

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

" ESTUDIO GEOLOGICO-METALOGENICO DE LA
ZONA EL CHICO-CAPULA, REAL
DEL MONTE, HGO. "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO

P R E S E N T A :
JOSE PEREZ REYNOSO



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.



FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm. 40-98
Exm. Núm. 40/211.2/

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Al Pasante señor JOSE PEREZ REYNOSO,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobó por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Germán Arriaga García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero GEOLÓGICO.

"ESTUDIO GEOLOGICO-METALOGENICO DE LA ZONA EL CHICO-CAPULA, REAL DEL MONTE, HGO"

- I. Generalidades
- II. Historia Minera
- III. Geografía
- IV. Fisiografía
- V. Geología
- VI. Yacimientos Minerales
- VII. Alteraciones
- VIII. Conclusiones y Recomendaciones
- Bibliografía
- Apéndices Petrográfico y Minerográfico
- Planos e Ilustraciones

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

Atentamente,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
México, D. F., a 13 de junio de 1974.
EL DIRECTOR

ING. ENRIQUE DEL VALLE CALDERON

EVC/NDK/elt.

"SE HA COMPROBADO ESTADISTICAMENTE QUE LA EXPLORACION INTENSIVA EN LA CERCANIA DE UNO O VARIOS YACIMIENTOS YA CONOCIDOS TIENE UNA POSIBILIDAD MUY ELEVADA DE DESCUBRIR NUEVOS YACIMIENTOS."

P. ROUTHIER.

A MIS PADRES, JOSE Y REBECA,
CON INFINITO AGRADECIMIENTO.

A G R A D E C I M I E N T O S

Quiero hacer patente mi agradecimiento a las autoridades del Consejo de Recursos Naturales No Renovables por todas las facilidades brindadas para la elaboración de este trabajo.

De manera especial al Ing. Germán Arriaga G., Jefe del Departamento de Petrografía de esta Institución por su atinada dirección y conocimientos brindados.

A todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron a la elaboración de esta tesis.

Quiero agradecer también a todos los compañeros de trabajo, tanto del Laboratorio Petrográfico, como del campamento en el poblado de El Chico, Hgo.

C O N T E N I D O

	PAG.
I GENERALIDADES	1
1.- INTRODUCCION	2
2.- OBJETO DEL TRABAJO	3
3.- METODO DE TRABAJO	3
a) TRABAJO DE CAMPO	4
b) TRABAJO DE GABINETE	4
II HISTORIA MINERA	5
III GEOGRAFIA	8
1.- LOCALIZACION	9
2.- VIAS DE ACCESO	9
3.- CLIMA Y VEGETACION	10
4.- ECONOMIA Y CULTURA	10
IV FISIOGRAFIA	13
1.- OROGRAFIA	14
2.- HIDROGRAFIA	15
V GEOLOGIA	17
1.- ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA	18
2.- TECTONICA	30

(Cont.)

PAG.

	3.- GEOLOGIA HISTORICA	31
VI	YACIMIENTOS MINERALES	36
	1.- RASGOS GENERALES	37
	2.- FORMA Y DIMENSIONES	37
	3.- PARAGENESIS	40
	a) HIPOGENICA	40
	b) SUPERGENICA	42
	4.- DISCUSION GENETICA DEL YACIMIENTO	44
VII	ALTERACION	50
	1.- TIPOS DE ALTERACION Y SU DISTRIBU- CION.	51
	2.- POSIBLE UTILIZACION DE LAS ALTERA- CIONES COMO GUIAS.	57
	3.- RELACION MINERALIZACION-ALTERACION.	57
VIII	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
	APENDICE PETROGRAFICO Y MINERAGRAFICO.	62
	BIBLIOGRAFIA	68
	ILUSTRACIONES:	
TABLAS: 1	CENSO DE POBLACION	12
2	COLUMNA ESTRATIGRAFICA DEL AREA DE PACHUCA.	ENTRE 18 Y 19.

(cont.)

PAG.

3	CARACTERISTICAS DE LAS FASES EPITERMALES DE LINDGREN.	45 - 48
4	ALTERACIONES	54 - 55

FIGURAS: 1	LOCALIZACION	ENTRE 9 Y 10
------------	--------------	-----------------

GRAFICAS: 1 Y 2	DISTRIBUCION DE LOS MI- NERALES EN LAS VETAS S. SABAS -PURISIMA Y PROVIDENCIA	ENTRE 43 Y 44
3	SUCESION PARAGENETICA	ENTRE 40 Y 41

PLANOS:	PLANO FOTOGEOLÓGICO DEL AREA	SOBRE ADJUNTO.
---------	------------------------------	----------------

I GENERALIDADES

I 1.- INTRODUCCION

El distrito Minero Pachuca-Real del Monte, ha sido uno de los principales productores mundiales de plata, desde su descubrimiento probable en el año de 1522. Actualmente, un alto porcentaje de la población de Pachuca (91,559 Hab.) depende de las industrias extractivas y sus conexas.

En años recientes, la producción ha sufrido un descenso considerable poniendo en peligro el "modus vivendi" de este importante sector de población. En vista de esto y a petición de la Subsecretaría de Recursos Naturales No Renovables, el Consejo de Recursos Naturales No Renovables ha iniciado un estudio exhaustivo del distrito, incluyendo las áreas de Cerro Balneo, El Chico-Capula y Carboneras, con el objeto de aumentar las reservas de mineral y con esto la vida económica de la población y así rehabilitar el Distrito.

I 2.- OBJETO DEL TRABAJO

Este trabajo tiene la finalidad de llegar a conocer las condiciones geológicas de la región. Primordialmente la de establecer guías petrográficas y mineralógicas que auxilien a la exploración. De esta manera determinar zonas de alteración relacionadas con la mineralización y discriminar las que no lo estén. Por otra parte, definir la secuencia de depósito de los diferentes estratos y obtener la paragénesis del vacuolento. Con esto se podría aumentar la posibilidad de descubrir nuevos cuerpos, conocer su nivel de erosión por su mineralogía y por ende tener una idea de su importancia económica.

I 3.- METODO DE TRABAJO

Para la elaboración del presente estudio, fueron necesarios, en primer lugar, una recopilación de la mayor cantidad posible de datos, ya existentes en la zona.

Se obtuvieron fotografías aéreas a escala 1:20,000 proporcionadas por el consejo de Recursos Naturales no Renovables para la interpretación fotogeológica preliminar.

a) Trabajo de campo

Consistió en un reconocimiento general con objeto de mapear las diferentes formaciones y determinar las zonas de alteración, chequeando y corrigiendo las unidades marcadas en las fotografías aéreas. Todo esto fue apoyado con un helicóptero propiedad del Consejo de Recursos Naturales no Renovables.

Posteriormente se realizó un muestreo sistemático en vetas y zonas de alteración para su consiguiente estudio en el laboratorio. Particularmente se efectuó un muestreo de las vetas: Veta Providencia del nivel 150 al 400 y la Veta Purísima del nivel 250 al 700.

b) Trabajo de gabinete

El trabajo de gabinete consistió en:

La fotointerpretación y elaboración del plano base, en el cuál se vaciaron todos los datos, como: fracturas, fallas, vetas, diques, contactos geológicos, etc.

La fase de laboratorio, o sea el estudio de láminas delgadas en el microscopio petrográfico y superficies pulidas en el minerográfico. Una vez obtenidos los datos anteriores se procedió a ordenarlos y sistematizarlos para elaborar este escrito.

Existe una gran escasez de datos históricos debido a la destrucción de muchos archivos durante la guerra de independencia, y a la falta de datos publicados durante la dominación española. Probablemente el mineral del Chico fue descubierto aproximadamente 50 años después que el de Pachuca. Los datos de su descubrimiento son muy vagos. La tradición relata que este lugar fue asilo seguro para bandoleros, dado lo inaccesible de sus montes. Uno de estos bandidos, huyendo de sus perseguidores, se escondió donde ahora está el Socavón (abandonado) de la Gran Compañía, dándose cuenta de que estaba acampando sobre una veta, tomó muestras y las llevó al Virrey; solicitando el indulto y permiso para trabajar las minas que abriera dando una participación al gobierno, descubriéndose después la veta Arévalo, siendo la más importante de este distrito.

Entre los años 1825, 1827, se establecieron en el Chico dos compañías mineras de importancia; una fue la Compañía Unida Mexicana y la otra la Compañía Minera de Elberfeld. La primera compañía explotaba según Dobligen, las siguientes minas: San Pedro de la Bomba Santa Ana, San Antonio el Rico, Las Papas o Dolores, San Miguel, San Antonio y Santa Rita, y las Haciendas de Beneficio de San Pascual y Plan Grande; La segunda

compañía explotaba principalmente la Mina de Arévalo y Dos minas del Mineral de Santa Rosa.

En 1849 el Señor Tomás Mancera trabajó las minas de Arévalo y San Nicolás; en un informe al Prefecto de Tulancingo proporciona datos acerca de producción y leyes, minas paralizadas, haciendas de Beneficio, etc.

Las minas de producción fueron: Arévalo, San Nicolás, Gran Compañía, Capula, Santa Rosa, (San Eugenio), La Perla, San Miguel, Poder de Dios, Santa Francisca, San José de las Adjuntas, Poder de Dios (a) la Víbora, San Pascual, San Felipe, Tetitlán, Nieves, La Hacienda de San Cayetano, San Marcial y Los Angeles.

III GEOGRAFIA

III. 1.- LOCALIZACION.

El área estudiada tiene una superficie aproximada de 400 Km² y se localiza en la porción centro meridional del Estado de Hidalgo o sea en la parte centro oriental de México, entre los paralelos:

20°10' 22" y 20°20' 05" de latitud Norte

98°30' 37" y 98°57' 30" de longitud Oeste.

politicamente abarca el Municipio de Atotonilco el Chico y Atotonilco el Grande y parte del Municipio de Actopan.

III 2.- VIAS DE ACCESO.

El mineral del Chico se encuentra comunicado con la ciudad de Pachuca por una carretera pavimentada de segundo orden, con un desarrollo de 21 Km., la que entronca con la carretera federal No. 105 México-Tampico en el kilometro 103 aproximadamente. La ciudad de Pachuca está comunicada por las carreteras No. 85 México-Laredo, No. 130 México-Tuxpam y la 105 México-Tampico.

También se comunica por distintos ramales del ferrocarril los que entroncan con las vías México-Veracruz y México-Laredo. El poblado del Mineral del Chico fue el centro de operación de este estudio, cuenta con servicio de teléfonos y correos.

III. 3.- CLIMA Y VEGETACION

Clima.- A lo largo del flanco Norte y Nor-oriental de la Sierra de Pachuca, el clima se caracteriza: En las partes topográficamente altas, por un clima relativamente húmedo, su temperatura media anual es de 12.5°C, con una precipitación media anual de 1,500 mm; en las partes topográficamente bajas, el clima es semidesértico extremoso, siendo su temperatura media anual de 13°C., llegando a tener unas temperaturas extremas de 33°C y 6°C.

Vegetación.- La vegetación natural en las partes altas de la Sierra de Pachuca consiste en Abeto (*Abies religiosa*), Pino (*Pinus leiophylla*), Encino (*Quercus barbinervis*) y Madroño (*Arbustus xalapensis*). En la zona de transición; Cedro (*Juniperus* sp) Piñón (*Pinus monophylla*), Encino (*Quercus gamelii*) y otros árboles y arbustos. En las partes bajas; Nopal (*Opuntia tuna*), Organo (*Cercus* sp.) y Biznaga (*Echinocactus* sp.), y el Maguey (*Agave atrovierens*) que es cultivado a ambos lados de la sierra.

III 4.- ECONOMIA Y CULTURA

La economía de la región depende de: La minería, agricultura y ganadería.

MINERIA. Es un factor importante en la economía

de la región, este ramo ha sufrido un descenso considerable en los últimos años.

AGRICULTURA. Los principales cultivos son: Maíz Cebada y Maguey siendo los primeros de temporal.

GANADERIA. Los principales son: ganado bovino y caprino, existen también Vacuno, Caballar y mular en menor escala.

REFERENCIA: Cuadro adjunto.

ENTIDAD	CATEGORIA	POBLACION T O T A L	DATOS DE POBLACION EN PORCIENTOS				
			ECONOMICA- MENTE ACTIVA	EN ACTIVIDA- DES PRIMARIAS	EN INDUS- TRIAS.	COMERCIO Y SERVICIOS.	ALFABE- TISMO.
Mesa Chica	Rancheria	162	21.0	91.2	5.9	2.9	67.3
Plan Grande	Rancheria	269	16.0	93.0	7.0		20.7
Mineral del Chico.	Pueblo	458	18.7	27.8	31.4	18.9	70.9
Barrio Cerro Alto.	Rancheria	52	28.8	86.7			
Capula	Pueblo	191	26.7	92.2	3.9		48.4
Carboneras	Pueblo	1 237	24.7	52.6	20.9	15.4	45.7
Estanzuela	Pueblo	1 006	23.6	81.4	8.9	8.9	67.6
La Presa	Rancheria	193	22.3	53.5	41.9		21.2

TABLA 1

IV F I S I O G R A F I A

IV F I S I O G R A F I A .

La zona está localizada en el límite septentrional de la Provincia fisiográfica denominada por Raisz; Planicie Neovolcánica, la región se caracteriza por grandes elevaciones, cañadas profundas y en general por una topografía abrupta.

IV 1.- OROGRAFIA.

Existen dos sistemas montañosos derivados de la Sierra Madre Oriental que atraviesa el Estado de Hidalgo, uno que va de Huejutla a Tulancingo, y el otro que va de Pachuca a Jacala (Sierra de Pachuca) en su porción occidental. Estos dos sistemas montañosos están separados por el río Amajac y ambos diferentes física y geológicamente.

Sólo corresponde a este estudio la vertiente septentrional de la Sierra de Pachuca, siendo los límites de la zona; hacia el Sur la cresta de la misma sierra, que va desde la Peña del Zumate hasta los Frailes de Actopan, la línea que es el parteaguas entre las vertientes del río Amajac al Norte y las vertientes que drenan hacia el Valle de México. En los Frailes, la Sierra se desvía hacia el Norte hasta un punto llamado Chichimequilla, en la parte media de este tramo se desprenden dos contrafuertes hacia el Este, los que

terminan bruscamente en el río Amajac. La línea los Frailes-Chichimiquilla hace la división de las aguas que se vierten; al Oriente en el Río Amajac y al Occidente en el Valle de Actopan.

Las mayores prominencias orograficas que se localizan en el área son:

VENTANAS DEL CHICO	3,086 MTS. S.N.M.
PESA DEL ZUMATE	3,060 MTS. S.N.M.
FRAILES DE ACTOPAN	2,977 MTS. S.N.M.
LAS MONJAS	2,920 MTS. S.N.M.

IV 2.- HIDROGRAFIA.

La corriente principal que recoge las aguas procedentes de las faldas de las montañas que se describieron en el río Amajac, el cuál se comienza a formar con las aguas que recoge en el anfiteatro de Real del Monte, en la vertiente Noreste de la Sierra de Pachuca.

Esta corriente en su parte alta recibe el nombre de Río del Carmen, antes de llegar a la Población del Grande se le une el río Hondo como tributario importante, uniéndose más adelante con las corrientes del Ahuacate y Ocotillos. En Santa Ana se le

une el río de los Milagros, donde el río del Carmen toma el nombre de Amajac. En Sanctorum se le une el río de los Griegos, continúa hacia el Noroeste sirviendo de límite entre los distritos de Actopan y Atotonilco el Grande.

El río de los Milagros nace en el anfiteatro de Atotonilco el Chico y recibe como afluente al río Tetitlan.

El río Amajac se encuentra en una etapa de juventud puesto que presenta grandes tramos estrechos y hasta encaionados, por lo que su estado de erosión es poco avanzado.

El río Metztitlán solo atraviesa una pequeña porción en el extremo Noroeste del área, con una dirección NW-SE, recogiendo algunos pequeños arroyos de aquella porción.

El Valle de Actopan recibe algunas corrientes de menor importancia en la porción Oeste.

El río Amajac y sus afluentes forman parte del Sistema Hidrográfico Moctezuma-Pánuco con vertiente al Golfo.

V . G E O L O G I A

V 1.- ESTRATIGRAFIA Y PETROGRAFIA.

ERA MESOZOICA

SISTEMA CRETACICO

Formación El Doctor. La formación El Doctor aflora en la porción norte del área y es de edad Aptiano-Albiano, fue descrita por L. Wilson en 1954, su localidad tipo se encuentra en el poblado del mismo nombre en el Municipio de Cadereyta, Oro. Esta formación se ha considerado como un cuerpo arrecifal de tipo bioherma con distintas facies litológicas. Dentro de la zona estudiada, la formación consta de estratos de caliza de espesor mediano con algunas intercalaciones de lutita.

Formación Soyatal/Cuautla. Sobre la formación El Doctor con discordancia erosional, descansa una sucesión de capas calizas que varían desde delgadas e impuras, hasta gruesas y bastante puras. La primera se conoce con el nombre de Formación Soyatal (Wilson et. al., 1955 p. 3) y la segunda se denomina Formación Cuautla (Fries, 1960 p. 60), esta formación es de edad Turoniano Sup. y las dos formaciones son semejantes litológica y cronológicamente.

Formación Mexcala. Esta formación es de edad Coniaciano, Santoniano y parte del Campaniano, y está constituida por capas de lutita margosa de co

lor café amarillento, con espesores que varían de 0.50 m hasta 1.2 m., interestratificados con estratos de caliza gris, compacta de grano grueso, con espesores de 0.30 m. y limolitas y areniscas de 0.40 m a 0.60 m. de potencia.

ERA CENOZOICA.

SISTEMA TERCIARIO.

En la región se observaron algunos afloramientos de rocas terciarias, pertenecientes al Grupo del Norro. Los afloramientos se localizan en la porción Norte del área, en las proximidades de Santa María Amajac.

Este grupo fue definido por Segerstrom (1961, p.154) como de edad Eoceno tardío y Oligoceno temprano, y consiste en un conglomerado calcáreo rojizo bien consolidado y de origen continental dispuesto en capas variables de gruesas a masivas, localmente tiene mezclado material tobáceo y derrames de lava contemporáneos, principalmente de composición de basáltica a andesítica.

A las formaciones Santiago, Corteza, Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis, Vizcaíña y Cerezo, se les conoce con el nombre de Grupo Pachuca y fueron definidas por A. R. Geyne, Carl Fries Jr., Kenneth Segerstrom, R.F. Black, e I. F. Wilson, en la publicación SE del Consejo de Recursos Naturales no Renovables, 1963.

Formación Santiago. - Definición: Es la for-

mación terciaria más antigua que se conoce dentro de los límites del Distrito Pachuca-Real del Monte, consiste en derrames de lava, brechas y tobas interes-tratificadas de composición variable de andesítica a riolítica, con algunas intercalaciones de rocas vol-cánicas epiclásticas. Su localidad tipo es el Cerro de Santiago ubicado al oriente de Pachuca.

Petrografía.- La formación Santiago está constituida por rocas porfídicas de los tipos: por-fido riolítico y andesita porfídica con un pequeño estrato de toba riolítica. En el porfido riolítico los fenocristales son de cuarzo dentro de una matriz feldespática (sanidino). En las andesitas porfídi-cas los fenocristales son de plagioclasa (oligoclasa andesina) dentro de una matriz formada por un agrega-do cristalino fino de la misma composición.

La toba riolítica está formada esencialmen-te por un agregado de fragmentos de roca en una ma-tríz con rasgos característicos de desvitrificación. Esta roca tiene una cierta fluidez dada por el vi-drio que rodea a los fragmentos de roca y a los feno-cristales de cuarzo.

Formación Corteza. Definición: La segunda formación por su antigüedad conocida en el distrito,

Formación Corteza subyacente en la orilla oriental de Pachuca, se extiende directamente al oriente en una distancia de 870 m hasta el contacto con la Formación Real del Monte.

Petrografía.- Esta formación es esencialmente de origen Piroclástico con algunos derrames volcánicos. Las tóbas andesíticas están constituidas esencialmente de fragmentos de roca de tipo intermedio y vidrio parcialmente desvitrificado; los fragmentos de roca presentan textura hialopilitica, contiene la matriz numerosas biotitas alteradas a clorita las tobas dacíticas solo fueron reconocibles por el cuarzo y la composición de la matriz ya que no fue posible la identificación de plagioclasas, contienen también numerosos fragmentos de roca. Los derrames volcánicos también de composición dacítica y andesítica. Los derrames andesíticos son característicos petrográficamente por su textura microlítica porfídica. La dacita es equigranular de grano fino con un contenido alto de titanita como mineral accesorio.

Formación Real del Monte.- Definición: La siguiente formación más joven en el distrito consiste en una interstratificación de brechas, roca de derrame masivo y capas tobaceas de composición andesítica

está formada por derrames andesíticos y basálticos, con un miembro tobaceo basal. Es la única formación de andesita no porfídica en el distrito y la única de las formaciones inferiores que se distingue fácilmente. Su localidad tipo es el crucero Fortuna ubicado entre la veta Corteza y la base de la capa tobacea basal.

Petrografía. Las muestras colectadas en la formación Corteza son esencialmente andesitas y andesitas basálticas. Estas muestras presentan pocos fenocristales de andesina, oligoclasa y algunas pocas de labradorita. El mineral accesorio característico es la augita y en las andesitas basálticas la Pigeonita. La matriz de estas rocas es densa y de grano muy fino (micro-cristalino) y se encuentra alterada a sericita y clorita en gran parte.

Formación Pachuca.- Definición: La formación Pachuca es la tercera en antigüedad, de la sucesión volcánica terciaria conocida en el distrito. La formación consiste en un miembro clástico tobaceo bastante continuo en la base, cubierto por derrames andesíticos y dacíticos interestratificados con varios miembros tobaceos lenticulares. La localidad tipo de la Formación Pachuca se considera que corresponde al alforamiento que desde el contacto con la

y dasítica que cubre concordantemente a la Formación Pachuca. El nombre de Formación Real del Monte se propuso para esta unidad porque se halla distribuida más ampliamente que las demás en los laboríos subterráneos tanto en el Pueblo Real del Monte como más al norte.

Petrografía.- Esta formación como la anterior está constituida esencialmente por rocas piroclásticas con algunos derrames volcánicos.

La toba andesítica es probablemente el principal constituyente de esta formación y contiene numerosos fragmentos de roca, vidrio desvitrificado y plagioclasas (oligoclasa, andesina) y como accesorio característico Zircón.

La toba dacítica contiene numerosos cristales de cuarzo con un promedio de 5 mm de largo. Rodeados por vidrio que microscópicamente presenta una cierta fuidez que rodea a los fenocristales. Las rocas de derrame son esencialmente andesitas vítreas con textura hipocristalina y con abundante biotita como mineral accesorio.

Formación Santa Gertrudis.- Definición: La siguiente unidad litológica de la sucesión terciaria volcánica del distrito consiste en rocas de derrame ma

sivo con cantidades menores de brecha y de otras capas clásticas y tobaceas, de composición andesítica predominante que localmente cambia a dacita. Su localidad tipo es el respaldo bajo y una parte del respaldo alto de la Veta Santa Gertrudis. La formación descansa concordantemente sobre la Formación Real del Monte.

Petrografía. Esta formación es esencialmente de composición dacítica. Esta roca se encuentra con dos diferentes texturas. Una que es holocristalina porfídica y la otra microlítica porfídica en los dos casos, los fenocristales son de cuarzo y en menor proporción de plagioclasas. Los minerales accesorios característicos son la titania y la apatita y otros ferromagnesianos alterados a clorita y sericita.

Se encuentra también dentro de esta formación derrames de composición andesítica, estas rocas tienen una textura microlítica porfídica de reliquia y están sumamente alteradas a clorita, sericita y limonita. Existe también un pequeño miembro volcánico de composición cuarzolítica, en el cual se observa una textura porfídica con fenocristales de cuarzo y plagioclasas (oligoclasa y andesina) en una matriz potásica.

Existen también rocas piroclásticas en menor grado de composición dacítica y andesítica.

Formación Vizcaína.- La unidad litológica que sobreyace directamente a la Formación Santa Gertrudis, comprende derrames de lava, capas de brecha y toba y un miembro clástico basal que es excepcionalmente conspicuo y extenso. Todas estas rocas tienen composición principalmente andesítica y dacítica. El nombre de Formación Vizcaína se propuso según la falla y veta del mismo nombre. Sus contactos tanto superiores como inferiores son discordancias angulares y erosionales.

Petrografía. Esta formación contiene rocas de diversas composiciones y son: Andesita porfídica; estas rocas por lo general tienen textura microclítica de reliquia y por tanto se encuentran sumamente alteradas, Dacita porfídica; en ésta los fenocristales son de gran tamaño, de 5 a 7 mm, los cuales están constituidos por cuarzo y plagioclasas en una matriz microcristalina. Existen también riodacitas las que son equigranulares de grano fino, y se encontraron tobas riolíticas intercaladas en los derrames las que están colonizadas en diferentes grados.

Formación Cerezo. Definición: La siguiente unidad litológica de la sucesión volcánica terciaria del distrito, consta principalmente de derrames, brechas y capas volcano-sedimentarias, con algo de brecha volcánica y brecha tobacea, todo de composición variable de riolítica o riodacítica.

La localidad tipo se considera que se extiende desde el pueblo de Cerezo hacia el noroeste por una distancia de 100 m hasta el contacto con la dacita Zumate sobreyacente.

Petrografía.- Esta formación es casi en su totalidad de origen piroclástico, con algunas rocas de derrame. El principal constituyente de esta formación es una riolita fluidal con numerosos fragmentos de roca los que tienen una forma que va de subredondeados a bien redondeados. Existe también un vitrófico riolítico con bastante biotita como mineral accesorio. En algunas partes esta formación sólo está representada por tobas de composición riodacítica y en algunos casos de derrames de la misma composición con textura porfídica en la que los fenocristales son de cuarzo y plagioclasas en mayor proporción.

Formación Zumate. Definición: El nombre de Formación Zumate se propuso para una sucesión de derra

mes, brechas, aglomerados y rocas volcano-sedimentarias de composición dacítica que sobrevacen con discordancia erosional y angular de grado variable a las formaciones Cerezo y Vizcaínas y en ciertos lugares, rocas aún más antiguas. Su localidad tipo es la Peña del Zumate, que se encuentra al norte de Real del Monte.

Petrografía.- Esta formación es primordialmente un aglomerado volcánico de composición dacítica. Los bloques redondeados varían en tamaño, desde algunos centímetros hasta 50 cm. o más de diámetro. La matriz de este aglomerado presenta grandes fenocristales de cuarzo, plagioclasas y biotita. En un grado mucho menor se encuentran derrames andesíticos con textura porfídica y microlítica porfídica, con abundante augita y biotita como minerales accesorios.

Formaciones Atotonilco El Grande y Tarango.

Definición: Estas formaciones están constituidas por material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región, y sólo en una parte muy pequeña de las rocas sedimentaria preterciarias, se presentan, debajo, entre y encima de diversos derrames de lava. Sus localidades tipo son los depósitos

que se encuentran en las cuencas de desague de los Ríos Metztitlán y Amajac, están denominados como formación Atotonilco El Grande, según el pueblo de ese nombre; los que están en la cuenca de desague del Río Tula hacia el poniente y suroeste del distrito de Pachuca, así como los que se hallan a lo largo del costado occidental de la cuenca de México, se denominan Formación Tarango, según una localidad descrita por Brayn (1948, p. 11-12).

Derrames de Basalto Olivínico.— Estos se presentan como los últimos derrames y se localizan en la porción norte y noroeste del área. Forman grandes mesetas denominadas mesa chica y Doña Ana y otras más.

Petrografía. Estas rocas son de composición básica y textura microlítica porfídica, con abundante olivino alterándose a ladingsita y Augita como minerales accesorios.

ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS

Diques Andesíticos.— Sus afloramientos se restringen a los alrededores de la Veta Investigadora y al tiro Mendoza. Estas rocas son de color oscuro; la expresión superficial es en forma de pequeñas protuberancias sobre el terreno.

BIBLIOTECA GENERAL

U. N. A. M.

Petrografía. Estas rocas muestran una textura Microlítica Porfídica, en la que los fenocristales son plagioclasas (oligoclasa-andesina), y la matriz consiste en un agregado microcristalino de la misma composición, el mineral accesorio de estas rocas es la biotita la cuál es abundante.

Diques Dacíticos.- Este grupo de rocas sólo aflora al oeste de la Veta San Marcial, siendo éste un cuerpo tabular con rumbo este-oeste.

Petrografía.- Esta roca muestra una textura holocristalina porfídica en la que los fenocristales son por lo regular de cuarzo y en ocasiones de plagioclasas (Ologoclasa-andesina), la matriz de esta roca es criptocristalina y el accesorio común la titania.

Pórfido Riolítico. Esta roca intrusiva es la más abundante en la región. En general son cuerpos tabulares de hasta 3 km. de largo con espesores que varían desde 50 cm. hasta 10 m. o más, el rumbo de estas rocas es este-oeste en la zona más al sur, flexionándose hacia el norte hasta alcanzar un rumbo N50°W en la porción más al norte de la zona. En los resaldos de estas rocas se localizan en ocasiones

importantes vetas como son La Preciosa y la Veta Arévalo.

Petrografía. La textura de estas rocas varía de holocristalina porfídica de grano grueso, a de grano fino. La más común es esta última textura. El principal constituyente de estas rocas es el cuarzo, el que forma agregados cristalinos finos, con algunos fenocristales del mismo mineral. Contiene también pequeños cristales de sanidino diseminados dentro de la matriz.

V 2.- T E C T O N I C A .

Durante la Orogenia Laramide las rocas cretácicas fueron plegadas y afalladas, originando una serie de aniclinorios y sinclinorios recumbentes hacia el este; siendo los principales los anticlinorios de Peña Colorada y Cerro Blanco y los sinclinorios de Chalmita y De los Venados, teniendo todos estos un rumbo sensiblemente N-S en las inmediaciones del área.

Posterior al depósito de las rocas del Grupo Pachuca, la zona estuvo sometida a esfuerzos verticales y esfuerzos dirigidos N-S, lo que originó una tectónica de bloques afallados escalonados, en los que el rumbo

de las fallas y fracturas tiene una orientación E-W en la porción más al sur, estas fallas acondicionaron las rocas para el emplazamiento de las vetas y diques como ejemplo de estos están el dique Arévalo y el dique de la Preciosa, en el área del Chico y Capula respectivamente. Desplazándose más al norte, las fallas y fracturas sufren una flexión hacia el NW hasta alcanzar un rumbo $N70^{\circ}W$ en los límites al norte de la zona, como ejemplo de esto se puede mencionar el dique Caruso y el dique Durango, los cuales se emplazaron dentro de fallas anteriores y tienen un rumbo $N60^{\circ}W$. Las fallas de este sistema son normales y sus echados son casi verticales alcanzando un desarrollo mayor de 3 km. Este sistema de fallas y fracturas se puede describir como radial tomando como centro el Cerro del Chivo. Dentro de este grupo se encuentran alojadas la gran mayoría de vetas y diques.

Existe también otro sistema de fallas y fracturas posterior al depósito de la Formación Zuma-
te el cual tiene un rumbo $N10^{\circ}W$ y forma un enrejado subrectangular con el grupo anterior. Las fallas de este sistema son normales y forman en ocasiones pequeños horst y grabens.

La secuencia sedimentaria que aflora en la parte norte de la región estudiada principia con la acumulación de sedimentos de la parte inferior de la formación El Doctor durante el Albiano, estos depósitos son característicos de mares de profundidad media a somera sobre el banco de Ixmiquilpan. En los alrededores de este banco la formación consta desde limos hasta arenas calcáreas con restos de moluscos. En las partes más alejadas del banco las capas están formadas de calcilimolita y calcarenita con algo de pedernal. Durante el Cenomaniano temprano hubo una emersión general con un ligero combamiento de las capas ocasionando la erosión desigual de las zonas emergidas. En el área durante el Turoniano inferior el hundimiento fue muy rápido acumulandose capas de calcilimolita arcillosa con interestratos de limolita, es decir, la Formación Soyatal.

Al final del Turoniano la sumersión continuó y debido a que la porción occidental de México estaba en movimiento ascendente hubo un mayor aporte de sedimentos, además del volcanismo que también aportaba gran cantidad de material clástico; esto ocasionó el descenso en el depósito de carbonatos y el predominio de clásticos; para formar las capas de arenisca con interestratos de lutita y conglomerado de grano fino que componen la Formación Mexcala, la acumulación de la formación

Mexcala continuó hasta el Maestrichtiano temprano.

La región emergió a fines del Cretácico.

El levantamiento culminó en el Eoceno temprano con la Orogenia Laramide. La erosión se intensificó en las partes más elevadas hasta descubrir la parte inferior de la Formación El Doctor. A mediados del Eoceno las fuerzas verticales dieron origen a grandes fallas ocasionado una tectónica de bloques afallados. Los materiales erosionados en los altos topográficos dieron origen al Grupo El Morro, que es un conglomerado calcáreo continental depositándose entre el Eoceno tardío y el Oligoceno medio.

A mediados del Oligoceno principió un largo período volcánico dando origen a las formaciones del Grupo Pachuca y el cuál culminó en el Plioceno temprano.

La formación volcánica terciaria más antigua se denomina Formación Santiago y consta de tobas, brecha y derrames de lava de composición riolítica. Posteriormente al depósito de esta formación siguió un corto período de erosión, seguido por derrames de andesita negra afanítica y a la cual se le denomina Formación Corteza. Sobreyaciendo a esta unidad y se-

parada por una discordancia erosional se depositó una sucesión de brechas, tobas y derrames de lava de composición variable de andesítica a dacítica y las cuales reciben el nombre de Formación Pachuca.

Durante el Mioceno temprano principió una extravasación de brechas y lavas intercaladas, de composición dacítica y andecítica denominándoseles Formación Real del Monte. Sobre la Formación Real del Monte se depositó la Formación Santa Gertrudis y consta de una serie de derrames de lava y estratos de brechas y tobas de composición predominantemente andesítica y algo de dacita.

La Formación Vizcaína cubrió a la Formación Santa Gertrudis con una marcada discordancia erosional y consta de derrames de lava, brecha y toba de composición dacítica y andesítica. A principios del Plioceno tuvieron lugar una serie de derrames riolíticos los cuales descansan con una discordancia erosional y angular sobre las unidades más antiguas y a los cuales se les conoce con el nombre de Formación Cerezo.

La siguiente unidad más joven es la Formación Zumate la que descansa discordantemente sobre la Formación Cerezo.

A mediados del Plioceno se originó una extravasación de lavas máficas cerrando algunos cañones y valles formando con esto lagos efímeros, a la vez que el clima se hizo más árido y comenzaron a acumularse las formaciones Tarango y Atotonilco el Grande.

A finales del Plioceno continuaba el volcanismo máfico y por consiguiente la interrupción del desague en muchos lugares produciendo pequeños lagos y charcos. A principios del Pleitoceno, el volcanismo tapó el desague al sur de la Ciudad de México, formando la actual cuenca de México. La erosión atacó y removió gran parte de las formaciones Tarango y Atotonilco el Grande.

VI YACIMIENTOS MINERALES

V 1.- RASGOS GENERALES.

Los depósitos son primordialmente argentíferos, con valores de plomo, zinc, oro y como accesorio común el cobre.

Los yacimientos minerales consisten en vetas angostas las cuales se encuentran alojadas en un sistema radial de fallas y fracturas, en el que se considera como centro el Cerro del Chivo. Las vetas en un alto porcentaje se localizan en los respaldos de los diques de pórfido riolítico.

Las zonas mineras más importantes se encuentran al norte del poblado El Chico, en el área de Capulla y Cerro Blanco.

V 2.- FORMA Y DIMENSIONES.

De acuerdo con su forma, los yacimientos se presentan como rellenos de fisura, con espesores que varían de unos cuantos centímetros hasta 5 m., siendo su longitud también variable de unos cuantos cientos de metros hasta 1.5 Km. (Veta Investigadora).

Las vetas generalmente son sinuosas en rumbo

y sus echados varían desde verticales hasta 65° con buzamientos hacia el sur y norte. La expresión superficial de las vetas son pequeños hilos irregulares de cuarzo relleno de fracturas.

Pocas minas han sido explotadas a profundidades mayores a 200 M., sin embargo la mina Arévalo alcanza el nivel 590.

El estudio del subsuelo de la zona no fue posible debido a que la gran mayoría de las minas se encuentran abandonadas o en malas condiciones de acceso.

Area El Chico - San Marcial.

En esta zona se encuentran 10 vetas con un rumbo E-W aproximadamente y un echado promedio de 75° al norte. En general todas las vetas han sido trabajadas en diversos grados siendo la mayoría de ellas a nivel de gambusinaje, excepto la Mina Arévalo, Mina Aurora y la Mina San Marcial.

Dique Arévalo.

La principal estructura al sur del área es el dique Arévalo, el cuál tiene un rumbo E-W. Esta estructura es muy probable que sea la misma que aflora

en el área de Capula va que su rumbo, composición y latitud son las mismas, dicha estructura se encuentra cubierta en su parte media, entre el Chico y Capula, por la formación Zumate que es de edad post-mineral.

Dentro de esta estructura se localizan las principales obras mineras, las que se han labrado en la mineralización asociada con el dique.

Las obras de explotación del Dique Arévalo son las más importantes de la zona y son las minas Arévalo y La Preciosa, en los poblados de El Chico y Capula, respectivamente. Los datos existentes de explotación indican que los valores de la mineralización sobrepasan los 300 Gr./Ton. de plata.

Area Cerro Blanco.

En esta zona se encuentran algunas obras mineras explotadas a nivel de gambusinaje, las vetas principales son: Investigadora, Dos Amigos y Maravillas.

Area de Santiaguito.

En esta área existe una estructura E-W bien definida, la que superficialmente muestra una fuerte pi

ritización.

Area de Carboneras.

En esta área se localizan pequeñas vetas las que en su totalidad han sido explotadas a nivel de gambusinaje, sin embargo, las muestras colectadas son de considerable interés.

Todas las áreas aquí mencionadas presentan diversos grados de alteración, principalmente oxidación, argilitización y piritización. Estas alteraciones están alineadas en la mayoría de los casos con las trazas de las vetas, extendiéndose en algunos casos más allá de los límites conocidos de los cuerpos mineralizados, por lo que es muy probable que indiquen las trazas de las vetas.

VI 3.- PARAGENESIS Y SUCESSION.

a) HIPOGENICA.

Del estudio paragenético se concluye que la sucesión mineral que se depositó es la indicada en la gráfica 3.

Pirita (FeS_2). - Se presenta en cristales anedrales y

SUCESION PARAGENETICA

MINERAL

PRIMARIO

SECUNDARIO

Pirita

—

Blenda

—————

Calcopirita

—————

Galena

—————

Argentita

—————

Covelita

—————

Colcocita

—————

Hematita

—————

MINERAL

Guarzo

—————

Adularia

—————

Siderita

—————

Calcita

—————

Gráfica 3

subedrales. Este mineral es anterior al depósito de los otros sulfuros y se encuentra diseminada tanto en la roca encajonante como en los diques y vetas. La pirita se depositó probablemente al final de la fase magmática como constituyente de la propilitización y también durante una etapa temprana de la mineralización.

Blenda (ZnS). - La blenda se presenta en cristales anedrales y su depósito fue posterior al de la pirita. Este mineral presenta inclusiones de calcopirita formando una textura de exsolución, la calconirita en ocasiones se presenta en forma de vetillas dentro de la blenda.

Calconirita ($CuFeS_2$). - Se presenta en cristales anedrales y subedrales. Este mineral en algunos casos está intimamente relacionado con la blenda, formando una textura de exsolución, en estos casos se les consideró un depósito contemporáneo.

También se encuentra la calcopirita en forma de vetillas dentro de la blenda, por lo que el depósito de la calcopirita fue contemporáneo y posterior al de la blenda.

Galena (PbS). - Se presenta en cristales euedrales y subedrales de un tamaño menor a 50 micras. Este mineral es esencialmente argentífero y se encuentra traslapado

en tiempo con la calcopirita y con la argentita, la cual observa en algunos casos una cierta textura de ex-solución y en otros completamente separada.

En el estudio de varias superficies pulidas se observó a la galena en tres diferentes tipos de suceción:

- 1.- Después de la calcopirita y antes de la argentita.
- 2.- Simultánea en parte a la calcopirita y anterior a la argentita.
- 3.- Posterior a la calcopirita y traslapando-se en parte con la argentita.

Argentita (Ag_2S).- Este mineral se presenta unicamente en cristales anedrales y fue el último mineral en cristalizar se. Se encuentra en ocasiones diseminado, en otras en trazas y en forma de vetillas cortando a todos los otros mi-nerales anteriores.

b) SUPERGENICA.

Como productos secundarios de los minerales de cobre se encontraron calcocita y covelita bordeando a la calcopirita. También se encontró hematita tanto en la

mena como en la ganga de las vetas, estos minerales son producto de alteración supergénica.

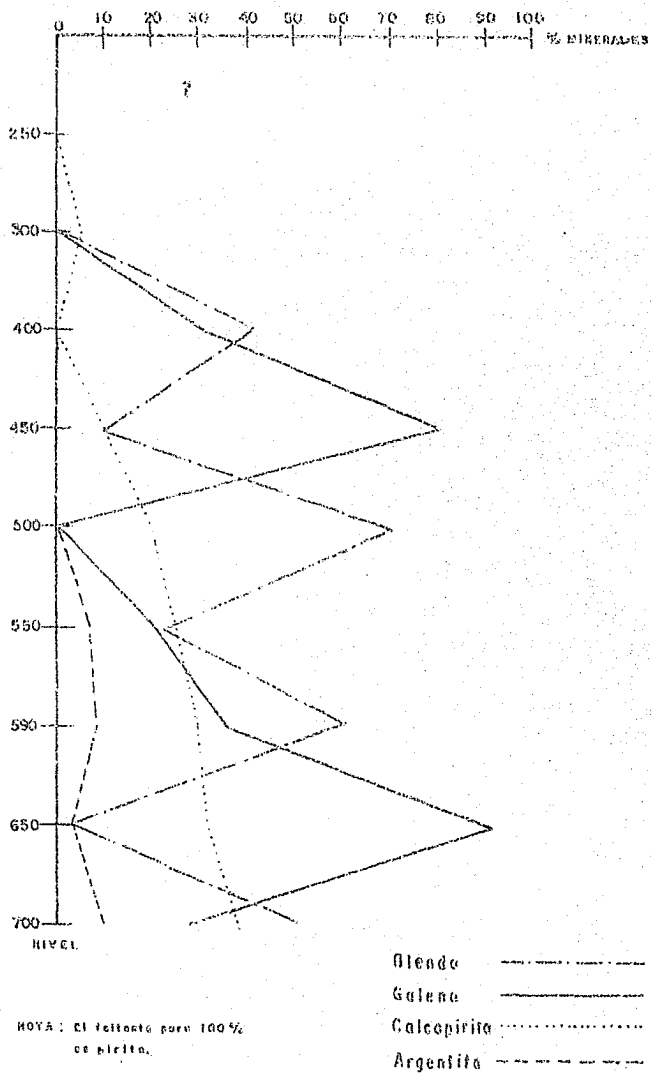
Las gráficas 1 y 2 muestran la distribución de los diferentes minerales por niveles, para con esto determinar el nivel de mineralización por contenido mineralógico.

Como se observa, la galena y la blenda se distribuyen erráticamente en todos los niveles, siendo la galena el mineral más abundante, la blenda tiende a aumentar sensiblemente a profundidad y el contenido de argentita es más alto en la parte media e inferior.

La calcopirita es un "mineral guía" para determinar el nivel de mineralización ya que se comporta de diferentes modos. En la parte alta está íntimamente relacionado con la blenda o sea en textura de exsolución, en la parte media, aunque existe algo de calcopirita dentro de la blenda, se observan también abundantes cristales aislados y en la porción profunda solo se encuentran en forma independiente con escasos cristales en exsolución.

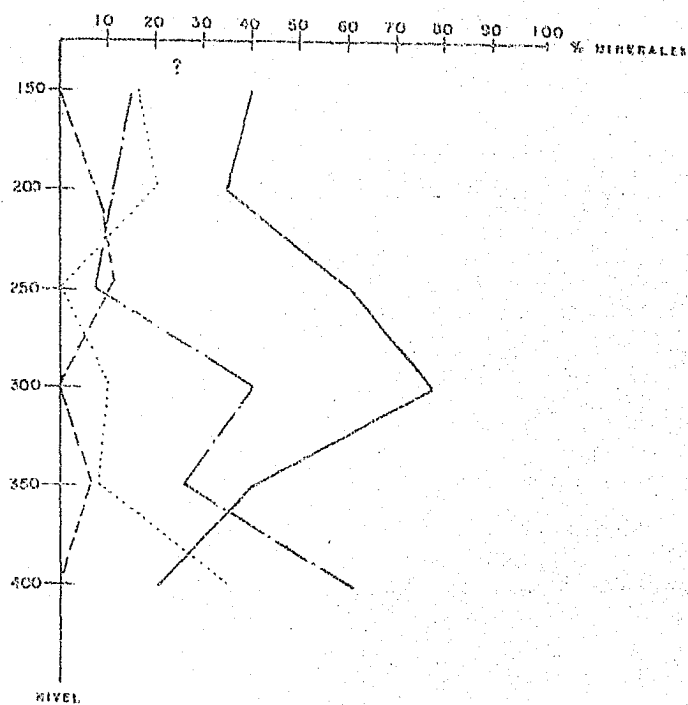
Todas estas observaciones fueron realizadas en el área de Real del Monte, en las vetas Purísima-San Sabas y Providencia. Dada la cercanía con el distrito

VEA SAN SARAS-PURISIMA



Gráfica I

VETA PROVIDENCIA



NOTA: El sulfato para 100%
de Pirita.

Blenda ————
Galena ————
Calcopirita
Argentita ————

Gráfica 2

estudiado, la semejanza litológica de la roca encajante y el tipo de yacimiento, se puede concluir que se trata de un mismo yacimiento. Por lo tanto, se pueden extrapolar las observaciones a cuerpos mineralizados dentro del distrito estudiado, y poder situarse por mineralogía en un nivel de mineralización por comparación con las gráficas.

V 4.- DISCUSION GENETICA DEL YACIMIENTO.

Lindgren clasifica a los yacimientos hidrotermales por su temperatura de formación y la presión, condicionados por la profundidad de su emplazamiento y formados por soluciones ascendentes relacionadas genéticamente con rocas ígneas. A estos yacimientos hidrotermales los subdivide en epi, meso e hipotermas.

- a) EPITERMALES Depositados a poca profundidad, presión moderada y baja temperatura (50 a 200° C.).
- b) MESOTERMALES Depositados a profundidad intermedia (200 a 300°C).
- c) HIPOTERMALES Depositados a gran profundidad, presión muy alta y temperatura alta, (300 a 500°C).

De acuerdo con esta clasificación, el yacimiento del distrito estudiado pertenece al tipo epitermal y fue

formado por relleno de cavidades.

Lindgren en su "Mineral Deposits" menciona que " En regiones de relativamente reciente actividad volcánica, en las que la medida de erosión, a partir de que la erupción cesó, se mide en cientos de pies, más bien que en miles de pies, se encontró un grupo importante de depósitos minerales generalmente en forma de vetas de fisura. Ellos generalmente se presentan en derrames ígneos, principalmente en andesitas, traquitas y riolitas y rara vez en basaltos; pero contando también rocas advacentes e infrayacentes. Constituyen una gran parte de la producción mundial de oro, plata y mercurio; contienen bonanzas espectaculares como las de la región de la cordillera de la que encontramos ejemplos en Tuscarora, Virginia City, Goldfield, Cripple Creek, Pachuca, Guanajuato y muchos otros distritos. Siguiendo las erupciones terciarias de las rocas efusivas, estos depósitos acompañan al "Círculo de Fuego" que rodea al Pacífico."

Características de las fases epitermales de Lindgren.

CARACTERISTICAS

Estructura

FASE EPITERMAL

Irregular, brechoide, sistemas filonianos den sos en la superficie,

(Cont.)

simples y empobrecidos en profundidad. Filones bien individualizados con estructura bandada y geódica bien marcadas.

Elementos Químicos

Au, Ag, Hg, Sb, As.

Accesorios: Pb, Cu, Zn.

Te y Se Característicos.

Tipos de Mineralización.

- Oro nativo, asociado comúnmente con plata.
- Telururos auroargentíferos.
- Plata nativa, argentita, y sulfosales de Plata.
- Sulfosales de cobre argentíferas (freibergita y enargita).
- Cinabrio.
- Estibinita.
- Rejalgar y oropimento.
- Alabandita.
- Asociación Blenda-Pirita-Galena y Calcopirita en

(Cont.)

cantidades accesorias la pirita se presenta finalmente diseminada.

Tipos de Ganga

- Cuarzo. La variedad am
tista es característica de la fase.
- Calcita y Dolomita. Aun
que abundantes localmente, no aparecen de manera característica.
- Rodocrosita y rodonita.
- Adularia y Zeolitas. Características de la fase.

Tipos de Alteración

Silicificación.
Caolinización.
Propilitización.
Sericitización.
Alunitización.

Rango de Temperatura

100 a 200°C.

Presión

De baja a moderada.

Profundidad

Desde la superficie hasta 2 kilometros.

Posición respecto a la
fuente de origen (Intru-
sivo Generador)

Lejana

Ocurrencia. (Roca enca-
jonante)

Generalmente provincias
volcánicas y rocas de
edades recientes.
Difícilmente se estable-
ce relación espacial con
el intrusivo.

TABLA 3

Routhier (Tomo I. p.p. 657-658) menciona que estrictamente hablando, el volcanismo post-orogénico comprende considerablemente más andesitas, dacitas, latitas y riolitas que basaltos pobres en olivino o desprovistos de este mineral. Ello traduce una contaminación de sima por asimilación de sial; esto es, un volcanismo Sial-simático; ejemplo: Cinturón de fuego en el Pacífico. En estos aparatos volcánicos terciarios o en sus partes más profundas subvolcánicas se encuentran considerables mineralizaciones.

Asi mismo, menciona (Tomo I pp 625-626) que el volcanismo y sub-volcanismo deben haber aportado elementos metálicos a partes más altas de la litósfera.

Posteriormente, estos elementos fueron expulsados y concentrados por las migraciones de fluidos que provienen de las deformaciones y fracturas de la corteza, y en estos casos el volcanismo desempeñó un papel directo.

Según Tatarinov, (1955 p.p.119-120) este yacimiento se encuentra entre los rangos de 50° a 200°C. y muy lejano al cuerpo mineralizante al cuál está ligado. Las rocas encajonantes son sedimentarias o extrusivas, muy raramente en rocas intrusivas. La relación con el cuerpo mineralizante raramente está establecida desde el punto de vista geológico, en la mayoría de los casos las rocas intrusivas están ausentes en el dominio o desarrollo de los yacimientos de bajas temperaturas.

VII. A L T E R A C I O N E S .

VII 1.- TIPOS DE ALTERACION Y SU DISTRIBUCION.

Cloritización. Esta alteración es la que tiene más amplia distribución en la zona y puede decirse en general que ha afectado a todas las rocas en grado mayor o menor. La clorita se presenta en forma de cristales anedrales de diversos tamaños, reemplazando a los minerales máficos y a las plagioclasas. La cloritización es una guía general hacia otra alteración. En las muestras más alteradas comprende hasta un 70% de la roca y en éstas casi invariablemente se presenta epidota y pirita.

Las rocas alteradas presentan un color verdoso aumentando de tono a medida que aumenta la cantidad de clorita.

Silicificación. Esta alteración es claramente debida a los procesos hidrotermales que dieron origen a la mineralización del distrito. Se presenta en forma de vetillas, desde microscópicas hasta diques de algunas decenas de centímetros, y se presenta en las cercanías de grandes vetas y diques. Existen también algunas rocas totalmente reemplazadas por cuarzo que presentan texturas relictas. Esta alteración es una guía directa a la mineralización.

Carbonatación.- La carbonatación se considera aquí como la formación de cualquier tipo de carbonatos; la carbonatación de tipo hipogénico se localiza cercana a la veta y dentro de ella, ya que la calcita y siderita son minerales formadores de mena, y en ocasiones reemplazan minerales de las rocas de los respaldos. La carbonatación es una guía directa.

Argilitización.- Esta es el resultado de procesos de aguas superficiales que contienen ácido sulfúrico libre. Esta alteración está superpuesta en los productos de cloritización, silificación y sericitización, formadas por soluciones ascendentes. La argilitización presenta un color pardo claro y generalmente se encuentra acompañada por oxidación, por lo que es relativamente fácil localizarla en el campo. En general la argilitización es una buena guía hacia zonas importantes, como vetas y diques, localizándose éstos dentro de la zona alterada y pudiéndose seguir la traza de las estructuras por medio de esta alteración.

Propilitización.- Esta alteración se encuentra pobremente distribuida en la superficie. La propilitización consiste en varias alteraciones producidas sobre una misma roca y éstas son la cloritización, epi-

dotización, piritización y el desarrollo de carbonatos. Este proceso es intenso y casi llegó a destruir las características originales de la roca. Esta alteración afectó a la matriz, los ferromagnesianos y a las plagioclasas. La propilitización se consideró como una guía mala superficialmente.

Oxidación.- Esta, como la argilitización es producto de aguas meteóricas que actuaron sobre productos de cloritización y silificación formados por soluciones ascendentes. La oxidación presenta un color pardo oscuro. Es en general una buena guía por su fácil localización y determinación, y se presenta en vetillas o grandes manchones alargados con rumbo preferente. Se encuentra asociada con la argilitización debido a su origen similar.

Piritización.- Esta alteración ha sido formada por aporte de azufre de origen hipogénico, por lo cual es una excelente guía. La pirita se presenta formando agregados piritosos o diseminada en cristales eudrales y subdrales.

En la porción W del área, las zonas con mayor alteración son: Los alrededores de la Veta Benjamín, donde se presenta una fuerte oxidación y argilitización bordeando a zonas fuertemente silicificadas. En el área

T I P O	APORTE Y LITOLOGIA	G R A D O	E J E M P L O
Sericitización	Alteración de feldespatos por aporte de K	Buena guía en contacto con cuerpos mineralizados.	Incluido con argilitización
Cloritización	Alteración de minerales de Fe-Mg. (Este es el caso de la propilitización, aporte de Fe-Mg.)	Es una guía general hacia otra alteración (bordeando zonas alteradas) Q, alunita, caolinita, sericita.	Toda la zona en grado variable.
Propilitización (Desarrollo de clorita, epidotas carbonatos, sulfuros, etc.)	Sobre todo es una alteración en andesitas, dacita, latitas y rocas volcánicas.	Es una guía general hacia otra alteración Sericita, Q, Carbonatos, algunas veces sin relación con el yacimiento.	Escasamente representada superficialmente.
Calcita	Mineral común en alteraciones complejas.	Es una guía mediana. Se extiende en las zonas de débil alteración.	Parte central de las principales vetas. Veta Benjamín, Investigadora Arévalo, Dos Amigos, Dique Arévalo.
Silicificación	Aporte de SiO ₂	Guía favorable, guía directa.	Parte central de las principales vetas. Veta Benjamín, Investigadora, Arévalo, Dos Amigos, Dique Arévalo.

T I P O	APORTE Y LITOLOGIA	G R A D O	E J E M P L O
Argilitización	Kaolinita, halloysita Dickita, montmorillonita.	En general buena guía hacia otra alteración y yacimientos, serici- tización y silicifica- ción.	Dique Arévalo, Norte de Carboneras y Capula, Nor- te de El Chico.
Piritización	Frecuente Aporte de S en los bordes.	Muy buena guía	Arca de Potosí y Dique Arévalo.
Oxidación	No es hidrotermal		Dique Arévalo. Norte de El Chico, Car- boneras, Norte de Capula Santa Rosa y La Esmeral- da.

Q: Cuarzo

TABLA 4

de Capula al socavón La Preciosa, las rocas se encuentran fuertemente piritizadas. Al NW de Capula se encuentra una zona muy extensa que presenta fuerte oxidación y argilitización y en las partes más bajas topográficamente existen zonas piritizadas.

Siguiendo el Río de los Griegos, se cortan numerosas estructuras las que presentan diversos grados de alteración, siendo las principales la zona que abarca la mina Potosí y La Vencedora.

En la zona E del área al norte del poblado de El Chico, existen importantes zonas de alteración como lo son las vetas y diques que cortan el camino que va de El Chico a San Marcial, pudiéndose seguir estas estructuras a rumbo solo por sus halos de alteración.

La expresión superficial de las vetas Investigadora, Maravillas, Dos Amigos, San Marcial, San Lucas y La Huerta, son halos concéntricos de alteración los cuales presentan en sus orillas oxidación y argilitización, en la parte media piritización y en la parte central oxidación.

El área de Santiaguito y al oriente de este punto, la principal alteración es la piritización.

VII 2.- POSIBLE UTILIZACION DE LAS ALTERACIONES COMO GUIAS.

Se tratará de establecer una secuencia de exploración tomando como base las alteraciones.

La cloritización ha afectado en diversos grados a todas las rocas del distrito, siendo por lo tanto una guía vaga y su utilidad es mayor a medida que aumenta el grado de alteración, y en este caso es una buena guía hacia otra alteración. La argilitización y oxidación se encuentran localizadas en franjas que indican las trazas de las estructuras; estas alteraciones son fácilmente reconocibles en el campo y son por lo tanto un excelente auxilio en la exploración. Dentro de la zona argilitizada y oxidada existen en ocasiones zonas piritizadas y dentro de esta última en el caso ideal, se encuentran pequeñas franjas carbonatadas y silicificadas.

Existe la posibilidad de confundir zonas de alteración con estratos de tobas sumamente intemperizados, solo que estos últimos no presentan alineación ni piritización.

VII 3.- RELACION MINERALIZACION-ALTERACION.

Los procesos metasomáticos que dieron lugar a las alteraciones son debidos a las soluciones formadoras de mena que se mueven a considerable profundidad por sendas prescritas por fisuramiento o brechamiento dando origen a las vetas. (Lindgren p.p. 455-456)

Las soluciones formadoras de mena se mueven por las cavidades abiertas por el brechamiento y fisuramiento, formando estructuras más o menos planares. Las soluciones o gases de origen telúrico se mueven más o menos libremente dentro de las acumulaciones volcánicas en donde existen zonas y estratos porosos como brechas, tobas y aglomerados alterando en gran escala.

El cuarzo y los carbonatos que son los minerales no metálicos formadores de mena, fueron intrusados alterando a las rocas encajonantes de las vetas en forma de vetillas o manchones, por tanto estos minerales son guía directa, encontrándose en el mismo caso la pirita.

La oxidación y la argilitización son efectos de mezcla entre las soluciones ascendentes, que alteraron relativamente débil a las zonas cercanas a las vetas y diques y que incluye sericita, clorita, calcita y propilitización, y las soluciones meteóricas descendentes.

VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

Por los datos obtenidos en el presente estudio se concluye que:

1.- Las rocas que afloran en el área son esencialmente volcánicas, aunque existen también algunos afloramientos de rocas sedimentarias.

2.- La edad de la mineralización es Mioceno y Oligoceno temprano.

3.- La mineralización está restringida a las rocas del grupo Pachuca.

4.- La mineralización es del tipo de relleno de fracturas y de origen hidrotermal según Lindgren, o volcánico según Routhier.

5.- Los principales rasgos estructurales son un sistema radial de fallas y fracturas tomando como centro el Cerro del Chivo y otro con rumbo N10°W. La mineralización se encuentra alojada dentro del primer sistema.

6.- Los tipos de alteración son: cloritización, argilitización, oxidación, piritización,

propilitización, silicificación, carbonatación.

7.- La explotación en la mayoría de los casos ha sido en un nivel muy superficial, ya que el muestreo de algunas vetas así lo indicó al compararse con las gráficas 2 y 3.

R E C O M E N D A C I O N E S .

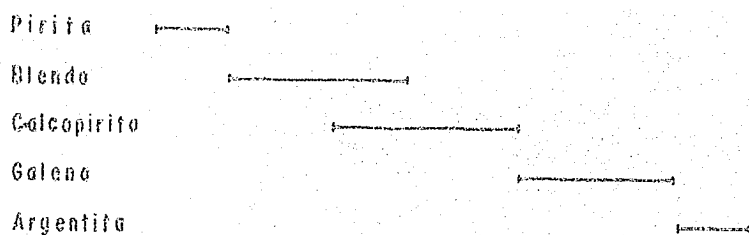
Se recomienda profundizar y desaterrar las obras mineras antiguas puesto que existen excelentes indicios de que las leyes de plata aumenten a profundidad utilizando para ésto, métodos de explotación modernos.

Efectuar un barrenamiento de exploración sobre la Formación Zumate, y así localizar la extensión del Dique Arévalo bajo esta formación.

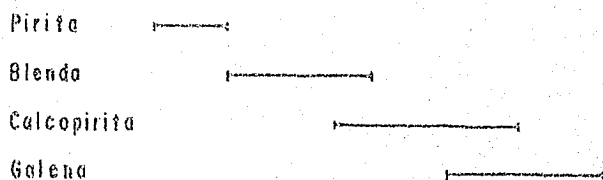
Acondicionar el tunel Neptón y muestrear las estructuras que atraviesan esta obra.

Comunicar las zonas de Santiaguito, Cerro Blanco, el norte de Carboneras y norte de Capula, en las que existen antiguas obras mineras, las que al precio actual de la plata y los nuevos métodos de explotación reeditarán rendimiento económico.

NIVEL 300 VETA PROVIDENCIA



NIVEL 400 VETA PROVIDENCIA



A P E N D I C E P E T R O G R A F I C O

Y

M I N E R A G R A F I C O

ESTUDIOS PETROGRAFICOS

No. de Muestra	Clasificación	Alteración y/o Mineralización
PR-1	Dacita porfídica	Carbonatación, silicificación, piritización, sericitización.
PR-2	Toba riolítica caolinizada	Caolinización.
PR-3	Toba riodacítica	Sericitización
PR-4	Pórfido Andesítico	Cloritización y carbonatación.
PR-5	Pórfido dacítico silicificado	Silicificación y piritización.
PR-6	Andesita	Carbonatación y cloritización.
PR-7	Material de veta	
PR-8	Dacita	Carbonatación, cloritización y piritización.
PR-9	Toba caolinizada	Argilitización, oxidación y cloritización.
PR-10	Andesita	Carbonatación cloritización.
PR-11	Dacita porfídica	Carbonatación, cloritización y piritización.
PR-12	Dacita porfídica	Carbonatación y cloritización.
PR-13	Toba riolítica	Oxidación
PR-14	Dacita porfídica	Oxidación
PR-15	Riodacita	Oxidación y silicificación
PR-16	Material de veta	Pirita, calcopirita en textura de exsolución diseminada, calcocita, covelita, blenda.

No. de Muestra	Clasificación	Alteración y/o Mineralización
PR-17	Dacita porfídica	Oxidación
L11-CH-3	Dacita porfídica	Cloritización y sericitización.
L6-CH-5	Pórfido dacítico	Oxidación.
L5-CH-2	Riolita	Sericitización y cloritización'
L10-CH-4	Dacita porfídica	Epidotización y cloritización.
L2-CH-20	Toba riolítica	Argilitización
L11-CH-19	Pórfido cuarzoalutítico	Epidotización
L9-CH-5	Pórfido andesítico	Sericitización y cloritización
L5-CH-5	Dacita porfídica	Sericitización
L10-CH-6	Dacita	Propilitización
L11-CH-3	Dacita porfídica	Argilitización y sericitización
L9-CH-7	Cuarzoalutita	Argilitización
L6-CH-0	Dacita porfídica	Argilitización y cloritización
L5-CH-11	Pórfido andesítico	Epidotización y cloritización
L5-CH-10	Andesita de augita	Cloritización
L5-CH-6	Dacita porfídica	Piritización, cloritización y argilitización.
L8-CH-1	Andesita porfídica	Argilitización y sericitización
L5-CH-17	Dacita microlítica	Cloritización.

No. de Muestra	Clasificación	Alteración y/o Mineralización.
L8-CH-11	Dacita porfídica	Oxidación y silicificación
L8-CH-14	Dacita porfídica	Cloritización y sericitización
L5-CH-3	Material de veta	
L5-CH-6	Traquiandesita	Cloritización, carbonatación, silicificación
PC-3	Pérfito riódacítico	Carbonatación, cloritización y argilitización
PC-4	Vitrófito riolítico	
PC-5	Vitrófito riolítico	Cloritización, epidotización y argilitización
CH-112	Traquiandesita	Carbonatación, argilitización y silicificación
PE-1	Toba dacítica	Oxidación y argilitización
PE-2	Toba andesítica	Argilitización
PE-3	Material de veta	Pirita en cristales anhédrales y subhédrales
PE-4	Material de veta	Pirita en cristales y en vetillas
PE-6	Material de veta	Abundante pirita
55	Dacita porfídica	Carbonatación
55-A	Basalto	
PC-56	Basalto	Cloritización y sericitización
PC-59	Dacita Porfídica	Oxidación y argilitización

No. de Muestra	Clasificación	Alteración y/o Mineralización
PC-61	Andesita	
PC-62	Pórfido diorítico	Cloritización
PC-63	Andesita de augita	
PC-64	Andesita porfídica	Cloritización y carbonatación
PC-65	Dacita	Argilitización y oxidación
PC-66	Material de veta	Pirita diseminada, <u>calco</u> pirita en trazas
PC-67	Material de veta	Pirita diseminada, trazas de calcopirita
PC-33-A	Pórfido riolítico	Sericitización y argilitización
PC-40	Toba riolítica	Oxidación, argilitización
PC-41	Pórfido riolítico	Sericitización
PC-42-A	Andesita porfídica	Oxidación y argilitización
PC-46	Andesita porfídica	
PC-49	Andesita porfídica	
PC-50	Andesita	Argilitización
PC-51	Toba andesítica	Oxidación, argilitización cloritización
PC-52	Material de veta	
24	Cuarzolatita porfídica	Cloritización
24	Material de veta	Blenda y calcopirita abundantes, galena y argentita
26	Dacita porfídica	Propilitización y silicificación

No. de Muestra	Clasificación	Alteración y/o Mineralización
27	Material de veta	Abundante galena
28	Material de veta	Blenda, calcopirita en exsolución, galena, abundante pirita, argentita
29	Material de veta	Galena, calcopirita, y blenda en exsolución
70	Dacita porfídica	Cloritización, argilitización, oxidación.
74	Basalto porfídico	
75-A	Andesita porfídica	Carbonatación, silicificación, cloritización.
75-B	Dacita porfídica	Cloritización, argilitización, silicificación
75-C	Dacita	Oxidación, argilitización, silicificación.
77	Toba andesítica	Argilitización y oxidación
78	Dacita	Carbonatación y silicificación.
79-A	Dacita porfídica	Carbonatación y oxidación
79-B	Dacita porfídica	Carbonatación, oxidación, argilitización y silicificación
79-C	Material de veta	
PC-69	Dacita porfídica	

NIVEL 250 VETA PROVIDENCIA

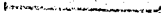
Calcita	_____
Adularia	_____
Siderita	_____

NIVEL 350 VETA PROVIDENCIA

Cuarzo	_____
Siderita	_____
Calcita	_____

NIVEL 590 VETA PURISIMA

Pirite 

Blenda 

Calcopirite 

Galena 

Argentita 

NIVEL 600 VETA PURISIMA

Pirite 

Blenda 

Calcopirite 

Galena 

Argentita 

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar García, Miguel 1972. Prospección Geológica Minero de la región Maconí-Zimapan-Pachuca. Tesis Profesional I. P. N.
- Cepeda, D. L. 1965. Estudio Petrológico y Mineralógico de la región de El Cubo, Gto. Tesis Profesional.
- Dana, E. S. 1963. A Textbook of Mineralogy 4a. Ed., John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Flores, Teodoro 1924. Estudio geológico de la zona comprendida entre los minerales de Atotonilco El Chico y Zimapan, en el estado de Hidalgo. Vol. No. 43. Inst. Geológico de México.
- Geyne, Fries, et al. 1963. Geología y yacimientos minerales del Distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo, México. Publicación SE del C.R.N.N.R., Banco de México

- S. A. , Nal. Financiera, S. A.
Banco Nal. de Comercio Exterior
S. A., Comisión de Fomento Mi-
nero.
- Kerr, P. F. 1965. Mineralogía Optica, ter-
cera edición. McGraw Hill Book
Co., Inc., New York and London.
- Lindgren, W. 1933. Mineral Deposits, McGraw
Hill Book Co., Inc.
- McKinstry, H. E. 1965. Geología de Minas, Edicio-
nes Omega, S. A.
- Routhier, P. 1963. Les Gisements Metallifé-
res. Tomo I y II. Masson et
Cies. Editeurs.
- Raisz 1959. Landforms de México.
- Reyes Cortéz, Manuel 1971. Prospección Geológico Mi-
nero del Area de Cusihiuriachic,
Chihuahua. Tesis Profesional.
- Sarmiento Bravo, Ro- 1972. Estudio Litológico y Mine-
lando ralógico del Distrito Minero de

Fresnillo, Zac.

Tesis Profesional U.N.A.M.

Tatarinov, P. M.

1951. Conditions de formation
des gisements de minerais. Pu-
blié avec l'aide du Centre Na-
tional de la Recherche Scienti-
fique.

IX Censo General de
Población 1970.

- ☒ SINCLINAL
- ☒ ACTITUD ESTRUCTURAL DE ROCAS IGNEAS
- ☒ ESCARPE
- ☒ ACTITUD DE CAPAS HORIZONTALES
- ☒ VETA MOSTRANDO BUZAMIENTO
- ☒ OBRA MINERA
- ☒ TIRO
- ☒ SOCAVON

RIO

ZONAS DE ALTERACION HIDROTHERMAL

Ox -- OXIDACION

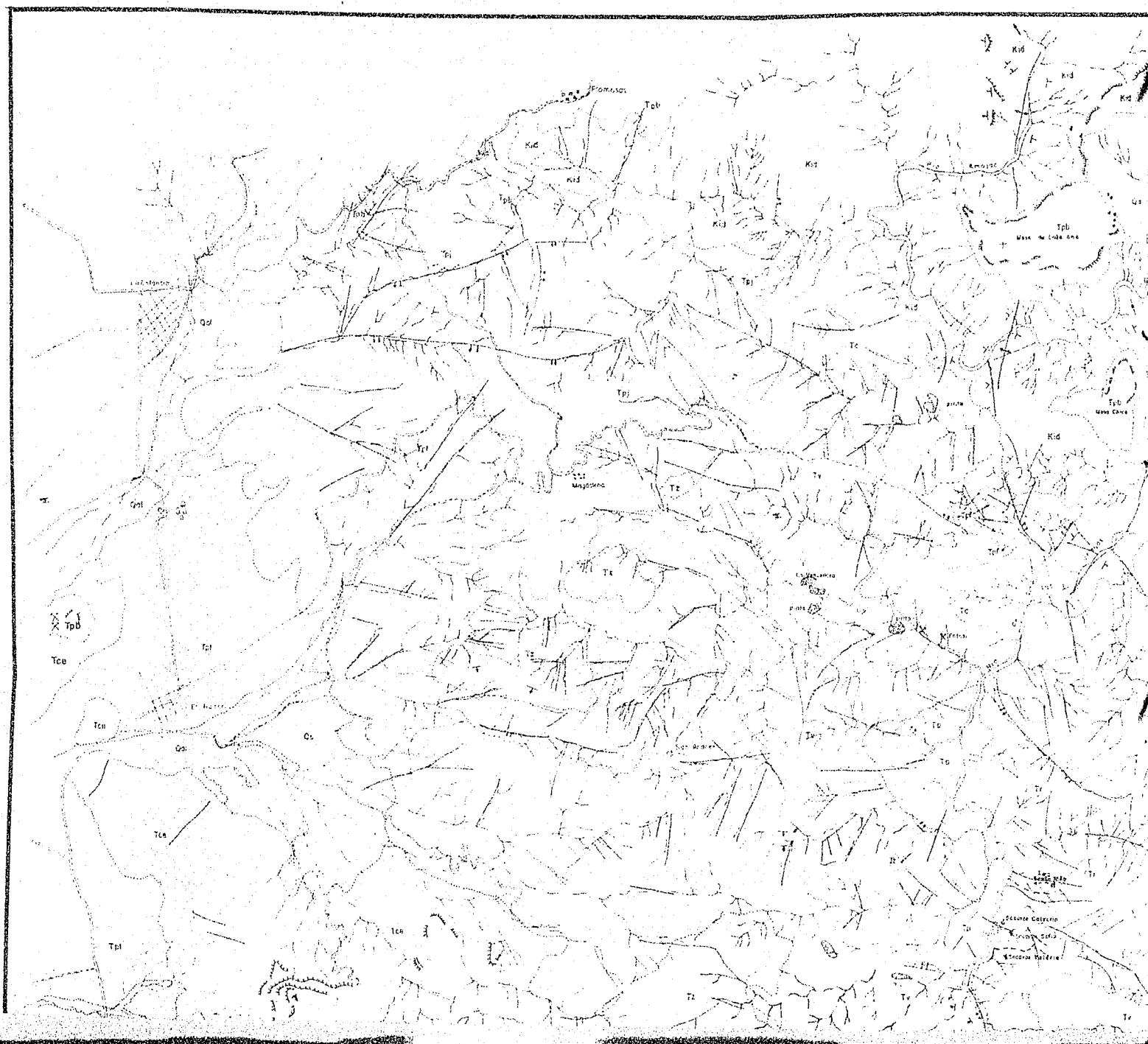
Ar -- ARGILIZACION

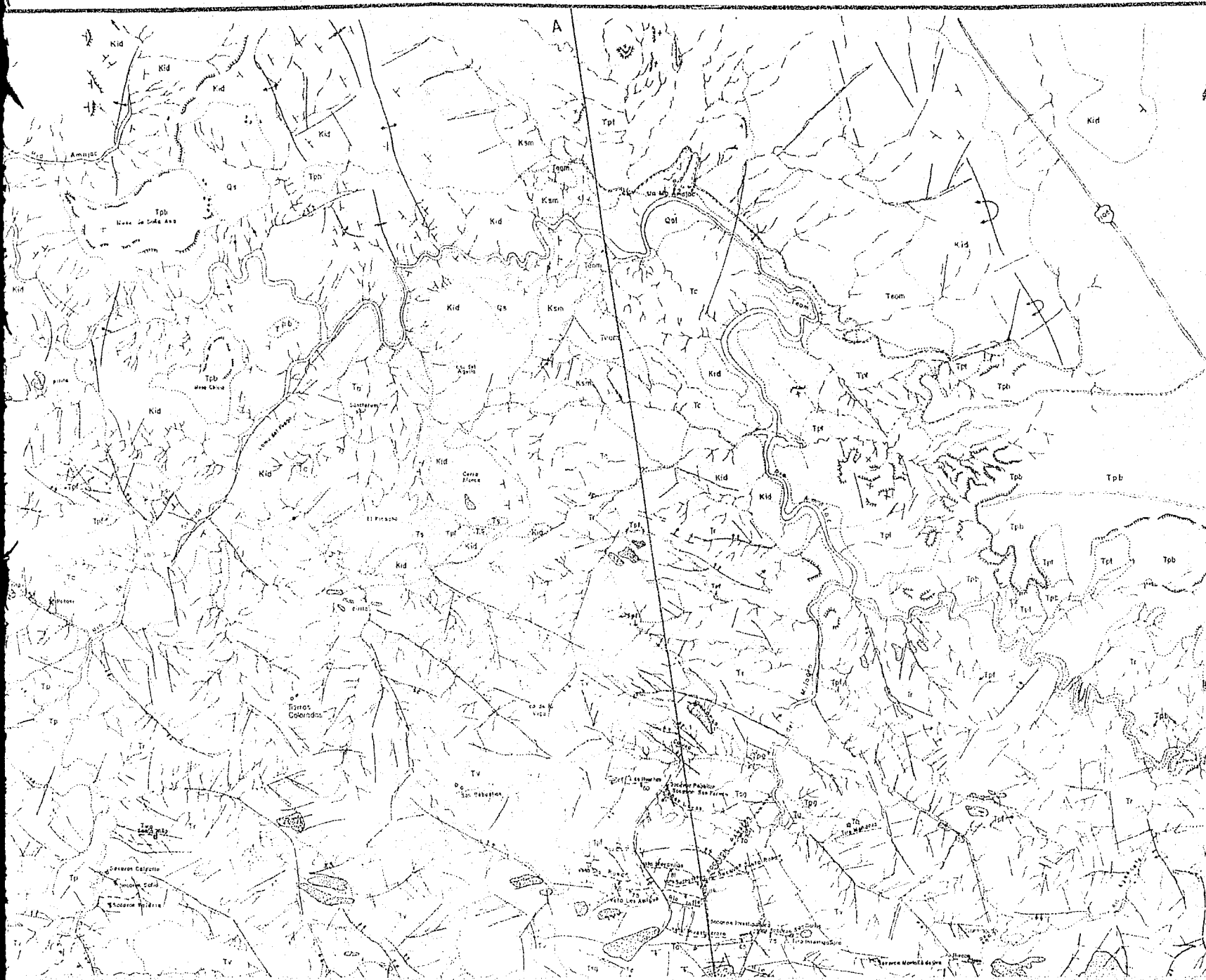
Pg -- PIRITIZACION

ESCALA V. 1:20,000
ESCALA H. 1:40,000

1 km 500 m 0 200 m 500 m 1 km

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANO FOTOGEOLOGICO DEL AREA EL CHICO - CAPULA EDO. DE HGO.	
TESIS PROFESIONAL	JOSE PEREZ R.
JUNIO-74	FIG-Nº 2





EXPLICACION COLUMNA GEOLOGICA

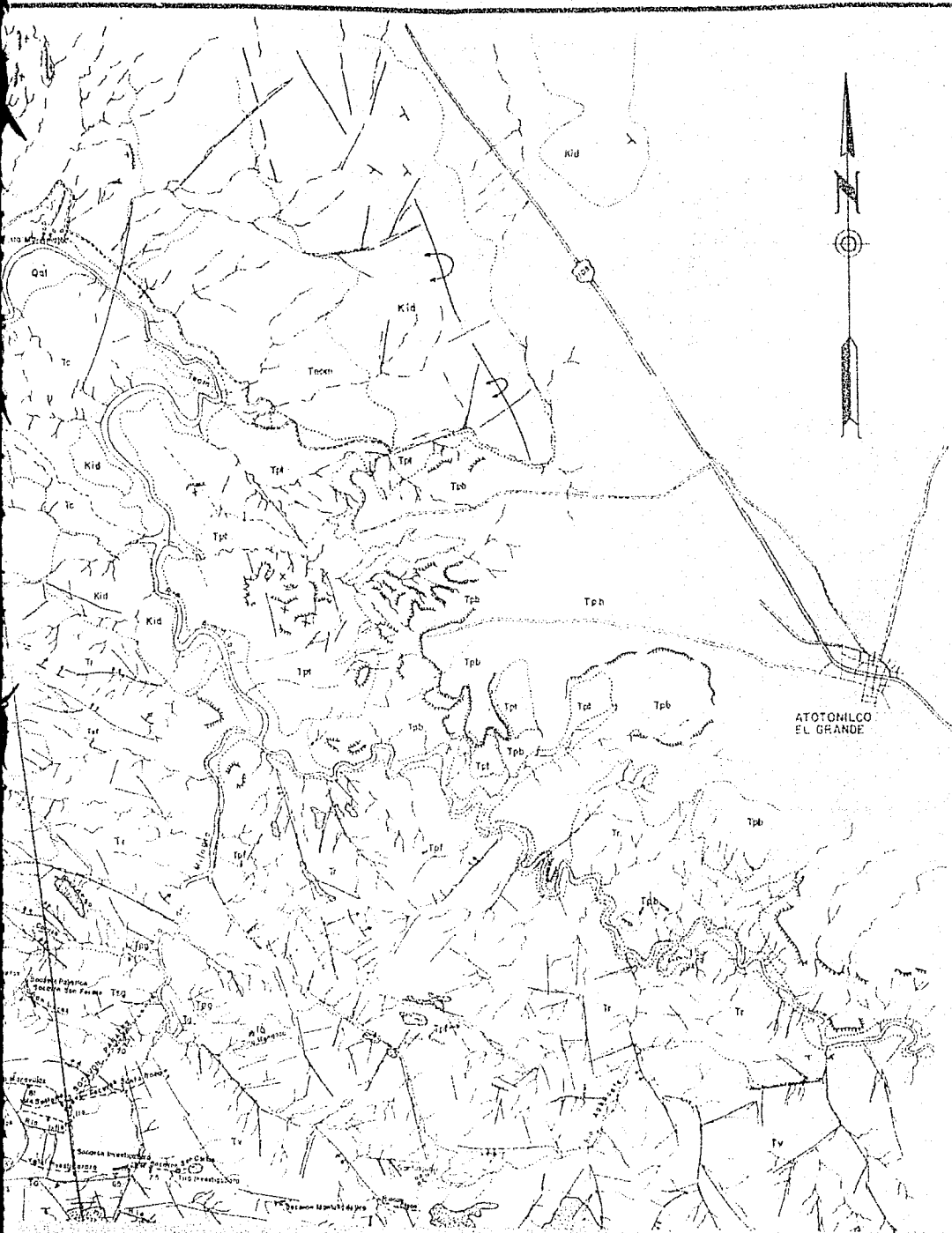
ROCAS SEDIMENTAREAS Y VOLCANICAS

CUATERNARIO	Qal	ALUVION	Os	SUELOS
	Qtal	TALUD		
TERCIARIO	Tpb	DERRAMES DE BASALTO		
	Tpi	DERRAMES DE ANDESITA		
	Tpl	TOBAS Y DEPOSITOS LAGUNARES		
	Tz	FORMACION ZUMATE: derrames, y Agglomerados daciticos		
	Tco	FORMACION CEREZO: Derrames brechos y tobos de composicion rilitica	Ta	AS
	Tv	FORMACION VIZCAINA: Derrames de dacitos y andesitas porfidos con tobos y aglomerados	Td	D
	Tag	FORMACION SANTA GERTRUDIS: Derrames de composicion andesita y dacitica	Tpg	F
	Tr	FORMACION REAL DEL MONTE: Tobos y brechos de escurrimiento de composicion andesitica	Tof	P
	Tp	FORMACION PACHACA: Andesita porfida		
	Tc	FORMACION CORTEZA: Andesita		
	Ts	FORMACION SANTIAGO: Rilitas y tobos riliticos		
	Teom	GRUPO EL MORRO: Conglomerado calcareo		
	Ksm	FORMACION MEXCAL: Capas interestratificadas de luta arenisca y margas		
	Kid	FORMACION EL DOCTOR: Chizco		

SIMBOLOS

GEOLOGICOS

—	CONTACTO GEOLOGICO
—	FRACTURA
—	FALLA NORMAL
—	RUMBO Y ECHADO DE CAPAS
—	RUMBO DE CAPAS VERTICALES
—	ANTICLINAL
—	ANTICLINAL: RECOSTADO



EXPLICACION

COLUMNA GEOLOGICA

ROCAS SEDIMENTAREAS Y VOLCANICAS

ROCAS INTRUSIVAS

CUATERNARIO

Qol

ALUVION

Us

SUELOS

Qtal

TALUD

TERCIARIO

Tpb

DERRAMES DE BASALTO

Tpj

DERRAMES DE ANDESITA

Tpt

TOBAS Y DEPOSITOS LAGUSTRES

Tz

FORMACION ZUMATE: derrames, y
Aluviones lacustres

Tco

FORMACION CEREZO: Derrames brechos y tobas
de composicion riolitica

Tv

FORMACION VIZCAINA: Derrames de dacitos y
andesitos porfidos con tobas y aglomerados

Tsg

FORMACION SANTA GERTRUDIS: Derrames de composicion
andesitica y dacitica

Tr

FORMACION REAL DEL MONTE: Tobas y brechas de
escaramiento de composicion andesitica

Tp

FORMACION PACUJCA: Andesita porfida

Tc

FORMACION CORTEZA: Andesita

Ts

FORMACION SANTIAGO: Bolinas y tobas rioliticas

Team

GRUPO EL MORRO: Conglomerado calcareo

Ta

ANDESITA en forma de diques y
pequeños troncos

Td

DACITA en forma de diques

Tpg

PORFIDO RIOLITICO, grano grueso
en forma de diques

Tpf

PORFIDO RIOLITICO, grano fino
en forma de diques

CRETACICO

Ksm

FORMACION MEXCAL: Capas interstratificadas de
luta, arenisca y margas

Kid

FORMACION EL DOCTOR: Caliza

SIMBOLOS

GEOLOGICOS

- CONTACTO GEOLOGICO
- FRACTURA
- FALLA NORMAL
- RUMBO Y ECHADO DE CAPAS
- RUMBO DE CAPAS VERTICALES
- ANTICLINAL
- ANTICLINAL
- RECOSTADO

TOPOGRAFICOS

- CARRETERA PAVIMENTADA
- CAMINO TERRACERIA
- VEREDA
- POBLACION
- CASERIO
- ARROYO