



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

Estudio Paragenético de los Prospectos  
El Crestón, 5 de Mayo y El Rey, Distrito  
Minero de Tahuahueto, Municipio de  
Tepehuanes, Durango

T E S I S

Que para obtener el título de :

INGENIERO GEOLOGO

p r e s e n t a n :

FRANCISCO JAVIER MEDINA ESCUTIA

LUIS ENRIQUE ORTIZ HERNANDEZ

---

México, D. F.

1983



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

# C O N T E N I D O

Pág.

## RESUMEN

### I.- INTRODUCCION

I.1.- Objetivos del estudio.....	1
I.2.- Método de trabajo.....	1

### II.- GENERALIDADES

II.1.- Localización y extensión del área.....	3
II.2.- Acceso.....	3
II.3.- Historia minera.....	3
II.4.- Situación dentro de las provincias fisiográficas	4
II.5.- Orografía.....	4
II.6.- Hidrografía.....	5
II.7.- Clima y vegetación.....	5
II.8.- Marco geológico regional.....	5

### III.- GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO

III.1.- Rocas volcánicas.....	7
III.2.- Rocas intrusivas.....	9
III.3.- Geología estructural.....	11
III.4.- Secuencia de eventos.....	12

### IV.- PARAGENESIS

IV.1.- Descripción general del sistema de vetas.....	14
IV.2.- Paragénesis y sucesión.....	15
IV.3.- Zoneamiento mineralógico.....	20
a) Zoneamiento local.....	20
b) Zoneamiento regional.....	22
IV.4.- Alteraciones hidrotermales.....	23
a) Introducción.....	23
b) Tipos y características.....	23
c) Evaluación de esta guía.....	25
IV.5.- Inclusiones fluidas.....	27
IV.6.- Génesis de los yacimientos.....	29

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1.- Conclusiones.....	30
V.2.- Recomendaciones.....	33

BIBLIOGRAFIA

APENDICES

MAPAS

## R E S U M E N

El distrito minero de Tahuahueto se localiza en la porción - media de la Sierra Madre Occidental, aproximadamente a 386 km al - NW de la ciudad de Durango. Los elementos de interés son Au, Ag, - Pb, Zn y Cu, alojados en rocas intrusivas de composición granítica y en rocas volcánicas andesíticas. La gran pila de rocas ígneas del distrito refleja dos períodos de magmatismo íntimamente relacionados a - los fenómenos que dieron origen a la Sierra Madre Occidental. Las ro - cas que pertenecen al período magmático temprano están representadas en el área por andesitas, cuarzodioritas, granodioritas y cuarzomonzonitas. Las ignimbritas, riolitas, tobas riolíticas, brechas y aglomerados son posteriores al evento de mineralización y corresponden al pe - ríodo magmático tardío.

La mineralización ocurre en vetas-falla que presentan un - rumbo NE 30° a NE 60° con echados al SE y esporádicamente en bre - chas tectónicas. Se tiene otro patrón de fallamiento con rumbo NW-SE que varía de 28° a 42° y desplaza a las estructuras mineralizadas. - Un tercer patrón con rumbo similar al de las vetas, afecta a las ro - cas de ambos episodios magmáticos constituyendo bloques complejos.

La evaluación del distrito minero de Tahuahueto está funda - mentada en un estudio paragenético tendiente a determinar las relacio - nes mineralógicas de los prospectos "El Crestón", "5 de Mayo" y "El Rey". En los prospectos mencionados se observan dos eventos de mine - ralización hipogénica y una etapa supergénica, ésta última no bien defi - nida en el área "5 de Mayo". El primer evento de mineralización se - ha considerado de tipo neumatolítico, está claramente expuesto en el - prospecto "5 de Mayo" y en menor grado en "El Crestón" y "El Rey", se caracteriza por la formación de microvetillas a manera de stock - works constituidas por cuarzo, clorita, turmalina, pirita y calcopirita. No fue posible analizar inclusiones fluidas correspondientes a esta eta - pa, pero se supone que la temperatura de formación de esta paragéne - sis es mayor a 470°C.

El segundo evento de mineralización hipogénica es de tipo hi - drotermal y se compone de cuatro etapas que en conjunto constituyen un sistema. La primera etapa está representada por la cristalización de cuarzo, pirita, calcopirita, esfalerita y escasa galena. Los análisis microtermométricos proporcionan un rango de temperatura de formacón que va de 265 a 250°C, y evidencias de alto contenido en volátiles. La segunda etapa se caracteriza por la paragénesis cuarzo, pirita, calco - pirita, esfalerita, galena, bornita y tetraedrita. Las temperaturas de - homogeneización obtenidas en inclusiones fluidas de esta etapa han per - mitido establecer un rango comprendido entre 250 y 185°C y una salini

dad mayor al 26% en peso equivalente a NaCl. La tercera etapa está definida por la cristalización de cuarzo, pirita, galena, estromeyerita. Se ha establecido un rango de temperatura de formación para esta etapa que varía de 190 a 170°C y una salinidad también mayor al 26%. La última etapa hidrotermal se caracteriza por la formación de cuarzo, calcita, fluorita, calcedonia, ópalo y ceolitas. Se analizaron en la platina térmica, fluorita y calcita, lo que permitió determinar un rango de temperatura de formación para los minerales de esta etapa, variando entre 170 y 149°C. La salinidad obtenida para esta etapa es mucho mayor que el 26% en peso equivalente a NaCl y es la más alta registrada en el sistema hidrotermal.

La etapa supergénica está mejor expuesta en "El Crestón", se caracteriza por la presencia de hematita, limonita, covelita, digenita, acantita, cocinerita, malaquita, azurita, cerusita, smithsonita, hemimorfita, cuprita y piromorfita.

El estudio de los tres prospectos permite establecer un zoneamiento local para cada prospecto y un zoneamiento regional para el distrito minero de Tahuahueto. El zoneamiento hipogénico fue controlado fundamentalmente por la posición topográfica de los yacimientos durante la formación de las vetas y brechas mineralizadas. En cambio, la posición topográfica actual, así como el relieve, son los factores que ocasionaron la formación y el zoneamiento de los minerales supergénicos.

Las alteraciones hidrotermales reconocidas son la propilítica, filica, argílica y silícica-clorítica variando en intensidad tanto vertical como lateralmente. La alteración propilítica es de carácter regional y local, en cambio los otros tipos se restringen a la proximidad de los cuerpos mineralizados.

En los prospectos "El Rey" y "El Crestón", la alteración filica avanzada proporciona una guía confiable hacia la mineralización, no así en "5 de Mayo" donde la alteración propilítica avanzada traslapada con argílica se relaciona estrechamente con los mejores clavos.

De acuerdo con las observaciones derivadas mediante estudios de campo, complementadas con técnicas de laboratorio, se sugiere la existencia de un yacimiento del tipo pórfido cuprífero asociado a un sistema hidrotermal que evolucionó tanto espacial como temporalmente llegando a constituir un yacimiento meso-epitermal de relleno de fisuras, generado por soluciones hipogénicas provenientes de una fuente magmática. Esto es importante, porque de existir un yacimiento de cobre disseminado, el potencial económico del distrito se incrementaría notablemente.

## I.- INTRODUCCION

Como consecuencia de estudios de reconocimiento efectuados en 1976 por la Compañía Japonesa Emijamex, S. A., en el área de Tahuahueto, Durango, en que se constató el interés minero de la misma; el Consejo de Recursos Minerales por medio de la Gerencia de Evaluación y Contratos efectuó nuevas actividades exploratorias a partir de 1978, realizándose un convenio con la Comisión de Fomento Minero para ver la posibilidad de establecer una planta de beneficio.

Buscando complementar los estudios de exploración, la Subdirección Técnica a través de la Gerencia de Estudios Especiales del Consejo de Recursos Minerales solicitó un estudio paragenético a la Sección de Investigaciones Metalogenéticas con la finalidad de contar con mejor apoyo en los trabajos de evaluación de los prospectos "El Crestón", "5 de Mayo" y "El Rey".

### I.1.- Objetivos del estudio

Los objetivos del presente estudio son:

- Determinación de la paragénesis, sucesión y zoneamiento de los prospectos "El Crestón", "5 de Mayo" y "El Rey" para contar con mejor apoyo en los trabajos de evaluación.
- Determinación de la distribución de las alteraciones hipogénicas, para conocer si pueden ser utilizadas como una guía en la localización de cuerpos mineralizados.
- Estimación de las variaciones espacio-temporales de los cuerpos mineralizados para definir niveles de mineralización

### I.2.- Método de trabajo

El método de trabajo comprendió la etapa preliminar o de consulta de material bibliográfico, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y gabinete.

Selección de material y bibliografía.- Como punto de partida se efectuó un plan de trabajo tendiente a optimizar el desarrollo del estudio, contemporáneamente se consultaron los informes elaborados en trabajos anteriores relacionados al área de estudio, así como artículos especializados de algunos yacimientos localizados en la Sierra Madre Occidental.

Trabajo de campo.- Fueron necesarias dos temporadas de campo con duración de 20 días cada una de ellas. En la primera visita se efectuaron reconocimientos geológicos superficiales a semidetalle con la finalidad de visualizar las principales estructuras geológicas y familiarizarse con las unidades litológicas que conforman al distrito minero, tratando de definir la alteración hidrotermal que las afecta, - así mismo, se efectuaron muestreos de superficie e interior de mina en el prospecto "El Crestón" para definir las etapas de mineralización, variaciones litológicas y comportamiento de las estructuras mineralizadas.

En la segunda visita al área se efectuaron reconocimientos geológicos y muestreos de interior de mina principalmente en los prospectos "5 de Mayo" y "El Rey". Se verificaron los resultados obtenidos con las muestras analizadas en los estudios de laboratorio y se estableció la columna geológica tentativa del distrito.

Trabajo de laboratorio y gabinete.- El trabajo de laboratorio comprendió la selección y preparación de muestras con la finalidad de ser estudiadas mediante petrografía, minerografía, inclusiones fluidas, difracción y fluorescencia de rayos X y microsonda electrónica. Con estas técnicas se determinaron las características físico-químicas de la mineralización, así como la paragénesis, sucesión y zoneamiento de la misma, junto con las características petrográficas y de alteraciones de las distintas unidades rocosas.

En gabinete se interpretaron los resultados obtenidos en los estudios realizados, se elaboraron mapas geológicos y de alteraciones de interior de mina, escala 1: 250, un mapa geológico a semidetalle del distrito minero, escala 1: 10,000, así como los diagramas de sucesión, columna geológica tentativa y evolución geocronológica de Tahuahuetto.

## II.- GENERALIDADES

### II.1.- Localización y extensión del área

El distrito minero de Tahuahueto se localiza en la porción - NW del Estado de Durango dentro del municipio de Tepehuanes, aproximadamente a 386 km al NW de la ciudad de Durango. Sus coordenadas geográficas son 25°25' de latitud norte y 106°37' de longitud oeste (Figura 1). La superficie del distrito cubre aproximadamente un área de 20 km<sup>2</sup>.

### II.2.- Acceso

Dadas las condiciones topográficas tan abruptas del distrito, para el acceso son necesarios medios aéreos y terrestres. El primero se efectúa mediante helicópteros y avionetas tipo Cessna con rutas de - Culiacán a la Mesa de los Toros, ubicada en el flanco occidental del - área. El acceso por vía terrestre es el más usual, la comunicación se realiza a través de la carretera pavimentada Durango-Tepehuanes recorriendo 197 km y de Tepehuanes a Tahuahueto por camino de terracería 189 km.

### II.3.- Historia minera

Los antecedentes más antiguos de que se tiene noticia en cuanto a la historia minera de Tahuahueto se tomaron de un libro que publicó el Padre Alegre y que se titula "Las Misiones de la Sierra Madre", Extractos del libro fueron reimpresos en 1893 encargándose de ello el señor Martín del Corte (Herbert, 1923).

Durante los siglos XVI y XVII cuando México se encontraba - bajo el dominio del imperio español, las minas, que estaban ubicadas dentro del Distrito de Sianori, pertenecían a la Corona y eran grandes productoras de plata por lo cual adquirieron renombre en los Anales de la Minería Mexicana. De tiempo en tiempo, los barcos de la Real Armada arribaban a las costas del Pacífico para recibir grandes cargamentos de plata procedentes de estas minas.

Durante el primer tercio del siglo XVIII los españoles abandonaron Tahuahueto debido a que los indios que poblaban la Sierra Madre constantemente los atacaban en gran número provocando muerte y desolación a su paso.



Hasta los inicios del siglo XIX estas minas estuvieron abandonadas, muchas de ellas se encontraban inundadas y derrumbadas y solamente algunas eran explotadas rudimentariamente por gambusinos. Tiempo después la U.S. Smelting Refining & Mining Exploration Co. efectuó exploraciones con la finalidad de evaluar la rentabilidad de la explotación, y al parecer, las minas se continuaron explotando hasta la primera mitad del siglo XX.

Recientemente la Compañía Sacramento de la Plata y la Compañía Japonesa Emijamex tenían a su cargo la evaluación y explotación de las minas de Tahuahueto, abandonando ésta en 1978.

De 1978 a la fecha el Consejo de Recursos Minerales continúa la exploración y desarrollo de obras mineras.

#### II.4.- Situación dentro de las provincias fisiográficas

Fisiográficamente el área se localiza en la porción media de la Sierra Madre Occidental (Raisz, 1964) dentro de la Subprovincia de Barrancas (King, 1939). Esta provincia fisiográfica tiene una longitud aproximada de 1500 km por 300 km de anchura y se extiende en dirección NW-SE desde los Estados Unidos en el Norte hasta el paralelo 21 donde es truncada por la provincia del Eje Neovolcánico. La región se caracteriza por profundas barrancas algunas de las cuales alcanzan los 2,200 m de profundidad y han sido esculpidas por la erosión diferencial de gruesas secuencias volcánicas constituidas por riolitas, tobas, ignimbritas y andesitas intercaladas.

#### II.5.- Orografía

Los rasgos orográficos de la Sierra Madre Occidental son el resultado directo de la historia tectónica de la región. La conformación topográfica de la Subprovincia de Barrancas se distingue por ser una porción de la corteza profusamente modelada por la acción erosiva de las corrientes de agua que fluyen hacia el SW. Los procesos geológicos exógenos han modelado un relieve netamente juvenil con valles cortados en "V", ríos encajonados y cañones que tienen gran pendiente en sus laderas formando barrancas de gran profundidad y a las cuales esta Subprovincia debe su nombre.

Las barrancas están rodeadas de escarpadas montañas que corren paralelas a la costa del Pacífico y cuya elevación promedio es de 2,000 m pero que llegan a alcanzar los 3,000 m. s. n. m.

## II. 6.- Hidrografía

Los sistemas fluviales de la región pertenecen a la vertiente del Pacífico, entre ellos se distingue el Río Humaya en el que desaguan ríos caudalosos como el de Los Lobos, del Valle y Colorado que llevan agua durante todo el año.

La red hidrográfica del área es subparalela con un marcado control estructural y baja densidad de drenaje. Los arroyos siguen preferentemente las orientaciones de las fallas y fracturas con rumbo general NE-SW y sus ramales con un rumbo NW-SE, aunque su influencia es menor en la forma de la red.

## II. 7.- Clima y vegetación

En la zona de Tahuahueto el clima es variable ya que la temperatura cambia con la altitud, en las partes más bajas el clima es subtropical, no así en las partes altas donde es esencialmente frío produciéndose nevadas en invierno. La temperatura media anual de la región es del orden de 19°C y la precipitación pluvial promedio es de 1285 mm al año, abarcando la temporada de lluvias los meses de Mayo a Noviembre.

La vegetación es muy variada de acuerdo con las elevaciones del terreno; en la parte alta de la sierra, los bosques de coníferas en sus diversas especies de encinos y madroños son comunes; en el fondo de los valles se presenta la vegetación típica de la costa del Pacífico como son palo blanco, chilicote, colorín, mauto, brasil, pitayo, etc.

## II. 8.- Marco geológico regional

La provincia geológica de la Sierra Madre Occidental es un sistema montañoso formado en gran parte por una extensa meseta volcánica que se extiende desde el Desierto de Sonora, al Norte, hasta la Provincia del Eje Neovolcánico al Sur, hacia el Oriente y Occidente está limitada por la Mesa Central y Llanura Costera del Pacífico respectivamente. Está integrada por rocas que varían en edad desde el Precámbrico al Reciente aunque su rasgo más distintivo es que se encuentra cubierta por grandes espesores de rocas volcánicas que van del Cretácico Tardío al Pleistoceno.

El Precámbrico está representado por rocas ígneas y sedimentarias metamorfozadas a facies de esquisto verde y anfibolita, -

expuestas en la porción NE del Estado de Sonora (Anderson, et. al., - 1978).

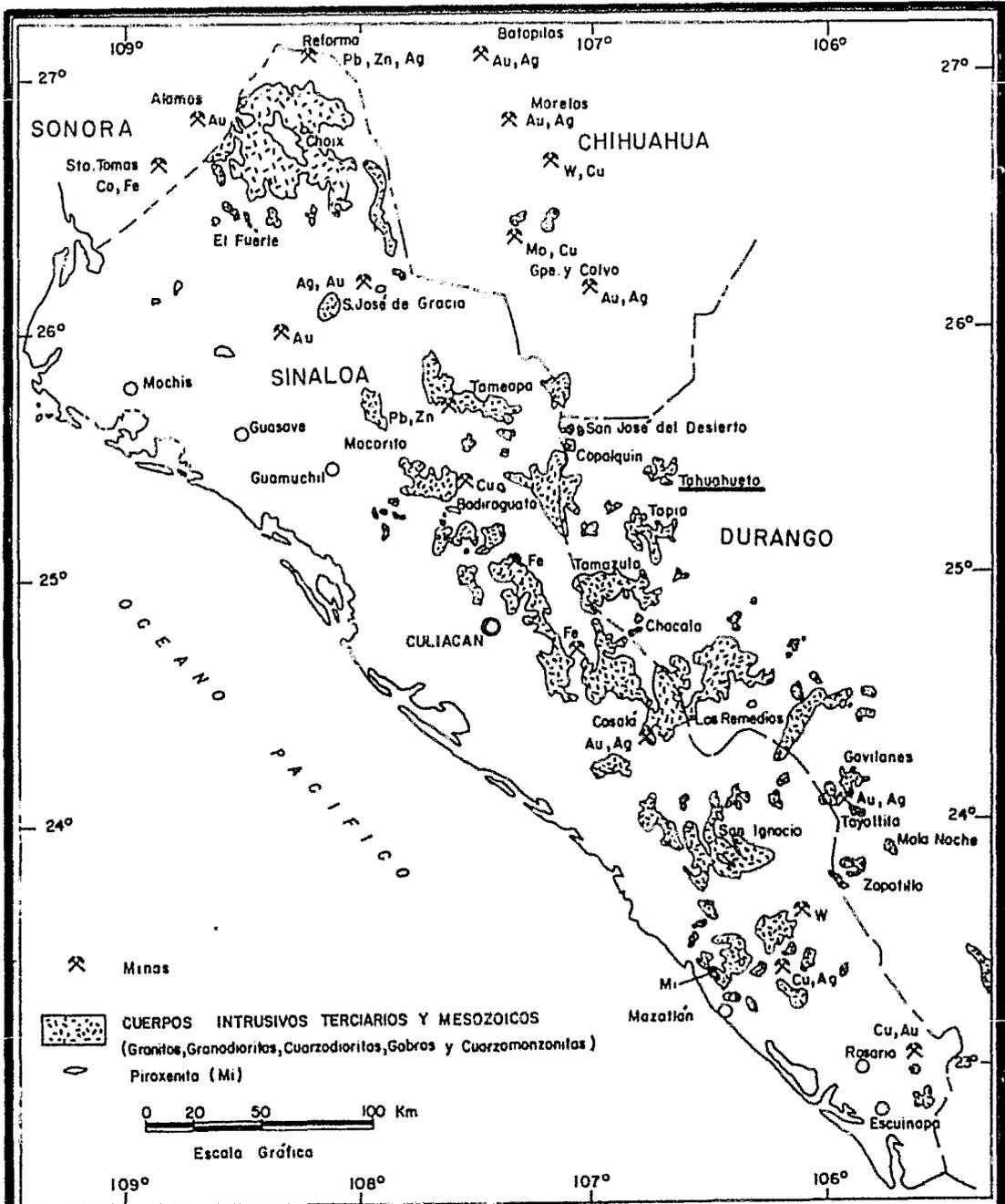
Abundantes afloramientos aislados de rocas sedimentarias paleozoicas (López Ramos, 1971) y metamórficas de probable edad paleozoica (De Cserna y Kent, 1961) sugieren que las rocas paleozoicas cubrieron grandes extensiones del NW de México.

Un complejo batolítico y rocas volcánicas asociadas, así como sedimentos del Cretácico Superior-Terciario Temprano constituyen el basamento en gran parte de la región (Sawkins, 1982) (Figura 2).

Según Mc Dowell y Clabaugh (1979) la Sierra Madre Occidental está integrada por dos importantes secuencias ígneas correspondientes a dos períodos magmáticos, los cuales estuvieron activos durante los 100 y 45 m. a. y los 32 y 23 m. a. antes del presente. Las rocas del episodio magmático más antiguo, llamadas informalmente secuencia volcánica inferior, están representadas por derrames y unidades piroclásticas intercaladas, ambas de composición andesítica, aún cuando se encuentran en algunos lugares rocas riolíticas (Fredrikson, 1974; - Nemeth, 1976). Generalmente esta secuencia se encuentra deformada e intensamente afallada y alterada.

Sobreyaciendo discordantemente a la secuencia volcánica inferior, se encuentra la secuencia volcánica superior, constituida por las rocas que pertenecen al período magmático más reciente; están representadas por ignimbritas riolíticas a riodacíticas, tobas riolíticas, lavas, brechas y aglomerados. Generalmente la secuencia volcánica superior está inalterada, aunque en las márgenes este y oeste de la Sierra se observa afallada.

Afloramientos de rocas basálticas más recientes sobreyacen discordantemente a la secuencia volcánica superior en muchos lugares de la Sierra Madre Occidental.



\* FUENTE: E. LOPEZ RAMOS Y OTROS (1978)



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MZU

ROCAS INTRUSIVAS EN SINALOA Y PARTE DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL (DURANGO Y CHIHUAHUA)\*

POB. JAVIER MEJIA ESQUITA  
 LUG. ESTACION DE TRAZO

FECHA  
 1983

FIGURA  
 2

### III.- GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO

Tahuahueto está localizado en la porción media de una gran área del Terciario volcánico de la Sierra Madre Occidental. En el distrito minero aflora una gran pila de rocas volcánicas e intrusivas que pueden ser correlacionadas con las rocas pertenecientes a los dos períodos de magmatismo que conforman la Sierra Madre Occidental.

#### III.1.- Rocas volcánicas

Una potente cubierta de rocas volcánicas andesíticas se encuentra cubriendo las partes más bajas del relieve. Las relaciones de campo indican para esta unidad un espesor aproximado de 1000 a 1200 m; su distribución espacial ocupa grandes extensiones estando controlada principalmente por fallamientos normales con orientaciones al NE-SW y NW-SE. La expresión fisiográfica de estas rocas está caracterizada por una topografía abrupta con escarpes de fuertes pendientes.

Los afloramientos de la secuencia andesítica están bien representados en el Rfo de las Vueltas, área "El Rey"- "Crestón", "5 de Mayo" y "Texcalama" (Figura 3).

La roca muestra una textura porfirítica con matriz hialopilitica alterada, constituida por un agregado de finos microlitos de andesita-oligoclasa incluidos en vidrio alterado a clorita y minerales arcillosos. Diseminados en la mesostasis se observan fenocristales euedrales y subedrales de plagioclasas de composición similar parcialmente alterados a minerales arcillosos y con ligero reemplazamiento por clorita, calcita y epidota.

Como accesorio común se tienen fantasmas de fenocristales de hornblenda alterados a clorita, calcita, epidota y limonita.

La apatita ocurre en microcristales euedrales y subedrales incluidos en las plagioclasas.

La pirita se presenta en finos cristales euedrales y subedrales de sección cúbica parcialmente reemplazados por limonita.

La roca se clasificó como andesita porfirítica de hornblenda, de origen ígneo extrusivo y afectada por soluciones hidrotermales (Figura 14).

## Rocas piroclásticas.

Las rocas piroclásticas que constituyen la secuencia volcánica superior incluyen brechas, aglomerados, riolitas, tobas riolíticas e ignimbritas que ocurren en la parte superior de la columna estratigráfica, ocupando las zonas topográficamente más altas del distrito y cubriendo discordantemente a los derrames andesíticos y cuerpos intrusivos de la secuencia volcánica inferior.

El cálculo del espesor total de las rocas piroclásticas en Tahuhueto se complica porque la estructura regional es compleja debido a fallamientos normales y acuíñamiento de las unidades litológicas.

Los afloramientos de las rocas piroclásticas se observan - principalmente en la porción N-NE y N-NW del distrito, así como en el área "El Rey", "5 de Mayo" y Río de las Vueltas (Figura 3).

Las brechas y aglomerados se encuentran interestratificados en las riolitas y tobas riolíticas, formando depósitos de espesor variable desde unos cuantos metros hasta varias decenas, que ocurren en la base de las rocas piroclásticas, acuíñándose lateralmente.

Estas rocas presentan un color rojo con tonalidades grises, estando constituidas por fragmentos subangulosos de andesita y granodiorita englobados en una matriz afanítica.

Las riolitas y tobas riolíticas se observan constituyendo extensos depósitos de poco espesor a lo largo de todo el distrito, estas rocas subyacen a las ignimbritas que se encuentran coronando la secuencia volcánica superior formando mesetas con bordes de fuertes - pendientes. Por efecto de los fallamientos se observan en general inclinadas hacia el S-SW y en contacto lateral por falla con las rocas andesíticas de la secuencia volcánica inferior.

La roca se presenta formada esencialmente por un agregado de vidrio de tipo riolítico con una textura vermiculosa característica de las tobas soldadas, este constituyente vítreo contiene intercalaciones de ceniza volcánica y diseminaciones de los siguientes constituyentes. Fragmentos de roca: Se presentan varios tipos, de andesitas con una textura microlítica porfídica formada por un agregado de finos microlitos de andesina-oligoclasa con alteraciones a minerales arcillosos y reemplazamientos por un abundante agregado de hematita y limonita. - Pórfidos riolíticos: éstos se presentan con una textura holocristalina porfídica, formados por un agregado de fenocristales subedrales de cuarzo y feldespatos (sanidino) incluidos en una mesostasis formada por un agregado de cuarzo y feldespato potásico. Estas rocas presen-

tan alteración selectiva a minerales arcillosos.

Los feldespatos (sanidino) se presentan en cristales angulosos generalmente alterados a minerales arcillosos y las plagioclasas (andesina-oligoclasa) están alteradas principalmente a sericita.

El cuarzo ocurre en cristales anedrales parcialmente corroídos por la matriz de la roca.

La biotita se observa en finos cristales tabulares con pequeñas alteraciones a clorita, hematita y limonita.

La magnetita se presenta en finos cristales euedrales y subedrales de sección octaédrica.

Los constituyentes citados se presentan diseminados en la matriz de la roca mencionada inicialmente. Esta matriz vítrea se presenta en ocasiones parcialmente desvitrificada y con alteraciones a hematita, limonita y minerales arcillosos.

### III.2.- Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas que afloran en Tahuahueto están representadas por un gran cuerpo irregular en forma de "stock" de granodiorita que presenta facies subvolcánicas graduando desde cuarzodioritas hasta cuarzomonzonitas. Todas ellas se encuentran emplazadas a diferentes niveles topográficos intrusionando a las rocas andesíticas de la secuencia volcánica inferior.

El mapeo detallado del distrito, necesario para determinar los contactos entre el stock y demás unidades litológicas no ha sido efectuado, los afloramientos de éste están bien expuestos en "El Rey" y "El Crestón" donde actúa como roca huésped de la mineralización, en el Río de la Vueltas y "5 de Mayo" constituye masas irregulares de dimensiones variables.

Los afloramientos de los intrusivos proporcionan al relieve una topografía muy accidentada, la cual sobresale de las demás rocas que conforman al distrito minero llegando a constituir verdaderos crestones oxidados como es el caso de "El Crestón" (Figura 6).

Presentan una textura holocristalina, hipidiomórfica de grano medio, en ocasiones remanente debido a la alteración hidrotermal. Están constituidas por cristales subedrales de andesina-oligoclasa, los cuales se observan parcialmente alterados a sericita y minerales arci-

llosos; el feldespato potásico se presenta en su variedad microclina - con leve alteración a minerales arcillosos. En ocasiones se observa - la microclina constituyendo pertitas. La proporción relativa de las plagioclasas con el feldespato potásico es variable comprendiendo cuarzo-monzonitas, granodioritas y cuarzodioritas.

El cuarzo ocurre en cristales anedrales rellenando intersticios entre la microclina y las plagioclasas, comúnmente se encuentra intercrecido con feldespato formando agregados mirmekíticos.

La hornblenda es el accesorio más común, se presenta en - cristales euedrales y subedrales alterados fuertemente a una mezcla de clorita, calcita, hematita y limonita.

La biotita se presenta en cristales subedrales con hábito tabular parcialmente alterados a clorita y epidota.

La apatita ocurre en finos cristales euedrales y subedrales diseminados en la roca y como inclusiones en los demás minerales.

La pirita se encuentra en cristales anedrales y subedrales - diseminados, con alteración incipiente a hematita principalmente en sus contornos.

La turmalina en su variedad ferrífera (chorlo) se presenta en cristales tabulares que adoptan una disposición radial como inclusiones en el cuarzo y formando intercrecimientos con la pirita.

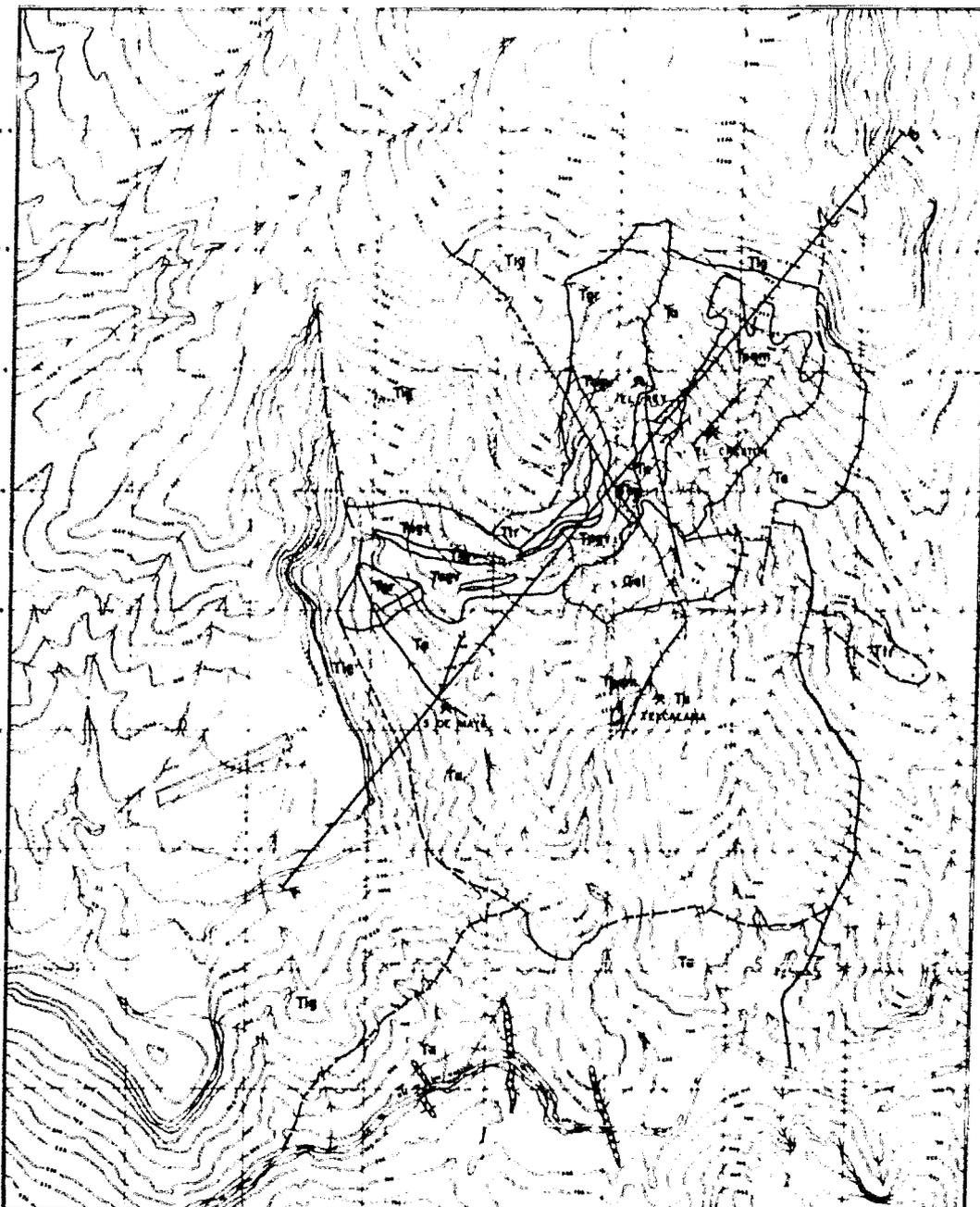
La roca se clasificó como granodiorita de hornblenda-biotita con variaciones a cuarzomonzonita y cuarzodiorita de origen ígneo intrusivo, afectadas por neumatólisis e hidrotermalismo (Figura 15).

#### Diques andesíticos.

Una generación de diques andesíticos parece culminar la actividad magmática en el área, como estos diques intrusionan solamente a los cuerpos graníticos aprovechando sistemas de fracturas y diaclasas, se consideran post-plutónicos y pre-vulcanismo piroclástico ya que no se observaron intrusionando a la secuencia volcánica superior.

Individualmente los diques presentan espesores que oscilan entre 0,60 a 2 m, sus afloramientos se observaron principalmente en la estructura "El Crestón", "El Rey" y en el Río de las Vueltas (Figura 7).

Tienen una textura porfirítica con matriz hialopilitica altera-



**LEYENDA**

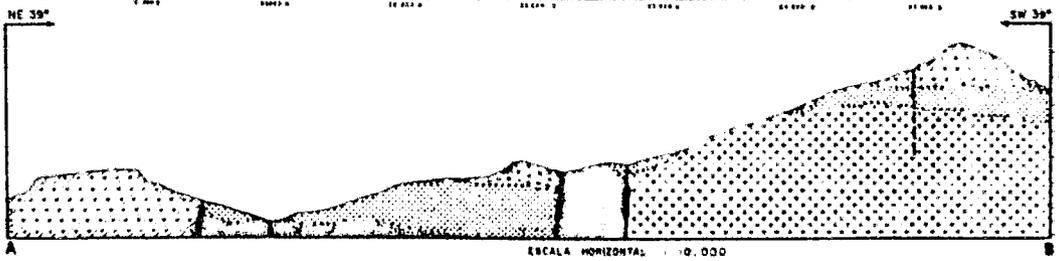
- |    |                        |
|----|------------------------|
| 20 | Aluviales              |
| 74 | Gimbrito               |
| 75 | Restos de riuolitos    |
| 76 | Bracho volcánica       |
| 77 | Agglomerado volcánico  |
| 78 | Granodiorito           |
| 79 | Cuarzoarenita          |
| 80 | Andesita de hornblenda |

**SÍMBOLOS GEOLÓGICOS**

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| FALLA MOSTRANDO EL BLOQUE CADO |  |
| FALLA INFERNA                  |  |
| FRACTURA                       |  |
| FRACTURA INFERNA               |  |
| CONTACTO GEOLÓGICO             |  |
| CONTACTO INFERNO               |  |
| QUEQUE                         |  |

**SÍMBOLOS TOPOGRÁFICOS**

- |                 |     |
|-----------------|-----|
| PROSPECTO       | *   |
| VEREDA          | --- |
| BRECHA          | --- |
| RIO & ARROYO    | --- |
| CURVAS DE NIVEL | --- |
| PISTA AEREA     | --- |



ESCALA VERTICAL  
1:20,000

ESCALA 1:10,000

	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS	PROFESIONAL
	MAPA GEOLÓGICO A SEMDETALLE	
	DEL DISTRITO MINERO DE TOLUCA DGO	
T. J. JAVIER DEBENA ENOCH C. J. JAVIER DEBENA ENOCH		FECHA 1982
		PAGINA 1

da, constituida esencialmente por fenocristales euedrales y subedrales de andesina-oligoclasa parcialmente reemplazados por clorita, calcita y escasa epidota, incluidos en una matriz integrada por finos microlitos euedrales de andesina y vidrio intersticial fuertemente alterados a clorita y minerales arcillosos.

Como accesorio común se observan fantasmas de fenocristales de ferromagnesianos completamente alterados a clorita y sericita.

La pirita ocurre como finos cristales anedrales diseminados en la mesostasis e incipientemente alterados a hematita.

Es común observar finas vetillas rellenas por calcita que cortan a los microlitos y fenocristales de plagioclasa.

La roca se clasificó como pórfido andesítico de origen hipabisal y afectada por soluciones hidrotermales.

### III.3.- Geología estructural

Los rasgos estructurales en el distrito minero son muy complejos ya que grandes fallas han elevado gruesas pilas de rocas volcánicas e intrusivas pertenecientes a la secuencia volcánica inferior y superior al mismo nivel topográfico, y son varios los períodos de fallamiento que han tenido lugar en la región.

Los principales rasgos estructurales están representados por una serie de bloques que han sido formados por un conjunto de fallas normales con rumbo general NE-SW y NW-SE con echados al SE y SW.

El sistema de fallas más tardío es anterior al evento de mineralización y económicamente el más interesante, ya que fue el que proporcionó los conductos que sirvieron de receptáculo a las soluciones mineralizantes que a su vez dieron origen a las vetas, este sistema engloba aquellas fallas con rumbo NE 30°- 60°SW y echados al SE 84° 86°; las fallas desarrolladas en la última fase de distensión tienen un rumbo similar y afectan a las rocas de ambos episodios magmáticos - dividiendo al distrito en bloques complejos. Se tiene otro patrón de fallamiento menos persistente que los anteriores con rumbo NW-SE variando de 28° a 42° y echados al SE 80°- 84° que desplaza a las estructuras mineralizadas.

La totalidad de las fallas son normales (Figura 6), es decir, de alargamiento de la corteza, una característica común es el desarro

llo de productos de molienda (salbanda) a lo largo de ellas. Se tienen también fallas normales con componente rotacional, sincrónicas con el último período de fallamiento afectando principalmente a las rocas intrusivas.

Las características estructurales menores relacionadas a los principales rasgos incluyen fracturas, diaclasas y brechas tectónicas. Las fracturas son abundantes y van desde la escala del metro hasta varios kilómetros de longitud siguiendo un patrón sensiblemente paralelo a la orientación de los sistemas de fallas, las que corren con rumbo NE son más persistentes que las que llevan un rumbo NW y afectan tanto a la secuencia volcánica inferior como a la superior.

Las diaclasas se observan ampliamente desarrolladas afectando principalmente a los cuerpos plutónicos que afloran en el distrito, ellas se agrupan en dos sistemas conjugados, uno de los cuales es más persistente presentando un rumbo NE, siendo el otro perpendicular a éste. Estas estructuras actuaron como conductos propicios que permitieron el emplazamiento de diques de pequeñas dimensiones. (Figura 7).

Las brechas tectónicas no tienen una distribución regular ni espesor constante, ellas ocurren esporádicamente a lo largo de grandes fallas orientadas preferentemente al NE y afectan tanto a las rocas intrusivas como volcánicas siendo importantes porque contienen diseminaciones de sulfuros. (Figura 8). Comúnmente se observan estas brechas en la inmediata vecindad de las andesitas intrusionadas por plutones granodioríticos.

#### III.4.- Secuencia de eventos

En el área de estudio no afloran las rocas basales, sin embargo, mediante correlaciones indirectas con unidades litoestratigráficas conocidas en localidades inmediatas y estudios geocronológicos radiométricos efectuados por McDowell y Keiser (1977), se ha interpretado de la siguiente manera la secuencia de eventos geológicos que tuvieron lugar en el área.

La presencia de rocas calcáreas pertenecientes al Cretácico, que afloran en ventanas estructurales aguas arriba del Río del Valle al SE de Tahuahueto (Kamono et al; 1978) ponen de manifiesto una cuenca de sedimentación mesozoica-cretácica la cual fue plegada y expuesta a la superficie por efecto de la Orogenia Laramide durante el Cretácico Tardío - Terciario Temprano, dicha cuenca se extendió a través de una gran parte de la vertiente del Pacífico con una orientación general de NW a SE (Pineda, 1975).

En los inicios del período Terciario es extravasada en forma de derrames y a través de fisuras, la secuencia volcánica inferior, - presentando en el área un carácter esencialmente andesítico.

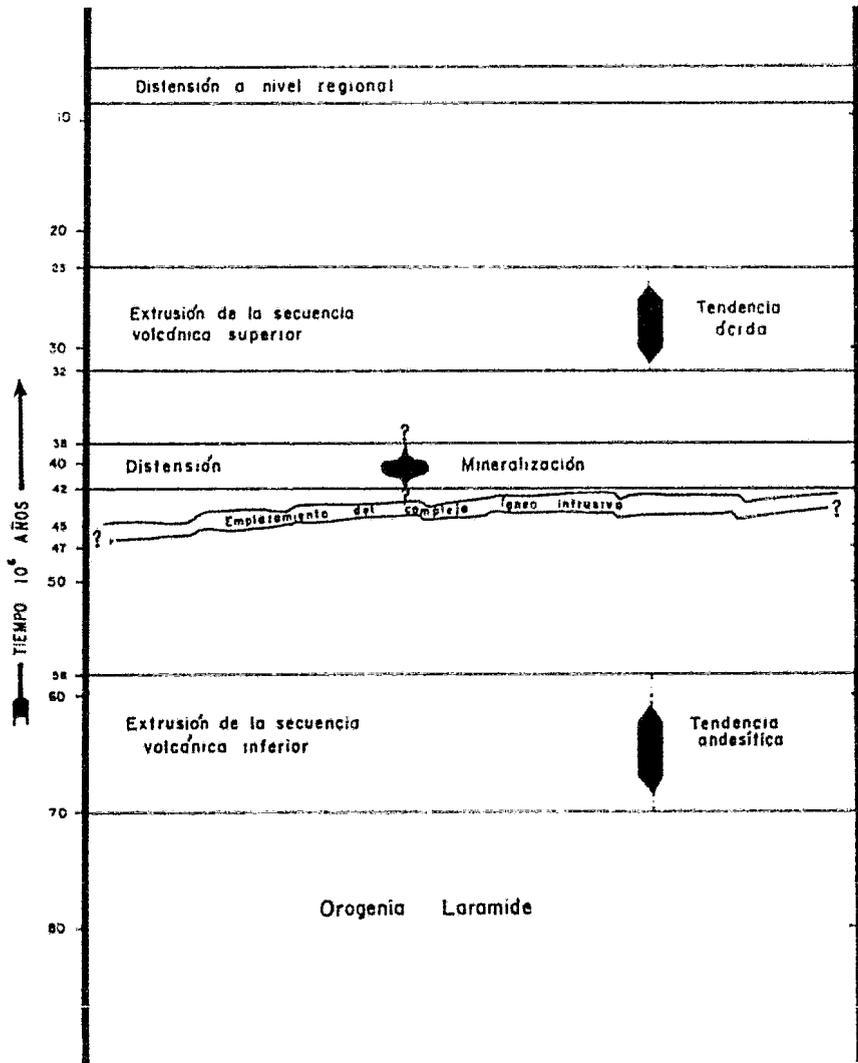
En el Eoceno Tardío, cuando estaba por concluir la Orogenia Laramide, se registra un hiatus en el depósito de rocas volcánicas y sobreviene el paroxismo de la actividad tectónica de la región produciéndose fallamientos y dislocaciones de grandes bloques orientados hacia el NE-SW y NW-SE, los cuales dieron origen al emplazamiento de plutones graníticos a los cuales se asoció la mineralización en las últimas etapas de consolidación magmática. (Figura 4).

Durante el Mioceno se continuó con la extrusión de extensos derrames de composición riolítica acompañados por abundantes emisiones de material piroclástico en forma de nubes ardientes que formaron persistentes depósitos de tobas riolíticas e ignimbritas, alternando con material fragmentario constituyendo brechas y aglomerados que conjuntamente dieron origen a la secuencia volcánica superior de la Sierra Madre Occidental.

El vulcanismo ácido explosivo se relaciona a la existencia de una trincheras activa durante el Oligoceno-Mioceno en la Costa Pacífica, como consecuencia de la subducción de la Placa Pacífica Oriental en el borde occidental de Norteamérica (Atwater, 1970).

En las postrimerías del período Terciario tuvo efecto la última fase tectónica, siendo de carácter distensivo, la cual provocó la ruptura de los materiales incompetentes dando como resultado la formación de grandes fallas normales orientadas al NE-SW en ocasiones con componente rotacional.

En la actualidad, la conformación topográfica de la región continúa siendo modelada por la acción de los agentes erosivos.



\* Tomado de N. Ballard (1980)  
 Modificado por Ortiz (1982)

 <b>UNAM</b>	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	EVOLUCION GEOCRONOLOGICA TENTATIVA DEL DISTRITO MINERO DE TAHUAHUETO, ESTADO DE DURANGO. *		
	COL. JAVIER MEDINA ERASO A LUIS ENRIQUE ORTIZ NÚM. 2	FECHA 1983	P.º DE 4

#### IV.- PARAGENESIS

##### IV.1.- Descripción general del sistema de vetas

La mineralización de interés en el distrito minero de Tahuahueto está emplazada en vetas-falla con rumbo NE que arman tanto en rocas andesíticas pertenecientes a la secuencia volcánica inferior como en cuerpos intrusivos de composición granodiorítica a cuarzomonzonítica. Las dimensiones que manifiestan individualmente los filones son variables, desde 20 m hasta 150 m de longitud y espesor que varía de 20 cm hasta 2 m adelgazándose con la profundidad, éstos son persistentes lateralmente y presentan un modelo distintivamente paralelo a lo largo de todo el distrito.

El buzamiento de todas las estructuras mineralizadas es en general hacia el SE y su rumbo coincide con fallamientos normales bastante persistentes, que en ocasiones se truncan por efecto de fallamientos posteriores.

Es común observar ramaleo de las estructuras mineralizadas principalmente en la porción oriental y occidental del distrito, cuando estos ramaleos están muy desarrollados llegan a constituir zonas de stockworks.

También son comunes los abrimientos, en donde se pueden observar distintas etapas de mineralización y se registran los mejores valores de plata y oro.

La erosión ha puesto al descubierto las vetas en gran parte del distrito, mismas que se pueden seguir con cierta continuidad debido a la intensa coloración rojiza que le imprime al terreno la oxidación de los minerales primarios, así como a la extensa silicificación que hace resaltar las estructuras llegando a constituir verdaderos "crestones".

A las vetas se les han asignado diferentes nombres, en el prospecto "5 de Mayo" se tienen las vetas 5 de Mayo I y II, en "El Rey" la veta Azufrosa y Santa Rita y en el prospecto "El Crestón" se tienen tres vetas principales que son la Crestón I - II y la Escondida. (Figura 9).

En el distrito se presentan brechas tectónicas, las cuales contienen mineralización de sulfuros primarios principalmente de Zn, Cu y Pb que ocurren como disseminaciones y cementando parcialmente a los fragmentos de roca andesítica y granodiorítica. Como estas brechas no presentan una expresión superficial ni crestoneo, eso ocasiona que su

exploración sea indescifrable (Figura 10).

#### IV.2.- Paragénesis y sucesión

El análisis de las relaciones texturales que presentan los minerales de mena y ganga, aunado con la sucesión establecida para los minerales que ocurren en yacimientos originados por procesos magmáticos, ha permitido establecer la paragénesis y sucesión en el distrito minero de Tahuahueto.

Se ha establecido una asociación de minerales que con seguridad fue la primera en emplazarse, la asociación está constituida por: cuarzo-clorita-turmalina-pirita-calcopirita. Estos minerales ocurren - en microvetillas alojadas en andesitas que en conjunto forman estructuras tipo stockwork, microscópicamente la pirita y calcopirita se encuentran diseminadas a lo largo de microvetillas de cuarzo con clorita, éste mineral es más abundante hacia los bordes de las microvetillas (Figura 11). La pirita se observa en cristales euedrales y la calcopirita en forma anedral. Ocasionalmente se encuentran finos cristales de esfalerita irregularmente diseminados en las microvetillas,

La turmalina, que ocurre en su variedad ferrífera (chorlo), es más persistente en la roca encajonante que en las vetillas. En la roca encajonante se observa en cristales tabulares que adoptan una disposición radial "soles de turmalina" y están intercrecidos con finos - cristales de pirita anedral a subedral (Figura 12), en las microvetillas se presenta en cristales tabulares más pequeños localizados en los -- bordes de éstas.

La turmalina aumenta con la profundidad en los tres prospectos, esto se reconoce mejor en el yacimiento "El Crestón".

Las características descritas anteriormente, correspondientes a los minerales primeramente emplazados, aunado a las alteraciones - que presenta la roca encajonante a lo largo de las obras mineras, hacen pensar en la posible existencia de un yacimiento de cobre diseminado.

El estudio de los minerales que se encuentran en las vetas, y las relaciones texturales entre ellos, permite, en primer lugar, establecer que son de origen hidrotermal y que fueron originados durante un mismo evento, el cual evolucionó debido a cambios en las características físico-químicas del fluido mineralizador. Se han establecido cuatro etapas de mineralización durante la evolución del fluido, la primera está definida por la asociación: cuarzo-pirita-esfalerita-calcopirita y escasa galena, éstos minerales se encuentran emplazados única--

mente en vetas que tienen una orientación NE-SW 30° a 60° y presentan las siguientes características:

La pirita se presenta en cristales con tamaño no mayor de 2 mm, comúnmente son euedrales y están diseminados irregularmente a lo largo de las vetas, o cuando son muy pequeños, forman agregados de hasta 2 cm. Los cristales más grandes se presentan en ocasiones -fracturados, encontrándose galena y calcopirita rellenando parcial o totalmente las fracturas.

La esfalerita se observa en grandes cristales anedrales ( en ocasiones mayores a 5 cm), diseminados en las vetas de cuarzo de -manera irregular, generalmente contienen exsolución de calcopirita, -texturalmente denominada "exsolución tipo emulsión", o inclusiones de éste mineral y esporádicamente de galena. Los cristales de esfalerita, sobre todo los de mayor tamaño, se encuentran fuertemente fracturados o reemplazados a través de sus bordes, fracturas y planos de cruce por galena, bornita, calcopirita y covelita (Figuras 16 y 17), éste último en zonas de enriquecimiento supergénico. La bornita y covelita no se observaron en las vetas de la mina "5 de Mayo".

La calcopirita además de encontrarse incluida en esfalerita, se presenta en grandes cristales anedrales diseminados a lo largo de las vetas, sobre todo cerca de los respaldos, están en general fracturados y, en las zonas de enriquecimiento supergénico, parcial o totalmente reemplazados por covelita a lo largo de fracturas o en sus bordes; algunos cristales de calcopirita contienen tetraedrita en delgadas vetillas pero ésta es posterior a la formación de calcopirita viéndose en ocasiones intercrecida con galena (Figura 18).

Se observaron también clorita, epidota, sericita y hematita asociados con los minerales descritos anteriormente. La clorita es -abundante, sobre todo en los respaldos de las vetas en donde con frecuencia forma mosaicos de pequeñas escamas. La epidota se presenta en finos cristales anedrales intercrecidos con los sulfuros, sobre todo con pirita, su proporción es muy baja. La sericita únicamente se presenta en pequeños cristales irregularmente diseminados a lo largo de las vetas. La hematita se encontró en pocas muestras analizadas, se observa en pequeños cristales aciculares intercrecidos con clorita (Figura 13).

Las características observadas en los minerales antes mencionados, permite considerarlos como un grupo formado contemporáneamente durante la primera etapa del evento de mineralización hidrotermal.

Posteriormente a la formación de las vetas y al emplazamiento de los minerales correspondientes a la primera etapa de mine-

realización hidrotermal se formaron brechas tectónicas, durante un período de distensión, acompañado por un reabrimiento de las estructuras mineralizadas; las brechas son muy locales y se encuentran a lo largo de las obras mineras en los tres yacimientos, predominando en lugares cercanos a los contactos entre andesitas y cuerpos intrusivos, son brechas que están formadas por fragmentos angulosos a subangulosos de andesita, roca intrusiva silicificada y veta de cuarzo con sulfuros diseminados (Figura 8).

Se ha establecido otro grupo formado por los siguientes minerales hipogénicos: cuarzo-pirita-esfalerita-calcopirita-galena-bornita-tetraedrita, los cuales presentan las siguientes características:

La pirita se presenta en cristales euedrales que en raras - ocasiones están fracturados, se encuentran intercrecidos con bornita y galena principalmente.

La esfalerita se presenta en cristales anedrales diseminados irregularmente en las vetas, se observan en algunas ocasiones intercrecidos con calcopirita, aunque este mineral se encuentra en proporción muy baja y generalmente está intercrecido con bornita.

La galena por su parte se encuentra relleno totalmente algunas drusas de cuarzo que difícilmente son mayores de 10 mm., también se le ve relleno parcial o totalmente fracturas en los sulfuros depositados durante la etapa I, en este caso la galena se encuentra reemplazando a esfalerita y calcopirita a lo largo de fracturas. Es frecuente observar intercrecidos a la galena con bornita o éste mineral incluido junto con tetraedrita en galena.

Un estudio con microsonda electrónica en la tetraedrita reveló que no contiene plata en su estructura molecular.

Se identificaron además clorita y sericita asociados con los minerales formados durante esta etapa, ambos se encuentran en finos cristales irregularmente diseminados en vetas y en brechas, la clorita es muy abundante y comúnmente ocurre en los respaldos de las vetas y en los bordes de los fragmentos de las brechas a los cuales - reemplaza en parte (Figura 8). La sericita se presenta en proporción muy baja.

Con base en las relaciones texturales y características descritas anteriormente se han considerado estos minerales como pertenecientes a la segunda etapa de mineralización hidrotermal.

Otra asociación de minerales definida por: cuarzo-pirita-galena-estromeyerita ocurre en las vetas, las características de ellos son las siguientes:

La galena se presenta en cristales anedrales de tamaño variable diseminados intersticialmente a lo largo de las vetas o rellenando parcialmente fracturas en cuarzo, es común encontrar estos cristales intercrecidos con estromeyerita que además se puede encontrar entre los contactos de galena con calcopirita, siempre en cristales muy pequeños pero de fácil identificación debido a su fuerte anisotropía (Figura 19).

La pirita se encuentra en agregados formados por pequeños cristales euedrales localizados en la parte central de las estructuras.

Además se encontraron calcita, clorita, minerales arcillosos y adularia. La calcita es el más abundante de ellos y se encuentra rellenando cavidades hacia el centro de las estructuras en donde constituye con frecuencia mosaicos formados por cristales anedrales.

La clorita y minerales arcillosos se encuentran en proporción muy baja respecto a los demás minerales formados durante esta etapa, - ocurriendo en escamas diseminadas irregularmente en las vetas.

La adularia es un mineral muy difícil de encontrar debido a su baja proporción, se presenta en diminutos cristales de sección rómbica - intercrecidos con cuarzo.

Los minerales descritos se consideran como pertenecientes a la tercera etapa en la evolución del evento hidrotermal, porque sus rasgos texturales así lo manifiestan.

El último conjunto de minerales, constituido por: cuarzo-calcita-fluorita-calcedonia-ópalo-ceolitas, presenta las siguientes características:

El cuarzo y la calcita se encuentran en la parte central de las vetas rellenando total o parcialmente las cavidades, y en el caso del cuarzo, formando abundantes drusas a lo largo de las vetas, en las zonas brechadas también se encuentran drusas de cuarzo aunque son muy pequeñas.

La calcedonia y el ópalo únicamente se observaron en la mina "El Rey;" es difícil encontrarlos y al igual que la calcita se presentan hacia la parte central de las estructuras, el ópalo se encuentra en agregados coloformes y la calcedonia está constituida por pequeños cristales aciculares conformados radialmente.

La fluorita se presenta en cristales euedrales con un tamaño - promedio de 2 mm, su forma es octaédrica y se encuentran únicamente en drusas de cuarzo.

Las ceolitas parecen haberse formado tardíamente ya que se encuentran rellenando parcial o totalmente fracturas que cortan a las vetas

de cuarzo, inclusive a la galena formada durante la tercera etapa de mineralización hidrotermal.

Apoyándose en las características antes descritas, se han considerado a los minerales correspondientes como un grupo formado durante la cuarta etapa de mineralización, con la cual culmina la actividad hidrotermal en el distrito minero de Tahuahueto.

Por otro lado, se observa una etapa de oxidación y enriquecimiento supergénico, la cual está definida por la paragénesis: covelita-digenita-hematita-limonita-acantita-cuprita-smithsonita-hemimorfita-malaquita-cerusita-azurita-piromorfita-cocinerita (Figura 5).

Los minerales más abundantes y que caracterizan a esta etapa son covelita-digenita-hematita-limonita, los dos primeros se presentan rellenando parcialmente fracturas en esfalerita, calcopirita, galena y bornita.

La covelita reemplaza a los sulfuros a través de sus bordes, planos de crucero y fracturas, observándose esto en áreas cercanas a la superficie, en donde se encuentra intercrecida con digenita, ambos minerales se presentan como finas escamas con orientaciones ópticas diferentes llegando a constituir verdaderos mosaicos en las zonas más afectadas por los fenómenos de enriquecimiento (Figura 20). En las partes más profundas de esta zona; en donde no aparece digenita, se observa un reemplazamiento preferencial de covelita por bornita llevándose a cabo únicamente a lo largo de fracturas.

La hematita y limonita se encuentran restringidas a las fracturas a las que rellenan parcialmente, estos minerales denotan huellas de lixiviación y se concentran fácilmente en las partes más superficiales de la zona de oxidación. La hematita y limonita se encuentran intercrecidas y sin un arreglo definido.

En un estudio por microsonda electrónica fue posible determinar la presencia de acantita y cocinerita que se encuentran en finas escamas intercrecidas con covelita, lo cual permite considerarles como minerales formados durante el fenómeno de enriquecimiento supergénico y a la vez tomarlo en cuenta al determinar su distribución espacial en los yacimientos en donde se han observado.

Las propiedades ópticas de la cuprita y la hematita hacen muy difícil su diferenciación, pero el mineral de cobre se identificó en un estudio por difracción de rayos X y su distribución espacial en el yacimiento queda restringida a la zona de oxidación y enriquecimiento supergénico.

Los demás minerales considerados dentro de esta paragéne-

MINERAL	ETAPAS DE DEPOSITO				
	NEUMATOLITICA	HIDROTHERMAL			SUPERGENICA
	I	II	III	IV	
Cuarzo	—————	—————	—————	—————	
Pirita	—————	—————	—————	—————	
Esfalerita		—————	—————	—————	
Galena		—————	—————	—————	
Calcopirita	—————	—————	—————	—————	
+ Bornita		—————	—————	—————	
Tetraedrita		—————	—————	—————	
- Estromeyerita			—————	—————	
* Acantita					—————
Clorita	—————	—————	—————	—————	
Sericita	—————	—————	—————	—————	
Turmalina	—————	—————	—————	—————	
Minerales arcillosos			—————	—————	
Calcita	—————	—————	—————	—————	—————
Epidota	—————	—————	—————	—————	
Adularia		—————	—————	—————	
Hematita		—————	—————	—————	
Calcedonia			—————	—————	
Opalo			—————	—————	
± Fluorita			—————	—————	
Ceolitas			—————	—————	
Covelita					—————
Digenita					—————
* Cocinerita					—————
* Cuprita					—————
* Cerusita					—————
* Piromorfita					—————
* Hemimorfita					—————
* Smithsonita					—————
* Malaquita					—————
* Azurita					—————
Limonita					—————

- \* Mineral encontrado únicamente en el prospecto El Crestón
- Mineral no observado en el prospecto El Crestón
- + Mineral no observado en el prospecto 5 de Mayo

	FACULTAD DE INGENIERIA		
	TESIS PROFESIONAL		
	SUCESION MINERALOGICA EN LOS PROSPECTOS EL CRESTON, 5 DE MAYO Y EL REY		
	FLOREANER MEDINA ESCUTIA	FECHA 10 DE ENERO DE 1982	FIGURA 2

sis se han observado únicamente en el yacimiento "El Crestón" y en la parte más afectada por la oxidación, ellos se presentan siempre en las cavidades parcialmente rellenas por hematita y limonita sin que su distribución esté bien definida, aunque se han observado en donde aflora la estructura mineralizada.

A lo largo de las obras mineras más antiguas se puede observar calcita estalactítica, formada por precipitación a partir de -- aguas meteóricas circulantes, se localiza principalmente en zonas cercanas al nivel freático.

#### IV.3.- Zoneamiento mineralógico

##### a) Zoneamiento local

Se ha visto que la mineralización en los prospectos tiene una distribución característica, en base a esto se ha tratado de establecer un zoneamiento local de los minerales de mena en cada uno de ellos.

##### Prospecto "El Crestón"

El zoneamiento de los minerales de mena en el prospecto - "El Crestón", está enmascarado por el fenómeno de oxidación y enriquecimiento supergénico, no obstante, los sulfuros hipogénicos están presentes en todos los niveles y se aprecia un pequeño incremento en la proporción de cobre y oro en el nivel 16, que es el más profundo, lo cual hace pensar en la posible existencia de una zona de cobre y oro por abajo de éste, considerando el modelo propuesto por Fersman para el zoneamiento periplutónico.

La etapa de oxidación y enriquecimiento supergénico propició la formación de un casquete de oxidación y una zona supergénica constituida por dos fajas burdamente definidas, considerando que las fallas y fracturas postmineralización han sido de influencia fundamental en - ello.

El casquete de oxidación se localiza en los primeros metros a partir de la superficie pero se reconoce con más claridad en la parte superior de la estructura, en ésta se observa una lixiviación sumamente fuerte de óxidos de fierro (hematita y limonita), con la presencia, en algunas cavidades, de malaquita, azurita, cerusita, smithsonita y hemimorfita.

La zona de enriquecimiento, que se localiza subyaciendo al casquete de oxidación, se puede dividir en dos franjas, el cambio entre éstas, lo mismo que entre la zona supergénica y el casquete de -

oxidación es transicional. La franja superior de la zona de enriquecimiento se caracteriza por la presencia de covelita, digenita, acantita y cocinerita, estos minerales se observan reemplazando total o casi totalmente a los sulfuros primarios de cobre y plomo y en menor grado a la esfalerita. La hematita y limonita son abundantes y se encuentran rellenando parcial o totalmente fracturas tanto en vetas como en la roca encajonante, también se observan rodeando a los sulfuros primarios que se localizan cerca de las fracturas. Probablemente dentro de esta zona se encuentre también la cuprita.

La faja inferior de la zona de enriquecimiento supergénico - está caracterizada por la presencia de covelita y hematita únicamente, la covelita se observa reemplazando solamente a los sulfuros de cobre y la hematita rellenando parcialmente algunas fracturas en cuarzo y en los bordes de cristales de piritita ubicados cerca de las fracturas.

### Prospecto "El Rey"

El zoneamiento tanto lateral como vertical en la mina "El - Rey" es difícil de reconocer ya que se encuentran sulfuros de las cuatro etapas de mineralización hidrotermal y el fenómeno supergénico es reconocible también, no obstante puede agregarse lo siguiente:

La mineralización del probable evento neumatolítico se observa con gran dificultad y solamente en pocos lugares a lo largo de las obras mineras.

La mineralización hidrotermal está bien expuesta, sobre todo las etapas II, III y IV. Una perforación con barrenos de diamante - cortó la estructura a 50 m por debajo del nivel III, observándose persistencia de la mineralización a esa profundidad con las mismas características descritas para las obras mineras.

La etapa supergénica no se ha desarrollado como en el yacimiento "El Crestón", no obstante se encuentra hematita y limonita en grandes cantidades, a lo largo de fracturas a las que con frecuencia - rellenan totalmente, esto aumenta en zonas cercanas a las brechas tectónicas e incluso dentro de ellas; en donde las fracturas postmineralización son más abundantes, se observan huellas de lixiviación.

La covelita es muy común en los tres niveles de este yacimiento y se ha observado reemplazando preferentemente a los minerales de cobre, sobre todo a la bornita.

### Prospecto "5 de Mayo"

En la mina "5 de Mayo" únicamente se han reconocido los - dos eventos de mineralización hipogénica.

La mineralización considerada de tipo neumatolítico está claramente expuesta en el frente NE de los niveles I y II y en el frente SW del nivel III en donde hay un decremento considerable de galena y esfalerita.

La mineralización hidrotermal se observa en los primeros - metros a partir de la entrada en los niveles II y III.

Las etapas I, II y III est . bien expuestas y la etapa IV se aprecia, aunque con dificultad en el nivel II, de esta etapa sólo se encontraron ceolitas y calcita.

Un sondeo con barrenos de diamante cortó las estructuras mineralizadas 80 m abajo del nivel I, esto permite suponer que los sulfuros de plata tienen pocas posibilidades de persistir a profundidad ya - que se observaron sólo las etapas de mineralización I y II, y - texturalmente como fragmentos de una brecha parcialmente cementada por cuarzo.

#### b) Zoneamiento regional

Regionalmente se podría pensar en un zoneamiento a nivel de distrito minero, aunque esto no ha sido plenamente establecido debido a los alcances de este estudio, el cual ha sido elaborado basándose - únicamente en el análisis de los tres prospectos en que se han visto mejores posibilidades económicas.

El zoneamiento regional estaría controlado fundamentalmente por la posición topográfica de los prospectos durante la formación de las estructuras mineralizadas, lo cual tiene como consecuencia la mayor o menor depositación de los sulfuros formados durante cada etapa de mineralización hidrotermal.

Se han encontrado en el yacimiento "5 de Mayo" mejor expuestas las etapas I y II. En el yacimiento "El Rey", por el contrario, se presentan con claridad las etapas III y IV, aunque en los tres yacimientos estudiados aparecen los minerales formados durante las cuatro etapas de mineralización hidrotermal con excepción de bornita que no se observó en "5 de Mayo", estromeyerita que no se encontró en "El Crestón" y fluorita que sólo se observó en "El Rey". En el yacimien-

to "El Crestón" no se determinó lo anterior ya que el fenómeno de oxidación y enriquecimiento supergénico ha alterado en gran parte a los minerales hipogénicos.

Respecto a los minerales del posible evento neumatolítico que se han encontrado en el distrito minero de Tahuahueto, es prácticamente imposible hablar sobre su distribución ya que para ello es necesario realizar un estudio mineralógico-estructural en toda el área.

#### IV.4.- Alteraciones hidrotermales

##### a) Introducción

Las rocas del distrito han sido alteradas en varios grados por los procesos hidrotermales. Se han observado diferentes etapas de alteración teniendo algunas una distribución regional y otras solamente restringidas a la proximidad de las estructuras mineralizadas.

El conocimiento de la distribución y relaciones espacio-temporales de las alteraciones hidrotermales que afectan a las unidades rocosas de los tres prospectos, es importante para evaluar las posibilidades de persistencia de la mineralización, ya que ellas proporcionan una guía mineralógica en la localización de cuerpos mineralizados.

##### b) Tipos y características

Las alteraciones hidrotermales reconocidas en los tres prospectos son la fílica, propilítica, argílica y silfícica-clorítica. La alteración potásica sólo fue reconocida en zonas muy locales principalmente en el prospecto "El Rey".

#### ALTERACION PROPILITICA

El grado de alteración propilítica es variable, desde avanzada pasando por intermedia a incipiente; puede decirse que todas las rocas del distrito han sido afectadas por esta alteración en grado menor o mayor. Las andesitas son las más afectadas y los intrusivos ácidos los menos.

La propilitización incipiente a intermedia es la más extendida ya que es un fenómeno regional que afecta principalmente a la secuencia andesítica, se observa traslapándose generalmente con la alteración argílica (Figuras 26 y 28).

La propilitización está caracterizada por la presencia de clorita, epidota y piritita, reemplazando parcialmente a las plagioclasas y ferromagnesianos, conservándose la textura original de la roca.

La propilitización avanzada es de distribución más local y afecta a las andesitas en la cercanía de las vetas, observándose principalmente en el alto de las estructuras. La textura original de la roca ha sido completamente destruida por los productos de alteración (clorita, epidota, calcita y piritita). La intensidad y grado de alteración concuerda en cierto modo con el tamaño de los "clavos" a lo largo de las vetas.

Las rocas propilitizadas presentan un color gris verdoso variando la tonalidad de acuerdo a la proporción de clorita.

### ALTERACION FILICA

La alteración más característica en las rocas intrusivas, es en general la filica, la cual varía desde avanzada en el bajo de la veta a intermedia en el alto. El rasgo más conspicuo de esta alteración es la aparición de silicatos de alta temperatura como son turmalina, sericita y minerales arcillosos reemplazando fuertemente al agregado feldespático, aunado a ello se observa un reemplazamiento pervasivo de la matriz por cuarzo, sericita y turmalina.

El grado de alteración está definido por la persistencia o destrucción de la textura original de la roca.

La alteración filica gradúa lateralmente a argílica en el prospecto 5 de Mayo, en los otros dos prospectos presenta una distribución casi constante a lo largo de toda la estructura. (Figuras 29 y 30).

Las rocas afectadas por la alteración filica, generalmente presentan colores grises con tonos cremas y una estructura muy compacta, siendo característica la aparición de vetillas y diseminaciones de piritita.

### ALTERACION ARGILICA

La alteración argílica es posiblemente sincrónica o un poco más reciente que la alteración filica, ésta afecta tanto a las rocas intrusivas como a las andesitas principalmente en las zonas de contacto entre ambas.

El grado mayor de alteración argílica se observa principalmente en el alto de las estructuras y la incipiente al bajo graduando la

teralmente a propilítica y filica. (Figuras 26 y 28).

La argilitización está caracterizada por el desarrollo de minerales arcillosos y sericita reemplazando parcialmente a los fenocristales de feldespato, también se formaron intercrecimientos de feldespato potásico y cuarzo secundario con cantidades variables de minerales arcillosos y clorita sustituyendo la matriz de la roca.

Mediante difracción de rayos X se pudo determinar la ocurrencia de caolinita y montmorillonita (nontronita) en los prospectos, - la primera en la cercanía de las vetas y la otra en zonas más alejadas.

#### ALTERACION SILICICA-CLORITICA

La silicificación-cloritización está ampliamente desarrollada en los tres prospectos siendo común observarla en los respaldos de las vetas y en la inmediata vecindad de las mismas. Esta alteración - está definida por el exceso de sílice ocurriendo como vetas de cuarzo usualmente con diminutas inclusiones de clorita y hematita + sericita y minerales de mena en cantidades variables (Figura 13).

A la alteración silícica-clorítica se le considera íntimamente asociada a los procesos que dieron origen a la mineralización ya que sus relaciones con la mena así lo manifiestan.

#### c) Evaluación de esta guía

Dado que el estudio sobre la distribución de las alteraciones en los tres prospectos se hizo en base a la configuración de las obras mineras, es necesario efectuar estudios más detallados principalmente petrográficos y estructurales para poder interpretar adecuadamente las relaciones que guardan con la mineralización.

No obstante, ciertas relaciones alteración-mineralización pueden discernirse con los datos obtenidos, éstas son descritas a continuación.

#### PROSPECTO "5 DE MAYO"

En la mina 5 de Mayo I, las mayores concentraciones de sulfuros están íntimamente relacionadas a la alteración propilítica avanzada generalmente traslapada con alteración argilica, en cambio, en 5 de Mayo II y III los mejores valores de los sulfuros se asocian a la propilitización intermedia a incipiente de las andesitas y alteración filica

avanzada en el pórfido granodiorítico.

Tomando en consideración el carácter de las alteraciones, la mineralización muestra una continuidad interesante al SW de 5 de Mayo I y II siendo probable la continuidad de las vetas en esa dirección. Asimismo, 5 de Mayo II muestra más posibilidades de una continuidad lateral hacia el NE.

Considerando la alteración fílica avanzada, que afecta principalmente al pórfido granodiorítico, así como la presencia de brechas tectónicas y vetillas de cuarzo con calcopirita diseminada ocurriendo - en estructuras tipo stockwork, características similares a las de los yacimientos de cobre porfídico, se podría pensar en un yacimiento de este tipo en el prospecto 5 de Mayo y de ser así se constataría la importancia minera del distrito de Tahuahueto.

#### PROSPECTO "EL CRESTON"

De acuerdo con los resultados obtenidos para este prospecto, las alteraciones hidrotermales manifiestan variabilidad en el grado de intensidad tanto lateral como verticalmente.

Considerando el comportamiento general de las alteraciones, se puede inferir la persistencia vertical de la mineralización para la estructura "El Crestón", por lo que es recomendable la configuración detallada de los clavos en los niveles 10 y 16 con objeto de comprobar ésto mediante barrenación.

Se observa que la propilitización avanzada coexiste con zonas de mayor concentración de minerales de mena, coincidiendo a su vez con zonas de fracturamiento profuso.

De la misma manera, se pueden esperar valores interesantes de cobre y posiblemente oro asociados a la alteración fílica avanzada - abajo del nivel 16.

#### PROSPECTO "EL REY"

El conjunto de alteraciones desarrolladas en el prospecto "El Rey", denotan una predominancia tanto lateral como vertical de la alteración fílica avanzada afectando a la roca granodiorítica. Esta alteración se asocia estrechamente a las mayores concentraciones de mineral por lo cual se le considera como una guía confiable en la exploración - de menas para este prospecto.

Las condiciones propicias de esta alteración para el depósito de grandes bolsadas, se encuentran mejor desarrolladas hacia el frente SW de los niveles I y II, por lo que se considera esta dirección la más favorable para buscar la continuidad de la mineralización en el área. En tanto que verticalmente, se observa un incremento de silicatos de alta temperatura como son la turmalina y sericita en niveles más profundos, lo cual es indicativo de la persistencia de las condiciones propicias para el depósito de mena.

#### IV.5.- Inclusiones fluidas

El estudio de inclusiones fluidas fue realizado en muestras seleccionadas de cuarzo, calcita, fluorita y esfalerita translúcida en las cuales se determinaron las características de los fluidos mineralizadores, al analizar inclusiones primarias correspondientes a cada etapa de mineralización. Los resultados obtenidos son descritos a continuación.

#### ETAPA NEUMATOLITICA

La etapa neumatolítica no pudo ser analizada microtermométricamente aún cuando se prepararon muestras para ello, debido al espesor de las microvetillas de cuarzo con calcopirita, y la fuerte alteración hidrotermal de las andesitas, lo cual impidió observar las inclusiones fluidas correspondientes a esta etapa.

No obstante, las relaciones paragenéticas observadas al microscopio petrográfico y minerográfico, y considerando estudios anteriores efectuados en turmalina, se puede suponer una temperatura superior a 470°C que es la temperatura de formación fijada para este mineral.

#### ETAPA I

La primera etapa de mineralización hidrotermal se reconoce con facilidad por los rasgos texturales de las inclusiones fluidas que presenta, éstas son poco abundantes y generalmente tienen un tamaño menor a 3 $\mu$  (Figura 21), lo que hace sumamente difícil su estudio en la platina térmica. Se encontraron pocas inclusiones primarias con un tamaño máximo de 6 $\mu$  algunas de las cuales homogeneizan en la fase gaseosa, lo cual indica que los fluidos mineralizadores tenían un alto porcentaje de volátiles. Las temperaturas de homogeneización obtenidas en inclusiones fluidas de esta etapa revelan una temperatura de forma-

ción que va de 250° a 265°C. No se realizaron congelamientos ya que el tamaño dificulta las observaciones, sin embargo, las características ópticas de la fase líquida nos permite suponer una salinidad menor a las inclusiones fluidas de etapas sucesivas.

### ETAPA II

La segunda etapa de mineralización hidrotermal se caracteriza por presentar abundantes inclusiones fluidas predominantemente secundarias (Figura 22), son comunes las inclusiones con predominio de la fase gaseosa. En general, las primarias son más grandes que las secundarias y pseudosecundarias teniendo un tamaño promedio de 25  $\mu$ , es frecuente observar en ellas el fenómeno de ahorcamiento.

Las temperaturas de homogeneización de las inclusiones fluidas primarias correspondientes a esta etapa varían en un rango de temperatura comprendido entre 185°C y 250°C, su porcentaje de sal es superior al 26%, observándose algunas con minerales hijos de cloruro de sodio.

### ETAPA III

Esta etapa es la más importante en cuanto a la depositación de la plata, se distingue de la segunda etapa hidrotermal por la textura y tamaño promedio de las inclusiones fluidas que presenta (Figura 23), éstas son menos abundantes y de menor tamaño con relación a la segunda etapa midiendo en promedio 18  $\mu$  las primarias y 14  $\mu$  las secundarias, siendo éstas últimas las más características.

Los resultados obtenidos mediante temperaturas de homogeneización en inclusiones primarias arrojan valores de formación para esta etapa que oscilan entre 170 y 190°C, y una salinidad mayor al 26% en peso equivalente a NaCl, observándose comúnmente una fase sólida representada por minerales hijos.

### ETAPA IV

La última etapa de mineralización se caracteriza por presentar las inclusiones fluidas primarias de mayor tamaño del sistema hidrotermal, llegando a medir algunas hasta 40  $\mu$ , éstas son las que presentan la máxima salinidad siendo mucho mayor que 26% en peso equivalente a NaCl. Los minerales hijos fueron observados en la mayoría de las inclusiones de esta etapa.

Los minerales correspondientes a esta etapa que se analizaron termométricamente fueron calcita y fluorita (Figura 24), las temperaturas de homogeneización determinadas son inferiores a 180°C, la mínima temperatura registrada correspondió a la fluorita y fue de 149°C.

#### IV.6.- Génesis de los yacimientos

El estudio realizado en Tahuahueto, que comprendió trabajos de campo, laboratorio y gabinete, permite discernir que la génesis de los yacimientos "El Crestón", "5 de Mayo" y "El Rey" está estrechamente relacionada con las intrusiones del stock de granodiorita y sus diferenciados cuarzomonzoníticos-cuarzodioríticos. Durante éstas se llevaron a cabo pulsaciones generadas por la liberación de presión, originando el desarrollo de fallas, fracturas y brechas tectónicas hacia el techo de los intrusivos. Contemporáneamente aportaron soluciones hipogénicas con gran contenido en minerales de mena disueltos, en las cuales, al alcanzarse las temperaturas de desmezcla por enfriamiento, se produjo la precipitación de los metales y el desarrollo de las alteraciones hidrotermales en las rocas adyacentes.

Sillitoe (1977) señala que las bajas salinidades encontradas en las inclusiones fluidas de un yacimiento (generalmente <12% en peso equivalente a NaCl para metales base y <2% en peso equivalente a NaCl para metales preciosos), indican que los fluidos involucrados en la depositación de la mena son predominantemente de origen meteórico. Sillitoe (op. cit.) también señala que los fluidos mineralizadores que poseen alta salinidad son de origen magmático.

Dado que el estudio de inclusiones fluidas en los yacimientos de Tahuahueto arrojó valores de salinidad >26% en peso equivalente a NaCl, y de acuerdo con lo antes expuesto, se puede dilucidar que la mineralización fue originada a partir de una fuente magmática sin la intervención de aguas meteóricas, si bien éstas tuvieron un papel fundamental durante el desarrollo del evento de oxidación y enriquecimiento supergénico.

En base a las evidencias geológicas recabadas, se sugiere la existencia de un yacimiento de tipo pórfido cuprífero asociado a un sistema hidrotermal que evolucionó tanto espacial como temporalmente dando lugar a un yacimiento meso-epitermal de relleno de fisuras en un ambiente volcánico-plutónico.

## V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### V.1.- Conclusiones

- Las rocas que afloran en el distrito minero de Tehuahueto representan dos episodios magmáticos y consisten de rocas ígneas extrusivas e intrusivas. El episodio magmático temprano está constituido por andesitas que conforman la secuencia volcánica inferior, la cual ha sido ampliamente intrusionada por cuerpos magmáticos cuya composición varía desde cuarzodiorítica hasta cuarzomonzonítica. El episodio magmático tardío está representado por rocas piroclásticas que incluyen brechas y aglomerados, riolitas, tobas riolíticas e ignimbritas que en conjunto constituyen la secuencia volcánica superior.
- Se tienen tres patrones de fallamiento en la región, el más tardío, al igual que el más temprano presentan un rumbo general N 30°- 60°E, el otro que es menos persistente está orientado al N 28° a 42°W.
- Los minerales de rendimiento económico están representados por sulfuros de plata, plomo, zinc, cobre y sulfosales de cobre incluidos en ganga de cuarzo principalmente. La forma de ocurrencia del oro no pudo determinarse.
- La mineralización está emplazada en vetas-falla con rumbo NE y echados al SE, que arman en la secuencia andesítica y en cuerpos plutónicos granodioríticos a cuarzomonzoníticos. Existe además mineralización diseminada en brechas tectónicas, sin embargo, la mineralización que ocurre en las vetas es más importante.
- Las alteraciones hidrotermales observadas en los tres proyectos varían en intensidad lateral y verticalmente e incluyen la alteración propilítica, filicá, argílica y silícica-clorítica.
- La alteración propilítica intermedia a incipiente es un rasgo regional que afecta principalmente a la secuencia andesítica y no proporciona una guía directa hacia la mineralización.
- En el prospecto "5 de Mayo", los mejores "clavos" están estrechamente relacionados a la propilitización avanzada ge

- neralmente traslapada con argilitización,
- La alteración flica avanzada afecta principalmente a las rocas intrusivas, y en general, se considera como una buena guía hacia la mineralización.
- Se observan dos eventos de mineralización, el primero probablemente de tipo neumatolítico y el segundo hidrotermal.
- El posible evento neumatolítico está representado por la asociación: cuarzo, pirita, calcopirita, turmalina y clorita que ocurren en estructuras tipo stockwork. Dicho evento no pudo estudiarse microtermométricamente, sin embargo, se le ha asignado una temperatura superior a 470°C, tomando en cuenta a la turmalina como un mineral indicador de la temperatura de formación de este evento.
- El sistema hidrotermal está conformado por cuatro etapas de mineralización. La primera se caracteriza por la paragénesis: cuarzo, pirita, esfalerita, calcopirita y escasa galena. La segunda está representada por la asociación: cuarzo, pirita, esfalerita, calcopirita, bornita, galena y tetraedrita. La tercera etapa se caracteriza por la asociación: cuarzo, pirita, galena y estromeyerita. La cuarta y última etapa está representada por la paragénesis: cuarzo, calcita, calcedonia, ópalo, fluorita y ceolitas. Todos ellos ocurriendo en vetas, cementando las brechas o rellenando fracturas.
- De acuerdo con los resultados del estudio microtermométrico realizado en muestras de cada etapa de mineralización hidrotermal, las temperaturas de formación para la primera varían entre 250°C y 265°C, para la segunda entre 185°C y 250°C, para la tercera entre 170°C y 190°C, y para la última etapa van de 180°C a 149°C. Con respecto a la salinidad se nota un incremento a medida que la temperatura disminuye.
- Se observa en "El Crestón" y "El Rey" un evento de oxidación y enriquecimiento supergénico claramente expuesto en el primero ya que la estructura mineralizada aflora en gran parte. Este evento se define por la asociación: hematita, limonita, covelita, digenita, acantita, cocinerita, cuprita, malaquita, azurita, cerusita, smithsonita, hemimorfita y piromorfita.

- El prospecto "5 de Mayo" presenta con más claridad las etapas I y II del sistema hidrotermal. En cambio el prospecto "El Rey" muestra las etapas III y IV mejor definidas.
- En el prospecto "El Crestón" es difícil precisar que etapas están mejor expuestas, ya que el evento de oxidación y enriquecimiento supergénico se ha desarrollado ampliamente, lo cual enmascara los rasgos primarios de las estructuras mineralizadas.
- La distribución de los sulfuros primarios en cada prospecto está determinada por la posición topográfica de ellos, lo cual implica su cercanía a la fuente de mineralización, durante el período de emplazamiento de los minerales hipogénicos.
- De acuerdo al carácter de las alteraciones hidrotermales y al zoneamiento mineralógico periplutónico, se piensa en la posibilidad de encontrar una zona de cobre y probablemente de oro por debajo del nivel 16, en el prospecto "El Crestón".
- En el prospecto "5 de Mayo", la mineralización muestra una continuidad lateral interesante al SW de los niveles I y II, de la misma manera, al NE del nivel II existe la posibilidad de que continúe la veta en esa dirección.
- La zona más favorable para buscar la continuidad de la veta en el prospecto "El Rey", es el frente SW de los niveles I y II. Así mismo, las alteraciones hidrotermales indican la persistencia de condiciones propicias a profundidad para la continuidad de la mineralización.
- La evidencia geológica que denota la transición de pórfidos en roca plutónica equigranular de composición similar (cuarzodiorita-granodiorita-cuarzomonzonita) y grandes dimensiones, así como el comportamiento de las alteraciones hidrotermales, presencia de brechas tectónicas, stockworks y diseminaciones de calcopirita, sugiere la existencia de un sistema de tipo pórfido cuprífero en un ambiente volcánico-plutónico.
- En base a los resultados obtenidos, los yacimientos estudiados se consideran meso-epitermales de relleno de fisuras, con un probable evento neumatolítico anterior al hidrotermal. La génesis de ambos está estrechamente relacionada a las intrusiones del stock de granodiorita y sus diferencia

dos cuarzomonzoníticos-cuarzodioríticos.

- El comportamiento de la mineralización a profundidad es difícil de precisar con los resultados obtenidos en el estudio. El desplazamiento de las estructuras mineralizadas, - originado por fallas y fracturas postmineralización es el - problema principal. No obstante, se puede decir que la mi- neralización de tipo hidrotermal presenta buenas posibilida- des en los prospectos "El Crestón" y "El Rey", no así en "5 de Mayo", ya que en éste están representadas las eta- pas de mineralización más tempranas, y las etapas III y - IV se encuentran en proporción muy baja; además, un son- deo indica que a 80 m abajo del nivel II sólo se pre- senta la primera etapa de mineralización hidrotermal, lo cual hace pensar que este prospecto se encuentra más pr6- ximo a la fuente de mineralización que los mencionados al principio.
- El prospecto "5 de Mayo", por el contrario, presenta las mejores perspectivas en cuanto a mineralización de tipo - pórfido cuprífero, incluso es en este prospecto donde se han encontrado con más claridad las estructuras de tipo - stockwork que contienen calcopirita diseminada.

## V.2.- Recomendaciones

- Dado que se tienen diferentes eventos tectónicos, se reco- mienda mapear a detalle las estructuras geológicas del dis- trito con la finalidad de establecer el control estructural - de la mineralización.
- Configurar detalladamente los clavos de los niveles 10 y 16 del prospecto "El Crestón" con objeto de comprobar median- te barrenación la persistencia a profundidad de la mineraliza- ción y la posible existencia de una zona de cobre y oro.
- Continuar la exploración mediante obra directa en el frente SW de los niveles I y II del prospecto "5 de Mayo", así co- mo también en el frente NE del nivel II, ya que existe la posibilidad de que las vetas se continúen en esa dirección.
- De la misma manera, se recomienda buscar la continuidad de la veta en el frente SW de los niveles I y II del prospec- to "El Rey". Así como también a profundidad.

- Mapear a detalle la distribución espacial de las rocas - huéspedes de la mineralización para definir las gufas estratigráficas del distrito minero.
- Enfocar la exploración a las andesitas de la secuencia volcánica inferior e intrusivos granodioríticos a cuarzomonzoníticos que las afectan.
- Efectuar estudios paragenéticos en los demás prospectos, tendientes a corroborar la existencia de un sistema del tipo pórfido cuprífero, ya que si existe tal sistema, el potencial minero del distrito se incrementaría notablemente.

## B I B L I O G R A F I A

- Anderson, T.H. and Silver, L.T., (1974), Late Cretaceous plutonism in Sonora, Mexico, and its relationship to Circum-Pacific magmatism: Geol. Soc. America Abs., v-6, p-484.
- Arriaga, G.G., (1981), Estudio metalogenético del Distrito Minero de Tahuahueto, Dgo. (C.R.M.) Inédito.
- Atwater, T., (1970), Implications of Plate Tectonics for the Cenozoic Tectonic Evolution of Western North America: Bull. Geol. Soc. America, V. 81, p. 3513-3536.
- Ballard, S.N., (1980), Structural geological controls at the San Luis Mines, Tayoltita, Durango, Mexico. unpubl., Ph. M. Dissertation, Univ. de Arizona, U. S. A.
- Bateman, Alan M. and Jensen, M. L., (1981), Economic Mineral Deposits. John Wiley & Sons, New York.
- Barnes, H.L., (1979), Geochemistry of Hydrothermal ore deposits. - John Wiley & Sons, New York.
- Carlson, S.T. and Sawkins, F.J., (1980), Mineralogic and fluid inclusion studies of the turmalina Cu-Mo- bearing breccia pipe, Northern Peru. Econ. Geol. Vol, 75, p. 1233-1238.
- Carrasco, C.M., (1980), Carta y Provincias Metalogenéticas del Estado de Durango. Publicación del C.R.M. No.22-E, 63 p. mapas y figuras.
- De Cserna, Z., and Kent, B., (1961), Mapa geológico de reconocimiento y secciones estructurales de la región de San Blas y El Fuerte, Estados de Sinaloa y Sonora: México Univ. Nal. Aut. Inst. Geología Cartas Geológicas y Mineras, No. 4.
- Fredrikson, G., (1974), Geology of the Mazatlan area, Sinaloa, western Mexico (Ph. D. Dissert). Austin, Univ. Texas, 209 p.
- Galopin, R. and Henry, N.F.M., (1972), Microscopic Study of opaque Minerals. W. Heffer and Sons Ltd. Cambridge.
- Heinrich, E.W.M., (1970), Identificación microscópica de los minerales. URMO, S.A. de Ediciones. Bilbao.

- Heinrich, E. W. M., (1972), Petrografía microscópica. URMO, S. A. de Ediciones. Bilbao.
- Iida, S. and Kamono, H. M., (1975), Report of Geological Reconnaissance in Sacramento de la Plata (Tahuahueto el Alto) mine, Durango. Cía. Minera Emijamex, S. A. de C.V. (Inédito).
- Kamono, H. M., (1978), Report on Geological Investigations at Sacramento (Tahuahueto el Alto) mine, Tepehuanes, Dgo. Cía. Minera Emijamex, S. A. de C.V. (Inédito).
- Kerr, P. F., (1977), Optical Mineralogy. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.
- Lemish, J., (1955), The Geology of the Topia Mining District, Topia, Durango, Mexico, unpubl. Ph. D. Dissertation, Univ. de Michigan, U. S. A.
- López, R. E., (1971), Rocas Paleozoicas marinas de México: Soc. Geol. Mexicana Bol., v.32, No. 1, p. 15-44.
- \_\_\_\_\_, (1982), Geología de México. Tomo II, 3ra. edición.
- Mc. Dowell, W. F. and Clabaugh, S., (1972), Edades Potasio-Argón de Rocas Volcánicas en la Sierra Madre Occidental al NE de - Mazatlán. II Convención Nacional, Soc. Geol. Mex. p. 182-185.
- \_\_\_\_\_ and Keiser, R. P., (1977), Timing of Mid-Tertiary Volcanism in the Sierra Madre Occidental between Durango city and Mazatlan, Mexico: Geol. Soc. Am. Bull. v.68, p. 1479-1487.
- Mc Kinstry, H. E., (1975), Geología de Minas. Editorial Omega, 3a. Edición.
- Mattauer, M., (1976), Las deformaciones de los materiales de la corteza terrestre, Ediciones Omega, S.A. Barcelona.
- Nash, J. T., (1976), Fluid Inclusion Petrology Data from Porphyry Copper Deposits and Applications to Exploration. U.S. Geol. - Survey Prof. Paper 907-D, 16 p.
- Nemeth, K. E., (1976), Petrography of the lower volcanic group Tayolita San Dimas District Durango, Mexico (M. A. -Thesis): - Austin, Univ. Texas, 141 p.

Pineda, R. A. y Carrasco, C. M., (1971), Estudio Geológico Minero de las Minas ubicadas en Tahuahueto el Alto, Dgo. (C. R. N. N. R.). Inédito.

\_\_\_\_\_, (1975), Geología del Estado de Nayarit. V Seminario Interno sobre Exploración Geológico-Minera (C. R. M.).

Roedder, E., (1963), Studies of Fluid Inclusions. Freezing Data and their Interpretation. Econ. Geol. V. 58, p. 167-211.

Sawkins, J. F., O'neil, J. R., Thompson, J. M., (1979), Fluid Inclusions and Geochemical studies of Vein Gold Deposits, Baguio District, Philippines. Econ. Geol. V. 74, p. 1420-1434.

Sillitoe, R. H., (1977), Metallic mineralization affiliated to subaerial - volcanism: a review. The Institution of Mining and Metallurgy and the Geological Society of London, p. 99-116.

.. \_\_\_\_\_ and Sawkins, F. J., (1971), Geologic, Mineralogic and - Fluid Inclusion Studies Relating to the origin of copper bearing Tourmaline Breccia Pipes, Chile. Econ. Geol. V. 66, p. 1028-1041.

- A P E N D I C E S -



Figura 6



Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10

- Fig. 6.- Panorámica del prospecto "El Crestón" tomada mirando hacia el NE. Se observan los principales rasgos estructurales del prospecto ya que la estructura se manifiesta en gran parte. - Al fondo se observan escarpes en ignimbritas que coronan la secuencia volcánica superior.
- Fig. 7.- Fotografía que muestra un dique andesítico (Ta) en la bocamina del Nivel 16 en el prospecto "El Crestón", intrusionando al pórfido cuarzomonzonítico (Tpqm).
- Fig. 8.- Fotografía que muestra una brecha tectónica constituida por fragmentos angulosos a subangulosos de andesita (Ta) propilitizada y pórfido granodiorítico (Tpgr) silicificado, se observa calcopirita de la primera etapa de mineralización hidrotermal incluida en fragmentos de cuarzo (Qz). La brecha está cementada por cuarzo que contiene calcopirita de la segunda etapa de mineralización hidrotermal, diseminada. Nótese la cloritización intensa en los bordes de los fragmentos de la brecha. (Mina 5 de Mayo, nivel I).
- Fig. 9.- Fotografía mostrando una veta-falla, nótese la fuerte oxidación en los respaldos de la misma. (Prospecto "El Crestón", nivel 16).
- Fig. 10.- Fotografía mostrando brechamiento de la veta principal en la cual se observan fragmentos angulosos a subangulosos de pórfido cuarzomonzonítico (Tpqm) sumamente cloritizados y silicificados cementados por cuarzo (Qz) con sulfuros diseminados correspondientes a la segunda y tercera etapa de mineralización hidrotermal (prospecto "El Crestón", nivel 14).

- APENDICE PETROGRAFICO -

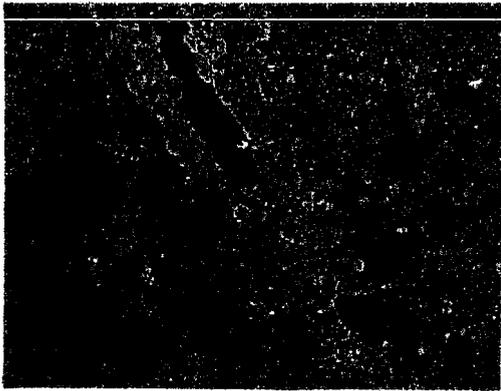


Figura 11

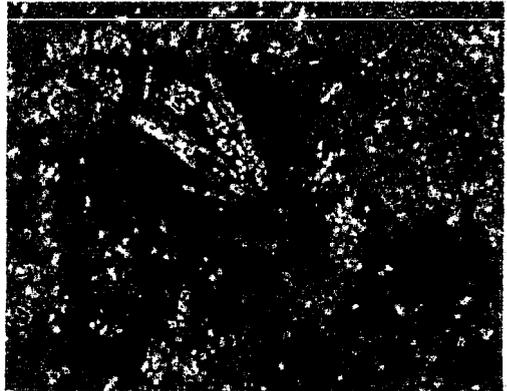


Figura 12

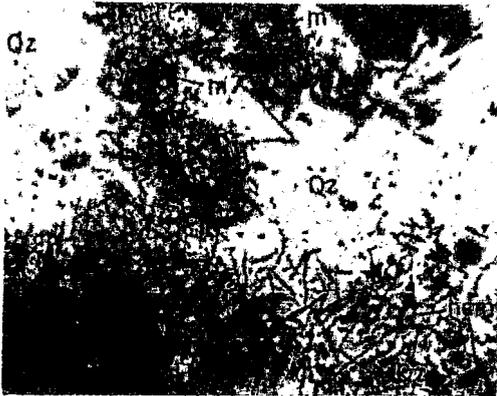


Figura 13

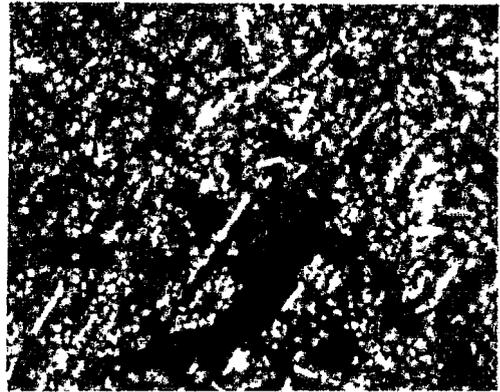


Figura 14

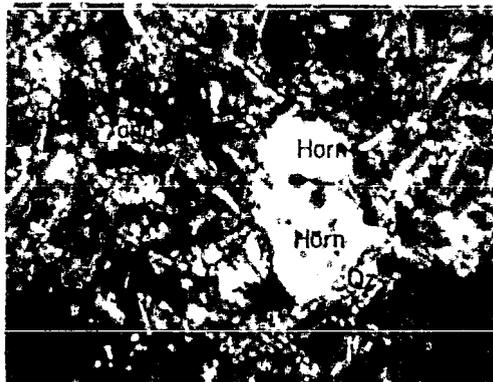


Figura 15

- Fig. 11.- Fotomicrograffa en que se muestra una microvetilla de cuarzo (Qz) con clorita (Cl) y minerales opacos (Op) correspondientes al probable evento de mineralización neumatolítica. - Nótese la abundancia de clorita en los respaldos de la microvetilla y los minerales opacos alojados hacia la parte central. (Muestra 5II-5, tomada con luz natural, amplificación 25X).
- Fig. 12.- Fotomicrograffa en la que se observan agregados radiales de turmalina ferrífera (Tur) "soles de turmalina" asociada con sericita (Ser), cuarzo (Qz) y piritita (Pi) que definen la alteración sílica avanzada. (Muestra TN16-9C, tomada con nícoles cruzados, amplificación 16X).
- Fig. 13.- Fotomicrograffa mostrando cuarzo de veta (Qz) asociado con clorita (Cl), minerales de mena (m) y hematita acicular - - (hem) correspondientes a la primera etapa de mineralización hidrotermal que definen la alteración silícica-clorítica. (Muestra TN16-17A, tomada con luz natural, amplificación 16X).
- Fig. 14.- Fotomicrograffa mostrando fenocristales de andesina-oligoclasa (And) y hornblenda cloritizada (Horn) incluidos en una matriz constituida por finos microlitos de andesina-oligoclasa - (and) y vidrio alterado a clorita y minerales arcillosos en la andesita que constituye la roca encajonante del prospecto "5 de Mayo". (Muestra 5M-29, tomada con nícoles cruzados, - amplificación 4X).
- Fig. 15.- Fotomicrograffa que muestra la textura holocristalina, hipidiomórfica e inequigranular del pórfido cuarzodiorfítico, el cual constituye una facie subvolcánica del intrusivo granodiorfítico. Se observan en primer término, fenocristales de andesina - (And), augita (Aug) y hornblenda (Horn) incluidos en una matriz constituida por cristales subedrales de andesina (and) y cuarzo (Qz) anedral intersticial. (Muestra 5-II-22, tomada - con nícoles cruzados, amplificación 4X).

- APENDICE MINERAGRAFICO -



Figura 16

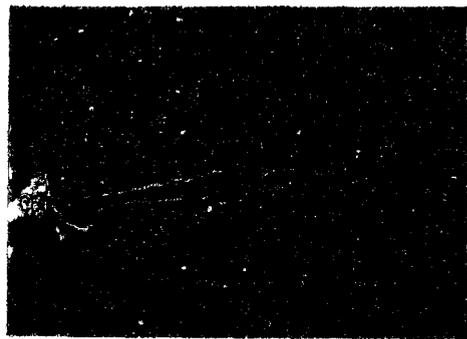


Figura 17



Figura 18



Figura 19

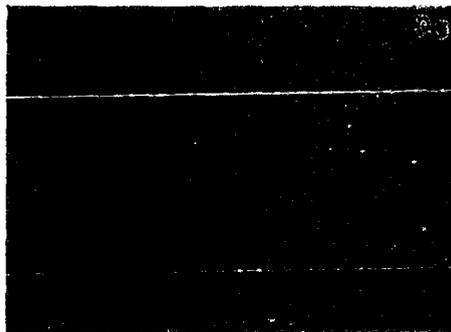


Figura 20

- Fig. 16.- Fotomicrografa mostrando esfalerita (Es) formada durante la primera etapa de mineralización hidrotermal que contiene calcopirita (Cpi) y galena (Gn) formadas durante la segunda etapa de mineralización, estos minerales se encuentran reemplazando a la esfalerita a través de sus planos de cruce-ro "reemplazamiento guiado". (Muestra TN16-19, tomada con luz natural, amplificación 10X).
- Fig. 17.- Fotomicrografa mostrando bornita (Bn) y calcopirita (Cpi) formando vetillas en esfalerita (Es) como resultado del relleno de fracturas. Nótese la presencia de exsolución "tipo emulsión" de calcopirita en esfalerita. (Muestra TN16-19, tomada con luz natural, amplificación 10X).
- Fig. 18.- Fotomicrografa en la que se observa tetraedrita (Tet) y galena (Gn) intercrecidas, ambos minerales se presentan rellenando una fractura en calcopirita (Cpi) formada durante la primera etapa de mineralización hidrotermal. (Muestra TN16-4 A, tomada con luz natural, amplificación 10X).
- Fig. 19.- Fotomicrografa mostrando un cristal de galena (Gn) que contiene abundantes inclusiones de estromeyerita (Est), ambos minerales corresponden a la tercera etapa de mineralización hidrotermal. (Muestra ERI-28, tomada con luz natural, amplificación 16X).
- Fig. 20.- Fotomicrografa que muestra Covelita (Cv) y Digenita (Dig) reemplazando a bornita (Bn), Calcopirita (Cpi) y Esfalerita (Es) en sus bordes. Estos minerales se presentan como cristales remanentes incluidos en un mosaico formado por minerales de enriquecimiento supergénico. (Muestra TN16-14, tomada con luz natural, amplificación 10X).

- APENDICE DE INCLUSIONES FLUIDAS -



Figura 21

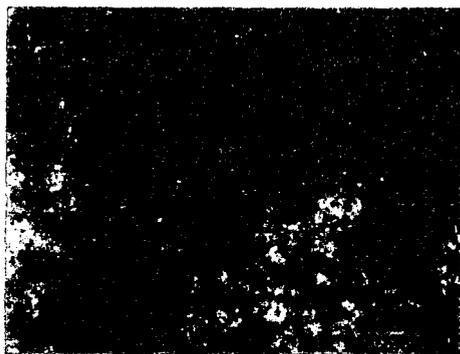


Figura 22



Figura 23 a



Figura 23 b



Figura 24 a



Figura 24 b

- Fig. 21.- Fotomicrograffa que muestra inclusiones fluidas primarias (P) correspondientes a la primera etapa de mineralización hidrotermal, la cual se caracteriza por la escasez de inclusiones y el tamaño tan pequeño de las mismas. El mineral analizado es cuarzo. (Muestra 5 II-18, prospecto "5 de Mayo").
- Fig. 22.- Fotomicrograffa mostrando inclusiones fluidas correspondientes a la segunda etapa de mineralización hidrotermal, se observa claramente la abundancia de inclusiones primarias (P) y secundarias (S) lo cual caracteriza a esta etapa. Fotomicrograffa tomada en esfalerita. (Muestra 5 II-20, prospecto "5 de Mayo").
- Fig. 23.- Fotomicrograffas mostrando inclusiones fluidas (P) en cuarzo, a y b correspondientes a la tercera etapa de mineralización hidrotermal. Nótense las diferencias texturales con las inclusiones de otras etapas. (Muestra ER-1, prospecto "El Rey").
- Fig. 24.- Fotomicrograffas mostrando inclusiones fluidas (P) y (S) correspondientes a la última etapa de mineralización hidrotermal. Los minerales analizados son calcita (a) y fluorita (b). En la inclusión contenida en la fluorita se aprecia un mineral hijo de cloruro de sodio (Mi). (Muestra ER-1-28, prospecto "El Rey").

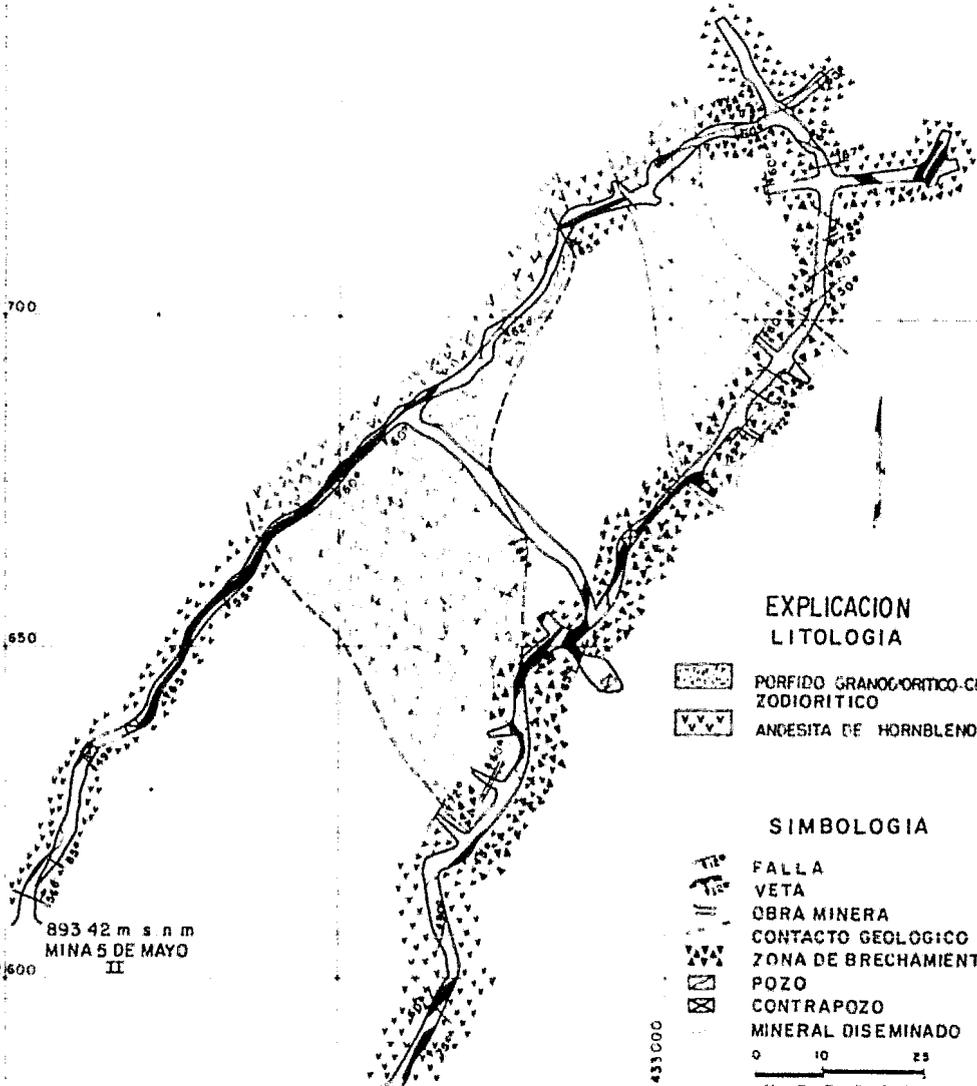
- M A P A S -

N 2812 750

N 2812 700

N 2812 650

N 2812 600



89342 m s n m  
MINA 5 DE MAYO  
II

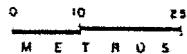
8800 m s n m  
MINA 5 DE MAYO  
I

### EXPLICACION LITOLOGIA

-  PORFIDO GRANODIORITICO-CUARZODIORITICO
-  ANDESITA DE HORNBLENDA

### SIMBOLOGIA

-  FALLA
-  VETA
-  OBRA MINERA
-  CONTACTO GEOLOGICO
-  ZONA DE BRECHAMIENTO
-  POZO
-  CONTRAPOZO
-  MINERAL DISEMINADO



E 432 900

E 432 950

E 433 000

 <b>ZAZC</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
	<b>TESIS PROFESIONAL</b>
<b>MAPA GEOLOGICO DE LA MINA 5 DE MAYO NIVEL I y II</b>	
FCO JAVIER MEDINA ESCUTIA	FECHA
L. S. ENRIQUE ORTIZ HOEZ	1983
FIGURA	23

N2,812,750

N2,812,700

N2,812,650

N2,812,600

E 432,900  
N2,812,550

893.42 m s.n.m.  
MINA 5 DE MAYO II

880.00 m s.n.m.  
MINA 5 DE MAYO I

E 432,950

### EXPLICACION ALTERACION

-  ARGILICA INTERMEDIA
-  FILICA INTERMEDIA
-  FILICA AVANZADA
-  PROPILITICA INCIPIENTE
-  PROPILITICA INTERMEDIA
-  PROPILITICA AVANZADA

### SIMBOLOGIA

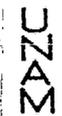
-  FALLA
-  VETA
-  OBRA MINERA
-  POZO
-  CONTRA POZO

0 12.5 25  
METROS



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL



MAPA DE ALTERACIONES  
DE LA MINA 5 DE MAYO  
NIVEL I Y II

FCO. JAVIER MEDINA ESCUTIA  
LUIS ENRIQUE ORTIZ ROEZ

FECHA  
1983

FIGURA  
26

MINA 5 DE MAYO XII  
91194 M.S.N.M.

N 2 812 550

N

N 2 812 500

N 2 812 450

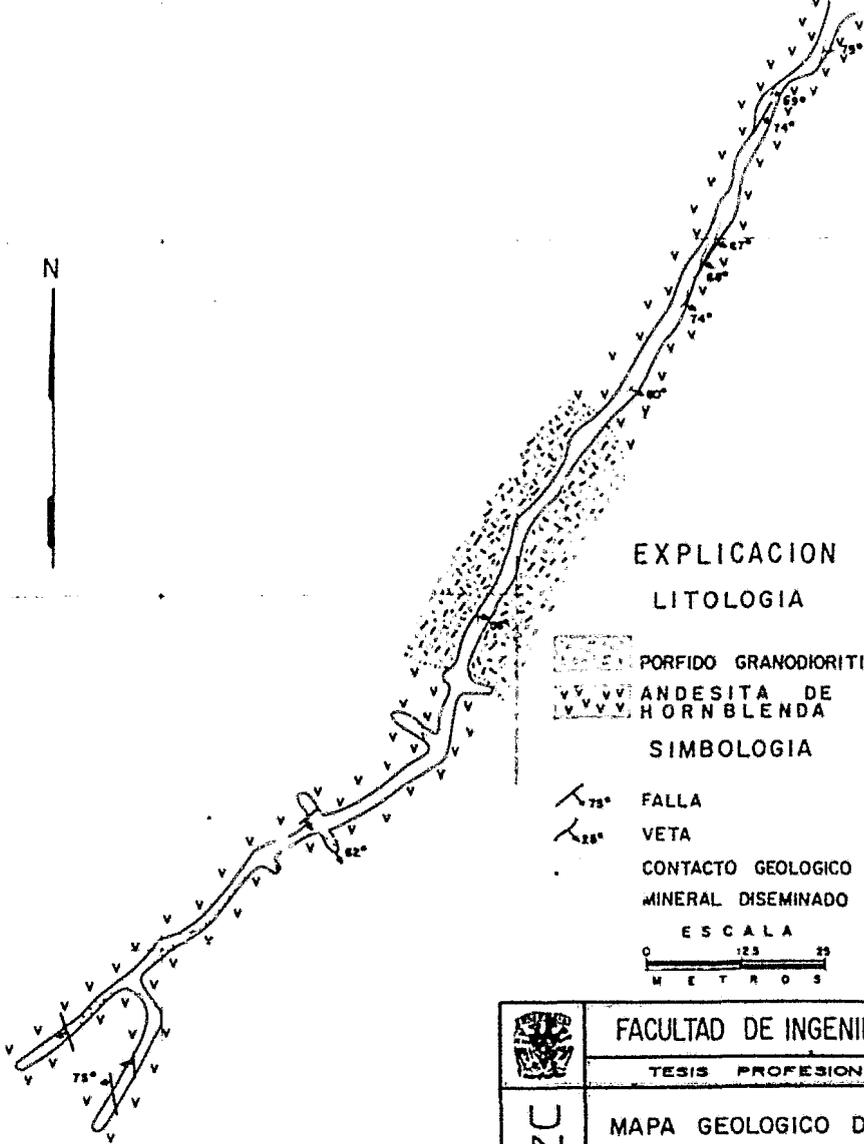
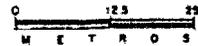
EXPLICACION  
LITOLOGIA

-  PORFIDO GRANODIORITICO
-  ANDESITA DE HORNBLENDA

SIMBOLOGIA

-  FALLA 75°
-  VETA 28°
-  CONTACTO GEOLOGICO
-  MINERAL DISEMINADO

ESCALA



E 432 900



FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

MAZAMITLAN

MAPA GEOLOGICO DE LA  
MINA 5 DE MAYO NIVEL III

FCO JAVIER MEDINA ESCUTIA LUIS ENRIQUE ORTIZ MDEZ.	FECHA 1963	FOLIO 27
---	---------------	-------------

MINA 5 DE MAYO III  
91194 m s n m.

N 2 812 550

N

N 2 812 500

N 2 812 450

EXPLICACION

ALTERACION

-  ARGILICA INTERMEDIA
-  FILICA AVANZADA
-  PROPILITICA INTERMEDIA
-  PROPILITICA AVANZADA

SIMBOLOGIA

-  10° FALLA
-  115° VETA
-  OBRA MINERA
-  MINERAL DISEMINADO

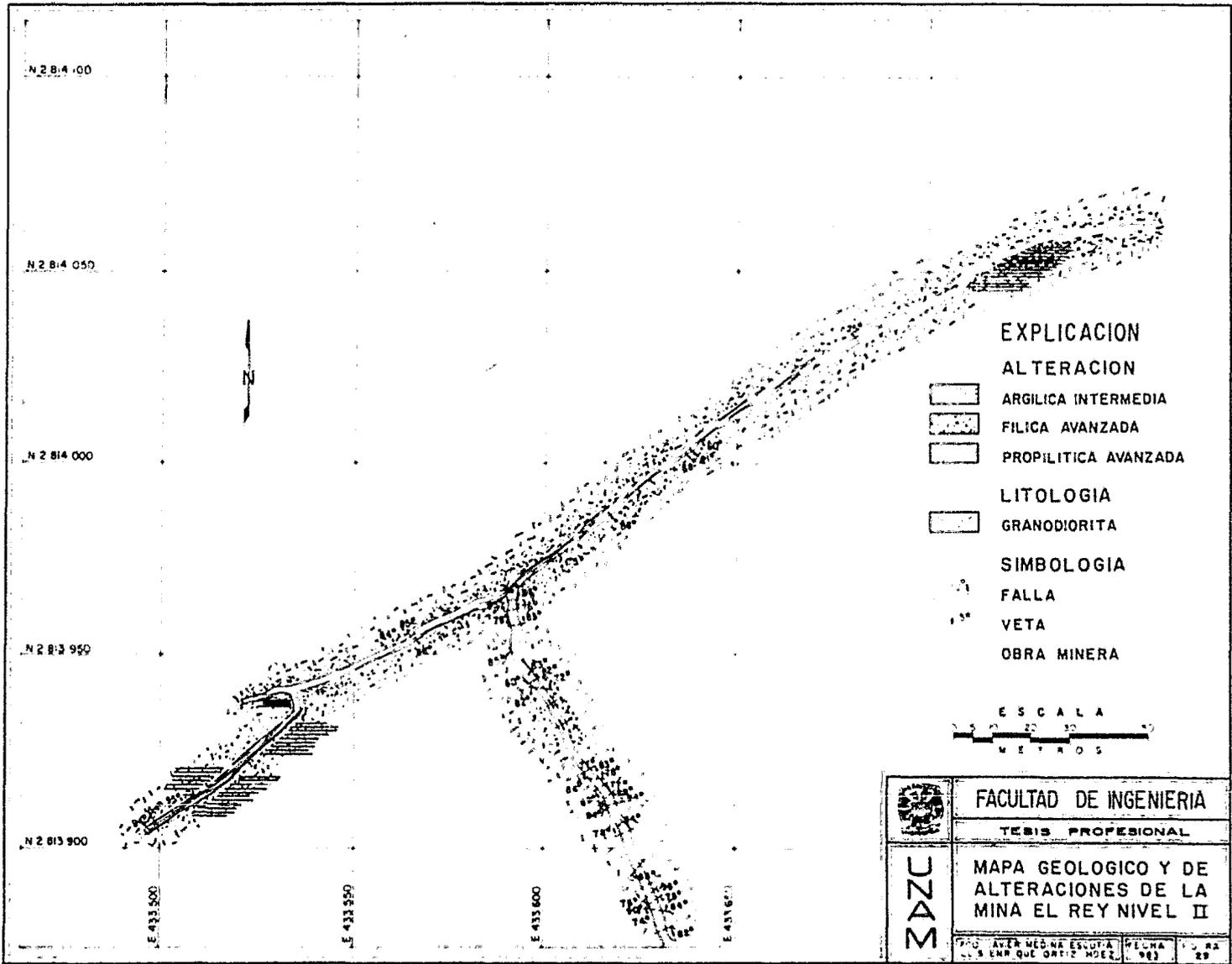
ESCALA  
0 125 250  
METROS

 UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
	MAPA DE ALTERACIONES DE LA MINA 5 DE MAYO NIVEL III	
	FCO JAVIER MEDINA ESCUTIA LUS ENRIQUE OTEY. 1982.	FECHA 1983

E 432800

E 432950

75°



**EXPLICACION**

**ALTERACION**

-  ARGILICA INTERMEDIA
-  FILICA AVANZADA
-  PROPILITICA AVANZADA

**LITOLOGIA**

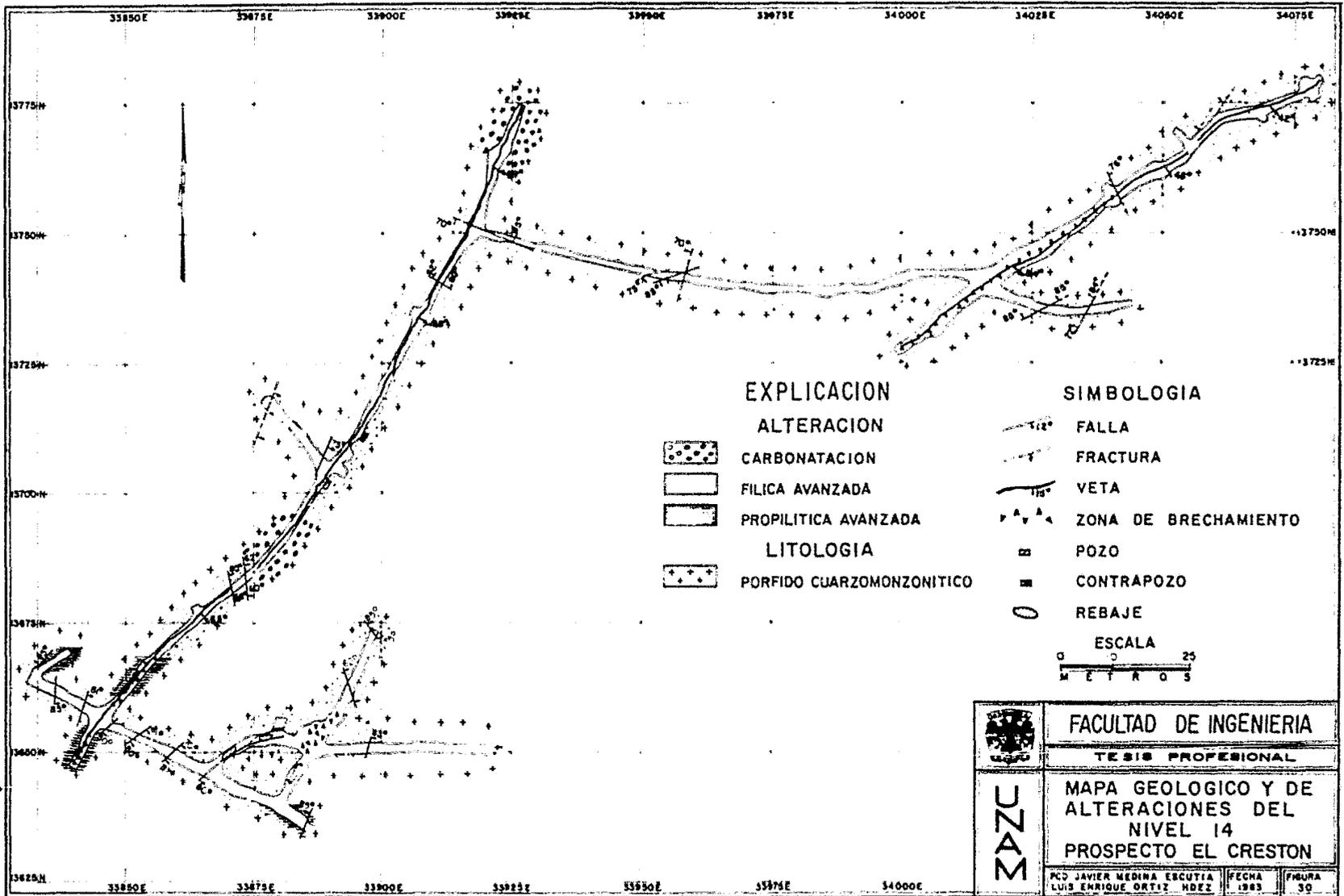
-  GRANODIORITA

**SIMBOLOGIA**

-  FALLA
-  VETA
-  OBRA MINERA



 <b>FAZC</b>	<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
	<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
	<b>MAPA GEOLOGICO Y DE ALTERACIONES DE LA MINA EL REY NIVEL II</b>	
P.O. AV. MED. NA. ESC. TA. 1	FICHA 1	P. RA 29
C.S. ENR. QUE. ORIC. MOEZ.	983	29

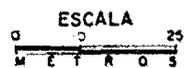


**EXPLICACION**

- ALTERACION
- CARBONATACION
- FILICA AVANZADA
- PROPILITICA AVANZADA
- LITOLOGIA
- PORFIDO CUARZOMONZONITICO

**SIMBOLOGIA**

- FALLA
- FRACTURA
- VETA
- ZONA DE BRECHAMIENTO
- POZO
- CONTRAPOZO
- REBAJE



	FACULTAD DE INGENIERIA	
	TESIS PROFESIONAL	
MAPA GEOLOGICO Y DE ALTERACIONES DEL NIVEL 14 PROSPECTO EL CRESTON		
PCD JAVIER MEDINA ESCUTIA LUIS ENRIQUE ORTIZ HDEZ	FECHA 1983	FOLIO 30