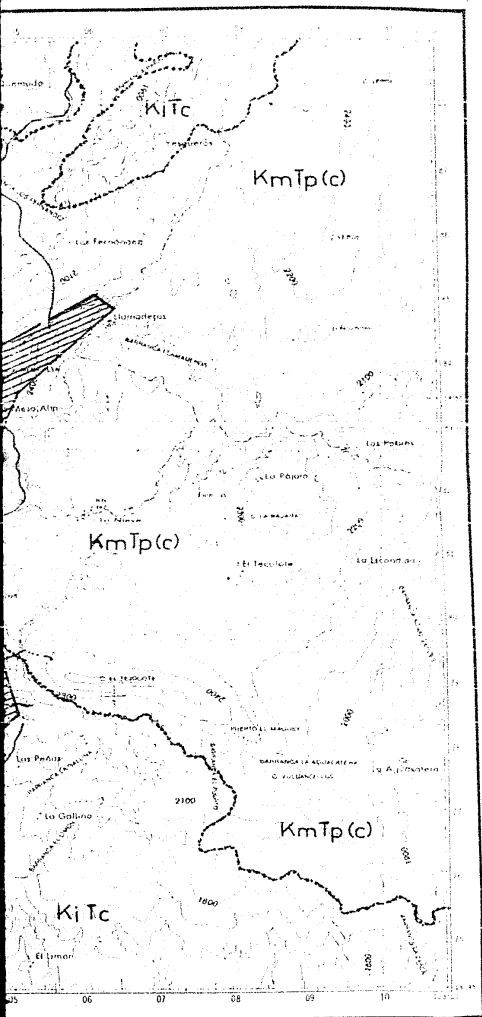


U N A M

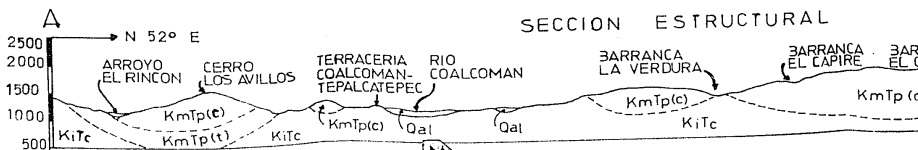
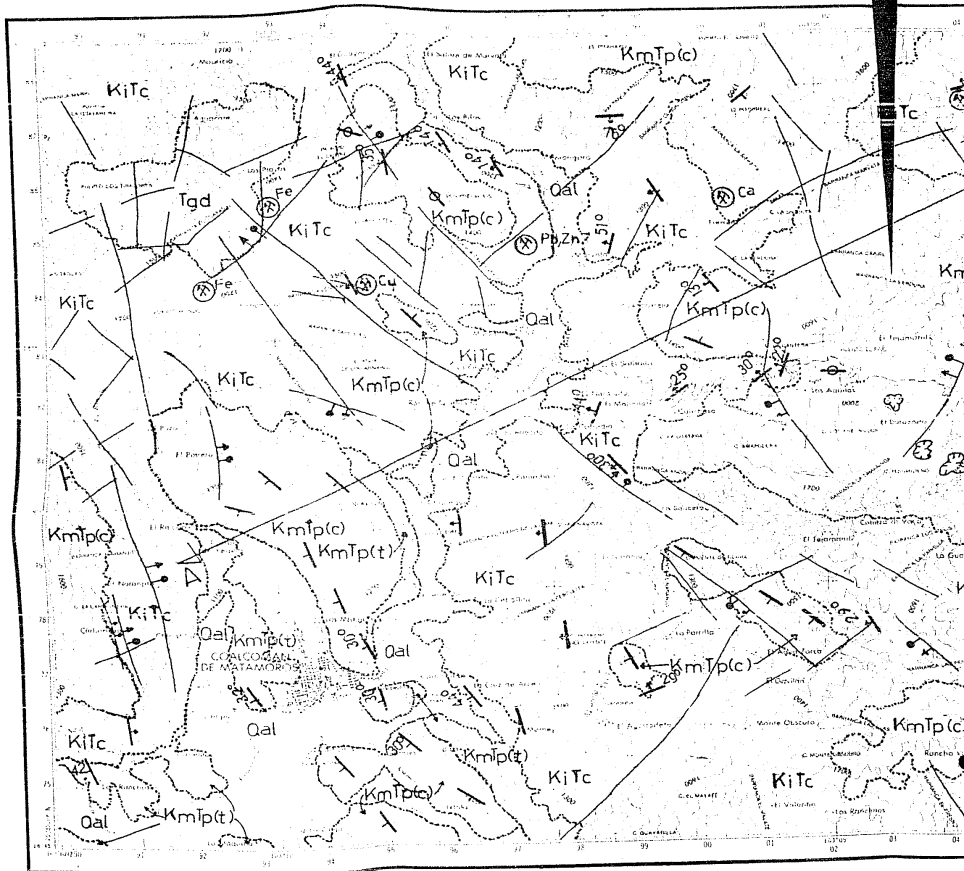
FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO DE ANOMALIAS
GEOQUIMICAS

TESIS PROFESIONAL F.H.A. 1987



COALCOMAN

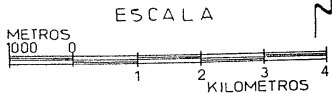


Fallas de origen

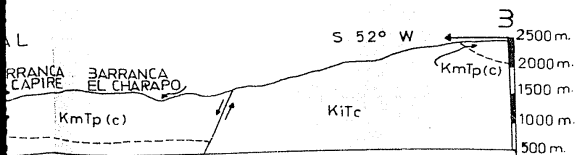
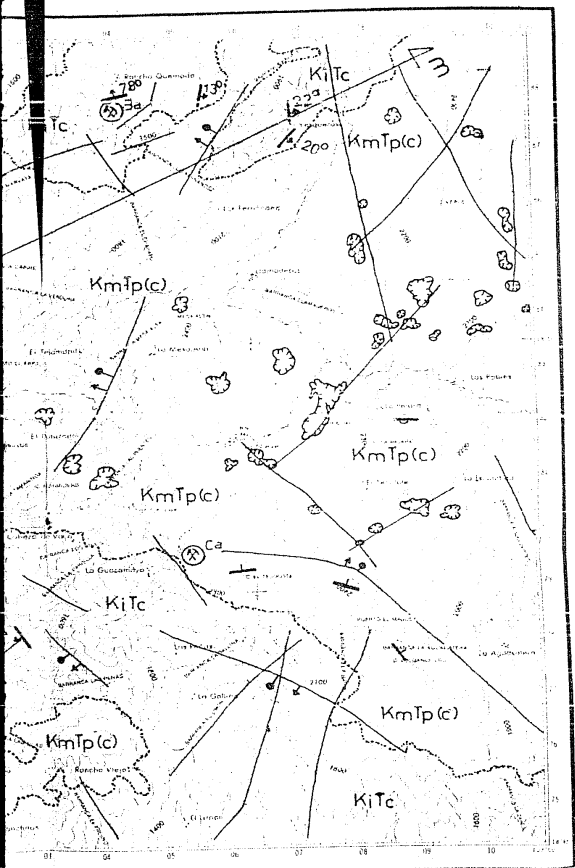
S I M B O L O G I A

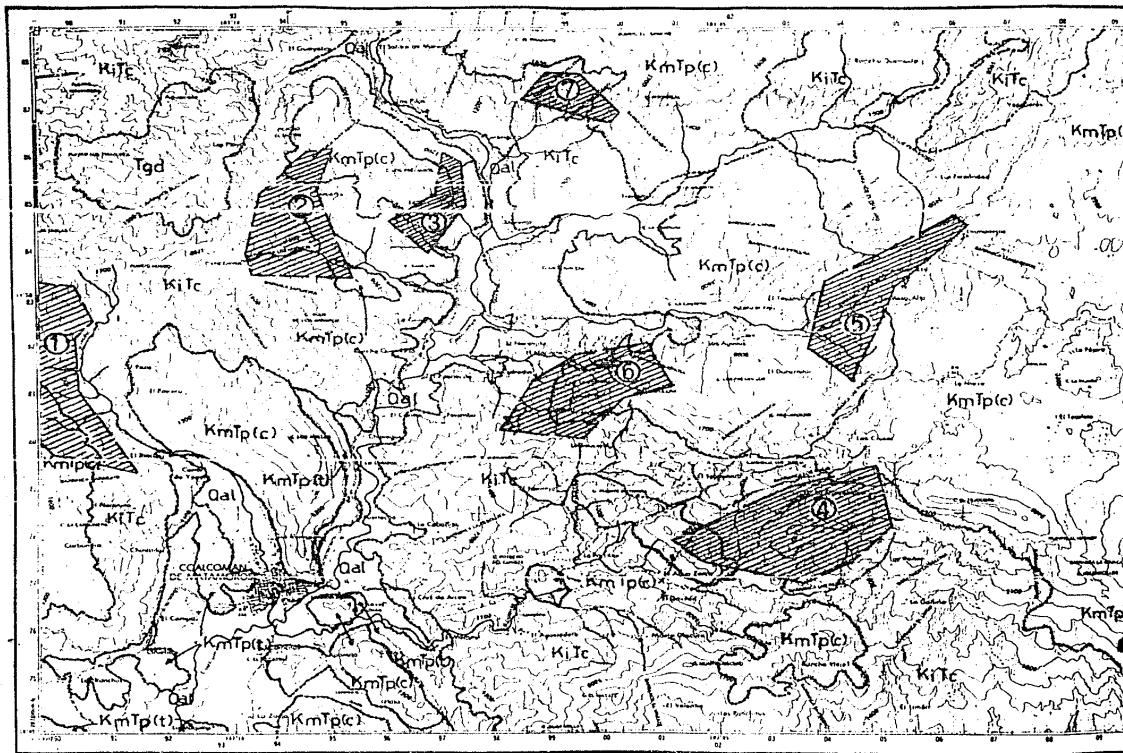
ALUVION		Qal
Gravas, arcillas y limos		
INTRUSIVO		Tgd
Granodiorita, diorita		
FORMACION TECALITLAN		Ki Tc
Areniscas volcánicas, andesitas, tobás andesíticas, tobás riolíticas e ignimbritas		
FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES TERRIGENA)		KmTp (T)
Lutitas areniscas calcareo-arcillosas y calcarenitas		
FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES CALCAREA)		KmTp (C)
Calizas de plataforma con intercalaciones de andesitas y tobás andesíticas		
CONTACTO GEOLOGICO		
FRACTURAS		
FALLAS NORMALES		
RUMBO E INCLINACION DE ESTRATIFICACION		27°
RUMBO E INCLINACION DE PSEUDOESTRATIFICACION		42°
RUMBO E INCLINACION FOTOINTERPRETADOS		
DOLINAS		
OBRA MINERA		
LINEA DE SECCION		

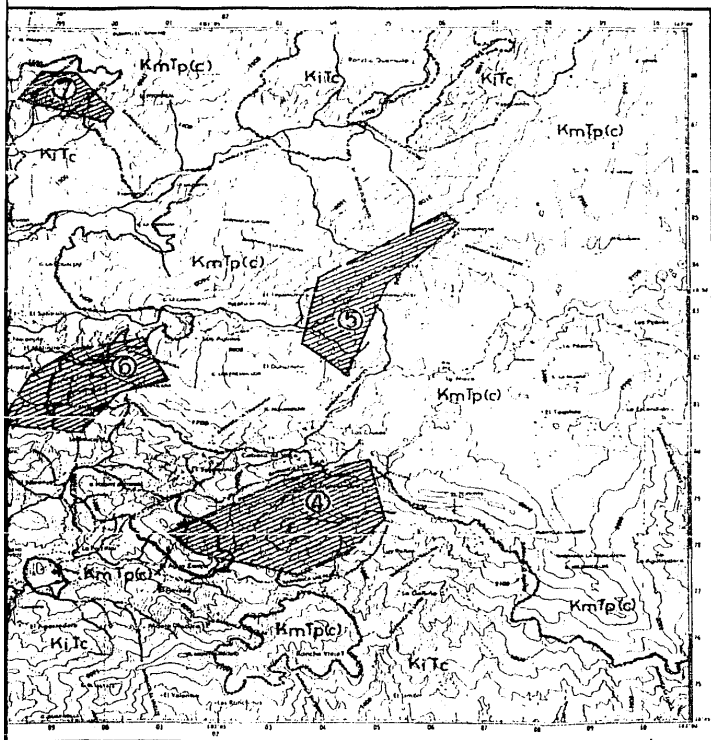
NOTA: LA BASE TOPOGRAFICA SE TOMO DE LA CARTA E 13 3 56 EDITADA POR DETENAL.



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO GEOLOGICO DEL AREA COALCOMAN	
TESIS PROFESIONAL	F. H. A. 1987







SIMBOLOGIA

ALUVION 0a1

Gravas arcillas y limos 0a2

INTRUSIVO 19a

Granodiorita, diorita 19b

FORMACION TECALITLAN K1Tc

Areniscas volcánicas, andesitas, tobas andesíticas, tobas riolíticas e ignimbritas K1Tc

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES TERRIGENA) KmTp(c)

Lutitas, areniscas calcareo-arcillosas y calcarenitas KmTp(c)

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES CALCAREA) KmTp(c)

Calizas de plataforma con intercalaciones de andesitas y tobas andesíticas KmTp(c)

CONTACTO GEOLOGICO ~

ZONAS ANOMALAS:

El Rincón: Zn, 3a [diagonal lines]

Barranca Los Hornos: Cu, Zn [diagonal lines]

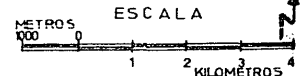
Cerro Los Preciados: Pb, Zn, 3a [diagonal lines]

La Guacamaya: Pb, Zn, 3a [diagonal lines]

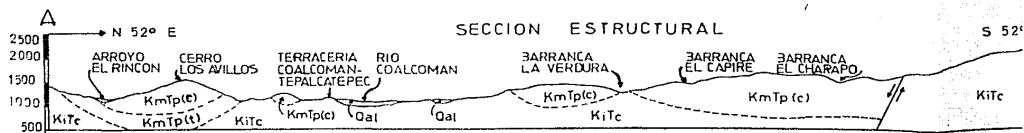
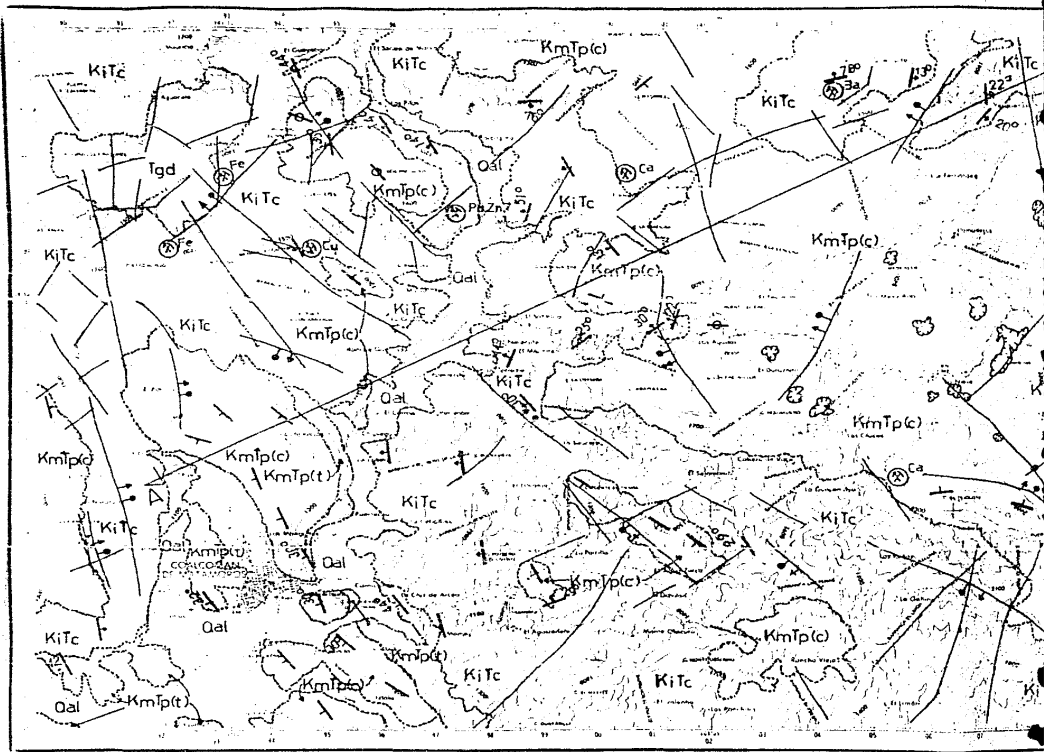
Mesa Alta: Pb, Zn, Ag, 3a [diagonal lines]

Cerro La Otatera: Pb, Ag, 3a [diagonal lines]

Corongoro: Ag [diagonal lines]



UNAM	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO DE ANOMALIAS GEOQUIMICAS	
TESIS PROFESIONAL	F.H.A. 1987



SIMBOLOGIA

ALUVION _____ **Gal**

Gravas, arcillas y limos

INTRUSIVO _____ **Igd**

Granodiorita, diorita

FORMACION TECALITLAN _____ **KiTc**

Areniscas volcánicas andesitas, tobas andesíticas, tobas riolíticas e ignimbritas

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES TERRIGENA) _____ **KmTp(t)**

Lutitas areniscas calcareo-arcillosas y calcarenitas

FORMACION TEPALCATEPEC (FACIES CALCAREA) _____ **KmTp(c)**

Calizas de plataforma con litolitos, tobas de arenistas y tobas andesíticas

CONTACTO GEOLOGICO _____

FRACTURAS _____

FALLAS NORMALES _____

RUMBO E INCLINACION DE ESTRATIFICACION _____

RUMBO E INCLINACION DE PSEUDOESTRATIFICACION _____

RUMBO E INCLINACION FOINTERPRETADOS _____

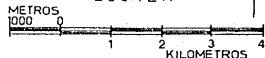
DOLINAS _____

OBRA MINERA _____

LINEA DE SECCION _____

NOTA: LA BASE TOPOGRAFICA SE TOMO DE LA CARTA E-13 3 36 EDITADA POR DETENAL.

ESCALA

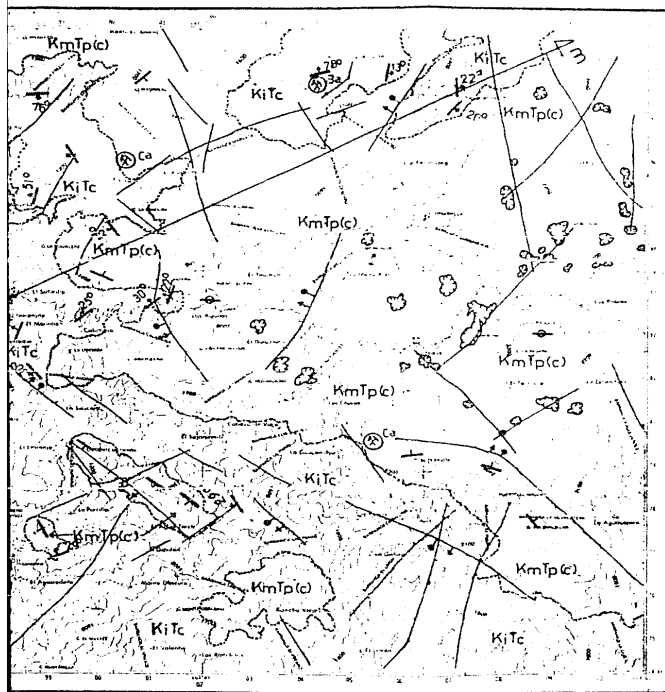


U N A M

FACULTAD DE INGENIERIA

PLANO GEOLOGICO DEL AREA COALCOMAN

TESIS PROFESIONAL F. H. A. 1987



CCION ESTRUCTURAL

