

24.3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ESTUDIO GEOLOGICO - MINERO DEL AREA
DOS CARLOS, PACHUCA, HGO.**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
INGENIERO GEOLOGO**

p r e s e n t a

FIDEL ARREOLA LOZADA

MEXICO

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Página

I.- INTRODUCCION

I.- 1	OBJETIVO DEL ESTUDIO - - - - -	1
I.- 2	TRABAJOS PREVIOS - - - - -	1
I.- 3	METODO DE TRABAJO - - - - -	4

II.- GEOGRAFIA

II.- 1	LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA - - -	6
II.- 2	VIAS DE ACCESO - - - - -	6
II.- 3	CLIMA Y VEGETACION - - - - -	7
II.- 4	ECONOMIA - - - - -	9

III.- FISIOGRAFIA

III.- 1	PROVINCIAS FISIOGRAFICAS - - - - -	10
III.- 2	GEOMORFOLOGIA - - - - -	11
III.- 3	HIDROGRAFIA - - - - -	11

IV.- GEOLOGIA

IV.- 1	GEOLOGIA REGIONAL - - - - -	13
IV.- 2	GEOLOGIA LOCAL - - - - -	13
IV.- 3	ESTRATIGRAFIA - - - - -	16
IV.- 4	GEOLOGIA ESTRUCTURAL	
	a) REGIONAL - - - - -	64
	b) LOCAL - - - - -	67
IV.- 5	GEOLOGIA HISTORICA - - - - -	69

V.- YACIMIENTOS MINERALES

V.-	1	MINERALOGIA - - - - -	72
V.-	2	SUCESION - - - - -	73
V.-	3	ROCAS ENCAJONANTES - - - - -	74
V.-	4	TIPOS DE ALTERACION	
	a)	ALTERACION DE LAS ROCAS DE LOS RESPALDOS	75
	b)	ALTERACION DE LOS CUERPOS DE MINERAL -	77
	c)	ALTERACIONES COMO GUIAS - - - - -	78
V.-	5	GENESIS DEL YACIMIENTO - - - - -	79
V.-	6	OBRAS MINERAS - - - - -	80
V.-	7	GEOQUIMICA - - - - -	83
V.-	8	MUESTREO - - - - -	86
V.-	9	CALCULO DE RESERVAS - - - - -	90

VI.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES - - - - -	94
------	--	----

BIBLIOGRAFIA

PLANOS E ILUSTRACIONES

I.- I N T R O D U C C I O N

I. 1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en el área de Dos Carlos, comprendida en la porción suroriente del Distrito Minero Pachuca-Real del Monte; con la finalidad de incorporarla a la producción del Distrito.

Este estudio viene a formar parte del programa de exploración que realiza actualmente el Consejo de Recursos Minerales a través de la Gerencia de Evaluación y Contratos, en el Distrito Pachuca-Real del Monte.

Existen trabajos geológicos del Distrito Minero Pachuca-Real del Monte, realizados por A.R. Geyne, (Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, - - Hgo.; Publicación 5 E C.R.M., 1963) los cuales han sido un -- apoyo para la realización del presente estudio.

También se tiene la finalidad de determinar la posible - continuidad de las estructuras mineralizadas y la localiza- - ción de nuevas estructuras tomando como base las zonas anómalas geofísicas y geoquímicas.

I.2 TRABAJOS PREVIOS

Las brigadas de geofísica del Consejo de Recursos Minerales, levantaron con el Método Turam SE-71, 38.85 km lineales con 1879 estaciones de lectura a 3 frecuencias para un total-

de 5628 lecturas obtenidas. Con los métodos de Polarización - Inducida y resistividad, se levantaron 4.18 km lineales con - 210 estaciones de lectura, para un total de 884 lecturas obtenidas.

Con el equipo de magnetometría terrestre se efectuaron - 10.79 km lineales con 500 estaciones de lectura para un total de 500 lecturas obtenidas.

El muestreo geoquímico se realizó en dos etapas la primera fue perpendicular a la zona geofísica anómala No. 1 - - (ver plano geológico), recolectando 169 muestras de suelo y - roca.

En la segunda etapa se efectuó el muestreo perpendicular a la zona geofísica anómala No. 2 recolectando 278 muestras - de suelo y roca.

Las anomalías geofísicas representan cuerpos conductores a profundidad de posible mineralización y dimensiones económicamente explotables.

Las anomalías geofísicas detectadas definen la existen-- cia del sistema de fracturamiento Este-Oeste con ligera ten-- dencia al NW-SE y cambian al Oriente al sistema Norte-Sur.

Las anomalías geofísicas se encuentran controladas es-- tructuralmente por dos fuertes fallamientos regionales. La --

primera de ellas con rumbo general Este-Oeste y echado al Sur oeste que controla, prácticamente en toda su extensión, a la traza localizada en la zona anómala No. 3 (ver plano No. 1), representándose en el campo como el Arroyo Victoria y la segunda con rumbo NE-SW y echado hacia el SE en donde terminan todas las trazas, representándose en el campo como el Arroyo-San Antonio.

Se localizaron zonas anómalas geoquímicas en estrecha correlación con las trazas anómalas geofísicas 1, 2 y 3 detectadas a lo largo de 1,200 m en la porción sureste del área.

La primera de estas anomalías geoquímicas, la No. 4, fue localizada en la vecindad de un dique de pórfido cuarcífero - de grano fino encajonado en las andesitas del Grupo Pachuca.- El dique se encuentra alterado con intensa oxidación y silicificación.

Esta zona se presenta como una de las más prometedoras - en el área, debido a la estrecha correlación de la zona anómala geoquímica No. 4 y la zona anómala geofísica No. 1; así -- como una zona geológicamente propicia.

Está situada entre las coordenadas 19 500 E 20 000 E y - la 7 000 N, representándose en el campo como la intersección de los Arroyos San Antonio y La Victoria; los cuales constituyen dos fallas que controlan la estructura potencialmente más favorable, y por tanto fue explorada a profundidad por un - -

barreno corto. Este Barreno (Barreno No. 1), no cortó valores, seguramente por su longitud tan corta, pues ésta fue de apenas 61.75 m con un rumbo S 30° W y una inclinación de -50° (ver lámina No. 6).

Al oriente del área se realizaron dos barrenos (Barrenos No. 3 y 4), para probar la anomalía geofísica más intensa detectada en todo el levantamiento efectuado. Esta anomalía está localizada entre las coordenadas 20 000 E - 20 700 E y 6 500 N - 6 830 N (ver plano No. 1). Estos barrenos tampoco cortaron valores, debido a que también se quedaron cortos, como el caso del barreno No. 1.

La zona anómala geofísica No. 2 localizada entre las coordenadas 19 740 E - 19 850 E y 7 026 N - 7 084 N (ver plano No. 1) fue probada con el barreno No. 2, no reportando mineralización económica debido a las mismas causas de los barrenos anteriores. (ver lámina No. 7)

Por otro lado los barrenos 1, 3 y 4 reportan la presencia de mineralización, que aunque no económica, se constituye como zona de alteración indicativa de un probable clavo con mineralización económica a profundidad.

I.3 METODO DE TRABAJO

Se mapeó la geología superficial, teniendo como apoyo el

plano topográfico del área, a una escala, 1.2000.

Se hicieron caminamientos a lo largo de las anomalías -- previamente detectadas por geofísica y geoquímica, con el objeto de mapear a detalle la posición estructural de las rocas alteradas, llevando así mismo un muestreo y resultado de las mismas, del cual se hace mención en el capítulo 5 inciso 8.

Se recomendaron barrenos a diamante para probar las estructuras determinadas en el campo, apoyados en un buen criterio geológico, partiendo de la información geofísica y geoquímica.

Asimismo, con la información obtenida en el Departamento Geológico de la Compañía Real del Monte se recomendaron realizar obras mineras que son la continuación de las que subyacen en el área de Dos Carlos. Estas obras se llevarán a cabo a -- largo plazo debido a que las obras mineras de Dos Carlos se encuentran abandonadas desde su última etapa de producción intensiva, realizada por la Cooperativa Dos Carlos en el año de 1939.

II. G E O G R A F I A

II. 1. LOCALIZACION Y EXTENSION DEL AREA

El área de estudio se localiza en el Estado de Hidalgo, cuya capital es la Ciudad de Pachuca. El Estado limita al norte con los Estados de San Luis Potosí y Veracruz, al oriente con los Estados de Veracruz y Puebla, al sur con los Estados de Tlaxcala y México y al poniente con los Estados de México y Querétaro. (lámina No. 1).

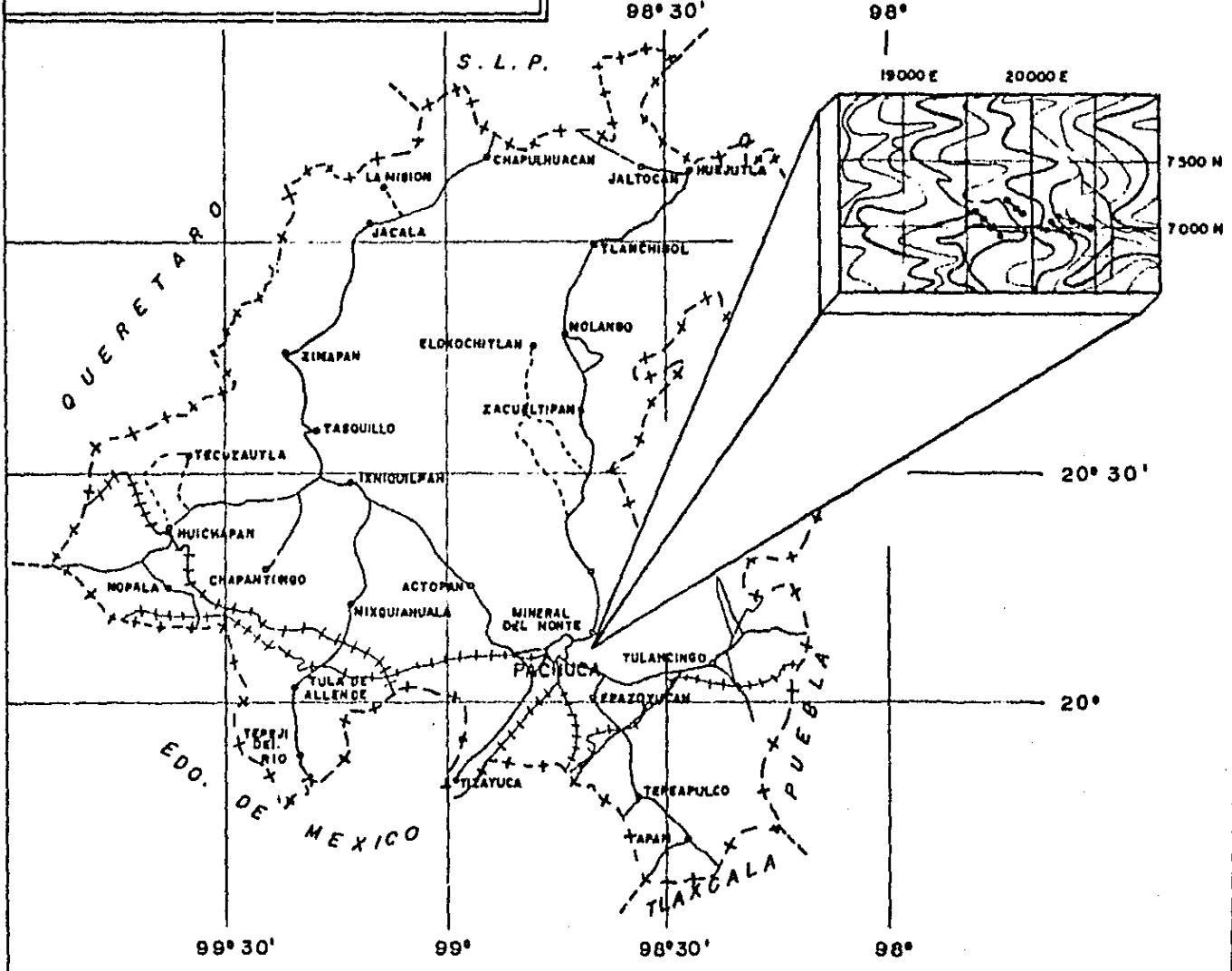
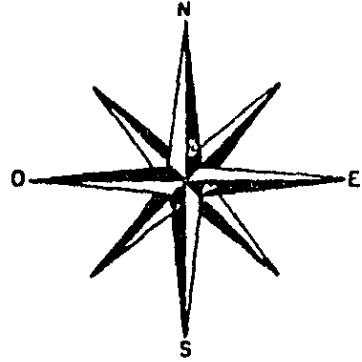
El área de Dos Carlos se encuentra situada a 8 km al sur este de la Ciudad de Pachuca, Hgo.

Geográficamente se localiza entre los meridianos $98^{\circ} 40'$ - $98^{\circ} 42'$ de longitud oeste y los paralelos $20^{\circ} 04'$ - $20^{\circ} 06'$ de latitud norte. Está comprendida entre las coordenadas Mercator X - 532,140 a 534,840 y - 2 223 a 2 225 y las coordenadas locales 18 500 E - 21 000 E y 6 500 N - 8 000 N con una extensión de 4 km^2 . (plano No. 1).

II.2 VIAS DE ACCESO

Al noreste de la Ciudad de México, por la carretera Federal No. 85 que une a las Ciudades de México-Tampico, y a una distancia de 98 km, se encuentra localizada la Ciudad de Pachuca, Hgo.

De la ciudad de Pachuca, Hgo. siguiendo por la carretera



EXPLICACION

- ++++ FERROCARRIL
- CAMINO PAVIMENTADO
- CAMINO REVESTIDO
- CAMINO DE TERRICERIA
- - - BRECHA
- ~ RIOS Y ARROYOS



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
PLANO DE LOCALIZACION		
TESIS PROFESIONAL		
FIDEL ARREOLA L.	1984	Lamina N° 1

Estatat que va a Tulancingo, Hgo. se continúa por la desviación a 2 km que existe hacia el poblado de Azoyatla y de ahí por una brecha de unos 3 km de desarrollo, hasta llegar al área.

La Ciudad de Pachuca, Hgo. también se encuentra comunicada por un ramal de los Ferrocarriles Nacionales de México. La terminal aérea más cercana se encuentra en la Ciudad de México.

II.3 CLIMA Y VEGETACION

A lo largo de la parte sur de la Sierra de Pachuca, que es donde se encuentra el área de estudio, el clima, se caracteriza por su semiaridez. La temperatura media anual es de unos 14.5°C , y una temperatura máxima de 33°C y mínima de -6°C .

La estación de lluvias va de verano a otoño y a continuación otra seca, en invierno y primavera.

La precipitación anual llega a 400 mm, en forma de aguaceros locales por las tardes, durante los meses de mayo a octubre, con ciclos parcialmente despejados el resto del día.

El clima de la Ciudad de Pachuca, además de encontrarse dentro de las condiciones antes descritas, tiene un rasgo característico; el viento vespertino del noreste desciende del

flanco de la sierra y acosa a la ciudad.

La vegetación consiste en varias especies de gramíneas - de clima árido, de ciertas variedades de cactus, y de grandes yucas.

El flanco suroccidental de la Sierra de Pachuca consiste de.

Nopal (*Opuntia ficusindica*)

Organo (*Cereus*)

Biznaga (*Echinocactus*)

En el flanco nororiental de la Sierra de Pachuca, predominan bosques representados por:

Cedro (*Juniperus*)

Piñón (*Pinus Monophylla*)

Encino (*Quercus ganelii*)

Los árboles principales son:

Abeto (*Abies religiosa*)

Pino (*Pinus Leiophylla*)

Encino (*Quercus barbineru*)

Madroño (*Arbutus Kalapensis*)

Los principales árboles y plantas a lo largo de la carretera a Real del Monte, son:

Pirul (*Schinus Molle*)

Eucalipto (Eucalyptus)

Maguey (Agave altrovirens)

II.4 ECONOMIA

Se basa principalmente en la minería, agricultura y ganadería en pequeña escala.

Minería.- Es el factor económico más importante de la región, ya que gran parte de la población, se ocupa en dicha actividad económica debido a la cercanía de la Ciudad de Pachuca y Real del Monte.

Agricultura.- Los principales cultivos son, el maíz, la cebada y el maguey el cual se cultiva en los valles y partes bajas de la sierra.

Ganadería.- Consiste en el pastoreo de ganado lanar, vacuno y caprino en pequeña escala. Esta actividad económica es importante para la ciudad de Tulancingo ya que en ésta existen industrias textiles.

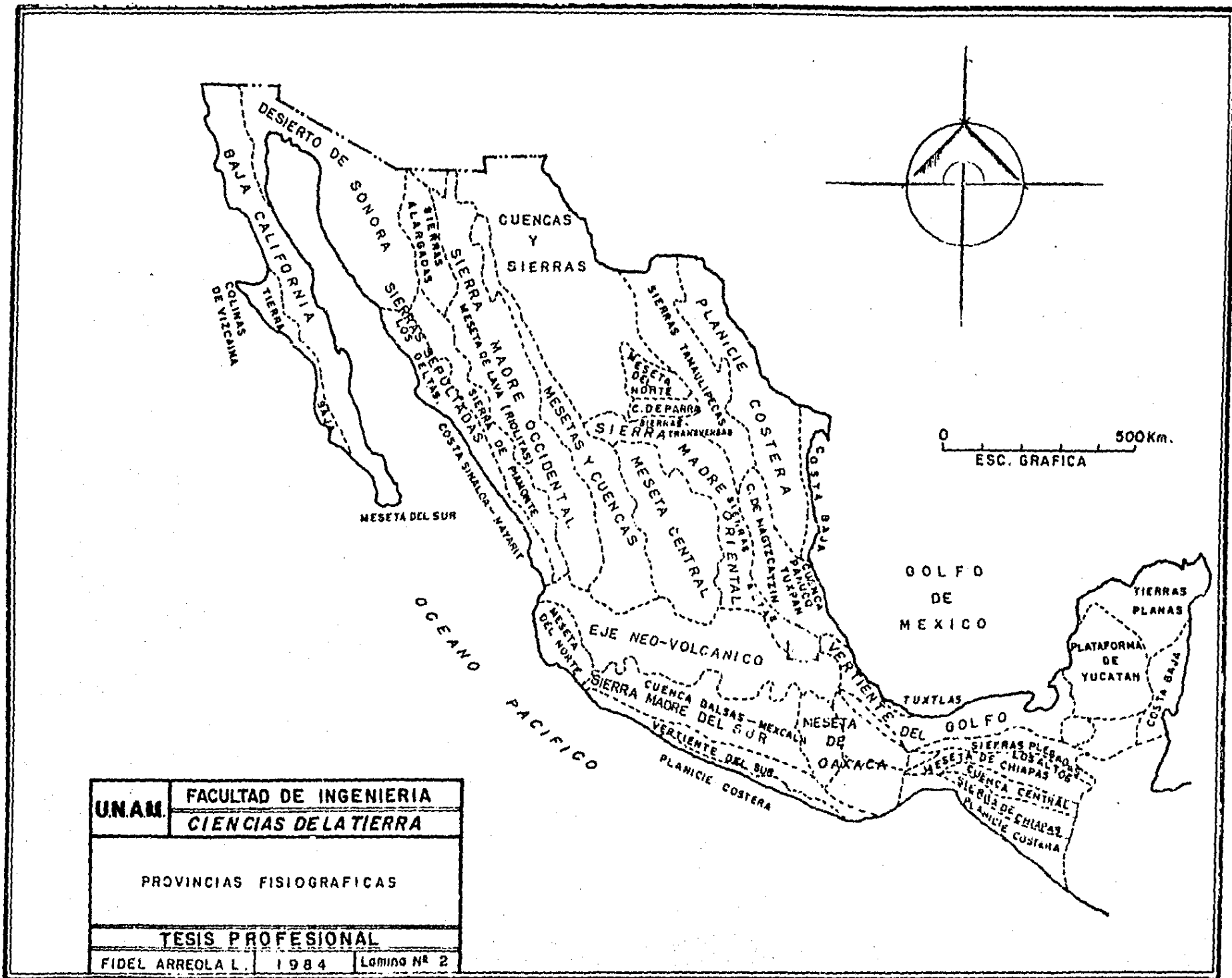
III F I S I O G R A F I A

III.1 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS

El área se encuentra ubicada al norte de la provincia - fisiográfica denominada por Raisz (1964), Altiplanicie Neovolcánica o por Williams (1958) Zona Neovolcánica. Está situada en el borde meridional de la Sierra Madre Oriental (lámina - No. 2).

Localmente la zona queda comprendida en la parte suroriental de la Sierra de Pachuca, que se caracteriza por tener un promedio de 2,400 m sobre el nivel del mar, en la parte baja y 2,900 m s.n.m. en la parte alta.

La Sierra de Pachuca se extiende unos 30 km al sureste - Real del Monte, hasta Cuyamaloya y se encuentra junto a la carretera, entre Pachuca y Tuxpan. Desde este punto continúa al sureste con el nombre local de Sierra de Singuilucan, por una distancia de 25 km, y desde este lugar empieza a desaparecer hasta las llanuras de Apam. La Sierra de Pachuca también se extiende unos 20 km al noroeste de Real del Monte, hasta el cañón formado por el Río de los Griegos. Desde éste punto continúa con el nombre de Sierra de Actopan, por una distancia de unos 45 km de donde al fin desaparece cerca del Cardonal, Hgo.



UNAM.	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS		
TESIS PROFESIONAL		
FIDEL ARREOLA L.	1984	Lamina N° 2

III.2 GEOMORFOLOGIA

La topografía es un poco abrupta (ya que se sitúa en el borde suroriental de la Sierra de Pachuca), los arroyos comienzan a erosionar y acarrear bloques de gran tamaño (2.5 a 3 m de diámetro), lo que indica que se encuentra en la etapa juvenil.

Los cerros de la Sierra de Pachuca son todos de aspecto volcánico, con escarpes y picachos muy pronunciados (Peña del Cuervo, Las Ventanas, Las Monjas, etc.).

III.3 HIDROGRAFIA

La Sierra de Pachuca forma el límite nororiental de la cuenca de México, un área con piso relativamente plano y condesagüe interior o de régimen endorreico, que se extiende al sur unos 100 km hasta la orilla austral de la Ciudad de México.

El escurrimiento superficial en el flanco suroriental y suroccidental de la Sierra de Pachuca corre 55 km hacia el suroeste, vía Río de las Avenidas de Pachuca, para entrar en los Lagos de Zumpango, que es una de las varias áreas bajas, cerca del extremo austral de la cuenca de México.

Los valles que llevan agua en ambos flancos de la Sierra de Pachuca, exhiben escalones bien definidos en sus fondos, o

sean puntos en donde aparece un aumento abrupto de la pendien
te. Una barranca juvenil se ha desarrollado aguas abajo de -
cada grada, mientras que un valle alto con declive relativa--
mente ligero permanece aguas arriba. El drenaje es de tipo -
dendrítico.

IV GEOLOGIA

IV.1 GEOLOGIA REGIONAL

En la región afloran rocas sedimentarias e ígneas cuyas edades varían desde el Mesozoico hasta el Reciente.

Las rocas sedimentarias son de origen marino y continental; éstas rocas no afloran dentro del Distrito Minero de Pachuca- Real del Monte y únicamente lo hacen al norte, en el río Amajac y al suroeste del distrito cerca de Santa María -- Ajoloapan, Méx.

Las rocas ígneas tanto extrusivas como intrusivas son -- las que predominan en el distrito Pachuca-Real del Monte. Las rocas ígneas extrusivas están constituidas por andesitas, dacitas, brechas y tobas de composición dacítica y andesítica. Las rocas ígneas intrusivas de edad Terciario Tardío, están, -- ampliamente distribuidas en el Distrito Pachuca-Real del Monte. Estas rocas consisten de pórfido de dacita hornbléndica, -- dique cuarcífero de grano fino, dique cuarcífero de grano -- grueso, pórfido de dacita biotítica y pórfido de andesita de olivino.

IV.2 GEOLOGIA LOCAL

En el área afloran rocas ígneas del Mioceno y toba y brecha tobácea variable de andesita a riolita, de edad Plioceno.

En el área de Dos Carlos afloran tres unidades litológi-

cas y son, la Formación Real del Monte la Formación Santa -- Gertrudis, la Formación Vizcaína.

La Formación Real del Monte aflora principalmente en la porción surponiente del área.

Consiste en una interestratificación de brecha de derrame, roca de derrame maciza y capas tobáceas de composición -- andesítica y dacítica. Las brechas de derrame forman el tipo litológico más ampliamente distribuido, comunmente tienen color variable del púrpura grisáceo al púrpura rojizo grisáceo.

La Formación Real del Monte (Fries, 1962. p. 40-42) es de edad Mioceno Inferior; aflora en una faja con orientación hacia el noroeste comenzando en el pie meridional de la Sierra de Pachuca y se extiende ladera arriba de la Sierra al noreste de la Ciudad de Pachuca, continuando más allá del límite septentrional del distrito.

La Formación Santa Gertrudis descansa concordantemente sobre la Formación Real del Monte y consiste en rocas de derrame con cantidades menores de brecha de derrame y de otras capas clásticas y tobáceas de composición andesítica predominantemente. Estas rocas de derrame varían en color, del gris al gris verdoso. El color de la roca intemperizada es pardo amarillento. La roca de derrame contiene un 30% de fenocristales máficos, que parecen ser piroxenos alterados.

La edad de la Formación Santa Gertrudis (Fries, 1962.p.-42-44) es Mioceno. Aflora al noreste, este y sureste de la -- Ciudad de Pachuca, así como al norte y noreste de Real del - Monte.

La Formación Vizcaina es la que tiene mayor distribución superficial que las otras formaciones del distrito. Consiste de derrames de lava, capas de brecha y toba y un miembro clásico basal, donde todas estas rocas tienen una composición andesítica y dacítica. El nombre de esta formación se debe a la falla y veta del mismo nombre, y representa una de las principales estructuras del distrito.

La edad de la Formación Vizcaina (Fries, 1962.p. 44-46) -- es del Mioceno Tardío y constituye la roca superficial en la -- mitad nororiental del distrito.

Rocas Intrusivas

Son de edad Terciario Tardío, (Fries, 1962, p. 60-69) -- están ampliamente distribuidas en el área. Consisten de numerosos diques que varían en longitud desde 10 hasta unos 400 m, y en anchura desde 8 hasta más de 80 m. Son de composición -- riolítica.

Los rumbos de los diques tienen un promedio de N 70° W y otra dirección común es aproximadamente al oriente.

El dique riolítico muestra estructura fluidal, que en la mayoría de los lugares tiene fuerte buzamiento al suroeste y localmente exhibe contorsiones pronunciadas.

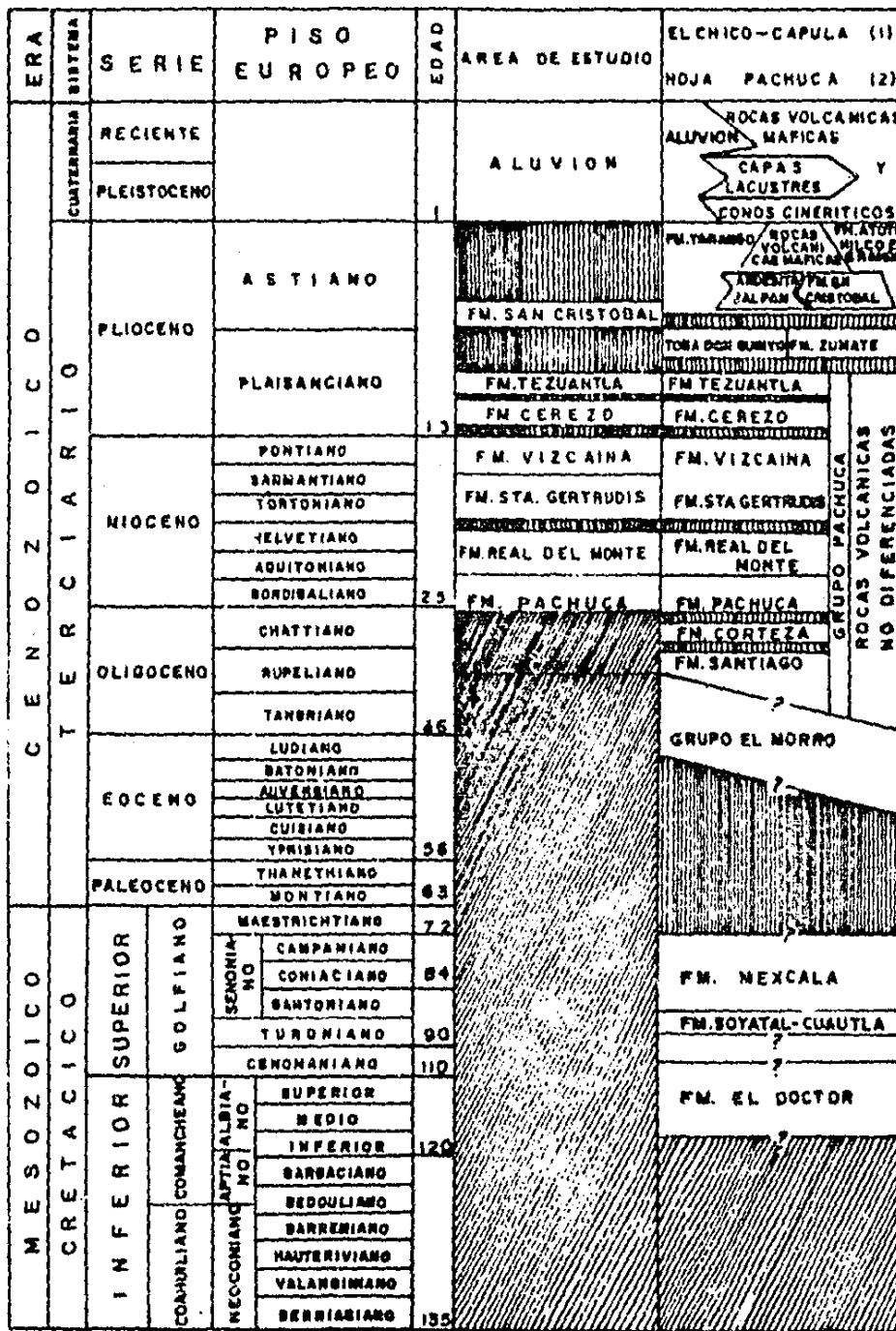
En algunos lugares del área se localizan zonas de brecha en los bordes de los diques y éstas se deben al fracturamiento de las zonas de contacto por un fallamiento anterior al emplazamiento de la roca intrusiva.

IV. 3 ESTRATIGRAFIA

Se infiere que las rocas sedimentarias cretácicas están subyaciendo al paquete de rocas terciarias, debido a que al norte del distrito afloran las rocas sedimentarias; así mismo, en el sur y al poniente de la Ciudad de Tizayuca, Hgo., afloran las calizas de la Formación El Doctor (I. Wilson, 1954) y sobre éstas se localiza el paquete terciario de rocas ígneas.



Las rocas sedimentarias preterciarias aparentemente no guardan relación con la zona minera del distrito; sin embargo, deben tomárseles en consideración para reconstruir los eventos geológicos.

Por otra parte, las rocas ígneas extrusivas del Grupo Pachuca, de edades terciario al reciente, tienen importancia por estar relacionadas con los yacimientos mineralizados del distrito y del área de estudio.



(1) PEREZ R. 1974

(2) CARL FRIES 1962

-  NO AFLORA
-  AUSENTE POR EROSION
O NO DEPOSITO

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
COLUMNA ESTRATIGRAFICA		
TESIS PROFESIONAL		
FIDEL ARREOLA L.	1984	Lamina N° 3

ERA MESOZOICA
Sistema Cretácico

Formación El Doctor.

Definición.

Fué descrita por I. Wilson en 1954. Su localidad tipo se encuentra en el poblado del mismo nombre en el municipio de Cadereyta, Qro. Está compuesta por calizas en capas gruesas, intercaladas con dolomía. Esta formación aflora al norte y suroeste del área de estudio. En algunas partes de estas zonas se encuentra cubierta discordantemente por las Formaciones Cuautla-Soyatal y Mezcala-Méndez.

Litología y Espesor.

Está constituida por calizas de origen marino, variable de gris claro a gris oscuro, en capas que varían de delgadas a gruesas, compuestas principalmente de calcarenita de grano fino, con cantidades menores de calcilutita y aún menores de calcirrudita. Algunas capas están parcial o totalmente dolomitizadas; en forma local contienen nódulos abundantes, lentes y partículas irregulares de pedernal.

En donde el clima es árido, la caliza es altamente resistente a la erosión y por ello da origen a eminencias topográficas.

ficas. Tiene un espesor de más de 1,000 m al norte de Pachuca pero es menos gruesa hacia el suroeste.

Edad y Correlación.

Es de edad Albiano-Cenomaniano temprano (I. Wilson, 1954). En la parte superior de la formación son abundantes los foraminíferos de la familia miliólidae, junto con numerosos gasterópodos y abundantes pelecípodos llamados rudistas.

Se correlaciona con las Formaciones Tamaulipas Superior y El Abra de las partes centro-oriental y nor-oriental de México y con la Formación Morelos hacia el sur de la Ciudad de México.

Hacia el suroeste y noroeste del distrito, la Formación El Doctor se encuentra subyaciendo discordantemente a la Formación Cuautla-Soyatal y donde ésta no existe, es discordante con la Formación Mezcala-Méndez.

Formación Cuautla-Soyatal

Definición.

Según Fries (1960), la Formación Cuautla consiste en una sucesión de capas gruesas de caliza, hacia el suroeste del distrito de Pachuca; hacia el noroeste esta caliza tiene -- estratificación más delgada y se conoce con el nombre de For-

mación Soyatal (Wilson 1955), lo que indica que es una facies diferente de la misma unidad.

Litología y Espesor.

La Formación Soyatal consiste en caliza arcillosa en capas delgadas y la Formación Cuautla consiste en caliza casi pura en capas gruesas. La Formación Cuautla llega a tener -- hasta varios cientos de metros de espesor y la Formación Soyatal, algo más delgada, puede adelgazarse a grado tal de no -- estar presente debajo del distrito.

Edad y Correlación.

Las Formaciones Cuautla y Soyatal son semejantes litológica y cronológicamente y tienen edad del Turoniano Superior. (Fries, 1962)

Son equivalentes de La Caliza Agua Nueva, de las partes-centro-oriental y nororiental de México.

Estas formaciones descansan en discordancia erosional sobre la Formación El Doctor y subyacen también discordantemente a la Formación Mezcala-Méndez.

Formación Mezcala-Méndez.

Definición.

Fries (1960), propone el nombre de Formación Mezcala para una sucesión de capas interstratificadas de areniscas, limolitas y lutitas calcáreas con lentes escasas de caliza clásica. La localidad tipo se encuentra en el poblado del mismo nombre en el estado de Morelos, al sur de la Ciudad de México. El nombre Méndez se usa para la unidad de lutita y arenisca que sobreyace a la Formación Soyatal en la parte norte del distrito; las Formaciones Mezcala y Méndez son equivalentes entre sí en facies y en edad.

Litología y Espesor.

Las Formaciones Mezcala-Méndez consisten en areniscas, limolitas y lutitas marinas de color gris, en capas variables de delgadas a medianas, que se convierten a colores amarillentos y parduscos a la intemperie. El espesor máximo observado en los sinclinales más profundos hacia el noroeste y noreste del distrito de Pachuca alcanza cuando menos varios cientos de metros.

Edad y Correlación.

La edad varía desde el Coniaciano Temprano hasta el Senoniano y posiblemente se prolonga hasta el Maestrichtiano (Thalman y Ayala Castañares, 1959). En lo que se refiere a litología, correlacionaron esta faja de lutita con las luti-

tas ("pizarras") Nacoxtla de la localidad tipo cerca de Orizaba, Ver., del Senoniano.

Sedimentología

Debido a que la mineralización se encuentra en rocas ígneas y que las rocas sedimentarias no afloran en el área de estudio; no se realizó un estudio profundo de las rocas sedimentarias.

ERA CENOZOICA

Sistema Terciario

Rocas Sedimentarias y Volcánicas Terciarias.

Sobreyaciendo a las rocas que forman el basamento terciario, con discordancia angular y erosional muy marcada, se presenta una sucesión gruesa de rocas continentales terciarias.

La base del Sistema Terciario consiste en una sucesión clástica discontinua llamada Formación El Morro, que consiste de material erosionado del basamento cretácico. Está cubierta por una potente sucesión de rocas volcánicas denominada Grupo Pachuca. Sobreyacen a este último, cuatro formaciones terciarias más jóvenes, compuestas por rocas volcánicas dacíticas, andesíticas y riolíticas, y por una sucesión de depósitos clásticos derivados principalmente de las rocas terciarias.

Formación El Morro.

Definición..

Consiste en un conglomerado calcáreo rojizo, generalmente bien consolidado, continental y dispuesto en capas variables de gruesas a masivas. Tienen material tobáceo y derrames de lava intercalados, principalmente de composición basáltica a andesítica.

Edad y Correlación.

Esta formación es del Eoceno Tardío - Oligoceno Temprano (Segerstrom 1956, p. 76). Aflora 14 km al norte del distrito, cerca de Santa María Amajac.

Es equivalente con el Conglomerado rojo de Guanajuato en el distrito minero del centro de Guanajuato, descrito por - - Edwards (1955, p. 155-171); con el Conglomerado El Morro, en el distrito minero de Zimapán, ubicado 100 km al noroeste de Pachuca, descrito por Simons y Mapes (1956, p. 13-16); y con la Formación Balsas en los Estados de Morelos y Guerrero, al sur de Pachuca, descrita por Fries (1962, p. 91-101).

Grupo Pachuca. Consiste de ocho formaciones terciarias - posteriores a la Formación El Morro. Estas formaciones consisten totalmente de rocas volcánicas.

A continuación se describen las formaciones del Grupo -- Pachuca, comenzando por la más antigua hasta la más reciente:

Formación Santiago.

Definición.

Es la formación terciaria más antigua y consiste en derrames de lava, brechas y tobas interestratificadas, de composición variable de andesítica a riolítica, con algunas intercalaciones de rocas volcánicas epiclásticas. Su localidad tipo se encuentra en el cerro de Santiago o de Coronas, ubicado al oriente del centro comercial principal de Pachuca. La formación se define como aquella que comprende las rocas volcánicas más antiguas encontradas en la superficie y en los laboratorios del distrito minero hasta el año de 1962 y que subyacen a la andesita de la Formación Corteza.

Litología y Espesor.

Generalmente son rocas de textura porfídica y varían en tamaño de grano desde fino a grueso. Contiene de 20 a 30 por ciento de fenocristales, que consisten en su mayoría de plagioclasa y en parte menor de piroxeno y anfíbolos alterados. La matriz varía en textura, de densa a grano fino. La estructura fluidal primaria está bien desarrollada de los fenocristales.

tales en la matriz densa o vítrea. Un rasgo característico de la roca es la estructura fluidal ondulada gruesa, con buzamientos grandes, marcada en parte por capas prominentes de 1 a 2 cm de espesor, compuestas por material de grano fino y en parte por lentes densos en forma de escobillas en la matriz.

El espesor de la formación es de unos 480 m, pero como su base no ha sido alcanzada en los laboríos mineros, el espesor máximo debe ser mayor.

Edad y Distribución.

La Formación Santiago es del Eoceno Tardío (Fries 1962, p. 79) y Oligoceno Temprano. Tiene el área de afloramiento más pequeña entre todas las unidades del distrito; está distribuída más ampliamente en los laboríos mineros. En sus niveles inferiores, en la mayoría de las minas al sur y poniente de Pachuca, penetra la Formación Santiago, pero ninguna mina ubicada al norte del distrito tiene suficiente profundidad para alcanzar esta unidad. Esta formación aflora en la barranca del Río Amajac, al norte del distrito de Pachuca, en donde sobreyace a las rocas cretácicas.

Formación Corteza.

Definición.

Consiste de derrames andesíticos y basálticos, con un -

miembro tabáceo basal. Es la única formación de andesita no porfídica en el distrito y la única de las formaciones inferiores que se distinguen fácilmente de las demás, sólo con base en su litología. El nombre de Formación Corteza se propone aquí para esta unidad, según la veta Corteza de la mina San Juan Pachuca, en la que forma el respaldo del alto en una distancia de 1000 m a lo largo del nivel 270, siendo aquí considerada como localidad tipo. Esta formación, se conoce también como "Andesita Negra" ; todos los afloramientos de esta formación son mal definidos; los mejores se encuentran en el flanco norte del cerro de Cubitos, al sur de la Ciudad de Pachuca y cerca de la cumbre del cerro de Santiago, al oriente de la Ciudad de Pachuca.

Litología y Espesor.

En la base de esta formación se presenta un miembro tobáceo de 20 m de espesor, cuyo color es variable desde el rojo-oscuro al gris claro, de acuerdo con el grado de alteración y de hidratación de los óxidos de fierro presentes. Está compuesta por partículas del tamaño del limo y bien litificada. Esta cinerita originalmente fué de composición andesítica y ha sido intensamente cloritizada y argilitizada por fluidos hidrotermales. En donde la alteración es mínima, los derrames de lava que sobreyacen al miembro clástico basal varían en co

lor del gris oscuro al púrpura rojizo grisáceo, hasta púrpura rojizo oscuro; donde están más alterados, el color varía de gris verdoso a rojo. En casi todas partes las lavas se presentan no porfídicas, aunque localmente contienen cantidades pequeñas de fenocristales euedrales de plagioclasa esparcidos, hasta de 5 mm de longitud. La matriz es densa y de grano fino. Las amígdalas que contiene se presentan en zonas angostas cercanas a la cima y a la base de algunos derrames; consisten -- principalmente de cuarzo, calcita y clorita con diámetros de 0.3 a 10 cm.

El espesor de la formación es variable, quizá del mínimo de 50 m al poniente del distrito, al sur del tiro Paricutín - (coordenadas locales 6,000N-15,200E), hasta el máximo aproximado de 300 m en un punto ubicado medio kilómetro al poniente del tiro San Juan Pachuca (coordenadas locales 10,200N-14,- - 830E).

Edad y Distribución.

Esta formación es del Oligoceno Medio (Fries, 1962, P.79). Sobreyace a la Formación Santiago con discordancia erosional-ligera. Sus áreas de afloramiento están limitadas a las inmediaciones de la Ciudad de Pachuca. Al norte del distrito aflora en la barranca del Río Amajac y sobreyace a rocas de la -- Formación Santiago. En subsuelo se presenta en el nivel 270 -

en una área bastante amplia.

Formación Pachuca.

Definición.

Es la tercera formación en antigüedad, de la sucesión -- volcánica terciaria en el distrito. El nombre se escogió debido a que la unidad tiene el área de afloramiento más grande - de todas las formaciones que afloran cerca de la Ciudad de Pachuca. Consiste en un miembro clástico tabáceo bastante continuo en la base, cubierto por derrames andesíticos y dacíticos interestratificados, con varios miembros tabáceos lenticula-- res y hasta con diez capas de brecha alternadas con derrames-- relativamente compactos en la parte superior de la formación. La localidad tipo de la Formación Pachuca se considera que corresponde al afloramiento que desde el contacto con la Formación Corteza subyacente; en la orilla oriental de Pachuca en las coordenadas 9.650N-14,750E, se extiende directamente al - oriente en una distancia de 870 m hasta el contacto con la -- Formación Real del Monte suprayacente.

Litología y Espesor.

La Formación Pachuca comprende rocas de tipos litológi-- cos variados. El tipo más voluminoso consiste en rocas de de-- rrame, particularmente en la parte superior de la formación,--

las cuales son seguidas por brecha o conglomerados volcánicos y por capas clásticas tabáceas de grano más fino. Un tipo de roca de volumen relativamente pequeño se presenta en la parte inferior de la formación y se restringe a una pequeña área -- entre El Chico y el Río Amajac, al norte del distrito. Consiste en limolita interestratificada con caliza arcillosa.

Un miembro clástico tabáceo forma la base de la Formación Pachuca; está constituido por material bien estratificado y litificado en capas de 0.5 a 50 cm de espesor, compuestas por interestratos de limo y arena bastante bien clasificados. Rocas de derrame de diversos tipos se presentan arriba -- del miembro tabáceo basal. El color es variable desde el rojo obscuro y el verde grisáceo, hasta el blanco. Hay una capa -- gruesa de brecha ó conglomerado volcánico compuesta por fragmentos gruesos variables, desde angulosos hasta redondeados; -- se presenta en un lugar en el miembro clástico tabáceo basal. Arriba de este miembro se encuentran rocas de derrame de diversos tipos; la roca de derrame relativamente poco alterada es de color púrpura pálido o menos comúnmente, púrpura obscuro. La roca cloritizada tiende al gris verdoso. Un segundo tipo de roca de derrame se caracteriza por su estructura fluidal bien definida y por su grano fino; y un tercer tipo de roca de derrame también muestra buena estructura fluidal, pero es de grano grueso. Estos tipos de roca se encuentran en la --

parte superior de la formación.

La brecha de derrame es de color variable de gris oscuro o púrpura grisáceo o verde azulado grisáceo, de acuerdo -- con el grado de alteración; su composición es de andesita a dacita.

Todos los tipos de roca que constituyen la Formación Pachuca se hallan alterados de algún grado, de igual manera -- que las rocas de todas las demás formaciones volcánicas terciarias.

El espesor total de la formación varía desde 110 m o menos, en las cercanías del Cerro de Cubitos, al sur de Pachuca, hasta unos 620 m de la mina La Rica, cerca de Real del Monte. Sin embargo, en gran parte del distrito su espesor está entre los 300 y 500 m. El miembro clástico tobáceo basáltico tiene espesor máximo de unos 20 m.

Edad y Distribución.

La edad de la Formación Pachuca es del Oligoceno Tardío al Mioceno Temprano (Fries, 1962, p.79-80). Los afloramientos de la Formación Pachuca están restringidos en el distrito al flanco suroccidental de la Sierra de Pachuca. La unidad no -- aflora cerca de Real del Monte, pero sí lo hace hacia el norte del distrito por una distancia de varios kilómetros hasta

el fondo de la barranca del Río Amajac. La Formación Pachuca sobreyace a la Formación Corteza con discordancia erosional ligera.

Formación Real del Monte.

Definición.

Esta formación consiste de brecha de derrame, y capas tobáceas de composición andesítica y dacítica. El nombre de esta formación se debe a que se halla más ampliamente distribuída que las demás, en los laboríos subterráneos de la población de Real del Monte. La localidad tipo se encuentra en las coordenadas locales 10,290N-15,560E, en contacto con la Formación Pachuca.

Litología y Espesor.

En la base de la Formación Real del Monte se presentan localmente capas tobáceas clásticas. Están constituídas por partículas de tamaño muy variable, que tienen composición general andesítica. Ciertas capas bien estratificadas consisten en una mezcla de partículas del tamaño de la arcilla, limo y arena gruesa, mientras que otras están compuestas por brecha de grano grueso.

Mas arriba de la formación se presentan otras lentes tobáceas clásticas, de color variable, de rojo obscuro a gris -

claro y se muestran bien estratificadas.

Arriba de las capas clásticas basales, en donde éstas se presentan, o directamente encima de la Formación Pachuca, se encuentran derrames de lava interestratificados con brecha de derrame. Las brechas de derrame forman el tipo litológico más ampliamente distribuido en la Formación Real del Monte. Comúnmente tienen color variable del púrpura grisáceo al púrpura rojizo grisáceo. El tinte púrpura es más marcado que en la Formación Pachuca subyacente.

La parte más gruesa de la formación ocupa una zona con orientación hacia el noroeste, que comienza cerca del centro del distrito (10,000N-18,000E) y se extiende hasta cerca de las coordenadas 14,000N-14,000E. El espesor máximo en esta zona es de unos 350 m. En otras partes, la formación se adelgaza hasta el espesor mínimo de 120 m, con excepción del área del Cerro de Cubitos, en donde parece faltar debido a su erosión.

Edad y Distribución

La edad de la Formación Real del Monte (Fries, op.cit.) es del Mioceno Temprano al Mioceno Medio. Esta formación cubre concordantemente a la Formación Pachuca. La distribución más amplia de la Formación Real del Monte en la región, sugiere -

que existieron varias fuentes de aprovisionamiento de la roca. La formación aflora en una faja con orientación hacia el noroeste; comienza en el pie meridional de la Sierra de Pachuca, cerca de las coordenadas locales 6,100 N- 20,200 E, y se extiende ladera arriba de la sierra al noreste de la Ciudad de Pachuca, para terminar cerca de las coordenadas 12,200 N -16,200 E. Aparentemente continúa más allá del límite septentrional del distrito, ya que cerca de El Chico aparece brecha del tipo de Real del Monte en el subsuelo y en la superficie.

Formación Santa Gertrudis.

Definición.

Son rocas de derrame compactas con cantidades menores de brecha de derrame y de otras capas clásticas y tobáceas, con composición andesítica predominante, que localmente cambia por transición a dacita. El nombre de la formación se debe a que esta unidad forma el respaldo del bajo y una parte del respaldo del alto de la veta Santa Gertrudis, en el tramo más productivo cerca de la superficie (8,500 N - 18,500 E) . En la parte superior está compuesto por derrames y por capas de brecha. Es la unidad superior de un grupo concordante de tres formaciones, que son : 1) Formación Santiago, 2) Formación Pachuca y 3) Formación Real del Monte. Estas formaciones --

fueron denominadas "Serie La Rica" por Hulin (1929), pero no fue conveniente reunir estas tres formaciones en un grupo con nombre propio. Su localidad tipo se encuentra en la barranca principal, al noreste del pueblo de La Reforma (8,500N-18,- - 300E).

Litología y Espesor.

Un miembro clástico tobáceo con menos de 1 m de espesor, forma la base de la Formación Santa Gertrudis. En la localidad tipo consiste de rocas de derrame de color variable del gris al gris verdoso y tiene inclusiones de color verdoso oscuro o rojo grisáceo. El color de la roca intemperizada es pardo amarillento. La roca de derrame contiene aproximadamente el 30 por ciento de fenocristales máficos angostos y achatados de 1 a 4 mm de largo, que parecen consistir con predominancia en cristales de piroxena alterada. Pequeños granos de cuarzo son visibles en muestras de mano y tiene suficiente abundancia local para justificar el uso del nombre dacita, aunque gran parte de la roca de derrame se clasifica mejor como andesita. La matriz es afanítica. Por lo general, la Formación Santa Gertrudis parece contener menor cantidad de brecha de derrame en su parte superior que en su parte inferior. La parte más gruesa de la Formación Santa Gertrudis, que es de unos 350 m, se halla en la cercanía del tiro Sagrado Corazón,

en las coordenadas 10,190N-18,060E. La formación se extiende al oriente de este tiro en una franja de 250 a 300 m de espesor, hasta la margen oriental del distrito, pero se adelgaza a menos de 200 m, en el borde septentrional del distrito, o sea al norte de la franja antes mencionada.

Edad y Distribución.

La edad de esta formación es del Mioceno Medio (Fries, - op.cit). Aflora en 3 pequeñas áreas aisladas hacia el noreste, el este y el este-sureste de la Ciudad de Pachuca, respectivamente, así como en una cuarta área al norte y noreste de Real del Monte. Un área extensa de esta formación está expuesta en los laboríos mineros al sur de la veta Vizcaína, especialmente en la mitad oriental del distrito. Le subyace la Formación Real del Monte y le sobreyace la Formación Vizcaína.

Formación Vizcaína.

Definición.

Esta formación es la que tiene distribución superficial más amplia de todas las formaciones del distrito. Consiste de derrames de lava, capas de brecha, tobas y un miembro clástico basal extenso. Estas rocas tienen composiciones andesíticas y dacíticas. El nombre de esta formación se debe a la falla y veta del mismo nombre, que representan una de las princi

pales estructuras del distrito, se encuentra en gran parte, - alojada en esta formación al menos en la superficie. La localidad tipo se extiende desde las coordenadas 8,820N-18,750E,-- ubicadas unos 8000 m al noreste del pueblo La Reforma, aguas-arriba de la barranca principal en dirección este-noreste, -- por la distancia aproximada de 1 km. La Formación Vizcaína - fue denominada "Serie Purísima" en un resumen publicado por - Hulin (1929). El nombre de Purísima ha sido usado para otras- formaciones en Norteamérica y, por consiguiente, este nombre- se ha descartado en el distrito.

Litología y Espesor.

Consiste de un miembro volcánico tobáceo que forma la base de esta formación y tiene el espesor mayor y la mejor exposición. Directamente encima de una brecha de derrame de la -- Formación Real del Monte se presenta un "conglomerado volcánico", término utilizado para una capa de detritos con 1 m de -- espesor aproximado, compuesto por bloques de lava algo redondeados y poco clasificados, en matriz tobácea. Arriba de esta capa basal se presentan capas de brecha volcánica y areniscatobácea, con colores variables de pardo rojizo pálido a blanco verdoso, con manchas que tiran a púrpura grisáceo. Este material está bien estratificado; tiene alternaciones de capas - clásticas de grano fino y de grano grueso, hasta de 1 a 2 m de

espesor y está compuesto por material andesítico y dacítico.- La cima del depósito está oxidada a color rojizo debido al -- efecto del derrame de lava sobreyacente, y el color rosado se extiende hasta varias decenas de centímetros hacia abajo en -- el material clástico. Las rocas de derrame de la Formación -- Vizcaína están alteradas en grado variable, de manera muy similar a las rocas de las formaciones volcánicas más antiguas.

La parte más gruesa de la Formación Vizcaína mide cerca- de 600 m de espesor y parece corresponder a una faja con -- orientación al este que sigue la coordenada 8,000N desde la -- coordenada 21,000E hasta la orilla oriental del distrito. En -- otras partes, la formación oscila entre 100 y 200 m, con -- excepción del borde meridional del distrito, en donde sólo -- tiene unos cuantos metros de espesor. El miembro clástico basal tiene 20 m de espesor.

Edad y Distribución.

La edad es del Mioceno Tardío (Fries, op.cit.) y constituye la roca superficial en la mitad nororiental del distrito minero. En los laboríos subterráneos en la parte oriental del distrito, se encuentra a la profundidad hasta de 500 o 600 m-abajo de la superficie, pero en la parte noroccidental del -- distrito se halla a un nivel más arriba y aparece sólo en los

laborios cerca de la superficie. Hacia el norte del distrito, no se le ha reconocido. En el surponiente la formación se presenta muy delgada, como ocurre en el Cerro de Cubitos.

Formación Cerezo.

Definición.

Consta principalmente de derrames, brechas de derrame y capas volcanoclásticas con algo de brecha volcánica y brecha-tobácea, cuya composición varía de riolítica a riodacítica. - Se propone este nombre por buenos afloramientos ubicados al - poniente del pueblo de Cerezo, coordenadas 12,600N-14,800E. - La localidad tipo se considera que se extiende desde el pue-- blo de Cerezo, hacia el noreste por una distancia de 100 m, - hasta el contacto con la Dacita Zumate, sobreyacente. La For- mación Cerezo es la primera roca extrusiva marcadamente silí- cica en la región, que se encuentra arriba de la Formación -- Santiago.

Litología y Espesor.

Comprende tres tipos litológicos principales: 1) Mate-- rial volcanoclástico bien estratificado, con cantidades meno res de material piroclástico; 2) Lava maciza con estructura- fluidal; y 3) Capas de brecha de derrame. El material volca-

noclástico estratificado se presenta en gran parte en las cer
canías de Tezuantla, en la parte suroriental del distrito. Ca
pas tabáceas en la base de la Formación Cerezo, al noreste --
del tiro Nuevo Cuauhtemotzin, tienen color blanco, están bien
estratificadas y formadas por particulares de material volcá-
nico silíceo del tamaño de arena. En el lado oriental de la --
presa de la Estanzuela, un material tobáceo riolítico que se
vuelve blanco a la intemperie, compuesto en gran parte por --
granos del tamaño de arena, aflora entre rocas de derrame rio-
líticas, sin orden aparente alguno.

Un tipo muy diferente de roca de derrame aparece en un -
corte de la Formación a lo largo del camino a El Chico (11,770
-N-18,200E). El color es gris verdoso con manchas de gris par-
dusco pálido, predominando los tintes verdosos en donde la ro-
ca está fresca. Los colores de las rocas intemperizadas va---
rían de pardo amarillento a anaranjado amarillento obscuro.

La roca de derrame está bien expuesta en un corte del ca
mino cerca del pueblo de Cerezo. El color promedio de esta ro-
ca es púrpura rojizo pálido, pero rayas de color púrpura roji-
zo grisáceo de una fracción de milímetro de ancho y hasta de-
10 o 15 cm de largo, se presentan en zonas más anchas de co--
lor más claro, dando a la roca apariencia bandeada.

Un tercer tipo litológico de la Formación Cerezo consta de brechas de derrame con cavidades que muestran contraste de color entre los tintes azulosos de los bloques de brecha y -- los tintes verdosos de la matriz del derrame; esta característica parece ser bastante típica de la brecha de derrame.

El espesor máximo es de unos 220 m y se halla en la parte noroccidental del distrito, casi directamente al norte de la Ciudad de Pachuca. En otros lugares el espesor cae entre -- los 50 a 120 m . El espesor máximo original pudo haber sido -- considerablemente mayor del que ahora existe, ya que un período de erosión intensa intervino antes de que se depositara la Formación Zumate.

Edad y Distribución.

Esta formación es de fines del Mioceno (Fries, 1962, p. -- 83-84) y principios del Plioceno. La formación aflora en -- áreas diseminadas en gran parte del distrito. Las áreas de -- afloramiento más grandes corresponden a las partes noroccidental y suroriental, en las cercanías de El Chico, al norte del distrito de Pachuca.

Formación Tezuantla.

Definición.

El nombre de Formación Tezuantla se propone aquí para --

una sucesión de derrames de lava dacítica que aflora en el ángulo suroriental del distrito, al sur del pueblo de Tezuantla (870 N-23,300 E), de donde proviene el nombre. La unidad sobreyace con discordancia erosional sobre la Formación Cerezo. La Formación Tezuantla está considerada como la última formación de edad premineral.

Litología y Espesor.

Los derrames de lava que constituyen la Formación Tezuantla muestran bandeamiento de colores alternados de gris pardo pálido a gris rosado y de 2 a 10 mm de espesor. El bandeamiento está marcado aún más por la estructura fluidal lajeada y por la presencia de hileras de picaduras menudas producidas por el intemperismo y eliminación de granos minerales. El color de la roca intemperizada varía de gris a gris pardusco. La matriz es afanítica. Capas irregulares de esferulitas menudas son visibles en la matriz de una parte de la roca derrame. El espesor original de la Formación Tezuantla no está conservado y no se conoce. El espesor máximo de lo que permanece en el distrito es de unos 150 m, pero en la mayoría de los lugares la parte conservada es de sólo 50 m de espesor. - Así que el espesor original pudo haber sido del orden de 300- o 400 m en el área cercana al centro de extravasación.

Edad y Distribución.

La Formación Tezuantla es del Plioceno Temprano (Fries, - 1962, p.84). Se encuentra restringida a la parte suroriental - del distrito minero. Se extiende al sureste por una distancia que va más allá del límite sur del plano del distrito y hacia el norte, hasta las peñas del Gato y del Aguila.

Formación Zumate.

Definición.

Consiste de derrames, brechas de derrame, aglomerados y rocas volcanoclástica de composición dacítica, que sobreyacen con discordancia erosional a las Formaciones Cerezo y Vizcaína. El nombre proviene de la Peña del Zumate (14,350 N- - -- 20,920 E), un pico alto cubierto por estas rocas al norte de Real del Monte en el borde septentrional del distrito, la - - cual es considerada como localidad tipo. La formación es post mineral.

Litología y Espesor.

Las capas clásticas que forman la base de la Formación Zumate contienen material erosionado de las unidades andesíticas, dacíticas y riolíticas más antiguas del distrito. Varían en textura desde grano fino del tamaño del limo hasta -

brecha y conglomerado volcánico grueso, que se presentan en un afloramiento ubicado aproximadamente 500 m al norte del tiro Cuauhtemotzin (11,300 N - 16,570 E). Este afloramiento de material grueso contiene numerosos bloques redondeados y subangulosos hasta de un metro de diámetro, aunque la mayoría de los fragmentos oscilan entre 5 y 10 cm de diámetro. La matriz está compuesta por material clástico de color verde pálido. - Más arriba se encuentran capas lenticulares locales de brecha volcánica y arenisca tobácea. Rocas de derrame constituyen la mayor parte de la Formación Zumate arriba de las capas clásticas basales. Un rasgo que distingue a estas rocas de las demás, es la presencia de abundantes fenocristales de feldespatos hasta de 15 mm de largo. Las capas fluídales suman ocho -- por metro, en promedio buzan a 45° y muestran resistencia variable a la erosión.

El espesor máximo original de la Formación Zumate no se conoce, pero probablemente fue de 100 a 200 m mayor que la parte más gruesa que actualmente aflora.

Edad y Distribución.

Es de edad Plioceno Medio (Fries, 1962, p.84-85). El -- área de afloramiento ocupa el borde septentrional del distrito y se extiende por una distancia de 6 km hacia el norte. -

También continúa 12 km hacia el noroeste, formando la amplia-cresta de la Sierra de Pachuca. Areas de afloramiento aisladas y relativamente pequeñas, separadas de la masa principal por la erosión, se hallan cercanas al tiro Nuevo Cuauhtemotzin y en el Cerro de Cubitos.

Formación San Cristóbal.

Definición.

El nombre de la Formación San Cristóbal se propone aquí para los derrames densos de andesita olivínica, con cantidades pequeñas de capas tobáceas basales e intercaladas, que forman la cumbre del cerro de San Cristóbal (10,700 N- - -- 13,400 E), una eminencia montañosa que se levanta inmediatamente al noroeste de la Ciudad de Pachuca y fue la localidad del descubrimiento de los minerales tridimita y cristobalita (Vom Rath, 1868 y 1887). El nombre se usa también para otras rocas andesíticas y basálticas dentro y fuera del distrito minero, que parecen tener las mismas relaciones estratigráficas y ser casi de la misma edad que la roca del Cerro San Cristóbal. La localidad tipo es considerada en el Cerro de San Cris_tóbal, en donde sobreyace a la Formación Pachuca y sólo la -- cubren aluvión y ceniza. En otras partes del distrito sobreace discordantemente sobre las Formaciones Zumate, Tezuantla, Cerezo y Vizcaína.

Litología y Espesor.

La Formación San Cristóbal está constituida casi por completo por derrames de lava y sólo localmente se presentan capas clásticas basales, consistentes en polvo obscuro, generalmente mezclado con material volcánico erosionado de las formaciones subyacentes. La roca de derrame es de color gris medio obscuro en cortes frescos y tiende a cambiar a gris medio claro a la intemperie. Tiene fenocristales esparcidos de plagioclasa, algunos hasta de 3 mm de largo junto con abundancia -- aún menor de fenocristales de olivino y tienen 1 mm menos de diámetro. La matriz es densa o alanítica. Vesículas redondas y elípticas hasta de 5 mm de diámetro, parcialmente tapizadas por tridimita y cristobalita de color blanco, se presentan en algunas localidades.

El espesor de la Formación San Cristóbal es variable de 60 a 100 m en el cerro del mismo nombre, y de 10 a 120 en el Cerro de Cubitos; alcanza 250 m en el Cerro Alto ubicado al oriente de Azoyatla. Fuera del distrito minero, en el valle de Metztlán y en otras localidades al suroeste y al poniente de Pachuca, puede exceder de 300 m. Las capas tobáceas -- basálticas que se presentan en el Cerro de San Cristóbal sólo tienen de 1 a 2 m de espesor.

Edad y Distribución.

La Formación San Cristóbal es de Plioceno Tardío (Fries, 1962,p.85). Dentro del distrito minero aflora sólo en cuatro localidades ampliamente separadas. El área de afloramiento de la localidad tipo es el Cerro de San Cristóbal, y otra se halla en el Cerro de Cubitos, al sur de la Ciudad de Pachuca; tal vez estos dos afloramientos son continuación de la localidad tipo. La tercera área es bastante grande y tiene su centro en las coordenadas 5,600 N- 21,800 E. La cuarta área de afloramiento comienza en Omitlán, cerca de las coordenadas 13,600 N- 23,000 E, y se extiende en forma de cuña por una distancia cuando menos de 30 km al norte del distrito minero.

Formación Riolita Navajas.

Definición.

Un área de afloramiento casi triangular de rocas riolíticas centrada en el Cerro de Las Navajas, se halla a 3 o 4 km. al oriente del distrito minero. La unidad está constituida por derrames de lava, capas de brecha y toba, todos interstratificados entre si y con cantidades menores de material volcanoclástico. El nombre de Riolita Navajas es por el cerro alto que ocupa la parte central de su área de afloramiento, la cual es considerada como localidad tipo (Fries, 1962,p.85).

Litología y Espesor.

No se hizo el intento de estudiar detenidamente las diferentes variedades litológicas que constituyen la Riolita Navajas. Parece que la parte principal de la formación está constituida por brecha riolítica e ignimbrita interestratificadas y con cantidades menores de material volcanoclástico.

El espesor máximo real de la formación, en la parte central de su área de afloramiento, probablemente es del orden de 500 m, pero el espesor original seguramente fue mayor, quizá de 800 m.

Edad y Distribución.

La edad de la Riolita Navajas es del Plioceno (Fries, op. cit.) más tardío. La formación se extiende desde Cuyamaloya, por la carretera Pachuca-Tulancingo, por distancia de 19 km - al norte, hasta San Miguel Regla, atravesando así casi toda la anchura de la Sierra de Pachuca. Su afloramiento tiene ancho máximo de poniente a oriente de unos 15 km.

Formaciones Atotonilco El Grande y Tarango.

Los depósitos que se encuentran en las cuencas de desagüe de los Ríos Metztlán y Amajac, están denominados como Formación Atotonilco El Grande, por el pueblo de ese nombre,-

en la carretera a 12 km al norte del distrito (Segerstrom, -- 1961, p. 159-160). Los que están en la cuenca de desagüe del Río de Tula hacia el poniente y suroeste del distrito, así como los que se hallan a lo largo del costado occidental de la cuenca de México, se denominan Formación Tarango, por la localidad descrita por "Bryan" (1948, p. 11-12), ubicada en la orilla occidental de la Ciudad de México. Estos depósitos son de material clástico, derivado principalmente de las rocas -- volcánicas terciarias de la región, y sólo en muy pequeña parte de las rocas sedimentarias preterciarias; se presentan debajo, entre y encima de los diversos derrames de lava y de -- las otras capas de roca que constituyen la Formación San - - Cristóbal y la Riolita Navajas. Están compuestas principalmente por capas de textura variable, desde pelita hasta conglomerado, pero incluyen capas locales de turba y de arena volcánica transportada por el aire. Ni una ni otra formación se presentan en el distrito. Estas dos formaciones, junto con la -- Formación San Cristóbal y con la Riolita Navajas, son las rocas terciarias más jóvenes encontradas en la región.

ROCAS VOLCANICAS Y SEDIMENTARIAS CUATERNARIAS

Las rocas pleistocénicas (Fries, 1962,p.85) que se presentan en la región de Pachuca constan principalmente de productos volcánicos basálticos, de una masa extrusiva de traquita,

de depósitos aluviales derivados de éstas y de otras rocas -- volcánicas más antiguas y de detritos de derrumbes. Estas rocas se designan en las discusiones siguientes, simplemente -- con los nombres de Traquita Guajolote, derrames de basalto - olivínico con sus depósitos asociados, Toba Cubitos, depósi-- tos asociados y depósitos de talud y derrumbe.

Traquita Guajolote.

La traquita Guajolote es la unidad litológica que abarca un área de afloramiento de forma ovalada y alargada que se -- halla 1 km al oriente del distrito minero y que está consti -- tuída por lava vesicular de color gris y de composición rela -- tivamente máfica. Esta unidad litológica es nombrada aquí Tra -- quita Guajolote, por el nombre del rancho ubicado en el extre -- mo meridional de su área de afloramiento. Descansa discordan -- temente sobre la Riolita Navajas, pero también translapa a la Formación San Cristóbal hacia el noroeste y sobreyace a algu -- nas unidades volcánicas terciarias más antiguas en su borde -- occidental. La Traquita Guajolote no fue estudiada ni carto -- grafiada detenidamente, habiéndose determinado gran parte de -- su contacto en las fotografías aéreas. La roca es de edad - - Pleistocénica muy Temprana (Fries, p. 85). El espesor mayor -- es de poco más de 200 m. La Traquita Guajolote es una roca de color gris, débilmente porfídica, muy vesicular, holocrista--

lina y con textura traquítica.

DERRAMES DE BASALTO OLIVINICO CON SUS DEPOSITOS ASOCIADOS

De 8 a 18 km al oriente del distrito minero, se encuentra un campo extenso de derrames de lava con sus conos escoriáceos y cineríticos asociados, compuestos principalmente por basalto olivínico, pero incluyendo también cantidades apreciables de rocas máficas. Se extiende al noroeste, siguiendo el valle del Rio de Metztitlán, en el que se vuelve discontinuo y luego desaparece más al poniente. Es aún más extenso y más grueso hacia el sur, continuando más allá de la Ciudad de México, donde los volcanes majestuosos del Iztaccihuatl y el Popocatepetl dominan el terreno circundante. Dentro del distrito minero, el basalto se presenta sólo en forma de interestratos en el aluvión hacia el suroeste de la Ciudad de Pachuca.

Las rocas máficas yacen discordantemente sobre una u otra de las unidades litológicas más antiguas, hasta las formaciones cretácicas. Están interestratificadas localmente con material clástico continental, tal como grava, arena, limo, arcilla, arena basáltica retrabajada, turba, diatomita y margas lacustres. El espesor es muy variable y en algunos sitios quizá exceda de 500 m, si se toma en cuenta la altura de los-

conos cineríticos más grandes, pero gran parte de la sucesión máfica probablemente tiene menos de 300 m de espesor. La sucesión comprende derrames de lava, cantidades menores de arena y escoria y capas epiclásticas derivadas de los productos eruptivos. Se presentan depósitos de arena debajo entre y encima de muchos derrames de lava y localmente se hallan interestratificaciones de material clástico depositado por el agua en forma de aluvión: la textura de las lavas es finamente porfídica y contiene fenocristales de olivino fresco bien distinguibles. Se presentan fenocristales de feldespatos en algunas rocas y los de piroxena son visibles en otras rocas. El color de las rocas en cortes frescos es variable de gris obscuro a gris y localmente, se presentan vesículas en las partes inferior y superior de los derrames. La Roca asume tonos amarillos y luego parduscos al intemperismo prolongado. Todas estas rocas de composición predominantemente máfica y de edad Pleistocénica (Fries, 1962, p.85), junto con rocas semejantes, y algunas semejantes del Plioceno Tardío y del Plioceno Temprano, se considera que forman parte de la zona neovolcánica que atraviesa la Ciudad de México en dirección noreste-suroeste con su parte central cerca de los 20° de latitud norte. El volcanismo en dicha zona es más joven que la actividad ígnea y tectónica que precedió y acompañó al emplazamiento de los yacimientos minerales del distrito de Pachuca-Real del Monte-

y se cree que no tienen relación alguna con estos procesos -- más antiguos.

Toba Cubitos.

El nombre de Toba Cubitos se propone para una sucesión - de capas piroclásticas de composición máfica en promedio, que sobreyace discordantemente a la Formación San Cristóbal en el Cerro de Cubitos, en la parte suroccidental del distrito. La localidad tipo se considera que consiste en un sitio que tiene un grupo de tajos con menos de 2 m de profundidad, ubicado cerca de las coordenadas 5,500 N-15,050 E, unos 500 m al sur-suroeste del tiro de la mina Parícutín. El espesor máximo del depósito es de unos 30 m en el lugar donde está cubierto por aluvión; en otras partes del depósito se acuña como resultado de la erosión.

En ciertos sitios las capas basales de la Toba Cubitos - consisten en arenas volcánicas depositadas en agua, con partículas de pómez blanca. En la localidad tipo, la toba es por lo regular un depósito poroso, débilmente endurecido, que consiste en lapilli y arena bien clasificados, en capas de 10 a 30 cm de espesor.

Los componentes consisten en fragmentos finamente vesiculares, dentados, compuestos por lava afanítica y vidrio, obs-

ros. Además de los fragmentos líticos, la toba también contiene cristales de plagioclasa y granos de cuarzo escasamente esparcidos cerca de la base. El intemperismo ha afectado el color del material expuesto en los tajos; por lo regular, las capas de grano grueso son grises y las de grano fino varían en color, de gris amarillento a anaranjado grisáceo, con algunos fragmentos grises. La edad de la Toba parece corresponder al Pleistoceno Medio (Fries, op. cit.).

Depósitos Aluviales.

Materiales depositados en abanicos aluviales y sobre llanuras de inundación, cubren casi toda la cuarta parte suroccidental del distrito, no sólo cerca de Santa Julia (5,600 - - N011,500 E) y Azoyatla (5,900 N-18,300E) en el extremo nororiental con piso casi plano de la cuenca de México, sino también ladera arriba de los flancos de los cerros y sierras limítrofes. Los depósitos varían desde macizos a bien estratificados y son generalmente de color gris amarillento, con excepción de las capas superficiales, impregnadas con caliche gris claro.

Las tierras bajas y casi planas están constituidas en gran parte por partículas del tamaño de la arena, el limo y la arcilla; los abanicos aluviales, al pie de la sierra, se forman de grava. En la mayoría de los afloramientos superfi--

ciales en las partes suroccidental y centro meridional del -- distrito, el aluvión está cementado por caliche y por óxidos- de fierro hidratados.

Aluvión endurecido con espesor máximo de 5 a 6 m se presenta en el flanco superior de la sierra, en lugares muy - -- abruptos, donde actualmente predominan la erosión o la acumulación de talud o material grueso, deslavado del flanco (colu vión). El Valle en que se construyó la Ciudad de Pachuca tiene relleno de aluvión con espesor hasta de 210 m. En un sitio en los laboríos subterráneos, cerca del contacto con la andesita, se encontró madera carbonizada dentro del aluvión a la elevación de 2,223 m sobre el nivel del mar.

Los estudios de polen fósil recogido en dos núcleos verticales extraídos de los depósitos lacustres del centro de la Ciudad de México, han demostrado que a la profundidad de 75 m el material no tiene mayor antigüedad que la edad Wisconsin - de la Epoca Pleistocénica ("Clisby y Sears", 1955 p. 520). - El fondo del relleno aluvial en Pachuca es casi con seguridad más antiguo, pero es de dudarse que un aluvión de grano grueso como el que tiene éste, sea apropiado para el análisis de polen y no se conoce en la actualidad otro método para determinar su edad.

Depósitos de Talud y Derrumbe.

Los derrames resistentes de lava dacítica de la Formación Zumate se desgajan en bloques de talud, cubriendo la toba menos resistente que se presenta en la base de la unidad y también a los derrames andesíticos de la Formación Vizcaína en las partes noroccidental y septentrional del distrito.

Acumulaciones de bloques variables de angulosos a subredondeados de la roca madre fresca, mezclados con suelo y otros productos del intemperismo sobreyacen a la roca madre relativamente no perturbada de las pendientes grandes, así como el aluvión al pie de las laderas de la cuarta parte suroccidental del distrito minero y en algunas otras partes del distrito. En un sitio al norte de San Bartolo, la cabecera misma está formada por detritos de derrumbe, los que muestran dos generaciones de derrumbe, una antigua más grande y otra joven más pequeña.

El bloque de derrumbe ubicado al norte y noreste de San Bartolo, es tan grueso que un socavón horizontal fue colado en él, en un arroyo ubicado a 1 km al norte del pueblo, entrando por distancia mayor de 50 m en el flanco de la sierra, antes de que se alcanzara la roca firme. Los bloques consisten en lava andesítica de la Formación Pachuca. Las vetas de cuarzo en estas áreas, aunque se encuentran en una región de fa--

llas con grandes buzamientos; por lo general tienden a buzarse ligeramente hacia la sierra, como resultado de la rotación. - El cuarzo de veta abunda en los detritos de derrumbe y, debido a ello, se han abierto numerosas catas de exploración a lo largo del flanco de la sierra, al norte y noreste de San Bartolo.

ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS

Rasgos generales:

Las rocas intrusivas de edad terciaria tardía son comunes y están ampliamente distribuidas en el distrito de Pachuca-Real del Monte y en la región circundante. Consiste en numerosos diques y cuerpos irregulares, que en la superficie varían en longitud desde unos cuantos cientos de metros hasta unos 4 km, y en anchura desde unos pocos metros hasta más de 100 m. En el subsuelo, a la elevación de 2,200 m sobre el nivel del mar, algunos de los diques tienen de 10 a 14 km de largo y en niveles inferiores pueden tener aún mayor longitud. Los diques son de edad variable y un tipo u otro de ellos atraviesa a todas las formaciones litológicas terciarias del distrito, hasta la Formación Zumate pero excluyendo a la Formación San Cristóbal.

Las rocas intrusivas han sido divididas en seis grupos,

de acuerdo con sus edades relativas y para conveniencia en su descripción, la cual, empezando por la más antigua, es la siguiente:

Pórfido de Dacita Hornbléndica.

Este grupo comprende rocas de composición dacítica y andesítica, a las cuales los geólogos que han trabajado en el distrito han llamado " pórfido de ojo de pájaro, rico o pobre en cuarzo". Los diques de este grupo siguen en abundancia a los de pórfido cuarcífero de grano fino: el grupo abarca en edad principalmente desde la parte tardía del tiempo Vizcaína al comienzo del tiempo Cerezo.

Litológicamente, la roca por lo general es de color verde grisáceo o gris medianamente claro, en cortes frescos y se intemperiza para formar un color pardo amarillento. Un rasgo distinto en su textura porfídica gruesa, dando lugar al nombre de " pórfido de ojo de pájaro". Además, debido al contenido variable de cuarzo, E. Wisser decidió usar el término "rico en cuarzo" y " pobre en cuarzo", para los diferentes diques de pórfido de " ojo de pájaro". La roca tiene menos resistencia a la erosión y es de color púrpura menos encendido de lo que caracteriza a la Formación Zumate extrusiva más joven a la cual se asemeja litológicamente. Tiende a formar afloramientos redondeados de textura granular.

La roca que constituye el cuerpo intrusivo en forma de embudo que está centrado alrededor de las coordenadas 12,400-N- 16,440 E, es un pórfido de color variable, de gris olivo a gris verdusco, que cambia a la intemperie a colores parduscos y amarillentos. Contiene fenocristales abundantes de feldéspato relativamente grandes, con promedio de 3 a 6 mm de largo, junto con numerosas inclusiones de roca volcánica de grano fino.

Los diques que afloran en el extremo occidental del distrito consisten en roca porfídica de color verde grisáceo obscuro, de la que una parte contiene dos generaciones de cristales euedrales de plagioclasa. La plagioclasa de una genera- -ción es verdosa y forma cristales de 3 a 5 mm de largo; la de la otra generación es incolora y forma cristales más pequeños, que tienen sólo 1 o 2 mm de largo. Los minerales máficos parecen haber consistido en anfíboles y piroxenos y se han convertido casi totalmente en clorita y serpentina. La roca está --intemperizada intensamente tiene limonita diseminada a través de la matriz y en la mayoría de los fenocristales.

Dentro de lo conocido, los cuerpos intrusivos asignados al grupo pórfido de dacita hornbléndica cortan a todas las rocas volcánicas extrusivas más antiguas, hasta incluir a la --Formación Vizcaína. La Formación Cerezo, sin embargo, los --

sobreyace, como se ha podido observar cerca de las coordinadas 11,270 N- 17,120 E, a unos 900 m al noroeste del tiro Nuevo Cuauhtemotzin y, por tanto, se considera de edad pre-Cerezo.

Pórfido Cuarzífero de Grano Fino.

Este grupo comprende un solo tipo distinto de roca y parece tener una sola edad. Es el tipo principal de roca intrusiva en el distrito, contándose más de 90 diques. Además ya que atraviesa a las rocas de la Formación Cerezo, su edad corresponde al final del tiempo Cerezo o al tiempo post-Cerezo; sin embargo, es de edad premineral y pre-Zumate, ya que está cortado por las vetas y no atraviesa a la Formación Zumate.

El dique más largo en la superficie es el llamado Abasolo, ubicado cerca del centro del distrito; tiene unos 4 km de largo, mientras que el dique llamado Polo Norte, ubicado a poca distancia más al norte, tiene 3.5 km de largo. En el subsuelo el dique Abasolo tiene unos 10 km de largo; el Polo Norte 4 km de largo y otro dique sin nombre, ubicado más al norte, tiene quizá 14 km de longitud.

El grupo de rocas intrusivas compuestas de pórfido cuarzífero de grano fino, también constituyen varias masas intrusivas con forma de embudo, que parten de algunos de los diques.

Estos cuerpos cortan a la Formación Cerezo y a todas las Formaciones litológicas volcánicas terciarias del distrito, anteriores a ésta. También cortan al grupo de rocas intrusivas compuestas de pórfido de dacita hornbléndica y al grupo de pórfido cuarcífero de grano fino; en algunas partes están -- cortadas por diques de pórfido cuarcífero de grano grueso y parece que están cubiertas discordantemente por la Formación Tezuantla. También están cortadas por vetas mineralizadas.

El color del pórfido cuarcífero de grano fino en muestras frescas varía por lo general de gris claro a gris amarillento claro y cambia a pardo amarillento pálido por el intemperismo. En algunos cortes frescos la roca tiene color rosado grisáceo medio, con bandas más oscuras de rojo grisáceo y rosado anaranjado grisáceo. El pórfido está compuesto de 10 a 15 por ciento de fenocristales de cuarzo transparente, variables de angulosos a redondeados y con diámetro medio de 1 mm, así como de 5 a 10 por ciento de fenocristales de plagioclasa anedral blanca, con promedio de 1 mm de largo y como 1 por ciento de hojas de biotita, con promedio de 0.5 mm de largo, todos empotrados en matriz felsítica sin lustre, sacaróide o vítrea.

Casi en todas partes el pórfido exhibe estructura fluidal conspicua, que en la mayoría de los lugares tiene buza--

miento grabde y localmente exhibe contorciones marcadas; algunos diques sin embargo, no muestran estructura fluidal alguna. El pórfido cuarcífero de grano fino tiene resistencia -- excepcional al intemperismo y a la erosión . En los bordes de los diques al norte de Cerezo y en la mina de Arévalo, cerca de El Chico, fue observada obsidiana negra que probablemente representa una fase enfriada del pórfido cuarcífero de grano fino.

Pórfido Cuarcífero de Grano Grueso.

El pórfido cuarcífero de grano grueso es una roca intrusiva relativamente poco común en el distrito. Atraviesa el pórfido cuarcífero de grano fino y así es de edad algo más joven que éste, aunque también es premineral y, por tanto, pre-Zumate.

La roca contiene de 5 a 10 % de fenocristales de cuarzo transparente que varían de euedrales a redondeados y promedian de 1 a 2 mm de diámetro, con segregaciones locales en las que el cuarzo comprende hasta el 25 por ciento de la totalidad. Cristales de plagioclasa translúcida de color blanco lechoso o amarillo grisáceo, que tienen un promedio de 1 a 2 mm de largo componen un 20 por ciento de la roca y están distribuidos con mayor uniformidad alrededor de fenocristales de

cuarzo. Hojas de biotita, con promedio de 0.5 mm de diámetro, constituyen 1 o 2 por ciento de la roca. La matriz es afanítica y generalmente de color gris amarillento, pero en algunos lugares está manchada de gris y amarillo obscuro. La estructura fluidal es poco definida o inexistente. La roca tiene menor resistencia al intemperismo y a la erosión que el pórfido cuarcífero de grano fino. Los afloramientos muestran textura granular y fractura irregular.

El dique de pórfido cuarcífero de grano grueso aflora en una zona angosta que se extiende hacia el oriente, por una distancia casi de 2 km a partir de las coordenadas 8,600 N- - 18,640 E, al oriente de La Reforma. Tres diques pequeños asignados a este grupo también afloran en la parte centro-septentrional del distrito, alrededor de las coordenadas 11,900 N- - 17,800 E, en donde cortan a la Formación Cerezo. En el área meridional los diques se ensanchan en forma de abanico para producir cuerpos de 30 a 200 m de ancho en la superficie, pero su anchura es considerablemente menor a la profundidad. --
Pórfido de Dacita Biotítica.

El pórfido de dacita biotítica es también un tipo de roca intrusiva poco común en el distrito. Es algo parecido en su composición litológica al pórfido cuarcífero de grano grueso, pero casi con seguridad de edad más joven. Atraviesa a la-

Formación Tezuantla y es, por consiguiente, de edad pre-mine-
ral y pre-Zumate, también corta a las Formaciones Vizcaína y-
Cerezo.

Litológicamente se identifica igual a los derrames de la
Formación Tezuantla y de la que se considera que fue la fuen-
te de aprovisionamiento. En su apariencia general, el pórfido
tiene algo de similitud con el pórfido cuarcífero de grano --
grueso, pero tiene mayor cantidad de biotita y cuarzo, así -
como estructura fluidal mejor desarrollada. La roca es muy re-
sistente a la erosión y tiende a formar altos picachos agudos,
ásperos y quebrados, como por ejemplo la Peña del Aguila y -
la Peña del Gato, en las coordenadas 8,000 N-22,900E y 7,820 N
-23,750 E, respectivamente.

El pórfido de dacita biotítica está representado por - -
afloramientos de cuerpos intrusivos en la región, al suroes-
te, al sur y al sureste de Tezuantla, en una zona orientada -
hacia el este-sureste cerca de la coordenada 22,000 E. Un pe-
queño cuerpo intrusivo centrado en las coordenadas 6,000 N- -
23,000 E también ha sido asignado a este tipo de roca.

Felsita.

Un dique de felsita, llamado así por su color y textura-
afanítica ígnea se extiende hacia el oeste-noroeste por una -

distancia cuando menos de 5 km a través del elevado terreno -- montañoso, entre Pachuca y El Chico, en una zona ubicada de 3- a 4 km al norte del distrito. Su anchura es de 50 a 60 m, con excepción del extremo occidental, en donde se ensancha en varios lugares hasta más de 500 m. En toda su longitud el dique está intrusionando en la Formación Zumate y, por consiguiente, es de edad post-Zumate y post-mineral. Este tipo de Roca no se ha reconocido en el distrito de Pachuca. Probablemente es más antigua que la Formación San Cristóbal.

En uno de los afloramientos en el camino viejo a El Chico, a unos 3 km al noreste de Pueblo Nuevo (14,250 N-18,350 E).- Dicha felsita está bandeada con capas fluidales delgadas, de color grisáceo y de grano fino. Las capas fluidales tienen 1 mm de espesor y buzan muy empinadas. En muchos lugares están muy contorsionadas. La roca se separa con facilidad según planos paralelos a las bandas fluidales. Cerca de una orilla del dique, en el sitio mencionado arriba, la roca es compacta y de color gris claro. Contiene porcentaje bajo de fenocristales de cuarzo, con promedio de 0.5 mm de diámetro y algunas hojas finas de biotita, todos empotrados en matriz vítrea. El color de la roca intemperizada varía de blanco a pardo amarillento pálido.

Andesita de Olivino.

Un cuerpo intrusivo de andesita de olivino, con dos o -- tres diques asociados, aflora en la orilla occidental del distrito alrededor de las coordenadas 10,900 N-10,800 E, a unos-cientos de metros al suroeste del socavón Cuatro Reinos. En - vista de la falta de laboríos mineros en el subsuelo de esta-área, no se sabe si el cuerpo se angosta hacia abajo, como lo hacen los cuerpos porfídicos en forma de embudo, aunque se -- piensa que así sea. Un dique angosto de andesita de olivino - fue cortado en los laboríos mineros al norte del área de afloramiento de la Formación San Cristóbal, en las coordenadas -- 10,820 N-12,640 E, y en la parte noroccidental de la mina de San Juan Pachuca, cerca de las coordenadas 10,590 N-14,080 E. Un punto alto sobre este dique fue probablemente la fuente de aprovisionamiento de los derrames superficiales de San Cristóbal. Los diques de andesita de olivino que afloran en la orilla occidental del distrito, también representan probables -- puntos altos a lo largo de este mismo dique y pudieron haber-sido alimentadores para derrames extrusivos, posteriormente - erosionados.

IV. 4. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

a) REGIONAL

Las principales estructuras consisten en una serie de --

pliegues en su mayor parte con una dirección nornoreste y cuya expresión geográfica fundamental es la Sierra Madre Oriental. El plegamiento está relacionado directamente con la Orogenia Larámide a fines del Cretácico y principios del Terciario. Dentro de los plegamientos, los que más destacan son los anticlinorios de Peña Colorada y Cerro Blanco, los cuales tienen rumbo norte-sur.

Tectónicamente, la región pasó desde una fase de plegamiento hasta una de fracturamiento y fallamiento normal. Las capas inferiores de los depósitos clásticos terciarios tienen buzamientos mayores (hasta 35° o 40°) que los de las capas superiores (casi horizontales), lo que indica que el fallamiento iba disminuyendo mientras el material volcánico se acumulaba.

Muchas estructuras reveladas por la orientación de las capas o bandas fluidales de las superficies inter e intraformacionales, de las capas piroclásticas y clásticas y aún de los derrames en sí, son rasgos depositacionales en muchos lugares; sin embargo, la inclinación y el fallamiento han sido superpuestos a estas estructuras en tiempos diferentes desde la extravasación de las rocas de la Formación Santiago hasta el presente; parte de dicha deformación ha consistido en la flexión, pero la mayor se debe al fallamiento normal que

acompañó a dicha flexión, seguido por el fallamiento lateral-
o a rumbo de menor importancia.

Los elementos tectónicos mayores del distrito consisten-
en la Falla Vizcaína y Rosario Viejo que atraviesa el distri-
to en una dirección general oeste-noroeste y termina en ambos
extremos al dividirse en ramales divergentes; ésta es una fa-
lla de pivote.

El lado sur de la Falla Vizcaína contiene numerosas fa-
llas entre las cuales la Santa Gertrudis, Pinta y Regla son -
de especial importancia.

El orden de desarrollo de estos elementos tectónicos se-
piensa que fue aproximadamente como sigue:

La parte de la Sierra de Pachuca en que se encuentra el-
distrito minero comenzó a hundirse formándose los flancos - -
suroccidental y nororiental. En este período inicial aparecie-
ron las fallas Vizcaína, Rosario Viejo y Santa Gertrudis, Pin-
ta, Regla, acompañadas por la iniciación de la depresión cen-
tral y el flanco suroccidental.

El lado norte de la Falla Vizcaína llegó a ser una plata-
forma deprimida y casi horizontal, situada entre la Falla Viz-
caína y la línea de bisagra con el flanco nororiental.

Esto fue seguido por el hundimiento inicial de la cuenca Cerezo-Zumate, dejando la Plataforma Real del Monte en su posición original. Los otros elementos tectónicos ya mencionados continuaron desarrollándose, acompañados por el fallamiento normal extenso y culminando con la mineralización metálica. Después de ésta, siguió hundiéndose la cuenca Cerezo-Zumate, hubo fallamiento normal adicional en grado menor.

Las fuerzas verticales predominaron desde el tiempo en que las rocas volcánicas más antiguas expuestas en el distrito fueron extravasadas, hasta después de la acumulación de la formación Zumate. A estas fuerzas se les considera como responsables de las estructuras deformacionales presentes en la región Pachuca-Real del Monte.

En general, el Distrito Minero Pachuca-Real del Monte presenta un sistema de estructuras Este-Oeste y otro sistema Norte-Sur; este último no está presente en los laboríos del subdistrito Pachuca, sólo en Real del Monte, en las unidades mineras La Rica y Purísima, donde se presentan los dos sistemas. Por las observaciones en las minas, se determinó que en general el sistema Norte-Sur, es desplazado por el Este-Oeste, lo cual indica que éste es posterior a aquél.

b) LOCAL

El sistema de estructuras del área de Dos Carlos pertenece

ce a las porciones productivas del Distrito Minero Pachuca- - Real de Monte y su importancia mayor se encuentra en la por-- ción oriental del área de estudio, donde se registraron los - resultados de mayor interés.

En el área de Dos Carlos el sistema de estructuras tiene una tendencia NW-SE y un buzamiento hacia el suroeste.

El sistema NW-SE está delimitado por los Arroyos San Antonio y La Victoria, teniendo expresión visible un poco al -- norte del Arroyo San Antonio, y es aquí donde son ligeramente desplazadas por un fallamiento post-mineral con rumbo noreste. Dentro de este sistema, se localiza en el campo la expresión superficial de la Veta Bellie donde las evidencias más nota-- bles de alteración tienen un rumbo general de N 60° W y buza-- miento hacia el suroeste. Un poco más al oriente se localiza la expresión superficial de la Veta Santa Elena la cual co-- rresponde al sistema N-S y se encuentra ligeramente desplaza-- da por un fallamiento post-mineral con rumbo noreste, cuya -- expresión superficial es el Arroyo La Victoria.

De las características estructurales observadas en el -- área de Dos Carlos, se llega a la conclusión que el sistema - NW-SE contiene las evidencias más notables de mineralización-- económica.

IV. 5. GEOLOGIA HISTORICA

Durante el Jurásico la costa se fue adentrando al continente, posteriormente la costa se fue retirando paulatinamente, -- dando lugar a una zona de aguas someras lo cual propició que durante el Albiano las aguas reunieran las condiciones necesarias para el desarrollo de arrecifes de barrera, paralelos a la costa. Durante el tiempo de crecimiento de los arrecifes la cuenca se fue hundiendo paulatinamente, dando lugar a que se depositaran sedimentos de aguas poco profundas, como la Formación Cuesta del Cura (Zimapán, Hgo.), mientras en la zona de Pachuca -- los depósitos de sedimentos eran de aguas menos profundas, de -- tal modo dieron lugar al crecimiento de arrecifes del tipo biostroma, como lo indica la Formación El Doctor.

En el Cenomaniano hubo una emersión general con un ligero-- combamiento de las capas ocasionando la erosión de las zonas -- emergidas.

La costa debió adentrarse en el mar y la cuenca de depósito debió estar en subsidencia, acumulándose capas de calcilimolita arcillosa con interestratos de limolita, formándose lo que se conoce como Formación Soyatal, todo esto durante el Turoniano.

Al final del Turoniano continuó la emersión y la porción--

suroccidental de México estaba en movimiento ascendente y hubo aporte de sedimento, lo que formó las capas de arenisca con - - interestratos de lutita que componen la Formación Mezcala; la - - acumulación de esta formación continuó hasta el Maestrichtiano-Temprano.

El levantamiento culminó en el Eoceno Temprano con la Orogenia Laramide, dando lugar a la formación de la Sierra Madre - - Oriental.

A mediados del Eoceno las fuerzas verticales dieron origen a grandes fallas, ocasionando una tectónica de bloques fallados, y a fines del Eoceno y principios del Oligoceno los materiales erosionados en los altos topográficos dieron origen a la Formación El Morro, que es un conglomerado calcáreo continental.

En el Oligoceno se inició un largo período volcánico dando origen a las formaciones del Grupo Pachuca y culminó en el Plioceno Temprano. Estas formaciones constan de una sucesión de brechas, tobas y derrames de composición variable de andesítica y dacítica.

A principios del Plioceno y después del depósito de la - - Formación Tezantla vino el proceso de fracturamiento, mineralización y ocurre la intrusión de los diques. A mediados de Plioceno se acumularon las rocas de la Formación Zumate.

A finales del Plioceno se originó una extravasación de lavas máficas que cerraron cañones y valles; debido a ésto, se formaron lagos donde se depositaron los sedimentos de la Formación Tarango.

A principios del Pleistoceno, el vulcanismo tapó el desagüe al sur de la Ciudad de México, formando la actual Cuenca de México.

V.- YACIMIENTOS MINERALES

V. 1. MINERALOGIA

Los minerales primarios y secundarios identificados consisten en: sulfuros de los metales básicos primarios, sulfuros argentíferos primarios; cuarzo, calcita, albita, rodonita y bustamita. Entre los primeros sulfuros, la pirita es el mineral más extendido, seguido por esfalerita, galena y calcopirita. Los sulfuros argentíferos constan predominantemente de argentita y acantita. La polibasita y la estefanita se encuentra en gran parte en el área de Pachuca; son raras la miargirita, pirargirita, proustita y stenbergitita. El oro nativo se observó sólo en cuatro vetas del distrito. Los sulfuros cupríferos secundarios, tales como la calcocita y la covelita, son comunes, aunque sólo en cantidades pequeñas.

El cuarzo, incluyendo la amatista es el mineral más abundante en la ganga, presentándose en todas las vetas. La calcita se encuentra en cantidades pequeñas en todas las vetas; también se le observa localmente. La albita es un mineral común en la ganga de la mayoría de las vetas, aunque se presenta sólo en cantidades pequeñas, con excepción de unas pocas vetas. La rodonita y la bustamita se hallan en pequeñas cantidades en muchas de las vetas del distrito y sólo localmente se presentan en gran cantidad, en donde comúnmente se hallan asociados con estructuras ricas en plata. La clorita, prehnita, sericita, epidota y otros minerales de la ganga de las vetas, se presentan

en cantidades que difieren considerablemente de uno a otro lugar, pero generalmente son menos abundantes que los minerales de ganga anteriormente descritos.

V. 2. SUCESION

La sucesión paragenética es la siguiente: la mayor parte de los sulfuros de metales innobles precedió a los sulfuros argentíferos. Entre los sulfuros innobles, la pirita fue el primer sulfuro en cristalizar. Continuó desde comienzos de la propilitización hasta comienzos del relleno de veta. La mayor parte de la esfalerita siguió a la pirita y gran parte de la galena siguió a la esfalerita. La calcopirita siguió a la galena. En donde se presenta la polibasita y la estefanita, estos minerales generalmente procedieron a la calcopirita y fueron reemplazados por ésta. En donde tanto la acantita como la argentita están presentes y en algunas vetas solo la acantita, este mineral comúnmente precedió a la calcopirita y fue reemplazado por ella. La mayor parte de la argentita siguió a la calcopirita. Los otros sulfuros argentíferos, tales como, la miargirita, la pirargirita y la proustita invariablemente siguieron a la calcopirita y fueron de los últimos minerales hipogénicos en formarse. La plata nativa es de origen supergénico. El oro nativo está incluido en la argentita como mineral hipogénico tardío.

Existen dos tipos de cuarzo; uno que corresponde con mag-

MINERAL	PRIMARIO	SECUNDARIO
PIRITA	_____	
ESFALERITA	_____	
GALENA	_____	
CALCOPIRITA	—?—_____	
POIIBASITA	_____	
ESTEFANITA	_____	
ARGENTITA	_____	????—
ACANTITA	_____	
ORO		_____
PLATA		_____
PIRAROIRITA		_____
MIAROIRITA		_____
PROUSTITA		_____
COVELITA		_____
CALCOCITA		_____
HENATITA		_____
GANOA		
CUARZO	_____	
CALCITA	_____	
RODONITA	_____	
BUSTAMITA	_____	
EPIDOTA	_____	
CLORITA	_____	
ALBITA	_____	
ADULARIA	_____	
ORTOCLASA	_____	

U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA CIENCIAS DE LA TIERRA
SUCESION PARAGENETICA (PROPUESTA)	
TESIS PROFESIONAL	
FIDEL ARREOLA L.	1984 Lamina N° 4

matismo y otro que fue introducido posteriormente durante la alteración hidrotermal y que está relacionado con la formación de las vetas. La silicificación postmagmática comenzó antes de que el depósito de la rodonita y la bustamita terminara, pero gran parte es más reciente que el depósito de los silicatos. La calcita fue depositada antes del cuarzo y fue cortada por éste, -- con la formación de cantidades menores de Wollastonita y antofilita. Gran parte de la calcita también siguió el depósito de -- los sulfuros de metales innobles, aunque coincidió con muchos -- de los sulfuros argentíferos.

Los minerales secundarios o supergénicos están representados por los óxidos de manganeso y fierro, la calcocita y la covelita.

V. 3. ROCAS ENCAJONANTES

Los cuerpos de mineral se encuentran confinados a rocas andesíticas y dacíticas pertenecientes al Grupo Pachuca, donde -- las formaciones más cercanas a superficie están alteradas y oxidadas (óxidos de hierro) cubriendo el depósito hidrotermal. -- Durante el intemperismo, la pirita, distribuida ampliamente en la pared alterada de la roca, es oxidada a limonita y hematita -- formando una guía característica de este depósito.

Los minerales arcillosos como la sericita, forman una zona de alteración adyacente a las vetas (argillización).

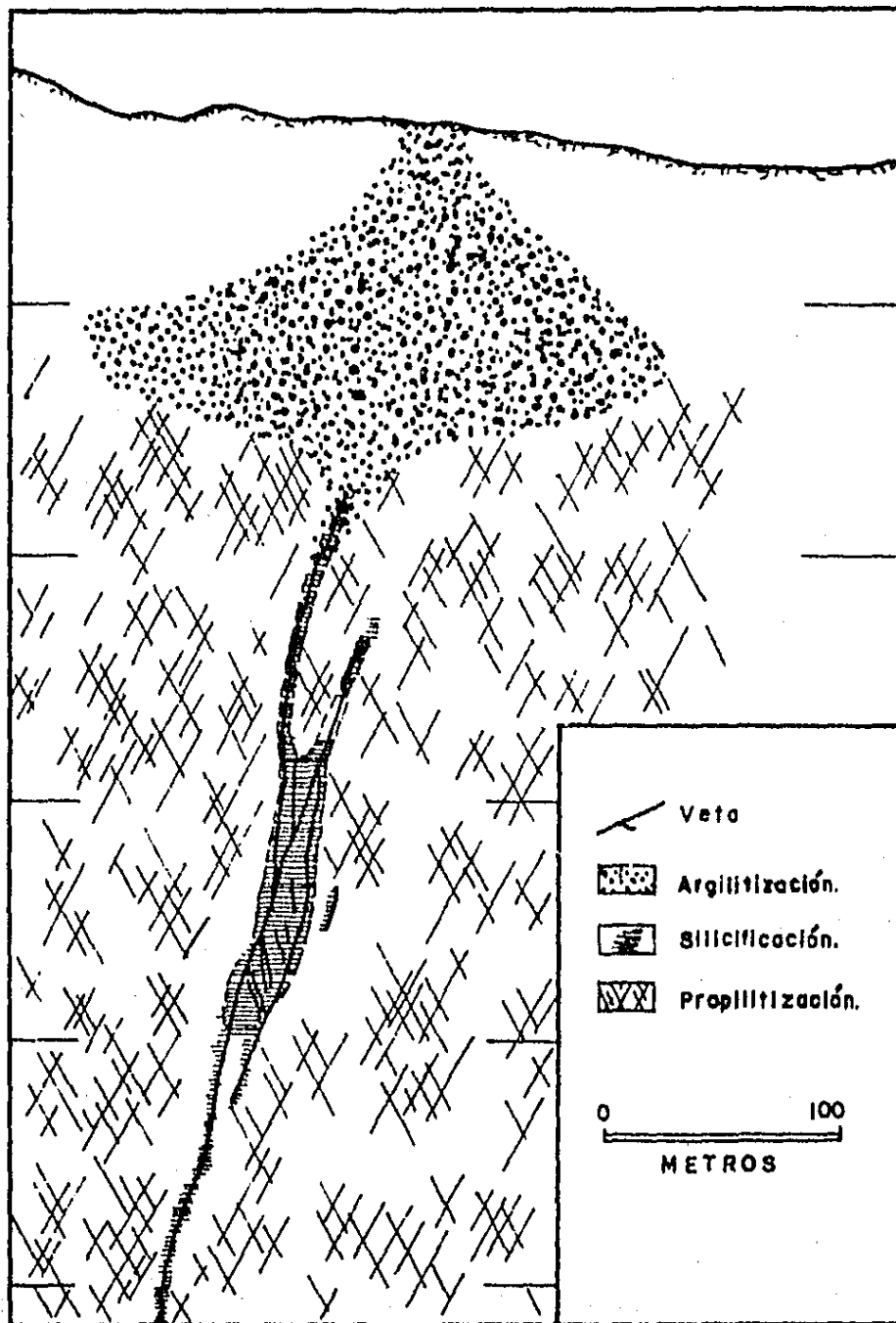
En el área de estudio, la mineralización se encuentra alojada en las Formaciones Real del Monte, Pachuca y Corteza; todas de composición andesítica y dacítica donde debido a las alteraciones se les observan diversas coloraciones; desde el verde grisáceo y púrpura oscuro hasta el verde azulado grisáceo y púrpura grisáceo.

Todos los tipos de roca se hallan alterados en algún grado. La descripción y secuencia de las formaciones antes mencionadas, ya se trataron con anterioridad, en el desarrollo de este estudio.

V. 4. TIPOS DE ALTERACION

a) ALTERACION DE LAS ROCAS DE LOS RESPALDOS

Propilitización.-- Esta alteración se encuentra poco distribuida en superficie, sin embargo, es el tipo de alteración más común en el distrito y se caracteriza por los siguientes minerales: epidota, clorita, calcita y pirita. Importantes cambios mineralógicos tienen lugar durante la alteración propilítica, incluyendo el reemplazamiento de plagioclasa por epidota y calcita y el reemplazamiento de los minerales máficos originales por epidota calcita y pirita. Es una guía general hacia otra alteración (silicificación). Esta alteración es producida por soluciones calientes e hidratadas ricas en bióxido de carbono.



UNAM.	FACULTAD DE INGENIERIA	
	CIENCIAS DE LA TIERRA	
SECCION TRANVERSAL IDEALIZADA DE UNA VETA, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION DE LOS TIPOS DE ALTERACION HIDROTHERMAL		
TESIS PROFESIONAL		
FIDEL ARREOLA L.	1984	Lamina No 5

Silicificación.- Las rocas que manifiestan esta alteración están confinadas a zonas de intenso fracturamiento, adyacentes a las vetas y contienen los minerales esenciales de esta alteración que son el cuarzo y el feldespato potásico y los minerales no esenciales que son clorita y piritita. Esta alteración ocasiona una gradual disminución de la textura volcánica original y la alteración de epidota y plagioclasa a clorita y piritita. Donde la transición tiene lugar sobre una distancia de varios metros como en las zonas adjuntas a las vetas, el porcentaje de epidota, albita y los minerales que forman a la roca original decrecen gradualmente hacia la veta y las rocas son cortadas por vetillas de clorita y piritita espaciadas a intervalos de unos cuantos centímetros. Esta alteración continúa a profundidad.

Argilitización.- Consiste básicamente en la alteración de feldespatos por soluciones hipogénicas. En general es una buena guía hacia zonas mineralizadas, localizadas éstas dentro de la zona alterada y pudiéndose seguir la traza de las estructuras por medio de esta alteración. El mineral esencial es la sericitita, la cual se presenta en pequeña escala y los minerales no esenciales son la calcita y la piritita. La ocurrencia de la argilitización está limitada por rocas fracturadas por encima de una superficie imaginaria conectada a la parte superior de las vetas pero puede extenderse de 50 a 100 m por debajo de esta su

perficie. En esta zona la roca encajonante está compuesta por un 80 a 100% de productos minerales incluyendo un poco más del 10% de pirita y son cortados por zonas piritizadas y pequeños hilos de cuarzo-calcita-pirita.

Oxidación.- La oxidación es un producto de aguas meteóricas que actuaron sobre minerales primarios. Muchas grietas y juntas dentro de 100 a 200 m de la superficie, han suministrado acceso a las soluciones oxidantes. Al igual que la argilitización es una buena guía hacia zonas mineralizadas. Asimismo las aguas meteóricas actúan sobre minerales susceptibles de oxidarse, tales como los sulfuros primarios. Los carbonatos, varios minerales arcillosos. Los óxidos de fierro y manganeso son característicos de esta alteración.

b) ALTERACION DE LOS CUERPOS DE MINERAL

Hipogénica.- Un conjunto relativamente uniforme de sulfuros argentíferos y de metales básicos la caracterizan. Se reconoce un solo período de influjo de soluciones mineralizadoras primarias. La alteración hipogénica muestra lixiviación parcial del relleno por soluciones que se cree que fueron de origen hipogénico. Las soluciones hipogénicas han sido ricas en ácidos, especialmente el sulfúrico ya que no ha habido ninguna oxidación y la marcasita se ha depositado en abundancia. La calcita fue removida de las vetas por disolución local, dejando una

masa esponjosa y porosa de cuarzo con moldes de calcita impura. Las partes lixiviadas pasan transicionalmente a partes no lixivadas en donde la calcita permanece aún.

Evidencia adicional de la alteración hipogénica la demuestra la mineralogía de las vetas. Como ganga: cuarzo, cuarzo -- amatista y selenita. Como mena: pirita, esfalerita, galena, argentita, acantita, polibasita, estefanita, calcopirita, marcasita, stenbergitita.

Supergénica.- Es considerada de poca consecuencia excepto en la producción de cantidades menores de calcocita, covelita, bornita, plata nativa, manchas de carbonato de cobre y óxidos de manganeso y de fierro. La mayor parte de la argentita y plata nativa son consideradas hipogénicas, ya que están asociadas con sulfuros argentíferos y con metales básicos hipogénicos. - No se observan otras manifestaciones de alteración secundaria o supergénica.

c) LAS ALTERACIONES COMO GUIAS

La argilitización y oxidación se encuentran localizadas - en franjas que indican las trazas de las estructuras; estas alteraciones se reconocen con facilidad en el campo y fueron un excelente auxilio en la exploración geológica y geoquímica del área de estudio. La argilitización presenta un color pardo cla

ro y la oxidación un color pardo oscuro, por lo que es fácil -- localizarlas en el campo. Dentro de las zonas de argilitización y oxidación se observan zonas de carbonatación y silicificación con lo que se establecen las trazas de las vetas. En las cercanías de las estructuras se observa silicificación en diversos grados. La propilitización es una buena guía hacia otras alteraciones, sólo que en ocasiones es destruída o enmascarada en la superficie por otras alteraciones.

V. 5. GENESIS DEL YACIMIENTO

Los yacimientos argentíferos de Pachuca-Real del Monte se consideran como depósitos hidrotermales de baja temperatura y poca profundidad, del tipo relleno de fisuras.

Como se puede ver este depósito está asociado a vulcanismo, el cual es muy importante en México por su amplia distribución geográfica, por la gran diversidad de sus composiciones y por las estructuras que lo enmarcan.

Es necesario definir el yacimiento en cuanto a sus relaciones espacio-temporales con las rocas encajonantes. Debido a que los minerales de mena tienen la misma fuente que la roca encajonante, se clasifica como yacimiento cognado (Arriaga, 1979, Seminario C.R.M. p. 563).

La asociación Fenómeno Geológico - Yacimiento Mineral es -

evidente, ya que aquél puede ser el origen de éste (Arriaga, - 1979, Seminario C.R.M. p.569); así es como este yacimiento de - plata y oro está asociado a las andesitas y dacitas del terciario de México.

V. 6. OBRAS MINERAS

La estructura principal que subyace al área de estudio, es la veta Dos Carlos, la cual incluyendo los desprendimientos - - occidentales (vetas Mariposa, Poniente No. 1 y 2, Poniente No. 2 del alto, e Intermedia) tiene una longitud total de 2.3 km. El cuerpo de mineral de esta veta en conjunto, tuvo 1700 m de - largo y 440 m de altura. Tuvo un ancho máximo de 8 m y un mínimo de 3 m; un promedio de 5 a 6 m. El cuerpo de mineral en la - veta Tom Q tuvo 500 m de largo y 330 m de altura; su ancho fué - de 1.5 a 3.0 m.

La veta Dos Carlos tiene rumbo oriente-poniente y buzamiento de 50° a 60° al sur. El desprendimiento Tom Q de la veta Dos Carlos tiene rumbo S 50° W y su buzamiento es de 60° a 70° al - SE. Esta veta es un ramal al sur de la veta Dos Carlos.

La porción productiva de la veta Dos Carlos yace en gran - parte en la Formación Pachuca; el fondo del cuerpo mineral está alojado en la Formación Corteza. La alteración de la roca encajonante es de débil a moderada y consiste en propilitización y-

silicificación.

La veta Dos Carlos contiene la sucesión normal de los sulfuros de metales innobles, con argentita posterior rellenando intersticios en el cuarzo.

Esta estructura está ampliamente explotada ya que los trabajos mineros van desde el nivel 10 al nivel 23. Sin embargo, el nivel con mayor desarrollo es el nivel 16, en el cual aparecen los laboríos de las vetas Bellie y Santa Elena.

Anteriormente a la elaboración del presente estudio, no se conocían las expresiones superficiales de las vetas Bellie y Santa Elena pero ahora que ya lo son, debido a la exploración del área de trabajo (ver plano No. 1), se procederá a su comprobación en subsuelo mediante barrenación a diamante desde superficie en la parte oriente del área.

La veta Bellie se localiza en superficie entre las coordenadas 19 500 E - 20 500 E y 7 000 N - 7 500 N con un rumbo promedio de N 60° W y buzamiento de 62° al SW. En subsuelo se ubica únicamente en el nivel 16 entre las coordenadas 20 200 E - 20 400 E y 6 700 N - 6 900 N con una longitud de sólo 240 m. El barreno a diamante No. 99 con una longitud de 634.29 m y rumbo S 8° W horizontal, registró valores al sur de la veta Bellie (plano No. 2) cortando tres estructuras por lo cual se reco--

miendan las obras mineras No. 1, 2, 3 y 4 con un desarrollo de 100 m cada una. Además en la sección D-D' (lámina No. 9) se puede observar que los valores del barreno No. 99 dado en el nivel 16 corresponden a la anomalía geofísica No. 3 y dan la expresión superficial de una estructura que corre paralela a la veta Bellie entre las coordenadas 20 000 E - 20 500 E y 6 500 N 7 000 N. (ver plano Geológico Superficial).

La Veta Santa Elena está ubicada en el nivel 16 entre las coordenadas 20 500 E - 20 600 E y 6 400 N - 6 700 N, siendo la veta más meridional en el área de estudio y en el sistema norte-sur. Esta veta tien rumbo norte-sur con una longitud de exploración de 300 m; tiene un buzamiento de 63° al Poniente. Esta estructura tiene valores hasta de 4 kg de plata por tonelada y -- corresponde a la expresión superficial entre las coordenadas - 20 800 E - 21 000E y 6 500 N - 7 000 N.

En ambas estructuras se ha extraído mineral dentro de límites verticales menores de 100 m y entre profundidades de 500 a 600 m bajo la superficie (niveles 16, 19 y 20) y donde la roca encajonante la constituye la Formación Pachuca alterada por propilitización y silicificación. Aún no se reconoce el límite superior de la mineralización; al no existir accesibilidad a las obras mineras debido al derrumbe de la armazón del Tiro Dos Carlos y de la inundación de los laboríos debido al abandono de

los mismos.

En el área de estudio existen dos obras mineras " Tiro San Antonio y Tiro La Victoria " (plano No. 1) que se encuentran cercanos a la zona de interés, pudiendo ser significativas para una exploración mineral integral y organizada.

Debido a la inaccesibilidad, la exploración de las estructuras del área de estudio (plano No. 1) se hará desde superficie y asimismo se conocerá su límite superior a base de barrenación a diamante.

V. 7. GEOQUIMICA

El resultado de los análisis geoquímicos indica la existencia de cuatro zonas geoquímicas anómalas, mencionadas según su extensión y su relación con la geología y la geofísica; y su exploración con barrenación.

Zona Anómala No. 1.- Corresponde a la zona anómala geofísica No. 4; tiene una longitud de aproximadamente 300 metros y un ancho de 200 m. Esta anomalía está delimitada parcialmente a la zona de alteración más importante del área, tiene una tendencia noroeste y guarda estrecha relación con el afloramiento de la Veta Bellie. Esta anomalía no ha sido explorada con barrenación; sin embargo, existe un barreno programado para que-

cumpla con este objetivo (ver sección D-D').

Zona anómala No.2.- Corresponde con la parte oriente de la anomalía geofísica No. 3. Es una anomalía alargada en dirección noroeste con una longitud aproximada de 400 m hacia el poniente a partir del extremo oriente de la zona anómala geofísica No. 3 y un ancho de 100 m; esta anomalía geoquímica tiene relación -- con dos zonas de alteración, la principal localizada en las -- coordenadas 20 520 E y 6 680 N. Se realizó el muestreo en dos -- ocasiones y se encontró repetición en los resultados de los -- análisis de laboratorio; pertenece al sistema de fracturamiento noroeste, de mayor potencial económico y corresponde a la ex- -- presión superficial de una estructura paralela a la Veta Bellie y situada 250 m al sur de la misma. Esta anomalía geoquímica -- fue explorada con los barrenos No. 3 y No. 4.

Zona anómala No. 3.- Se encuentra localizada en el cauce -- de un arroyo, en las coordenadas 20 780 E y 6 530 N con una -- longitud menor de 100 m y anchura de 10 m; tiene repetición en -- valores altos de Pb y Zn. Corresponde al sistema de fracturas -- N-S ya que se encuentra en el borde oriental de la anomalía geofísica No. 3 que es donde ésta tiene rumbo N-S, y además esta -- anomalía geoquímica se ubica 150 m al poniente de la expresión -- superficial de la Veta Santa Elena. Esta anomalía se explorará -- en subsuelo con barrenación a diamante (ver sección E-E').

Zona anómala No. 4. ← Corresponde a las zonas anómalas geofísicas No. 1 y No. 2, teniendo una extensión aproximada de 200 m y un ancho de 100 m. Tiene una orientación noroeste y se exploró esta zona con los barrenos No. 1 y No. 2. Esta anomalía geoquímica se encuentra localizada en la intersección de los Arroyos San Antonio La Victoria, los cuales constituyen dos fallas que controlan la estructura del área potencialmente más favorable y que no es mas que la continuación de la expresión superficial de la estructura con rumbo noreste y paralela a la Veta Bellie a una distancia aproximada de 450 m al sur de la misma.

La geoquímica que se realizó fue con el fin de obtener datos adicionales acerca de las zonas anómalas geofísicas 1, 2 y 3 detectadas a lo largo de 1 200 m, en la porción sureste del área de estudio, localizando zonas anómalas geoquímicas en estrecha correlación con las trazas anómalas geofísicas. Así es como en la zona anómala geofísica No. 1 se encontraron anomalías de Ag, Pb, Zn y Sb tanto en muestras de roca como de suelo. En la parte oriente de la zona anómala geofísica No. 3 se localizaron anomalías de Pb, Zn, Sb, y Hg. El Método Geoquímico empleado consistió, en tomar muestras de suelo en el horizonte "C" así como muestras de esquirlas de roca en superficie, de acuerdo con el patrón definido por las anomalías geofísicas.

En algunos casos las muestras fueron tomadas a profundidad de 1 m máximo debido a la ausencia de afloramiento de la roca. -- El muestreo geoquímico fue perpendicular a las zonas geofísicas anómalas Nos. 1, 2 y 3 con un total de 447 muestras, las cuales indicaron anomalías altas de Ag, Pb, Zn y Sb.

V. 8. MUESTREO

El muestreo se realizó en tres partes:

- a) Muestreo de superficie
- b) Muestreo de subsuelo
- c) Muestreo de núcleos

a) Muestreo de superficie.- Se efectuó a lo largo de la estructura que se mapeó un poco al norte y a lo largo del Arroyo La Victoria (Ver plano No. 1), con los siguientes resultados, como producto de análisis químico cuantitativo por Ag y Au, practicado a las muestras colectadas en el campo.

No. de muestra	Ancho m	Ley	
		gr. Ag/ton.	gr. Au/ton.
FA - 325	2.00	Tr	-
FA - 326	"	016	0.3
FA - 327	"	012	0.1
FA - 328	"	Tr	-

FA - 329	2.00	018	Tr
FA - 330	"	004	0.1
FA - 331	"	042	0.5
FA - 332	"	032	0.4
FA - 333	"	045	0.5
FA - 334	"	Tr	-
FA - 335	"	031	0.3
FA - 336	"	033	0.4
FA - 337	"	013	0.1
FA - 338	"	015	0.3
FA - 339	"	006	0.1
FA - 340	"	022	0.2
FA - 341	"	090	0.5
FA - 342	"	077	0.6
FA - 343	"	080	0.5
FA - 344	"	061	0.3
FA - 345	"	094	0.8
FA - 346	"	098	0.7
FA - 347	"	125	0.5
FA - 348	"	106	0.7
FA - 349	"	092	0.8
FA - 350	"	095	0.6

Como se puede observar, los valores del muestreo van en -

aumento en las 10 últimas muestras, que son las que se tomaron cerca y dentro de la zona anómala geofísica No. 1 lo cual viene a confirmar la presencia de un cuerpo mineralizado a profundidad.

También se colectaron muestras a lo largo de la manifestación superficial de la Veta Santa Elena, con los resultados -- siguientes.

No. de muestra	Ancho M	Ley	
		gr.Ag/ton.	gr.Au/ton.
FA - 351	2.00	065	0.4
FA - 352	"	095	0.4
FA - 353	"	100	0.7
FA - 354	"	091	1.3
FA - 355	"	080	0.5
FA - 356	"	096	0.6
FA - 357	"	077	0.5

Estos resultados indican buenos valores a pesar de ser -- muestras de superficie de una estructura con una buena ley en -- subsuelo y poco desarrollo, para lo cual se han recomendado -- las obras de exploración 5 y 6 (ver plano No. 2). Además se -- encuentra en relación con la anomalía geofísica No. 3 (ver --

plano No. 1).

b) Muestreo de subsuelo.- Este ha sido realizado con anterioridad cuando los trabajos de la mina Dos Carlos se llevaron a cabo. Consistió en un muestreo sistemático (cada 2 metros), a lo largo de las Vetas Dos Carlos, Tom Q, Bellie y Santa Elena; éstas dos últimas comprendidas en el area de estudio, ya que fueron las menos exploradas, quizá por el alejamiento de las compañías mineras que las trabajaron.

Se tiene que la ley promedio de la Veta Dos Carlos es de 586 gr. Ag/ton. y 3.5 gr. Au/ton.; la Veta Tom Q tiene una ley promedio de 385 gr. Ag/ton y 2.5 gr. Au/ton. Las Vetas Bellie y Santa Elena con 420 gr. Ag/ton y 2.5 gr. Au/ton. de ley promedio.

Como se puede observar es un minera de alta ley sin que se haya explotado en su totalidad a la fecha, el potencial que encierran las Vetas Bellie y Santa Elena así como la estructura que se localizó en el campo al sur de la Veta Bellie, no se encuentra explorada en subsuelo, (ver plano No. 2 y lámina -- No. 9) pero sí se registra en subsuelo con el barrenos No. 99- realizado en el nivel 16, aproximadamente a 600 metros abajo de su expresión superficial. La longitud total explorada de la Veta Bellie es de sólo 200 metros y 250 metros de la Veta - -

Santa Elena. En cambio la Veta Dos Carlos ha sido ampliamente explorada.

c) Muestreo de núcleos.- Se tomaron muestras del barrenos No. 1 (lámina No. 6) las cuales se caracterizan en los últimos 25 metros por una fuerte oxidación y mineralización de tipo diseminado y no económico, encontrándose únicamente pirita y calcopirita. La longitud total de este barrenos fue de 61.75 m.

En las muestras del barrenos No. 2 con una longitud de 105.85 m se apreció una alteración hidrotermal del tipo sericitización y propilitización y en el fondo del barrenos una ligera silicificación.

El barrenos No. 3 con longitud de 128.15 m se pudieron observar en los núcleos alteraciones como sericitización y propilitización con tramos aislados de silicificación. Los núcleos de la parte superior del barrenos presentaron oxidación. Se encontraron trazas de mineralización (pirita, calcopirita y esfalerita) asociada a sericitización y silicificación.

El barrenos No. 4 presentó una similitud con el barrenos No. 3.

V. 9. CALCULO DE RESERVAS

De acuerdo con el estudio geológico, obras de exploración,

barrenos realizados y muestreo se estiman las reservas que se mencionan más adelante. Para los cálculos se consideran las di mensiones que se infirieron a las estructuras de las obras de exploración a realizar; ya que a los barrenos superficiales -- programados aún no se les puede estimar un tonelaje. Únicamente se calculó tonelaje a las obras de exploración recomendadas, en base a los resultados de barrenación de subsuelo mostrados en el plano No. 2.

El peso específico ha sido calculado a través de una serie de resultados obtenidos (y promediados) de las muestras colectadas en el distrito.

Los cálculos son los siguientes:

A partir de la fórmula $D = \frac{W}{V}$

Donde : D=densidad; W=peso; V= volúmen

Así tenemos que:

- 1.- Peso de la muestra
- 2.- Un volúmen determinado de H_2O (Volúmen inicial, V_1).
- 3.- Se agrega la muestra pesada, al volúmen de agua del punto anterior.
- 4.- Debido al peso de la muestra va a existir un aumento de volúmen (V_2).

Así:

$$\text{Volúmen desalojado} = V_2 - V_1$$

V = Volúmen desalojado

Sustituyendo los valores obtenidos, en la fórmula antes descrita, se obtiene el peso específico. Este cálculo se repite tantas veces, como muestras lo requieran. De todos los resultados obtenidos, se obtiene un promedio de los mismos y así tenemos un valor medio de 2.5

Para este trabajo se ha tomado 2.2 como peso específico, con el objeto de tener un cálculo de reservas más conservador.

De la fórmula: $T = V \times P.E.$

Donde: T = Toneladas métricas; V = volúmen en m^3

P.E. = Peso específico

$V = A \times E$

A = Area del bloque en m^2

E = Espesor de la veta en metros

Así es como a continuación se mencionan las reservas potenciales de las siguientes obras de exploración. (plano No. 2.)

OBRA No. 1.-

A = 10,000 m^2 A = longitud x altura

E = 0.15 m = 100 x 100 = 10,000 m^2

Donde: $V = A \times E$

= 10,000 x 0.15 = 1,500 m^3

Así: $T = V \times P.E.$

$$= 1,500 \times 2.2 = 3,300 \text{ ton.}$$

OBRA No. 2.- Mismas magnitudes de la obra anterior; por -
tanto se le calcula un tonelaje potencial de 3,300 ton.

OBRA No. 3.-

$$A = 10,000 \text{ m}^2$$

$$E = 0.61$$

$$V = 10,000 \times 0.61 = 6,100 \text{ m}^3$$

$$T = 6,100 \times 2.2 = 13,420 \text{ ton.}$$

OBRA No. 4.- Mismas magnitudes anteriores con un tonelaje
potencial de 13,420 ton.

OBRA No. 5.-

$$A = 13,500 \text{ m}^2 \quad A = \text{longitud} \times \text{altura}$$

$$E = 0.70 \text{ m} \quad = 90 \times 150 = 13,500 \text{ m}^2$$

Donde: $V = A \times E$

$$13,500 \times 0.70 = 9,450 \text{ m}^3 \quad \text{y } T = 9,450 \times 2.2.$$

OBRA No. 6.-

$$= 20,790 \text{ ton}$$

$$A = 15,000 \text{ m}^2 \quad A = \text{longitud} \times \text{altura}$$

$$E = 0.70 \text{ m} \quad = 100 \times 150 = 15,000 \text{ m}^2$$

Donde: $V = A \times E$

$$= 15,000 \times 0.70 = 10,500 \text{ m}^3$$

Así: $T = V \times P.E.$

$$= 10,500 \times 2.2 = 23,100 \text{ ton.}$$

El total de reservas potenciales calculadas con una ley -

promedio de 250 gr. Ag/ton es de 77,330 ton.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los estudios efectuados en el área de estudio se llegan a las siguientes conclusiones:

1.- Se definen la existencia de dos sistemas de estructuras mineralizadas una con rumbo NW-SE y otra más al oriente -- con rumbo N-S.

2.- Dentro del sistema NW-SE se encuentra la existencia de una estructura paralela a la Veta Bellie con muestreo superficial indicativo de mineralización a profundidad.

3.- El cuerpo causante de la anomalía No. 3 es precisamente la estructura antes citada y la cual tiene relación con los valores cortados por el barrenos No. 99, en el segundo tramo de mineralización económica. (lámina 9 y plano 2).

4.- Las anomalías geoquímicas tuvieron estrecha relación con las anomalías geofísicas lo cual indica la posibilidad de cuerpos mineralizados a profundidad, como es el caso de la anomalía geofísica No. 1.

5.- La expresión superficial de la Veta Santa Elena, fue localizada en el campo con un cierto alineamiento con la parte oriente de la anomalía geofísica No. 3 lo cual indica la presencia del sistema N-S.

6.- La mineralización no se encuentra asociada al Eje Neo

volcánico, ya que, aquella es de edad Plioceno Temprano y este último es del Pleistoceno.

7.- La anomalía geofísica No. 4 corresponde a la Veta Bellie.

8.- Los barrenos realizados (1,2,3 y 4) reportan mineralización que aunque no económica, constituyen zonas de alteración indicativas de una posible mineralización económica a profundidad.

9.- El área de estudio, sobre todo hacia el oriente tiene muy poca exploración y se constituye como una zona con muy buenas perspectivas para una futura explotación mineral.

Las recomendaciones son las siguientes:

1.- Un programa de barrenación a diamante con barrenos largos desde superficie ya que no hay accesibilidad a las obras de subsuelo.

2.- Este programa se iniciaría con los barrenos 5, 6, 7 y 8 para explorar las anomalías de las posibles zonas mineralizadas así como la continuidad de la Veta Bellie y Santa Elena en un rango vertical. (ver láminas 9 y 10)

3.- Para llevar a cabo las obras recomendadas que aparecen señaladas en el plano No. 2 así como para una exploración mineral integral y organizada en subsuelo, sería conveniente la rehabilitación del Tiro San Antonio por su cercanía a la --

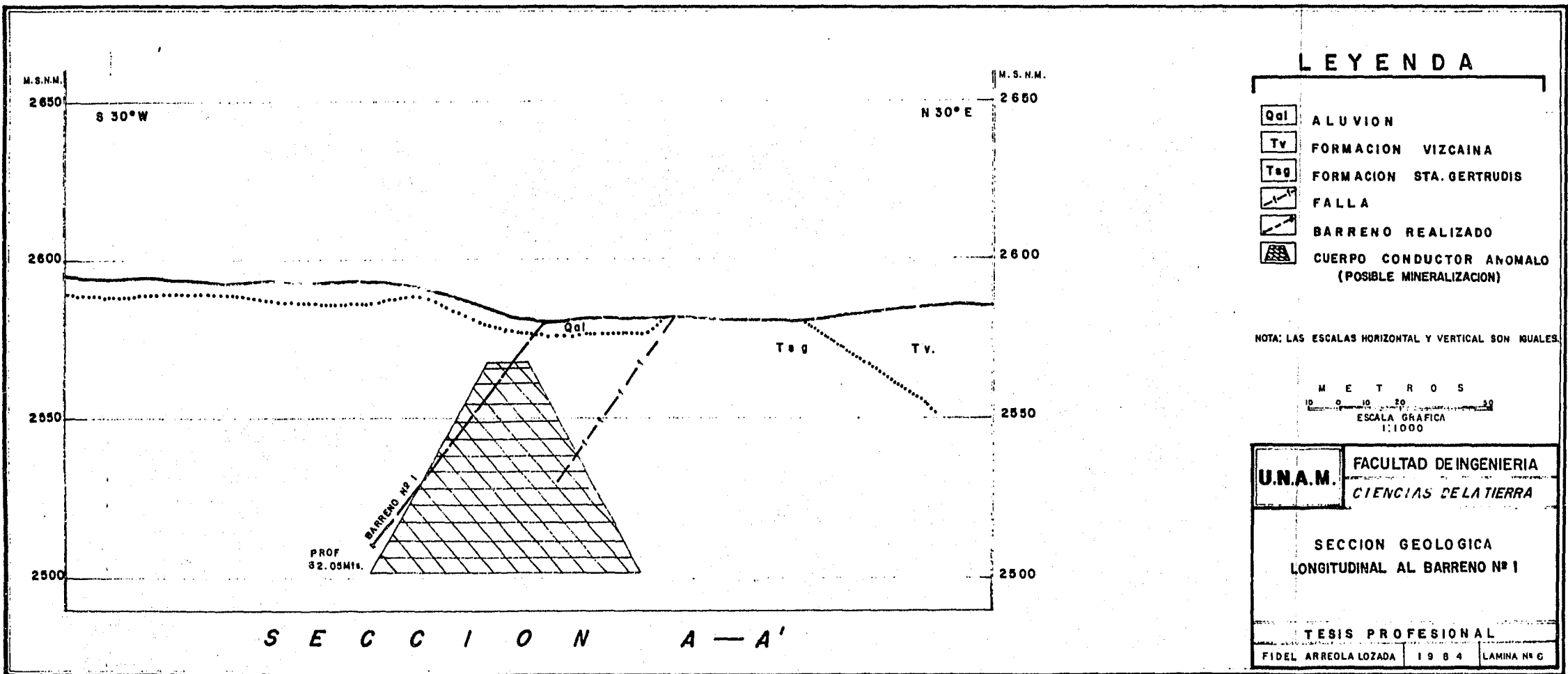
zona de estudio y así disminuirían los costos y problemas de -
tipo técnico con respecto a la posibilidad de reacondicionar -
el Tiro Dos Carlos, que en un tiempo fue el acceso principal.-
Además este último tiro, se encuentra alejado del área lo cual
implicaría rehabilitación de cañones.

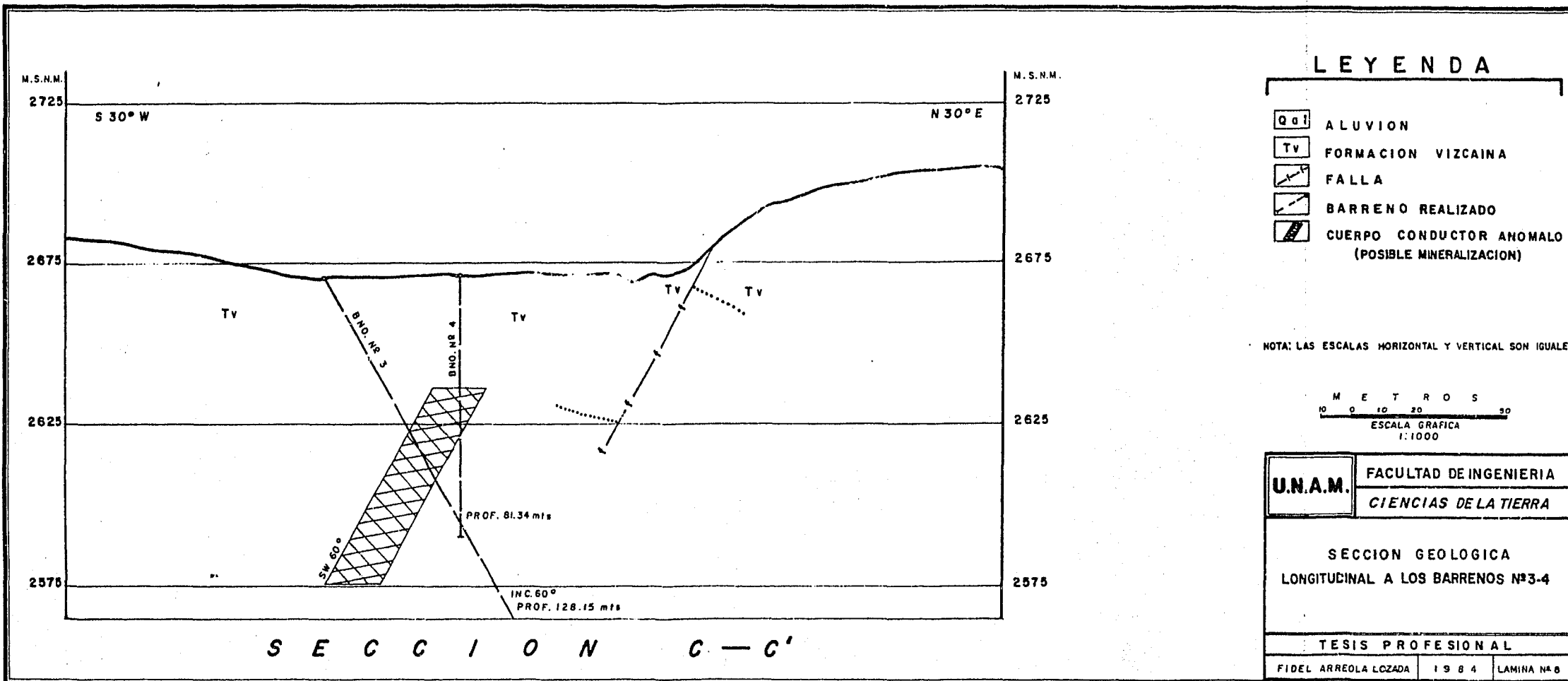
4.- Una vez realizada la accesibilidad a las obras de sub
suelo, sería conveniente la exploración con barrenación y - --
obras directas del área comprendida al oriente de la Veta San-
ta Elena ya que está completamente inexplorada.

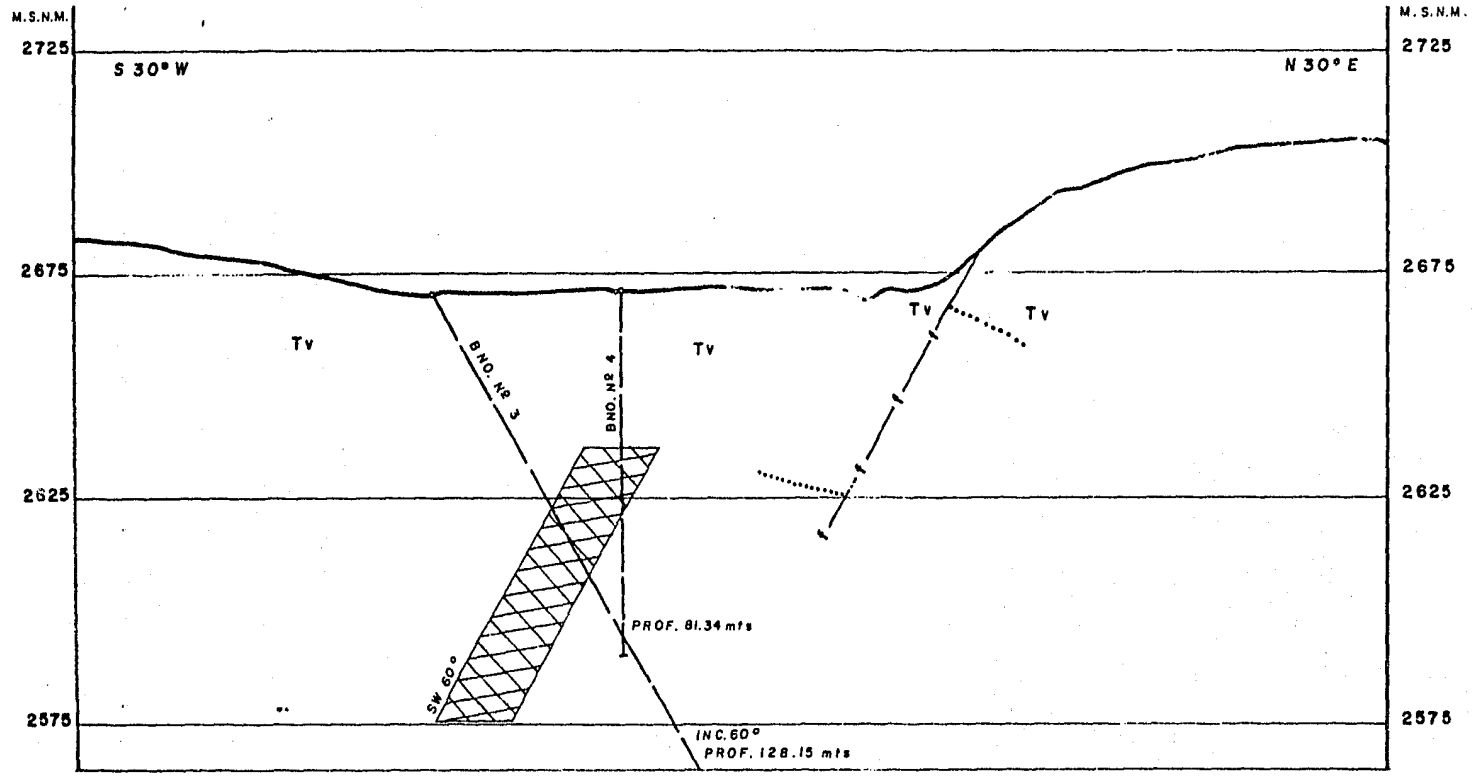
B I B L I O G R A F I A

- | | | |
|---------------------------|------|---|
| ARRIAGA, G.G. | 1980 | Consideraciones sobre la -
clasificación de Yacimien-
tos Minerales y sus rela--
ciones con las rocas enca-
jonantes en México, VII Se-
minario Interno sobre Ex--
ploración Geológico-Minera,
C.R.M. México, D.F. |
| BATEMAN, A.M. | 1965 | Yacimientos Minerales, de-
Rendimiento Económico. Edi-
ciones Omega, S.A. |
| BRIZUELA, V.L. | 1973 | Primer Informe de Activida-
des del Proyecto Asisten--
cia Pachuca. Pachuca, Hgo. |
| CRUZ, R.R.
RAMOS, D.R. | 1973 | Levantamiento Geológico --
Geoquímico en el Area - -
"Dos Carlos" del proyecto-
Pachuca, Hgo. |
| DREIR, E.J. | 1978 | The distribution of Wall -
rock alteration and trace-
elements in the Pachuca- -
Real del Monte District --
Hidalgo, México Society of
Mining Engineers. |

- GEYNE, FRIES,
SEGERSTROM, BLACK
Y WILSON. 1963 Geología y Yacimientos Mine-
rales del Distrito de Pachu-
ca Real del Monte, Estado -
de Hidalgo, México.
- NOLASCO, V.L. 1979 Excursión Geológica, El Chi-
co Pachuca- San Juan Gallo,
Edo. de Hgo., C.R.M. El Chi-
co Hgo.
- RAISZ, E. 1964 Physiographic Provinces, --
Office of Naval Research, -
Cambridge Mass.
- SALDAÑA, S.C. 1978 Estudio Geológico-Minero --
del Area Poniente del Dis-
trito Minero de Pachuca- --
Real del Monte, Edo. de Hi-
dalgo., U.A.S.L.P., Trabajo
Recepcional
- THORNBURG, L.C. 1952 The Surface Expression of -
Veins in the Pachuca Silver
District of México. A.I.M.E.
- VILLEGAS, G.C. 1973 Levantamiento Electromagné-
tico en el Area de "Dos Car-
los", Distrito Minero de Pa-
chuca-Real del Monte Estado
de Hidalgo, México.
- VELEZ, L.J.





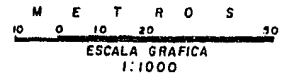


SECCION C-C'

LEYENDA

- ALUVION
- FORMACION VIZCAINA
- FALLA
- BARRENO REALIZADO
- CUERPO CONDUCTOR ANOMALO (POSIBLE MINERALIZACION)

NOTA: LAS ESCALAS HORIZONTAL Y VERTICAL SON IGUALES.



U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA
CIENCIAS DE LA TIERRA

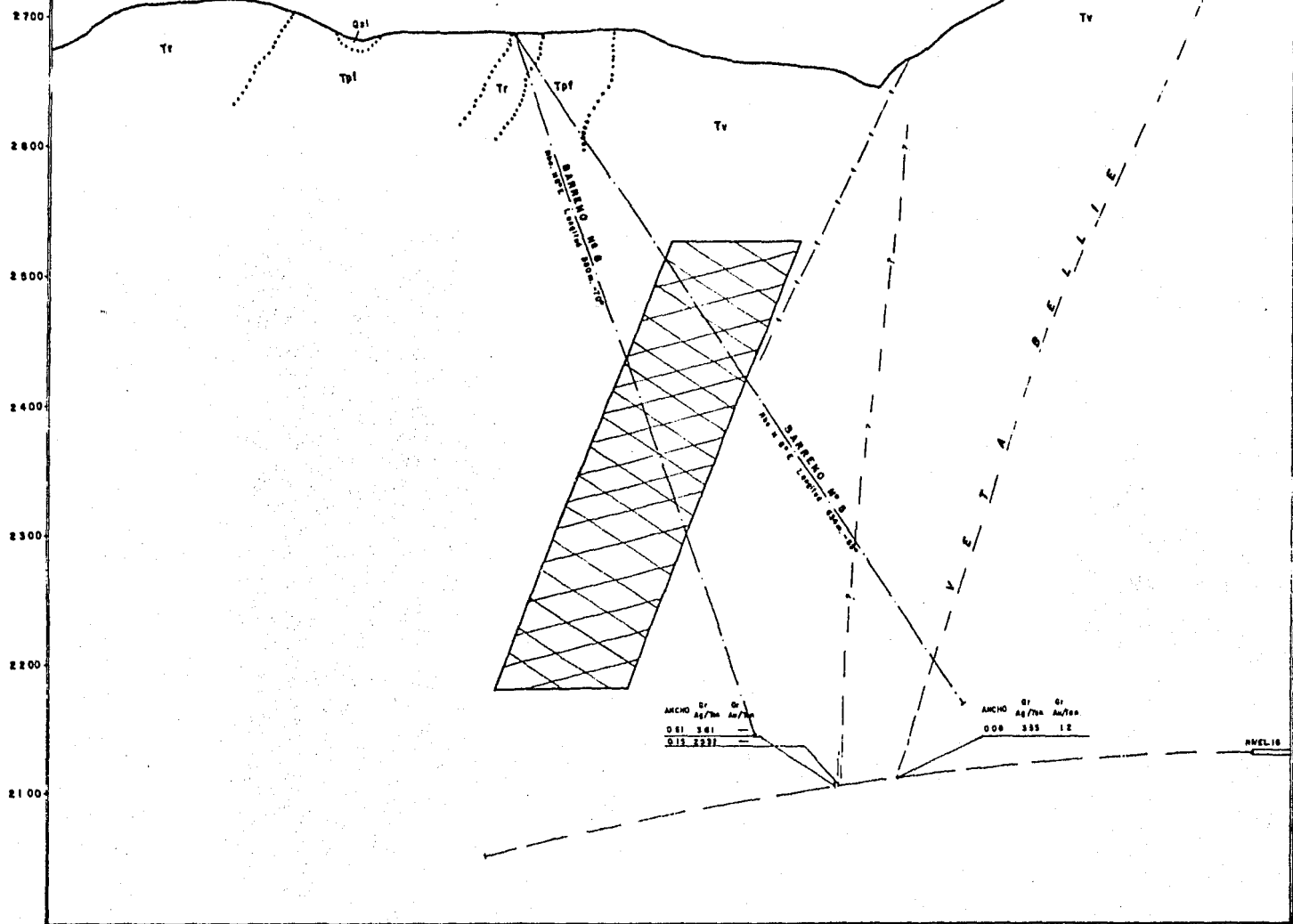
SECCION GEOLOGICA
LONGITUDINAL A LOS BARRENOS Nº3-4

TESIS PROFESIONAL

FIDEL ARREOLA LOZADA 1984 LAMINA Nº 5

M.S.N.M. 30°W.

N 0° E



SECCION D-D'

ANCHO de
 Ag/7m Au/7m
 0.81 3.81
 0.15 2.33

ANCHO de
 Ag/7m Au/7m
 0.09 3.35 1.2

NWEL16

LEYENDA

- ALUVION
- FORMACION VIZCAINA
- FORMACION REAL DEL MONTE
- PORFIDO CUARZIFERO DE GRANO FINO
- FALLA
- BARRENO PROGRAMADO
- VETA MOSTRANDO ECHADO
- CUERPO CONDUCTOR ANOMALO (POSIBLE MINERALIZACION)
- BARRENO REALIZADO

NOTA: LAS ESCALAS HORIZONTAL Y VERTICAL SON IGUALES.



U.N.A.M.	FACULTAD DE INGENIERIA
	CIENCIAS DE LA TIERRA
SECCION GEOLOGICA TRANSVERSAL A LA VETA BELLIE	
TESIS PROFESIONAL	
FIDEL ARREOLA L. 1984 LAMINA NO 9	

