



**SERVICIO GEOLÓGICO
MEXICANO**



**CARTA GEOLÓGICO-MINERA
PACHUCA, F14-D81
ESCALA 1:50,000
ESTADO DE HIDALGO**

**Ing. Luis Edmundo Sánchez Rojas
Pas. José Ángel Arredondo Mendoza
Ing. Edith Arlet Cardoso Vázquez**

2005

CONTENIDO

RESUMEN	1
I.- INTRODUCCIÓN	4
1.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	4
1.2.- TRABAJOS PREVIOS.	4
1.3.- MÉTODO DE TRABAJO.....	6
II.- GEOGRAFÍA.	7
II. 1.- LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA.....	7
II.2.- ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.....	7
II.3.- FISIOGRAFÍA.....	8
III.- GEOLOGÍA	8
III.1.- MARCO GEOLÓGICO.....	8
III.2.- ESTRATIGRAFÍA	12
<i>III.2.1.- Rocas Igneas</i>	<i>12</i>
Riolita-Ignimbrita (To R-Ig) Riolita Santiago.....	12
Andesita-Brecha volcánica andesítica (To A-BvA).....	16
Riolita-Toba riolítica (Tpl R-TR)	19
Pórfido riolítico (Tm PR).....	20
Brecha volcánica Dacítica-Ignimbrita (Tm Bv Da-Ig)	23
Basalto – Piroclástico (TplQpt B-Pc).....	24
Toba riolítica-Riolita (Qpt TR-R)	25
Pumicita (Qptho Pu)	26
<i>III.2.2.- Depósitos Cuaternarios y Continentales</i>	<i>27</i>
Aluvión (Qho al)	27
Coluvión (Qho co)	28
III.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	28
<i>III.3.1.- Interpretación del modelo digital de elevación.....</i>	<i>28</i>
III.3.2.- INTERPRETACIÓN DE IMAGEN DE SATÉLITE (FIGURA NO. 6).....	28
<i>III.3.3.- Descripción de Estructuras (Figura No. 7).....</i>	<i>29</i>
III.3.3.1.- Deformación Frágil.....	29
III.4.- TECTÓNICA.....	36
IV.- YACIMIENTOS MINERALES.....	38
IV.1.- METÁLICOS.....	38
IV.1.1.- INTRODUCCIÓN.....	38
IV.1.2.- ANTECEDENTES.....	39
IV.1.3.- INFRAESTRUCTURA.....	47
IV.1.4.- DISTRITOS MINEROS / ZONAS MINERALIZADAS.....	48
IV.1.4.1.- DISTRITO MINERO DE PACHUCA REAL DEL MONTE.....	48
IV.1.4.1.1.- Zona Mineralizada San Juan Pachuca.....	50
IV.1.4.1.2.- Zona Mineralizada La Purísima	59
IV.1.4.1.3.- Zona Mineralizada La Rica.....	61
IV.1.4.1.4.- Zona Mineralizada Dos Carlos.....	64
IV.1.4.1.5.- Zona Mineralizada El Álamo.....	65
IV.1.4.2.- DISTRITO MINERAL DEL CHICO.....	67
IV.1.4.2.1.- Zona Mineralizada San Sebastián Capulines.....	68
IV.1.4.2.2.-Zona Mineralizada Carboneras	71
IV.1.4.2.3.- Zona Mineralizada Plan Grande.....	73
IV.1.4.3.- DISTRITO CAPULA - ARÉVALO.....	75
IV.1.4.3.1.-Zona Mineralizada San José Tepenene.....	76

Servicio Geológico Mexicano

IV.1.4.3.2.- Zona Mineralizada San Juan del Gallo.....	83
IV.1.4.3.3.-Zona Mineralizada Santa Rosa.....	86
IV.1.4.3.4.- Zona Mineralizada Capula.....	89
IV.2.- NO METÁLICOS.....	92
IV.3.- BANCOS DE MATERIAL.....	92
IV.3.1.- INTRODUCCIÓN.....	92
IV.3.2.- ANTECEDENTES.....	93
IV.3.3.- BANCOS DE MATERIAL.....	93
V.- MODELO DE YACIMIENTOS MINERALES.....	99
VI.- GEOQUÍMICA.....	101
VI.1.- INTRODUCCIÓN.....	101
VI.2.- PARÁMETROS GEOQUÍMICOS.....	101
VI.2.1.- MUESTREO.....	101
VI.2.2.- ANÁLISIS.....	102
VI.3.- INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.....	103
VI.3.1.- ESTUDIO DE ORIENTACIÓN.....	103
VI.3.2.- AFINIDAD DE ELEMENTOS.....	103
VI.3.3.- INTERPRETACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS.....	104
VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
VIII.- PROBLEMAS NO RESUELTOS.....	111
BIBLIOGRAFIA.....	112
ANEXOS	
TABLAS	
Análisis químicos	
Dataciones isotópicas	
Datos estructurales	
Muestreo general	
Reporte de análisis geoquímicos	
Resultados petrográficos	
Roca dimensionable y bancos de material	
Yacimientos minerales	
Fichas de yacimientos (12)	
ESTUDIOS (BOLETAS DE LABORATORIO)	
Caracterización química (esquirlas)	

**CARTA GEOLOGICO-MINERA
PACHUCA DE SOTO F14-D81 ESC. 1:50 000**

RESUMEN

La carta Pachuca se localiza en la porción sur del estado de Hidalgo, en las inmediaciones de la ciudad de Pachuca de Soto capital del estado, en la zona limítrofe con el estado de México. Se ubica entre las coordenadas geográficas 20° 00' a 20° 15' de latitud norte y 98° 40' a 99° 00' de longitud oeste. Cubre una superficie de 965 km². Pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano (Raisz E., 1964).

Toda la carta se encuentra cubierta por diferentes campos volcánicos sobrepuestos, en un primer plano la carta parece dividirse por dos dominios, uno en la parte nororiental donde predominan las rocas más antiguas de edades oligo-miocénicas y otro en el vértice suroccidental con vulcanismo plio-cuaternario. En la esquina nororiental de la carta se presenta un complejo volcánico, del que se cartografiaron tres diferentes unidades (Geyne et al., 1963), la primera conocida como Riolita Santiago (**To R-Ig**), discordantemente sobre la unidad anterior se encuentra la unidad (**To A-BvA**), que agrupa las formaciones definidas por Geyne et al. (1963), como Corteza, Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaína, presenta derrames andesíticos masivos con cambios gradacionales a dacíticos, esta unidad predomina por mucho en todo el vértice nororiental de la carta y es la que alberga la gran mayoría de los depósitos minerales de la región. Sobreyaciéndola, en discordancia, se encuentra la unidad (**Tm R-TR**), incluye las unidades de Riolita Tezuantla y Formación Cerezo (Geyne et al., op. cit.), ambas de composición predominantemente riolítica.

En la carta afloran varios tipos de rocas intrusivas (Tm PR), como el pórfido de dacita hornbléndica, pórfido cuarcífero de grano fino y grueso y otros cuerpos intrusivos en las inmediaciones del Cerezo, en general predominan los diques, algunos de gran tamaño y espesor. El de más importancia es el pórfido cuarcífero de grano fino, emplazado como enjambre de diques asociados a la mineralización. Parece que el emplazamiento del pórfido cuarcífero de grano fino fue casi contemporáneo con la mineralización, por lo que se les asigna una edad miocénica. Sobreyaciendo a todas las unidades anteriores, en una marcada discordancia erosional, se deposita en la parte alta de la sierra de Pachuca la unidad (Tm BvDa-Ig), corresponde con la Formación Zumate (Geyne et al., op. cit.), la cual es un gran flujo de escombros y cenizas.

La unidad (**TplQpt B-Pc**), predomina en el suroccidente de la carta, constituida por la Formación San Cristóbal e incluye depósitos referidos por otros autores como de las formaciones Chichinautzin y Tarango, sobreyace, discordante, a las rocas anteriores. La unidad está constituida por derrames de lava, capas clásticas, bloques, bombas y niveles de escorias, con material erosionado de las formaciones subyacentes. La unidad anterior se encuentra cortada y ocasionalmente sobreyacida por la unidad (**Qpt TR-R**), que corresponde al vulcanismo de la sierra de Las Navajas, constituido por un complejo volcánico de composición principalmente riolítica, con una característica cantidad de vidrio volcánico representado por obsidiana negra y dorada, reconocida desde épocas precolombinas. Esta unidad aflora en pequeños edificios volcánicos alineados de noroeste a sureste, precisamente en el límite de los dos dominios volcánicos antes descritos. Estudios de roca total, desarrollados en rocas de estos campos volcánicos, indican una geoquímica compleja, en general de carácter subalcalino. Sin embargo, la petrogénesis de estas rocas aún es tema de discusión, como se aprecia en recientes estudios sobre el Eje Neovolcánico Transmexicano (Verma S. P., 1999 y 2002; Sheth H. C. et al., 2000 y Ferrari L., 2004).

La Toba Cubitos (**Qptho Pu**), (Geyne et al., op. cit.), es un depósito pumicítico poroso, débilmente endurecido y sin matriz, de bajo peso específico y consistente en lapilli y ceniza bien clasificados. El coluvión (**Qho co**), corresponde a los materiales mal clasificados depositados en abanicos coluviales al pie de la sierra de Los Frailes. Los aluviones (**Qho al**), cubren la parte suroccidental de la carta, corresponden con las tierras bajas y casi planas de los valles de México y Actopan, conformados por arena, limo y arcilla.

La deformación en la región solo se aprecia en el régimen frágil, donde se presentan varios sistemas muchas veces contemporáneos. El primero y más importante es de rumbo preferencial NW-SE, representado por las fallas Capula-Arévalo, Zumbimbliá, Estanzuela, Atargea, Vizcaína y Pabellón entre las más grandes, a este sistema se asocian las principales estructuras mineralizadas, presenta variaciones hacia el E-W y planos alabiados, con movimientos normales y componente lateral, presenta reactivaciones en base a un cambio en el régimen de

esfuerzos en el Mioceno tardío. Le sigue el sistema de rumbo preferencial N-S, que solo se aprecia en las inmediaciones de Mineral del Monte, corta al sistema anterior y puede estar originado por el desarrollo de fracturas de tensión, son representativas de este sistema las fallas Dios te Guíe, Purísima y Santa Inés, las cuales presentan mineralización asociada. El tercer sistema es el de rumbo NE-SW, en él se distinguen las fallas de Santa Gertrudis, Casualidad, La Fe y Veracruz; éstas son generalmente dextrales normales, post-minerales y cortan a los sistemas anteriores, aunque hay casos ambiguos.

Dentro de la carta se localiza el distrito minero de Pachuca y Real del Monte, el cual en cinco siglos de explotación ha producido el 6% de la plata mundial y el 16% de la producción nacional desde 1492 hasta finales del siglo XX. Aparte de este distrito minero se tienen los distritos mineros de Mineral del Chico y Capula-Arévalo, con características genéticas similares. Para su estudio y descripción fueron divididos de la siguiente manera: distrito minero de Pachuca-Real del Monte separado en las zonas mineralizadas: San Juan Pachuca, Álamo, La Purísima, La Rica y Dos Carlos. Por su parte el distrito minero de Mineral del Chico se dividió en las zonas mineralizadas de San Sebastián Capulines, Carboneras y Plan Grande. El distrito minero de Capula-Arévalo se dividió en las zonas mineralizadas de Capula, San José Tepenene, San Juan del Gallo y Santa Rosa.

En general todos los distritos mineros se conforman de vetas bien formalizadas a profundidad y asociadas a fallas y fracturas o al emplazamiento de diques porfídicos de grano fino (**Tm PR**), muy asociados a las rocas riolíticas de la unidad (**Tm R-TR**). Su mineralización es variada con minerales de mena como el oro y plata nativos, así como sulfosales, sulfuros y carbonatos como calcopirita, esfalerita, galena, acantita, polibasita, estefanita, argentita, calcocita, covelita, bornita y esternbergita. La ganga es generalmente cuarzo, calcita, hematita y limonita. Entre la mineralogía de alteración detectada destacan la adularia, pirita, clorita, caolinita, montmorillonita y epidota, desarrollando alteraciones hidrotermales como la silicificación, argilitización, epidotización, oxidación y cloritización. La roca encajonante de la mineralización es predominantemente la andesita (**To A-BvA**), aunque en ocasiones también es albergada por las unidades (**Tm R-TR**), como en el distrito minero de Capula y (**To R-Ig**), como en la zona mineralizada del Álamo. En base a temperaturas de homogeneización del distrito minero de Pachuca-Real del Monte se tiene un máximo de 200 ° C al principio y abajo de 100 ° C al final, con el depósito de la plata (Buchanan et al., 1990); el distrito se clasifica como hidrotermal, de tipo epitermal de baja sulfuración, aunque algunas zonas, como San Juan Pachuca, pueden ser mesotermales. Existe una datación de la mineralización realizada por K-Ar en la adularia, formada por la alteración hidrotermal, y arrojó una edad de 20.3 ± 0.5 Ma (Edwin et al., 1992).

En el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, la zona mineralizada de San Juan Pachuca fue de las más productivas y explotadas, en ésta se ubica la hacienda de Loreto donde actualmente se benefician los minerales de la región con una capacidad de 3,000 t/d nominales, su producción promedia las 1,800 t/d por medio del sistema de beneficio de flotación-lavado-cianuración. Las vetas en esta zona presentan longitudes entre 50 y 6,200 m, con espesores que varían en un rango de 0.2 a 16 m y rumbos NW-SE y NE-SW. En la zona de San Juan Pachuca se maneja un potencial medido de 1'300,000 t con leyes de 223 g/t de Ag y 1.1 g/t de Au, inferido de 2'200,000 t con leyes de 225 g/t de Ag y 1.12 g/t de Au e indicado de 1'000,000 t con leyes de 233 g/t de Ag y 1.16 g/t de Au. Para jales se calcula un potencial de 69'500,000 t con leyes de 41 g/t de Ag y 0.17 g/t de Au. En la zona mineralizada del Álamo los cuerpos son de forma vetiforme, los cuales presentan longitudes entre 180 y 3,050 m con espesores que varían en un rango de 1 a 30 m y rumbos generalmente NW-SE. El potencial medido es de 535,000 t con leyes de 272 g/t de Ag y 2.2 g/t de Au, inferido de 750,000 t con leyes de 303 g/t de Ag y 2.15 g/t de Au, e indicado de 350,000 t con leyes de 365 g/t de Ag y 2.5 g/t de Au. Para jales se calcula un potencial de 19'900,000 t con leyes de 45 g/t de Ag y 0.15 g/t de Au.

En la zona mineralizada La Purísima las vetas presentan longitudes entre 400 y 3,800 m, con espesores que varían en un rango de 0.8 a 2.19 m y rumbos NW-SE y NE-SW. Las obras mineras presentan un potencial medido de 164,000 t con leyes de 260 g/t de Ag y 1.3 g/t de Au, inferido de 506,000 t con leyes de 267 g/t de Ag y 1.34 g/t de Au, e indicado de 314,000 t con leyes de 245 g/t de Ag y 1.22 g/t de Au. En la zona mineralizada La Rica las vetas presentan longitudes entre 140 y 2,900 m con espesores que varían en un rango de 0.88 a 2.59 m y rumbos predominantemente N-S. El potencial medido es de 787,000 t con leyes de 275 g/t de Ag y 1.24 g/t de Au, inferido de 1'483,000 t con leyes de 265 g/t de Ag y 1.19 g/t de Au, e indicado de 664,775 t con leyes de 238 g/t de Ag y 1.07 g/t de Au. Para jales se calcula un potencial de 4'450,000 t con leyes de 62.5 g/t de Ag y 0.51 g/t de Au. En la zona mineralizada Dos Carlos las vetas presentan longitudes entre 250 y 1,500 m con espesores que varían en un rango de 1 a 3 m y rumbos NW-SE, N-S y NE-SW, predominando los dos primeros. El potencial medido es de

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

432,500 t con leyes de 226 g/t de Ag y 1.13 g/t de Au, inferido de 284,400 t con leyes de 318 g/t de Ag y 1.59 g/t de Au e indicado de 64,000 t con leyes de 275 g/t de Ag y 1.38 g/t de Au. El potencial en jales es de 14'300,000 t con leyes de 37 g/t de Ag y 0.17 g/t de Au.

En el distrito minero Mineral Del Chico, en la zona mineralizada de San Sebastián Capulines, las vetas presentan longitudes entre 50 y 3,000 m con espesores que varían en un rango de 0.1 a 1.5 m. Se distinguen las obras mineras de San Marcial y Crucero Neptón. En la zona mineralizada de Carboneras la estructura más definida es la del mismo nombre y el resto son vetillosos que oscilan entre 50 y 100 m de longitud y espesores de centímetros, la obra más importante es el socavón La Mesa. Por su parte la zona mineralizada de Plan Grande es la más importante y desarrollada del distrito minero Mineral del Chico; las vetas presentan longitudes entre 150 y 3,500 m con espesores que varían de 0.1 a 3 m, los rumbos en todo el distrito son NW-SE y NE-SW, con predominio del primero con una tendencia a rumbos E-W. Según el informe de El Proyecto El Chico (Nolasco, 1982), el área cuenta con reservas medidas de 148,092 t con leyes de 286 g/t de Ag y 2.52 g/t de Au, en cuanto a reservas inferidas reporta 2'678,487 t con leyes de 211 g/t de Ag y 2.54 g/t de Au, así como reservas indicadas de 29'678,100 t con leyes de 200 g/t de Ag y 1.85 g/t de Au, tan solo en el dique Capula-Arévalo Oriental, también llamado "Poder de Dios".

En el distrito minero de Capula-Arévalo, en la zona mineralizada de San José Tepenene, afloran diques mineralizados con longitudes de 50 a 4,000 m y espesores entre 0.4 a 3.0 m, en el sistema NW-SE principalmente. En el muestreo de orientación de este trabajo se reportan valores promedio de 69 g/t de Ag, con 0.29 g/t de Au en la mina La Trinidad; en la mina Samaria la ley promedio es de 13 g/t de Ag, con 0.08 g/t de Au (veta Samaria) y 21 g/t de Ag con 0.23 g/t de Au en el dique y 90 g/t de Ag con 0.42 g/t de Au, en la estructura Capula-Arévalo Poniente y, finalmente, 59 g/t de Ag con 0.83 g/t de Au en terrero y 11 g/t de Ag, con 0.01 g/t de Au de ley promedio en la superficie del cuerpo félsico. El cálculo de reservas potenciales se estima en 3'780,000 t. La zona mineralizada San Juan del Gallo comprende varias estructuras asociadas a diques, emplazadas en el sistema NW-SE con longitudes de 500 m hasta 2,000 m y espesores de 5 a 15 m, también se presentan otras estructuras en el sistema NE-SW, con espesor de 10 a 15 m.

En la zona mineralizada Santa Rosa las estructuras varían de 1,500 a 6,000 m de longitud y espesores de 1.8 a 50 m, éstas se encuentran en el sistema NW-SE y son cortadas por estructuras del sistema NE-SW. En la obra minera de Santa Rosa se calculó una ley promedio de 39 g/t de Ag con 0.14 g/t de Au; en la mina San Felipe se detectaron valores promedio de 60 g/t de Ag con 0.29 g/t de Au; en la mina de Zumbimbilia se reporta una ley promedio de 37 g/t de Ag con 0.3 g/t de Au.

La zona mineralizada Capula enmarca estructuras con tendencia E-W, con longitudes de 1,500 a 3,000 m y espesores que varían de 5 a 40 m, éstas son cortadas por estructuras NE-SW con espesores similares y longitudes de 100 a 1,500 m.

Respecto a bancos de material y rocas dimensionables, se tienen en la parte baja de la sierra, dentro de los campos volcánicos plio-cuaternarios, una gran cantidad de tajos a cielo abierto, activos e inactivos, explotando una diversidad de materiales, aprovechando la cercanía con la ciudad de Pachuca y la buena infraestructura y topografía de una franja que corre de noroeste a sureste cruzando casi toda la carta y en la que se registraron al menos 25 tajos, donde se explotan materiales pétreos sin clasificar como grava y arena, 15 de tezontle y lapilli, que por estar bien clasificados y poco consolidados, son de gran atractivo económico en la región, aparte se registran al menos 14 tajos y canteras de donde se extraen sillares de los depósitos de caída; además riolita, ignimbrita y basalto para mamposteo y elemento estructural en fachadas, muros y pisos.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO.

Con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general, de manera más completa y eficiente el servicio de información geológico–minera de nuestro país, el Servicio Geológico Mexicano instituyó un programa de infraestructura básica geológica–minera, con el fin de generar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológico – mineras, geoquímicas (31 elementos) y magnéticas, en formato cartográfico 1:50,000 y 1:250,000; el cubrimiento contemplado abarca una superficie de 1 350 000 km², que es el área con mayor potencial minero del territorio nacional.

En el caso del presente estudio, consiste en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la carta Pachuca de Soto, escala 1:50,000, clave F14-D81, realizando estudios de interpretación de imágenes de satélite, la cartografía geológico-minera, mapeando unidades litológicas, zonas de alteración, paralelamente se realiza un estudio geoquímico de sedimentos activos de arroyo, así como la prospección geológico-minera con su respectivo inventario e interpretación correspondiente.

1.2.- TRABAJOS PREVIOS.

Esta área ha sido objeto de estudios por parte de diversos investigadores e instituciones, entre los trabajos más relevantes, destaca la información generada por el Consejo de Recursos Minerales, la Compañía Minera Real del Monte y Pachuca y la Universidad Autónoma de México. En la **(Figura No. 1)** se hace referencia solo de los trabajos más importantes para al área de estudio.

Dentro del área en estudio se localiza el distrito minero de Pachuca y Real del Monte, el cual en cinco siglos de explotación ha producido conservadoramente 38,000 toneladas de plata con 192 toneladas de oro en forma secundaria. Dicho de otro modo el distrito minero aportó el 6% de la plata extraída de las minas en todo el mundo y el 16% de la producción nacional desde 1492.

La historia del distrito puede dividirse en 6 períodos:

1.- Los primeros 200 años posteriores a la Conquista.

2.- A partir del proyecto de desagüe de las minas hasta la Guerra de Independencia.

3.- La modernización de las minas bajo la gerencia sucesiva de empresas inglesas, mexicanas y norteamericanas. (1810-1906).

4.- Explotación privada de 1905 a 1947.

5.- La prolongación de la vida productiva del distrito bajo el control del Gobierno Mexicano desde 1947 a 1990 por parte del Consejo de Recursos Minerales.

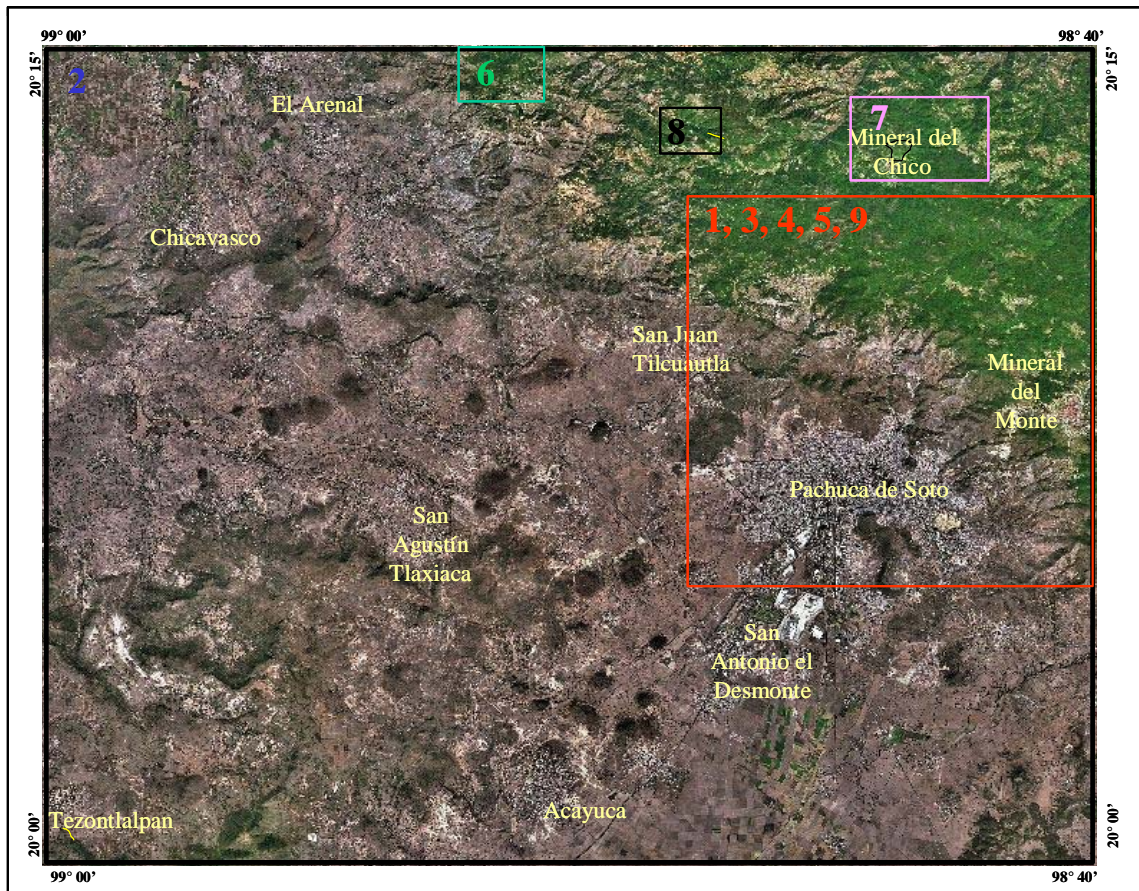
6.- Administración del distrito por parte de la Cia. Minera Real del Monte y Pachuca, hasta la fecha.

Respecto al distrito Minero, existe gran cantidad de estudios publicados que han sido elaborados por geólogos residentes y consultores de la Compañía Real del Monte y Pachuca que datan desde los últimos años del siglo XIX. Este, el caso del realizado por Aguilera J. G. en 1897 por parte del Instituto Geológico de México y donde se definen por vez primera especies minerales características del distrito a nivel mundial.

Dentro de los archivos de la Compañía Real del Monte y Pachuca, existen numerosos informes privados sobre geología de áreas seleccionadas, así como planos geológicos detallados de la mayor parte de los laboríos mineros del distrito, mapas de rebajes y de ensayos de todas las vetas, descripciones de los núcleos de barrenos e información petrográfica y mineralógica reunida por mas de 60 años.

En 1945 Turban F. continúa el estudio mineralógico del distrito, mientras que Thornburg C. L. publica varios trabajos de mapeo y evaluación geológica del distrito de Pachuca. En 1950 Schulze, ya le da implicaciones petrogénicas también. Sin embargo el estudio mas significativo con respecto a este distrito es el realizado por A. R. Geyne, Carl Fries Jr., Kenneth Segerstrom, R. F. Black e Ivan F. Wilson C (1963) publicado por el Consejo de Recursos Naturales No Renovables en colaboración con el United States Geological Survey y el Instituto de Geología de la UNAM.

Por parte del Consejo de Recursos Minerales en 1967 se publican varios trabajos en los que se aplican métodos geofísicos y geoquímicos como apoyo a la exploración de nuevos cuerpos minerales.



- 1.- Geyne A.R., Fries Carl, Segerstrom Kenneth, 1963, 2.- Yta Miriam, Moreno Tovar Raúl, 1999, 3.- Edward D. John, 1976, 4.- Edward Wisser, 1951, 5.- Yta Miriam y Moreno Tovar Raúl 1997, 6.- Luis Nolasco Vargas, 1977, 7.- José Luis Lee Moreno, Luis Nolasco Vargas, 1981, 8.- Raúl Cruz R, 1975, 9.- Buchanan L.J., 1990

Figura No 1 - Trabajos consultados

De 1973 a 1975 continúan editándose informes sobre proyectos de exploración en áreas específicas del distrito, apoyados con métodos indirectos de exploración. En 1976, Robin Claude y Demant A. proponen las fases del vulcanismo en México y Edward D. John describe el ambiente geoquímico de depósito de los minerales en el distrito. Los siguientes dos años, el Consejo de Recursos Minerales continúa con proyectos de levantamiento geológico y muestreo del distrito con miras a la exploración para incrementar las reservas de mineral, apoyados con geofísica y geoquímica y programando obra directa.

En 1981 los trabajos de exploración se enfocan al área de Omitlán de Juárez y prosperidad al norte de la carta, apoyados por geofísica. En 1983 el INEGI edita la primera edición de la carta geológica Pachuca 1:250,000 mientras en 1985 el Consejo de Recursos Minerales publica un condensado de los

trabajos realizados en el distrito desde 1973. En 1987 y 1988 el Consejo de Recursos Minerales continúa definiendo áreas de exploración dentro del distrito como son Santa Lucia, Analcos, Prosperidad, Dinamita, Porvenir y Milanesa.

Cuando el distrito pasa a manos de la iniciativa privada nuevamente en 1990, son comisionados Buchanan L. J. y Durning W. P. para realizar un estudio evaluativo muy interesante de la zona proponiendo varios blancos de exploración. Y en 1992, Mc Kee Edwin et al., datan una adularía relacionada con la mineralización modificando sensiblemente las dataciones relativas antes usadas.

En 1992 y 1995, Enrique Álvarez entre otros realizan visitas de reconocimiento por piedra pómez y tezontle en las inmediaciones de la carta. En 1994, Moore G. et al., disertan sobre la complejidad del vulcanismo de esta región, ya que se presenta en la

intersección entre la Faja Volcánica Transmexicana y la Provincia Alcalina Oriental

En 1997, López R. J. et al., elaboran por parte del Consejo de Recursos Minerales la cartografía geológica- minera y geoquímica de la carta Pachuca F14-11 a escala 1:250,000 abarcando principalmente el estado de Hidalgo y parte de otros estados colindantes. En 1999, Márquez A. et al., proponen un modelo que involucra la propagación de un rift en desarrollo en dirección E-W, por debajo del Eje Neovolcánico Transmexicano y sugieren una pluma magmática desraizada asociada a la litosfera subyacente del continente.

Mientras en el Consejo de Recursos Minerales Yta M et al., investigan el aspecto metalogenético en el estado de Hidalgo, presentan los principales rasgos estructurales de esta región, y permiten analizar y delimitar diversos dominios litológicos, que a su vez sugieren distintos dominios metalogenéticos, dada la diversidad de eventos mineralizadores, así como tipos de yacimientos. También se realizan visitas de reconocimiento a minerales no metálicos en la región.

Así mismo Hernández P. I. et al., (2000), hacen la interpretación regional de la carta magnética a escala 1:250,000 de la carta Pachuca F14-11, señalando dos zonas anómalas por emplazamiento de rocas extrusivas y un lineamiento a la altura de Capula.

En los últimos años Ferrari L. (2000), sintetiza las principales contribuciones en el campo geológico, geoquímico y geofísico tendientes a comprender el Eje Neovolcánico Transmexicano, aunque igualmente señala la constante discusión a propósito de su origen y evolución. En otro artículo Ferrari L. (2004) propone un nuevo modelo en base a un traslape entre pulsos máficos y heterogeneidades mantélicas ó rompimiento de un trozo de la placa subducida, para explicar el carácter tan alcalino de varias rocas del Eje Neovolcánico Transmexicano.

I.3.- MÉTODO DE TRABAJO.

En la primera etapa se realiza la compilación de información bibliocartográfica publicada e inédita, con el propósito de recabar, ordenar y clasificar la información especializada de la carta a realizar.

Paralelamente se procede a la interpretación de la imagen de satélite (Landsat TM) y modelo digital de elevación. Posteriormente con el análisis y síntesis de la información y las interpretaciones se establece

el marco geológico-minero y la problemática a resolver.

Al inicio de los trabajos de campo se realiza el reconocimiento general del área, con la finalidad de observar y reconocer en campo, la información de trabajos realizados previamente por otros autores; definir los criterios cartográficos en función del marco geológico y escala de la carta; el agrupamiento o separación de las unidades geológicas a cartografiar, considerando prioritariamente los criterios utilizados en cartas aledañas elaboradas previamente por el COREMI; así como elaborar el programa de muestreo geológico-minero con base en necesidades específicas de la carta a elaborar.

En un tiempo estimado de 10 meses como máximo, se realiza el mapeo geológico, el cual consiste básicamente de:

- a).- Descripción las unidades litológicas.
- b).- Medición de datos estructurales (estratificaciones, fracturas, foliaciones, fallas, pliegues, etc.).
- c).- Determinación de las relaciones estratigráficas y/o tectónicas.
- e).- Obtención de muestras enfocadas a resolver problemas específicos:
 - Petrográficas, para resolver problemas litológicos y estructurales.
 - De roca, para análisis de elementos mayores ó menores (roca total) para determinar evolución magmática y ambiente geodinámico.
 - Paleontológicas y/o isotópicas, para resolver problemas estratigráficos.

Paralelamente se realiza la ubicación y toma de datos de los yacimientos minerales que consisten en lo siguiente:

- 1).- Descripción de las características de cada localidad mineralizada:
 - Yacimientos metálicos (*estatus*, obras mineras, sustancia, clave, roca encajonante, forma y dimensiones, mineralogía, etc.)
 - Yacimientos no metálicos (*estatus*, mineral, obras mineras, clave, roca encajonante, unidad estratigráfica, forma y dimensiones, potencial, etc.)

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

- Bancos de materiales (*estatus*, roca, unidad estratigráfica y producto)

- Plantas de beneficio (ubicación con GPS, razón social, tipo de beneficio, producto final y capacidad)

2).- Medición de las estructuras mineralizadas.

3).- Definición del contexto geológico de los yacimientos.

4).- Definir las alteraciones hidrotermales.

5).- Obtención de muestras (considerando la información previa de cada una de las localidades) para estudios de difracción o fluorescencia de rayos X, mineragráficos, esquirlas, paragenéticos, caracterización física, inclusiones fluidas, etc.

6).- Obtención de fotografías representativas de las principales características de las unidades y estructuras, así como de yacimientos minerales e infraestructura minera.

Todos los datos puntuales como son datos estructurales, localidades de muestreo, ubicación de entidades mineralizadas, puntos de control, etc, se ubican con posicionador (GPS), registrando en una bitácora las características de cada punto.

Las actividades de gabinete consisten de:

Transformar los datos obtenidos del GPS a archivos PCX5, depurarlos y posteriormente convertirlos en EXCEL a base de datos. Plasmar los datos obtenidos en los planos correspondientes.

Construir la columna estratigráfica en función de las observaciones de campo y datos de laboratorio (edades paleontológicas y/o isotópicas)

Interpretación de secciones geológicas de trabajo.

La última etapa consiste en realizar la síntesis e integración de la información gráfica y el texto explicativo de la misma.

II.- GEOGRAFÍA.

II. 1.- LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA.

El área en estudio se localiza en el centro sur del estado de Hidalgo, con un pequeño tramo en su vértice suroccidental dentro del estado de México, (**Figura No. 2**). La carta Pachuca de Soto se encuentra enmarcada dentro de las coordenadas geográficas 20° 00' y 20° 15' de latitud norte y 98° 40' y 99° 00' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 965 km² incluyendo parcial ó completamente los siguientes municipios: Pachuca, Epazoyucan, Zapotlán de Juárez, Ajacuba, San Agustín Tlaxiaca, San Salvador, Mineral de Reforma, Mineral del Monte, Actopan, Mineral del Chico y El Arenal dentro del estado de Hidalgo.

II.2- ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN.

El acceso al área en estudio, se efectúa partiendo de la ciudad de Pachuca la cual está situada a lo largo de la autopista No 85 a una distancia de 93 km de la ciudad de México. Esta carretera comunica la parte suroriental y noroccidental de la carta cruzándola de SE a NW, pasando por Acayuca, San Antonio el Desmonte, Pachuca de Soto, Tlapacoya y El Arenal.

A partir de este principal tronco de comunicación parte una red de caminos secundarios que cubre la mayor parte de la carta en estudio. Partiendo de Pachuca una carretera pavimentada atraviesa la sierra de Pachuca, pasa por Real del Monte y continúa al norte hasta Atotonilco El Grande y más allá pasando por el Mineral del Chico y comunicando a su vez con caminos hacia el oriente en Carboneras y Santiaguillo y al occidente hacia Capula .

También partiendo de la ciudad de Pachuca hacia Tulancingo se tiene la autopista No. 130 que pasa por Pachuquilla al extremo oriente de la carta. Otros caminos pavimentados parten de Tlapacoya hacia San Agustín Tlaxiaca y Chicavasco cubriendo parte del occidente de la carta.

La carta también está comunicada por un ramal de Ferrocarriles Nacionales de México. La terminal aérea más cercana es la ciudad de México, aunque un pequeño campo aéreo está situado en la orilla sur de Pachuca y otro en Actopan, ubicado 30 km al noroeste sobre la carretera México-Laredo.

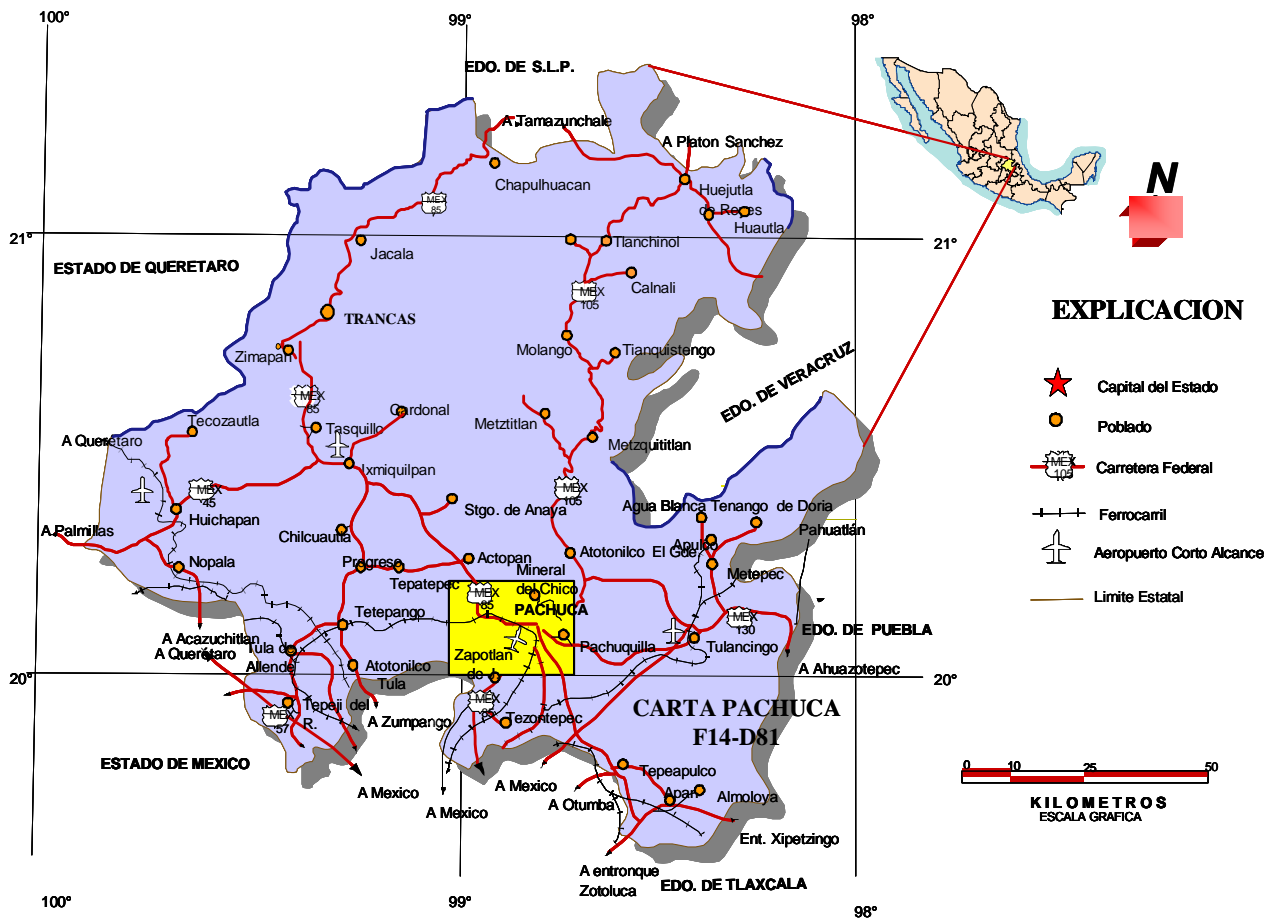


Figura No 2.- Plano de localización.

II.3.- FISIOGRAFÍA (Figura No. 3).

Según la clasificación de Raisz E. (1964), la superficie de la carta Pachuca, queda en el extremo oriental del Eje Neovolcánico Transmexicano.

Sin embargo en forma más local la carta presenta dos tipos de campos volcánicos divididos por un valle intermontano que une la cuenca de México al suroriente de la carta y el valle de Actopan en el noroccidente. En el vértice nororiental de la carta se aprecian campos volcánicos terciarios asociados

probablemente a la Provincia Alcalina Oriental o al Eje Neovolcánico Transmexicano. Mientras que el vértice suroccidental presenta campos volcánicos más recientes y claramente originados por el Eje Neovolcánico Transmexicano. Las elevaciones más predominantes del área, están representadas por los cerros El Consuelo y Las Peñas de Las Ventanas (3,040 m s.n.m.) hacia la porción nororiental del área; mientras que la porción más baja esta localizada en el extremo noroccidental de la carta siendo esta el valle de Actopan, el cual se ubica por debajo de los 2000 m s.n.m.

III.- -GEOLOGÍA

III.1.- MARCO GEOLOGICO.

La región donde se encuentra la carta Pachuca, presenta un marco geológico definido por la sucesión de eventos volcánicos, donde se identifican

claramente las características propias del Eje Neovolcánico Transmexicano.

La carta se localiza en la parte central de la Republica Mexicana, en forma local en la porción

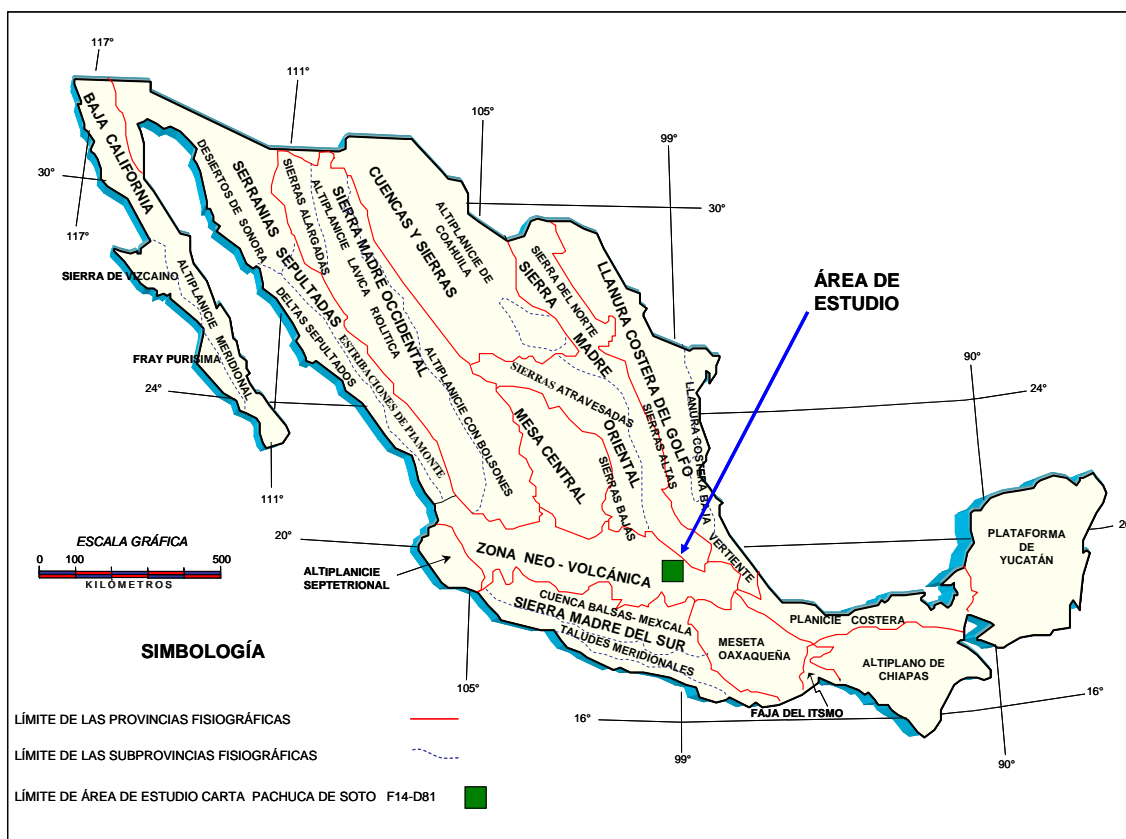


Figura No 3.- Provincias Fisiograficas.

central media del estado de Hidalgo; aproximadamente a 90 km al NE del Distrito Federal, incluye la zona conurbana de la ciudad de Pachuca capital del estado de Hidalgo.

El contexto geológico de la carta Pachuca consiste de rocas ígneas andesíticas, riolíticas y basálticas derivadas de una gran actividad volcánica cenozoica, en forma de derrames y depósitos de flujo que presentan estructuras laminares, interestratificadas y de caída libre, dicha actividad volcánica se considera tentativamente del Oligoceno temprano hasta el Mioceno y continua hacia el Plioceno con el intenso vulcanismo asociado al Eje Neovolcánico Transmexicano en donde las rocas son generalmente mas básicas y que predominan en la sección suroccidental donde afloran campos volcánicos plio-cuaternarios.

Toda la carta se encuentra cubierta por diferentes campos volcánicos sobrepuestos, en un primer plano la carta parece dividirse por dos dominios uno en la parte nororiental donde predominan las rocas más antiguas de edades oligo-miocénicas y otro en el vértice suroccidental con vulcanismo pliocuaternario

Las secuencias sedimentarias mesozoicas marinas y continentales, no afloran en la carta Pachuca, y no se tienen reportes de que hallan sido alcanzadas por barrenación en superficie ó interior mina. Geyne A R., Fries Jr. C., Segerstrom K., Black R. F., y Wilson F. (1963), hacen referencia a que las rocas preterciarias no afloran dentro del distrito, mencionando que los afloramientos representativos se localizan al norte y noreste en las localidades de C. Blanco y el área de Huasca, la unidad preterciaria más antigua que aflora en los alrededores del distrito de Pachuca consiste de calizas de la Formación El Doctor de edad Albiano- Cenomaniano temprano, compuesta por calizas en capas gruesas con algo de dolomita intercalada. Aguilera J. G. (1897, p. 29-30), incluye además a la localidad de el arroyo de Velasco donde reporta junto con otras referencias a la lutita Méndez de la cuenca Tampico-Mizantla.

Estas rocas conforman la base sobre la cual se depositaron las rocas terciarias del distrito en una superficie de erosión con grandes desniveles de varios cientos de metros de forma irregular, los cuales muy probablemente son generados por fallamiento normal pre y contemporáneo al vulcanismo.

Las rocas terciarias más antiguas consisten en conglomerado calcáreo rojizo, bien consolidado, no marino y dispuesto en capas de gruesas a masivas nombradas como Grupo El Morro, (Segerstrom 1956, p. 15 en Geyne A R., et al., 1963 op cit.), asignándoles una edad Eoceno tardío - Oligoceno temprano, no afloran en el distrito y pueden o no estar presentes sobre las rocas cretácicas y por debajo de las rocas volcánicas del distrito, los afloramientos más cercanos del Grupo El Morro se encuentran al norte del distrito en las proximidades de Santa María Amajac. Geyne A R. et al., (1963) op cit. refieren también, rocas volcánicas y sedimentarias posteriores al Grupo El Morro, constituidas totalmente por rocas volcánicas con sus derivados sedimentarios, utilizando el término de "volcaniclastico".

También dividen a la sucesión volcánica terciaria en diez formaciones, las cuales varían en composición de riolita hasta basalto con predominio de andesita-dacita, describiendo cada una de ellas, de la más antigua a la más reciente de la siguiente manera: *Formación Santiago, Formación Corteza, Formación Pachuca, Formación Real del Monte, Formación Santa Gertrudis, Formación Vizcaína, Formación Cerezo, Formación Tezuantla, Formación Zumate y Formación San Cristóbal.*

En su mayoría estas unidades presentan depósitos volcánicos separados por discordancias erosionales entre sí en la base y parte media de la sucesión, en cambio a la cima de la misma se presentan discordancias angulares acompañadas de eventos piroclásticos, consideran que el espesor máximo de la sucesión volcánica fue del orden de 2,600 m Mencionan también unidades circunscritas al distrito de composición volcánica y clástica con edades que varían del Plioceno tardío al Reciente describiéndolas como *Riolita Navajas, Traquita Guajolote, Formación Tarango y Formación Atotonilco El Grande.*

Sin embargo según el Código de Nomenclatura Estratigráfica el término "formación" no aplica en rocas de tipo ígneo, de esta manera este termino no es el apropiado para describir a los diferentes eventos y fases volcánicas de la región de Pachuca. Por otra parte es muy difícil la separación cartográfica de unidades tan semejantes y que por su origen ígneo presentan continuos acuñamientos y cambios de espesor que no permiten seguir una continuidad en las unidades, tal como se daría en rocas sedimentarias. Por estas razones se decidió agrupar las unidades en otras con cambios litológicos más evidentes y diferenciables, que se

apeguen más a las condiciones propuestas por el código de nomenclatura estratigráfica, como una aportación de este estudio con miras a la formalización de estas unidades.

(To R-Ig), corresponde con la llamada por Geyne A R., et al., (1963) op cit., como Riolita Santiago, la definen como la formación terciaria más antigua del distrito, consiste en derrames de lava y flujos piroclásticos intercalados, que en ciertos niveles denotan la presencia de ignimbrita. Un rasgo característico de esta unidad consiste en presentar una estructura fluidal ondulada gruesa, rasgo que se aprecia principalmente en las capas superiores de esta unidad. La base de la unidad no esta expuesta en el distrito y no se conoce en interior mina, apoyados en los afloramientos de la ribera de el río Amajac, Geyne A. R. et al., (1963) op cit. sugieren que la unidad descansa discordantemente sobre el Grupo El Morro y en discordancia angular sobre las formaciones El Doctor, Mexcala y Méndez. Por otra parte le sobreyace concordantemente la siguiente unidad.

(To A-BvA), es en esta unidad donde se agrupan las antiguas formaciones definidas por Geyne A R., et al., (1963) op cit., como Corteza, Pachuca, Real del Monte Sta. Gertrudis y Vizcaína del distrito minero de Pachuca - Real del Monte, en general esta compuesta por derrames, depósitos de caída y brecha andesítica, hacia su base presenta derrames basálticos con un miembro piroclástico basal, y andesita no porfídica.

Posteriormente, comprende rocas de composición variable, conformadas por un miembro clástico y piroclástico seguido por derrames andesíticos masivos con cambios gradacionales imperceptibles a dacíticos, estos se encuentran interestratificados con varios miembros piroclásticos lenticulares y varios niveles de flujo de escombros y cenizas de espesor variable, conformados por clastos de andesita porfídica subredondeados e inmersos en una matriz de la misma composición.

Los derrames se presentan masivos de andesita con cambios a dacita de piroxeno de textura porfídica excepcionalmente gruesa, son de color gris a gris verdoso oscuro en ocasiones rojizo, con menor cantidad de brechas de derrame en la cima que en su base. Frecuentemente presentan estructuras fluidales bien definidas con gradación de grano fino a grueso. Hacia la cima de la unidad consta de un miembro formado por capas piroclásticas y clásticas con niveles de flujos de escombros y cenizas, pseudoestratificados de colores variables desde el

rojo oscuro a gris claro, intercalados con derrames de lava y horizontes de depósitos de caída con celadonita.

(Tm R-TR), incluye las unidades definidas por Geyne A R., et al., (1963) op cit., llamadas Riolita Tezuantla y Formación Cerezo, ambas de composición predominantemente riolítica, esta unidad esta compuesta litológicamente por un horizonte epiclástico a la base, seguida de derrames riolíticos masivos, es una roca extrusiva marcadamente silíceo, la ausencia y discontinuidad de esta unidad en la región obedece a los efectos erosivos y no a la falta de depósito. La parte inferior consiste de material volcánico epiclástico bien estratificado con poco material piroclástico, lava masiva con estructura fluidal y capas de ignimbrita. Hacia su parte alta los derrames de lava muestran un bandeamiento de color producido por bandas alternadas de colores gris parduzco, verde pálido y gris rosáceo y capas irregulares de pequeñas esferulitas.

El conjunto mineralógico indica que la roca es dacita. Pero desde el análisis químico de una muestra de bloques de brecha corresponde en composición a la alaskita. Otra muestra procedente de la cumbre de la Peña del Gato, que representa el pórfido dacítico de biotita y en muestra de mano es casi idéntica a los derrames Tezuantla en su apariencia superficial, también se analizó químicamente y resultó corresponder a riolodacita. Los derrames Tezuantla probablemente son de esta misma composición.

(Tm Bv Da-Ig) corresponde con la referida por Geyne A R., et al., (1963) op cit., como Formación Zumate. Las capas clásticas que forman la base contienen material erosionado de las unidades andesíticas, dacíticas y riolíticas más antiguas del distrito. Varían en textura desde limolita y arenisca piroclástica, que aparecen en el ángulo noroccidental del distrito, hasta brecha y avalanchas volcánicas. Este afloramiento de material grueso es probablemente un gran flujo de escombros y cenizas que representa un relleno de valle constituido por detritos erosionados de las unidades litológicas más antiguas.

Más arriba en la formación se encuentran capas lenticulares locales de avalanchas e ignimbritas, arriba de las capas clásticas básicas. Un rasgo que distingue la roca de derrame de esta formación, de otras rocas similares de las formaciones andesíticas y dacíticas más antiguas del distrito, es la presencia de abundantes fenocristales de anfíboles, hasta de 15 mm de largo.

La parte más alta está representada por capas bastante extensas de flujos de escombros y cenizas y muy posiblemente de avalancha de escombros en facies de bloques en una zona con orientación de oriente a poniente, ubicada cerca de 2 km al noreste de la carta. Geomorfológicamente presentan una expresión claramente distinguible por su erosión diferencial.

(TplQpt B-Pc) La unidad corresponde en parte con la Formación San Cristóbal también referida por Geyne A R., et al., (1963) op cit., sobreyace a las rocas anteriores con discordancia angular y solo esta cubierta por rocas de los campos volcánicos plio-cuaternarios del suroccidente.

La unidad está constituida por derrames de lava, capas clásticas constituidas por ceniza y lapilli oscuros y rojizos, bloques, bombas y niveles de escorias, generalmente mezclada con material volcánico erosionado de las formaciones subyacentes.

También presenta potentes abanicos conformados por flujos de lahares intercalados con depósitos de caída y niveles reducidos de oleadas piroclásticas. La roca de derrame es de color gris medio oscuro en cortes frescos y tiende a cambiar a gris claro, amarillo y rojizo a la intemperie.

Al examinar con lupa las muestras de mano de los derrames basales, resalta la presencia de pequeños cristales de olivino escasamente esparcidos, así como el aspecto denso y oscuro de la roca, sugieren que la clasificación de campo para esta roca sea la de basalto, en contraste con la abundancia de andesitas y dacitas porfídicas antes descritas.

Este nivel de basalto con variaciones a andesita olí vínica conforma la base de la sierra de Acayuca, sobre de ella se construyen conos de eyección conformados por potentes flujos de lahares, intercalados con depósitos de caída y oleadas piroclásticas, aflorando generalmente en la base de los edificios volcánicos de mayor tamaño en las inmediaciones de Chicavasco.

Casi todos los derrames de lava máfica de la región fueron extravasados a través de bocas rodeadas por conos cineríticos. Los derrames cuyos conos cineríticos correspondientes están destruidos parcial o totalmente por la erosión (principalmente en las inmediaciones de Chicavasco), se considera que son de edad pliocénica, mientras que los que tienen conos poco erosionados se considera que son de edad pleistocénica.

(Qpt TR-R) Esta unidad corresponde al vulcanismo de la sierra de Las Navajas y constituido por un complejo volcánico de composición principalmente riolítica con flujos de lava y domos intercrecidos con depósitos de caída y de flujo, así como grandes flujos de avalancha, algunos derrames basálticos, todos con una característica cantidad de vidrio volcánico o obsidiana negra y dorada, ampliamente reconocida desde épocas precolombinas, algunas veces desvitrificada en niveles esferulíticos

(Qptho Pu) Corresponde con la referida por Geyne A R., et al., (1963) op cit., como Toba Cubitos. Las capas basales consisten en oleadas volcánicas depositadas, con partículas de pómez blanca. Esta sucesión está cubierta por gruesos espesores de depósitos de caída, con constituyentes muy gruesos para que hayan sido arrojados a través del aire por una distancia mayor de unos pocos kilómetros de la boca eruptiva. En general, la unidad es por lo regular un depósito poroso, débilmente endurecido y sin matriz, de bajo peso específico y consistente en lapilli y ceniza bien clasificados y soportados, en capas de 10 a 30 cm de espesor.

Depósitos de naturaleza similar se presentan en los flancos de muchos cerros manteniendo toda la región sur occidental de la carta. Hacia su parte superior se presenta como un suelo amarillento fósil derivado de depósitos piroclásticos, conteniendo capas de caliche como consecuencia de un clima árido (meteorización Becerra) y en ocasiones bajo este se localiza otro de tono amarillento también pero sin caliche y mas correspondiente a un clima húmedo (meteorización Tacubaya). Estos depósitos de ceniza también se interdigitan con aluvi3n o est3n parcialmente cubiertos por aluvi3n.

Aluvi3n y coluvi3n (Qho al), (Qho co) materiales depositados en abanicos aluviales y sobre llanuras de inundaci3n cubren parte del extremo suroccidental de la carta, como parte de la cuenca de M3xico, y tambi3n al noroccidente con parte del valle de Actopan. Los dep3sitos varían desde masivos a bien estratificados y son generalmente de color gris amarillento, con excepci3n de las capas superficiales impregnadas con caliche gris claro. En las tierras peni-planas est3n constituidos en gran parte por partículas del tama3o de la arena, limo y arcilla y en los abanicos aluviales al pie de las sierras se forman de grava.

La regi3n minera de Pachuca esta conformada por varios distritos mineros; destacando el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, El Chico y Capula, los cuales se dividen a su vez en varias zonas

mineralizadas entre las que se pueden citar la zona de La Purísima, El Álamo, San Juan Pachuca, Dos Carlos, La Rica, Carboneras, San José Tepehene, San Juan Gallo, Plan Grande y Santiaguito entre otras. Todas estas se localizan en el extremo norte y noroccidente de la carta, dejando solo prospectos de materiales pétreos en el resto de ella.

La abundante cantidad de depósitos minerales algunos de clase mundial en la carta, ha dado origen a una gran cantidad de estudios principalmente enfocados a la evaluaci3n y prospecci3n de los depósitos minerales, pero existe muy poco acerca de su génesis y de estudios bajo técnicas isotópicas o la tectónica que afecto al área es del Terciario tardío, y como parte de la tectónica extensional cenozoica, se identifican fallas normales en la porci3n NE de la carta con direcci3n NW-SE (L3pez R. J., 1997) que desarrollaron sistemas de bloques en ascenso y descenso con el correspondiente desarrollo de grabens o cuencas y sus complementarios horst los cuales fueron removidos en varias ocasiones.

Los sistemas complejos de fallas generalmente normales y sinestrales, algunas de las cuales pueden corresponder con lineamientos en la imagen de sat3lite y modelo digital de elevaci3n, pueden explicar algunos de los espesores tan potentes de rocas volcánicas.

III.2.- ESTRATIGRAFÍA

(Figuras No. 4 y No. 5)

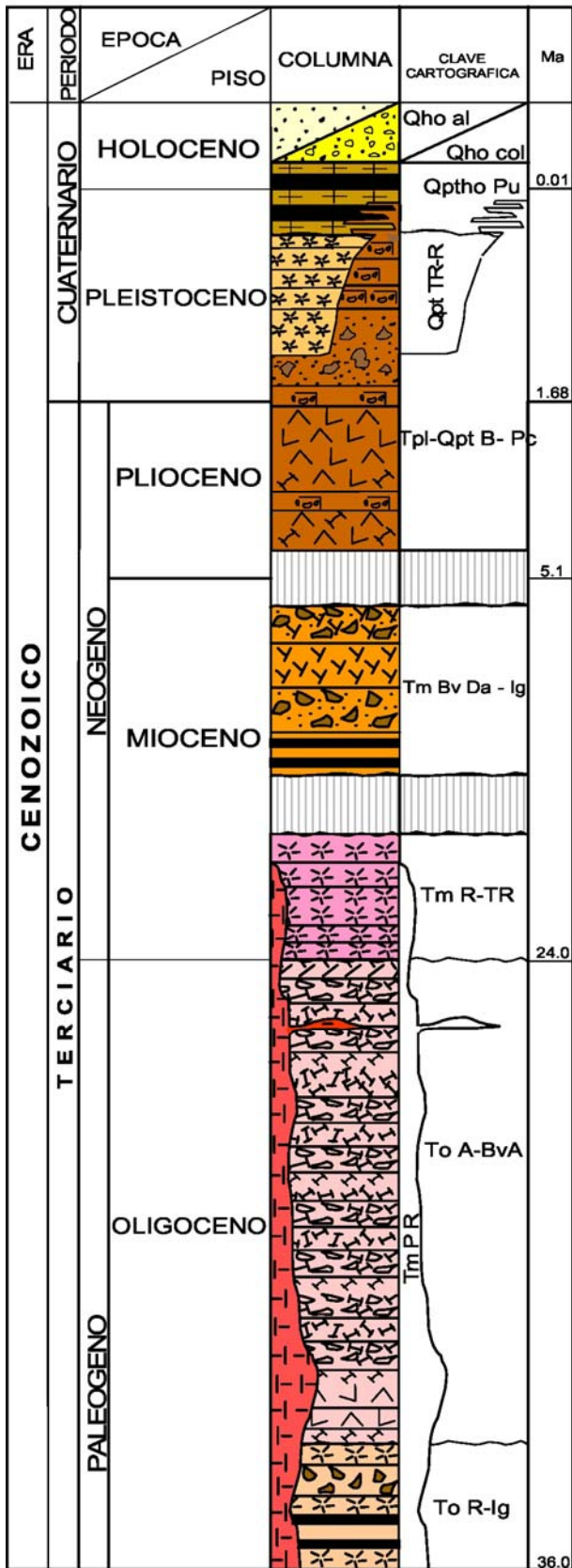
III.2.1.- Rocas Igneas

Riolita-Igimbrita (To R-Ig) Riolita Santiago

En los mapas e informes privados de la Cía. de Real del Monte y Pachuca, esta unidad se denomina "Andesita Fortuna", seg3n el nombre del crucero principal de la mina San Juan Pachuca. Hulin (1929a en Geyne et al., 1963), us3 el t3rmino de "Serie Fortuna" para incluir tanto a ésta como a la formaci3n sobreyacente.

Geyne et al. (1963), definen a esta unidad como la formaci3n terciaria m3s antigua del distrito Pachuca Real del Monte, consiste en derrames de lava, brechas, y dep3sitos de caída interestratificados de composici3n variable de andesita a riolítica con intercalaciones epiclásticas.

La unidad es limitada en los afloramientos a unos cuantos sitios en áreas donde predominan rocas m3s j3venes, tiene el área de afloramiento m3s peque3a entre todas las dem3s unidades.



Además de la localidad-tipo en el cerro El Lobo, aparecen unos cuantos afloramientos al sur del tiro Cuixi, al poniente del centro de Pachuca en la base del cerro La Platosa. Fuera del área de la carta es posible que esta formación corresponda a la que aflora en la barranca del río Amajac al norte del distrito de Pachuca, en donde parece sobreyacer a rocas cretácicas, sobre las que se acuña por traslape.

La roca contiene una estructura fluidal que produce el intemperismo diferencial, lo que da lugar a que las capas fluidales aparentemente más silícicas sobresalgan con relieve alto. En algunos lugares las superficies de fractura son ásperas y desiguales, a causa de las capas fluidales onduladas en la roca de derrame y se intersectan con ángulos bastante agudos, desarrollando frecuentemente dendritas de óxido de manganeso.

Las rocas que componen esta riolita generalmente son porfídicas y varían en tamaño de grano desde fino a grueso. Contienen de 20 a 30 % de fenocristales, que consisten en su mayoría de plagioclasa y en parte menor de piroxena y anfíbol alteradas (Geyne *et al.*, 1963). La matriz varía en textura de densa a grano fino. La estructura fluidal primaria está bien desarrollada en derredor de los fenocristales en la matriz densa o vítrea, esta textura es un rasgo característico de la roca, presenta buzamientos fuertes, marcado 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. Al observarse detenidamente estas capas, se ven contorsionadas y muestran una tendencia a acomodarse en forma curva en derredor de los fenocristales de feldespatos. Con raras inclusiones.

Parte de este material representa flujos piroclásticos más que derrames lávicos, los cuales se encuentran intercalados. La diferencia petrográfica entre los diversos derrames y brechas es el contenido variable de cuarzo. En los flujos piroclásticos se llegan a apreciar fiammes de pómez semiparalelos a la estructura fluidal de los derrames y que indican la presencia de cuerpos de ignimbrita en la unidad. La alteración ha afectado a toda la formación, principalmente debido a soluciones hidrotermales posteriores y a la mineralización.

El mineral más abundante de la roca alterada es la clorita, que en algunos lugares forma parte importante de la roca. Otros minerales secundarios que son comunes, aunque en abundancia variablemente menor que la clorita, son calcita, caolín, óxido férrico, sericita, cuarzo y albita. La albitización en particular ha sido ampliamente distribuida y la sericitización y la silicificación han sido notables aunque más irregulares.

Los colores verdosos se deben principalmente a la clorita y los rojizos al polvo de óxido férrico. Geyne *et al.* (1963), refiere análisis químicos de tres muestras colectadas (1, 2 y 3 de la **Tabla No. 1 y Gráficas No. 1 y No. 2**) arrojando una clasificación de riolita, lo que sugiere que la identificación de dacita hecha en muestra de mano y en lamina delgada, no tomó en cuenta plenamente la matriz afanítica no identificable de la roca.

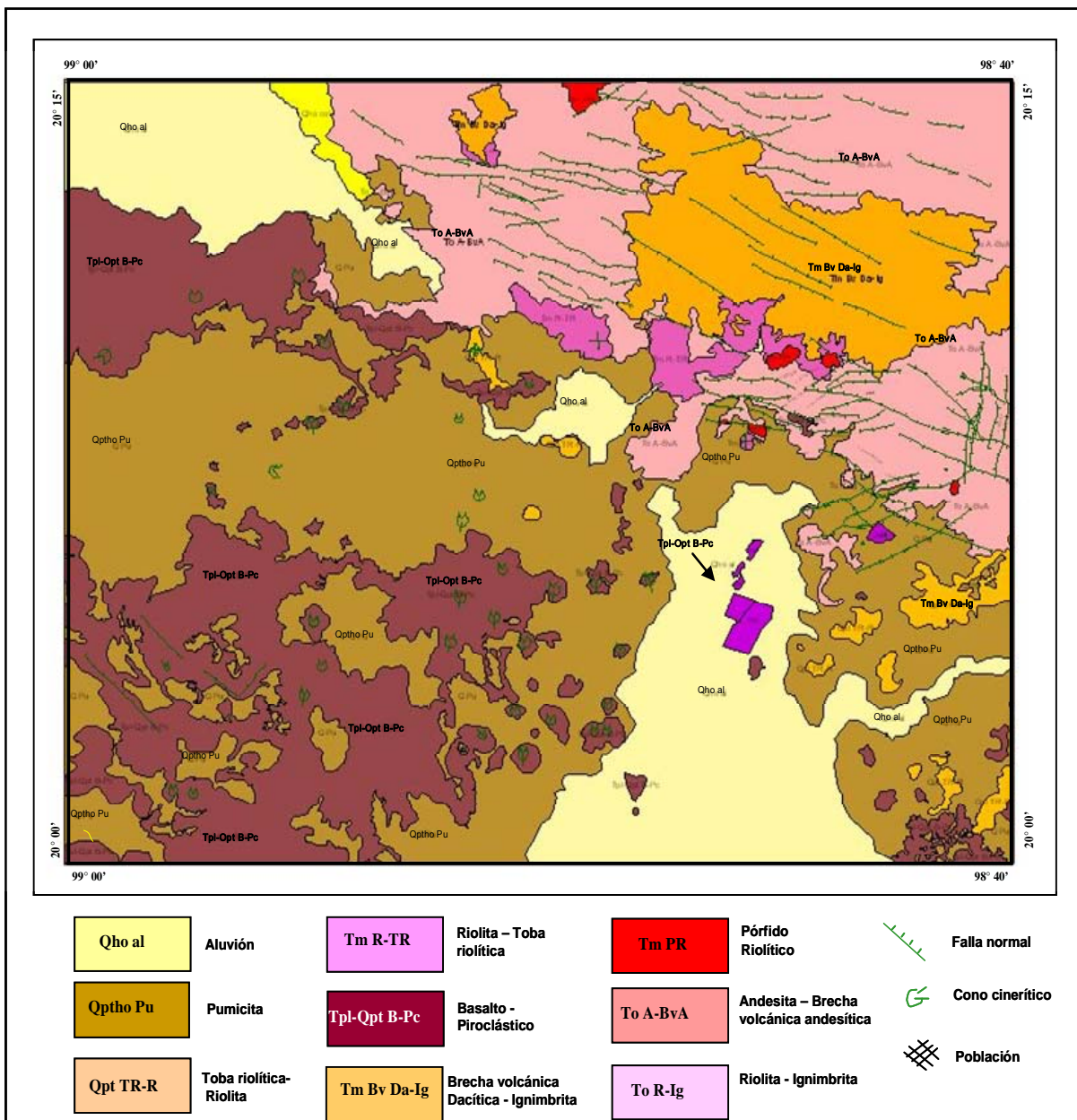


Figura No 5.- Plano Geologico.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

Aunque estas rocas pueden haber sido ligeramente enriquecidas en sílice, las proporciones entre los demás óxidos principales demuestran que el efecto total sobre la composición no fue importante. Como se mencionó en párrafos anteriores, la base de esta riolita no está expuesta dentro de la carta, pero los afloramientos ubicados más al norte y al noreste de la carta sugieren que la formación descansa discordantemente sobre el Grupo El Morro, o con discordancia angular sobre las formaciones cretácicas.

La cima es probablemente una superficie de erosión la presencia, por lo menos, de un relieve bajo sobre esta superficie está indicada por la alineación muy variable en rumbo y buzamiento de la superficie de la formación en donde está cubierta por la base de la unidad sobreyacente (To A-BvA) conformada por niveles delgados de flujos de escombros depositados en agua con un notable color verde claro debido a la presencia de celadonita. El espesor expuesto de la formación es de unos 140 m por diferencia de niveles en el cerro El Lobo; sin embargo, Geyne et

al. (1963), reportan 480 m, pero en vista de que su base no se ha alcanzado en los laboríos mineros, el espesor máximo debe ser aun mayor.

La unidad se acuña al noreste fuera del distrito, por el traslape sobre las rocas del Cretácico superior cerca de San Miguel Regla. Morfológicamente es más resistente a la erosión que la unidad sobreyacente, por lo que su área de afloramiento en el cerro de Santiago está caracterizada por pendientes fuertes y cantiles, esto se aprecia en fotografías aéreas y no así en la imagen de satélite por lo reducido de su afloramiento. Según Geyne et al. (1963), la unidad esta reconocida ampliamente en interior de la mina San Juan Pachuca y en los niveles inferiores de la mina Paricutín; la mayoría de las minas que se ubican al sur y poniente de Pachuca se encuentran en esta unidad, pero ninguna mina ubicada al norte y al oriente ó cerca de Real del Monte. Esto implica que es una unidad importante como roca encajonante de la mineralización económica principalmente en la zona mineralizada de El Álamo del distrito minero de Pachuca–Real del Monte donde se han registrado los mejores valores auríferos del distrito.

Muestra	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	LOI	Total
1	71	14.6	2.6	0.05	0.54	0.46	3.9	4.7	0.36	0.12	0.02	1.85	100.2
2	72.9	12.1	0.9	2.9	0.07	0.49	2.5	6.2	0.44	0.02	0.07	1.1	99.69
3	72.5	12	0.9	2.9	0.09	0.72	2.2	6.5	0.43	0.02	0.09	1.27	99.62
4	59.2	16.2	2.2	3.8	3.4	5.4	2.8	2.6	1.2	0.33	0.1	2.65	99.88
5	60.8	15.8	2	2.9	3.5	5.7	3.3	2.2	0.84	0.24	0.08	2.91	100.27
6	61.1	16.8	2	2.3	1.9	3.7	3.8	2.3	0.76	0.2	0.08	5.4	100.34
7	59.4	16	3.3	2.2	3.8	6.6	3.1	1.1	0.91	0.26	0.09	3.5	100.26
8	60.1	15.4	4.6	0.2	3	4.9	3.9	1	0.73	0.18	0.06	6	100.07
9	60.8	16.1	1.3	3.5	2.7	6.3	3.1	1.4	0.89	0.23	0.07	3.6	99.99
10	66	14.9	1.3	1.7	1.5	3.5	3.8	2.1	0.49	0.12	0.04	4.8	100.25
11	68.8	13.4	2.2	1.8	1.2	2.9	3.2	2.3	0.67	0.11	0.05	3.63	100.26
12	70.8	13.5	2	0.6	0.6	2.3	3.6	2.7	0.37	0.04	0.01	3.7	100.22
13	75.1	12.9	0.6	1	0.06	0.75	3.4	4.2	0.16	0.03	0.02	1.64	99.86
14	76.1	13.3	0.6	1.2	0.3	0.3	3.4	3.5	0.19	0	0.02	1.6	100.51
15	75.2	11.9	2.1	0.6	0.4	0.4	2.2	4.3	0.19	0	0.01	3.1	100.4
16	71.2	14.6	1.3	1.5	0.66	2	4.3	2.3	0.47	0.03	0.03	1.5	99.89
17	60.4	15.6	3.9	1	2.8	5.1	3.9	1.9	0.88	0.18	0.07	4.78	100.51
18	60	17.8	1.5	3.4	2.8	7.3	4	0.64	1.09	0.09	0.07	1.2	99.89
19	73.2	12.8	2	0.6	0.06	0.23	4.5	5	0.41	0.05	0.03	0.9	99.78
20	62	16.7	3.9	1.5	0.6	2.7	5.9	3.7	1.33	0.33	0.19	1.12	99.97
21	52.9	18.2	1.8	7.3	4.6	7.6	3.8	1	1.86	0.12	0.14	0.6	99.92

Tabla No 1.- Análisis químicos por serie de óxidos tomado de Geyne A R .et al., (1963).

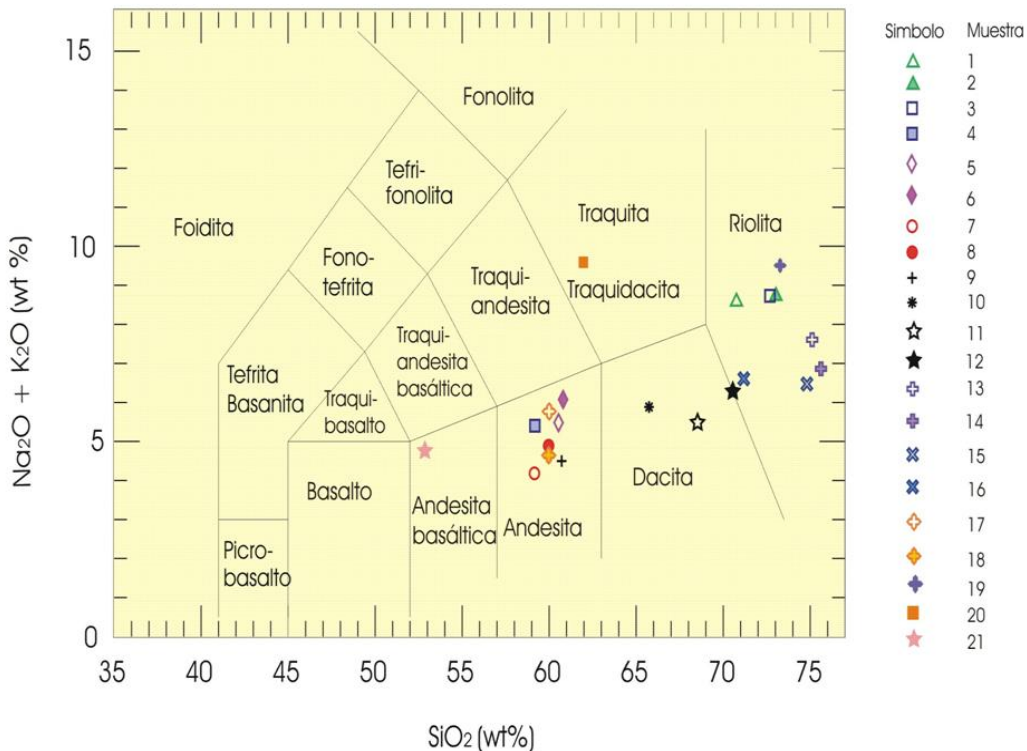
Andesita-Brecha volcánica andesítica (To A-BvA)

Dentro de esta unidad se decidió agrupar las antiguas formaciones Corteza, Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaína del distrito minero de Pachuca Real del Monte propuestas por Geyne *et al.* (1963); debido a que sus características petrográficas y petrológicas son muy semejantes entre sí, denotando solo diferencias locales entre los diferentes depósitos volcánicos de este campo, y solo diferenciables en interior de mina o en afloramientos de extraordinaria claridad pero difíciles de continuar en superficie. La base de esta unidad (que corresponde con la Formación Corteza) esta compuesta por derrames andesíticos y basálticos con aumento de amígdalas en zonas cercanas a la cima de la unidad, es la única unidad andesítica no

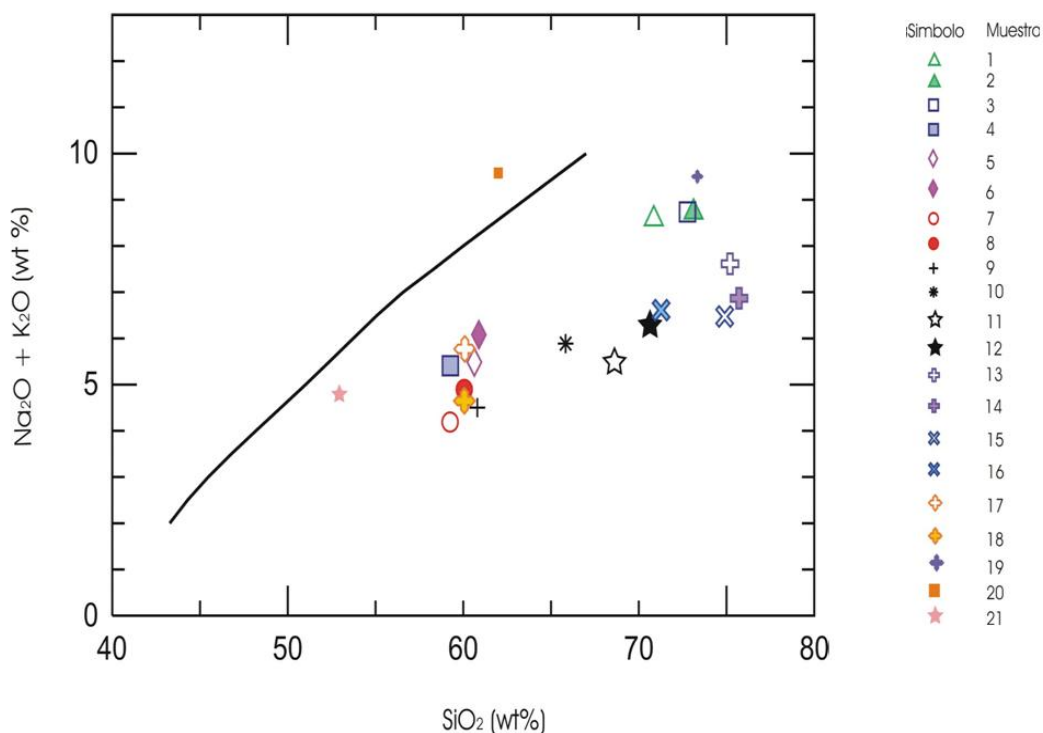
Porfídica de coloración variable de gris oscuro a púrpura rojizo grisáceo. A estos se intercala un miembro piroclástico basal de color rojo oscuro hasta gris claro de composición andesítica.

Los afloramientos en superficie se restringen a las inmediaciones de Pachuca, distribución que se prolonga en una franja angosta a lo largo de la sierra de Pachuca con dirección noroeste; sin embargo es ampliamente descrita en el subsuelo en las cercanías del tiro La Rica; el espesor calculado y propuesto en superficie es considerado desde 50 m en el área del tiro Paricutín; hasta 300 m en las cercanías del tiro San Juan Pachuca; esta unidad es sin duda la de menor resistencia a la erosión. Algunos afloramientos de esta unidad en el cerro de Cubitos parecen presentar esquistocidad de fractura.

Más arriba se identifican los depósitos correspondientes a los propuestos por Geyne *et al.* (1963), como *Formación Pachuca* y donde se presentan los mayores afloramientos de esta unidad, la cual en el subsuelo también presenta una gran extensión. Su afloramiento tipo es el contacto con la Formación Corteza en el cerro de Santiago al oriente de Pachuca.



Grafican No 2.-Diagrama TAS con Subdivicion de litologías.



Grafica No 1.- Diagrama TAS en rocas de la carta Pachuca.

En general la unidad esta compuesta por un miembro clástico piroclástico continuo, seguido por derrames andesíticos masivos con cambios gradacionales imperceptibles a dacíticos, interestratificados con varios miembros piroclásticos lenticulares, estos derrames alternan con varios horizontes de brecha de derrame de espesor variable.

Litológicamente la unidad se compone de un miembro basal de color desde el rojo oscuro, verde grisáceo ó blanco, compuesto por material volcánico bien litificado en capas de 5-50 cm, seguida de una capa gruesa de brecha ó conglomerado volcánico compuesto por fragmentos líticos gruesos de colores más claros, seguida y en forma alterna con derrames y brechas volcánicas; los derrames relativamente masivos que forman la parte baja de la unidad contienen de 10-30% de fenocristales de plagioclasa y un 5-15% de máficos, aunque algunas veces se presentan muy afaníticos (muestra PA-070 y otra en el interior de la mina La Rica) con solo plagioclasa y hornblenda como minerales esenciales y sanidino y minerales opacos como accesorios, sin embargo en las muestras PA-062 y PA-046 se reporta vidrio volcánico, feldespatos y piroxenos y como accesorios cuarzo, calcita y óxidos de hierro.

Una característica de esta unidad es que en los derrames superiores presentan estructuras fluidales bien definidas con gradación de grano fino a grueso, en general estos derrames alternan con brechas volcánicas de derrame, las cuales presentan colores variables de gris oscuro ó púrpura grisáceo a verde azulado grisáceo colores que varían con el grado de intemperismo (**Fotografía No. 1**).



Fotografía No. 1.- Andesita porfídica con fenocristales de plagioclasa al occidente de Real del Monte

Sobreyaciendolos se encuentran las rocas propuestas por Geyne *et al.* (1963), como *Formación Real del Monte*, para definir a una secuencia volcánica ampliamente distribuida en una franja con orientación al noroeste a lo largo del extremo poniente de la sierra de Pachuca. Su mayor expresión es en la localidad de Real del Monte, presenta gran espesor en sus capas de brecha de derrame, estos horizontes se presentan por separado de los derrames masivos y las capas piroclásticas en superficie y no es posible su separación en el subsuelo, consideran para esta unidad un espesor de 350 m, esta unidad consta de un miembro basal formado por capas piroclásticas -clásticas con horizontes de aglomerado volcánico, bien estratificado de colores variables desde el rojo oscuro a gris claro, inmediatamente arriba de este horizonte sobreyacen derrames de lava interestratificados con brechas de derrame, estas brechas forman el tipo litológico más ampliamente distribuido con colores que van del púrpura grisáceo a púrpura rojizo grisáceo, compuestas por fragmentos subangulosos a subredondeados de 5-10 cm, en una matriz fluidal similar a las capas superiores de la *Formación Pachuca*, siendo posible distinguirla por su textura menos porfídica con fenocristales de menor tamaño y pocos máficos. Subyacen a los depósitos de la *Formación Santa Gertrudis*, propuesto por abundar cerca de la veta del mismo nombre, la *Formación Santa Gertrudis* se distingue por sus derrames gruesos de andesita con cambios a dacita de piroxeno de textura porfídica, excepcionalmente gruesa, aflora en superficie en forma local en los alrededores de Pachuca al noreste, y este-sureste, al norte y noreste de Real del Monte. La base de la formación consiste de un miembro piroclástico con menos de un metro de espesor en algunos sitios se encuentra ausente, sobreyacen a este miembro derrames andesíticos de color gris a gris verdoso oscuro en ocasiones rojizo, presenta gran cantidad de inclusiones, las inclusiones son de 2-3 cm, espaciadas entre 20-30 cm, en algunos sitios del derrame se presentan más apretadas, con ausencia en otros derrames, la roca de derrame contiene 30% de fenocristales de plagioclasa de 4 mm con un 10% de fenocristales máficos angostos y achatados de 4 mm, un rasgo característico de este nivel consiste en contener menor cantidad de brechas de derrame en la cima que en su base. Sobre estos se encuentran las rocas reconocidas por Geyne *et al.* (1963), con el nombre de *Formación Vizcaína*, nombre tomado de la falla y veta del mismo nombre, esta unidad es la de mayor extensión superficial de todas las unidades descritas, consta de derrames de lava, capas de brecha y depósitos de caída, y un miembro clástico basal

conspicuo y extenso; todas las rocas son de composición andesítica con variaciones a dacítica.

Como afloramiento tipo esta la zona de la barranca principal al noreste del poblado de Pachuquilla, la *Formación Vizcaína* descansa sobre diferentes niveles transgrediéndolos y descansando sobre varios de ellos. La unidad consiste de un miembro epiclástico que forma la base, arriba de esta capa basal se presentan capas de brecha volcánica y arenisca con colores variables de pardo rojizo pálido a blanco verdoso, seguida de varias capas de material volcánico epiclástico y piroclástico, por encima de este miembro se presentan capas de brechas de derrame con estructura fluidal, con coloraciones y tintes variados que van desde el púrpura grisáceo a verde grisáceo, con fragmentos no clasificados angulosos a subredondeados, una característica de las brechas de esta unidad con las brechas de la unidad Real del Monte, es la estructura fluidal ondulada con buzamiento fuerte que tiene la matriz de las brechas de la unidad Vizcaína, así como, una composición más homogénea de los fragmentos líticos que la forman.

Encima de la brecha de derrame se presenta un derrame de lava masivo de grano mediano con pocas inclusiones que al intemperizarse produce lajas, esta capa pasa transicionalmente hacia arriba a derrame de grano grueso de aspecto masivo con tintes púrpura verdoso, en esta capa superior es notorio observar la falta de estructura fluidal, y un incremento de fenocristales de feldespato de hasta 10 mm de longitud, con inclusiones esparcidas que por lo general tienen grano más fino que la matriz.

En general dentro de toda la unidad y principalmente separando un depósito de otro se aprecian niveles delgados y a veces bastante gruesos de mas de 10 m de flujos de escombros depositados en agua con un notable color verde claro debido a la presencia de celadonita (**Fotografía No. 2**).

En general la composición andesítica-dacítica de toda la unidad se respalda con el análisis químico de las muestras 4 a 9 de la **Tabla No. 1**. Se considera que el espesor de esta unidad que incluye a las formaciones anteriores es de mas de 1200 m en el subsuelo, sin embargo el espesor de los afloramientos del distrito tienen un rango de 300 a 500 m.



Fotografía No. 2.- Riolita con estructura fluidal desarrollada por bandeamientos en diferentes tonos, cerca de San Juan Ticuautla

Riolita-Toba riolítica (Tpl R-TR)

Esta unidad comprende las rocas riolíticas y riolodacíticas que coronan a la unidad anterior y que incluyen a las formaciones Cerezo y Tezuantla. El nombre de *Formación Cerezo* lo proponen Geyne *et al.* (1963), para una localidad con buenos afloramientos ubicada varios cientos de metros al poniente del pueblo de Cerezo, dicho afloramiento se considera como la localidad tipo, que se extiende en dirección noroeste hasta llegar y quedar por debajo de la *Formación Zumate*, esta unidad está compuesta litológicamente por un horizonte epiclástico piroclástico a la base, seguida de derrames masivos de roca riolítica, es la primera roca extrusiva marcadamente silíceo en la región, se presenta en forma aislada y diseminada con frecuencia confinada en las inmediaciones de El Cerezo, la ausencia y discontinuidad de esta unidad en la región obedece a los efectos erosivos post-Cerezo y no a la falta de depósito, teoría que se apoya en los afloramientos por debajo de la *Formación Zumate* en el área de El Chico.

La *Formación Cerezo* consiste de tres litologías principales, 1) material volcánico epiclástico bien estratificado con poco material piroclástico, 2) lava masiva con estructura fluidal y 3) capas de brecha de derrame. El análisis químico de 2 muestras de esta unidad varía de riolodacita a riolita con poco potasio (muestras 11 y 12 de **Tabla No. 1 y Gráficas No. 1 y No. 2**), La *Formación Tezuantla* se propone para una sucesión de derrames de lava dacítica que aflora en el ángulo suroriental del distrito, al sur del pueblo de Tezuantla, de donde proviene el nombre, pero

continúa aflorando hacia el sureste.

Los afloramientos más septentrionales se hallan a lo largo del parteaguas entre el Río Metztlán hacia el norte, y la cuenca de México hacia el sur, formando gran parte de las prominencias denominadas Peña del Gato y Peña del Águila. Los afloramientos meridionales se hallan en el flanco meridional de la Sierra de Pachuca. Los derrames de lava que constituyen la *Formación Tezuantla* muestran un bandeamiento de color producido por bandas alternadas de colores gris parduzco pálido y gris rosáceo, de 2 a 10 mm de espesor.

El bandeamiento está acentuado aún más por una estructura fluidal y por la presencia de hileras de picaduras producidas por el intemperismo y eliminación de granos minerales. La roca fresca consiste en un 20 por ciento de fenocristales subhedrales de plagioclasa, 10 % de fenocristales angulosos y redondeados de cuarzo y de 5 a 10 % de cristales subhedrales y anhedrales de biotita, todos entre 0.5 y 3 mm de diámetro como principal mineral accesorio.

De 60 a 65 % de la roca está compuesta por la pasta o matriz afanítica sin embargo la muestra PA-87 y otras en la mina La Rica presentan texturas granular, fluidal y porfídica respectivamente. También se aprecian capas irregulares de esferulitas que son visibles en la matriz de una parte del derrame (**Fotografía No. 3**).



Fotografía No. 3.- Riolita con estructura fluidal desarrollada por bandeamiento en diferentes tonos, cerca de San Juan Tilcuautla.

El conjunto mineralógico indica que la roca es dacita. Pero el análisis químico (muestra 15 de la Tabla No.

1) de una muestra de bloques de brecha procedente de la parte basal de esta unidad corresponde lo más estrechamente en composición a la alaskita. La muestra probablemente representa bloques de pórfido cuarífero de grano grueso, que es de edad anterior, empotrados en la base de los derrames y no es característica de estos. Una muestra procedente de la cumbre de la Peña del Gato (muestra 16 de Tabla No. 1), que representa el pórfido dacítico de biotita y en muestra de mano es casi idéntica a los derrames en su apariencia superficial, también se analizó químicamente y resultó corresponder a riodacita. Asociados a estos derrames se encuentran una serie de depósitos de caída brechoides y masivos de tonos muy característicos verde claro y rosado que frecuentemente son usados como materiales pétreos en la región, esto es particularmente notable en el domo que se localiza al norte de San Juan Tilcuautla.

Por último también se incluye dentro de esta unidad a un pórfido de dacita biotítica, el cual está representado por afloramientos de cuerpos intrusivos al sur y al sureste de Tezuantla. El pórfido corta a las formaciones Vizcaína, Cerezo y Tezuantla y es de edad premineral, así como pre-Zumate. Se distingue fácilmente de todas las demás rocas, con excepción de la de los derrames de la Formación Tezuantla, con la que se identifica litológicamente y de la que se considera que fue la fuente de aprovisionamiento.

Las áreas en que los buzamientos son muy empinados se consideraron como indicadores de los contornos de los cuerpos intrusivos de pórfido dacítico de biotita, que se ensanchan hacia arriba en forma de abanico y se unen con la roca de derrame de la Formación Tezuantla. Como en el domo al norte de Tilcuautla (Fotografía No. 4).



Fotografía No. 4.- Depósitos de caída con brechas y escombros explotados como material pétreo en San Juan Tilcuautla

Una muestra representativa del pórfido de dacita

biotítica, colectada cerca de la cumbre de la Peña del Gato al sur de Tezuantla, fue analizada químicamente (muestra 16 de la **Tabla No. 1**) y resultó corresponder en composición a la riolita o riodacita (Geyne *et al.*, 1963). El espesor real de toda la unidad incluyendo a las formaciones Cerezo y Tezuantla no está conservado en ninguna parte de la carta, debido a que estas unidades no se encuentran en contacto concordante, además de que la unidad cubrió un relieve antiguo sobre las unidades subyacentes en el tiempo de erupción y debido también a la construcción de montículos en las tipo formas de esa época, la erosión posterior fue extensa y removió gran parte de la unidad antes que se depositaran las rocas sobreyacentes.

Pórfido riolítico (Tm PR)

En la carta Pachuca realmente afloran varios tipos de rocas intrusivas, como las compuestas de pórfido de dacita hornbléndica, las cuales se presentan en forma de diques y que afloran principalmente entre las poblaciones de Real del Monte y Cerezo.

El dique más largo de este tipo es el llamado dique San Antonio, parece que continua por una distancia de unos 8 km, pero la mayoría de ellos no aflora en superficie, solo han sido registrados en interior mina por levantamientos detallados. Muchos diques se acuñan hacia arriba y probablemente pocos de ellos, en realidad, llegaron a la superficie del terreno en la época en que fueron emplazados. También se presentan cuerpos en forma de embudo, compuestos por rocas intrusivas y que se localizan en las inmediaciones de la población de El Cerezo, su forma se deduce de la información de que son más amplios en afloramiento que en interior mina (Geyne *et al.* 1963). Pero en general la mayoría consta de diques, algunos de gran tamaño y espesor como los localizados al norte de Real del Monte. Las relaciones de los diques con las rocas volcánicas son ambiguas, ya que los antes referidos parecen estar relacionados a las fuentes fisurales que dieron origen a las andesitas de la unidad (To A-BvA) (Geyne *et al.*, 1963) y otros en cambio como los pórfidos de dacita hornbléndica cortan a todas las rocas volcánicas extrusivas más antiguas, pero la unidad (Tm R-TR) los sobreyace, como se ha podido observar a unos 900 m al noreste del tiro Cuauhtémotzin, y por lo tanto, se consideran de edad pre-Cerezo.

De acuerdo con lo que se observa en numerosos afloramientos y muestras de mano en muchas localidades del distrito, el pórfido de dacita hornbléndica generalmente es una roca de color verde grisáceo o gris medianamente claro, en cortes frescos, y se interperiza para formar un color pardo amarillento mediano. Está compuesta por un 20 % de fenocristales de plagioclasa de color variable de gris amarillento a blanco, siendo la mayoría de entre 1 y 6 mm de largo, con un máximo de 15 mm. Contiene un 10 % de fenocristales máficos de color verde oscuro, principalmente de 0.5 a 3 mm de largo, pero llegando hasta 12 mm. También contiene de 5 a 8 % de fenocristales de cuarzo transparente, casi todos de 0.5 a 3 mm de diámetro, pero alcanzando un máximo de 8 mm.

Los fenocristales están empotrados en una matriz afanítica. Los minerales máficos parecen ser principalmente de hornblenda, aunque se incluyen algunas hojas de biotita. El análisis químico de uno de estos diques, que se enseña en la muestra 10 de la Tabla No. 1, corresponde muy aproximadamente a la composición de la dacita. Dentro de esta misma unidad, se incluye otro grupo que es el que predomina por mucho en la carta y que es el grupo de rocas intrusivas compuestas de pórfido cuarcífero de grano fino. La roca se presenta en forma de numerosos diques toda la parte norte de la carta donde afloran las rocas de edades oligomiocénicas en la dirección oeste u oeste-noroeste.

Los diques siguen por una distancia de varios kilómetros, tanto al oriente como al poniente del distrito. La zona de diques de pórfido de dacita hornbléndica, yace entre dos zonas largas de diques de pórfido cuarcífero de grano fino. Aunque ninguna de estas zonas es completamente restrictiva en su tipo de roca y los diferentes tipos de diques se traslapan entre sí. Algunos diques como el Abasolo y el Polo Norte sobrepasan los 3 km de largo y quizás lleguen a superar los 10 km de longitud. Los diques de pórfido cuarcífero de grano grueso se ramifican o dividen y sus cimas ascienden y descienden erráticamente a lo largo de su rumbo. Los diques son mas numerosos en interior mina que en superficie y probablemente vuelven a disminuir en número a niveles aún más profundos, ya que tienden a unirse hacia abajo. Probablemente convergen a la profundidad en cuerpos alargados de buzamiento fuerte (Geyne et al., 1963).

En la parte noroccidental de la carta particularmente dentro del distrito minero de Capula Arévalo estos cuerpos presentan formas

lacolíticas por su forma y dimensiones así como pequeños sills todos íntimamente relacionados a los enjambres de diques asociados a la mineralización. El grupo de rocas intrusivas compuestas de pórfido cuarcífero de grano fino, también constituye varias masas intrusivas con forma de embudo que parten de algunos de los diques. El cuerpo más grande de este tipo, de unos 900 m de largo por 700 m de ancho, se encuentra al suroeste de la presa de la Estanzuela. Dicho cuerpo aparentemente se angosta para formar un dique normal a unos pocos cientos de metros de profundidad (Geyne et al., 1963). Otro cuerpo se localiza al oriente de Mineral de La Reforma, tiene unos 800 m de largo por 400 m de ancho en la superficie y también se angosta hacia abajo. Otros cuerpos son el que aflora al norte de la ciudad de Pachuca, por el cerro de la Cruz, o el localizado al occidente del poblado de San Simón de los Rojas en el límite norte centro de la carta.

Los diques y los cuerpos intrusivos en forma de embudo, compuestos de pórfido cuarcífero de grano fino, cortan a todas las rocas terciarias anteriores a ésta. Como son los cuerpos de pórfido de dacita hornbléndica. Algunos de ellos pudieron haber sido fuentes de aprovisionamiento solo de las rocas más superiores, ahora erosionadas, de la Formación Cerezo. Diques de pórfido cuarcífero de grano fino están cortados por diques de pórfido cuarcífero de grano grueso y parece que están cubiertos discordantemente por la Formación Tezantla. También están cortados por vetas mineralizadas. Parece que el emplazamiento del pórfido cuarcífero de grano fino estuvo confinado a un solo período relativamente corto de intrusión, casi contemporáneo con la mineralización, por lo que se les asigna una edad miocénica inferior en base a la datación de 20.3 ± 0.5 Ma medida en la adularia hidrotermal por K-Ar (Edwin et al., 1992).

Los colores del pórfido cuarcífero de grano fino y grueso, en muestra fresca varía por lo general de gris claro a gris amarillento claro y cambia a pardo amarillento pálido por el intemperismo. El pórfido está compuesto de 10 ó 15 % de fenocristales de cuarzo transparente, variables de angulosos a redondeados y con diámetro medio de 1 mm, así como de 5 a 10 % de fenocristales de plagioclasa anédrica blanca con promedio de 1 mm de largo y como 1 % de hojas de biotita con promedio de 0.5 mm de largo, todos empotrados en una matriz felsítica sin lustre, sacaroidea o vítrea. En algunos lugares se presentan escasas pequeñas cavidades irregulares con paredes tapizadas por cristales de

cuarzo. La textura varía de afanítica a afanítica fluidal con algo de silicificación y argilitización (muestras en interior de la mina La Rica que no aparecen en el nivel de muestreo superficial).

El análisis químico de una muestra aparentemente fresca de pórfido cuarcífero de grano fino y de color rosado, colectada en el cuerpo intrusivo al oriente del poblado de Mineral de La Reforma, se enseña en la muestra 13 de la Tabla No. 1. En composición corresponde muy aproximadamente a alaskita, un tipo de roca que es marcadamente diferente de la riolita y riocacita, que son menos silíceas, de la Formación Cerezo. La alaskita difiere de la riolita en que contiene mayor proporción de cuarzo y de feldespatos potásico y casi nada de minerales ferromagnesianos (Geyne et al., 1963). En todas partes el pórfido exhibe estructura fluidal conspicua (Fotografía No. 5), que en la mayoría de los lugares tiene buzamiento fuerte y localmente exhibe contorsiones pronunciadas algunos diques, sin embargo, no muestran estructura fluidal alguna.

La escala del bandeo de la estructura fluidal varía de un lugar a otro. El pórfido cuarcífero de grano fino tiene una resistencia excepcional al intemperismo y a la erosión. En la mina Arévalo cerca de El Chico, la roca del borde enfriado presenta vidrio negro en una zona de 1 a 3 m de ancho y el resto del dique tiene 8 m de ancho. En muchos lugares del distrito se hallan zonas de brecha en los bordes de los diques y de los cuerpos intrusivos en forma de embudo. Algunas de éstas probablemente se deben al fracturamiento de las zonas de contacto por un fallamiento posterior al emplazamiento de la roca intrusiva, pero otras parecen claramente consistir en brechas intrusivas.



Fotografía No. 5.- Dique de pórfido cuarcífero de grano fino con bandeamiento cerca de la presa La Estancuela

En algunos lugares toda la anchura de un pequeño cuerpo intrusivo o de un dique consiste en brecha que transicionalmente pasa a roca masiva a mayor profundidad (Geyne et al., 1963).

Los componentes forman una mezcla heterogénea de fragmentos angulosos de andesita, dacita y pórfido cuarcífero, empotrados en una matriz alaskítica gris de grano fino. La roca está bien endurecida y comúnmente se fractura indistintamente a través de la matriz y de los fragmentos. Un dique de felsita, llamada así por su color claro y textura no porfídica, se extiende hacia el oeste noroeste por una distancia de cuando menos 5 km entre Pachuca y El Chico. 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 a la Formación Zumate y por consiguiente, es de edad post-Zumate y postmineral.

En uno de los afloramientos en el camino viejo a El Chico, a unos 3 km al noroeste de Pueblo Nuevo, dicha felsita no es porfídica y está bandeada con capas fluidales delgadas, de color rosado grisáceo y de grano fino. Las capas fluidales tienen casi 1 mm de espesor y buzamiento fuertemente; 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 mencionada arriba, la roca es masiva y de color gris claro.

El color de la roca intemperizada varía de blanco a pardo amarillento pálido. La importancia de estos cuerpos porfídicos en especial la de los cuarcíferos de grano fino es fundamental para los distritos mineros metálicos en esta región ya que el emplazamiento de los diques va estrechamente ligado al de las estructuras vetiformes ya sea de relleno de fisura al alto bajo o dentro del dique o por relleno de brechas de intrusión de los mismos diques, todo esto es especialmente importante en los distritos de Capula -Arévalo y Mineral del Chico.

Brecha volcánica Dacítica-Ignimbrita (Tm Bv Da-Ig)

Esta unidad corresponde con la conocida con el nombre de *Formación Zumate* (Geyne *et al.*, 1963), se propone aquí para una sucesión de derrames, brechas de derrame, aglomerados y rocas volcánicas epiclásticas de composición dacítica que sobreyacen con discordancia angular de grado variable, a las unidades **Tpl R-TR** y **To A-BvA** y, en ciertos lugares, rocas aún más antiguas. El nombre proviene de la Peña del Zumate, un pico alto cubierto por estas rocas al norte de Real del Monte en el borde septentrional del distrito. El período de extrusión dacítica (muestra 17 de **Tabla No. 1**), representada por la *Formación Zumate* fue seguido cuando menos por un período adicional de actividad intrusiva silícica, ya que diques felsíticos cortan a la

formación al sur de El Chico. El área de afloramiento de la *Formación Zumate* ocupa principalmente el borde septentrional de la carta Pachuca y desde el cerro El Colmillo hasta El Chico por casi 12 km, formando la amplia cresta de la sierra de Pachuca. 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, lo cual se confirma en los contactos de discordancia que presenta con sus rocas infrayacentes (**Fotografía No. 6**).

Varían en textura desde limolita y arenisca tobácea, que aparecen en el ángulo noroccidental del distrito, hasta brecha y conglomerado volcánicos gruesos. Este afloramiento de material grueso contiene numerosos bloques redondeados y subangulosos hasta de 1 m de diámetro, aunque la mayoría de los fragmentos oscilan entre 5 y 10 cm en diámetro; la matriz está compuesta por material clástico de color verde pálido.

El depósito probablemente representa un relleno de valle constituido por detritos erosionados de las unidades litológicas más antiguas. Más arriba en la unidad se encuentran capas lenticulares locales de brecha volcánica y arenisca tobácea, pero éstas forman sólo una pequeña parte de toda la formación, ya que las rocas de derrame constituyen la mayor parte de la *Formación Zumate* arriba de las capas clásticas basales. Un rasgo que distingue la roca de derrame de esta formación de otras rocas similares de derrame de las formaciones andesíticas y dacíticas

más antiguas del distrito, es la presencia de abundantes fenocristales de feldespato, hasta de 15 mm de largo.



Fotografía No. 6.- Brechas e ignimbritas de la Formación Zumate sobreyaciendo a las andesitas en un claro contacto y desarrollando su morfología característica en el cerro El Picacho

En la localidad-tipo, en la Peña del Zumate, la roca es de color púrpura rojizo grisáceo y tiene estructura fluidal. Las capas fluidales suman ocho por metro, en promedio, buzando fuertemente (casi 45°) y muestran resistencia variable a la erosión. Los fenocristales de feldespato están parcialmente caolinizados y los de anfíboles están convertidos parcialmente en clorita. Los únicos fenocristales no alterados son los de cuarzo transparente. En rocas de derrame de esta unidad, expuestas en los cortes de camino cerca de Pueblo Nuevo, a lo largo de la carretera que va a El Chico, se aprecia un color variable de púrpura rojizo pálido a azul grisáceo, que contiene de 10 a 20 % de fenocristales de plagioclasa variables de transparentes a lechosos y de 2 a 11 mm de largo, así como de 5 a 10 % de granos de anfíbol gris parduzco y de biotita de 1 a 10 mm en su dimensión máxima, y hasta de 5 por ciento de fenocristales de cuarzo transparente de 1 a 5 mm de diámetro, empotrados en una matriz que varía de afanítica a grano fino. La muestra PA-071 además presenta fragmentos de roca, feldespatos y vidrio volcánico con óxidos de hierro y minerales arcillosos como accesorios.

Rellenos densos de fractura que se presentan en la roca de derrame en los cortes de camino,

varían desde menos de 1 mm hasta varios centímetros de ancho y muestran un arreglo muy irregular; los rellenos parecen constar de material de grano fino derivado de la matriz y que penetró en pequeñas grietas formadas en lava parcialmente solidificada. Los respaldos de las fracturas están rellenos comúnmente por calcita. La estructura fluidal no se presenta en las rocas expuestas en los cortes de camino, en marcado contraste con la apariencia de buena estructura fluidal en la roca de la Peña de Zumate y de otras varias localidades, esto es, debido a que esta estructura se denota con mayor claridad en afloramientos muy intemperizados. El análisis químico de una muestra de roca de derrame corresponde a andesita más bien que a dacita, a pesar del porcentaje bajo de fenocristales de cuarzo visibles en muestra de mano.

La parte más alta de la *Formación Zumate* está representada por capas bastante extensas de aglomerado de grano grueso y de depósitos laháricos en una zona con orientación de oriente a poniente, ubicada cerca de 2 km al norte de Real del Monte. Estas capas están compuestas por material no clasificado que varía de partículas del tamaño del limo hasta bloques de más de medio metro en diámetro. Muchos bloques son angulosos o subangulosos, pero algunos están bastante bien redondeados; las guijas más pequeñas generalmente son angulosas. Las capas laháricas

individuales se distinguen con dificultad y varían en espesor desde unos pocos metros hasta quizás más de 20 m. Aunque los constituyentes de los lahares tienen una considerable variación en color, del rojo al verde o al gris, y también en textura desde porfídica muy fina a muy gruesa.

Aunque algunos tajos se han trabajado en esta unidad cerca de la presa de La Estanzuela no se considera muy apropiada ni para la extracción de materiales pétreos ya que los depósitos se presentan bastante soldados y el desarrollo de cantiles presenta más dificultades para su explotación.

Basalto – Piroclástico (T_{pl}Q_{pt} B-Pc)

En la parte occidental de la carta se halla un campo extenso de derrames de lava con sus conos escoriáceos y cineríticos asociados. Esta unidad sobreyace a las unidades

anteriores con discordancia angular y solo esta cubierta por el aluvión y el depósito de caída (**Q_{pho} Pu**).

La sucesión comprende derrames de lava, y grandes cantidades de ceniza y escoria en capas epiclásticas derivadas de los productos eruptivos generalmente mezclada con material volcánico erosionado de las formaciones subyacentes, la mayoría de estos depósitos provienen de conos cineríticos muy abundantes principalmente en el centro sur de la carta entre Pachuca y Acayuca (**Fotografía No. 7**). Se presentan depósitos de ceniza debajo, entre y encima de muchos derrames de lava y localmente se halla interestratificado material clástico depositado por el agua en forma de aluvión. Todas las rocas de derrame que se examinaron en el campo son finamente porfídicas y contienen fenocristales de olivino fresco bien distinguibles. Se presentan fenocristales de feldespato en algunas rocas y los de piroxena son visibles en otras muchas. El color de las rocas en cortes frescos es variable de gris a gris oscuro y localmente se presentan vesículas en las partes inferior y superior de los derrames. La roca asume tonos amarillentos y luego parduscos al intemperismo prolongado lo que la puede confundir con la Toba Cubitos.

La roca de derrame es de color gris medio oscuro 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, que tienen 1 mm o menos de diámetro. La matriz es densa o afanítica. Vesículas redondas y elípticas hasta de 5 mm de diámetro, parcialmente tapizadas por tridimita y cristobalita de color blanco, (Geyne *et al.*, 1963), presentan en unas cuantas localidades, vesículas espaciadas varios centímetros entre sí y por lo tanto no imparten a la roca mucha porosidad. En otros afloramientos la roca de derrame se aprecia débilmente porfídica. Con el microscopio se observa una matriz holocristalina de grano fino y textura pilotáxica. Los fenocristales componen un 5 por ciento de la roca y consisten casi en su totalidad en granos de olivino de 0.5 a 3.0 mm en diámetro. La matriz está compuesta por microlitos de plagioclasa principalmente de labradorita media, con promedio de 1 mm de largo, junto con abundantes granos de augita. Por lo tanto, la roca justifica el nombre de basalto olivínico (Geyne *et al.*, 1963). El análisis químico (muestra 21 de **Tabla No. 1**), denota un contenido ligeramente alto en sílice y notablemente alto en alúmina, as í

como contenidos relativamente bajos en calcio y magnesio, en comparación con la gran mayoría de las rocas basálticas reportadas en la literatura.



Fotografía No. 7.- Lapillis basálticos rojizos con bombas, explotados como tezontle en tajos al norte de Acayuca

Lo anterior sugiere que la clasificación de campo para esta roca sea la de basalto, en contraste con la abundancia de andesitas y dacitas porfídicas en el resto de la carta. Con base en el estudio microscópico de láminas delgadas, la roca se ha clasificado como basalto de olivino y pigeonita (Geyne *et al.*, 1963), mientras que fue denominada "andesita de augita" en la descripción original de la tridimita por Van Rath (1868 *en* Geyne *et al.*, 1963); sin embargo, el análisis químico de una muestra (muestra 18 de **Tabla No. 1 y Gráficas No. 1 y No. 2**), en el cerro de San Cristóbal, señala una composición química correspondiente a andesita alcalina, lo cual indica que la matriz es mucho menos máfica de lo que se suponía.

Los afloramientos de derrames presentan frecuentemente acantilados de 5 a 10 m de altura, con acumulaciones de talud en su base. La roca tiende a romperse en lascas de 1 a 10 cm de espesor, según planos paralelos a la estructura fluidal. Consisten en potentes flujos de escombros y cenizas andesíticos, intercalados con depósitos de caída y flujos piroclásticos aflorando en las inmediaciones de Chicavasco al noroccidente de la carta. Dentro de los flujos de escombros se identifica material clástico derivado principalmente de las rocas volcánicas terciarias de la región, estos se presentan intercalados a los diversos derrames de lava y de las otras capas de roca que constituyen esta unidad. También se observaron niveles con oleadas piroclásticas

y pequeños lahares.

Las rocas máficas pleistocénicas no han recibido nombre en la región de Pachuca, pero cerca y al sur de la ciudad de México se han denominado Grupo Chichinautzin (Fries, 1960 *en* Geyne *et al.*, 1963), o más cercano en Apan, Hidalgo (García-Palomo *et al.*, 2002). Puede considerarse que también forman un grupo en la región de Pachuca, pero el nombre formal deberá esperar estudios más detallados de las unidades comprendidas en él. Casi todos los derrames de lava máfica de la región fueron extravasados a través de bocas rodeadas por conos cineríticos. Los derrames cuyos conos cineríticos correspondientes están destruidos parcial o totalmente por la erosión (principalmente en las inmediaciones de Chicavasco), se considera que son de edad pliocénica, mientras que los que tienen conos poco erosionados se considera que son de edad pleistocénica. Hay que admitir que la línea de división es bastante indefinida, pero tendrá que servir hasta que puedan hacerse análisis radiométricos satisfactorios para determinar la edad absoluta.

El espesor de esta unidad en su totalidad es altamente variable y en algunos sitios quizás exceda de 500 m, si se toma en cuenta la altura de los conos cineríticos más grandes cercanos a Chicavasco, pero gran parte de la sucesión probablemente tiene menos de 300 m de espesor. Es correlacionable con los derrames y depósitos cineríticos de la sierra de Apan (García-Palomo *et al.*, 2002) y con la *Formación Chichinautzin* entre la ciudad de México y Cuernavaca.

Esta unidad es frecuentemente explotada en sus depósitos cineríticos ya sea de lapilli basáltico negro o rojo que se presenta muy bien clasificado y poco cohesivo, características muy apropiadas para su explotación, máxime en las inmediaciones de la ciudad de Pachuca donde encuentran buenas condiciones de explotación y mercadeo.

Toba riolítica-Riolita (Qpt TR-R)

Esta unidad corresponde al vulcanismo de la sierra de Las Navajas y constituido por un complejo volcánico de composición principalmente riolítica con flujos de lava y domos intercrecidos con depósitos de caída y de flujo, así como espectaculares flujos de avalancha, algunos derrames basálticos, con una característica abundancia de vidrio volcánico.

Aquí se propone para esta unidad el nombre

de Riolita Navajas, según la sierra del mismo nombre y localizada un poco fuera del límite oriental de la carta. La formación se identifica en cerros aislados en la parte sur oriental y central de la carta, aprovechando tal vez una zona de debilidad que divide los dos principales campos volcánicos que dominan la carta.

La Riolita Navajas descansa discordantemente sobre diversas unidades volcánicas (**Tm R-TR y To ABvA**) y puede sobreyacer directamente hasta las formaciones de edad cretácica tardía, en las cercanías de San Miguel Regla. En el ángulo suroriental de la carta, parece que subyace a las rocas basálticas y andesíticas más jóvenes (**TpIQpt B-Pc**), pero probablemente se ha interdigitado en realidad con estas rocas. Ya que en ocasiones es sobreyacida por derrames de basalto olivínico de edad pleistocénica fuera del límite noreste de la carta. Así es que se piensa que su edad es del Pleistoceno.

Parece que la Riolita Navajas fue extravasada a través de bocas ahora destruidas u ocultas por la erosión, ubicadas cerca del centro del área actual de afloramiento. El espesor máximo actual de la formación, en la parte central de su área de afloramiento, probablemente es del orden de 500 m, sin embargo dentro de la carta los cuerpos son más pequeños y menos potentes en su espesor.

Está formada por derrames de lava gris clara con buena estructura fluidal y con hileras de vesículas, y que en ocasiones es densa y sin estructura fluidal. Contienen un 5 % de fenocristales hasta de 0.5 mm de tamaño, tanto de cuarzo como de sanidino.

El mineral máfico principal es la hornblenda en forma de cristales prismáticos verdosos, que componen menos del 3 % de la roca. La matriz es cristalina y está compuesta en gran parte por cuarzo y feldespato potásico, que parecen formar un intercrecimiento micrográfico incipiente, en cristales hasta de 0.7 mm en diámetro.

Los afloramientos con estructura fluidal y vesículas, contienen niveles de esferulitas y las paredes de las vesículas están tapizadas por cristales de cuarzo y feldespato. El análisis químico de dos muestras, en conjunto corresponde a riolita silícica, con muy bajo contenido de calcio (Stephen *et al.*, 1997).

Algunas de las últimas erupciones del centro volcánico de Las Navajas parecen haber

consistido en aludes ardientes compuestos por una matriz de lava vesiculada y fragmentada en tiestos de vidrio, la cual cargaba y transportaba cantidades variables de fragmentos silícicos, pumiciticos y de obsidiana, más grandes.

En un sitio denominado puerto La Palma en la parte central de la carta, un depósito que se interpreta como los restos de un alud ardiente, tiene matriz gris compuesta por piroclastos de vidrio incoherentes y cargada con bloques de obsidiana y de pómez densa. Al bajo de este afloramiento los depósitos son coherentes y contienen fragmentos de los mismos tipos de obsidiana y de pómez densa, aunque generalmente con menos de 4 cm en diámetro (**Fotografía No. 8**).



Fotografía No. 8.- Flujos de escombros y cenizas con clastos grandes de pómez en puerto La Palma

Los depósitos de talud ardiente o de derrames de cenizas, ubicados en el cerro El Judío, se explotan en canteras con objeto de extraer materiales pétreos debido a la fácil manipulación de esta roca, debido a su gran cantidad de vidrio se analizó la posibilidad de que existieran depósitos de perlita pero no se identificó ninguno.

Pumicita (Qptho Pu)

Esta unidad corresponde con la Toba Cubitos (Geyne *et al.*, 1963), se propone aquí para una sucesión delgada 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 de la ciudad de Pachuca, donde se ubica la localidad-tipo y que es un sitio que tiene un grupo de tajos. El espesor total de la formación no está expuesto en estos tajos y además es menor que en otras partes del área de afloramiento, pero la litología de la formación está mejor exhibida que en cualquier otro lugar.

El depósito de caída se realizó sobre una superficie erosionada en la *Formación San Cristóbal*. Está cubierta por aluvión en el flanco suroriental del cerro de Cubitos, pero en otras partes no está cubierta.

En ciertos sitios las capas basales del depósito consisten en arenas volcánicas depositadas por el agua, con partículas de pómez blanca. Esta sucesión está cubierta por materiales piroclástico basáltico con constituyentes demasiado gruesos para que hayan sido arrojados a través del aire por una distancia de pocos kilómetros de la boca eruptiva. Consiste en un depósito de caída poroso, débilmente endurecido, de bajo peso específico y consistente en lapilli y ceniza bien clasificados, en capas de 10 a 30 cm de espesor. Compuesto por fragmentos finamente vesiculares, dentados, compuestos por lava afanítica y vidrio, oscuros, con promedio entre 1 y 3 mm de diámetro en las capas de grano fino, y entre 2 y 8 mm en las capas de grano grueso.

El fragmento más grande observado fue de 18 mm de diámetro. Además de los fragmentos líticos, el depósito también contiene cristales de plagioclasa, minerales máficos 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 (**Fotografía No. 9**).

Se agrupa con depósitos de naturaleza similar que se presentan en los flancos de muchos cerros manteniendo las unidades anteriores y ubicados al sureste y al occidente de la carta. Se piensa que fueron derivados de diferentes bocas volcánicas explosivas que se hallan en dicha región. Estos depósitos de ceniza también se interdigitan con aluvión o están parcialmente cubiertos por aluvión, de manera parecida a la Toba Cubitos.

Los intersticios entre los fragmentos de ceniza y lapilli en la zona superior están rellenos con productos de grano fino derivado del intemperismo, como arcilla, óxidos de hierro hidratados, sílice aperlado y partículas de ceniza desintegrada, pero los de la zona inferior están vacíos.



Fotografía No. 9.- Depósitos de caída de pómez de diferentes granulometrías en el cerro Cubitos

En donde el suelo ha sido erosionado, la superficie intemperizada de la toba está atravesada por fracturas cruzadas entre sí que se profundizan sólo unos cuantos centímetros. En vista del grano relativamente grueso del material piroclástico que compone la mayor parte de la Toba Cubitos, se piensa que la fuente de aprovisionamiento de la ceniza haya estado relativamente cercana, ó sea probablemente el pequeño volcán ubicado a unos 5 km al poniente del cerro Cubitos. Esta unidad es intensamente explotada en grandes tajos a cielo abierto, ya sea cortando bloques como sillar en sus niveles más compactos o como arena más pumicitica para la construcción y en otras como material de relleno.

III.2.2.- Depósitos Cuaternarios y Continentales

Aluvión (Qho al)

Materiales depositados en abanicos aluviales y sobre llanuras de inundación, cubren parte del extremo suroriental de la carta, que forma parte del la cuenca de México, y también al noroccidente con parte del valle de Actopan. Los depósitos varían desde masivos a bien estratificados y son generalmente de color gris amarillento, con excepción de las capas superficiales impregnadas con caliche gris claro. En las tierras bajas y peni-

planas están constituidos en gran parte por partículas del tamaño de la arena, el limo y la arcilla. En la mayoría de los afloramientos superficiales el aluvión está cementado fuertemente por caliche y por óxidos de hierro hidratados. Debido a la disponibilidad de muchos otros mejores materiales pétreos en la región el aluvión casi no es explotado.

Coluvión (Qho co)

Este depósito es el constitutivo de los abanicos aluviales al pie de las sierras se forman de grava bloques y peñascos como sucede en las inmediaciones de la población de El Arenal en el centro norte de la carta.

III.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

III.3.1.- Interpretación del modelo digital de elevación.

En este modelo, de manera general se aprecia una región dividida por varios bloques, el mas sobresaliente es el que corresponde a la sierra de Pachuca en el sector nororiental, es de mayor altura (tonos claros) y desciende paulatinamente al centro de la carta, donde una gran peniplanicie se presenta como el limite norte del valle de México y que después se continua con cotas aun menores hacia el centro norte de la carta (colores oscuros).

Se puede determinar más particularmente otra región dentro de la planicie y es la sierra de Acayuca, que junto con otras prominencias cónicas aisladas, corresponden con los afloramientos de los campos volcánicos plio-cuaternarios.

De esta manera a manera general la carta se divide geomorfológicamente en dos grandes regiones la nororiental correspondiente a rocas oligo-miocénicas y la parte suroccidental en donde predominan los campos volcánicos plio-cuaternarios El primer bloque se limita del segundo por una mega

estructura de orientación NW-SE que cruza la carta y que no fue posible identificar directamente en este trabajo.

III.3.2.- Interpretación de Imagen de Satélite (Figura No. 6).

La imagen de satélite se trabajo con una combinación de bandas de 741 en el RGB, donde se denotan con mayor claridad los cambios litológicos en la carta, aun así no se lograron separaciones muy detalladas.

Se hace evidente la misma separación geomórfica referida por el modelo digital de elevación en dos grandes campos de distintas edades y expresiones. En el campo nororiental es posible distinguir la expresión de la *Formación Zumate* sobreyaciendo discordante a las demás, pero sus límites no son muy claros de distinguir ya con detalle. Por otra parte en los campos plio-cuaternarios se aprecian varias estructuras volcánicas como conos cineríticos y lóbulos de derrames muy fluidos de tipo basáltico.

Los lineamientos más notables se presentan dentro de la *Formación Zumate*, en la que se aprecian varias estructuras de dirección NWW-SEE y que corresponden con algunas fallas cartografiadas en este trabajo, en las rocas anteriores los lineamientos no son tan claros pero si se alcanzan a distinguir grandes estructuras como las fallas - veta Vizcaína, Maravillas o el dique Arévalo. Todas con dirección NWW-SEE

Aparte de este sistema parecen denotarse algunos curvilineamientos en la parte sur occidental y centro de la carta, estos últimos pueden estar relacionados al emplazamiento de domos riolíticos mapeados en la carta, aunque su coincidencia no es muy clara y en cambio no se aprecia uno que delimite el desarrollo claro de una estructura calderica a la cual asociar el desarrollo de los yacimientos minerales en la carta.

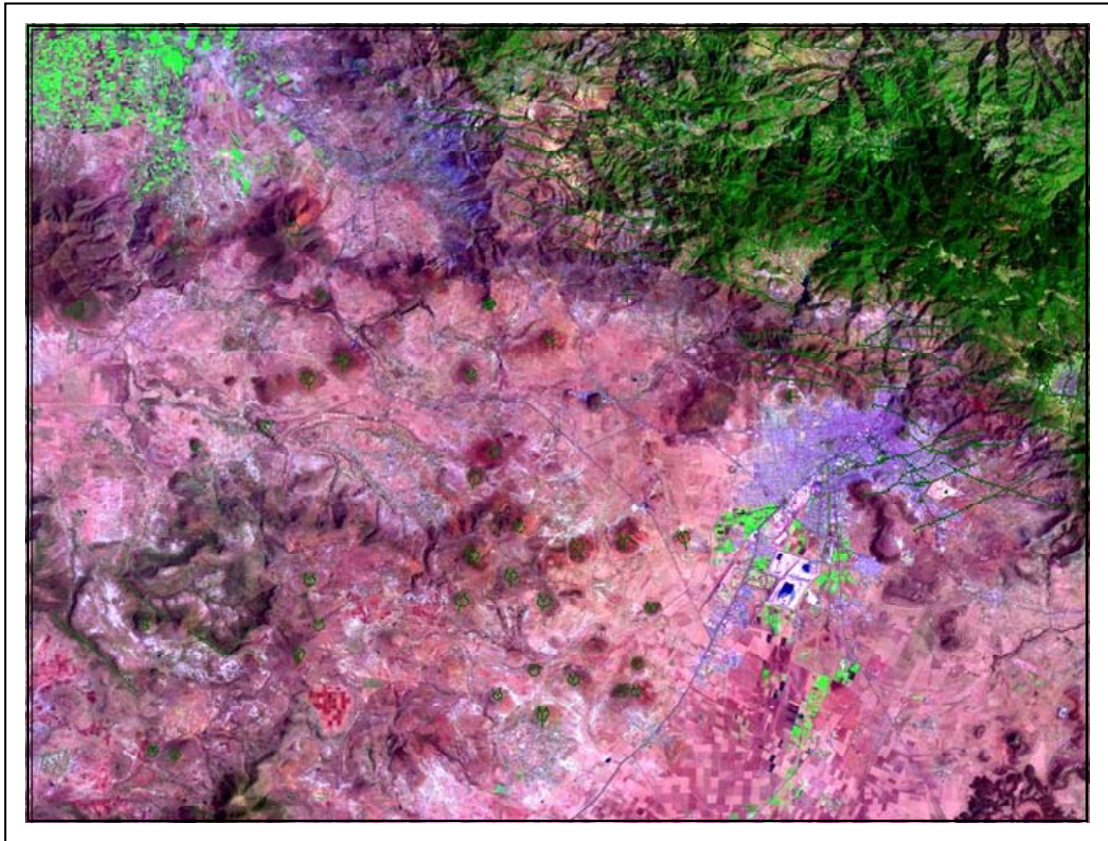


Figura No 6.- Imagen de Satélite combinación RGB 741.

III.3.3.- Descripción de Estructuras (Figura No. 7).

En el área solo se presentan estructuras bajo el régimen frágil; sin embargo su reactivación y movimientos fue tan complejo que fueron construyendo los bloques que conforman la carta principalmente el de la sierra de Pachuca y desarrollaron la permeabilidad secundaria aprovechada por las soluciones hidrotermales para producir uno de los yacimientos mas importantes del mundo.

III.3.3.1.- Deformación Frágil.

Fallas y fracturas

Son fallas de tipo normal con frecuentes componentes laterales que presentan diferentes orientaciones e inclinaciones variables, donde se presentan varios sistemas muchas veces contemporáneos. El primero y mas importante es el de rumbo preferencial NW-SE representado por las fallas *Capula-Arévalo*, *Zumbimbliá*, *Estanzuela*, *Atargea*, *Vizcaína* y *Pabellón* entre las más grandes, a este sistema se asocian las principales estructuras

mineralizadas, presenta variaciones hacia el E-W principalmente en su extremo occidental y planos alabiados y anastomosados, con movimientos normales de fuerte componente lateral denotando un régimen de esfuerzos laterales de dirección SW-NE, afecto generalmente a rocas oligocénicas, sin embargo se presentaron reactivaciones importantes y con un sensible cambio en el régimen de esfuerzos hacia la distensión en el Mioceno tardío afectando a rocas de la unidad **(Tm Bv Da-Ig)**.

Falla Vizcaína. Esta estructura es la de mayor tamaño he importancia corre desde el centro norte de la carta hasta su extremo oriental. Su traza se expresa en imágenes de satélite y fotografías aéreas por más de 11 km, aunque aun se puede prolongar más por fuera del límite oriental de la carta, y termina en ambos extremos al dividirse en ramales divergentes. Su orientación preferencial de NW 80° SE y echado de 75° al SW y NE, aunque frecuentemente es oriente - poniente, se encuentra afectando rocas de la unidad **(To A-BvA)**.

Se comporta como una falla de "pivote" o de "bisagra", a partir de un punto localizado cerca de su

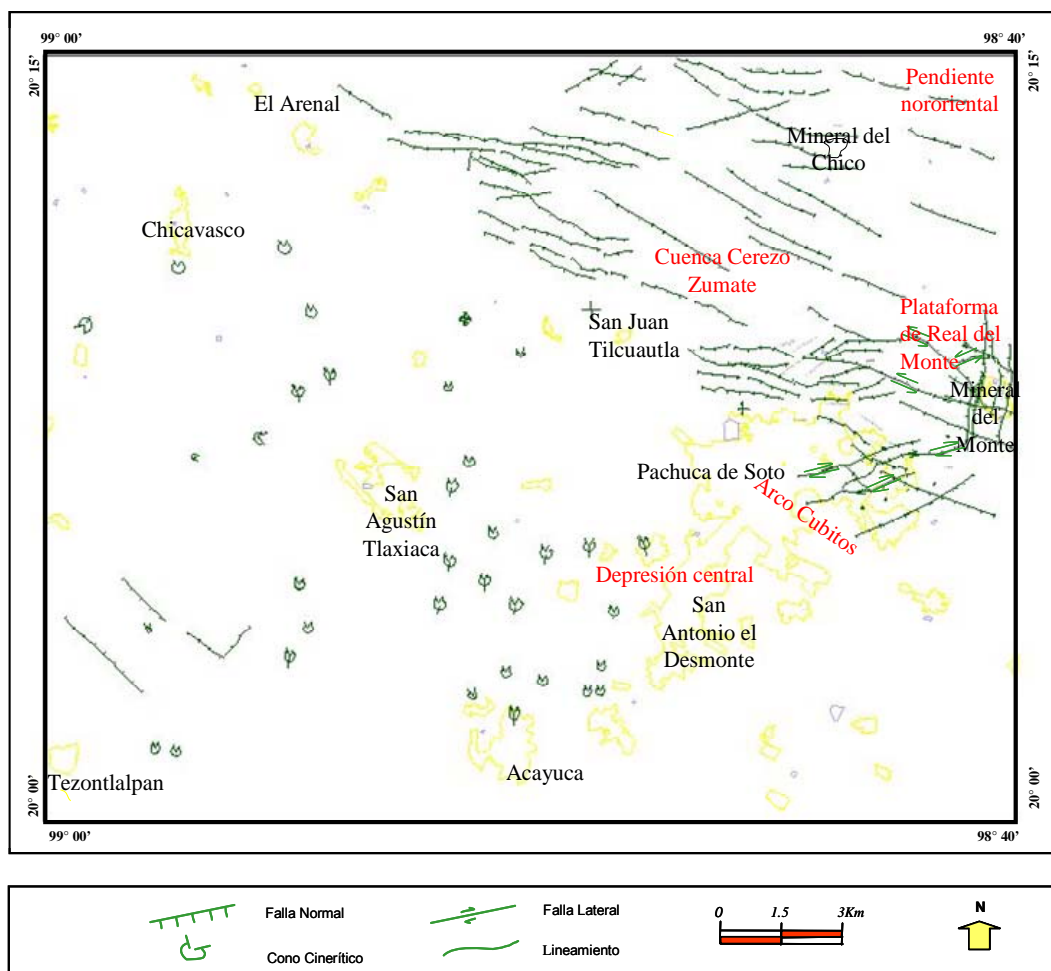


Figura No 7. - Nivel estructural.

afloramiento sobre la carretera entre Pachuca y el Chico, precisamente en la desviación hacia Real del Monte. Al oriente de dicha bisagra se ha hundido el lado sur de la falla y al poniente de ella se ha hundido el lado norte. Su historia es compleja por lo que para su estudio y referencia se le dividió a partir de su punto de bisagra en falla Vizcaína poniente y oriente.

Ya que parece estar activa desde el Oligoceno hasta el Mioceno, sufriendo varias reactivaciones que dieron lugar a su vez a pequeñas depresiones endorreicas como la de Cerezo –Zumate. A su vez en esta estructura se alojó la veta principal del distrito de Pachuca Real del Monte de la que toma su nombre.

Falla Jaramillo. Se localiza en la porción oriental centro de la carta, se interpretó a lo largo de 2.4 km, sigue una traza con orientación de NW 60° SE, con movimiento normal con poca componente lateral. Se

aprecia con claridad tanto en fotografías aéreas como en imagen de satélite, y presenta afectando a rocas de las unidades (To A-BvA, Tm R-TR, Tm PR y Tm Bv Da-Ig).

Falla Taponá. Esta estructura normal localizada al sur del extremo occidental de la falla Vizcaína, afecta rocas de las unidades (To A-BvA y Tm R-TR), corresponde con la traza de la veta del mismo nombre, se aprecia a lo largo de 5 km con un rumbo variable de NW 52° SE en su extremo occidental y oriente - poniente en el extremo oriental, con echado de 70° promedio al SW.

Falla Pabellón. Se localiza en la porción oriental centro de la carta, al sur de la falla Taponá, se interpretó a lo largo de 2.8 km, sigue una traza con orientación de NW 69° SE con echado de 70° a 82° NE, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre y que se aprecia en el tiro la Platosa II, al igual que la gran mayoría de fallas

dentro de la parte oriental de la carta, solo afecta rocas de la unidad **(To A-BvA)**.

Falla Espindola. Esta estructura se localiza en la porción centro oriental de la carta. Su traza se expresa en fotografías aéreas al menos en 2 km. Se comporta como una falla normal con orientación general de NW 85° SE y echado de 65° SW.

Falla Jarillas. Se localiza en la porción oriental centro de la carta, al sur de la falla Espindola, se interpretó a lo largo de 2.1 km, sigue una traza con orientación de NW 75° SE con echado de 70° SW, con movimiento normal. Corresponde con la veta Jarillas, aflorante al norte del cerro de La Cruz.

Falla Encino. Se localiza al oriente de la falla Pabellón, se interpretó a lo largo de 1.5 km, sigue una traza con orientación de NW 80° SE con echado de 55° SW, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre y que se aprecia en los tiros La Palma, Dolores Encino y El Cristo.

Falla Analcos. Se localiza al sur de la falla Encino, se interpretó a lo largo de 1.7 km, sigue una traza con orientación de NW 88° SE con echado de 50° a 60° SW, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre y que se aprecia en el tiro El Rosario, así como en el Socavón Lagartijos.

Falla Rosario. Esta estructura se localiza al oriente de la falla Analcos. Su traza se reporta en al menos en 1.5 km. Se comporta como una falla normal con orientación general de NW 87° SE y echado de 65° a 85° SW.

Falla Corteza. Se localiza al norte de la ciudad de Pachuca, se interpretó a lo largo de 2.4 km, sigue una traza con orientación de NW 55° a 58° SE con echado de 70° a 85° SW, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre y se aprecia desde el tiro Cabañas hasta el tiro Porvenir.

Falla Álamo. Esta estructura se localiza al oriente de la falla Analcos. Su traza se reporta en al menos en 1.7 km, aunque se encuentra seccionada por las fallas Casualidad, Santa Gertrudis y La Fe. Se comporta como una falla normal con orientación general de NW 46° SE y echado de 70° SW y alberga la veta del mismo nombre.

Falla Hueyapan. Es la estructura mas al sur que se detecto en laboreos mineros como el tiro Mariposa, puede corresponder con la mega estructura que separa los dos principales bloques de la carta separando el valle de la sierra de Pachuca, se

interpretó a lo largo de 6 km, aunque se encuentra seccionada por las fallas Casualidad, Santa Gertrudis, Veracruz y La Fe. Sigue una traza con orientación de NW 50° SE con echado de 76° SW, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre.

Falla Eduardo. Esta estructura se localiza al sur de Real del Monte. Su traza se reporta en al menos en 4.5 km dentro de la carta, pero rebasa su limite oriental, se encuentra seccionada por la falla Dios te Guíe. Se comporta como una falla normal con orientación general de NW 65° SE y echado de 70° SW y alberga la veta del mismo nombre, así como en las fallas asociadas se depositaron las vetas Ures y Sur No.1.

Falla La Rica. Se localiza en la porción oriental centro de la carta al sur de la falla Alfredo, se interpretó a lo largo de 2.1 km, sigue una traza con orientación de NW 35° SE con echado de 76° NE, con movimiento normal. Corresponde con la veta La Rica y se aprecia en el interior de su mina.

Falla Alfredo. Esta estructura se localiza al norte de la falla Vizcaína al NW de Real del Monte. Su traza se reporta en al menos 4 km, hasta unirse con la traza de la falla La Rica y después es seccionada por las fallas Dios te Guíe y Purísima. Se comporta como una falla normal con orientación general de NW 43° SE y echado de 75° NE y alberga la veta del mismo nombre. Se aprecia en los tiros Fraternidad y Santa Águeda.

Falla Gran Compañía. Esta estructura se localiza al norte de Real del Monte. Su traza se reporta en al menos en 2.2 km aunque se encuentra seccionada por las fallas Dios te Guíe, Santa Inés y Purísima y continua por fuera del limite oriental de la carta. Se comporta como una falla sinextral normal, con orientación general de NW 58° SE y echado de 60° a 70° SW y alberga la veta del mismo nombre, solo en su extremo oriental apreciable en el tiro Acosta, por lo que puede que su parte occidental sea una reactivación postmineral de la estructura o que sean dos fallas con trazas semejantes.

Falla Gavilanes. Se localiza en la parte alta de la sierra de Pachuca al norte de San Miguel Cerezo, se interpretó a lo largo de 6 km, sigue una traza con orientación de NW 68° el echado no se pudo medir en campo pero tiende a ser al SW, con movimiento normal. Un poco al norte de está, se encuentra la

Falla Las Ventanas, esta, es casi paralela a la anterior pero presenta un echado contrario iniciando

el sistema de fallas escalonadas hacia el NE en la vertiente nororiental de la sierra de Pachuca y que es el que predomina en el distrito de Mineral del Chico. Se mapeo su traza a lo largo de 3.5 km con fotografías aéreas un poco más al noroccidente se aprecia la traza de la *falla Cruz de Cadena*, se interpretó a lo largo de 3.3 km, sigue una traza con orientación de NW 58° el echado no se pudo medir en campo pero tiende a ser al SW, con movimiento normal.

Al nororiente de esta se localizan las fallas *Las Tandas* y *El Gallo*, con orientaciones preferenciales de NW 60° y 55° respectivamente y echados hacia el nororiente, todas estas últimas fallas desde los Gavilanes, son postminerales ya que se encuentran afectando rocas de la **Formación Zumate (Tm Bv Da-Ig)**.

En las inmediaciones de Mineral del Chico se aprecia la falla del mismo nombre, que presenta una longitud de casi 3 km con rumbo casi oriente poniente.

Falla Capula – Arévalo Oriental. Se localiza al NW de la población de *El Mineral del Chico*, por su asociación a un potente dique emplazado en su plano de falla se le considera la continuidad de una estructura que inicia desde *Santa Rosa* en el noroccidente de la carta y cuya traza es interrumpida por la **Formación Zumate (Tm Bv - Da-Ig)** que la sobreyace. Se interpretó a lo largo de 3.3 km, sigue una traza con orientación de NW 55° a 87° SE con echado de 65° a 80° NE, con movimiento normal. Corresponde con la veta y dique del mismo nombre y que se aprecia en el tiro y socavón *Arévalo*.

Una posible continuación de la falla-dique de *Capula Arévalo* es la falla *Cueva Blanca*, localizada más al oriente y cerca de *Carboneras*, se presenta en una longitud de 2.7 km con rumbo de NW 68° con echado de 80° al NE, se encuentra mineralizada al menos en algunos tramos, donde se aprecia asociada a un dique con mineralización en los prospectos *Carboneras*, *Tepezanes* y *El Combate*.

Más al norte se cartografió otra falla llamada *Carboneras*, es normal al igual que la anterior con rumbo de NW 73° en promedio; se le interpretó con una longitud de 3.5 km y en ella se aloja un dique mineralizado detectado en el prospecto *La Coyotera I*. En las inmediaciones del poblado de *Santiago* en el vértice nororiental de la carta, se aprecia la *falla Santiago*, la cual presenta un rumbo de NW 86° con casi 5 km de longitud y echado al NE variando de 76° a 22°.

Falla Atargea. Se localiza al norte de la *falla Capula – Arévalo*, se asocia a un potente dique emplazado en su plano de falla. Se interpretó a lo largo de casi 7 km, y parece desplazada por la *falla San Antonio*, que sigue una traza con orientación de NW 55° promedio con echado de 55° a 81° NE, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre y que se aprecia en las minas *La Atargea* y *Aurora*, se continúa hasta el socavón *La Regla* al oriente y hasta el prospecto *La Hierba 1* al occidente.

Falla Los Ajos. Se localiza al NW de la *falla Atargea*, también se asocia a un dique emplazado en su plano de falla, sigue una traza con orientación de NW 56° a 83° SE con echado de 72° a 83° NE, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre, que se aprecia en el prospecto *Los Ajos*. Más al norte se registro otro dique evidencia de falla llamada *Capulines*, con longitud de casi 3 km siguiendo un rumbo de 86° al NW con echado al NE de 83° a 87°, presentándose como falla normal al igual que las otras antes descritas, se aprecia en los prospectos *Capulines 2* y *El Chico* y *El Chico 2*.

Falla Los Rojas. Estructura que se ubica al poniente de la *falla Valeria* en el extremo norte centro de la carta, se infiere que esta estructura corresponde a la continuidad al poniente de las trazas de los diques *San Simón* y *Doña Mary*, esta estructura es desplazada por la *falla Valeria* con movimiento normal de tipo sinetral, aflora a lo largo de la cresta del cerro del mismo nombre en una longitud de 400 m con orientación al N 83° W con echado 81° SW, en forma local afecta a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla El Colmillo. Se ubica en la porción NW de la sierra de Pachuca, en forma local a 3.0 km en línea recta al N 60° E de *El Arenal*, y a 2.6 km al norte franco de *San José Tepenene*; aparentemente esta estructura corresponde a la traza de una falla de tipo regional controlada por el sistema NW-SE, fue interpretada en fotografías aéreas e imagen de satélite, afecta a la unidad andesítica **(To A-BvA)**, dicha estructura, se comporta como una falla de tipo normal, se considera que podría ser la extensión al NW de la traza de la *falla Capula-Arévalo Poniente*, esta falla delimita y forma parte de una serie de bloques basculados en forma escalonada hacia la depresión de *Actopan*, presenta una orientación general N 67° W con un echado estimado de entre 70° - 80° al SW.

Falla Cimbrones. Esta estructura se ubica en el extremo norte de la zona conurbana de *Capula*, presenta una extensión de 5.3 km, se encuentra

encajonada y afecta a la unidad andesítica (**To A-BvA**), la traza oriental de la estructura se encuentra cubierta por los derrames de la unidad Zumate (**Tm BvDa-Ig**), se considera que esta estructura corresponde a las estructuras que afloran al oriente desde Carboneras pasando por El Mineral del Chico; continuidad que se observa al poniente pasando por Capula, aquí la estructura se presenta un poco más constante mostrando flexiones, la traza de esta falla controla y condiciona el emplazamiento de varias estructuras mineralizadas que en apariencia se desprenden de esta, presenta una orientación N 70° - 75° W con echado de 82° - 83° SW, en algunos sectores tiende a orientarse E-W. Se considera como una de las estructuras de mayor expresión en la región.

Falla Capula-Arévalo Poniente. Se ubica en el extremo centro norte de la carta, extendiéndose desde el poniente en la zona de minas de Samaria, hasta la comunidad de Capula al oriente con dirección a Cimbrones donde se pierde por debajo de los derrames de la unidad Zumate (**Tm BvDa-Ig**), sin duda esta estructura corresponde al poniente, a la traza de la falla Capula-Arévalo Oriente descrita anteriormente, durante el presente trabajo fue considerada como falla de la zona norte y/o falla principal del sistema de vetas de Capula, presenta una longitud constante y espesor variable que se orienta con dirección N 79° - 83° W con echado de 81° - 83° SW, presentando en algunos sectores tendencia E - W; estructura que sobre su traza contiene y alberga a los diques mineralizados de la minas Samaria, La Soledad, San Eugenio, La Preciosa y San Pedro, entre otras, estructura que a lo largo de 8.5 km corre en forma paralela a otras estructuras que se desprenden o se comunican entre sí, afectando únicamente a la unidad andesítica (**To A-BvA**) (**Fotografía No. 10**).

Falla Manzanas II. Esta estructura se ubica al sur de la traza de la falla Capula-Arévalo, con presencia desde el cauce del río Santa Rosa pasando por la comunidad de Santa Inés al poniente, hasta la comunidad de Manzanas al oriente, donde sufre ligera flexión que tiende a unirse con la falla Capula-Arévalo en el cerro El Piñón, al oriente de la comunidad de Capula, se comporta como una estructura que corre en forma paralela al sistema principal de la falla Capula-Arévalo, hacia el extremo poniente se correlaciona con la traza de la estructura de la mina Samaria que corre en paralelo al sur de la traza de la falla Capula-Arévalo Poniente en esta zona, en general, su expresión en superficie fue verificada por 3.7 km, presenta una orientación de rumbo N 80° - 85° W y echado de 78° - 82° SW,



Fotografía No. 10.- Plano de la falla Capula-Arévalo Oriental, en andesitas cerca del Mineral del Chico.

sobre la traza de esta estructura se relacionan los diques de los tiros La Toledana y Jiadi y al oriente sobre el río Santa Rosa la mina San Ramón, esta estructura afecta a la unidad andesítica (**To A-BvA**).

Falla La Trinidad. Asociada a la última estructura de interés económico, que se ubica al sur de la zona de minas de Samaria, falla que corre en forma paralela en la porción sur de la traza de la falla Capula-Arévalo Poniente, y en forma paralela a un sistema de fallas y fracturas de menor magnitud, estas estructuras se desprenden y unen sin cortar o desplazar a las mismas; sobre la traza de la estructura Trinidad que se presenta en forma interrumpida, en una longitud de 5.9 km, se ubican las minas La Trinidad, El Corral, Josefina, y Rosario, en esta última mina, sufre una flexión y/o tiende a unirse con la estructura de la mina San Felipe; la traza de esta estructura se puede comprobar sobre el corte del camino de terracería que lleva a la zona de minas de San Juan del Gallo sobre el cauce del río Santa Rosa, en general se orienta con rumbo N 72° - 78° con echado de 63° - 66° SW, en la mina Rosario presenta en apariencia una flexión muy marcada con rumbo N 35° W, con echado de 75° SW, con tendencia al NE, estructura que afecta y se emplaza en la unidad andesítica (**To A-BvA**).

Falla Santa Cruz. Esta estructura se manifiesta al norte de la comunidad de Santa Rosa, con una expresión en superficie de 2.3 km, la traza corre en forma paralela al sur de la falla La Trinidad, en

aparición ambas corresponden al mismo sistema de fallas y fracturas de la zona de Samaria, en general presenta un rumbo N 64° - 77° W con echado de 68° - 73° SW, sobre su traza se ubican las minas de Vivao y Santa Cruz, afectando únicamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Zumbimbliá. Se ubica al sur de la comunidad de Santa Rosa, esta estructura se reconoce desde la comunidad de San José Capulines con una longitud de 5.9 km, pasando por la comunidad de Santa Rosa con una continuidad al poniente hasta la parte alta de la sierra, que conforma la cuenca del río Santa Rosa y la depresión de Actopan, se considera que esta estructura corresponde a la traza de la estructura del sistema de La Trinidad, sobre su traza se ubican el prospecto Cerro Ramírez, pasando por la mina Zumbimbliá y el prospecto Zumbimbliá II en la parte central y finalmente al poniente en el área de Santa Rosa, los tiros Encarnación y Santo Niño, donde se une con dos estructuras del sistema NE, y finalmente en la mina Santo Niño; presenta en general un rumbo N 65° - 83° con echado de 78° - 88° SW, afectando únicamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla San José. Esta estructura se ubica al sur de la comunidad de San José Capulines, sobre su traza se ubican los prospectos Capulines, San José y San José II, dicha estructura presenta un rumbo N 73° - 79° W con echado de 81° - 86° SW, en una extensión de 3.0 km, la prolongación al oriente y poniente de esta estructura fue interpretada en fotografía aérea e imagen de satélite con longitudes variables, afectado a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Ernestina. Esta estructura se ubica al norte de la comunidad Puerto La Palma, sobre el cauce del río de Santa Rosa, en forma local; sobre la traza de la estructura se ubica la mina del mismo nombre, dicha estructura, se presenta en forma interrumpida hacia el oriente hasta el prospecto Puerto López, se correlaciona con la falla La Compuerta al oriente. Presenta una longitud de 3.1 km, y un rumbo N 70° W con echado de 83° SW, afectando únicamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Temascal. Estructura que se emplaza dentro del sistema NW-SE, marcando el límite sur de fallas y fracturas de la zona de minas de Santa Rosa, y delimitando los dominios de las andesitas y riolitas; se presenta con un rumbo generalizado N 65° - 76° W con echado de 78° - 80° SW, y una longitud de 3.0 km, sobre la traza de esta estructura se ubican el

prospecto Temascal y el tiro Escondido, afecta a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Estanzuela. Se ubica al noroeste de la presa Estanzuela, el análisis e interpretación de esta estructura se realizó en fotografías aéreas e imagen de satélite, determinando que es una falla postmineral de tipo normal que afecta a la unidad andesítica **(To A-BvA)**, y a los derrames de la unidad Zumate **(Tm BvDa-Ig)**, se correlaciona al poniente con la estructura de la falla Ernestina, presenta una extensión de 5.8 km, con un rumbo generalizado al N 58° - 62° W con echado de 78° SW, se correlaciona al oriente con la estructura de Jaramillo.

Falla La Compuerta. La ubicación de esta estructura se refiere a la porción oeste de la presa de Estanzuela, con el análisis e interpretación de las fotografías aéreas e imagen de satélite, determino que esta estructura marca el límite nororiental de la cuenca de Cerezo, y se correlaciona con la traza de la estructura Ernestina al poniente, marcando a la vez los límites de los dominios andesítico y riolítico de esta área; se distribuye a lo largo de 4.8 km, en forma interrumpida con un rumbo generalizado al N 70° W con echado al SW, esta estructura afecta únicamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Al anterior sistema le sigue el sistema de rumbo preferencial N-S, cuya característica principal es que es muy local, solo se aprecia en las inmediaciones del poblado de Mineral del Monte, corta al sistema anterior y puede estar originado por el desarrollo de fracturas de tensión, ya que los desplazamientos son pequeños en un bloque aislado por las fallas anteriores. Son representativas de este sistema las fallas *Dios te Guíe*, *Purísima* y *Santa Inés* las cuales presentan mineralización asociada.

Falla Dios te Guíe. Cruza el extremo occidental del poblado de Real del Monte, se interpretó su longitud por más de 3 km pero seccionada por las fallas Eduardo, Vizcaína Oriental, La Rica, y Gran Compañía, sigue una traza promedio con orientación de NE 06° con el echado de 80° NW, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre por lo que se le aprecia en los laboreos mineros desde el contratiro 90E hasta la mina La Rica. Un poco al oriente de esta, se encuentra la *Falla Purísima*, esta es casi paralela a la anterior con rumbo variable de NE 03° a 11° y echado de 70° a 85° al NW. Se mapeo su traza a lo largo de más de 4 km y se encuentra seccionada por las fallas Vizcaína oriental, La Rica, y Gran Compañía **(Fotografía No. 11)**.



Fotografía No 11.- Plano de la falla Dios te Gué en el interior de la mina La Rica.

Falla Santa Inés. Cruza el poblado de Real del Monte, se interpretó su longitud por 3.2 km, pero seccionada por las fallas Eduardo, Vizcaína Oriental, La Rica, y Gran Compañía, sigue una traza promedio con orientación de NE 06° el echado de 80° SE, con movimiento normal. Corresponde con la veta del mismo nombre por lo que se le aprecia en los laboreos mineros desde el tiro Terreros hasta La Providencia. Al oriente de esta, ya en el extremo oriental de la carta, se encuentra la *Falla Manzanas*, esta es casi paralela a la anterior, pero el echado es de 70° al NW. Se mapeo su traza a lo largo de 3.5 km y se encuentra seccionada por las fallas Vizcaína Oriental, y Gran Compañía.

El último sistema referido es el de orientación NE-SW, el cual es contemporáneo al cierre de los procesos mineralizantes, ya que existen estructuras de ese sistema que se encuentran mineralizadas como las fallas Santa Ana, Argentina, Camelia, Mora, Analcos, Rosario y Maravillas. Es posible sin embargo que estas estructuras no pertenezcan a otro sistema, sino que formen parte del primer sistema descrito (NW-SE) y que este formando sistemas de lazos sigmoides, por lo que estas serian solo fallas complementarias de las principales; en los sigmoides de mayor tamaño como se puede apreciar fácilmente en el mapeo de la traza de estructuras en la región. Sin embargo, otras como Santa Gertrudis solo esta mineralizada en parte y otras como La Fe, Veracruz y Casualidad no presentan mineralización y cortan a las estructuras mineralizadas.

En estas si es mas claro que pertenecen al tercer sistema que es el de rumbo NE-SW y en él se

distinguen las fallas de *Santa Gertrudis*, *Casualidad*, *La Fe* y *Veracruz*; estas estructuras son generalmente normales dextrales y cortan a los sistemas anteriores aunque se dan casos ambiguos y son generalmente post-mineralización.

Falla Valeria. Forma parte de un conjunto de fallas y fracturas del sistema NE, que se ubica en la parte limítrofe de la carta en el extremo centro norte de la misma, presenta una longitud de 2.0 km, la cual se prolonga hacia la carta, Actopan con dirección a la zona de minas de San Juan del Gallo, estructura de tipo normal con aparente movimiento lateral de tipo sinextral, que se orienta al N 60° E y echado de 85° SE, corta y desplaza a la estructura de Los Rojas, que corresponde a una estructura muy seccionada, la falla se presenta como contacto litológico afectando a las unidades **(To A-BvA)** y **(Tm PR)**, esta última expuesta en el bloque levantado.

Falla El Jaspe. Estructura que se orienta dentro del sistema regional NE, se ubica en el extremo centro norte de la carta, la falla El Jaspe es una falla de tipo normal desplaza aparentemente con movimiento dextral a la falla de Los Rojas, este grupo de estructuras afectan directamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**, esta falla presenta una orientación N 48°-53° E con un echado de 78° al SE, conforma la traza de la estructura silicificada de la mina El Chorro, la cual en este punto se aprecia con un echado al NW, la longitud estimada para esta estructura es de 1.3 km.

Falla Aviadero. Se ubica al sur de la falla de La Trinidad, esta estructura se emplaza dentro del sistema NE-SW, cortando en forma perpendicular a la estructura de La Trinidad, en apariencia a la de Samaria y posiblemente a la falla Capula-Arévalo Poniente, sobre la traza de esta falla se ubican las minas Aviadero y El Escribano, en forma generalizada presenta un rumbo N 12° E con echado de 83° NW, con una extensión en superficie de 0.8 km, afectando sólo a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla San Felipe. Estructura que se emplaza en el sistema NE, presenta una longitud de 1.2 km y un rumbo N 72° E con echado de 43° SE, en apariencia se continua a las estructuras de Santa Cruz y La Trinidad en el área de barrancas al norte de Santa Rosa, sobre su traza se ubica la mina de San Felipe, esta estructura se emplaza y afecta únicamente a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Santo Niño. Esta estructura se ubica en las inmediaciones de la comunidad de Santa Rosa,

sobre su traza se ubica los prospectos Santo Niño II y La Chiva, aparentemente esta estructura del sistema noreste, desplaza a la falla Zumbimbliá con movimiento dextral, formando parte del sistema de diques silicificados de las minas Santo Niño.

Tiro Santo Niño, Santa Rosa y Esmeralda que corren en forma paralela al norte de esta, presenta una longitud de 2.1 km, con un rumbo general N 70° E - 84° con echado de 76° - 79° SE, se emplaza y afecta a la unidad andesítica **(To A-BvA)**.

Falla Santa Ana. Esta estructura afecta rocas de las unidades **(To A-BvA y Tm R-TR)**, corresponde con la traza de la veta del mismo nombre, se aprecia a lo largo de 1 km con un rumbo de NE 52° SW con una fuerte deflexión en su extremo oriental siguiendo un rumbo casi E-W, el echado es de 80° SE.

Falla Argentina. Esta falla se ubica entre la falla Santa Ana y Camelia NE. Su traza se detecta en por menos en 2.7 km, si se le continua hasta unirla con la traza de la veta San Rafael Norte No. 3. Se comporta como una falla normal con orientación general de NE 55° SW y echado de 60° SE, que deflexiona al oriente en un rumbo casi oriente - poniente.

Falla Camelia NE. Esta falla se ubica al sur de la falla Argentina. Su traza se detecta en por lo menos 2 km. Se comporta como una falla normal con rumbo de NE 65° SW con una fuerte deflexión en su extremo oriental siguiendo un rumbo casi E-W, el echado es de 80° SE.

Falla Mora. Esta falla se ubica entre la falla Encino y Rosario Su traza se detecta en por lo menos 1.1 km. Se comporta como una falla normal con orientación general de NE 65° SW y echado de 60° SE. Al sur de esta falla se encuentran las fallas *Analcos y El Rosario* las cuales presentan rumbos muy semejantes de NE 88° la falla Analcos presenta echado de 58° y la Rosario de 72° ambos al SE, y de tipo normal; la falla Analcos presenta una longitud de 1.6 km y siguiendo ese rumbo hacia el oriente esta la falla el Rosario con 1.5 km. Se encuentran mineralizadas y se aprecian en las obras de San Juan Pachuca, El Rosario y Cuatmotzín entre otros.

Falla Santa Gertrudis. Esta falla se ubica en el poblado de Mineral de la Reforma, al oriente de Pachuca. Su traza se detecta en mas de 6 km y esta seccionada al parecer en su parte oriental en donde se encuentra mineralizada por la falla Dios te Guíe, lo cual confirma que esta parte de la estructura es mas antigua y sufre reactivación durante el ultimo sistema de esfuerzos. Se comporta como una falla

normal dextral con rumbo de NE 55° a 58° SW el echado es de 75° a 87° NW, se aprecia en las obras mineras desde San Agustín hasta San Guillermo, solo en el extremo oriental de la falla.

Falla Casualidad. Esta falla se ubica casi cruzando la ciudad de Pachuca, entre los cerros El Lobo y Cubitos. Su traza se detecta en por lo menos 5 km. Se comporta como una falla dextral normal, es postmineral con orientación general de NE 66° SW y echado de 50° a 78° SE.

Falla La Fe. Esta falla se ubica casi cruzando la ciudad de Pachuca. Su traza se detecta en por lo menos 6 km. Se comporta como una falla dextral normal es postmineral con orientación general de NE 50° a 87° SW y echado de 78° SE. Al sur de esta se localiza la *falla Veracruz* con traza superficial de mas de 4.5 km en dirección NE 64° con echado de 35° al SE.

Falla San Antonio. Se localiza en el noreste de la carta cruzando la falla Atargea antes descrita, presenta un rumbo de NE 78° en promedio y echados de 64 SE y 66° NW en su extremo oriental.

En la mina Dificultad, la compañía Real del Monte realizo un barreno vertical de exploración, con un desarrollo total de 960 m quedando en la cota 1,800 m s.n.m. y otro barreno profundo en la mina Purísima Concepción, con desarrollo de 974 m por debajo de la superficie, quedando en la cota 1,890 m s.n.m. Ambos barrenos solo cortaron andesita porfídica, sin alcanzar la secuencia sedimentaria del Cretácico.

El enorme espesor de las andesitas en la sierra de Pachuca puede ser explicado por la constante subsidencia de la cuenca Cerezo-Zumate durante grandes periodos de tiempo durante los cuales se relleno de potentes espesores de andesitas para después conformar con la inversión del movimiento en algunas de la principales fallas como la Vizcaína un horst que actualmente conforma la sierra de Pachuca, la cual es limitada por dos valles el de México y el de Huasca partir de grandes fallas inferidas por el alineamiento de la sierra de Pachuca con respecto a estos valles y las diferencias entre las características de las zonas mineralizadas entre uno y otro bloque como son entre la zona mineralizada de el Álamo y la de San Juan Pachuca.

III.4.- TECTÓNICA.

El área de estudio comprende parte del Eje Volcánico Mexicano, el cual esta constituido por potentes depósitos volcánicos cenozoicos

desarrollando dentro de la carta dos principales campos volcánicos. El primer campo volcánico se desarrollo durante el Oligoceno cuando las primeras rocas volcánicas fueron extravasadas en la región, solo hay evidencias locales de combamiento y fallamiento detectadas por cambios en el buzamiento y rumbo en las unidades (**To A-BvA y Tm R-TR**), que pueden explicarse por la acumulación en forma de montículos de estas rocas volcánicas en derredor de sus respectivos centros de extravasación, modificados por la erosión durante y después de su acumulación, pero antes de que fuera depositada la formación sobreyacente inmediata.

Sin embargo, en la mitad suroccidental del distrito, la Formación Vizcaína tiene buzamientos más ligeros que los de las rocas subyacentes, situación que comprueba que la deformación siguió al depósito de la Formación Santa Gertrudis (**To A-BvA**).

La deformación comenzó primordialmente con el hundimiento de parte de la sierra de Pachuca en la zona suroccidental de la carta, a lo largo del lado meridional de la falla Vizcaína. El movimiento sobre toda la falla Vizcaína se piensa que causó el hundimiento conocido como depresión central (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

Los diques de pórfido de dacita hornbléndica fueron intrusionados hacia el final del período de extravasación de la Formación Vizcaína y quizás en parte poco después. Precisamente cuando aparece un segundo impulso de mayor fuerza en la deformación. Esta deformación produjo primordialmente la profundización de la depresión central y el hundimiento adicional del lado sur de la falla Vizcaína, ya iniciada.

En el hundimiento desarrollado en el bloque noroccidental de la falla Vizcaína que después evolucionara al elemento conocido como cuenca Cerezo-Zumate es donde se empiezan a depositar las rocas de la *Formación Cerezo (Tm R-TR)* y hacia el final del periodo de acumulación de la Formación Cerezo y quizás también poco después, fueron intrusionadas en el distrito numerosos diques de pórfido cuarcífero de grano fino, y luego seguida con poco tiempo por la intrusión de los diques de pórfido cuarcífero de grano grueso. Poco después fueron intrusionados también en la parte sur oriental del distrito los diques de pórfido de dacita biotítica, que dieron origen a la *Formación Tezuantla* (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

Hasta aquel tiempo, es decir, hasta que ya se habían emplazado los diques y todas las rocas del campo volcánico de Pachuca, la deformación relativamente débil que ocurrió en la región parece haber sido regida casi exclusivamente por el hundimiento de esta parte de la sierra de Pachuca, expresado por movimientos locales hacia abajo y bajo el primer sistema estructural de rumbo NWW-SEE representado por la falla Vizcaína. Bajo estas condiciones pudo ocurrir algo de fallamiento normal débil y cuando la presión de la cabeza hidrostática del magma que alimentó a las rocas ígneas de la región excedió a la fuerza principal menor, los diques pudieron subir formando sus propias fracturas. El rumbo medio, tanto de los diques como de las fallas normales, se esperaría que fuese casi semejante. Los numerosos diques se habían emplazado casi exclusivamente produciendo sus propias fisuras, ya que con pocas excepciones, hay poca evidencia de fracturas o fallas de edad anterior a la de los diques, o de movimiento sobre los respaldos de los diques que no fuera de edad posterior a la de los diques.

Poco después del emplazamiento de todos los diques y de la acumulación de la *Formación Tezuantla*, el fallamiento en la región llegó a ser muy activo y las rocas fueron quebradas en numerosos bloques limitados principalmente por fallas normales y por relativamente pocas fallas inversas. Durante este período el movimiento sobre las fallas Vizcaína, Rosario Viejo y Santa Gertrudis, aumentó considerablemente, causando la profundización de la Depresión Central. Por primera vez comenzó a formarse la Cuenca Cerezo-Zumate, invirtiendo el movimiento sobre la mitad occidental de la falla Vizcaína y causando el hundimiento de su lado septentrional. La plataforma Real del Monte fue modificada por la aparición de una faja de fallas y fracturas con orientación norte-sur (2º sistema estructural) (**Figura No. 7**).

Al avanzar el Mioceno la depresión central y la cuenca Cerezo-Zumate se profundizaron notablemente a lo largo de la falla Vizcaína. La plataforma Real del Monte difiere de la mayoría de los otros elementos tectónicos en el distrito por su horizontalidad aproximada, aunque está seccionada por muchas fallas de poco desplazamiento y rumbo N-S que continúan al sur de la falla Vizcaína hasta llegar a la falla Santa Gertrudis, en donde parece terminar. Se halla al norte de la falla Vizcaína y está separada de la cuenca Cerezo-Zumate, hacia el poniente, por una línea de bisagra en forma de

combamiento bajo. La orientación norte-sur de él tercer sistema estructural y de sus fallas asociadas es única en toda la carta. En el intervalo entre la acumulación de la Formación Tezuantla y la extravasación de las rocas que constituyen la *Formación Zumate*, el sistema regional de fuerzas no fue muy diferente del que existió con anterioridad. El emplazamiento de diques se había terminado y en todo el distrito llegó a ser importante el fallamiento normal o de gravedad. Esto indica que disminuyó aún más la fuerza principal menor que anteriormente actuaba en la dirección sur-suroeste a nor-noreste. Es precisamente en este periodo cercano a los 20 Ma en que también culminó la mineralización metálica que caracteriza los tres distritos dentro de la carta. La actividad tectónica postmineral ha sido mucho más débil. Donde el fallamiento normal continuó en escala aparentemente menor, ya que la *Formación Zumate* está desplazada unos cuantos metros por la falla Vizcaína con movimiento contrario al que afectó a la formación más antigua en tiempo pre-Zumate, lo que indica que se invirtió el sentido de movimiento sobre esta falla.

En algún tiempo después de la mineralización y de la acumulación de la *Formación Zumate*, hubo movimiento lateral o a rumbo sobre algunas de las fallas más antiguas y se formaron numerosas fallas laterales nuevas. Las fallas laterales tienen dos direcciones principales, que son el oeste-noroeste y el oeste-suroeste. Las fallas de rumbo oeste-noroeste muestran movimiento lateral izquierdo o sinistral con componentes normales (3º sistema estructural), mientras que las de rumbo oeste-suroeste muestra movimiento lateral derecho o dextral. Las fallas sinestrales aparecen en su mayoría en la parte nororiental de la carta y son de origen postmineral y otras representan fallas normales preminerales afectadas por movimiento lateral postmineral. Las fallas dextrales aparecen en su mayoría en la parte suroccidental del distrito; consisten, de norte a sur, en la Casualidad y La Fe. Parte de la falla Santa Gertrudis es una falla lateral postmineral. Unas cuantas fallas laterales orientadas

casi de oriente a poniente también se presentan en el resto de la carta en los distritos de Capula – Arévalo y Mineral del Chico. Los dos grupos de fallas laterales sinestrales y dextrales forman un ángulo entre sí de aproximadamente 45° ó 50°, cuya bisectriz se dirige casi al poniente. Este arreglo indica que la región ha estado bajo compresión en una dirección oriente-poniente que comenzó en algún tiempo después de la acumulación de la *Formación Zumate*. El sistema de fuerzas definido de esta manera tiene su fuerza principal mayor orientada en una dirección horizontal de oriente a poniente, con su fuerza principal intermedia en una dirección horizontal de norte a sur y con su fuerza principal menor en una dirección vertical. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.)

Ahora bien el otro campo volcánico que predomina en el resto de la carta en toda su región centro y suroccidental. Se compone de rocas extrabasadas en edades plio-pleistocénicas. Se trata de una masiva actividad volcánica, cuya evolución petrogenética corresponde claramente con la última parte del Eje Neovolcánico Transmexicano y que aún ahora es motivo de importantes debates (Demant A. 1982, Robin C. 1976, 1980, Verma, S. P., 1999, 2002 y Ferrari L. 2000, 2004).

En el presente año, Ferrari L. (2004) propone la solución a varias de estas aparentes contradicciones volcánicas y geoquímicas halladas en el Eje Neovolcánico Transmexicano, al indicar la separación de un trozo de corteza oceánica subducida por debajo del eje y que genero una anomalía termal que dio origen al volcanismo más alcalino y que migro al este por su parte más septentrional, como es el caso del vulcanismo aflorante en los derrames basálticos y conos cineríticos de la unidad (**TpIQpt B-Pc**) (Robin C., 1976,1980).

La cual aún presenta actividad en la región como lo demuestra la actividad geotérmica registrada en los laborios mineros de Paricutín, en el suroriente de la ciudad de Pachuca.

IV.- YACIMIENTOS MINERALES

IV.1.- METÁLICOS.

IV.1.1.- INTRODUCCIÓN.

Para algunos historiadores la etimología de la palabra Pachuca, se deriva de la palabra (náhuatl)

Pachoa, que significa apretura ó estrechez; para otros la palabra *Pachocan*, es la correcta, sin embargo, esta palabra es un barbarismo a la lengua mexicana sin la sigla *Te*, debiendo decir *Tepachocan*, que significa, lugar de gobierno ó regimiento; desde la antigüedad, los indios conocían

la región de Pachuca, con el nombre de *Tlahuelilpan*, que significa lugar de riego, según la tradición antigua, el río que viene de Motolinica, pasando por Real del Monte, era de aguas perennes de gran caudal, y al llegar a las partes bajas regaba las extensas llanuras que conocían con el nombre de *Coscotitlan*, (Baltasar de Medina 1862, en El Mineral de Pachuca, José G. Aguilera 1897).

El estado de Hidalgo formó junto con el estado de Morelos, parte del extenso estado de México, en el año de 1867, se integra como parte de la federación, constituyéndose como estado de Hidalgo.

IV.1.2.- ANTECEDENTES.

La importancia del estado de Hidalgo, desde la antigüedad ha girado en torno a los grandes yacimientos minerales con los que cuenta; yacimientos situados en Pachuca, La Reforma, Real del Monte, Atotonilco El Chico, Capula, y San José Tepenene, entre otros.

De gran importancia, sería escribir la historia detallada de todas sus minas, señalar y mencionar sus épocas de bonanza, sus épocas de ruina, su historia desde su descubrimiento hasta el abandono. Desafortunadamente esto no es posible, debido en gran medida a que en los distritos dentro de la carta Pachuca se cuenta actualmente con una gran cantidad de minas, tiros y obras abandonadas; aunado a esto, la poca información fidedigna. Durante la guerra de Independencia, la inestabilidad política posterior, y la Revolución Mexicana, muchos de los archivos fueron quemados y destruidos, actualmente se tienen pocos datos seguros; pero aquí se hace una reseña de la información recopilada, considerada como la más fidedigna.

Varias excavaciones antiguas en el distrito de Pachuca, han hecho creer, que las minas fueron descubiertas y trabajadas por los aztecas, aunque no se han descubierto herramientas de hierro en las obras, se piensa que se valieron de fuego directo y de utensilios de piedra para la explotación.

Baltasar de Medina op cit. en la crónica de la Santa Provincia de San Diego de México de los Religiosos Descalzos se lee: "El origen y población de este paraje (se refiere a Pachuca) según tradición, fue por haber descubierto un pastor una mina, cuya riqueza tiro los ánimos de muchos, que arrastrados de la codicia del oro, poblaron aquel sitio, formando casas pajizas, chozas, y viviendas con orden y disposición del pueblo".

Entre los historiadores más destacados se menciona al Barón Alejandro de Humboldt, en Aguilera op cit., menciona que Pachuca dependía de Pachuquilla, pueblo situado al SE de Pachuca, siendo Pachuquilla el primer pueblo cristiano que fundaron los españoles en la Intendencia de México. Se acepta como un hecho histórico que, Hernán Cortés personalmente pudo apreciar en los tesoros de Moctezuma, adornos y utensilios de plata, parte de esta plata tuvo su origen en Pachuca, posiblemente de los cuerpos y vetas aflorantes de plata nativa que pudieron ser tratados con carbón vegetal. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

La historia del distrito se divide en seis períodos principales: 1) Los primeros doscientos años posteriores a la Conquista. 2) Desde el gran proyecto de desagüe (1738) hasta la guerra de Independencia (1810). 3) La modernización bajo la gerencia sucesiva de dueños particulares ingleses, mexicanos y norteamericanos, hasta 1906. 4) El período bajo la explotación privada desde 1906 hasta 1947. 5) La prolongación de la vida productiva del distrito, bajo el control del gobierno mexicano desde 1947 hasta 1989. 6) El actual período bajo la explotación privada de la Cia. Minera Real del Monte y Pachuca

En 1528, Francisco Téllez capitán de 25 soldados españoles, llega a la sierra de Pachuca, sitia y vence al cacique Itzcóatl, abriendo el área a la colonización, en esta época la explotación y beneficio de mineral argentífero se limitaba a la extracción de las menas aflorantes con plata nativa, recuperándose en hornos primitivos que utilizaban carbón vegetal. Con la llegada de los españoles, la actividad minera se limita a cuatro "reales de minas" conocidos como; Real de Tlauhilpa, Real de Arriba, Real del Monte y Real de Atotonilco. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

En 1552 se hicieron dos descubrimientos importantes de mineral: 1) Alonso Rodríguez Salgado, pastor de ganado cabrío de la zona de Tlauhilpa, pastoreaba sus rebaños en las laderas altas de los cerros Magdalena y San Cristóbal, descubre la presencia de vetas de rumbo este a oeste; el 29 de Abril registra sus denuncias. 2) El segundo descubrimiento lo realiza Alonso Pérez de Zamora en el área de Real del Monte, registrando las minas San Andrés, San Hipólito y Santa Brígida. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). Bartolomé de Medina hace descubrimientos en 1555, estimulando la extracción de mineral argentífero considerado como de baja ley; dos años después en 1557, en la hacienda de beneficio de Loreto realiza los primeros

ensayos sobre el beneficio de patio; proceso que consiste, en la trituración de mineral en “arrastres”, hasta obtener un lodo fino que era traspasado a patios pavimentados con lajas, aquí se drenaba el lodo fino, y se extendía en enormes “tortas” circulares, los lodos no excedían los 30 cm de espesor, los cuales eran rociados con mercurio ó azogue. El proceso de amalgamación consistía en la conversión de los minerales de plata a cloruros, reacción que se obtenía, agregando sal cruda (sal de grano), adicionada con sulfato de cobre, y en ocasiones cal, según se requiriera; la mezcla del mineral molido, los reactivos químicos y el mercurio se realizaba por medio de la “pisada” realizada al principio por indios descalzos, reemplazados posteriormente por caballos. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.) **(Fotografía No 12).**



Fotografía No 12.- Representación del método antiguo utilizando en la molienda de mineral.

La invención de Medina fue extraordinariamente práctica, causando una revolución en la metalurgia; este sistema duro 350 años sin ningún cambio, hasta la llegada del método de la cianuración.

Desde 1557 hasta fines del siglo XVIII, se trabajaron con éxito las minas de Pachuca habiendo sólo ligeras interrupciones, debido a la escasez de azogue, cuya venta y distribución había monopolizado la Corona Española. El excelentísimo señor Sebastián de Toledo Márquez de Mancera, fundó las cajas reales en el año de 1670. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). Una segunda era en la historia minera de Pachuca, comienza con la llegada del español Don José Alejandro Bustamante y Bustillo, quién apoyado por el arzobispo Don Juan Antonio Vizarrón y Equirreta virrey de esa época, en 1738 presenta planos y croquis a las autoridades para apoyar su denuncia, donde propone la consolidación de todas las minas abandonadas a lo

largo de la veta de Vizcaína, para justificar la inversión del cuele de un socavón de desagüe; el 1° de Junio de 1739 Bustamante obtiene la concesión y se asocia con 30 socios, entre los cuales se encontraban el Marqués del Valle Ameno, Don Juan Barandiarán y Don Tomás Tello dueños de minas en el distrito, se formulan reglamentos para la sociedad destacando la fundación de tres instituciones caritativas que fueron: 1) un Real Monte de Piedad. 2) un Orfanato. 3) Refugio para Pobres.

Bustamante localiza la entrada de un socavón de desagüe en la barranca de Azoyatla aguas arriba de Pachuquilla, conocido como túnel San Francisco y decide colar el túnel San Antonio. Al segundo año de trabajo se disuelve la sociedad quedando únicamente el Marqués del Valle Ameno, Don Juan Barandiarán y Don Tomás Tello. Ese mismo año Bustamante conoce a Pedro Romero de Terreros el cual se asocia; por razones económicas resultado impracticable cortar a profundidad la veta Vizcaína desde el lado de Azoyatla; con la muerte de Bustamante en 1750 los socios restantes deciden retirarse, dejando sólo a Don Pedro Romero de Terreros, el cual, inicia otro socavón al norte de la veta Vizcaína denominado socavón de Omitlán sin resultados positivos siendo abandonado, realiza un tercer socavón denominado “Socavón” en un sitio llamado Doña Juana, actualmente conocido como Morán, el cuele fue rápido reportando un avance de 700 m en 1754, en esta obra se descubren nuevos cuerpos de mineral, fue efectivo el desagüe por este nivel, el cual estaba comunicado con la superficie por medio de siete lumbreras; durante los 13 años que tardaron en colarse 2,370 m para alcanzar la veta Vizcaína cerca del tiro La Joya, la terminación del gran “Socavón” fue motivo de fiesta y regocijo en el Real del Monte, el 6 de Septiembre de 1762. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

El desagüe de la veta Vizcaína dio acceso a la mayoría de las frentes abandonadas e inundadas desde 30 años atrás, subiendo la producción de mineral a cifras fabulosas. El Rey Carlos III, concede el título de Conde de Regla a Don Pedro, título que posteriormente fue heredado a su primogénito y títulos separados de Marqués de San Cristóbal y Marqués de San Francisco para sus herederos más jóvenes. Las fabulosas riquezas del Conde de Regla estuvieron siempre a disposición de la corona Española, se prestaron grandes cantidades de dinero que nunca fueron pagadas, sin embargo, el regalo más grande que el Conde hizo al Rey fue un buque de guerra con tres cubiertas, hecho de caoba y cedro con 112 cañones montados construido en la Habana, Cuba, cuyo costo fue de 2,500.000 pesos.

Antes de la muerte del Conde de Regla en 1781, sus minas habían rendido 300,000 kg., de plata, incluso habían sido pagadas 35,800 kg., de plata por concepto de partido, desde que se terminó el "Socavón" en 1762. (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). El segundo Conde de Regla fue menos afortunado, los costos iban aumentando en proporción directa a la cantidad de agua levantada al nivel el "Socavón", además de los fuertes gastos por concepto de trabajos fuera de veta, en el subsuelo y superficie. Durante los 13 años siguientes hasta 1794, solamente se produjeron 10,700 kg, debido a que los tiros Dolores y San Cayetano fueron insuficientes para el desagüe, y los tiros San Francisco y Guadalupe tuvieron que profundizarse, los laboríos sobre la veta Vizcaína en esta época ya habían llegado a 110 m por debajo del nivel del "Socavón"; las haciendas de beneficio de Regla y San Antonio requirieron de "arrastres" adicionales, se levantaron muros de piedra y se equipó la hacienda de San Miguel con cuatro hornos de reverbero con sople hidráulico. Los años comprendidos entre 1795 y 1801, el rendimiento y producción de plata sube hasta 150,000 kg, cuando se pensaba que volvería el éxito, fuertes lluvias aumentaron las corrientes de agua subterránea y el desagüe no se pudo mantener con el mismo ritmo, el Conde manifiesta no tener los medios económicos suficientes y a pesar de la amenaza del retorno de la pobreza a Real del Monte, reduce las actividades mineras, abandonando el desagüe mediante el paro de todos los malacates, la producción de plata se desploma hasta 9,600 kg, el Conde antes de cerrar y abandonar las minas en el año de 1801, tuvo un gesto muy notable para aquella época, el cual consistió en mandar examinar todas las frentes, y que se hicieran informes escritos, de las distancias, las leyes de los minerales y la condición de cada frente en el momento de pararse; este informe fue la base de la reapertura de las minas años posteriores. El segundo Conde de Regla muere en 1809, dejando un solo hijo llamado Pedro, quién hereda el título de Conde, las minas y todos los bienes (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

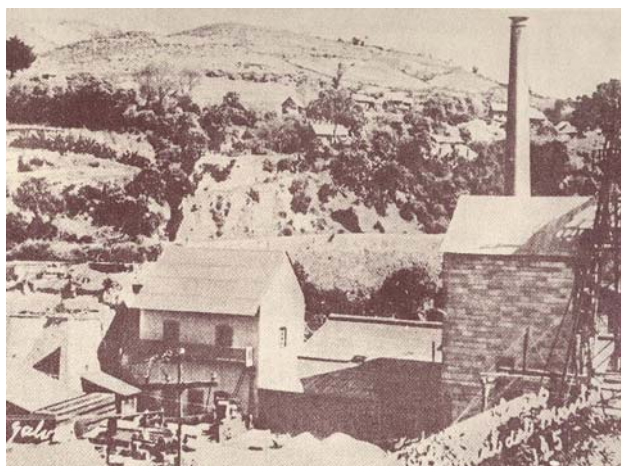
La mayor parte de los mineros en esta época eran de origen español, por ello, durante la Independencia de 1810, son obligados a abandonar las minas. En 1812 los insurgentes saquean Pachuca, asaltando las cajas reales. De esta fecha data el extravío de los archivos mineros, hecho más lamentable que el saqueo de las cajas reales. Terminada la guerra de Independencia después de 11 años de guerra e inestabilidad política, se funda la república en 1821, es reconocido el gobierno Mexicano por Inglaterra.

En 1820, Don Pedro tercer Conde de Regla, ordena y permite a su administrador Don José Rodrigo Castelazo, realizar trabajos de comprobación para conservar las propiedades mineras, informe que sería aplicado para la formación de una compañía de participación donde los socios comprarían acciones, este informe es modificado y republicado nuevamente en 1823; el Conde concede la administración de sus bienes a un promotor inglés de nombre Robert Posenby Staples socio de un capitalista de nombre Thomas Kinder, el cual le muestra la propuesta llevada por Vicente de Rivafinoli de origen italiano, de formar una compañía minera para trabajar en Real del Monte, Rivafinoli y Kinder interesan a John Taylor, el cual representa a varios capitalistas ingleses y forman la compañía denominada "Caballeros Aventureros" en las minas de Real del Monte a fines de 1823. Los conocimientos mineros de Taylor eran muy amplios, invita a James Vetch ingeniero real, que había contribuido a la sociedad británica con varios informes de geología, nombra a John Rule como gerente de minas, y dos capataces para servir de capataces en las minas, todos incluyendo 14 personas entre carpinteros, herreros, mineros y artesanos, se embarcan y parten a América el 25 de Marzo de 1824 (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

Llegan a Real del Monte el 11 de Junio del mismo año, John Rule y su gente examinan las minas accesibles, hacen levantamientos de las obras superficiales, integra brigadas de trabajo para acondicionar las obras subterráneas; mientras John Taylor se había dirigido a México a negociar los contratos con el coronel Murphy para trabajar la mina Morán y con el Conde para trabajar las minas de la veta de Vizcaína; los ingleses en Inglaterra como en México, estaban francamente convencidos de que los métodos británicos de extracción y beneficio revolucionarían a la minería mexicana. Predijeron grandes mejoras, especialmente por la introducción de bombas cónicas para el desagüe accionadas por vapor, se instalarían sierras accionadas por vapor, así como, molinos de mazos para triturar el mineral.

El "Socavón" recibió la atención inmediata de Rule, un año después de la toma de posesión se habían rehabilitado 1,030 m, hasta el tiro Acosta, a solicitud del Conde se realizaron algunos trabajos de comprobación en el socavón de Omitlán (Aviadero) que en ese tiempo sólo tenía 77 m, hasta que no llegarán las bombas de vapor se tuvieron que construir malacates que estuvieron en función temporal en los tiros de Acosta, San José y

Sacramento. El tiro Santa Teresa se rehabilito hasta 95 m; el tiro San Juan se acondiciono hasta 145 m; se proyecto instalar una bomba en el tiro Guadalupe, que estaba hundido en los primeros 18 m, con un cráter de 30 m de diámetro, siendo necesario ademar el cráter; se trabajo en el tiro San Cayetano a la profundidad de 101 m; el tiro de Dolores requería de trabajos de albañilería cerca del brocal; se considero seriamente instalar en el tiro Dolores o en San Cayetano una bomba cónica; se habían proyectado dos nuevos tiros el San Andrés y San Patricio; se había construido un camino carretero a Omitlán con una distancia de 3,000 m; un camino para comunicar los tiros a lo largo de la veta Vizcaína; caminos a los ranchos El Guajolote, Tepezalá e Istula; tuvieron que construirse muchos edificios, con ventanales de vidrio, y grandes chimeneas al estilo ingles; se construyeron talleres de herrería y carpintería en el patio de la mina Dolores (**Fotografía No. 13**), junto con una troje para almacenar granos para las bestias; los talleres de San Cayetano tuvieron que ser levantados desde los cimientos; se compraron tres casas, dos en Real del Monte, y una casa grande en el tiro San Ramón para la gente que se reclutaba en Inglaterra.



Fotografía No. 13.- Mina de Dolores explotada desde la época de los ingleses 1824.

Las instalaciones para la fundición y amalgamación, se realizaba bajo la supervisión de un fundidor galo de nombre Roger Morgan instalado en Regla; las desavenencias entre Rule y Vetch, hacen que el segundo renuncie y regrese a Londres, la gerencia nombra a James Colquhoun como jefe de brigada, este a su vez, selecciona a un oficial de nombre John Hitchcock Buchan, hombre clave en el curso de la minería de Pachuca (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). Las bombas cónicas eran máquinas enormes y muy pesadas con enormes cilindros de fierro fundido, además la gran cantidad de insumos de fierro, madera y bronce, calderas de vapor para las

bombas cónicas, carruajes, pertrechos y guarniciones, entre otras, sumaban 1,500 toneladas que serían transportadas en tres buques desde Inglaterra; desde el inicio surgen demoras de muchas clases, como tempestades en los puertos británicos en el Atlántico, al llegar a las costas de Veracruz, Colquhoun es notificado de que los españoles tenían en su poder el Castillo de San Juan de Ulúa, y no permitían el desembarco, y el gobierno mexicano negó el desembarco en el puerto Antón Lizardo en Veracruz; la insalubridad de los barcos había provocado el brote de la fiebre amarilla llamada "vomito" calamidad de esta región, la carga tuvo que trasladarse a la playa en gabarras a través de la marejada, algunas alcanzaron la playa otras volcaron, perdiéndose un cilindro de fierro fundido, que no se recobro. Adicionales demoras, se sumaron como, el papeleo burocrático en la aduana de Veracruz, en esa fecha ya había cobrado la fiebre amarilla la mitad de los artesanos y un tercio de los capataces; Colquhoun traslada a los sobrevivientes y la carga hasta Jalapa, abandonando temporalmente la carga en Mocambo.

En Jalapa, con los carruajes, guarniciones y el personal restablecido, inicia la marcha en Febrero de 1826, con un convoy de 550 mulas, 50 carruajes, y 120 hombres, al final de Marzo había llegado hasta Encero, la mitad del camino entre la costa y Jalapa, la segunda etapa la realiza hasta Guatimape cerca de Perote, el 8 de Abril comienzan las lluvias después de grandes fatigas y la perdida de hombres, animales y equipo, a fines de Abril llega hasta el campamento de la compañía en el rancho El Guajolote, el convoy descansa varios días y reanuda la marcha a el Real del Monte, la primera máquina se instala el 12 de Agosto de 1826.

El 21 de Marzo de 1827, William Simmons comisionado por Vetch, en un recorrido de inspección, informa del incendio en la fragua de San Cayetano, que destruyó todos los edificios en el patio; surgen de nueva cuenta problemas con el partido en donde Vetch y todos los administrativos de la compañía se niegan a las peticiones del partido, argumentando que la compañía se expondría a actos de robo por parte de los mineros, Londres manda personal conocidos como "tributereros" quienes trabajaron bajo contrato, pero se les pago en efectivo no en mineral, Vetch se niega pagar el partido y los mineros mexicanos se niegan a extraer el mineral, la situación paso de mal a peor y Vetch solicita apoyo militar para mantener el orden, estos sucesos coinciden con la llegada de Charles Tindal, el cual llega como comisionado, concediendo las demandas de los mineros y con el partido.

En junio de 1827 se pone a trabajar la bomba de la mina Dolores, y a fines de este año se pone a trabajar otra en el tiro San Cayetano, para septiembre y octubre del mismo año se envía a la Casa de Moneda en México, el primer y segundo embarque. En 1832, Charles Tindal renuncia, y es sustituido por John Rule, quién regreso a el Real y permanece hasta 1843, siendo sustituido posteriormente por su hermano William Rule, para el año de 1846 muere Don Pedro Romero de Terreros, tercer Conde de Regla.

El Conde de Regla, había concedido sus minas a perpetuidad, a fines de 1847, se pide la renuncia de William Rule, y la junta en Londres nombra a John Hitchcock Buchan, como gerente de Real del Monte, se le pide a Buchan que liquidara la compañía inglesa original y que formara una nueva empresa, no se consiguen fondos en Londres; los capitalistas mexicanos Manuel Escandón y Don Nicanor Béistegui, se presentaron con Buchan, y suministran fondos bajo condiciones de pago que no permitían la devolución de más de una pequeña parte de la inversión original, con tal de que continuara Buchan como gerente general de la nueva compañía de Real del Monte (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

Con una duración de 28 años, muchos fueron los contratiempos que tuvo la compañía inglesa que provocaron su ruina, siendo los más relevantes: 1) La maquinaria encargada a Inglaterra para el desagüe de las minas, no se pudo desembarcar en Veracruz debido a que San Juan de Ulúa se encontraba en poder de los españoles, y el desembarco se realizo un año después en Mocambo, aumentando los costos de transporte: 2) Se compraron muchas minas en pésimas condiciones: 3) En forma prematura se construyeron muchos edificios costosos: 4) La explotación se realizaba en lugares estrechos y sin planificación, no se aprovechaba el mineral de baja ley y gran volumen, sólo el de ley alta que requería de más obras a profundidad: 5) En el año de 1843 se realizaron muchas obras en Pachuca, siendo abandonadas posteriormente: 6) Se trajo de Inglaterra muchos empleados con elevados sueldos sin ser aptos para la minería: 7) Finalmente, el aspecto económico, las finanzas de la empresa en sus diversos ramos era deficiente. La compañía se disolvió en Londres en el año de 1848. (Aguilera J. C. (1897), op. cit.).

Disuelta la compañía inglesa, Mr. John Hitchcock Buchan de origen ingles, entra en arreglos con los Sres. D. Manuel Escandón y Don Nicanor Béistegui, en el año de 1849, en forma inmediata se trabajo la

mina El Rosario, se llegan a acuerdos con varios mineros que se suman a los esfuerzos de estos señores, en el año de 1853, se trabaja la famosa mina Xacal donde no se obtiene los resultados esperados, es dos años después que el trabajo rinde sus frutos, y esta mina se integra a la compañía. De esta época en adelante Pachuca ha ido en aumento, el minero ha visto cumplidas sus aspiraciones, obtenido grandes ganancias, la población ha crecido en proporción prodigiosa, pues de 7,000 habitantes que tenia en el año de 1755, ha llegado a ser superior a 39,000 en 1895 (Aguilera J. C. (1897), op. cit.).

En octubre de 1848, Buchan hace la venta de las minas a los propietarios mexicanos por parte de la compañía británica. Buchan tenía sus propias ideas acerca de cómo manejar la empresa, aseverando que, “es más fácil criticar los resultados, que proponer nuevas medidas”; establece un sistema de contabilidad mejor, que sustituyera al anterior; proyectó extraer y beneficiar menas de baja ley, como operación básica y costear los gastos fundamentales, de manera que cualquier mina de alta ley que se encontrara, representaría utilidades.

Buchan aumenta el tonelaje de baja ley, disminuye los gastos de la gerencia, del desagüe, y la renta de los propietarios de las minas; tiempo después se abandona el desagüe de la veta Vizcaína, permitiendo que subiera el nivel de agua, hasta 117 m debajo del nivel de “Socavón” utilizando una sola máquina de vapor en Dolores; se colaron tiros adicionales, se instalaron malacates, se construyeron ferrocarriles subterráneos, se acondicionaron patios especiales para la pepena y clasificación del mineral antes del beneficio, se reinicia el colado del socavón de Omitlán (Aviadero) con objeto de cortar la veta Vizcaína a más profundidad; analiza y considera que la unión de las vetas de Vizcaína y Tapona había sido muy productivo en menas de alta ley, Buchan comienza a colar un frente hacia posibles intersecciones similares, en la parte oriental superior de la veta Vizcaína, cerca de las propiedades de San Ramón y La Palma; al mismo tiempo inicia los trabajos en Pachuca, en donde reinicia con el cuele de un socavón hacia la intersección de las vetas de Xacal y Rosario; este sitio resulto ser la bonanza del siglo, produciendo 501,508 kg, de plata entre los años de 1853 y 1862, con esta bonanza, la compañía comenzó a repartir dividendos; otro de los logros de Buchan, es sin duda, considerar que las menas procedentes del sistema oriente-poniente eran susceptibles al tratamiento por amalgamación en patio; mientras las del sistema norte-sur eran

refractarias; pruebas de amalgamación en barriles demostraron que el mineral de las vetas norte-sur podían ser beneficiadas con facilidad por este proceso, instalando un número grande de barriles (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.)

En 1852, se aumenta la capacidad de amalgamar 120 toneladas por semana en Regla mediante el sistema de patio, del mineral procedente del extremo oriente de la veta Vizcaína; el mineral con leyes de 1 a 1.25 kg., procedentes de las vetas del sistema norte-sur, se beneficiaba en barriles en San Miguel, Velasco y Sánchez, a razón de 450 toneladas por semana; en esta época aún faltaban 2,700 m de cuele al socavón de Omitlán (Aviadero) para cortar la veta de Vizcaína, recommenzado y otra vez abandonado después del último trabajo de Castelazo en 1816, reflexionando Buchan, dijo que la compañía inglesa hubiera actuado mejor si hubiese colado en su totalidad el socavón Aviadero, y que hubiera dependido menos de la fuerza generada por vapor, para desaguar todo el distrito hasta el nivel 270 m

Abajo del nivel del "Socavón", Buchan se retiró de la minería en 1856, embarcándose a Inglaterra para no volver más, sustituido en la gerencia por su cuñado Thomas R. Auld, permaneciendo hasta 1862, posteriormente los dueños dejan de encargado al hermano de Thomas, de nombre Stewart Auld. Se había continuado con los trabajos de cuele del socavón Aviadero que en Octubre de 1859 había alcanzado una longitud de 1,994 m; finalmente en el año de 1868, se corta la veta Vizcaína a la distancia de 3,889 m (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.)

Durante la mitad del siglo XIX, se formaron nuevas compañías a medida que se mejoraba la tecnología para la explotación, una de ellas fue la Negociación Minera de San Rafael y Anexas fundada en 1874 por varios socios, destacando el Lic. José María Barros, el cual después de muchos años de desventura, logro que la compañía entrara en bonanza en 1892 hasta mediados de 1896, comenzando un nuevo ciclo de altas y bajas pero siempre con un nivel elevado; es hasta el año de 1910 cuando la compañía tuvo tanto éxito como el que había tenido 18 años atrás, esta compañía trabajo las vetas de la porción septentrional del distrito de Pachuca, conocidas como los grupos de vetas de San Rafael y Camelia, incluyendo ciertas partes de las vetas Vizcaína y Maravillas.

Otra de estas compañías fue la mina de "Maravillas ó Encarnación" constituida el 10 de noviembre de 1849, de los Sres. Adolfo y Agustín Meinecke.

La compañía de Santa Gertrudis y Anexas, que debe su nombre a la mina Santa Gertrudis que se encontraba abandonada, denunciada el 19 de Septiembre de 1874 por los barreteros Sres. José María Manzano, Miguel Trejo, Mariano Islas y Luz Ríos. Esta exploto los grupos de vetas de Santa Gertrudis y Dos Carlos; las explotaciones tuvieron bonanza durante muchos años, especialmente después de la introducción del proceso de la cianuración, y del abandono del proceso de amalgamación a principio del siglo XX (Aguilera J. C. (1897), op. cit.).

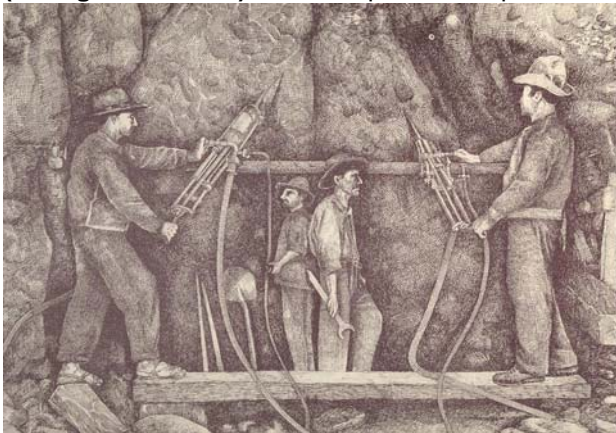
Existieron otras compañías de menor renombre no de importancia entre las que se pueden mencionar, San Cayetano, El Bordo, Andrés Tello, Francisco Rule y socios, La Blanca, Paricutín, Dos Carlos, la Compañía de Minas La Blanca y Anexas; Compañía Minera y Beneficiadora de Maravillas y San Francisco; finalmente la Compañía Explotadora de Minas.

Las principales haciendas de beneficio, son Loreto y La Purísima Grande, la primera propiedad de la compañía Real del Monte, en esta hacienda Bartolomé de Medina realizo sus primeros ensayos sobre el beneficio de patio. La Purísima Chica de la compañía Andrés Tello. Guadalupe propiedad del Ing. Guillermo Segura. La Luz del Sr. Francisco Rule. La Hacienda Bartolomé de Medina propiedad de los Ings. Zozaya y Blázquez fundada en 1892. La hacienda de San Francisco (El Cuervito), en esta, Mr. Martin P. Boss presentó por primera vez su patente de beneficio. El Refugio de la compañía San Rafael representada por el Sr. Felipe N. Barros. (Aguilera J. C. (1897), op. cit.).

La Compañía Maravillas y anexas debe su nombre a el estado floreciente de Pachuca, el cual vino a ser bruscamente destruido por la inundación de sus principales minas, la inundación comenzó en Diciembre de 1895 en la mina de La Camelia, situada sobre la veta de Vizcaína, invadiendo rápidamente la mina de San Rafael, que se encuentra sobre la misma veta, y que se encuentran comunicadas; el movimiento ascendente del agua fue tan rápido, que los niveles de bombas de la minas de Camelia y San Rafael son inundadas; y la bomba de Maravillas se encuentra impotente para contrarrestar la inundación corriendo con la misma suerte que las anteriores. Cabe mencionar, que la maquinaria de desagüe de la mina San Juan establecida en Agosto de 1859, había hecho con regularidad durante muchos años el desagüe de las minas antes descritas, habiéndose negado las

compañías a pagar lo que les correspondía por el desagüe, la compañía Real del Monte propietaria de la mina San Juan, suspendió el desagüe dos años anteriores a la inundación. A este problema se propusieron varios proyectos para el desagüe; el Ing. Luís Carrión, propone se prolongue el crucero de la mina el Jacal, reduciendo notablemente los costos para las minas inundadas, pero el crucero se ubica en el nivel de San Francisco el cual se encuentra inundado, la segunda propuesta es del Ing. Edmundo Girault, propone un socavón que parta de la Hacienda de Loreto, teniendo la ventaja de colarse a varios cabos, economizando los costos para las minas inundadas; las compañías discutieron mucho sin llegar a un acuerdo definitivo, y estas obras no se realizaron (Aguilera J. C. (1897), op. cit.).

El siglo XX, trajo consigo los cambios más marcados en la historia minera del distrito de Pachuca, durante la primera década la conversión de las plantas de amalgamación, por el de cianuración, proceso que volvió a revolucionar el beneficio de mineral; la fuerza eléctrica se introduce en escala cada vez mayor; la invención de la bomba centrífuga hizo anticuadas las bombas cónicas de vapor, simplifico el desagüe y redujo los costos de operación; el aire comprimido usado en las máquinas de perforación (**Fotografía No. 14**)vino a remplazar la explotación



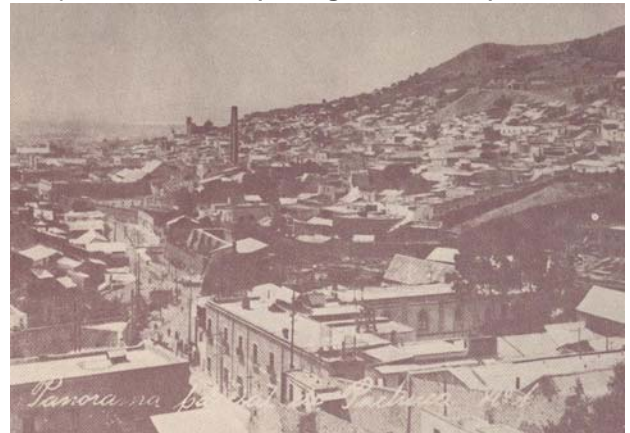
Fotografía No 14.- Mural mostrando uno de los aspectos de la minería.

a mano; todos estas innovaciones requirieron de grandes desembolsos de capital para adquirir estos cambios, trayendo como consecuencia la fusión de pequeñas empresas por las grandes compañías dotadas de grandes capitales, tal es el caso de la minera San Rafael que permaneció en manos de mexicanos y franceses; Santa Gertrudis quedo en manos de ingleses; pero la gran Sociedad Aviadora de Minas del Mineral del Monte y Pachuca fue adquirida en 1906 por la United States Smelting Refining and Mining Company de capitalistas

mexicanos e ingleses, que habían sido los antiguos dueños de la anterior compañía. El nombre se cambio oficialmente en 1920 por el nombre de Compañía de Real del Monte y Pachuca, aunque este nombre ya había sido usado en el siglo XIX (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

La nueva compañía introduce el proceso de cianuración en las plantas de Loreto y Guerrero, con aumento gradual del tonelaje de mineral tratado, de 7,500 toneladas por mes en 1906, hasta 112,000 toneladas por mes en la década de 1932 a 1941; la compañía de Santa Gertrudis se convierte en 1938, en la cooperativa de Dos Carlos, al pasar a manos de los trabajadores, la cual, siguió funcionando hasta 1953, año que suspende labores por falta de mineral. La negociación Minera de San Rafael y Anexas, entregó su participación a los trabajadores en 1939, formándose una cooperativa que se disuelve en 1955 por problemas de tipo operativo, como el hundimiento del tiro general.

La United States Smelting Refining and Mining Company, vende su participación de la compañía al gobierno mexicano en 1947, en esta época, todos los funiculares fueron desmantelados, y todo el mineral de las minas fue transportado por trenes eléctricos hasta el tiro San Juan donde era manteado a la planta de Loreto (**Fotografía No. 15**).



Fotografía No 15.- Panorámica de Pachuca a principios de siglo XX, con haciendas de Progreso al fondo, derecha Loreto e izquierda Purísima Grande.

De 1906 hasta 1924, los levantamientos y estudios geológicos son realizados por las grandes compañías como la Real del Monte y Pachuca, Santa Gertrudis Y San Rafael, la exploración del subsuelo se activó notablemente con el uso de barrenas con recuperación de núcleos, el análisis de las estructuras se realizó a nivel de todo el distrito, descifrando las estructuras geológicas trayendo como consecuencia, la exploración del subsuelo

para la localización de vetas paralelas y ramales principalmente, así como estructuras de media luna y de arco, todas ellas sin expresión en superficie; se realizó el minado de las grandes estructuras a lo largo de grandes distancias horizontales, más allá de los límites de los cuerpos de mineral comercial; se colaron cruceros y se perforaron barrenos de diamante verticales atravesando las áreas de las vetas conocidas, al oriente, poniente y sur del distrito. Las principales vetas descubiertas, durante el período de 1906 a 1947, fueron sin duda las vetas del grupo de cerro El Lobo, gran parte del grupo de vetas de Dos Carlos y el grupo de vetas del área de Paricutín; es notable destacar que los grandes yacimientos minerales descubiertos y explotados durante este periodo, se deben a la exploración directa partiendo de los laboríos subterráneos.

La compra de la compañía Real del Monte y Pachuca en 3.5 millones de dólares por la Nacional Financiera en 1947, se realizó con el objetivo principal de prolongar la vida productiva del distrito, extrayendo toda la roca mineralizada que contuviera suficiente metal para cubrir los costos de extracción y beneficio; para lograr este propósito, se intensificó la extracción de las "ruinas", así como, la extracción de los pilares de los cuerpos mineralizados, aumentando el número de barrenos exploratorios en busca de ramales y vetas paralelas en los respaldos de las grandes estructuras ya explotadas. Otros factores que contribuyeron a mantener en operación las minas, fue la mejora en los procesos metalúrgicos, permitiendo una mejor recuperación de los metales a menor costo, así como también contribuyó el aumento del valor de la plata en el mercado mundial (de 1947 a 1960 de \$0.718 a 0.914 dólar/onza troy), y finalmente la evidente devaluación del peso mexicano frente al dólar (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

A pesar de la riqueza de datos sobre la geología del distrito y la naturaleza y distribución de las vetas y de los minerales de veta, solamente se han publicado ciertas partes de dicha información, principalmente entre 1897 y 1956, debido en gran parte a la reticencia impuesta por las varias compañías que competían en el distrito. No fue sino hasta 1924, cuando la Cía. de Real del Monte y Pachuca comenzó a levantar mapas detallados de las formaciones litológicas y de las estructuras, y a estudiar detenidamente la petrografía y mineralogía de las rocas encajonantes y de los rellenos de veta (Aguilera J. G., op cit., 1897, Hulin C. D., 1927, Wisser E., 1929, Warren J. m, 1937, Turban F., 1945, Schulse G., 1950, Thornburg C. L., 1939,

1942, 1943, 1946, Bastin E. S., 1947 Y Geyne A. R., et al., 1951) y (Ordóñez y Rangel, 1899, Ordóñez, 1902, Pope, 1911 y Winchell, 1922, Hulin, 1927, 1929a, 1929b, Scarfe G. O., 1927, Santillán,, 1931, Wisser, 1937, 1941, 1942, 1946, 1948, 1951, Thornburg, 1948, 1952, Geyne, 1949, 1955, 1956, además de muchos otros archivos de la Cía. de Real del Monte y Pachuca que contienen numerosos informes privados sobre la geología de áreas seleccionadas, así como mapas geológicos detallados de casi todos los laboríos mineros del distrito, mapas de rebajes y de ensayos de todas las vetas, descripciones de los núcleos de barrenos y toda la información petrográfica y mineralógica reunida por los geólogos empleados por las compañías durante los últimos 100 años y contribuciones significativas particularmente de S. F. Adams, Fred Searles, Jr., C. H. Reed, W. R. Landwehr, E. N. Pennebaker', Wilbur Grant, Fred Stewart, W J. Mead y O. N. Rove) en Geyne A. R., et al., (1963) op cit.

Pero no fue hasta 1963 en que se publica un estudio con una descripción detallada de las relaciones entre la geología regional y la local, con mapas y cortes geológicos detallados, y entre éstas y los yacimientos minerales. Este estudio inicia en 1949 cuando los autores Geyne, de la Cía. de Real del Monte y Pachuca, y Fries, entonces del United States Geological Survey, tienen pláticas que culminaron en un arreglo entre Consejo de Recursos Naturales No Renovables y el United States Geological Survey, para sintetizar, interpretar y publicar la información geológica sobre el distrito y los yacimientos minerales, bajo el programa de colaboración en la geología vigente entre los gobiernos de México y Estados Unidos. Wilson, del Geological Survey, comenzó el proyecto con Geyne en 1949 y trabajó con interrupciones hasta 1952. Se reanudó el estudio en 1953 cuando Segerstrom, del Geological Survey, fue designado para colaborar con Geyne y en 1954 fue aumentado el personal con la designación de Black, también del Geological Survey.

Se volvió a interrumpir el trabajo a principios de 1956, casi al haberse completado todos los estudios e informe por Fries y Geyne en 1959 y 1960 recurriendo de vez en cuando a los demás autores y se publico hasta 1963. Desde los inicios del quinto periodo histórico del distrito antes mencionado en 1947, en que el gobierno mexicano administro los distritos mineros de esta región, el Consejo de Recursos Minerales ha realizado gran cantidad de

trabajos de asesoría geológica apoyándose en métodos indirectos como geoquímica de vapores de mercurio y geofísica, (Gómez O. V., 1967, Echegóyen P. I. et al., 1967, Lee m J. et al., 1974, Vélez L. J. et al., 1974 y Villegas C. et al., 1975). Otros consistieron principalmente, en la actualización, tanto de la geología de interior de mina, como de la elaboración de planos y secciones y marcar la infraestructura existente en cada una de las unidades del distrito principalmente de Pachuca – Real del Monte y del distrito de Mineral del Chico.

Se realizó muestreo sistemático de las obras en las cuales se requería por no existir éste. En base a estos primeros estudios se elaboró un programa de obras y barrenos de exploración en los cuales se recomendaron 149 obras de exploración y 66 barrenos de diamante: éstos programas se elaboraron de diciembre de 1973 a diciembre de 1974, de estos anualmente se seleccionaban obras por jerarquía; en base a su infraestructura e inaccesibilidad, en estos programas anuales se incluían obras y barrenos que resultaban de posteriores trabajos. En el período de 1973 a diciembre de 1985 se recomendaron un total de 340 obras de exploración que incluían principalmente los programas de exploración de Dos Carlos y Paricutín (Lee m J., 1973). De estos programas de exploración se realizaron un total de 72 obras, de las cuales dieron resultados favorables 44 obras.

Que fueron las reservas a diciembre de 1985 y se exploraron un total de 2'405,418 ton con 220 g/t de plata. En barrenación a diamante desde 1973 en que el Consejo de Recursos Minerales se hizo cargo de dicho departamento se realizaron 237 barrenos de diamante; con una longitud total hasta diciembre de 1985 de 35,389.63 m También se realizó un estudio sobre la paragénesis del yacimiento (Edgard D. J., 1976). En el año de 1975 se hizo un estudio preliminar con el sistema de minado "Block-Caving" en la mina Santa Ana de la Unidad San Juan Pachuca. Un poco después inician los trabajos de exploración en el área de Santa Lucía en San José Tepenene (Valverde R. J. et al., 1980, García C. P., 1988), en donde con los resultados obtenidos se elaboró un programa de exploración para esta área. También se evaluaron las áreas de Paricutín y Prosperidad (Ramos C. S. et al., 1979, Gómez C. A. et al., 1978, Martínez C. B., 1981). El proyecto Mar de plata, se llevó a cabo en base a estudios realizados, en gran parte del área norte de Purísima (Valverde R. J. et al., 1980, 1981, 1983, Cifuentes D. m, 1981). Y por otra parte se estudiaron los prospectos de Tizahuapan y Sanctorum.

En las minas de Prosperidad y Panales se realizaron trabajos de rehabilitación y acondicionamiento, así como la continuidad de obras (cruceros y tiros principalmente). También se realizaron levantamientos geoquímicas por vapores de mercurio en las áreas de Prosperidad, Paricutín y Atotonilco (Ramos C. S., 1979, Gómez C. A., 1980), y levantamientos electromagnéticos Turam en las áreas de Dios te Guíe, Monterrey, Prosperidad y norte de Purísima (Cifuentes D. m, 1981).

En los distritos de Mineral del Chico y Capula, se realizaron trabajos en los prospectos de Santiaguito, Aurora, San Sebastián Capulines, Poder de Dios, San Francisco, San Juan Gallo, Santa Rosa y Capula (Alexandri R. R., 1954, Schulze Z. G., 1959, Ramos C. S. et al., 1983, Hernández P. I., 1975 y 1976, Nolasco V. L., 1976, 1977, 1980a, 1980b, Villegas G. C., 1975, 1976, Lee m J., 1976, 1981). En 1987 y 1988 el Consejo de Recursos Minerales continúa definiendo áreas de exploración dentro del distrito como son Santa Lucía, Prosperidad, Dinamita, Porvenir, Milanesa, Analcos, Santa Martha y algunos ramales al alto y bajo de las principales vetas de las zonas mineralizadas de Purísima y La Rica. (Dios te Guíe, Ures, San Sabas, Purísima) (Torales I. J., 1987, Salvador R, 1979, 1983, Valverde R. J., 1988). Cuando el distrito pasa a manos de la iniciativa privada, son comisionados Buchanan L. J. y Durning W. P (1990), para realizar un estudio genético del yacimiento y Scroule R. m para uno evaluativo del distrito de Pachuca Real del Monte, proponiendo varios blancos de exploración. Y Mc Kee E. et al., (1992) datan una adularía relacionada con la mineralización modificando sensiblemente la estratigrafía relativa de la región. Y por ultimo se han publicado escasos trabajos sobre la génesis y estructura del yacimiento, que a pesar de ser uno de los más reconocidos del mundo, presenta una gran ausencia de datos que ayuden a su entendimiento desde los actuales modelos metalogenéticos (Yta M. et al., 1997 y 1999).

IV.1.3.- INFRAESTRUCTURA.

En general dentro de buena parte de la carta se cuenta con buena infraestructura de comunicaciones y servicios y en especial la parte norte de la carta que es donde se presentan la mayoría de los yacimientos minerales metálicos, ya que se encuentran en las inmediaciones de las poblaciones de Pachuca, Real del Monte, Mineral del Chico, Capula y Carboneras. A su vez la parte central de la carta donde se ubican los depósitos de materiales no metálicos se apoya en la infraestructura de comunicaciones de primer nivel y servicios de las

ciudades de Pachuca, El Arenal, San Juan Tilcuautla y San Antonio el Desmonte. Con respecto a infraestructura metalúrgica dentro de la carta, los distritos cuentan con una planta de beneficio con capacidad de 3000 t/d nominales propiedad de la compañía minera Pachuca Real del Monte, con una producción de 1800 t/d en promedio con el 86% de recuperación, usando el método de flotación-lavado-cianuración.

IV.1.4.- DISTritos MINEROS / ZONAS MINERALIZADAS.

Con la finalidad de simplificar la descripción de la gran cantidad de minas con las que cuenta la carta Pachuca, se dividió la misma en tres distritos los cuales se describen como: Pachuca-Real del Monte, Mineral del Chico y Capula-Arévalo, los cuales a su vez fueron subdivididos en zonas mineralizadas descritas cada una en el apartado correspondiente (Figura No. 8).

IV.1.4.1.- DISTrito MINERO DE PACHUCA REAL DEL MONTE.

El área que circunscribe a este distrito corresponde con la que se tiene definida desde siempre por la Cia. Minera de Pachuca – Real del Monte, se localiza en la parte centro-oriente de la carta, y cubre las inmediaciones de la ciudad de Pachuca y Real del Monte, formado por las zonas mineralizadas San Juan Pachuca, Purísima, La Rica, Álamo y Dos Carlos (Figura No. 8). Las rocas que afloran en el área consisten de brechas de derrame y derrame de andesita con variaciones a dacita, en forma de coladas que presentan una cierta pseudoestratificación en forma alterna, anteriormente descritas como formaciones Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaína; durante el presente trabajo se describe a esta sucesión como (To A-BvA), la cual, subyace a los derrames de riolita de las formaciones Cerezo y Tezuantla, agrupadas como (Tm R-TR), ambas unidades son cubiertas en discordancia por los derrames y

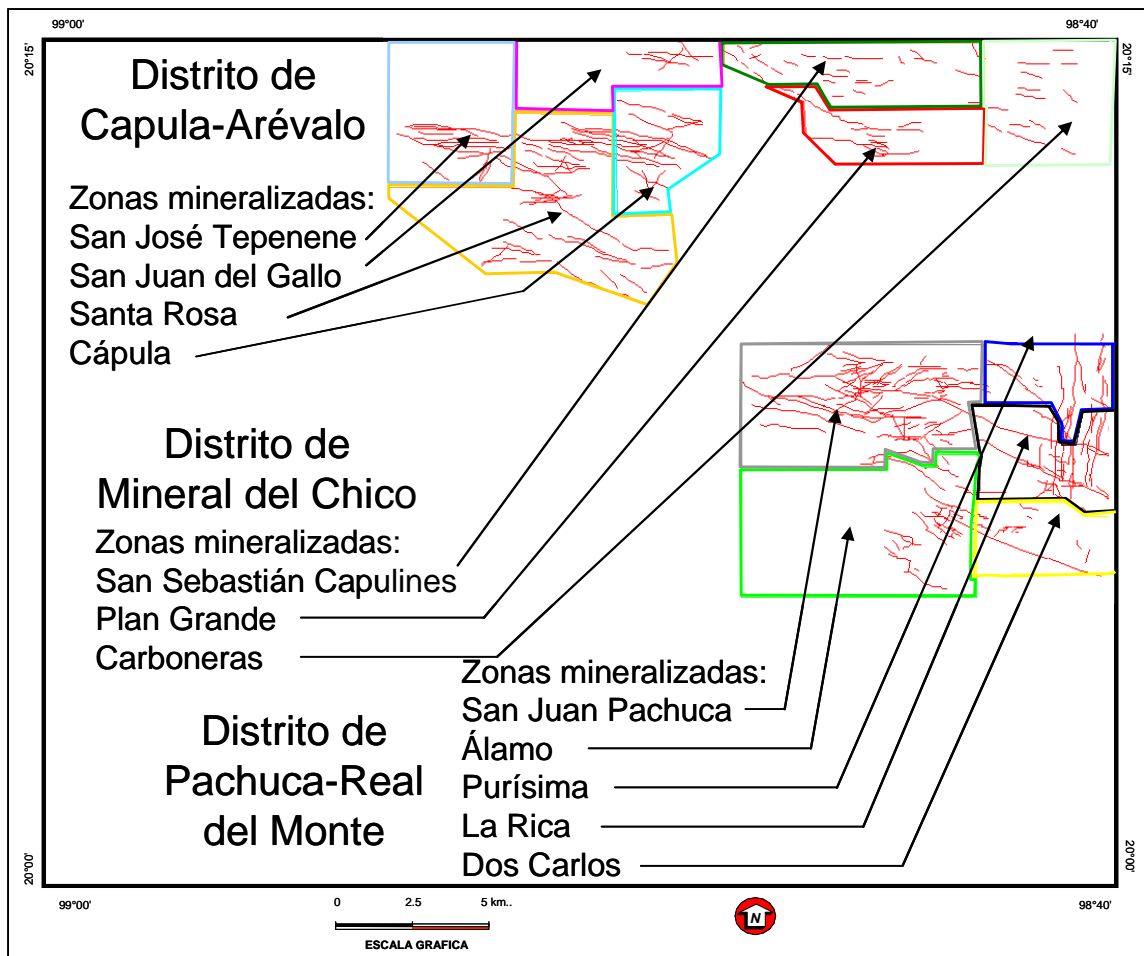


Figura No 8.- Yacimiento minerales Metálicos.

coladas de la unidad Zumate descrita como, el paquete volcánico es intrusionado y cortado por una serie de diques considerados como pórfidos cuarcíferos de grano fino (**Tm PR**), descritos actualmente por petrografía como riolita fluidal fuertemente silicificada, dichas estructuras (diques) presentan rumbos preferenciales NW-SE con tendencia E-W y echados variables al SW que van de 60° a 83°, considerando este patrón como principal, que es cortado por un sistema estructural secundario NE-SW.

Los minerales primarios y secundarios identificados en las vetas del distrito llegan en número a unas 25 especies. Entre éstas, las más comunes consisten en sulfuros básicos primarios, sulfuros argentíferos primarios, cuarzo, calcita, albita y rodonita o bustamita. Entre los sulfuros básicos la pirita es el mineral más común, seguido por esfalerita, galena y calcopirita.

Estos minerales están presentes en todas las vetas del distrito, aunque no necesariamente en todas partes de todas las vetas. Los sulfuros argentíferos constan predominantemente de argentita y acantita; la polibasita y la estefanita se encuentran en menos de la mitad de las vetas del distrito y más en las zonas mineralizadas del Álamo y San Juan Pachuca; son raras la miargirita, pirargirita, y proustita

“El oro nativo se observó sólo en muestras procedentes de cuatro vetas; gran parte de él probablemente se presenta en forma de polvo muy fino. Los sulfuros cupríferos secundarios, tales como la calcocita y covelita son comunes, aunque sólo en cantidades pequeñas”, Geyne A. R., et al., 1963. El cuarzo, incluyendo la amatista, el ópalo y la calcedonia, es el mineral más abundante en la ganga, presentándose en todas las vetas.

La calcita se encuentra en pequeñas cantidades en todas las vetas pero varía en abundancia de un lugar a otro. La clorita, prehnita, caolín, barita, sericita, adularia, epidota y otros minerales de la ganga de las vetas se presentan en cantidades que difieren de uno a otro lugar, pero generalmente son menos abundantes que los minerales anteriormente mencionados de la ganga.

Muchos minerales secundarios formados por la oxidación supergénica también se presentan en pequeñas cantidades en la mayoría de las vetas. La primera actividad hidrotermal asociada con las vetas se manifiesta por la propilitización y la albitización de las rocas de los respaldos. Su origen

puede atribuirse a actividad magmática tardía durante o poco después del emplazamiento de los diques, pero también puede ser en parte a la actividad hidrotermal que precedió y acompañó al relleno de las vetas. La propilitización implicó el depósito de cristales euédricos de pirita, epidota, caolín y diversas variedades de clorita.

La albitización redujo a albita la plagioclasa cálcica normalmente muy marcada en la mayoría de las rocas. Los dos procesos pudieron haber continuado sin interrupciones hasta que las vetas quedaron cuando menos parcialmente rellenas por sulfuros de metales básicos. La albita es un constituyente menor en la mayoría de las vetas, pero predomina en la ganga en ciertos lugares.

Pirita, clorita y epidota se presentan en gran parte de las vetas como facies tempranas y están cortados por cuarzo (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). La sericitización modificó las rocas de los respaldos y cuando menos en parte, siguió a la albitización. La sericita también es menos común fuera de las vetas y está distribuida más irregularmente que los productos de la propilitización y de la albitización.

La silicificación, representada en gran parte por la formación de rodonita y bustamita (más comunes en las vetas norte-sur del área de Real del Monte que en las vetas del área de Pachuca y en donde se hallan asociadas con menas ricas en plata), fue un proceso temprano que afectó a las rocas de los respaldos en las cercanías inmediatas de las vetas.

En gran parte precedió al cuarzo más temprano, aunque localmente los silicatos reemplazaron y cortaron al cuarzo. Adyacente a la mayoría de las vetas la silicificación generalmente fue abundante y es fácil reconocerla. Lo más probable es que el tiempo culminante de la silicificación coincidió con el influjo mayor del cuarzo temprano; el cuarzo posterior está restringido más claramente a vetas formales. Traslapando, pero principalmente siguiendo al primer flujo de cuarzo, vino un influjo menor de calcita.

Localmente 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, sin embargo, siguió a gran parte del cuarzo, rodea cristales euédricos de cuarzo, rellena intersticios en el cuarzo o lo corta.

Gran parte de la calcita también siguió el depósito de los sulfuros de metales base, aunque coincidió con muchos de los sulfuros argentíferos; La calcita también continuó, quizás con menor interrupción al terminar el depósito hipogénico, hasta el período de alteración y depósito supergénicos.

Así es que tuvo el período de depósito mas largo que los demás minerales en el distrito. La mayor parte de los sulfuros de metales base precedió a los sulfuros argentíferos. La pirita fue el primer sulfuro en cristalizar. Continuó desde comienzos de la propilitización hasta comienzos del relleno de veta. En muchos lugares, sin embargo, las dos generaciones de pirita pueden separarse. La pirita en los respaldos generalmente es euédrica y densa; la de las vetas es en parte semejante, pero generalmente anédrica y porosa.

La mayoría de la esfalerita siguió a la pirita y gran parte de la galena siguió a la esfalerita. En la mayoría de las vetas la calco pirita traslapó, aunque principalmente siguió a la galena. En donde se presenta la polibasita y la estefanita, sin embargo, estos minerales generalmente precedieron a la calcopirita y fueron reemplazados por ésta. En donde tanto la acantita como la argentita están presentes (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.).

La mayor parte de la argentita siguió a la calcopirita, la cual forma pringas de exsolución en gran parte de la esfalerita y por lo tanto, parece que fue depositada dentro de límites amplios de temperatura y continuó depositándose durante mucho tiempo. 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, en donde no es secundaria o supergénica, es de origen hipogénica muy tardía. El oro nativo está incluido en la argentita especialmente como mineral hipogénico tardío. En donde la polibasita y la estefanita se presentan juntas, la primera comúnmente fue depositada algo más temprano, aunque en muchas muestras las dos están intrincadamente intercrecidas y se precipitaron juntas. La galena generalmente fue reemplazada por estefanita y polibasita (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.). Los minerales secundarios o supergénicos pueden generalmente, aunque no siempre, distinguirse de los minerales

hipogénicos. En base a temperaturas de homogenización del distrito se tiene un máximo de 200 ° C al principio y abajo de 100 ° C al final con el depósito de la plata (Buchanan L. J. et al., 1990.), el distrito se clasifica como hidrotermal de tipo epitermal de baja sulfidación. Aunque algunas zonas como en San Juan Pachuca pueden ser mesotermales.

Ahora bien con respecto a la mineralización económica dentro de las vetas en este distrito cabe hacer mención que esta se presenta en forma de clavos. La intensidad de la mineralización en los clavos, se distribuye en forma concéntrica, es decir, con valores altos al centro y disminución de los mismos en forma lateral, longitudinal y a profundidad.

Las vetas secundarias que se distribuyen en forma paralela a los sistemas mayores y/o vetas principales, presentan mineralización local y de poco tonelaje. A este tipo de sistema se asocian vetas intermedias que conservan el rumbo del sistema principal, presentando como regla general el incremento de leyes minerales específicamente en la zona de intersección de estas estructuras con alguno otro sistema.

IV.1.4.1.1.- Zona Mineralizada San Juan Pachuca.

Es la zona que representa el vértice noroccidental del distrito de Pachuca - Real del Monte, se ubica al norte de la ciudad de Pachuca, comprende una superficie de 28.18 km² entre las coordenadas 0523269 a 0530848 de longitud este, con 2225772 a 2229685 de latitud norte, tomando como referencia el tiro de San Juan Pachuca en las coordenadas 528419 y 2226727, localizado en la Hacienda de Loreto.

El acceso se realiza por los caminos entre Pachuca y San Miguel Cerezo ya sea el nuevo o el antiguo, y de San Miguel Cerezo hacia la presa de la Estanzuela y hacia el cruce de los caminos entre Pachuca, Real del Monte y Mineral del Chico. En buena parte de toda la zona mineralizada, se cuenta con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, energía eléctrica, entre otros (**Figura No. 9**).

La zona mineralizada tiene una gran cantidad de estructuras vetiformes, de las cuales se refieren a continuación solo las más importantes (**Tabla No. 2**) (La información fue tomada de Geyne A. R., et al., (1963) op cit., confirmando con la Cia. Minera de Pachuca Real del Monte

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

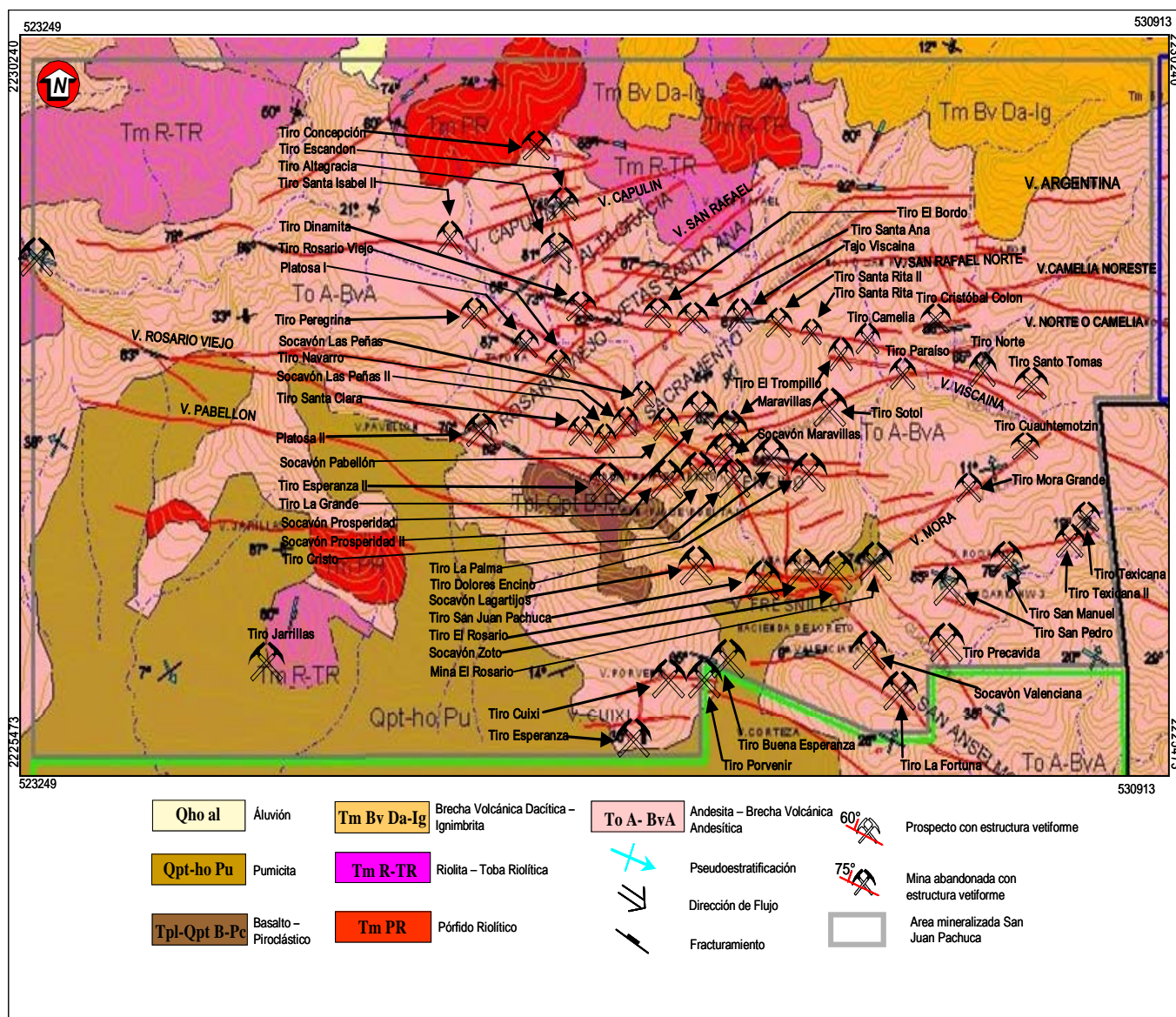


Figura No 9.- Zona Mineralizada San Juan Pachuca.

El perímetro de la zona mineralizada aquí propuesto es realmente mucho mas amplio que el considerado en antecedentes o por la Compañía Minera de Pachuca - Real del Monte, esto obedece a que al occidente de esta zona mineralizada existe una zona de alteración muy amplia en el flanco sur occidental del arco cubitos y que ya antes había sido propuesta como un importante blanco de exploración distintos autores (Buchanan L. J. et al., 1990, Gómez C. A. et al., 1978), llamándola como blanco de exploración oeste, área de El Bordo o área Prosperidad según los diferentes autores y sustentándola con análisis de alteraciones, geoquímica de vapores de mercurio e inclusiones fluidas debido a su potente argilitización y oxidación; además de que hacia ella

se disgregan las estructuras principales de todo el distrito minero de Pachuca - Real del Monte como son las vetas de Vizcaína, Calderona o El Cristo, Maravillas, Rosario Viejo, Escandón, Pabellón y Tapona (**Fotografía No. 16 y No. 17**). Por estos antecedentes se realizó un reconocimiento geológico a semidetalle con muestreo de orientación en el área antes citada, al occidente de la comunidad de San Miguel Cerezo, sobre una zona de fuerte alteración argílica con manchones de oxidación, silicificación y piritización (**Fotografía No. 18**) asociadas a diques de pórfido de grano fino muy alterados y a vetillos persos y semiorientados con los siguientes valores tomados en un muestreo de orientación (**Tabla No. 3**).

Servicio Geológico Mexicano

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
Veta Argentina	2220	0.2	60	444	NE 85°	75° al NW y 75° al SE
Veta Porvenir	1150	1 a 2	295	1725	NW 80°	55 a 65° al SW
Veta San Anselmo	1700	2	100	3400	N 60 a 87° W	55 a 70° SW
Veta Valenciana	2600	2	358	5200	N 69 a 80° W	56 a 70° SW
Veta Fresnillo	540		160	0	N 75 a 88° E	76° SE
Veta Cuixi	750	1.5	225	1125	N 79 a 88° E	55 a 65° SE
Veta Guadalupe	1300	1 a 3	280	2600	N 45° W	70° SW
Veta Altagracia	850	3	170	2550	N 55° E	55° SE
Veta Camelia N 1	50	1	100	50	N 80° W	86° NE
Veta Camelia N 2	50	1	100	50	N 80° E	87° NW
Veta Camelia NE	50	1	150	50	N 80° E	82° NW
Veta Encino	1125	4	365	4500	N 80° W	68° a 75° al SW
Veta Capulín	600	1	40	600	N 64° E	75° SE
Veta Vizcaína occidental	6240	10	900	62400	N 72 a 88° W	85° al NW y 75° al SE
Calderona- El Cristo	400	2	280	800	89° NW	77° NE
Veta Sacramento	1100	1.5	185	1650	NE 74°	62° SW
Veta Maravillas	3600	6	480	21600	NE 70°- NW 75°	77° a 85° al SW
Veta Analcos	2250	1.5 a 10	375	1125	N 88° W	50° a 60° al SW
Veta Mora	1400	3	215	4200	N 65° E	60° SE
Veta Rosario	4000	1.5 a 10	365	12000	N 87° W	50° a 60° al SW
Veta Rosario Viejo	1000	2.5	432	2500	N 55 a 60° E	65° a 85° al NW
Veta Jarillas	2100	1.5	140	294000	N 75° W	70° SW
Veta Porvenir	1150	1 a 2	295	2300	N 80° W	55° a 65° al SW

Tabla No 2.- Estructuras mineralizadas mas importantes de la zona Mineralizada San Juan Pachuca.



Fotografía No 16.- Laboreos mineros antiguos sobre la veta Caderota o El Cristo al norte de Pachuca.



Fotografía No 17.- Laboreos mineros antiguos sobre las vetas encino, maravillas y pabellón.



Fotografía No 18.- Superficie con fuerte alteración argílica así como oxidación y silicificación más locales en el Cerezo.

El análisis del muestreo (PA-093-095, PA-099, PA-100 y PA-101-105) realizado sobre zonas con vetilleo de cuarzo asociadas a las zonas de silicificación y oxidación-argilitización en la comunidad de El Bordo, determinaron que la zona

no presenta interés económico aparente en superficie en las zonas de fuerte oxidación, sin embargo, el muestreo realizado (PA-090-092) en estructura de cuarzo tipo veta paralela al alto de la traza de la veta principal de la mina Escandón, reporta valores atractivos considerando que el muestreo es de superficie; otra de las estructuras muestreadas (PA-114-117) es la continuidad de la traza en la veta de Rosario Viejo sobre la falda norte del cerro San Cristóbal, con dirección al cerro Cumbres Las Tres Marías; finalmente el muestreo realizado alrededor del cerro Mogote, donde afloran un par de estructuras paralelas disectadas por diques félsicos, los valores relativamente fueron bajos (PA-076-086). En estudios mineragráficos solo se encontró escalerita que parageneticamente es la mas baja, en análisis de inclusiones fluidas se obtuvo valores medios de temperaturas de homogeneización de 213° C en la veta Pabellón y de 222° C en la veta Cuervo. En una vetilla secundaria al Norte de la veta Cuervo se obtuvieron valores de 250° C. superiores a los del distrito de Pachuca – Real del Monte (Gómez C. A. et al., 1978), es importante mencionar en analizando planos de ensaye antiguos de la Cia. Minera Real del Monte se

Número Definitivo	Espesor Metros	Ag g/t	Au g/t	Número Definitivo	Espesor Metros	Ag g/t	Au g/t
PA-093	2	N.D.	N.D.	PA-096	10	4	N.D.
PA-094	2	5	0.004	PA-097	10	5	0.009
PA-095	2	5	N.D.	PA-098	10	6	N.D.
PA-099	7	5	N.D.	PA-072	10	6	N.D.
PA-100	7	4	N.D.	PA-073	15	4	N.D.
PA-101	1.8	6	N.D.	PA-074	10	5	N.D.
PA-102	1.8	7	0.049	PA-089	10	6	N.D.
PA-103	1.8	7	0.013	PA-076	8	3	N.D.
PA-104	1.8	3	0.021	PA-077	10	8	0.002
PA-105	1.5	8	0.062	PA-078	10	5	N.D.
PA-090	10	7	0.003	PA-079	10	9	0.004
PA-091	4	52	0.248	PA-080	10	5	0.01
PA-092	10	5	0.012	PA-081	6	6	0.005
PA-199	10	7	0.035	PA-082	6	6	0.005
PA-200	10	7	0.005	PA-083	6	7	0.008
PA-114	4	79	0.508	PA-084	6	7	0.007
PA-115	10	9	0.12	PA-085	6	N.D.	0.003
PA-116	10	14	0.407	PA-086	6	5	0.006
PA-117	10	67	0.432	Tabla No 3.- Muestreo realizado en el área del Bordo.			

aprecia un empobrecimiento radical de valores al entrar en este bloque más o menos al rebasar la coordenada 526000. Esto último desincentiva la exploración en este bloque que parece estar en un nivel en donde la mineralización económica ya no se encuentra sin embargo se puede encontrar áreas específicas en donde la exploración a semidetalle aun puede arrojar buenos resultados como lo es en la continuidad de la veta el Rosario Viejo (Gómez C. A. et al., 1978). En toda la zona mineralizada de San Juan Pachuca destacan en importancia las obras mineras de: *Camelia*, en ella se reportan reservas por 1'545,347 t con leyes medias de 213.07g/t de plata y 1.05 g/t de oro. En el tiro *Camelia*, se observa una loza de concreto de 2.5 por 4 m, el tiro esta tapado a 30 m se observan construcciones antiguas con fecha de 1901, la obra se encuentra rodeada de casas habitación y actualmente algunas de las instalaciones son ocupadas como jardín de niños.

Maravillas, en la cual se reportan reservas por 226,817 t con leyes medias de 196 g/t de plata y 0.98 g/t de oro, aparte de los valores reportados por la Compañía minera de Pachuca - Real del Monte, se tomaron muestras de la roca encajonante en una sección sobre el camino antiguo de Pachuca hacia el Cerezo y que cruza esta y otras estructuras paralelas, con el fin de detectar si existen valores económicos en el vetilleo entre las estructuras formales y analizar la posibilidad de un yacimiento diseminado que abra las posibilidades de una revaloración del distrito como cuerpos con valores de metales preciosos diseminados asociados a las vetas. El muestreo realizado de las muestras PA-129 a la PA-150, arrojó los siguientes resultados (**Tabla No. 4**): Esto indica que los valores son muy bajos aun tomando en cuenta que se trata de evaluar diseminaciones en la roca encajonante.

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 129	8	0.069
PA- 130	4	0.017
PA- 131	5	0.019
PA- 132	2	0.013
PA- 133	5	0.019
PA- 134	N.D.	0.009
PA- 135	3	0.019
PA- 136	10	0.034
PA- 137	16	0.048
PA- 138	2	0.023
PA- 139	3	0.018
PA- 140	7	0.026

PA- 141	5	0.032
PA- 142	10	0.078
PA- 143	3	0.004
PA- 144	6	0.038
PA- 145	6	0.024
PA- 146	N.D.	0.01
PA- 147	2	0.016
PA- 148	3	0.009
PA- 149	2	0.023
PA- 150	4	0.004
Ley promedio	4.82	0.025

Tabla No 4.- Muestreo en respaldos de la veta Maravillas.

Rosario, en ella se reportan reservas por 912,878 t con leyes medias de 217 g/t de plata y 1.087 g/t de oro. Actualmente la mina El Rosario, presenta amplias instalaciones y talleres abandonados por completo, el socavón principal esta enrejado, sin embargo sobre la traza de la veta se aprecian varios tajos y comidos superficiales, en donde se aprecian una serie de vetilleos en un área con ancho de 5 m, los cuales deben formalizar a profundidad. El tiro El Rosario sobre la veta del mismo nombre esta trabajado en un tajo de 60 por 30 m con alto de 25 m (**Fotografía No. 19**).



Fotografía No 19.- Mina El Rosario abandonada y cercado el paso, se localiza al norte de la ciudad de Pachuca.

El Cristo, en esta mina se reportan reservas por 98,353 t con leyes medias de 192 g/t de plata y 0.96 g/t de oro. Aparte de los valores reportados por la Compañía Minera de Pachuca - Real del Monte, se tomaron muestras de la roca encajonante, en la sección antes referida sobre el camino antiguo de Pachuca hacia el Cerezo, con la misma finalidad que

en Maravillas. Se colectaron muestras de la PA-177 a PA-198 dio los siguientes resultados (**Tabla No. 5**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 177	88	0.044
PA- 178	78	0.054
PA- 179	10	0.011
PA- 180	28	0.137
PA- 181	2	0.028
PA- 182	5	0.026
PA- 183	6	0.022
PA- 184	11	0.021
PA- 185	39	0.135
PA- 186	75	0.6
PA- 187	3	0.019
PA- 188	3	0.013
PA- 189	5	0.013
PA- 190	73	0.173
PA- 191	21	0.037
PA- 192	69	0.077
PA- 193	23	0.046
PA- 194	8	0.036
PA- 195	11	0.196
PA- 196	23	0.122
PA- 197	4	0.009
PA- 198	5	0.047
Ley promedio	26.82	0.085

Tabla No 5.- Muestreo en respaldos de la veta El Cristo ó Calderona.

Estos resultados indican valores muy marginales para considerar una evaluación mas detallada aunque son mejores que maravillas. Este tiro cuenta con terreros en dirección al occidente de 30 X 30 m de sección, con desnivel de 20 m, se observan construcciones de 1872. El socavón Maravillas en su interior se encuentra colapsado.

San Juan Pachuca, en esta mina se reportan reservas por 205,532 t con leyes medias de 202g/t de plata y 1.01 g/t de oro. El tiro San Juan Pachuca, se encuentra inactivo, esta dentro de las instalaciones de la compañía minera Pachuca - Real del Monte (**Fotografía No. 20**).

San Rafael, en ella se reportan reservas por 1'569,513 t con leyes medias de 241.607g/t de plata y 1.21 g/t de oro.



Fotografía No 20.- Instalaciones actuales en la planta de beneficio de Loreto (tiro San Juan Pachuca).

El Bordo, en el cual se reportan reservas por 266,952 t con leyes medias de 192.50 g/t de plata y 0.96 g/t de oro. El Tiro El Bordo presenta una sección de 50 por 20m debido a que esta migrado y aterrado con una altura de 20 m, presenta terrero de 100 por 80 m de sección con una altura de 40 m orientado hacia el sur, en la parte superior del tiro se encuentran construcciones antiguas de tipo ingles.

Santa Ana, esta mina reporta reservas por 197,999 t con leyes medias de 266.50 g/t de plata y 1.33 g/t de oro. El tiro Santa Ana presenta una sección de 4 por 4 m, con terrero de 60 por 80 m de sección con un desnivel de 25 m orientado hacia el oriente, se encuentra semicubierto por vegetación. Aparte de estas obras principales y semiactivas se registraron las siguientes obras abandonadas dentro de toda esta zona mineralizada de San Juan Pachuca:

Tiro Jarillas, se colectó una muestra de orientación (PA-205) que reporto análisis de 37 g/t de Ag y 0.095 g/t de Au, la obra no esta sobre la estructura, la traza de esta se encuentra mas al norte asociada a un dique porfídico de grano fino (**Tm PR**).

Tiro Dolores - Encino, presenta instalaciones mineras de mediados del siglo pasado, están cerradas y no hay acceso a las instalaciones que ya están abandonadas.

Tiro Cuixi, este cuenta con malacate e instalaciones de mediados del siglo pasado actualmente son habitadas, por familias.

Platosa I, este socavón se encuentra tapado con basura, y no se aprecia terrero; en la Platosa II, se colectaron las muestras PA-114-117 con los siguientes resultados (**Tabla No. 6**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 114	79	0.508
PA- 115	9	0.12
PA- 116	14	0.407
PA- 117	67	0.432
Ley promedio	42.25	0.36675

Tabla No 6.- Muestreo en respaldos de la veta Rosario Viejo en la Platosa II.

Como se aprecia los resultados de este muestreo aunque marginales si representan algún interés económico al menos para una evaluación mas detallada. Las cuales fueron tomadas de vetilleos asociados al bajo y alto de la estructura, las tablas son poco definidas con cuarzo lechoso y drusado.

Tiro Mora Grande, presenta una sección de 2 X 2 m, se encuentra parcialmente tapado por vegetación, con terreros de 70 por 40 m de área con un desnivel de 5 m, a 40 m cerca se encuentra otro tiro llamado Mora Chica este es de 5 m de sección cuadrada totalmente descubierto, cuenta con terreros de de 40 por 20 m de sección con un desnivel de 10 m orientado al sur solo se aprecian ruinas de las instalaciones mineras.

Tiro Cuauhtémotzin, es un tiro de 1.5 por 3 m con terreros de 100 por 50 m, de sección con un desnivel de 50 m, orientados al norte con algunas construcciones antiguas al parecer de tipo ingles.

Tiro Precavida, presenta una sección de 3 por 2 m, cuenta con cuatro planillas para malacate y terrero de 50 por 80 m, de sección con un desnivel de de 40 m, hay construcciones antiguas de tipo ingles.

Tiro San Manuel, presenta una sección de 1.5 por 3 m cubierto por vegetación y sin ninguna protección por lo que es un riesgo ya que una persona puede caer fácilmente, cuenta con terreros de 30 por 20 m de sección con altura de 15 m en dirección al sur.

Tiro Texinca, no se aprecian las estructuras mineralizadas formales, solo vetilleos delgados de 1 a 2 cm de ancho con cuarzo drusado en el terrero.

Tiro San Anselmo, se observa una loza de concreto de 3 por 3 m con seis planillas para malacate a sus lados cuenta con terrero de 50 por 20 m de sección con un desnivel de 60 m actualmente hay casas habitación en sus inmediaciones.

Tiro Paraíso, este cuenta con instalaciones mineras completas pero inactivas el tiro tiene una profundidad de 540 m

Tiro Santo Tomas, se observan dos pozos con 5 metros de separación uno es de 1.5 por 3 m y el otro es de 3 m de diámetro, ambos cuentan con planillas para malacate. A 40 m hacia el sur se encuentra otro pozo este se encuentra aterrado y es ocupado como basurero, cuenta también con planillas para malacate; se observa terrero de 100 por 80 m de sección con un desnivel de 50 m orientado hacia el sur, hay paredones antiguos al parecer de tipo ingles.

Tiro Norte, solo se encontró el terrero que es de 40 por 20 m de sección con un desnivel de 10 m, con dirección hacia el sur actualmente donde debió haber estado el tiro es un patio de casa habitación.

Tiro Cristóbal Colon, presenta una sección de 2 por 5 m con una profundidad de 380 m, se encuentra protegido con rieles y se observa una planilla para malacate, cuenta con terrero de de 100 por 20 m de sección con un desnivel de 10 m, orientado hacia el oriente, actualmente las construcciones antiguas son ocupadas como casas habitación.

Tiro La Palma, este ya presenta migración hacia abajo, desarrollando un cono de derrumbes, se presenta una estructura bien formalizada y definida tabular constituida por cuarzo drusado.

Tiro Santa Rita, se observa un socavón de 1.5 de alto por 1.5 de ancho y a sus alrededores se observan paredones antiguos.

Tiro Santa Rita II, presenta una sección de 30 por 10 m, aterrado, con una altura de 15 m ocupado como basurero.

Tiro El Trompillo, presenta una sección de 3 por 3 m, protegido por una barda y una malla metálica, a sus alrededores se observan muros antiguos.

Tiro Xotol, presenta una sección de 2 por 2 m, con 400 m de profundidad, se encuentra rodeado por casas habitación, cuenta también con alcancía y planillas para malacate, el pozo esta cubierto con una loza de cemento y a un costado se encuentra una chimenea. Hacia el sur a unos 40 m, hay jales de 180 por 100 m con 15 m de altura.

Tiro Dinamita, presenta una sección de 2 por 3 m cuenta con malacate instalaciones eléctricas y construcciones de inicios del siglo XX, con terrero de 80 por 40 m de sección, con un desnivel de 30 m orientado hacia el sur. Se colectaron las muestras PA-096-098 de los respaldos de la veta Rosario Viejo con los siguientes resultados (**Tabla No. 7**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 096	4	N.D.
PA- 097	5	9
PA- 098	6	N.D.
Ley promedio	5	3

Tabla No 7.- Muestreo en respaldos de la veta Rosario Viejo en la Platosa II.

Tiro Escandón, presenta una sección de 3 por 3 m, con terrero de 100 por 40 m de sección con un desnivel 50 m orientado hacia el occidente cuenta con malacate. Se colectaron las muestras PA-090-092 en la margen al alto y bajo de la estructura mineralizada Capulín con los análisis siguientes (**Tabla No. 8**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 090	7	0.003
PA- 091	52	0.248
PA- 092	5	0.012
Ley promedio	21.33	0.086

Tabla No 8.- Muestreo en respaldos de la veta Capulín en la Platosa II.

Tiro Altagracia, presenta una sección de 6 por 3 m con una altura de 4 m, ocupado como basurero no se observan terreros por la vegetación.

Tiro Peregrina, presenta una sección de 4 por 2 m, es ocupado como basurero, con terrero de 20 por 15 m de sección con desnivel de 30 m al norte.

Tiro Rosario Viejo, presenta un viejo encapillado de 10 de sección por 15 m de altura, se observan construcciones antiguas a sus alrededores actualmente habitadas.

Tiro Texinca II, presenta una sección de 7 por 3 m, actualmente se encuentra inundado y cuenta con terrero de 50 por 30 m de sección con un desnivel de 10 m orientado hacia el norte.

Socavón Zoto, presenta una sección de 7 por 3 m con una profundidad de 40 m, actualmente funciona como basurero

Tajo Vizcaína, se encuentra escavado en la veta Vizcaína, presenta dimensiones de 50 x 50 m y altura de 40 m, en el se identifica un derrumbe, la estructura no formaliza solo se aprecia como un vetilleo asociado a una fuerte argilitización, propilitización, oxidación y algo de silicificación en la roca encajonante.

Socavón Pabellón, se colectaron las muestras PA-118-128 en tramos seccionados en la roca encajonante con vetilleos al alto y bajo de la obra con los siguientes resultados (**Tabla No. 9**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 118	99	0.6
PA- 119	463	1.4
PA- 120	152	0.5
PA- 121	12	0.06
PA- 122	44	0.5
PA- 123	39	0.195
PA- 124	18	0.086
PA- 125	101	0.6
PA- 126	87	0.4
PA- 127	24	0.066
PA- 128	9	0.023
Ley promedio	95.27	0.40

Tabla No 9.- Muestreo en respaldos cerca de la veta Maravillas en Socavón Pabellón.

En los resultados se aprecia que aunque no todos los vetilleos son económicos si algunos llevan valores importantes como en las muestras PA-118 a PA-120 y en el que se corto con las muestras PA-PA-125 y 126 sin embargo son solo de uno o dos centímetros en volumen la ley promedio es mas

marginal pero aun interesante para analizar la posibilidad de evaluaciones mas detalladas.

Tiro La Grande, consiste de un pozo de 4 m de diámetro con una profundidad de de 100 m, también se aprecian paredones antiguos de instalaciones mineras y a 50 m existe otro pozo.

Socavón Las Peñas, en este se colecto la muestra PA-205, con el siguiente resultado: 37 g/t de Ag y 0.95 g/t de Au. Este socavón esta sobre veta no se observan terreros. Más adelante se encuentra otro socavón (Las Peñas II), socavón que se encuentra sobre la veta Sacramento y llamado Las Peñas II.

Socavón Navarro, es un crucero de 1.5 de alto X 2 m de ancho. A menos de 8 metros en dirección norte se localiza un tiro del mismo nombre con dimensiones de 2 X 2 m, con profundidad 10 m

Tiro Santa Clara, cuenta con terrero hacia el oriente de 50 X 50 m de sección con un desnivel de 60 m También se observa un socavón sobre veta de 2 m de alto X 3 de ancho.

Socavón Prosperidad, solo se observo un poco de tubería y un tanque al parecer de combustible. Por otra parte en el socavón Prosperidad II, se colecto un muestreo de orientación siguiendo la sección sobre el camino entre Pachuca y el Cerezo, como en las estructuras anteriores de Maravillas y El Cristo colectando las muestras PA-151-176, en la roca encajonante entre las estructuras y obteniendo los siguientes resultados (**Tabla No. 10**).

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 151	N.D.	N.D.
PA- 152	6	0.002
PA- 153	4	0.004
PA- 154	17	0.021
PA- 155	N.D.	0.005
PA- 156	2	0.002
PA- 157	2	0.004
PA- 158	2	0.009
PA- 159	2	0.018
PA- 160	6	0.004
PA- 161	3	0.01
PA- 162	N.D.	0.01
PA- 163	6	0.006
PA- 164	27	0.22
PA- 165	18	0.036
PA- 166	7	0.011
PA- 167	10	0.011
PA- 168	3	0.004

PA- 169	6	0.028
PA- 170	8	0.019
PA- 171	19	0.3
PA- 172	6	0.005
PA- 173	6	0.006
PA- 174	6	0.013
PA- 175	13	0.012
PA- 176	6	0.014
Ley promedio	6.85	0.03

Tabla No 10.- Muestreo entre las vetas Maravillas y El Cristo cerca del Socavón Prosperidad.

Este socavón también se exploto como tajo con unas dimensiones de 40 m de ancho con 30 m de largo y una altura de 40 m.

Tiro Concepción, tiene terrero con dirección hacia el sur de 40 X 30 m de sección, con un desnivel de 10 m, se observan un par de poleas sobre el tiro, tiene 4 pilares de construcción antigua.

Tiro Santa Isabel II, este tiro se encuentra en una planilla posiblemente vestigio de la instalación de malacate y se observan terreros extendidos en la superficie.

Tiro La Fortuna, cuenta con terrero al norte de 40 X 60 m de sección con un desnivel de 70 m.

Socavón Valenciana, es ocupado como basurero. Y el tiro Esperanza se encuentra en vía pública cubierto con una loza de concreto.

El tiro Buena Esperanza fue cubierto por una loza de concreto y actualmente es una pequeña cancha deportiva, rodeada de casas habitación.

Socavón Lagartijos, en esta obra se colectaron en las inmediaciones las muestras PA-201-204, en los respaldos de la veta Analcos arrojando las leyes de. (**Tabla No. 11**):

No. de muestra	Ag g/t	Au g/t
PA- 170	76	0.183
PA- 171	38	0.125
PA- 172	5	0.011
PA- 173	8	0.017
Ley promedio	31.75	0.084

Tabla No 11.- Muestreo en respaldos de la veta Analcos cerca del Socavón Lagartijos.

Este socavón se encuentra colapsado y es también ocupado como basurero.

Tiro Esperanza II, se observa asociado a un crucero de 1.60 de alto X 1.20 m de ancho con una longitud de 15 m Con terreros hacia el norte de 20 X 40 m de sección y desnivel de 50 m. En total dentro de la zona mineralizada de San Juan Pachuca se calculan aproximadamente 1'300,000 t medidas con leyes medias de 223 g/t Ag, 1.1 g/t Au, así como 2'200,000 t inferidas de 225 g/t con ley media de Ag y 1.12 g/t Au y 1'000,000 de t indicadas con leyes medias de 233 g/t Ag y 1.16 g/t Au.

Por otra parte en terreros se estima un potencial de 38,900 t y en jales 69'500,000 t, estos últimos con leyes de 41 g/t Ag 0.17 g/t Au. Actualmente la zona mineralizada se encuentra amparada en su mayor

parte por los denuncios de El Cuervo con título 218936, Paraíso con título198881, Hidalgo con título198887, El Álamo con título198885, y Minerva 1 con título 218927

IV.1.4.1.2.- Zona Mineralizada La Purísima (Figura No. 10).

Es la zona que representa el vértice nororiental del distrito de Pachuca - Real del Monte, se ubica al norte del poblado de Real del Monte, comprende una superficie de 8.33 km² entre las coordenadas 0530940 a 0534858 de longitud este, con 2227626 a 2229685 de latitud norte, tomando como referencia el tiro Hermoso en las coordenadas 533628 y 2227462, localizado al NW de Real del Monte. El acceso a la zona se realiza por los caminos entre Real del Monte y Mineral del Chico y el de Mineral del Monte y Atotonilco el Grande. Principalmente en

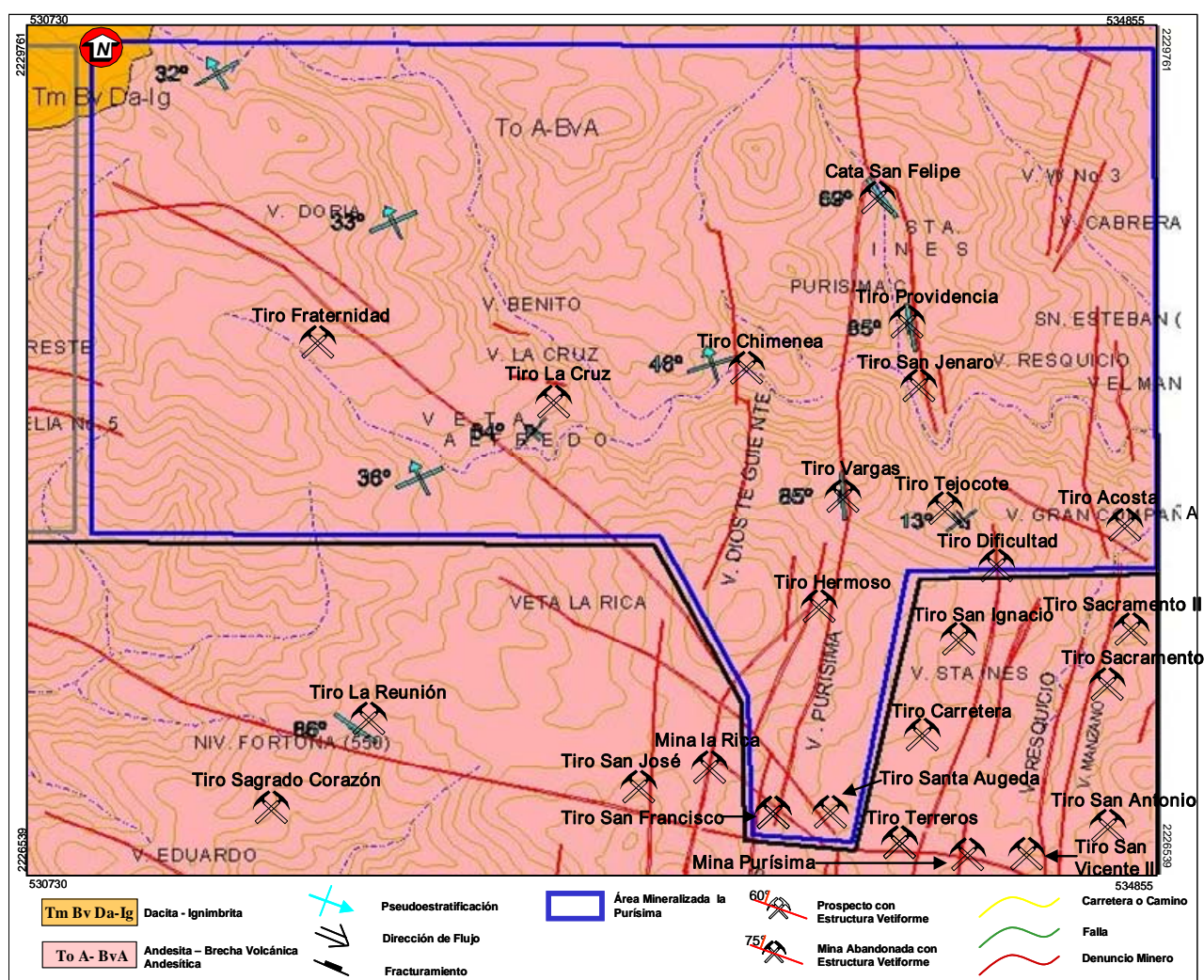


Figura No 10.- Zona Mineralizada La Purísima.

la parte sur de la zona mineralizada se cuenta con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, electricidad, etc.

La zona mineralizada esta compuesta por varias estructuras vetiformes, de las cuales solo se describen las más importantes (**Tabla No. 12**).

Purísima, en la cual se reportan reservas por 8489 t con leyes medias de 228.6 g/t de plata y 1.14 g/t de oro. No se pudo llegar al tiro ya que se encuentra dentro de una antigua construcción minera y no hubo acceso, el tiro se encuentra como a 50 m al norte del punto tomado.

<i>Estructura</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Prof. estimada (m) Cuerpo del mineral explotable</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Echado</i>
Veta Alfredo	2500	1.99	105	4975	43° NW	75° NE
Veta Gran Compañía	3200	2 a 3	280	8000	58° NW	60 a 70° SW
Veta La Cruz	400	2.14	30	856	74° NE	87° NW
Veta Dios te Guíe Norte	1000	0.8 a 1.02	260	880	6° NE	80° SE
Veta W no. 3	670	1.12	130	750	18° NE	75° SE
Veta El Manzano	770	2 a 3	160	1925	5° NW	60° SW
Veta El Resquicio	2900	3	320	8700	10° NE	75° NW
Veta Sta. Inés	3400	5	640	17000	15 a 25° NE	70° SE
Veta Cabrera	1300	1.24 a 1.66	370	1885	16° NE	71° SE
Veta Purísima	2600	1.91	565	4966	03 a 11° NE	70 a 85° NW

Tabla No 12.- Estructuras más importantes de la zona mineralizada de La Purísima.

Nota.- La información fue tomada de Geyne A. R., et al., (1963) op cit., confirmando con la Cia. Minera de Pachuca Real del Monte.

Destacan en importancia las obras mineras de:

Camelia, en esta obra minera se reportan reservas por 1'545,347 t con leyes medias de 213.07g/t de plata y 1.05 g/t de oro. En el tiro Camelia, se observa una loza de concreto de 2.5 por 4 m el tiro esta tapado a 30 m, se observan construcciones antiguas con fecha de 1901, se encuentra rodeado de casas habitación actualmente algunas de las instalaciones son ocupadas como jardín de niños.

Cabrera, en la cual se reportan reservas por 257847 t con leyes medias de 345.30 g/t de plata y 1.72 g/t de oro.

Dificultad, en esta mina se reportan reservas por 234920 t con leyes medias de 257 g/t de plata y 1.283 g/t de oro. Las instalaciones mineras están abandonadas y son muy antiguas de principios del siglo pasado, cuenta con instalaciones eléctricas, y terrero con dirección hacia el oriente de 100 X 80 m de sección con un desnivel de 70 m

Dolores, en ella se reportan reservas por 263,971 t con leyes medias de 175 g/t de plata y 0.88 g/t de oro.

Purísima y Espíritu Santo, en estas obras se reportan reservas por 218,906 t con leyes medias de 231 g/t de plata y 1.155 g/t de oro. Aparte de estas obras más importantes y con operación al menos intermitente, se registraron las siguientes obras dentro de toda esta zona mineralizada de La Purísima:

Tiro Jarillas, se colectó una muestra de orientación (PA-205) que reporto análisis de 37 g/t de Ag y 0.095 g/t de Au, la obra no esta sobre la estructura, la traza de esta se encuentra mas al norte asociada a un dique porfídico de grano fino (**Tm PR**).

Tiro Chimenea, este es usado como basurero, se encuentra cerca del lecho del arroyo por lo que también contamina el arroyo, presenta una profundidad de 4 m hasta el tope de la basura, en las inmediaciones hay ruinas de construcciones entre las que destaca un horno.

Tiro Hermoso, junto a este existen ruinas de instalaciones mineras relativamente recientes no se tuvo acceso a la mina.

Tiro Acosta, las instalaciones del tiro actualmente forman parte de un museo.

Tiro Tejocote, se encuentra a pie de carretera y es utilizado como basurero.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

Tiro Resquicio, se encuentra semicubierto con una loza de concreto, se aprecian 4 planillas para malacate.

Tiro El Manzano, no se observan terreros ya que el tiro se encuentra dentro un relleno sanitario.

Tiro San Genaro, a sus alrededores se encuentran construcciones de mediados del siglo pasado.

Tiro Providencia, presenta tres planillas para malacate, se encuentra tapado por una lámina, cuenta con terrero con dirección hacia el sur de 80 X 30 m de sección con un desnivel de 50 m

Tiro La Cruz, se encuentra semicubierto por rieles, hay terrero con dirección hacia el sur de 50 X 15 m de sección con un desnivel de 10 m, se observan algunos paredones antiguos.

Tiro Fraternidad, cuenta con dos planillas para malacate, el terrero tienen una dirección hacia el sur de 30 X 20 m de sección con un desnivel de 5 m En total dentro de la zona mineralizada de la Purísima

se calculan aproximadamente 164,000 t medidas con leyes medias de 260 g/t Ag 1.3 g/t Au, así como 506,000 t inferidas con ley media de 267 g/t de Ag 1.34 g/t Au y 314,000 de t indicadas con leyes medias de 245 g/t Ag 1.22 g/t Au.

Por otra parte en terreros se estima un potencial de 3000 t, no hay jales dentro de esta zona mineralizada ya que el beneficio se realizaba en zonas más bajas y planas.

Actualmente la zona mineralizada se encuentra amparada en su mayor parte por los denuncios de Carolina, con título 218928, Purísima con título 217458 y Minerva 1 con título 218927.

IV.1.4.1.3.- Zona Mineralizada La Rica (Figura No. 11).

Es la zona que representa el centro oriental del distrito de Pachuca - Real del Monte, se ubica en las inmediaciones y suroccidente del poblado de Real del Monte, comprende una superficie de 12.12 km² entre las coordenadas 0530521 a 0534842 de

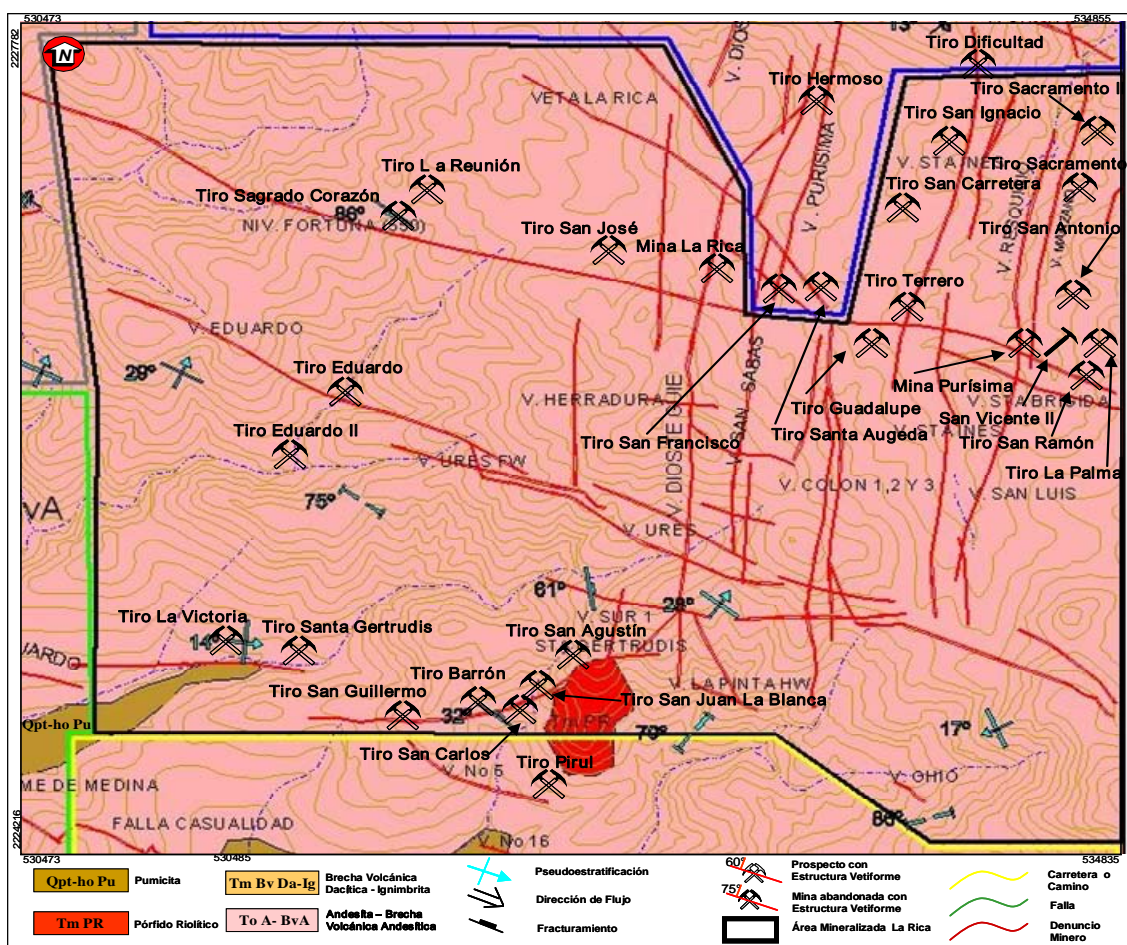


Figura No 11.- Zona Mineralizada La Rica.

Servicio Geológico Mexicano

longitud este, con 2224774 a 2227732 de latitud norte, tomando como referencia el tiro de la mina la Rica en las coordenadas 533211 y 2226814, localizado al occidente de Real del Monte. El acceso a la zona se realiza por los caminos entre Real del Monte y Pachuca tanto el antiguo como el nuevo y el que pasa por Dos Carlos.

Principalmente en la parte NE de la zona mineralizada donde se encuentra Real del Monte, se cuenta con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, |electricidad, etc.

La zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de estructuras vetiformes, de las cuales se describen en la **Tabla No. 13** solo las más importantes:

Pachuca Real del Monte.

Destacan en importancia las obras mineras de:

La Rica y Purísima, estas obras mineras se reportan reservas por 323,070 t con leyes medias de 217.50 g/t de plata y 0.98 g/t de oro.

La Rica en la cual se reportan reservas por 863,637 t con leyes medias de 216.50 g/t de plata y 0.97 g/t de oro. Las instalaciones mineras son del siglo XX (**Fotografía No. 21**).

Colon, en la cual se reportan reservas por 709,304 t con leyes medias de 24,207g/t de plata y 1.08 g/t de oro.

Sr. San José, en la cual se reportan reservas por 981,320 t con leyes medias de 320.40 g/t de plata y 1.44 g/t de oro.

<i>Estructura</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Prof. estimada (m)</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Echado</i>
Veta Resquicio	2900	3	320	960	10° NE	75° NW
Veta Eduardo	2500	4	280	10000	65° NW	70° SW
Veta Ures	600	0.96 a 1.69	240	780	76° NW	73° SW
Veta Herradura	140	0.4	230	56	03° NW	80° NE
Veta Manzano	900	2 a 3	350	2250	05° NW	60° SW
Veta Dios te Guíe	1960	1 a 1.56	630	2509	6° NE	80° SE
Veta Sur 1	490	2.03	242	994.7	76° NW	81° SE
Veta La Pinta	580	2.59	180	1502.2	68° NW	60° SW
Veta Colon N° 1	650	1.88	250	1222	5° NE	81° NW
Veta Colon N° 2	1125	1.62	475	1822.5	6° NE	87° NW
Veta Colon N° 3	750	2.17	325	1627.5	2° NE	83° NW
Veta Santa Inés	1700	1.07 a 1.35	640	2057	15 a 25° NE	70° SE
Veta Santa Brígida	500	1.7	560	850	58° NW	75° SW
Veta La Rica	600	1.67	400	1002	35° NW	76° NE
Veta San Sabas	1005	1.45 a 2.13	350	1758.75	22° NE	87° NW
Veta San Sabas N° 2	1125	2.19	360	2463.75	22° NE	87° NW
Vizcaína Oriental	3810	5	550	19050.00	56° a 80° NW	75° SW

Tabla No. 13 Principales estructuras en la zona mineralizada de La Rica.



Fotografía No 21.-Tiro La Rica en Real del Monte.

Aparte de estas obras anteriores. Se registraron las siguientes obras dentro de toda esta zona mineralizada de La Rica:

Tiro Sonora y Ures, en el se aprecian construcciones antiguas del principio del siglo XX, con terrero al occidente de 100 X 50 de sección y desnivel de 40 m

Tiro Barrón, no presenta protecciones por lo que es un riesgo potencial, tiene un terrero al oriente de 100 X 80 m con un desnivel de 30 m, cuenta con 4 planillas para malacate, se encuentra entre paredones muy antiguos, (actualmente ocupados como casas habitación).

Tiro San Antonio, se encuentra relleno con basura. *Contratiro 90E*, tiene terrero hacia el oriente de 15 X 10 m de sección con un desnivel de 20 m.

Tiro La Victoria, tiene terrero con dirección hacia el sur de 100 X 50 m de sección con un desnivel de 20 m, se observan obras mineras antiguas.

Tiro San Guillermo, cuenta con cuatro planillas para malacate, una de ellas yace derrumbada en el centro del pozo, tiene terrero de 100 X 70 m de sección con un desnivel de 15 m.

Tiro San Juan-La Blanca, cuenta con terreros en dirección hacia el sur de 40 x 30 m de sección con un desnivel de 20 m, se observan construcciones antiguas al parecer del siglo IX hechas por los ingleses.

Tiro San Agustín, se encuentra semicubierto por una loza de concreto, el tiro San Carlos presenta terrero hacia el oriente de 150 X 80 m de sección con desnivel de 50 m presenta instalaciones completas y recientes pero inactivas.

Tiro San José, se encuentra cubierto por una loza de concreto actualmente el tiro se encuentra dentro de una casa habitación.

Tiro Santa Gertrudis, este socavón se encuentra a un costado del arroyo se observan paredones de construcciones antiguas. El tiro San Vicente II se encuentra aterrado y funciona como un pequeño campo deportivo, se encuentra rodeado de casas habitación.

Tiro San Ramón, se encuentra en el patio trasero de una casa habitación y el tiro La Palma se encuentra dentro de una casa habitación y se ocupa como basurero.

Tiro San Ignacio, este tiro se encuentra tapado por una loza de concreto, tiene terreros con dirección hacia el oriente de 50 X 40 m de sección con un desnivel de 15 m el tiro se encuentra dentro de una casa habitación.

Tiro Carretera, este se encuentra dentro de unas instalaciones de mediados del siglo XX ya abandonadas y denominadas como hospital minero, no se pudo acceder.

Tiro Guadalupe, este tiro esta tapado por escombros y basura, se encuentra entre una calle y un campo de cultivo. El tiro Terreros se encuentra dentro de una casa habitación cubierto por una loza de concreto y una barda de ladrillo.

Tiro Santa Agueda, este tiro esta bardeado y semicubierto por una loza de concreto, se encuentra entre casas habitación y a su vez es ocupado como basurero.

Tiro Sagrado Corazón, cuenta con terrero en dirección hacia el oriente de 50 X 20 m de sección con un desnivel de 10 m.

Tiro Sacramento, este es ocupado como basurero se encuentra entre casas habitación y se encuentra rodeado por una barda como protección.

Tiro Sacramento II, es ocupado como basurero y en el lugar del tiro La Reunión solo se encontró una planilla con un terrero con dirección hacia el sur de 30 X 20 m de sección con un desnivel 10 m.

Tiro Eduardo, no se observan terreros por la vegetación, pero en el tiro Eduardo II, se aprecia terrero con una dirección hacia el occidente de 30 X 30 m de sección con altura de 15 m.

En total dentro de la zona mineralizada de La Rica se calculan aproximadamente 787,000 t medidas con leyes medias de 275 g/t Ag y 1.24 g/t Au, así como 1'483,000 t inferidas con ley media de 265 g/t de Ag y 1.19 g/t Au y 665,000 de t indicadas con leyes medias de 238 g/t Ag y 1.07 g/t Au.

Por otra parte en terreros se estima un potencial de 1400 t, y 4'450,00 t en jales con leyes medias de 62.5 g/t Ag y 0.51g/t Au.

Actualmente la zona mineralizada se encuentra amparada en su mayor parte por los denuncios de Unificación con título 212557, Peregrina con título 217459, Carolina, con título 218928, Purísima con título 217458, Minerva 1 con título 218927 y Paricutín 1 con título 218925.

IV.1.4.1.4.- Zona Mineralizada Dos Carlos.

Es la zona que representa el vértice suroriental del distrito de Pachuca - Real del Monte, se ubica al oriente de la ciudad de Pachuca, comprende una

superficie de 8.84 km² entre las coordenadas 0530615 a 0534842 de longitud este, con 2222530 a 2224745 de latitud norte, tomando como referencia el tiro Dos Carlos en las coordenadas 533211 y 2226814.

El acceso a la zona se realiza por los caminos antiguos entre Real del Monte y Pachuca tanto el antiguo como el nuevo y el que pasa por Dos Carlos y también el camino a Pachuquilla.

En la parte occidental de la zona mineralizada, donde se encuentra parte de la ciudad de Pachuca y el poblado de Dos Carlos, se cuenta con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, electricidad, entre otros (**Figura No. 12**).

La zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de estructuras vetiformes, de las cuales se describen en la **Tabla No 14** solo las más importantes:

Nota.- La información fue tomada de Geyne A. R., et al., (1963) op cit., confirmando con la Cia. Minera de

Pachuca Real del Monte.

Destacan en importancia las obras mineras de:

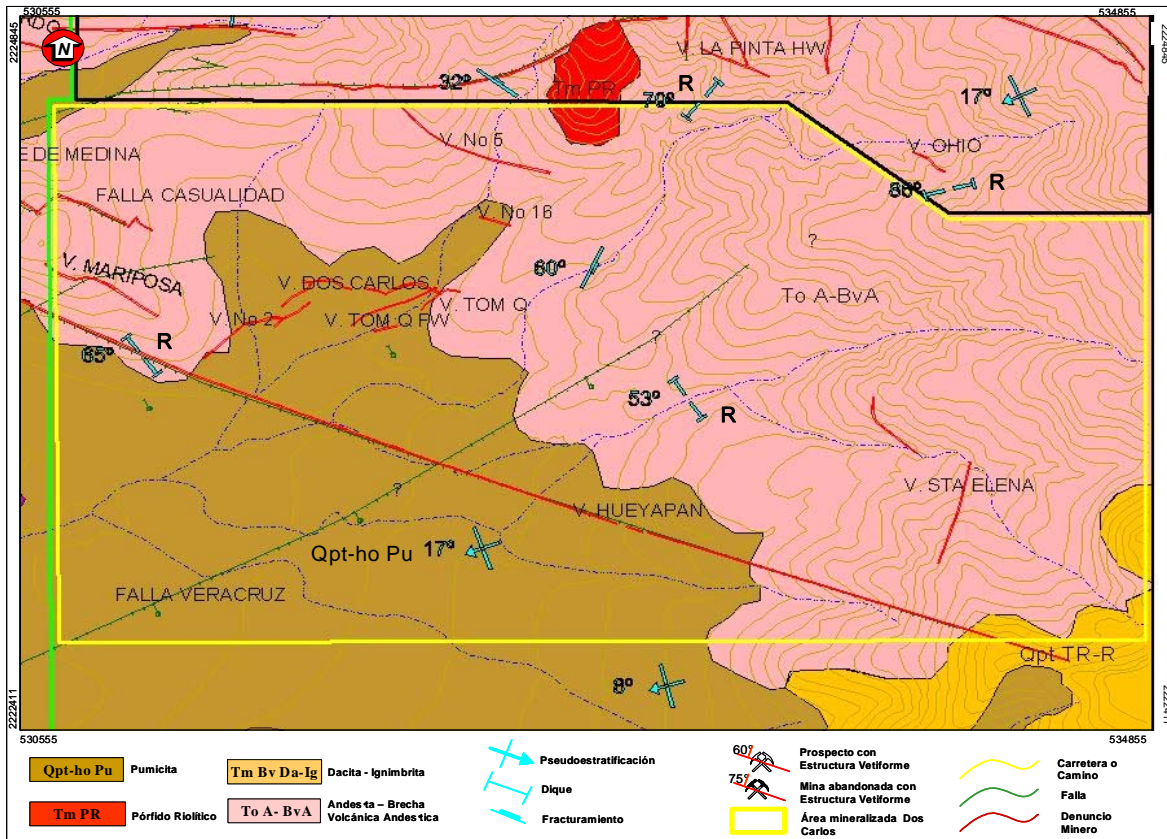


Figura No 12.- Zona mineralizada Dos Carlos.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

<i>Estructura</i>	<i>Longitud (m)</i>	<i>Espesor (m)</i>	<i>Prof. estimada (m)</i>	<i>Área (m²)</i>	<i>Rumbo</i>	<i>Echado</i>
Veta Dos Carlos	2300	5 a 6	440	12650	NE 85°	50 a 60° SE
Veta Hueyapan	6000	05 a 1	150	4500	NW 50°	76° NE
Veta Santa Elena	500	1 a 2	85	750	NW 08°	65° NW
Veta Mariposa	240	2	130	480	NW 76°	55° SW
Veta No. 5	350	0.5 a 2	150	437.5	N 65 a 80° W	66 a 87° SW
Veta Tom Q	880	0.5	200	440	NE 63°	55 a 60° SE

Tabla No 14.- Principales estructuras de la zona mineralizada Dos Carlos.

Tiro Pirul, este cuenta con terrero hacia el sur de 15 X 20 m de sección con un desnivel de 10 m

En total dentro de la zona mineralizada de Dos Carlos se calculan aproximadamente 1'300,000 t medidas con leyes medias de 223 g/t Ag 1.1 g/t y Au, así como 2'200,000 t inferidas con ley media de 225 g/t de Ag 1.12 g/t y Au y 1'000,000 de t indicadas con leyes medias de 233 g/t Ag y 1.16 g/t Au.

Por otra parte en terreros se estima un potencial de 38,900 t, y 69'500,000 t en jales estos últimos con leyes medias de 41 g/t Ag y 0.17g/t Au. Su potencial puede aumentar ya que se reportan anomalías geofísicas que pueden aumentar las reservas (Cruz, R. R. et al., 1973, Villegas G. C. et al., 1974). Actualmente la zona mineralizada se encuentra amparada en su mayor parte por el denuncia de Paricutín 1 con título 218925.

IV.1.4.1.5.- Zona Mineralizada El Álamo.

Es la zona que representa el vértice suroccidental del distrito de Pachuca - Real del Monte, se ubica en la ciudad de Pachuca y sus inmediaciones, comprende una superficie de 28.18 km² entre las coordenadas 0530615 a 0523368 de longitud este, con 2221776 a 2225741 de latitud norte, tomando como referencia el tiro Tula en las coordenadas 528419 y 2226727.

El acceso a la zona se realiza por toda la ciudad de Pachuca, lo que le da la mejor infraestructura en servicios, pero a su vez es el origen de varios problemas de estabilidad de terrenos y ladera, contaminación y otros riesgos geológicos en la zona (**Figura No. 13**).

La zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de estructuras vetiformes, de las cuales se describen en la **Tabla No. 15** solo las más importantes:

Nota.- La información fue tomada de Geyne A. R., et al., (1963) op cit., confirmando con la Cia. Minera de Pachuca Real del Monte.

Destacan en importancia las obras mineras de:

Nueva Australia, en la que se calcula un volumen de 483518 t, con leyes medias de 281 g/t de Ag y 2.76 g/t de Au.

El Lobo, en la que se calcula un volumen de 113,734 t, con leyes medias de 243 g/t de Ag y 2.03 g/t de Au. El tiro *El Lobo*, cuenta con dos planillas a sus costados, tiene terrero con dirección hacia el sur de 10 X 20 m de sección con un desnivel de 20 m se encuentra protegido por una malla metálica.

El tiro *El Lobo 2*, tiene terrero hacia el sur con 80 X 100 m de sección y desnivel de 20 m cuenta con malacate y construcciones antiguas de principios del siglo pasado, algunas de estas se encuentran habitadas.

El tiro *El Lobo 3* esta tapado por escombros, se encuentra en una planicie rodeada de casas habitación.

El Álamo, en la que se calcula un volumen de 963,373 t, con leyes medias de 316 g/t de Ag y 1.98 g/t de Au. El tiro Tula, se encuentra dentro de la mina Álamo de construcción reciente, no se tuvo acceso a la misma, el tiro se encuentra a 80 m al sur del punto tomado.

La Fe, en la que se calcula un volumen de 74,907 t, con leyes medias de 199 g/t de Ag y 1.25 g/t de Au.

Aparte de estas obras más importantes y con operación al menos intermitente, se registraron las siguientes obras dentro de la zona mineralizada de El Álamo (**Fotografía No. 22**).

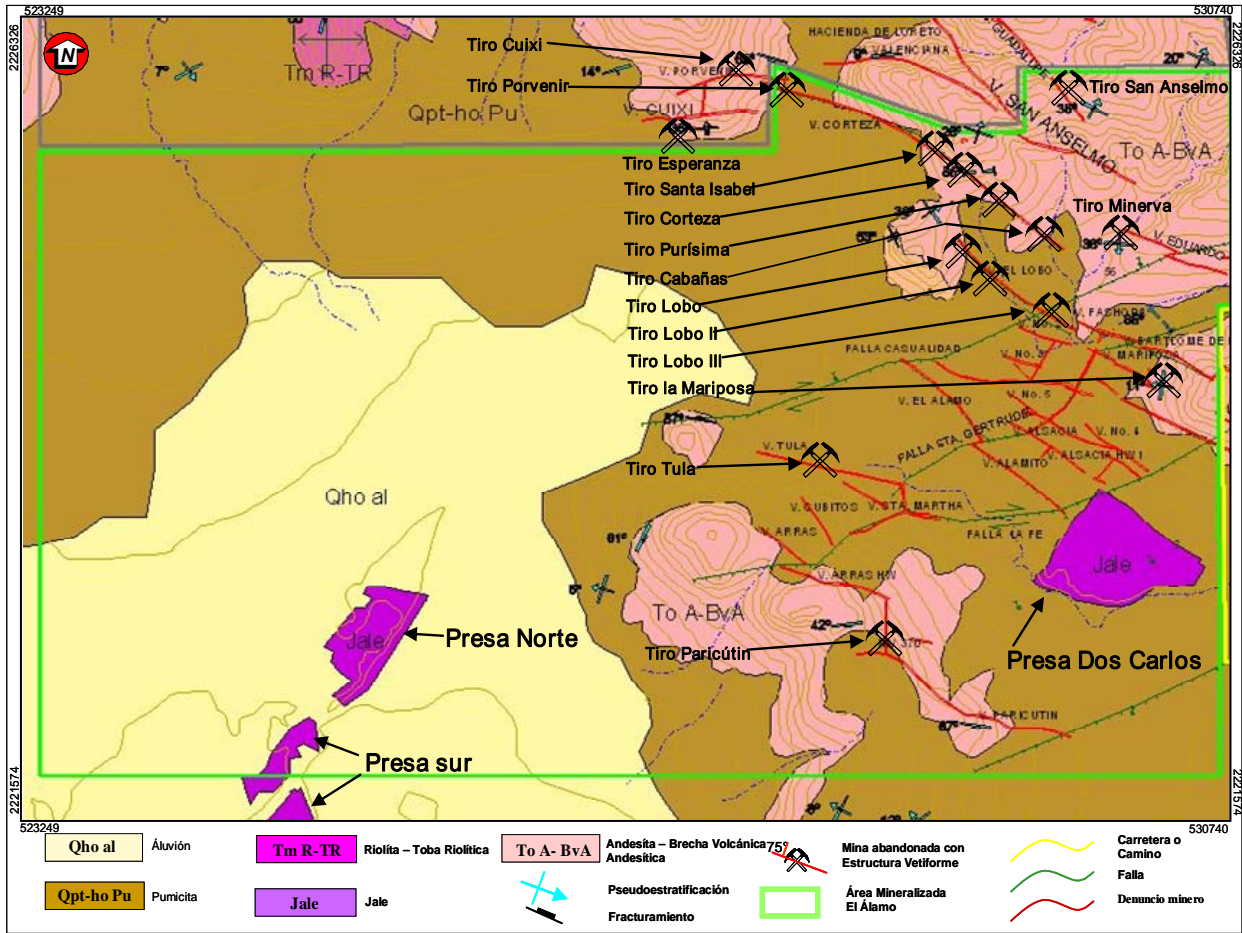


Figura No 13.- Zona mineralizada El Álamo.

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
Veta San Anselmo	2600	2 a 3	358	6500	N 69 a 80° W	55° a 70° al SW
Veta Corteza	2500	2 a 4	335	7500	NW 55°-58°	70° a 85° al SW
Veta Eduardo	2500	4	280	10000	NW 65°	70° al SW
Veta El Lobo 1	1130	1 a 4	355	2260	NW 68°	71° a 85° al NE
Veta El Lobo 2	500	2.26	210	1130	NW 61°	70° a 75° al SW
Veta El Lobo 3	180	2.31	55	415.8	NW 80°	70° a 80° al SW
Veta El Lobo 5	650	1.76	80	1144	NW 55°-58°	74° a 85° al SW
Veta Fashoda	822	1.5 a 4	120	2466	NW 68°-88°	60° al SW
Veta Mariposa	240	2	130	480	NW 76°	55° SW
Veta Alamito	1000	1.37 a 1.70	110	5000	NW 55°-58°	77° a 85° al SW
Veta Alsacia	950	1.73	115	7125	NW 75°	70° al SW
Veta Alamo	1350	2.43	150	3280.5	NW 45°	15° a 45° al SW
Veta Tula	1100	1.79	210	3300	NW 75°	72° al SW
Veta Cubitos	450	2.35	370	1110	NW 45°	75° al NE
Veta Arras	700	2.26 a 2.47	100	1610	NW 55°-80°	60° a 75° al SW
Veta Parícutín	1400	3.03	305	4242	NW 45°-80°	55° a 57° al SW
Veta Sta. Gertrudiz	3050	2 a 30	590	5900	NW 55°-58°	71° a 85° al SW

Tabla No 15.- Principales estructuras de la zona mineralizada de El Álamo.



Fotografía No 22.- Veta Dios te Guie en interior de la mina La Rica.

Tiro Mariposa, cuenta con malacate abandonado y terrero al occidente de 100 X 40 m de sección y 20 m de desnivel, hay instalaciones eléctricas abandonadas.

Tiro Minerva, se encuentra cubierto por una loza de concreto y planillas de malacate, junto a instalaciones antiguas de energía eléctrica y maquinaria abandonada para el malacate, las construcciones parecen ser de la etapa norteamericana de principios del siglo XX. Presenta terrero de 150 X 20 m y desnivel de 60 m al occidente del tiro.

Tiro Cabañas, se encuentra cubierto por una malla metálica. Se observan 3 planillas, una de ellas se encuentra dentro de una casa habitación, a 30 m al SW se encuentra otro tiro, este se encuentra cubierto con una loza de concreto de 3 X 3 m cercado por una malla metálica y rodeado de casas.

Tiro Corteza, este se encuentra ocupado como basurero y entre casas habitación, protegido con una barda de block. Mientras que el tiro Paricutín 2 cuenta con malacate abandonado y terrero con dirección hacia el oriente de 40 X 30 m de sección con un desnivel de 15 m El tiro Paricutín 2 cuenta con características semejantes.

Tiro Santa Isabel, se encuentra aterrado cubierto por vegetación, tiene terrero con dirección al occidente de 40 X 20 m de sección con un desnivel de 30 m

Tiro San Anselmo, se observa una loza de concreto de 3 por 3 m con seis bases para malacate, a un lado cuenta con terrero de 50 por 20 m de sección

con un desnivel de 60 m, existen casas habitación en las inmediaciones.

En total dentro de la zona mineralizada de El Álamo se calculan aproximadamente 535,000 t medidas con leyes medias de 272 g/t Ag y 2.2 g/t Au, así como 750,000 t inferidas con ley media de 330 g/t de Ag y 2.15 g/t Au y 350,000 de t indicadas con leyes medias de 365 g/t Ag y 2.5 g/t Au. No hay terreros importantes en la zona al menos extraíbles por su avanzado grado de urbanización, y 19'900,000 t en jales con leyes medias de 45 g/t Ag y 0.15 g/t Au (**Fotografía No. 23**).



Fotografía No 23.- Imagen de Satélite donde se aprecian los jales de la presa sur y norte en parte ya urbanizados con estadio, centros comerciales y habitacionales, en la parte sur de P

Actualmente la zona mineralizada se encuentra amparada en su mayor parte por el denuncia de Paricutín 1 con título 218925, Álamo con número 19888 e Hidalgo con título número 19887.

IV.1.4.2.- DISTRITO MINERAL DEL CHICO.

El área que circunscribe a este distrito corresponde con los yacimientos minerales localizados en la vertiente austral de la sierra de Pachuca, se localiza en el vértice nororiental de la carta, y cubre las inmediaciones de las poblaciones de Mineral del Chico y Carboneras formado por las zonas mineralizadas San Sebastián Capulines, Carboneras y Plan Grande (**Figura No. 8**).

Las rocas que afloran en el área consisten de brechas de derrame y derrame de andesita con variaciones a dacita, en forma de coladas que presentan una cierta pseudoestratificación en forma alterna, anteriormente descritas como formaciones Pachuca, Real del Monte, Santa Gertrudis y Vizcaíña; durante el presente trabajo se describe a esta sucesión como **(To A-BvA)**, la cual, subyace a los derrames de riolita de las formaciones Cerezo y Tezuantla, agrupadas como **(Tm R-TR)**, ambas unidades son cubiertas en discordancia por los derrames y coladas de la unidad Zumate descrita como **(Tm BvDa-Ig)**.

El paquete volcánico es intrusionado y cortado por una serie de diques considerados como pórfidos cuarcíferos de grano fino **(Tm PR)**, descritos actualmente por petrografía como riolita fluidal fuertemente silicificada, dichas estructuras (diques) presentan rumbos preferenciales NW-SE con tendencia E-W y echados variables al SW que van de 60° a 83°, considerando este patrón como principal, que es cortado por un sistema estructural secundario NE-SW.

En general tomando en consideración el área de afloramientos de los cuerpos intrusivos así como texturas y en cierta medida hasta secuencias paragenéticas de las mineralizaciones entre este distrito y el de Capula - Arévalo todo parece indicar que el bloque oriental es decir donde se encuentra este distrito ha sido desplazado hacia abajo con respecto al de Capula ya que se encuentra en un nivel superior.

Es posible que también haya habido un movimiento de rumbo y echado de un bloque que estaría limitado al oriente y al occidente por fallas localizadas en los contactos de la unidad **(Tm Bv Da-Ig)** con la **(To A-BvA)** (Lee M. J. et al., 1974). En general dentro de todo el distrito se aprecia una paragénesis semejante con metales nativos, de plata y oro, pocos sulfuros como argentita y acantita y escasa polibasita, galena argentífera, pirolusita y pirargirita, algunas de ellas solo se apreciaron en núcleos de perforación (Valverde R. J. et al., 1981) la paragénesis en este distrito esta dada por la siguiente secuencia primero se depositó la pirita luego la blenda le siguió la calcopirita, seguida de la galena y posteriormente la argentita, por último la hematita, calcocita y covelita como minerales supergénicos (Lee M. J. et al., 1974).

En la ganga predomina el cuarzo, calcita óxidos de hierro y manganeso así como caolinita, sericita, calcedonia siderita y tridimita.

Las alteraciones más importantes son la argilitización y caolinización las cuales son extraordinariamente llamativas y silicificación pero también se puede apreciar localmente sericitización y propilitización en la que se incluye la piritización, cloritización, epidotización y caolinización **(Fotografía No. 24)** se aprecia que son especialmente importantes para la exploración de cuerpos con valores de plata la Argilitización, silicificación y piritización (Lee M. J. et al., 1974).



Fotografía No 24.- Área fuertemente argilizada y caolinizada entre Santiaguito y cebadas.

IV.1.4.2.1.- Zona Mineralizada San Sebastián Capulines.

Es la zona que representa el vértice noroccidental del distrito de Mineral del Chico, se ubica al norte de la población del mismo nombre, comprende una superficie de 14.01 km² entre las coordenadas 0522720 a 0530904 de longitud este, con 2237028 a 2239157 de latitud norte, tomando como referencia el cruce Neptón en las coordenadas 526882 y 2237528, el acceso a la zona de estudio se realiza por los caminos entre Mineral del Chico y Cebadas así como a Santiaguito y a San Sebastián Capulines. La zona mineralizada se cuenta con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, luz eléctrica, etc. pero solo cerca de las poblaciones de Cebadas, Santiaguito y San Sebastián Capulines **(Figura No. 14)**, la zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de vetillos mineralizados y solo un par de estructuras vetiformes con características geométricas más formales, muchas de ellas reforzadas con anomalías geofísicas (Israel H. P. et al., 1975, Nolasco V. L. et al., 1976, 1980, Vélez L. J. et al., 1976), de las cuales se describen a continuación solo las más importantes:

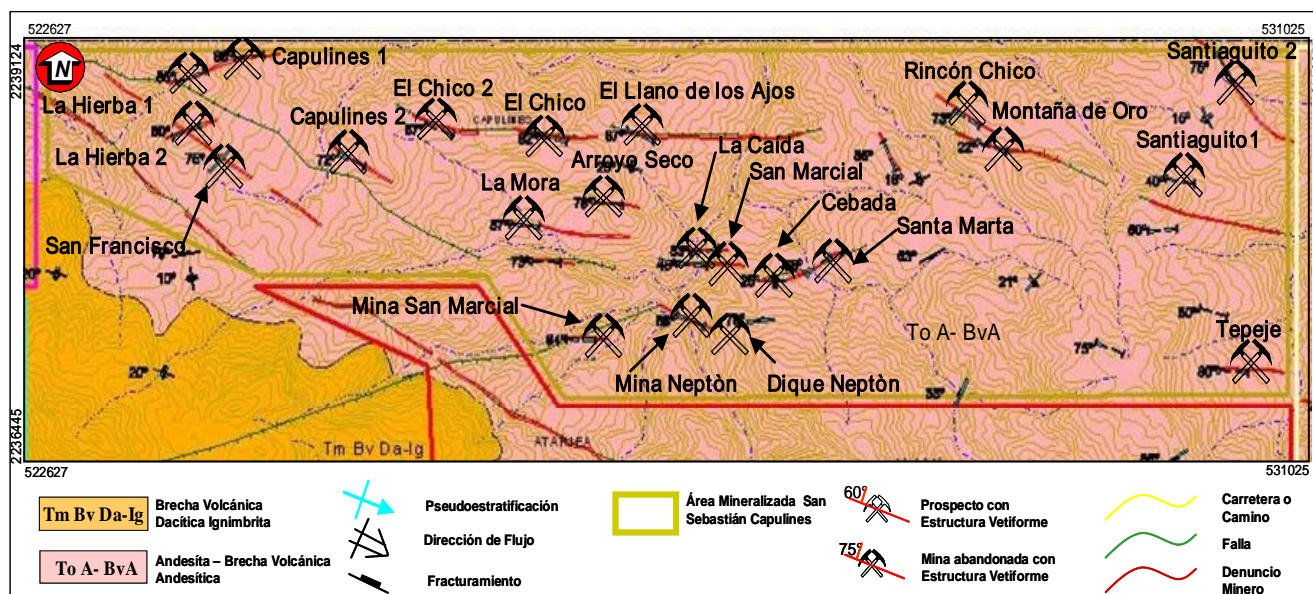


Figura No 14.- Zona mineralizada San Sebastián Capulines.

Veta Atargea, estructura con una longitud calculada en 5000 m según relación de afloramientos, presenta un espesor que varía de 0.6 a 2 m con una profundidad estimada en base a diferencia de cotas de afloramientos de 300 m. Presenta un rumbo de N 79° W con echado que varía de N 55 a 64° E. esta estructura

Dique Capulines, dique mineralizado con una longitud calculada en 150 m, según relación de afloramientos El Chico, El Chico II y Llano de los Ajos, presenta un espesor que varía de 4 m con una profundidad estimada en base a diferencia de cotas de afloramientos de 50 m. Presenta un rumbo de N 67 a 78° W con echado de NE 82° a SW 67° (Lee M. J. et al., 1974, Valverde R. J. et al., 1981).

Las obras mineras y manifestaciones superficiales de mineral que se prospectaron durante el desarrollo de los trabajos en la carta son las siguientes:

Manifestación Sta. Martha, en ella se aprecia una estructura muy oxidada parece ser un flujo de escombros pero no está claro por lo intemperizados de la roca.

Manifestación Cebadas, aflora la tabla de un dique de más de 100 m de ancho. Presenta alteración en la andesita y óxidos de Hierro.

Montaña de Oro, aunque en este punto no se logró encontrar la mina referida en Lee M. J. et al., 1974 y Nolasco V. L. et al., 1976, la cual, sustentan con geofísica y geoquímica a semidetalle, con posibles buenos valores a profundidad (100 m). En superficie

se aprecia una estructura muy oxidada con vetilleos, en la que se desarrolla una brecha asociada a un dique de grano fino.

Rincón Chico, es un socavón referido en Lee M. J. et al., 1974 y Nolasco V. L. et al., 1976, que se sustenta con geofísica y geoquímica a semidetalle con posibles buenos valores a profundidad (100 m). Aflora una estructura con mucho vetilleo de óxidos asociada a un dique.

Tepeje, este aflora dentro de un dique de 10 m de ancho encajonado en las andesitas, sin embargo entre este y el punto anterior, afloran más diques que no se posicionaron debido a la escala de este trabajo. Éste parece coincidir con la estructura del prospecto Tepeje.

Dique Neptón, de color blanco que intemperiza a amarillo ocre y crema, estructura tabular de 2 m de espesor con una inclinación casi vertical. Tiene textura fanerítica constituida por cuarzo y algunos feldespatos, muestra mineralización como pirita y calcopirita.

Mina Neptón, de acuerdo a la información de Valverde R. J. et al., 1981; es un cruceo de más de 2 km de largo de rumbo NW-SE, que corta varias estructuras, actualmente la entrada se encuentra tapiada.

La Caída, es un stockwork de color crema con tonalidades amarillentas y rojizas y con fracturas rellenas de sílice, cuarzo, y manganeso con

presencia de cuarzo amorfo (calcedonia), cuarzo cristalino (cristales de cuarzo), se encuentra intensamente fracturado con planos de fracturas en diferentes sentidos.

Mina San Marcial, consta de un tiro de aproximadamente 50 m de profundidad se encuentra inundado presenta una sección de 5 X 3 m y con un terrero a un lado.

La Mora, es un dique de color blanco que altera a tonalidades amarillentas, rojizas y blanquecinas, presenta estructura tabular; poco compacto, se encuentra moderadamente deleznable, tiene textura fanerítica constituida esencialmente de cuarzo y posible feldespato.

Arroyo Seco, es un dique alterado de color blanco que intemperiza a tonalidades amarillentas, rojizas, blancas y anaranjadas, presenta estructura tabular de 150 m de ancho, se encuentra altamente deleznable, su textura es fanerítica con cuarzo y feldespato.

Llano de los Ajos, es un dique alterado de color blanco que intemperiza a amarillento, ocre, rojizo, fuertemente intemperizado y muy deleznable, presenta textura porfídica constituida por cuarzo y feldespato. Presenta 5 m de ancho su estructura tabular casi vertical.

El Chico, es un dique alterado de color blanco que altera a tonos rojos, amarillentos y crema, constituido esencialmente de cuarzo, su estructura es tabular de 5 m de espesor, muy compacto pero fuertemente fracturado, haciendo que la roca sea muy deleznable.

El Chico 2, es un dique alterado de color blanco que intemperiza a amarillento ocre, rojizo y blanquizco, constituido esencialmente de cuarzo, su estructura es tabular de aproximadamente 4 m de ancho, se encuentra fuertemente fracturado y muy deleznable, presenta fracturas que están rellenas de sílice.

Capulines 2, dique alterado de color blanco que intemperiza a amarillo ocre y rojizo, constituido esencialmente de cuarzo y feldespato, con diseminación de pirita. Se encuentra fuertemente fracturado y muy deleznable. Presenta sílice en las fracturas.

Capulines 3, es un dique alterado de color blanco que altera a tono amarillento, rojizo y naranja, constituido por cuarzo y feldespato, estructura

tabular de 30 m de espesor, se presenta fuertemente fracturado y altamente deleznable.

Santiaguito 1, afloramiento referido en Lee M. J. et al., 1974 y Nolasco V. L. et al., 1976, en donde se sustenta con geofísica y geoquímica a semidetalle con posibles buenos valores a profundidad (100 m). Es un dique alterado de color blanco que intemperiza a amarillo ocre y rojizo, textura afanítica con presencia de granos de cuarzo dentro de una matriz de cuarzo-feldespato, se encuentra poco fracturado.

Santiaguito 2, afloramiento referido en Lee M. J. et al., 1974, Nolasco V. L. et al., 1976, en donde se sustenta con geofísica y geoquímica a semidetalle, con posibles buenos valores a profundidad (100 m). Es un dique alterado de color blanco que altera a amarillento, con tonos verdosos, rojizo y naranja, textura fanerítica, matriz constituida esencialmente de cuarzo-feldespato y cristales de cuarzo, estructura tabular de 12 m de espesor, esta afectado por vetillas oxidadas de cuarzo de 1 a 2 cm de espesor (**Fotografía No. 25**).



Fotografía No 25.- Vetilleo en dique cerca de Santiaguito.

Francisco, afloramiento de andesita con vetillas de cuarzo oxidadas, de color violeta que alteran a amarillento rojizo, la roca sana casi no se observa, se encuentra intensamente fracturada, afectada por varios planos de fracturas y muchas vetillas de 1 a 2 cm de ancho.

Capulines 1, es un dique alterado de 20 m de espesor, de color blanco que intemperiza a amarillo ocre, textura fanerítica constituido esencialmente de feldespatos y abundantes cristales de cuarzo, estructura compacta pero muy fracturada, lo que le da un aspecto deleznable e intemperizado, es afectado por vetillas oxidadas de cuarzo de 1 a 2 cm.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

La Hierba 1, es un dique alterado de color blanco que altera a amarillento y ocre de textura porfídica constituido por cristales de cuarzo y feldespatos, dentro de una matriz afanítica de color blanca, estructura masiva (compacta), pero fuertemente fracturada.

La Hierba 2, dique alterado de color blanco que altera a amarillento y ocre, textura porfídica constituido por cristales de cuarzo y feldespatos, dentro de una matriz afanítica de color blanco, moderadamente fracturada y muy deleznable.

Según el informe de El Proyecto el Chico (Nolasco V. L. 1980), el área cuenta con reservas indicadas de 2'587,000 con leyes de 250 g/t Ag y 2 g/t Au. Tan solo tomando en cuenta las estructuras en las inmediaciones de Santiaguito.

IV.1.4.2.2.-Zona Mineralizada Carboneras (Figura No. 15).

Es la zona que representa el vértice nororiental del distrito de Mineral del Chico, se ubica al norte de la población de Carboneras, exactamente en el vértice nororiental de la carta Pachuca, comprende una

superficie de 14.78 km² entre las coordenadas 0530948 a 0534807 de longitud este, con 2235310 a 2239128 de latitud norte, tomando como referencia el prospecto La Coyotera en las coordenadas 532295 y 2237382.

El acceso a la zona de estudio se realiza por los caminos entre Mineral del Chico y Carboneras así como de ahí a Santiaguito y al rancho La Coyotera. La zona mineralizada se cuenta con pocos servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, luz eléctrica, etc. solo cerca de las poblaciones de Carboneras, Santiaguito y La Coyotera.

La zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de vetilleos mineralizados y al parecer solo un par de estructuras asociada a diques mineralizados, con características geométricas un poco más formales y continuas muchas de ellas reforzadas con anomalías geofísicas (Vélez L. J. et al., 1976).

Estas se evaluaron en el prospecto Mar de Plata desarrollado por el Consejo de Recursos Minerales (Valverde R. J. et al., 1981).

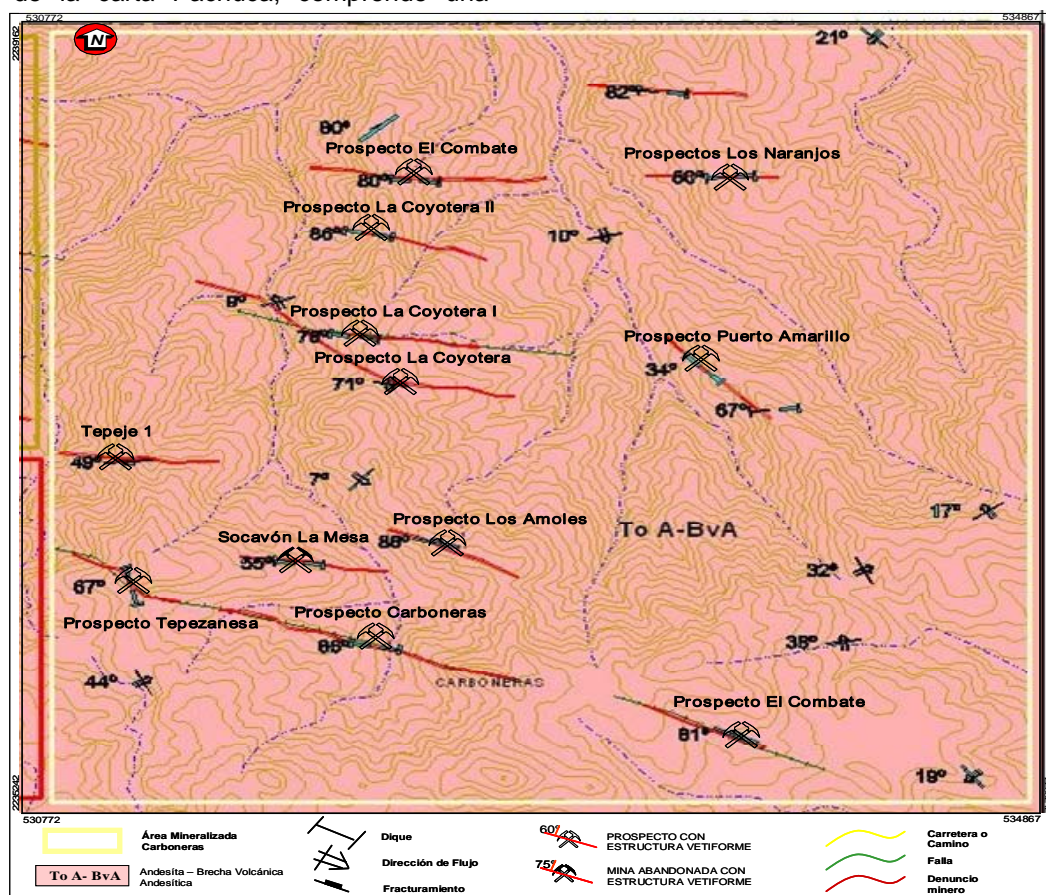


Figura No 15.- Zona mineralizada Carboneras.

Dique Carboneras, este corresponde con la estructura de Los Ángeles del proyecto Mar de Plata (Valverde R. J. et al., 1981) en la que se cubicaron 99,000 t de reservas inferidas con ley de 202 g/t de Ag.

Es una estructura con una longitud calculada en 2,100 m, según relación de afloramientos en los prospectos Tepezanes, Carboneras y El Combate, presenta un espesor que promedia los 5 m con una profundidad estimada en base a diferencia de cotas de afloramientos de 50 m, con un rumbo de N 67 a 86° E con echado que varía de N 80 a 87° W.

Cabe hacer mención que en esta estructura se reportan barrenaciones realizadas por la Cia Minera Real del Monte obteniendo valores muy bajos en oro y plata por lo que se desechó su exploración (Hernández P. I. et al., 1976).

Veta La Coyotera, también conocida como Guadalajara y en la que se cubicaron 190,520 t de reservas inferidas con ley promedio de 145 g/t de Ag (Valverde R. J. et al., 1981).

Además de este dique se detectaron otros en los siguientes prospectos:

La Coyotera, en este se aprecia con duda un nivel de flujo piroclástico con laminaciones en la andesita, la cual está muy alterada, pero se puede considerar que se trate de un dique, principalmente por el echado de alto grado que presenta su dato estructural.

La Coyotera I, es un dique muy alterado cortando andesitas y desarrollando tablas bien definidas.

La Coyotera II, estructura mineralizada que aflora en al menos 4 m de ancho, de donde se tomaron las muestras PA-047 a 050, del alto hacia el bajo, arrojando resultados muy bajos en oro y plata (**Tabla No.16**).

No. de muestra	Au g/t	Ag g/t
PA- 047	N. D.	20
PA- 048	N. D.	42
PA- 049	2	18
PA- 050	N. D.	15
Ley promedio	0.5	23.75

Tabla No 16.- Muestreo en prospecto La Coyotera.

En el se aprecian drusas de cuarzo cristalino y la roca que es originalmente un dique porfídico de grano fino, se encuentra muy silicificado, piritizado, oxidado y argilitizado (**Fotografía No. 26**).



Fotografía No 26.- Creston argilizado oxidado, silicificado y piritizado en la Coyotera II

El Combate, se trata de una serie de diques en enjambre, con rumbo general de NW 87° con 80° al NE, en general muy verticalizados, aunque también algunos buzan al SW, en todos ellos se aprecian vetilleos oxidados y argilitizados, este es uno de los prospectos que se alinean dentro del dique Carboneras.

Los Amoles, es una andesita porfídica color gris poco alterada, presenta hilillos de cuarzo y calcita rellenando fracturas.

El Combate I, andesita porfídica con vetillas rellenas de óxidos de hierro y manganeso así como rellenos de cuarzo calcedónico.

Puerto Amarillo, dique porfídico de grano fino pero su respaldo al alto se presenta muy silicificado y oxidado por lo que se tomaron las muestras PA-051 de 1.3 m al bajo y PA-052 de 1 m al alto con resultados muy bajos en oro y plata (**Tabla No.17**).

No. de muestra	Au g/t	Ag g/t
PA- 051	N. D.	6
PA- 052	N. D.	10
Ley promedio	N. D.	8

Tabla No 17.- Muestreo en prospecto Puerto Amarillo.

Los Naranjos, se trata de un dique intrusionando a la andesita porfídica, en el contacto hay muchos ramales de cuarzo amorfo blanco, el dique tiene casi 30 m de ancho.

IV.1.4.2.3.- Zona Mineralizada Plan Grande.

Esta zona mineralizada es sin duda la más importante por su estado de explotación, exploración y desarrollo minero de todo el distrito minero de Mineral del Chico (Lee M. J. et al., 1974, Nolasco V. L. et al., 1976, 1980, 1982; Valverde R. J. et al., 1981, Hernández P. I. et al., 1976).

En el distrito minero de Mineral del Chico, es la zona que representa el vértice surponiente, se ubica inmediatamente al norte de la población del mismo nombre, comprende una superficie de 9.74 km² entre las coordenadas 0524323 a 0530900 de longitud este, con 2237709 a 2235320 de latitud norte, tomando como referencia el socavón Arévalo en las coordenadas 527551 y 2235538 (Figura No. 16).

eléctrica, etc., teniéndose la mayoría de los servicios en la población de Mineral del Chico.

La zona mineralizada esta compuesta por una gran cantidad de vetillos mineralizados y al parecer solo algunas estructuras formales y de grandes dimensiones que han sido explotadas en diferentes niveles, en general asociadas a diques, los cuales se mencionan en la **Tabla No. 18**.

Nota parte de la información fue tomada de (Lee M. J. et al., 1974, Nolasco V. L. et al., 1976, 1980, Valverde R. J. et al., 1981).

Cabe hacer mención que la aquí llamada veta Atargea (**Fotografía No. 27**), se infirió su desarrollo hasta el socavón de La Reja, en donde por antecedentes (Hernández P. I. et al., 1976), la estructura es conocida como Gran Compañía, de nombre ya usado para una estructura en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte.

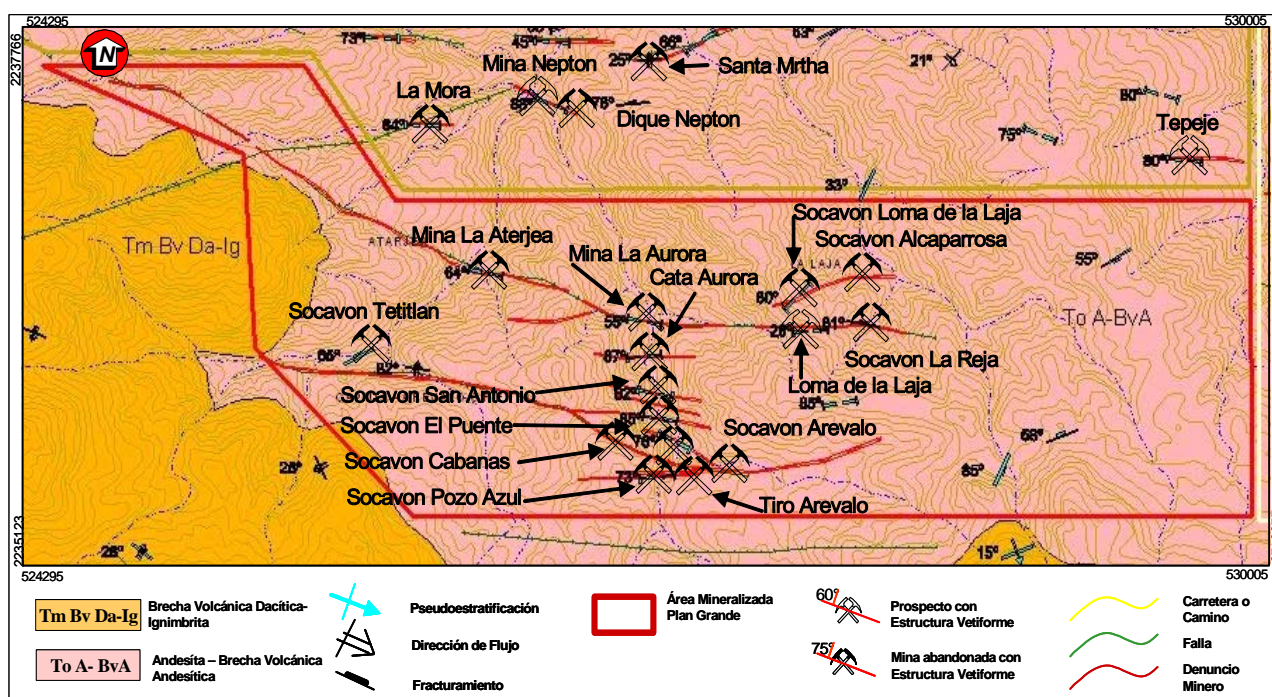


Figura No 16.- Zona mineralizada Plan Grande.

El acceso a la zona de estudio se realiza por los caminos entre Mineral del Chico y San Sebastián Capulines, así como entre Mineral del Chico y el rancho La Cebadas.

La zona mineralizada cuenta con poca infraestructura en comunicaciones, agua, luz

Carboneras, dique mineralizado, es una estructura con una longitud calculada en 2,100 m según relación de afloramientos en los prospectos Tepezanes, Carboneras y El Combate, presenta un espesor que promedia los 5 m, con una profundidad estimada en base a diferencia de cotas de afloramientos de 50 m, con un rumbo de N 67 a 86° E con echado que varía de N 80 a 87° W.

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
Veta Atargea	5000	0.7	300	3500	N 48 a 82° W	55 - 80 ° NE
Dique Capula - Arévalo Oriental	2800	2.5	250	3360	N 50 a 87° W	65 - 80 ° NE
Dique La Laja	500	2	50	1000	N 45 a 88° W	25 - 80 ° NE

Tabla No 18.- Principales estructuras de la zona mineralizada de Plan Grande.



Fotografía No 27.- Mina Atargea se aprecia, terrero e instalaciones abandonadas

Tetitlán, es un socavón de 2 X 1.5 m de sección promedio y desarrollos de mas de 100 m, en algunas galerías la veta se reconoció de 1.2 de ancho, y en otras se presenta en vetillas de 10 y 40 cm de ancho, algunas galerías desarrollan chiflones de mas de 20 m de alto, algunos de estos semi derrumbados. El crucero principal aprovecha una falla de rumbo NW 07° con 79° al NE, con espejo muy bien definido, el crucero termina en un salón minado de 5 m de alto, 8 m de ancho y 20 m de largo, en el que se aprecia un stockwork en un dique, a partir de este salón también parten galerías a los lados con altura de hasta 5 m.

La Reja, socavón que parece corresponder con el socavón Romanita (Hernández P. I. et al., 1976), presenta una dirección de rumbo suroeste, sección de 2 X 2 m, tiene una reja sin candado en la entrada y una cata usada como polvorín. La mina es usada como paseo turístico, ya que varios cruceros están cubiertos con telones y pinturas, así como instalación eléctrica reciente.

A los 50 m de desarrollo presenta galerías a los lados de una estructura de 0.10 m de ancho y que formaliza hasta tener 1 m, hacia el oeste hay chiflones de más de 15 m de alto. A los 80 m se presentan otros rebajes en una estructura de 0.70 m

de ancho y a los 100 m otras galerías siguiendo otra veta de 0.50 m y rumbo de NW 83° y 85° al SW , el crucero avanza otros 50 m y termina en un derrumbe con una cascada.

Alcaparrosa, socavón al que no se pudo acceder ya que se encuentra derrumbado, se aprecia solo que drena agua de una zona de colapso y que deposita gran cantidad de sales minerales y óxidos conocidos como alcaparrosa, en antecedentes (Hernández P. I. et al., 1976) y planos antiguos se localizaba a esta altura una obra minera llamada El Laurel.

Socavón Arévalo, se trata de un crucero que inicia en el respaldo de una veta de 1.0 m de ancho asociada al dique Capula-Arévalo Oriente (**Fotografía No. 28**), con tablas bien definidas y ancho de 3 m. En su interior hay galerías en otra estructura de rumbo NE 80° con 74° al NW, en la parte exterior se presenta una cata en la veta y un pozo de más de 70 m de profundidad con sección de 2.5 X 1.5 m.



Fotografía No 28.- Dique veta Cápula-Arévalo oriental en interior del Socavón Arévalo.

En antecedentes se habla de leyes de 300 g/t de Ag promedio y se refiere que aun no esta trabajada hasta su nivel base de valores altos (Lee M. J. et al., 1974).

Tiro Arévalo, presenta 3 X 4 m de sección y mas de 50 de profundidad estimada, esta trabajado sobre la veta del punto anterior cuya tabla al bajo esta muy bien definida, el ancho de la veta en este punto es de 1.2 m, asociado a este pozo hay un pequeño chiflón de corto desarrollo y mas adelante otro pequeño pozo.

Pozo Azul, socavón en el que se tiene una serie de diques paralelos con vetas asociadas a sus respaldos, el dique principal es de 10 m de espesor, esta mineralizando en un ancho de 1.3 m. En el mismo sitio se encuentra un pozo aterrado sobre la estructura, con un rebaje desarrollado arriba del mismo.

En superficie, hacia la margen oriental del río se aprecian instalaciones mineras muy antiguas y dos catas de solo unas decenas de desarrollo y otra que sigue una hilo con 0.10 m de ancho, con un rumbo de NW 55° con 76° al SW, a los 20 m de esta estructura se tiene un pozo inundado, apreciándose en sus alrededores aragonito con coloraciones azules posiblemente por la presencia de carbonatos de cobre en la estructura.

El Puente, socavón trabajado en un dique porfídico de grano fino, caolinizado, con vetilleo y brechamiento rellenos de óxidos de hierro.

San Antonio, obra de 1.30 m ancho por 1.30 m largo y 1.20 m de alto, ubicada sobre dique constituido esencialmente de cuarzo, el cual es de color blanco que altera a amarillento ocre y pardo negro, presenta estructura tabular muy vertical de 4 m de ancho, su estructura es compacta y masiva. Esta cortando a una andesita de color verdoso que altera e intemperiza a gris oscuro pardo y amarillo ocre, de textura porfídica constituida por abundantes cristales de plagioclasa y algunos minerales pequeños de color verdoso, dentro de una matriz afanítica bien compacta.

Cata Aurora, es una cata de 1.50 m de ancho x 1.50 m de largo y 1.50 m de alto, en donde se observa un hilo de color blanco que intemperiza a amarillento ocre y pardo, es de aproximadamente 0.20 m de ancho, constituido por cuarzo con diseminación de pirita. A 10 metros al norte, se observa otro hilo con las mismas características.

Mina La Aurora, socavón de 3 m de ancho por 2 m de alto, donde a los 70 m se tiene un crucero con desarrollos de 3 m y 30 m, al parecer esta ultima obra desarrollada sobre una veta.

Mina La Atarjea, esta se encuentra trabajada en un dique-veta de color blanquecino que altera amarillento ocre y pardo, de textura fanerítica constituida por cuarzo y posible feldespatos, presenta cubos de pirita oxidada, alterados a color oscuro, la roca se encuentra intensamente alterada y muy fracturada, presenta coloración de amarillo ocre y gris azulado a rojizo en la zona de alteración.

Loma de la Laja, prospecto en una roca leucocrática de textura porfídica fina, presenta muchas fracturas oxidadas (limolitas), por lo que se supone este al menos en parte mineralizado.

Socavón Loma de la Laja, presenta una sección de 1.5 X 1.5 m y mas de 30 de desarrollo, en interior presenta galerías sobre vetillas mineralizadas.

Según el informe de El Proyecto el Chico (Nolasco V. L. et al., 1982), el área cuenta con reservas medidas de 148,092 toneladas, con barrenación a diamante y obra directa, con leyes de 286 g/t Ag y 2.52 g/t Au, en cuanto a reservas inferidas reporta 2'678,487 t con leyes de 211 g/t Ag y 2.54 g/t Au, así como reservas indicadas de 29'678,100 t con leyes de 200 g/t Ag y 1.85 g/t Au. Tan solo en el dique Capula-Arévalo Oriental también llamado "Poder de Dios".

IV.1.4.3.- DISTRITO CAPULA - ARÉVALO.

Se describe como distrito Capula-Arévalo al cuadrángulo que se localiza en la parte centro-norte de la carta, delimitado por las coordenadas UTM 0511900 a 0522500 E con 2231000 con 2239150 N, enmarca una superficie de 67.22 km², dicho distrito fue subdividido en zonas mineralizadas, las cuales se describen en el apartado correspondiente como: San José Tepenene, San Juan del Gallo, Santa Rosa y Capula. **(Figura No. 8)**.

Durante el presente trabajo las unidades aflorantes en el distrito definidas por (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.) se unificaron en una sola unidad descrita como **(To A-BvA)**, este paquete volcánico es afectado e intrusionado por un pórfido cuarífero félsico **(Tm PR)**, descrito como intrusivo cuarífero de grano fino y que se comporta como intrusivo con todas las modalidades que implica el emplazamiento hipabisal (lacolito, sills, dique, etc.), dicha unidad, aflora por varios kilómetros cuadrados en la zona de San Juan del Gallo donde se aprecia la relación

cortante con el paquete volcánico **(To A-BvA)**; en esta zona tiene su mayor expresión, con continuidad hacia el norte dentro de la carta Actopan, otro de los afloramientos se tiene en la zona mineralizada de San José Tepenene, específicamente en el área de la mina Samaria. El pórfido de grano fino se relaciona directamente con el enjambre de diques mineralizados del distrito que cortan de igual manera a la secuencia volcánica, estas estructuras presentan rumbos preferenciales NW-SE con tendencia E-W y echados variables al SW que van de 60° a 83°, en estudio reciente de una muestra de mano del dique Capula-Arévalo fue clasificada como riolita fluidal fuertemente silicificada. Este paquete volcánico subyace en discordancia a los derrames riolíticos de las formaciones Cerezo y Tezuantla de (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.), agrupadas de igual manera en una sola unidad como **(Tm R-TR)**, que es cubierta en discordancia por los derrames y coladas de la unidad Zumate descrita como **(Tm BvDa-Ig)**.

En base a lo anterior, el interés económico sobre el distrito Capula-Arévalo, a girado en torno a las estructuras en forma de dique y vetas, dichas estructuras han sido reconocidas en laboreos antiguos y en interior de mina y algunos en superficie; sin embargo, se ha descartado la posibilidad de encontrar yacimientos de tipo diseminado en los pórfidos de grano fino, especialmente, los que afloran en la zona de San Juan del Gallo y San José Tepenene.

La mineralización que se observó en diques y vetas de cuarzo, consisten de una gran variedad de sulfuros, descritos por Black R. F. en Geyne A. R., et al., 1963, op cit., como sulfuros básicos primarios destacando los sulfuros argentíferos, sulfuros de zinc, sulfuros de plomo y sulfuros de fierro y cobre, principalmente en las minas San Eugenio, La Preciosa y San Pedro sobre el dique Capula-Arévalo Poniente.

La mineralización consiste de una serie de minerales como plata nativa, sulfuros de plata (argentita), esfalerita, calcopirita y galena, generalmente en una ganga de cuarzo, acompañada en ocasiones de calcita, barita, albita, clorita, caolín, epidota, adularia y sericita, esta mineralogía se encuentra íntimamente relacionada a la silicificación y argilitización como alteraciones predominantes en los diques, aunque se tiene también oxidación; como regla general, este grupo de sulfuros se encuentran distribuidos en todo el distrito, aunque no necesariamente en todas las vetas y diques.

En el distrito de Capula-Arévalo se presentan una gran cantidad de estructuras tabulares en forma de diques de variada longitud, que por regla general, contienen en los respaldos tanto al alto como al bajo y en ocasiones en el centro a vetas de interés económico, muchas de las veces afloran en forma de crestones de cuarzo que se alinean y conservan el rumbo de la estructura que las contiene, otra de las veces forman sistemas paralelos, en retícula, en enjambre, en algunos casos en forma combinada.

El sistema paralelo, predomina y se asocia con las grandes estructuras que se manifiestan por varios cientos de metros y en ocasiones hasta kilómetros, el sistema en retícula se puede apreciar y se define como el complemento del primer sistema con desprendimiento de estructuras secundarias sin efecto cortante entre ellas, este sistema es común observarlo en la proximidad con los pórfidos de grano fino; finalmente el sistema en enjambre se define como el conjunto de estructuras paralelas y en retícula asociados en forma directa a los pórfidos.

El distrito presenta grandes posibilidades de contener depósitos minerales de interés económico, teoría que se basa en la presencia de grandes estructuras como el dique Capula-Arévalo Poniente, Cimbrones, Samaria, Manzanas, La Trinidad, La Santa Cruz, Zumbimbliá; como estructuras secundarias se pueden citar los diques Los Rojas, El Jaspe, El Colmillo, Aviadero, San Felipe, Santo Niño, San José, Ernestina, Temazcal y La Compuerta, por citar algunas.

IV.1.4.3.1.-Zona Mineralizada San José Tepenene.

Se ubica a 18 km en línea recta al N 55° W de la ciudad de Pachuca capital del estado de Hidalgo, comprende una superficie de 17.42 km² se encuentra delimitada por las coordenadas 0511900 a 0516070 E, con 2234680 a 2239150 N; tomando como referencia la mina Samaria, en forma local se ubica a 2.8 km en línea recta al N 40° E de la comunidad de San José Tepenene. **(Figura No. 17)**.

El acceso a la zona de estudio se realiza por la carretera federal No. 85 Pachuca-Actopan con un recorrido de 28 km hasta el poblado de San José Tepenene, de aquí se transita al noreste por camino de terracería que conduce a San Jerónimo con una distancia de 4 km hasta los patios de la mina Samaria; políticamente se ubica dentro del municipio de El Arenal en el estado de Hidalgo.

La roca encajonante del área esta representada por brechas de derrame y derrames de composición

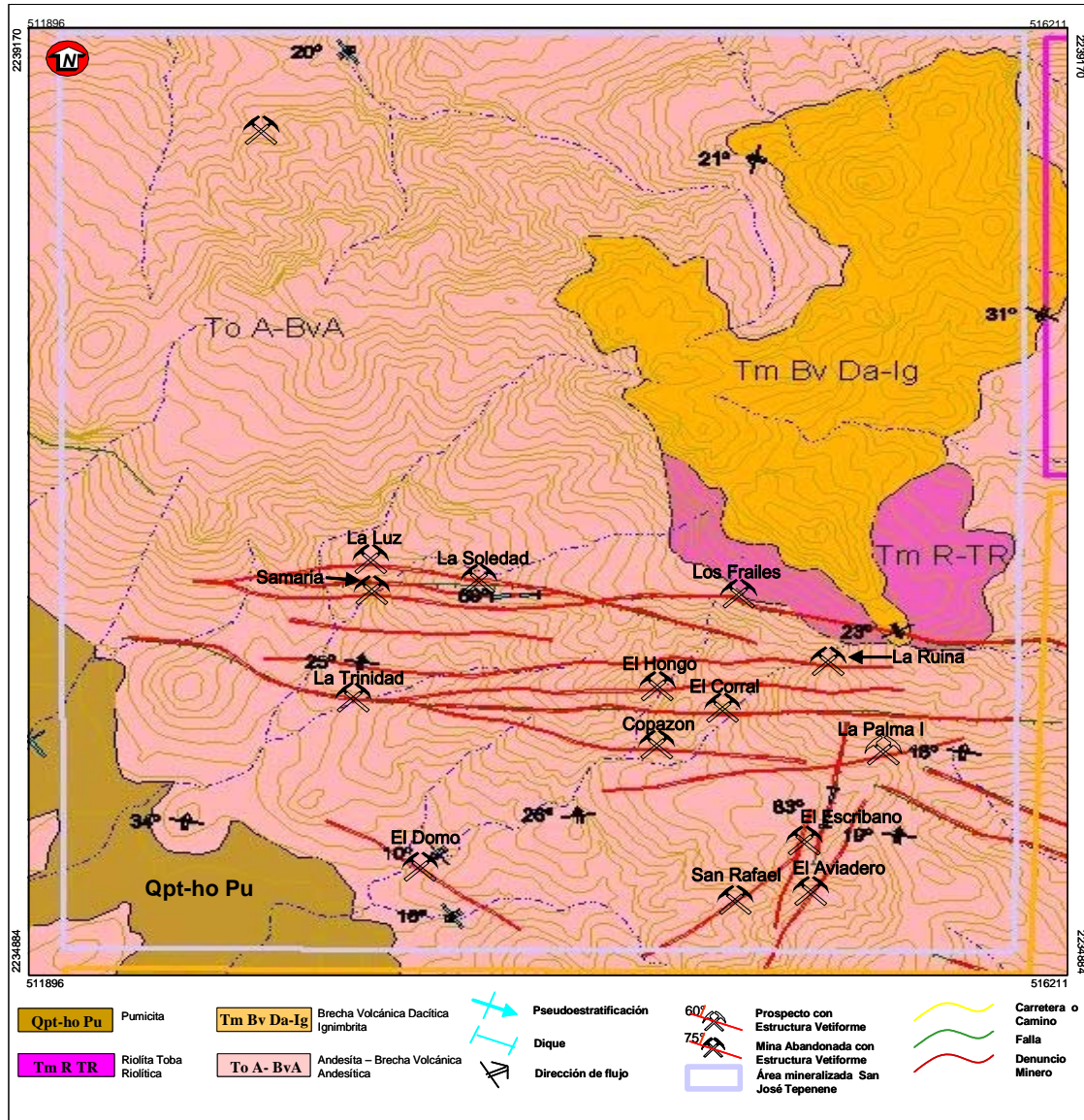


Figura No 17.- Zona mineralizada San José Tepenene.

andesítica con variaciones notables a dacita, dicho paquete es intrusionado y cortado por un pórfido félsico de textura fluidal considerado como posible lacolito, debido a la forma de emplazamiento, presentando formas asociadas como sills y diques; presentándose en partes en forma de cuña, similar a agujas riolíticas tipo cuello, el pórfido félsico se encuentra íntimamente relacionado a un enjambre de diques cuarcíferos de grano fino, presentan rumbos preferenciales NW-SE con tendencia E-W y echados variables al SW que van de 60° a 83°, con algunas variantes al NE. Se considera como patrón estructural principal el sistema NW-SE y al NE-SW como secundario.

La estructura más importante de la zona mineralizada de San José Tepenene es el dique Capula-Arévalo, descrito en este trabajo como Capula-Arévalo Poniente, debido a que dicha estructura se presenta en forma seccionada de poniente a oriente desde la zona de minas de Samaria hasta Carboneras, donde se describe a esta estructura como Capula-Arévalo Oriente.

En la zona mineralizada de San José Tepenene, dicha estructura atraviesa la zona de poniente a oriente a lo largo de 3.2 km, con espesores que varían de 3.0 a 6.0 m y en ocasiones hasta 20.0 m, se emplaza sobre la traza de la falla del mismo

nombre, contiene los tiros La Luz, La Soledad y Los Frailes. Se continua con dirección al oriente dentro de la zona mineralizada de Santa Rosa, en donde aflora con una extensión de 3.3 km, sobre su traza se tienen las minas San Eugenio, San Eugenio II, La Preciosa, San Pedro y el prospecto Capula, a lo largo de la zona de Santa Rosa el dique presenta espesores casi constantes entre los 30 y 50 m, con excepción de la mina La Preciosa donde supera los 50 m, en forma continúa el dique sigue al oriente a través del área de la zona mineralizada de Capula, con tendencia al oriente y por debajo de los derrames y lahares de la unidad Zumate (**Tm BvDa-Ig**).

La longitud estimada de esta estructura a lo largo del distrito de Capula-Arévalo Poniente es de 8.5 km, la longitud calculada de la misma, hasta la zona de Carboneras al oriente es de 10 a 12 km, lo que da un total de 18.5 a 20.5 km, en base a estos datos, se propone considerar al dique Capula-Arévalo Poniente y Capula-Arévalo Oriente, como la estructura "veta madre" del sistema norte en los distritos de Capula-Arévalo y Mineral del Chico. Como se menciona la zona mineralizada de San José Tepehene esta conformada por una gran cantidad de estructuras vetiformes (diques), algunas a lo largo de su traza contienen obras subterráneas representadas por minas y tiros, los cuales se describen a continuación (**Tabla No. 19**).

Destacan por el desarrollo de obras subterráneas las minas de Samaria y La Trinidad (**Fotografía No. 29**), la primera a su vez, contaba con una planta de beneficio con capacidad de 200 t/d propiedad de la Compañía Minera Los Frailes S.A., actualmente abandonada y desmantelada por los lugareños.



Fotografía No. 29.- Vista al NE de la planta de beneficio de las minas Samaria y La Trinidad, al fondo, la traza de los diques de Cápula-Arévalo Poniente y Samaria.

Estas minas cuentan con todos los servicios de infraestructura en comunicaciones, agua, energía eléctrica, etc.

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
La Trinidad	800	1.0-2.0	50	1600	N 83° E	58° NW
Samaria	1000	1.2-2.0	100	2000	N 75° E	78° SE
La Luz	300	1.2-2.0	50	600	N 86° W	83° SW
La Soledad	500	3	40	150	N 48° W	82° SW
El Hongo	150	0.3-0.8	10	120	N 72° W	78° SW
El Corral	150	0.8-1.4	10	210	N 85° W	88° SW
El Aviadero	200	0.7-1.2	?	240	N 12° E	81° NW
La Palma	50	0.4-0.6	?	30	N 85° E	83° SE
San Rafael	200	0.8-1.6	?	320	N 40° E	44° NW
El Domo	1000	1	10	1000	N 60° W	79° SW
Corazón	500	1	?	500	N 79° W	86° SW
Los Frailes	100	1	30	100	N 83° W	87° SW
La Ruina	1000	1	?	1000	N 78° W	83° SW

Tabla No. 19.- Principales estructuras de la zona mineralizada de San José Tepehene.

Las minas San Rafael, El Aviadero, así como el tiro La Soledad también destacan por su desarrollo en obras, sin embargo, carecen de la infraestructura necesaria; el resto de las obras cuenta con un menor desarrollo y la comunicación se realiza por vereda.

En el año de 1988 el COREMI, en el proyecto Santa Lucia Tepenene (Valverde R. J., et al., 1988), dentro de la Reserva Minera Nacional "Pachuca III", realizan trabajos de exploración y evaluación geológico-minera enmarcada en una superficie de 28,750 has. Actualmente se encuentran vigentes los lotes de Samaria, Ampliación Samaria y La Soledad de título 144919, el fundo Santa Rosa se incorpora posteriormente con el título 200019, los fundos Espejuelos (16828), La Cruz (158373), La Preciosa (144249) y Gela (158670), se encuentran fuera de la superficie de la zona mineralizada San José Tepenene; en forma parcial los lotes cubren a todas las estructuras mineralizadas, sin embargo, la mayor extensión de las mismas se extienden al oriente, ya que hacia el poniente aparentemente se clavan y/o pierden en el bajío de Actopan, lo que implica que estas estructuras pueden tener continuidad.

Samaria, mina que se ubica a 2.8 km en línea recta al N 40° E de la comunidad de San José Tepenene, sobre el camino de terracería que conduce a la comunidad de San Jerónimo. La mina consta de un crucero labrado al S 75° E siguiendo el rumbo de la veta mineralizada encajonada en el dique félsico con estructuras de flujo casi verticales y echados tanto al NE como al SW (**Fotografía No. 30**).



Fotografía No 30.- Panorámica con brocal principal de la mina Samaria de donde se aprecian las estructuras de flujo al centro se aloja la veta mineralizada vista al S75°E.

La mina Samaria consta de un socavón-crucero, labrado al SE sobre riolita fluidal a lo largo del dique del mismo nombre, el cual corre en forma paralela al

dique Capula-Arévalo Poniente que se ubica al NE de está. El socavón presenta un desarrollo de 120 m sobre el dique Samaria, donde se realizó un muestreo de orientación sobre esta estructura, (**Tabla No. 20**).

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-002	1.8	0.023	15
PA-003	1.2	0.071	18
PA-004	1.3	0.013	5
PA-005	1.4	0.148	15
PA-006	1.6	0.035	9
PA-007	1.8	0.149	17
PA-008	2.0	0.132	18
PA-009	1.8	0.149	16
PA-010	2.0	0.002	2
LEY PROMEDIO	-----	0.08	12.77

Tabla No 20.- Muestreo de orientación sobre la veta del dique Samaria.

En el interior de la obra se llega a una zona de cruceros donde se intersectan fallas y vetas observables en las tablas y techo de una galería; en esta zona parten dos cruceros con rumbo SE y NE, el primero (dirección SE) sigue la traza de la estructura de Samaria por más de 100 m, el segundo, con rumbo NE es un crucero desarrollado con rumbo al dique de Capula-Arévalo Poniente; se pueden apreciar a lo largo de 60 m de obra pequeñas galerías y comidos en forma de chiflones con evidencia de mineralización, sin embargo, la obra se realizó en su mayoría sobre andesita porfídica estéril, al final de este crucero se intersecta la estructura de Capula-Arévalo; en este punto, se encuentra otro crucero de exploración en ambos sentidos de la estructura con rumbo NW-SE.

Los trabajos mineros a partir de este punto, se realizan en el año de 1988 por el COREMI (Valverde R. J., et al., 1988), desarrollando un crucero a rumbo de la estructura del dique Capula-Arévalo Poniente, obra que presenta el mayor desarrollo con dirección al NW.

A lo largo de 130 m de la obra se tienen 8 cruceros cortos de exploración, 5 galerías y una cantidad similar de chiflones con cuatro tiros inclinados para manto de mineral de los niveles inferiores; sobre esta obra se realizó también un muestreo de orientación reportando los siguientes valores (**Tabla No. 21**):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-018	2.0	0.084	19
PA-019	2.0	0.101	28
PA-020	2.0	1.4	263
PA-021	2.0	N.D.	12
PA-022	2.0	0.091	30
PA-023	2.0	1.3	266
PA-024	2.0	0.03	14
LEY PROMEDIO	-----	0.42	90.28

Tabla No 21.- Muestreo de orientación sobre la veta del dique Capula-Arévalo Poniente.

Sobre la estructura de Capula-Arévalo Poniente en el crucero NW a la altura de los 130 m, la obra continua con rumbo NW, siguiendo la veta del dique Capula-Arévalo, la verificación de dicho desarrollo no se realizó debido, a que existe un tiro vertical sobre el piso del socavón haciendo inaccesible el acceso; así mismo, en este punto se realizó un crucero con rumbo al SW, sobre el corte del mismo, se pudo comprobar que la obra corta al emplazamiento de los flujos riolíticos fluidales, mostrando una relación de intrusivo y que se comportan en superficie en forma de diques; en general, se define como una masa riolítica de emplazamiento hipabisal, similar o posiblemente en forma de lacolito, sobre esta sección se realizó un muestreo de orientación que se describe a continuación (Tabla No. 22):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-011	2.0	0.002	5
PA-012	2.0	0.167	47
PA-013	2.0	0.005	12
PA-014	2.0	0.004	10
PA-015	2.0	N.D.	10
PA-016	2.0	1.3	48
PA-017	2.0	0.178	17
LEY PROMEDIO	-----	0.23	21.28

Tabla No 22.- Muestreo de orientación en mina del pórfido riolítico (Tm PR).

En el informe del área Santa Lucía (Valverde R. J., et al., 1988), se describe, que en los años de 1970, 1971, 1972, 1976 y 1977 la mina Samaria produjo 708,109 toneladas de mineral con una ley promedio de 428 g/t de Ag y 2.31 g/t de Au, relacionadas en un total de 182 muestras con espesor promedio de 1.6 m, reportan un estimado en reservas de 600,000 toneladas potenciales y 1' 272,000 toneladas posibles, así como, el estimado de reservas de toda la zona mineralizada de San José Tepenene, incluyendo la estructura de la mina La Trinidad, y la estructura de la mina La Cruz (Santa Cruz), la cual, fue calculada en 3' 780,000 toneladas potenciales y de 3' 180,000 toneladas en reservas posibles.

Durante el presente trabajo, se realizó en la mina Samaria un muestreo de orientación, colectándose un total de 30 muestras de esquirlas, distribuidas de la siguiente forma: 9 muestras tomadas sobre la veta del dique de Samaria; 7 muestras sobre la veta del dique Capula-Arévalo Poniente (Tabla No. 21), 7 muestras colectadas sobre el pórfido riolítico (Tabla No. 22); 4 muestras en superficie sobre el dique Samaria (Tabla No. 23) y 3 muestras en el terrero de la mina Samaria (Tabla No. 24):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-028	4.0	0.012	12
PA-029	4.0	0.01	11
PA-030	4.0	0.01	13
PA-031	4.0	N.D.	9
LEY PROMEDIO	-----	0.01	11.25

Tabla No 23.- Muestreo de orientación en superficie sobre el dique Samaria.

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-025	-----	0.5	78
PA-026	-----	0.16	50
PA-027	-----	0.174	48
LEY PROMEDIO	-----	0.83	58.66

Tabla No 24.- Muestreo de orientación del terrero de la mina Samaria.

El análisis del muestreo de orientación realizado en la mina Samaria, sobre las vetas, diques mineralizados y sobre el pórfido riolítico; determinaron que los valores económicos se ubican en forma de "clavos" distribuidos a lo largo de las estructuras mineralizadas, y que los valores económicos se incrementan con la profundidad; con respecto al pórfido riolítico el muestreo realizado en interior de mina y el realizado en superficie sugieren que puede ser posible estimar reservas potenciales y posibles en este tipo de estructuras. No se calcularon reservas en la mina Samaria, sin embargo se considera que cuenta con potencial minero.

La Trinidad, el brocal de la mina se ubica a 2.4 km en línea recta al N 45° E de la comunidad de San José Tepenene. La mina consta de un socavón-crucero con desarrollo de 125 m y un tiro con sección de 3 x 3 m y una profundidad estimada de 50 m sin comunicación aparente con la mina; partir del brocal, a una distancia de 43 m sobre la sección del socavón se tiene una veta-falla mineralizada, con un espesor variable de 0.20 a 0.35 m, de rumbo N 69° W y buzamiento de 67° al SW, a 25 m de este punto, en forma paralela se presenta la veta La Trinidad; cada crucero con un tiro inclinado de

exploración, galerías y chiflones sobre la veta, cabe señalar que en zona de galerías el espesor de la veta llega hasta cerca de los 3 m, actualmente los tiros se encuentran inundados desconociendo su profundidad.

En los antecedentes (Valverde R. J., et al., op cit., 1988), se hace referencia del muestreo realizado en esta mina, no conocida como La Trinidad, sino como Santa Lucía, se reportan leyes promedio del orden de 272.5 g/t de Ag y 1.17 g/t de Au, no se precisa la ubicación del muestreo, debido a ello se considero la necesidad de realizar un muestreo de orientación, colectándose un total de 6 muestras sobre la veta-falla descrita anteriormente (PA-032-037), los resultados son relativamente bajos, confirmando que la distribución de la mineralización se presenta en forma de “clavos”, es de importancia considerar que en esta obra fueron identificadas algunas hojuelas de plata nativa, los resultados del muestreo se relacionan en la **Tabla No. 25**.

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-032	3	0.068	13
PA-033	1	0.239	41
PA-034	1	0.234	64
PA-035	1	0.218	30
PA-036	1.4	0.114	25
PA-037	1.4	0.9	243
LEY PROMEDIO	-----	0.29	69.33

Tabla No 25.- Muestreo en estructura de la mina La Trinidad.

El análisis del muestreo de orientación determinaron que el incremento de los valores económicos en la mina La Trinidad tienden a aumentar a profundidad concentrándose en forma de “clavos” o bolsadas. Valverde R. J., et al., op cit., 1988, estimaron como reservas potenciales 1' 283,750 toneladas, y como reservas posibles 829,750 toneladas.

San Rafael, se ubica a 3.5 km en línea recta al N 80° E de San José Tepenene, mina que se encuentra en total abandono. La obra consta de un socavón-crucero a rumbo de estructura, actualmente se encuentra taponado el brocal de la mina hasta el techo, teniendo acceso de no más de 7 m, dadas las características del terrero se considera que esta obra fue objeto de exploración y explotación a gran escala. Debido en gran parte a que las obras mineras de la región datan algunas desde la época de los ingleses, muchas de ellas se encuentran colapsadas, inundadas y otras derrumbadas, tal es el

caso de la mina San Rafael, debido a ello en esta obra se realizó muestreo (**Tabla No. 26**) en el terrero reportando bajos valores.

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-054	terrero	0.002	11
PA-055	terrero	N.D.	11
PA-056	terrero	N.D.	11
LEY PROMEDIO	-----	0.000	11

Tabla No 26.- Muestreo de terrero en la mina San Rafael.

En general, el socavón de esta mina se orienta con dirección a las obras del tiro El Escribano y de la mina Aviadero, en conjunto se considera que las obras de la zona cuentan con posibilidades de contener potencial de interés económico.

La Ruina, mina que se localiza a 4.2 km en línea recta al N 70° E de la comunidad de San José Tepenene. En forma similar a la mina San Rafael, consta de un socavón-crucero; es una obra bastante antigua labrada a rumbo de estructura, actualmente se encuentra taponada e inundada desconociendo su desarrollo total, el socavón se alinea hacia el NW con dirección a las estructuras de La Trinidad y los laboreos mineros se dirigen hacia el SE con dirección a las estructuras de la mina Santa Cruz.

Debido a las condiciones actuales en las que se encuentra la mina, no fue posible tener acceso y se colectaron dos muestras en la parte superior del brocal, donde la estructura presenta silicificación, los valores reportados son los siguientes (**Tabla No. 27**):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-041	2	N.D.	10
PA-042	2	N.D.	7
LEY PROMEDIO	-----	N.D.	8.5

Tabla No 27.- Muestreo en superficie sobre la estructura de la mina La Ruina.

Los resultados del muestreo son poco alentadores, se debe considerar que posiblemente las muestras colectadas en superficie sobre el dique pueden estar lixiviadas, lo que lleva a considerar que los resultados no sean los reales; la estructura muestra espesor y longitud constante con una continuidad hacia la mina La Trinidad al NW y continuidad hacia el SE con dirección a la mina Santa Cruz, lo que sugiere que la estructura de la mina La Ruina contiene potencial de interés económico, la situación legal de la mina se encuentra vigente.

El Aviadero, se localiza a 3.7 km en línea recta al N 82° E de San José Tepenene, es una obra antigua, con ademe de piedra a la antigua usanza, en la actualidad se encuentra taponada e inundada lo que hizo inaccesible el acceso (**Fotografía No. 31**).



Fotografía No 31.- Brocal de la mina el Aviadero, en la actualidad inundado taponado vista al NE.

Consta de un socavón-crucero a rumbo de estructura, inundado y taponado por encima del nivel medio del socavón, no permitiendo el acceso; se deduce por el volumen de los terreros que pudo ser una mina de importancia, probablemente la finalidad de esta obra consistió en comunicar a profundidad con el tiro El Escribano, que se ubica a 200 m al norte. La mina contaba con grandes terreros, que ha la fecha han sido lavados por el arroyo San Rafael quedando únicamente algunas evidencias de estos, el área de la mina se considera con potencial de interés económico, ya que en la zona se cuenta con otras estructuras mineralizadas que se relacionan a la obra.

El Hongo, mina que se localiza a 3.4 km en línea recta al N 69° E de la comunidad de San José Tepenene. Es una obra reciente que consta de un socavón-crucero de exploración a rumbo de estructura, en apariencia la obra se ubica sobre la traza de una estructura (dique) que corre en forma paralela a la estructura La Trinidad, con dirección a la zona de la mina La Ruina, la finalidad de esta obra, consistió en intersectar y cortar las estructuras mineralizadas antes descritas, aparentemente sin lograr tal propósito, motivo por el cual fue abandonada.

Debido al poco interés económico que presenta no se realizó muestreo.

El Corral, se ubica a 4.0 km en línea recta al N 75° E, de la comunidad de San José Tepenene. La mina El Corral fue otra de las obras sujetas a exploración con barrenación a diamante (Valverde R. J., et al., op cit., 1988), pero no se hace referencia a los resultados; la obra consta de un socavón-crucero de exploración labrado al N 40° W con desarrollo estimado de 30 m, labrada sobre una estructura (dique) de composición riolítica de textura fluidal, que muestra estructuras con flujos caóticos, similar a la estructura del dique de La Trinidad, considerándose como continuidad de La Trinidad al oriente, en esta obra no se realizó ningún tipo de muestreo.

Corazón, mina posicionada a una distancia de 4 km en línea recta al N 75° E de la comunidad de San José Tepenene. Esta obra se encuentra taponada por un bloque de grandes dimensiones, que cubre casi en su totalidad la entrada de la mina, bloque que se desprendió de la unidad Zumate, durante el presente trabajo se pudo constatar que se trata de un socavón-crucero de exploración labrado sobre la traza de una estructura secundaria paralela al sistema de diques de La Trinidad, la obra se encuentra labrada sobre el cauce del arroyo careciendo de un terrero, se estima que el grupo de estructuras secundarias e intermedias que afloran en el área, pueden tener potencial minero importante.

La Luz, tiro que se localiza a 3 km en línea recta al N 40° E de la comunidad de San José Tepenene. Consiste de un tiro vertical con sección de 3 x 3 m y un cuele estimado de 50 m, esta obra se ubica sobre la traza de la estructura del dique Capula-Arévalo Poniente, el tiro fue labrado y realizado con la finalidad de comprobar la presencia de la mineralización a profundidad, así como, comunicar las obras subterráneas de la mina Samaria, en esta obra se colectó una muestra del terrero (PA-001), reportando 2 g/t de Au y 297 g/t de Ag.

La Soledad, este tiro se ubica de San José Tepenene a una distancia de 3.2 km en línea recta al N 44° E. Consiste de un tiro inclinado labrado en la tabla del bajo de la estructura del dique Capula-Arévalo Poniente, siguiendo el echado de la estructura (**Fotografía No. 32**); el brocal de la obra presenta una sección de 3 x 4 m y un cuele estimado de 100 a 150 m, el tiro fue realizado con varios propósitos.

El principal consistió en la comprobación de la mineralización a profundidad a lo largo de la sección del tiro sobre la estructura.



Fotografía No 32.- En primer plano extremo izquierdo brocal del tiro La Soledad, al centro traza de la estructura mineralizada, vista al sur.

El tiro se encuentra abandonado e inaccesible, sin embargo, en superficie en forma perpendicular a la traza de la estructura del dique, se realizó la toma de tres muestras de esquirla (**Tabla No. 28**), las cuales, reportan los siguientes valores:

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-038	4	0.017	12
PA-039	4	0.101	44
PA-040	4	0.022	27
LEY PROMEDIO	-----	0.046	27.66

Tabla No 28.- Muestreo en superficie sobre estructura Tiro La Soledad.

Con referencia a este muestreo cabe aclarar, que las muestras se colectaron en superficie en diferentes partes de la estructura, considerando las alteraciones que presenta, entre las que destacan argilitización con dominio de silicificación, ambas con oxidación en diferentes grados; los resultados son poco alentadores, sin embargo, se concluye que los valores económicos se encuentren lixiviados, siendo posible una concentración de estos a profundidad.

Los Frailes, el tiro se ubica a una distancia de 3.9 km en línea recta al N 59° E, de la comunidad de San José Tepenene. La obra consta de un tiro vertical con sección de 3 x 3 m con un cuele estimado de 30 m, actualmente se encuentra parcialmente taponado por un boque caído de la parte alta de la sierra de la unidad Zumate (**Tm BvDa-Ig**). La obra se encuentra labrada sobre la traza de una de las estructuras secundarias que corren en forma paralela a los sistemas de los diques Capula-Arévalo Poniente y

Samaria, debido a lo inaccesible de la obra y al no contar con un terrero, no se colectó ninguna muestra representativa.

El Escribano, esta obra (tiro) se localiza y forma parte del grupo de minas en el área de San Rafael y Aviadero, se ubican a una distancia de 3.6 km en línea recta al N 78° E, de la comunidad de San José Tepenene. Las obras constan de dos tiros verticales de exploración, que distan entre sí por varias decenas de metros, los brocales presentan secciones de 1.8 x 1.8 m, se desconoce con exactitud la profundidad de ambos pero se estima que superan los 100 m, estas obras fueron labradas con la finalidad de comunicar a las minas El Aviadero y San Rafael, ambas se localizan al sur a 200 y 250 m respectivamente. Se considera que el potencial minero de esta zona es importante, debido en gran medida a que las minas se encuentran en estructuras del sistema NE-SW, que intersectan a los sistemas Capula-Arévalo Poniente y Samaria del sistema estructural NW-SE.

La Palma, clasificado como un prospecto, se localiza a 4.1 km en línea recta al N 63° E. La obra consta de un pequeño tiro exploratorio con sección mal definida taponado hasta el brocal, debido a que la obra se encuentra sobre el cauce del arroyo el cual provocó su asolve; se encuentra labrado al alto de una estructura félsica, del sistema de diques del grupo de Samaria-La Trinidad, dicha estructura tiende a alinearse al oriente con dirección a las estructuras de Santa Rosa. Debido al poco interés minero que tiene esta obra no se realizó ningún tipo de muestreo.

El Domo, prospecto que se encuentra a 2.3 km en línea recta al N 67° E de San José Tepenene. Este prospecto no cuenta con ningún tipo de obras, en superficie se aprecia como un dique de 10 m de espesor con una longitud de 1,000 m; es una estructura de composición félsica que corta a la andesita porfídica del Grupo Pachuca, presenta un rumbo N 60° W con 79° al SW, aparentemente es una de las últimas estructuras al poniente de donde afloran los cuerpos mineralizados de la zona de Samaria, la proyección al NW de esta estructura muestran una tendencia a intersectar a las estructuras de la mina Samaria, en especial con dirección al dique de la mina La Trinidad.

IV.1.4.3.2.- Zona Mineralizada San Juan del Gallo.

Esta zona enmarca una superficie de 11.39 km² y se localiza en el extremo centro-poniente de la carta, tomando como referencia la mina Valeria, se le ubica

a 15.3 km en línea recta al N 36° W de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, en general, la zona mineralizada se encuentra delimitada por las coordenadas UTM, 516100 a 522500 E, con 2237000 a 2239150 N, en forma local, se ubica a 9.2 km en línea recta al N 63° E de la comunidad de San José Tepenene, políticamente se ubica dentro de los municipios de El Arenal y Mineral El Chico en el estado de Hidalgo. (Figura No.18).

La importancia de estas estructuras radica en que corresponden y forman parte, al sur, de la secuencia de estructuras del dominio de vetas de la zona de minas de San Salvador, estructuras que se presentan en el área como cuerpos tabulares que varían en espesor, presentándose como crestones de cuarzo a lo largo de varios cientos de metros. La roca encajonante corresponde al paquete volcánico del Grupo Pachuca (**To A-BvA**); esta unidad

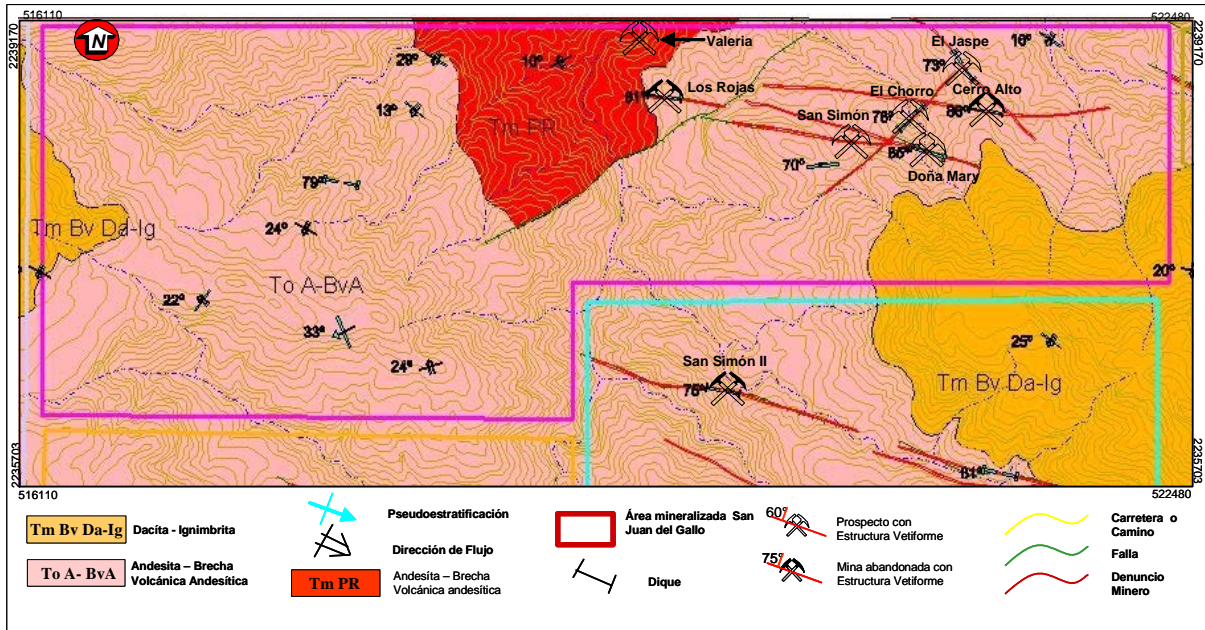


Figura No 18.- Zona mineralizada San Juan del Gallo.

El acceso a la zona se puede realizar partiendo de la ciudad de Pachuca con dirección a la hacienda de La Concepción, continuando hacia Benito Juárez y se continúa hasta la zona denominada Puerto La Palma tomando la desviación al norte, continuando por camino de terracería que conduce a Santa Rosa, hasta llegar a la mina Valeria que se ubica en la zona limítrofe de las cartas Pachuca y Actopan.

aparentemente es levantada y cortada por un cuerpo hipabisal de composición félsica, de estructura fluidal y textura porfídica de grano fino (**Tm PR**), compuesta esencialmente por sílice amorfo de color blanco a lechoso, esta unidad se manifiesta sobre el cauce del río Santa Rosa en la zona de la mina Valeria, donde se aprecia la relación de intrusión con el paquete volcánico del Grupo Pachuca.

La zona mineralizada esta compuesta por una cantidad considerable de estructuras tabulares en forma de diques, emplazados y controlados en su mayoría por el sistema estructural NW-SE, las trazas de estas estructuras se orientan con dirección a la zona de minas de San Salvador en la carta Actopan donde tienen su mayor expresión; en la zona mineralizada dentro de la carta Pachuca, no se cuenta con obras de importancia e infraestructura, siendo las minas Valeria y El Chorro las de mayor desarrollo, durante este trabajo se describen como prospectos a las estructuras Cerro Alto, Doña Mary, El Jaspe, San Simón y Los Rojas, dichas estructuras afloran en la zona en forma de diques.

La evidente continuidad hacia el norte por más de tres kilómetros dentro de la carta Actopan, hace suponer que esta unidad corresponde posiblemente a un cuerpo de emplazamiento hipabisal en forma de lacolito y/o domo; durante el presente trabajo y en base a la relación de campo se considera que los diques son y forman parte de esta estructura hipabisal, debido a que los diques parecen desprenderse de estos pórfidos en forma concéntrica, paralela ó subparalela, como se muestra en la zona de las minas Samaria y Valeria específicamente, no se descarta la posibilidad de que en la zona de Santa Rosa y Capula se pueda encontrar esta relación a mayor profundidad, debido

a que en esta parte se observa una fuerte alteración en superficie similar a las zonas de Samaria y Valeria. Aunque en realidad todos estos diques corren en forma paralela entre sí, otros forman parte ó son desprendimientos de diques mayores que en conjunto forman una trama considerada en este trabajo como enjambre de diques; como regla general, estas estructuras nunca se cortan entre sí, solo se unen a otras estructuras, en la zona mineralizada de San Juan del Gallo, presentan rumbos preferenciales NW-SE con tendencia E-W y echados variables al SW que van de 72° a 83°, y algunos al NE con echados que varían de 81° a 86°. La mineralogía dentro de la zona mineralizada de San Juan Gallo esta representada por pirita y arsenopirita diseminada, asociadas a vetillas de óxidos de fierro y calaminas pardas, con evidente oxidación y alteración hidrotermal representada por arseniatos y teluros. En general, el área cuenta con pocas obras con desarrollos de importancia, por lo que en forma simplificada se hace referencia a las principales estructuras en la **Tabla No. 29**.

sugiere posibilidades de poder contener yacimientos de tipo diseminado dentro del cuerpo cuarcífero de grano fino (**Tm PR**).

Las principales obras mineras en la zona mineralizada son:

El Chorro, esta mina se ubica a 1.5 km en línea recta al N 33° E de la comunidad de San Simón de Los Rojas. La obra consta de un socavón-crucero con desarrollo de 15 m y sección de 1.8 x 1.8 m, al igual que la mayoría de las obras, actualmente se encuentra inundada, se considera que la mina pueda tener un desarrollo mayor al que se estima, presenta una dirección al S 50° E siguiendo el rumbo de la estructura del mismo nombre.

Cerro Alto, prospecto que consiste de una estructura en forma tabular con una longitud estimada de 500 a 1,000 m y un espesor de 20 m, conformada por una serie de cuerpos silicificados paralelos en forma de vetas de 1 a 2 m, en ocasiones hasta de 4 m, que

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m²)	Rumbo	Echado
<i>Cerro Alto</i>	500	20	.....	1000	N 83° W	86° NE
<i>Doña Mary</i>	300	10	.....	3000	N 74° W	85° SW
<i>San Simón</i>	300	20	.....	6000	N 86° W	81° SW
<i>El Jaspe</i>	400	15	.....	6000	N 35° W	73° SW
<i>Valeria</i>	.....	.....	.....	.....	.....	.....
<i>Los Rojas</i>	1000	15	.....	15000	N 83° W	81° NE
<i>El Chorro</i>	300	15	.....	4500	N 48° E	76° NW

Tabla No 29.- Principales estructuras en la zona mineralizada de San Juan Gallo.

Valeria, mina que se localiza a 9.2 km en línea recta al N 63° E de la comunidad de San José Tepenene, consta de dos cruceros de exploración, el primero presenta un desarrollo de 5.5 m al S 55° E, el segundo, con 8 m de obra casi en forma paralela al primero con rumbo S 70° E, ambos labrados sobre el cuerpo félsico cuarcífero de grano fino. Las obras son de sección de 2.5 x 2.5 m, con equidistancia entre sí de 10 m, la finalidad de estas obras fue la de seguir dos vetas paralelas de poco espesor y longitud encajonadas en el pórfido cuarcífero, las vetas se aprecian en forma discontinúa, semejando un stockwork dentro de la masa félsica, lo que

forman al cuerpo principal que es continuo a lo largo de más de 500 m, presenta un rumbo hacia el pórfido cuarcífero de grano fino de la zona de minas de Valeria, la mineralización que se aprecia consiste de vetillas y fracturas rellenas de fierro y manganeso y lixiviadas dentro del cuarzo, están fuertemente oxidadas lo que le da fuerte coloración rojiza, el dique no cuenta con ningún tipo de obra minera.

Doña Mary, prospecto, el cual es otra de las estructuras del grupo que aflora en los alrededores de la comunidad El Jaspe se orienta y sigue la traza al poniente con dirección al pórfido de grano fino de

la mina Valeria. La estructura esta formada por un sistema de vetas de cuarzo en forma paralela y en algunos sectores en tramas reticulares de bajo grado; estos sistemas se relacionan a zonas de oxidación intensa, presentan óxidos de hierro y manganeso en vetillas, la gran cantidad de calaminas pardas lixiviadas sugieren que los minerales económicos se encuentran lixiviados.

El Jaspe, prospecto que se ubica en las inmediaciones de la comunidad de El Jaspe, consta de un dique silicificado de composición félsica que aflora a lo largo del cerro El Jaspe con dirección a la zona de minas de San Salvador (carta Actopan), se presenta en forma de crestones silicificados que siguen la traza de la estructura asociada a una zona de fuerte oxidación, esta estructura forma parte del grupo de diques que afloran en la zona de El Jaspe y que se orientan con dirección al pórfido de grano fino y a la zona de minas de San Salvador.

San Simón, se ubica el prospecto a lo largo de la falda norte del cerro San Simón, esta estructura se relaciona como la posible continuidad al poniente del prospecto Doña Mary, la mineralización que presenta

consiste de pirita lixiviada, sulfuros y óxidos de hierro y manganeso en forma de vetillas en cuarzo blanco.

Los Rojas, prospecto que consiste de una estructura tabular en forma de dique que se ubica en las coordenadas UTM 519730 E y 223839 N, en forma local se localiza sobre la cresta poniente del cerro San Simón, debido a la cercanía con el pórfido de grano fino provocaron el crecimiento de drusas de cristales de cuarzo de hasta 3 cm, de igual forma el dique presenta cuerpos de cuarzo blanco, con mineralización de pirita lixiviada en forma diseminada, con abundantes óxidos de hierro en vetillas y oquedades y óxidos de manganeso en forma de dendritas.

IV.1.4.3.3.-Zona Mineralizada Santa Rosa.

Se ubica a 14.0 km en línea recta al N 47° W de la ciudad de Pachuca, comprende una superficie de 27.8 km² delimitada por las coordenadas 511900 a 520960 de longitud este, con 2231000 a 2237000 de latitud norte, ubicación referenciada a la mina La Preciosa. En forma local se ubica a 2.0 km en línea recta al N 30° E de la comunidad de Santa Rosa. El

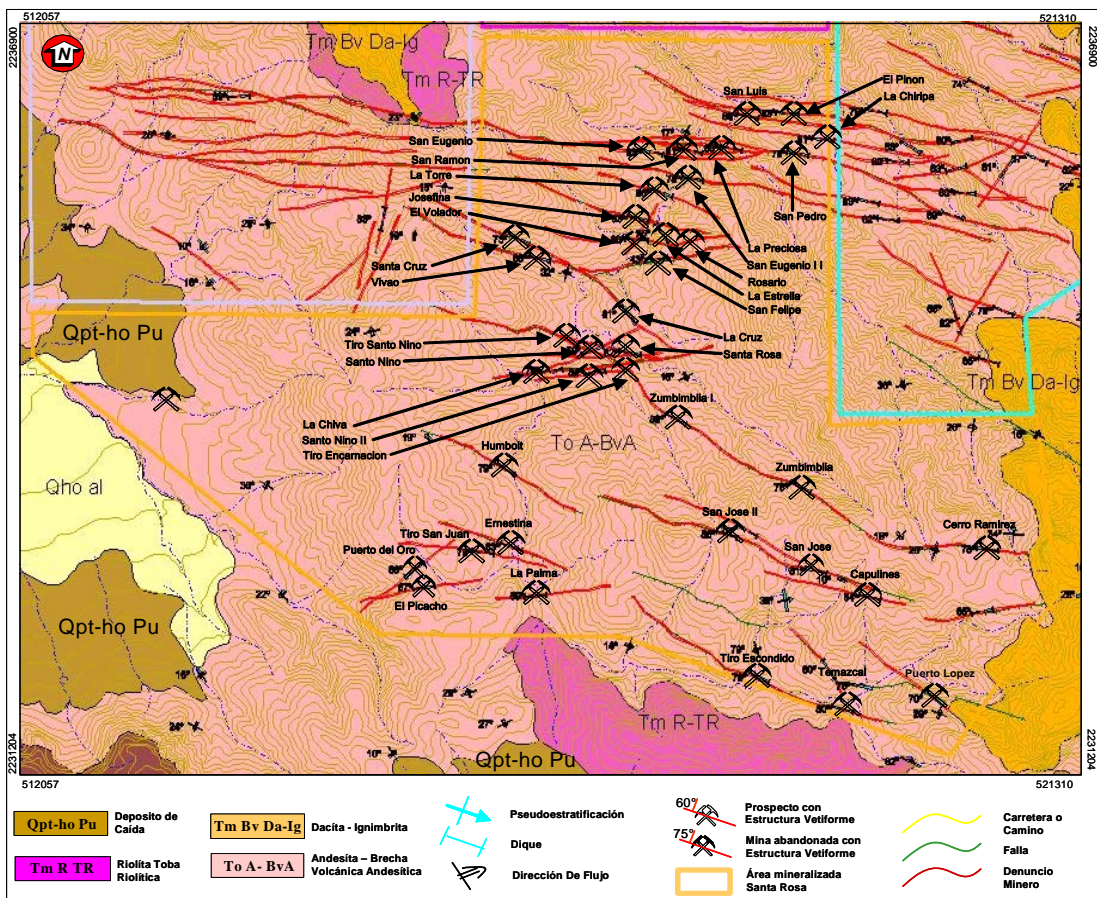


Figura No 19.- Zona mineralizada Santa Rosa.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

acceso se realiza partiendo de la ciudad de Pachuca con dirección a la hacienda de La Concepción, continuando hasta la comunidad Benito Juárez y hasta la zona denominada Puerto La Palma, donde se tiene la desviación a Santa Rosa, políticamente la zona mineralizada queda comprendida dentro de los municipios de El Arenal y Mineral El Chico, el contexto geológico de la zona de Santa Rosa esta compuesto por derrames del paquete volcánico del Grupo Pachuca (**To A-BvA**), unidad que sirvió de roca encajonante para las estructuras tabulares en

forma de diques, emplazadas dentro del sistema estructural preferencial NW-SE en algunos casos con tendencia E-W. En general, la zona mineralizada Santa Rosa cuenta con una gran cantidad de obras mineras antiguas lo que representa un problema en cuanto a descripción de cada una de las obras se refiere; debido a esto, se considero necesario describir en forma breve a las minas y prospectos que fueron objeto de algún tipo de muestreo, las estructuras se enlistan de la **Tabla No. 30**.

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
La Palma	200	10	?	2000	N 86° E	69° NW
Humboldt	500	10	?	5000	N 60° W	79° SW
La Chiva	500	10	?	5000	N 84° E	76° SE
Ernestina	400	10	?	4000	N 70° W	83° NE
Santo Niño	400	10	10	4000	N 72° W	78° NE
Tiro Santo Niño	200	1.8	10	360	N 70° E	79° SE
Santo Niño II	500	10	?	5000	N 83° E	84° SE
El Picacho	100	10	?	1000	N 83° E	87° NW
Puerto del Oro	400	8	?	3200	N 53° E	66° NW
Tiro San Juan	350	6	?	2100	N 83° W	79° NE
Zumbimbliá	800	6	50	4800	N 65° W	78° SW
Zumbimbliá I	300	6	?	1800	N 65° W	88° SW
La Cruz I	300	10	?	3000	N 40° W	81° SW
Esmeralda	700	10	30	7000	N 86° E	83° NW
Santa Rosa	500	10	50	5000	N 80° W	82° SW
Tiro Encarnación	300	8	?	3200	N 78° E	81° NW
Vívao	700	10	15	7000	N 77° W	68° SW
Santa Cruz	1000	10	50	10000	N 64° W	73° SW
Josefina	500	10	30	5000	N 78° W	63° SW
La Torre	600	10	?	6000	N 72° W	66° SW
San Eugenio	1000	40	60	40000	N 81° W	83° SW
San Eugenio II	1000	50	20	50000	N 79° W	81° SW
La Preciosa	1000	50	?	50000	N 80° W	83° SW
San Felipe	500	12	?	6000	N 82° E	43° SE
El Volador	700	10	40	7000	N 87° W	80° SW
La Estrella	500	10	?	5000	N 35° E	10° NW
Rosario	500	10	?	5000	N 35° W	75° SW
San Ramón	500	10	?	5000	N 80° W	78° SW
San Luís	500	10	?	5000	N 80° W	86° NE
El Piñón	400	10	?	4000	N 86° W	83° SW
Santa Ana	500	10	30	5000	N 82° W	79° SW
La Esperanza	400	10	30	4000	N 79° W	75° SW
Tiro La Chiripa	400	8	?	3200	N 83° W	81° NE
Temazcal	300	8	?	2400	N 76° W	80° SW
San José II	400	10	?	4000	N 73° W	86° NE
Cerro Ramírez	300	10	?	3000	N 83° W	78° SW

Tabla No 30.- Relación de las minas y prospectos de la Zona Mineralizada Santa Rosa.

La Chiva, prospecto que consiste de una estructura tabular en forma de dique, que se ubica a 500 m en línea recta al S 44° W de la comunidad de Santa Rosa. La estructura del mismo nombre aflora sobre el corte del camino de terracería que lleva a Santa Rosa, consiste de un dique de 10 m de espesor con 500 m de longitud estimada en superficie, por relación en campo se consideró a esta estructura como la continuidad al NW de la traza del dique de Santo Niño II, se realizó un muestreo (PA-060, PA-061) de orientación en superficie sobre la estructura reportando los siguientes valores (Tabla No.31).

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-060	3	0.02	N.D.
PA-061	3	0.022	2
LEY PROMEDIO	-----	0.01	1

Tabla No 31.- Muestreo en superficie sobre el dique del Prospecto La Chiva.

Los resultados son poco alentadores, pero hay que considerar que los valores pueden estar lixivados.

Zumbimblia, mina que se localiza a 1.3 km en línea recta al N 58° W de la comunidad de San José Capulines. La mina Zumbimblia, es sin duda una de las obras mineras antiguas más conocidas, consiste de un socavón- crucero a rumbo de la estructura del dique del mismo nombre (Fotografía No. 33).



Fotografía No. 33 Panorámica mostrando la traza de la estructura del dique veta de la mina Zumbimblia.

Debido a que se trata de una mina antigua, solamente se pudo entrar a 10 m, actualmente se encuentra inundada lo que no permitió el acceso, por tal motivo, se desconoce su desarrollo en obras; presenta un espesor medido en el brocal de la obra

de 6 m dentro de la traza de un cuerpo félsico de 10 m de potencia; es una de las estructuras que se pudieron cartografiar por más de 5.5 km desde la zona de la comunidad de San José Capulines hasta la parte alta de la cresta del cerro Los Frailes, la mineralización que se observó en muestra de mano, consiste de sulfuros de plata de la variedad argentita, con abundante pirita y arsenopirita diseminada en la masa silíceo, con vetilleo y pegaduras de sulfuros de fierro y manganeso en forma de magnetita y rodonita, en una ganga esencialmente de cuarzo, representado por cuarzo y sílice amorfo de color blanco a lechoso con escasos cristales de calcita y barita (Fotografía No. 34).



Fotografía No. 34 Preparación del banco San Pedro.

Dada la importancia que representaba la mina de Zumbimblia, se realizó un muestreo de orientación, debido a lo inaccesible de la obra solamente se colectaron tres muestras (PA-063 a 065) sobre la traza de la veta; y tres muestras (PA-066 a 068) en el terrero de la misma, los resultados de los análisis como se reportan. (Tablas No. 32 y No. 33).

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-063	2	0.053	5
PA-064	2	0.271	41
PA-065	2	0.6	63
LEY PROMEDIO	-----	0.308	36.3

Tabla No. 32.- Muestreo sobre la veta del dique de la mina Zumbimblia.

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-066	terrero	1.4	41
PA-067	terrero	1.2	34
PA-068	terrero	1.2	44
LEY PROMEDIO	-----	1.26	39.6

Tabla No 33.- Muestreo del terrero de la mina Zumbimblia.

El análisis de los resultados de laboratorio en el muestreo de esta mina, confirman que la mineralización se comporta relativamente constante, lo que sugiere, que con sus dimensiones, se tendría un gran potencial, más aún, si consideramos que esta estructura se relaciona con otras en forma paralela de menor magnitud, el potencial se incrementa.

Santa Rosa, esta mina se localiza en la parte norte de la comunidad de Santa Rosa, relativamente cerca del brocal de la mina Esmeralda. Es otra de las minas antiguas de renombre en el área, consta de un socavón-crucero, un crucero con desarrollo NW-SE y dos tiros que se encuentran inundados hasta el brocal; la mina en la entrada muestra un ademe de roca a la antigua usanza, presenta un desarrollo estimado en obras de 150 a 200 m, la estructura mineralizada es de composición félsica y recibe el mismo nombre, la mineralización se puede describir en la zona en forma similar a las minas de la región, presentando sulfuros de plata, fierro y óxidos de manganeso en una ganga de cuarzo con escasa calcita, es importante señalar que la mina se encuentra en una zona de fuerte alteración, representada por argilitización y silicificación, con una intensa oxidación y vetilleo de cuarzo tipo stockwork, durante la visita a esta mina, se colectaron tres muestras (PA-057 a 059) de terrero, reportando los siguientes valores (**Tabla No.34**):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA-057	terrero	0.158	45
PA-058	terrero	0.112	29
PA-059	terrero	0.153	44
LEY PROMEDIO	----	0.141	39.3

Tabla No. 34.- Muestreo de terrero de Santa Rosa.

La importancia que reviste esta mina es la relación y ubicación con otras estructuras y minas en la zona de intersección de diques del área de Santa Rosa.

San Felipe, mina ubicada a 1 km en línea recta al N 30° E de la comunidad de Santa Rosa. Consiste de un tiro inclinado de sección de 3 x 4 m, labrado a rumbo de estructura, en la actualidad se encuentra inaccesible.

La obra sigue la traza de la estructura que se comporta en apariencia como un dique de ángulo bajo, emplazado posiblemente en una falla de tipo listrica, este tipo de estructuras se pudieron observar en las minas Josefina, tiro El Volador y la mina La Estrella, en apariencia en el área se presentan dos de estas estructuras en forma paralela de rumbo general NW-SE, el desarrollo de las obras a

profundidad se desconoce, pero se estima en base a los terreros que se trata de una mina grande; la estructura es de composición félsica, similar al pórfido de grano fino. La mineralogía observable consiste de sulfuros de plata y fierro y óxidos de manganeso en vetillas, en una ganga de cuarzo con abundante pirita, arsenopirita, y calcopirita diseminada, asociada a fuerte silicificación y argilitización, con oxidación asociada; debido a lo inaccesible de las obras se realizó un muestreo del terrero, reportando los siguientes resultados (**Tabla No. 35**):

Muestra	Ancho	Au g/t	Ag g/t
PA- 043	terrero	0.174	27
PA-044	terrero	0.098	18
PA-045	terrero	0.6	134
LEY PROMEDIO		0.29	59.6

Tabla No 35.- Muestreo del terrero de la mina San Felipe.

IV.1.4.3.4.- Zona Mineralizada Capula.

Tomando como referencia el tiro La Máquina, la zona mineralizada se ubica a 12.8 km en línea recta al N 39° W de la ciudad de Pachuca, comprende una superficie de 10.61 km² delimitada por las coordenadas 519200 a 522500 E con 2233750 a 2235600 N, en forma local en las inmediaciones de la comunidad de Capula.

El acceso se realiza partiendo de la ciudad de Pachuca con dirección a la hacienda de La Concepción, continuando hasta la comunidad Benito Juárez, de aquí se desvía por camino de terracería con dirección a la comunidad de San José Capulines y se continúa por terracería con dirección norte hasta la comunidad de Capula. Políticamente la zona mineralizada queda comprendida dentro del municipio del Mineral El Chico. (**Figura No. 20**)

El contexto geológico de la zona Capula lo conforman los derrames del paquete volcánico del Grupo Pachuca (**To A-BvA**), el cual subyace en discordancia a los derrames de la unidad Zumate (**Tm BvDa-Ig**)., en esta zona se puede apreciar la continuidad de las trazas de los diques y vetas que se proyectan por debajo de esta unidad, la cual se presenta en superficie sin interés económico; la unidad del Grupo Pachuca sirvió de roca encajonante para las estructuras tabulares en forma de diques, emplazadas dentro del sistema estructural NW-SE en algunos casos con tendencia E-W.

En general, la zona mineralizada Capula cuenta con una gran cantidad de obras mineras antiguas, así como, estructuras mineralizadas lo que representa

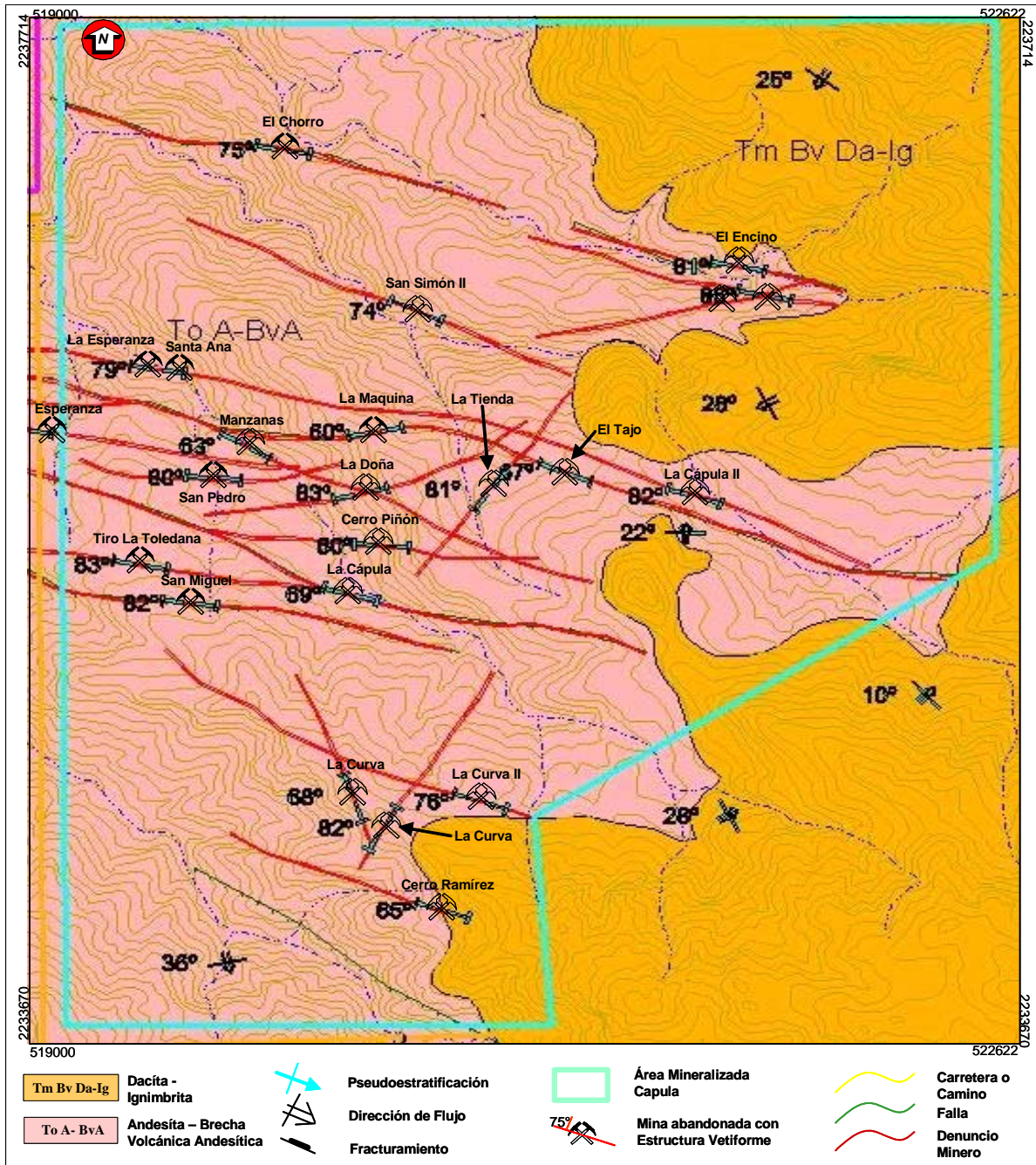


Figura No 20.- Zona mineralizada Cápula.

un problema en cuanto a descripción de cada una de ellas, debido a esto, se considero necesario enlistar las principales estructuras (**Tabla No. 36**). La descripción generalizada de las obras mineras que a continuación se hace, se basa únicamente en los datos obtenidos durante los trabajos de cartografía, datos que en ocasiones son estimados debido a lo

inaccesible de las mismas, en forma breve se mencionan solo las más importantes. Las minas de Santa Ana y Esperanza, son casi contiguas, consisten de dos minas antiguas que sobresalen por sus ademes y construcciones a la vieja usanza, presentan un socavón-crucero con desarrollo desconocido, sus obras se encuentran labradas

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

Estructura	Longitud (m)	Espesor (m)	Prof. estimada (m)	Área (m ²)	Rumbo	Echado
Santa Ana	500	10	30	5000	N 82° W	79° SW
La Esperanza	400	10	30	4000	N 79° W	75° SW
Tiro La Chiripa	400	8	.....	3200	N 83° W	81° NE
San Pedro	1000	50	20	50000	N 80° W	79° SW
Manzanas	300	6	.....	1800	N 85° W	80° SW
San Miguel	300	20	.....	6000	N 60° W	63° SW
Tiro La Toledana	1000	20	.....	20000	N 84° W	82° SW
Tiro El Jiadi	500	20	.....	10000	N 80° W	83° SW
El Cristo	400	10	.....	4000	N 66° W	74° SW
La Troca	300	5	.....	1500	N 73° W	65° SW
La Curva	500	20	.....	10000	N 32° E	82° NW
La Curva II	600	20	.....	12000	N 20° W	68° SW
El Tajo	300	20	.....	6000	N 72° W	76° SW
La Tienda	400	10	.....	4000	N 69° W	67° SW
La Máquina	500	40	80	20000	N 37° E	81° NW
Cerro Piñón	400	10	.....	4000	N 77° E	83° NW
Capula	600	15	.....	9000	N 86° W	80° NE
Capula II	1000	40	.....	40000	N 74° W	69° NE
Cimbrones	600	25	.....	15000	N 73° W	82° SW
El Dique	500	20	.....	10000	N 78° W	86° NE
El Encino	400	25	.....	10000	N 75° E	78° NW
Cruz de Cadena	400	10	.....	4000	N 79° W	81° NE

Tabla No 36.-Relación de las minas y prospectos de la Zona Mineralizada Capula.

sobre la misma estructura mineralizada que corre en forma paralela, a los sistemas estructurales de los diques de Capula-Arévalo Poniente, San Miguel y Cimbrones, se desconoce en su totalidad.

Tiro La Máquina, sin duda la de mayor renombre en la zona mineralizada de Capula, consiste de un tiro vertical con sección de 3 x 3 m, con una profundidad estimada de 80 m, actualmente esta obra se encuentra protegida con malla ciclónica como

medida de seguridad, debido a que es una de las minas que se encuentran dentro de la zona conurbana de Capula, esta obra se ubica sobre la traza de la estructura del dique La Maquina, el cual, se emplaza dentro del sistema estructural NE-SW.

El Cristo, mina que se ubica al norte del tiro La Máquina, consiste de un socavón-crucero labrado sobre la traza de una estructura secundaria paralela a los sistemas de los diques Cimbrones, Santa Ana y Esperanza, la finalidad de esta obra consistió en cortar las estructuras antes descritas y la de drenar las obras de las minas y tiros de la zona de Capula, especialmente la comunicación entre el tiro La Máquina y esta obra, se desconoce su desarrollo y magnitud de obras subterráneas.

IV.2.- NO METÁLICOS.

No se identificaron dentro de la superficie de la carta Pachuca yacimientos de minerales no metálicos.

IV.3.- BANCOS DE MATERIAL.

IV.3.1.- INTRODUCCIÓN.

El presente apartado, pretende difundir el conocimiento de las rocas dimensionables y agregados pétreos existentes, información que coadyuve al mejor conocimiento de los recursos de cada municipio y por consiguiente del estado.

Existen en la parte baja de la sierra en una franja que casi cruza la carta en su parte meridional de NW a SE y dentro de los campos volcánicos plio-cuaternarios, una gran cantidad de tajos a cielo abierto activos e inactivos, explotando un diversidad de materiales y aprovechando la cercanía con la ciudad de Pachuca y la buena infraestructura y topografía de una franja que de dirección NW-SE denominada zona Pachuca (**Figura No. 21**), aprovechando las carreteras entre Pachuca y Actopan, así como, con México y Tulancingo y la infraestructura de las poblaciones de El Arenal, San

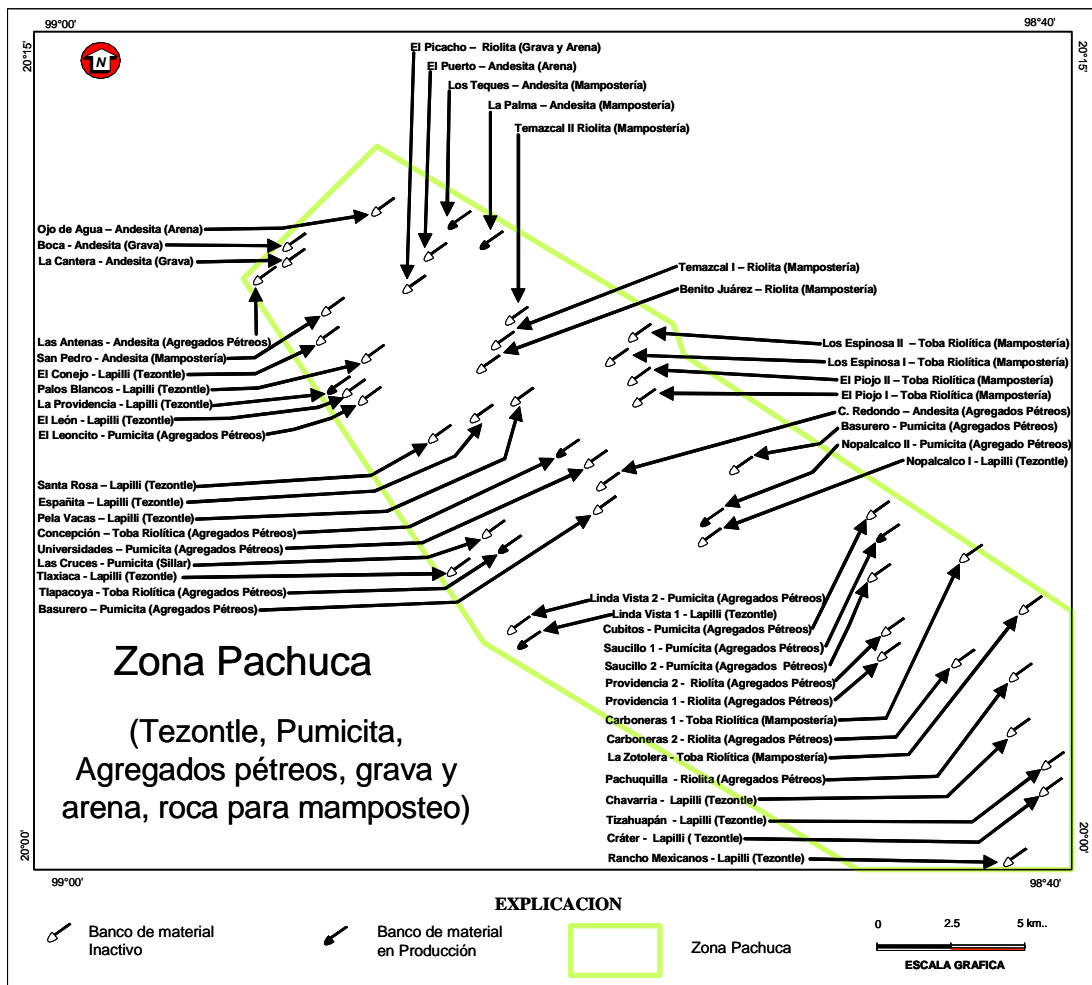


Figura No 21.- Zona Pachuca.

Juan Tilcuautila, Santiago Tlapacoya, San Agustín Tlaxiaca, San Antonio el Desmonte y Pachuquilla.

IV.3.2.- ANTECEDENTES.

En general, se desconoce exactamente el número de trabajos referentes a los bancos de material dentro de la carta, aparentemente este tipo de obras se realiza sin un control de explotación y de registro, dependiendo del tipo de uso, es decir, los bancos de material que se utilizan en forma temporal como bancos de préstamo no son registrados. En el año de 1999, el COREMI realiza el “Estudio de Asesoría Geológica-Minera al Lote “San Francisco” en el municipio de Pachuca, estado de Hidalgo”, con la finalidad de definir el potencial geológico y calidad del yacimiento de arcillas refractarias, en el lote antes citado. En 1992 y 1995, Álvarez S. E., entre otros realizan visitas de reconocimiento por piedra pómez y tezontle en las inmediaciones de la carta.

IV.3.3.- BANCOS DE MATERIAL.

Chavarría, se localiza en la porción centro oriental de la carta, al suroccidente de Pachuquilla, consiste de un tajo inactivo en el que se explota un potente espesor de arenas poco consolidadas y pumiciticas de la unidad **Qptho Pu**. Sobre esta y a manera de bóveda se tiene un derrame basáltico que tiene un espesor de 6 m.

Rancho Mexicanos, se localiza en el vértice suroccidental de la carta, al suroccidente de Pachuquilla, consiste de un tajo con actividad ocasional en el que se explota lapilli negro con piroclastos muy bien clasificados al tamaño de la gravilla para comercializarlo como tezontle, pertenecen a la unidad **TplQpt B-Pc**. El tajo mide 26 m de ancho por 35 m de largo y 12 m de alto. Los lapillis se presentan pseudoestratificados con algunas bombas y bloques flotados también se aprecian algunas obsidianas.

San Pedro, se ubica sobre la carretera federal No. 85 Pachuca-Actopan, a la altura del puerto San Pedro, consiste de un tajo cielo abierto donde se inician trabajos de preparación, con dimensiones de 50 m de largo por 30 m de ancho y un desnivel de 10 m, en este banco se obtiene roca para construcción (mampostería) descrita como agregado pétreo, material que se obtiene de andesita de la unidad (**To A-BvA**).

El Cráter, se localiza en la porción centro oriental de la carta, al suroccidente de Pachuquilla y cerca de San Juan Tizahuapan, consiste de un tajo inactivo en

el que se exploto una toba de lapilli pumicítico blanca, se presenta muy deleznable ya que no presenta cementante y poca matriz de misma composición, pertenece a la unidad **TplQpt B-Pc**. Es un gran tajo a cielo abierto de 300 m de diámetro, altura de 50 m promedio y se encuentra abandonado (**Fotografía No. 35**).



Fotografía No 35.- Tajo El Cráter cerca de San Juan Tizahuapan.

Tizahuapan, se localiza en la porción centro oriental de la carta, cerca de San Juan Tizahuapan, consiste en un tajo a cielo abierto con 27 m de ancho, 60 m de largo y 8 m de alto, se explota esporádicamente tezontle rojo, tamizando el material para apartar bloques escoria y bombas, no presenta cementante y muy poca matriz por lo que es deleznable, el depósito esta bien pseudoestratificado y pertenece a la unidad **TplQpt B-Pc**.

Providencia 1, se localiza al occidente de Pachuquilla, es un tajo a cielo abierto de 70 m de ancho, 180 m de largo y 20 de alto, se encuentra abandonado y solo se aprecia que se explotaba material sin clasificar de la unidad **Qptho Pu**, como tepetate ó balastre, en el afloramiento la roca presenta esferulitas y una clara estructura fluidal en bandas de tonos rojizos y rosáceos.

Providencia 2, se localiza al occidente de Pachuquilla, es una serie de tajos a cielo abierto con 50 m de ancho, 60 m de largo y 8 m de alto, se encuentran abandonados y solo se aprecia que se explotaba material sin clasificar, como tepetate ó balastre, se observa una clara estructura fluidal, solo se registraron estos puntos (Providencia 1 y 2), existiendo otros tajos en las inmediaciones de estas dos localidades, todas dentro de la unidad **Qptho Pu**.

Cubitos, se localiza a un costado del cerro de Cubitos, aflora un suelo café de poco peso derivado de los depósitos de caída de la unidad **Qptho Pu**. Y que es explotado y conocido como sillar, para uso como fachadas y muros de acabados rústicos. Se encuentra coronando la toba cubitos, en este caso aflora en la parte alta de este mismo cerro, en donde

se le explotó en una serie de galerías subterráneas erráticas de poco desarrollo, como la localizada en este punto, el horizonte mide 1.10 m.

Carboneras I, se localiza al oriente de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Hidalgo, en el oriente de Pachuca, es un tajo abandonado a cielo abierto de 150 m de largo, 100 m de ancho y 5 m de alto, parcialmente relleno por cascajo y desechos de unidades habitacionales que se están construyendo en las inmediaciones, afloran los depósitos riolíticos de la unidad **Qpt TR-R**, en el tajo se aprecia un esquemático afloramiento de la Riolita Navajas.

Carboneras II, se localiza al oriente de las instalaciones de la Universidad Autónoma de Hidalgo, en el oriente de Pachuca, es un tajo a cielo abierto abandonado y parcialmente relleno con material de escombros, presenta 90 m de ancho, 70 m de largo y 30 m de alto. Aflora riolita con estructura fluidal color rosado con feldspatos en cristales subhedrales.

Pachuquilla, se localiza al norte de Pachuquilla, es un tajo abandonado a cielo abierto donde afloran brechas de la misma riolita de la unidad **Qpt TR-R**. También se presentan varias fallas locales con rumbo NE 76° con 81° al NW y un pitch de 16° al oeste, por medio de un análisis de riedels y estrías se determinó que la falla es dextral normal. El tajo mide 65 m de largo por 80 m de ancho, con una altura promedio de 12 m, se explotó para la obtención de agregados pétreos.

Nopancalco I, se ubica al noroccidente de San Pedro Nopancalco, es un tajo a cielo abierto de 250 m de largo, 200 m de ancho y 70 m de alto, donde se explotan lapillis negros y rojizos predominantemente del tamaño de la grava y arena gruesa, de la unidad **TplQpt B-Pc**, también presentan bombas y bloques de escoria, no se observó actividad, pero parece que está es de carácter intermitente. Debido a la altura, posición vertical de sus paredes y a lo deleznable de la roca se considera zona de alto riesgo, por lo inminente de un derrumbe de material (**Fotografía No. 36**). También se aprecia un sistema de fallas de rumbo NE 62° con 67° al NW.

Nopancalco II, se localiza al noroccidente de San Pedro Nopancalco, es un tajo a cielo abierto en un nivel inferior al del punto anterior. En su parte alta presenta tobas alteradas arcillosas, en el medio lapilli negro de la unidad **TplQpt B-Pc** y abajo pumicita en horizontes de 0.5 a 1.5 m de la unidad **Qptho Pu**. Las dimensiones del tajo son de 400 m de largo, 150

m de ancho y 40 m promedio de altura, se explotó para la obtención de agregados pétreos.



Fotografía No 36.- Tajo Nopancalco I con Cantiles muy inestables y muy cerca de San Pedro Nopancalco.

Tlapacoya, se localiza al noroccidente de Santiago Tlapacoya, es un tajo a cielo abierto de 80 m de largo, 50 m de ancho y 40 m de alto, en donde se explota una roca pseudoestratificada de color blanquecino conformada por cristales subhedrales de vidrio, cuarzo y biotita negra de la unidad **Qpt TR-R**, parece una perlita que se explota como grava y arena, se colectó la muestra PA-209 para petrografía, clasificándose como riolita vítrea, en un tajo mayor aun lado se aprecia sobreyacida discordantemente por lapillis y a la vez parece cortarlos (**Fotografía No. 37**).



Fotografía No 37.- Tajo Tlapacoya donde se aprecian relaciones de corte entre la riolita Navajas y los lapillos cerca de Santiago Tlapacoya.

Saucillo I, se localiza a un costado del cerro de Cubitos, consiste de un tajo abandonado a cielo abierto con 200 m de ancho, 240 m de largo y 50 m de alto, se encuentra abandonado y se aprecia se explotaba material pumicítico bien clasificado, el nivel de pumicita se encuentra en la parte alta del tajo y existe otro más delgado en su base, estos niveles pumicíticos corresponden con depósitos de caída de la unidad **Qptho Pu**.

Saucillo 2, se localiza a un costado del cerro de Cubitos, consiste de un tajo abandonado a cielo

abierto con 430 m de ancho, 300 m de largo y 60 de alto, se encuentra parcialmente activo ya que la mayor parte se esta relleno con material de escombros: se explota ceniza volcánica para material de relleno en construcciones y caminos. Aflora una toba pumicitica bien clasificada en granos de tamaño del lapilli pero en un espesor de 1.5 m, esta sobreyace a varios niveles de cenizas volcánicas muy finas y semicompactadas que solo varían un poco en su granulometría; se tomo muestra para petrografía (PA-210), clasificándose como una toba traquiandesitica de la unidad **Qptho Pu (Fotografía 38)**.



Fotografía No 38.- Tajo Saucillo II relleno en parte con material de escombros, cerca de cubitos

La Concepción, se ubica a un lado de la Concepción, es una serie de al menos 3 tajos contiguos en las faldas del cerro El Judío. En el que se tomo el punto presenta 500 m de largo, 200 m de ancho y altura de 70 m aproximadamente. Al igual que en el punto anterior aquí se explota una riolita vítrea (**Qpt TR-R**) como material pétreo, los tajos tienen buena infraestructura y cuentan con maquinaria. En un afloramiento lateral se aprecia que esta roca es sobreyacida discordantemente por un pie de monte con clastos de ella misma y a su vez sobreyacido este por la Toba Cubitos (**Qptho Pu**).

Universidades, se localiza entre los cerros El Judío y Redondo, precisamente en un área ocupada por varias escuelas universitarias, es un tajo a cielo abierto de 100 m de largo, 50 m de ancho y 8 m de altura, trabajado en depósitos de caída (amarillentos) de la unidad **Qptho Pu**, los cuales se observaron pseudoestratificados, se explotó para la obtención de agregados pétreos.

Cerro Redondo, se localiza en el flanco suroccidental del cerro Redondo, es un tajo a cielo abierto trabajado en andesitas gris verdoso que intemperizan a rosado blanquecino de la unidad **To A-BvA** y que las asemejan a riolitas, presenta estructura fluidal en algunas partes y de rumbo muy irregular, se colectó muestra PA-071 para petrografía y confirma su composición andesítica, las fracturas

se encuentran frecuentemente rellenas por sílice amorfo.

Basurero, se localiza al sur del cerro Redondo, es un tajo a cielo abierto ahora abandonado, presenta 200 m de largo, 50 m de ancho y 10 m de alto, trabajado en la Toba Cubitos (**Qptho Pu**), se explotó para la obtención de agregados pétreos.

Lindavista 1, se ubica entre la colonia Lindavista y San Antonio el Desmonte, son un par de tajos a cielo abierto, el mayor es de 400 m de largo, 300 m de ancho y 80 m de alto promedio, el otro es de 40 m de largo, 10 m de ancho y 8 m de alto, están trabajados en lapilli color rojo pseudoestratificado de la unidad **TplQpt B-Pc**, en general esta bien clasificado intercalado solo con algunas bombas y escorias, se encuentra activo (intermitentemente) el tajo principal y se explota para comercializarlo como tezontle.

Lindavista 2, se ubica entre la colonia Lindavista y San Antonio el Desmonte, es un enorme tajo a cielo abierto de aproximadamente 400 m de largo, 400 m de ancho y 90 m de alto, la mayor parte esta trabajada en los depósitos de caída de la unidad **Qptho Pu**, pero hacia el fondo aflora ya lapilli negro y rojo de la unidad **TplQpt B-Pc (Fotografía 39)**.



Fotografía No 39.- Gran tajo de Lindavista 2, en donde se extrae material para relleno.

Benito Juárez, este tajo se ubica a un lado de la colonia del mismo nombre, se encuentra inactivo, presenta 18 m de largo, 20 m de ancho y 8 m de alto, desarrollado en riolita porfídica de color gris con fenocristales subhedrales de plagioclasa de la unidad **Tm R-TR**, se explota para mampostería.

Un poco más al norte se localiza el *banco de material Temascal I*, es un tajo a cielo abierto activo con operación intermitente de 100 m de largo, 22 m de ancho y 40 m de altura, se explota riolita porfídica color rosado con fenocristales subhedrales de plagioclasa en una matriz inequigranular de la unidad **Tm R-TR**, se explota para mampostería.

Siguiendo por el camino hacia el puerto Temascal hacia el norte se localiza otros bancos de material identificados como *Temascal II*, es una serie de pequeños tajos en un área de 120 por 30 m y 20 de alto, están abandonados y se explotaban para la

extracción de material de mampostería, aflora riolita porfídica con anfíboles y micas, de la unidad **Tm R-TR**.

El Piojo I, se localiza en la barranca El Piojo al occidente de San Juan Tilcuautla, es un tajo a cielo abierto de 80 m de largo, 40 m de ancho y 40 m de alto, en donde se explota una roca masiva de color verde claro muy diaclasada. Presenta una textura inequigranular casi afanítica con cristales de cuarzo vidrio y algunos ferromagnesianos, corresponde a una riolita de la unidad **Tm R-TR**, explotada para la obtención de mampostería, muy demandada por su atractivo color para exteriores ya sea en pisos fachadas muros o engravados.

El Piojo II, se localiza en la barranca El Piojo al occidente de San Juan Tilcuautla, es una serie de pequeños tajos en un área de 250 m de largo, 40 m de ancho y 20 m de altura, activos eventualmente y se explotan como mampostería, aflora toba riolítica porfídica con micas, cuarzo feldespatos y vidrio de la unidad **Tm R-TR**, que parece ser la misma del punto anterior pero en estos tajos presenta diferentes tonalidades entre el gris y el rosado.

Los Espinosa I, se localiza en la barranca Los Espinosa al occidente de San Juan Tilcuautla, es un tajo a cielo abierto de 10 m de largo, 100 m de ancho y 50 m de alto, en donde se explota una roca masiva de color verde claro muy diaclasada. Presenta una textura inequigranular casi afanítica con cristales de cuarzo vidrio y algunos ferromagnesianos, corresponde a una riolita de la unidad **Tm R-TR**, explotada para la obtención de mampostería, muy demandada por su atractivo color para exteriores ya sea en pisos fachadas muros o empedrados.

Los Espinosa II, se localiza en la barranca Los Espinosa al occidente de San Juan Tilcuautla, es un tajo a cielo abierto de 200 m de largo, 150 m de ancho y 60 m de altura, en donde se explota una roca masiva de color verde claro algo diaclasada como mampostería. Presenta una textura inequigranular casi afanítica con cristales de cuarzo vidrio y algunos ferromagnesianos, corresponde a la unidad **Tm R-TR**.

Los Espinosa III, se localiza en la barranca Los Espinosa, este punto se localiza al centro de una serie de al menos 4 tajos en las faldas del cerro La Compuerta, en ellos se explota una roca rosada y porfídica de la unidad **Tm R-TR**, se encuentra en este punto muy diaclasada lo cual es aprovechado para la su extracción en lajas para fachadas y pisos.

La Zotolera, se ubica en el cerro del mismo nombre al suroriente de Pachuca, se trata de un tajo a cielo abierto abandonado de 30 m de largo, 30 m de ancho y 20 m de alto, en el tajo se aprecia una riolita con cristales de cuarzo, biotita y estructura fluidal con desarrollo de niveles de esferulitas de la unidad **Tm R-TR**. A 80 m al occidente se localiza otro tajo de 40 X 40 m y alto de 20 m, trabajado en la misma unidad y se explota para obtención de mampostería.

La Cantera, se localiza al sur de Real del Monte, en este banco se aprecia el contacto entre las andesitas porfídicas y un nivel de flujo de escombros bentonizado y pseudoestratificado, al parecer de la unidad **To A-BvA**. El flujo presenta un espesor de 20 m y esta trabajado en un tajo de 15 m de largo, 20 m de ancho y 20 m de alto. La andesita es amarillenta muy homogénea pero muy deleznable como si fuera un depósito de caída.

El Descanso, se ubica en terrenos del ejido de San José Tepenene en el extremo NW de la sierra de Pachuca, en la actualidad se encuentra en operación con una producción constante a baja escala; consiste de un tajo a cielo abierto con corte de 30 m de largo y desnivel de 12 m, con un patio de 15 m, en este banco se explota roca para la construcción definida en este trabajo como agregado pétreo, este término define a la roca para mamposteo, y para revestimiento de caminos de terracería, producto derivado de andesita porfídica de la unidad **To A-BvA**; los trabajos de explotación se realizan en forma precaria.

La Yerbabuena, se ubica al norte del puerto La Palma sobre el camino que conduce a Santa Rosa, consiste de un tajo a cielo abierto en etapa de preparación con sección de 25 m de corte por 6 m de desnivel y 10 m de patio; en la actualidad se encuentra inactivo, donde se obtiene cantera de color verde claro a verde pistache derivada de los derrames riolíticos que sobreyacen a la andesita porfídica.

La Cantera I, se ubica en la parte alta del cerro La Cantera al poniente del puerto San Pedro, consiste de un tajo a cielo abierto con dimensiones de 15 m de largo, 10 m de ancho y 2 m de altura, actualmente inactivo, utilizado como banco de préstamo donde se explota grava mal clasificada como agregado pétreo (balastre) derivado de la unidad **TplQpt B-Pc**, material utilizado en el revestimiento de los caminos de terracería de las comunidades aledañas, la actividad de este banco se restringe a períodos cortos de explotación.

Boca, se encuentra en la falda sur oriente del cerro La Cantera también conocido como cerro de las Antenas; actualmente se encuentra en etapa de activación donde se prepara un tajo a cielo abierto de 40 m de largo, 50 m de ancho y 4 m de alto, para explotar grava derivada de andesita de la unidad **To A-BvA**.

Ojo de Agua, se ubica en el extremo sur de la comunidad Ojo de Agua sobre la barranca Sonora; consta de dos tajos inactivos a cielo abierto donde se explota y extrae arena derivada de andesita de la unidad **To A-BvA**, la cual se presenta fuertemente intemperizada y deleznable, el banco principal presenta dimensiones de 30 m de largo, 15 m de ancho y 5 m de altura, se utiliza el método de extracción con trascabo.

El Puerto, se ubica en el Puerto La Palma sobre el camino de terracería que comunica a Pachuca con San Jerónimo, actualmente se encuentra en etapa de preparación donde se realiza descapote del tajo con dimensiones de 80 m de largo, 40 m de ancho y 4 m de alto, donde se obtendrá como producto arena y grava como subproducto, material que se obtiene de andesita de textura porfídica de grano grueso fuertemente deleznable de color violáceo de la unidad **To A-BvA**.

El Picacho, se ubica en la cima del cerro del mismo nombre al sur-sureste de la comunidad Puerto La Palma, consiste de un tajo a cielo abierto que presenta tres niveles de corte, con sección de 70 m de largo, 15 m de ancho y 15 m de alto, en el corte principal, en este banco se explota arena, y como subproducto grava derivada de la unidad **Qpt TR-R**, consta en su base de un depósito de caída libre de textura piroclástica con abundantes fragmentos de vitrófido en una matriz tobácea de grano fino ligeramente desvitrificada (**Fotografía No. 40**).



Fotografía No 40.- Banco El Picacho.

Los Teques, este banco se ubica al norte de la comunidad Puerto La Palma, sobre el camino a San Jerónimo se aprecia el corte, consta de un tajo a cielo abierto actualmente activo con dimensiones de 80 m de largo, 60 m de ancho y 25 m de desnivel, la roca en muestra de mano es de composición félsica de color rosa pálido, presenta una textura porfídica, estructura compacta, masiva, observándose sobre el corte flujos con tendencia vertical, en apariencia semeja ser un domo de la unidad **Qpt TR-R** (**Fotografía No. 41**).



Fotografía No 41.- Explotación de riolita en el banco Los Teques.

Pelavacas, se localiza al sureste de la comunidad de Tornacuxtla, en forma local sobre el cerro del mismo nombre también conocido como El Tepeyac, actualmente este banco se encuentra inactivo, consta de tres tajos a cielo abierto labrados en forma escalonada sobre la falda poniente; en general, el tajo inferior se encuentra labrado en la unidad **Qptho Pu**. presenta un desnivel de corte de 6 a 8 m, las dimensiones de longitud y ancho son similares en los tres niveles, siendo de 65 m de sección con un ancho de patio de 50 m, la altura del corte intermedio y superior varían de 12 a 10 m; el banco esta constituido por bombas volcánicas, lapillis, arenas, escorias y cenizas de composición basáltica de color rojo ocre a negro, el depósito piroclástico se deriva de un cono cinerítico que constituye el banco; los tajos intermedio y superior están labrados en la unidad **TplQpt B-Pc**, donde se extrae tezontle en forma de gravilla de 1 a 1.5 cm, el banco presenta gran potencial dada la magnitud de sus tajos.

Españita, actualmente inactivo, se localiza en la falda poniente del cerro Colorado, en forma local al sureste de la comunidad Españita; consta de un tajo a cielo abierto de 30 m de largo, 20 m de ancho y 6 m de alto, donde se explota tezontle de color rojo

derivado de la unidad **TplQpt B-Pc**, el depósito esta constituido por la acumulación alterna de bombas, lapillis, escorias, gravas y cenizas de composición basáltica, con variación de color negro a rojo en bandas alternas, en general el material que se explota y beneficia consiste de gravas de 1 a 2 pulgadas.

Santa Rosa, se localiza al suroeste de la comunidad Benito Juárez, en forma local sobre la parte alta del cerro Colorado, consta de un tajo a cielo abierto actualmente inactivo, que presenta dimensiones de 60 m de largo, 30 m de ancho y 6 m de alto, el corte del banco se encuentra labrado en la unidad **TplQpt B-Pc**, que presenta la acumulación de caída libre de bombas, lapillis, escorias y gravillas de basalto en forma alterna, material derivado del aparato volcánico, representado por un cono cinerítico de esta unidad, donde se explota escoria y ceniza de basalto en forma de grava de de 2 a 3 cm, conocida como tezontle, en apariencia subyace a la unidad **Qptho Pu**.

La Palma, se encuentra dentro de la comunidad denominada Puerto La Palma, consta de un tajo a cielo abierto actualmente activo, donde se realiza la explotación por periodos cortos dependiendo de la demanda de material; en este banco se explota roca para mampostería, consiste de un corte de forma irregular con dimensiones de 35 m de largo, 20 m de ancho y 6 m de alto, donde se explota roca para mamposteo derivado de la unidad **Qpt TR-R** que aparentemente sobreyace a la unidad **To A-BvA**, constituida por un depósito piroclástico en forma masiva de estructura brechada con una textura porfídica en una matriz desvitrificada.

Palos Blancos, este banco se ubica en las cercanías de la comunidad del mismo nombre, consiste de un tajo a cielo abierto, presenta dos cortes, el corte de mayor desarrollo presenta dimensiones de 60 m de largo, 50 m de ancho y 15 m de altura, en este banco se explota y beneficia tezontle en forma de grava con calibre de 1 a 2 pulgadas por el método de cribado, este depósito es uno de los bancos de mayor desarrollo en la región, en la actualidad se encuentra inactivo, siendo trabajado sólo en épocas cortas, el tezontle que se extrae se deriva de la unidad **TplQpt B-Pc**, en apariencia el cerro de Palos Blancos lo conforma un pequeño aparato volcánico (cono cinerítico) de esta unidad, subyace a los depósitos de la unidad **Qptho Pu**.

Las Antenas, se localiza en la parte alta del cerro La Cantera también conocido como Las Antenas, consta de un tajo a cielo abierto actualmente

inactivo, durante el presente trabajo fue considerado como banco de préstamo, donde se explota material sin clasificar para agregados pétreos, material que se deriva de la disgregación y acumulación mecánica de la unidad (**TplQpt B-Pc**), constituida de fragmentos de roca de basalto, andesita y lapilli.

Banco El Conejo, se localiza sobre la carretera federal No. 85 Pachuca-Actopan, en forma local al sur del puerto San Pedro, consiste de un tajo a cielo abierto con dimensiones de 60 m de largo, 40 m de ancho y 20 m de alto, en la actualidad se trabaja por periodos cortos por lo que fue clasificado como banco inactivo; en este banco se explota y extrae tezontle de color rojo en forma de gravas de 1 a 2 pulgadas, material que se obtiene de la unidad **TplQpt B-Pc**, los depósitos piroclásticos de este banco se derivan y forman parte de un pequeño cono cinerítico, característicos de esta unidad.

La Providencia, se localiza sobre la carretera federal No. 85 Pachuca-Actopan, a la altura de la desviación a San Juan Solís y Chicavasco, actualmente este banco se encuentra activo; es uno de los bancos de material de mayor desarrollo en obras e infraestructura, donde se explota y beneficia tezontle por el método de cribado, obteniendo como producto principal gravilla con diámetro 0.5 cm, destinado a la venta para revestimiento de cinta asfáltica, y como subproducto grava sin clasificar de 1 a 2 pulgadas; todo el material se obtiene y se explota de la unidad **TplQpt B-Pc**, debido a la magnitud de los tajos del banco, su dimensión se estimo en 300 m de largo, 100 m de ancho y 60 m de alto, en general en banco tiene forma irregular; el depósito piroclástico se presenta en forma rítmica derivado de un aparato volcánico (cono cinerítico) que constituye el cerro El León, el cual, subyace a los depósitos piroclásticos de la unidad **Qptho Pu**, la cual se aprecia en el corte del banco en forma interestratificada con los depósitos de la unidad **TplQpt B-Pc**, lo que sugiere que estas dos unidades fueron contemporáneas en tiempo pero de diferente evento volcánico. **(Fotografía No. 42)**.

El León, este banco se ubica en el extremo oriente del aparato volcánico del cerro El León constituido por piroclastos de la unidad **TplQpt B-Pc**, donde se explota tezontle en forma de gravas de 1 a pulgadas sin clasificar, actualmente inactivo, el banco lo constituye un depósito de lapilli, gravas y bombas de composición basáltica en forma pseudoestratificada, subyace en forma discordante a la unidad **Qptho Pu**. *EL Leoncito*, se ubica relativamente cerca a pie de la carretera Pachuca-Actopan, en forma local al sur del cerro El León, consiste de un tajo a cielo abierto con



Fotografía No 42.- Tajo de gran profundidad y taludes verticales en el Banco La Providencia.

dimensiones de 100 m de largo, 40 m de ancho y 8 m de alto, se encuentra inactivo, los trabajos realizados consistieron en la extracción de material (agregados pétreos) para revestimiento y construcción del terraplén de la carretera de doble carril Pachuca-Actopan, dicho material se deriva del la unidad **Qptho Pu**, la cual sobreyace directamente en discordancia a la unidad (**TplQpt B-Pc**).

Las Cruces, se ubica en la falda norte del cerro Guerra, al poniente de la comunidad de Santiago Tlapacoya, consiste de un tajo a cielo abierto en

etapa de preparación; donde se aprecia descapote y preparación de banco con dimensiones de 20 m de largo, 20 m de ancho y 2 m de altura; sobre el corte del banco se aprecia un horizonte tobáceo pumicítico de la unidad **Qptho Pu**, donde se pretende obtener roca en forma de lascas, dicho material denominado en el mercado como "sillar", es de color café a ocre, la explotación se realizara por el método de tumba de roca y será procesado en planta por el método de corte y cuadreo con sierra a diamante para obtener bloques de aproximadamente 20 x 30 x 20 cm.

Capula, se ubica en la rancharía del mismo nombre, en forma local al oriente de la comunidad de El Campanario, consiste de un pequeño tajo a cielo abierto, actualmente inactivo, donde se obtiene tezontle derivado de la unidad (**TplQpt B-Pc**), es utilizado como banco de préstamo y explotado por los lugareños de la rancharía de Capula, con dimensiones de 30 m de largo, 10 m de ancho y 3 m de alto, en apariencia el depósito de este banco se comporta como un colgante de escorias basálticas que sobreyacen a los derrames de andesita basáltica, ambas de la unidad **TplQpt B-Pc**, en general el depósito se encuentra enmascarado por los depósitos de la unidad **Qptho Pu**.

V.- MODELO DE YACIMIENTOS MINERALES

El distrito minero de Pachuca-Real del Monte y de alguna manera los otros dos contiguos, Mineral del Chico y Capula-Arévalo, encajan apropiadamente con el modelo de depósitos hidrotermales del tipo epitermal, propuesto por varios autores y que es mas claramente desarrollado por Buchanan L. J. en 1978 (**Figura No. 22**).

Como ya se menciona en el capítulo anterior la mayoría de las estructuras de los distritos aquí propuestos, se ubican dentro de temperaturas y paragénesis característicos del área de mineralización alta de metales preciosos, por encima y por debajo del nivel de ebullición y generalmente con características de baja sulfidación.

En base a temperaturas de homogenización del distrito se tiene un máximo de 200 ° C al principio y abajo de 100 ° C al final en el depósito de la plata (Buchanan L. J. et al., 1990,) esto corrobora la paragénesis referida por (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.) y que implica el conjunto de cuarzo, bustamita o rodonita, calcita, pirita, esfalerita, galena, calcopirita, y sulfuros argentíferos con plata y oro

nativos que forman los rellenos principales de veta. Por lo que el distrito se clasifica como hidrotermal de tipo epitermal de baja sulfidación y como relleno de fisuras. Aunque algunas zonas como en San Juan Pachuca pueden ser mesotermales donde el contenido de sulfuros base llega a sobrepasar el 3 o 4 %.

Así en los distritos de esta carta se aprecia una clara correspondencia con el modelo, ya que existe un claro zoneamiento de la paragénesis mineral dentro de varias estructuras, adecuándose a las temperaturas de formación propuestas por el modelo, todos los minerales sulfurados disminuyen tanto hacia arriba como hacia abajo en las vetas, esto es arriba de las cimas y debajo de los fondos de los cuerpos de mineral argentífero.

En especial el Distrito de Pachuca-Real del Monte fue formado principalmente por incrustaciones sobre los respaldos de cavidades abiertas y en menos medida por reemplazamiento de las rocas que limitaban esas cavidades.

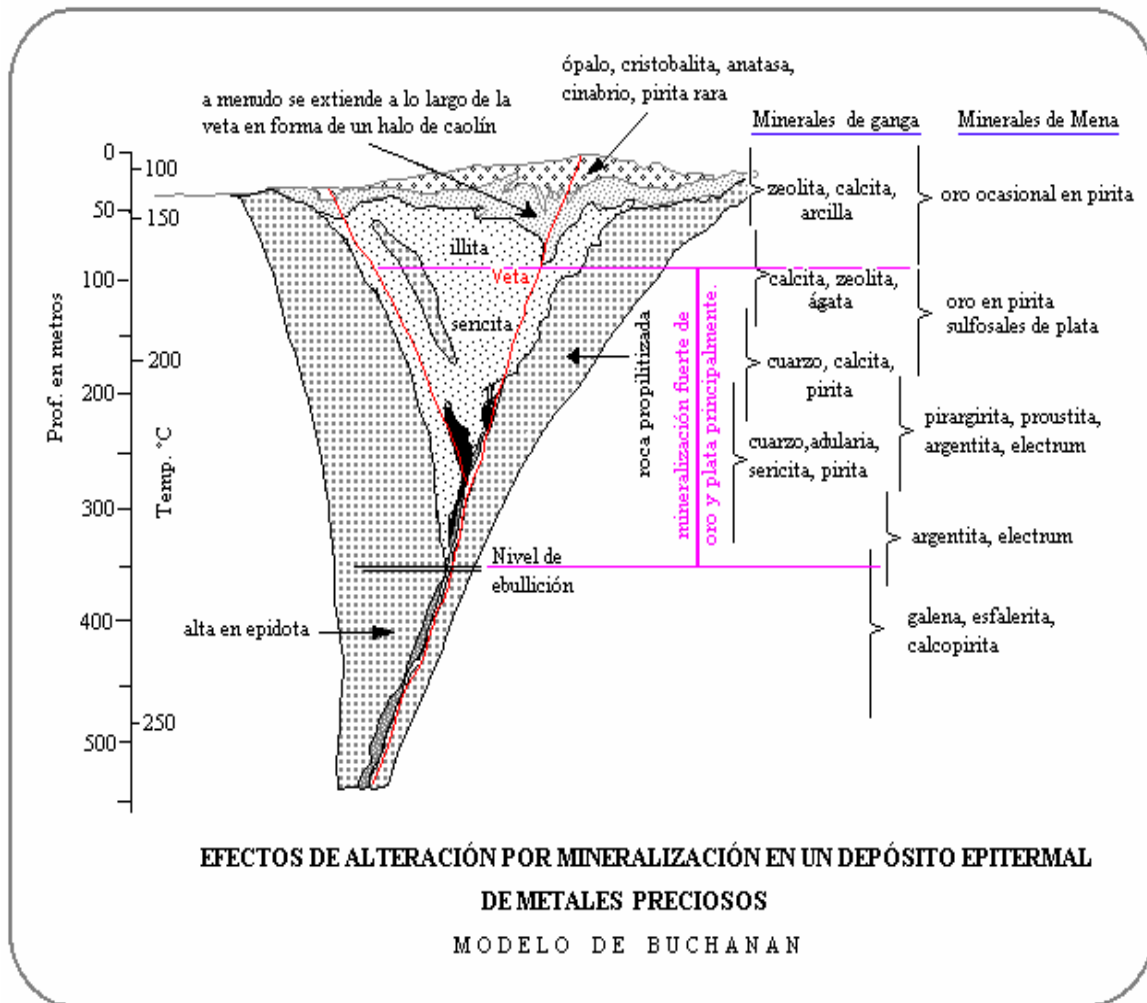


Figura No 22.- Modelo de yacimiento propuesto para los depósitos de la carta Pachuca.

Existe una datación de la mineralización realizada por K-Ar en la adularia formada por la alteración hidrotermal y que arroja una edad de 20.3 ± 0.5 Ma (Edwin H. et al., (1992).

Como se dijo los controles litológicos son los diques principalmente los de pórfido cuarcífero de grano fino (**Tm PR**), que fue casi contemporáneo con la mineralización, de ahí la importancia de estos cuerpos para los distritos mineros metálicos, a su vez estos están íntimamente ligados al magmatismo que origina la Formación Tezuantla (**Tm R-TR**). Como controles estructurales el primer sistema de rumbo NW-SE con variaciones al W-E es el más importante en todos los distritos mineros y el

segundo (N-S) solo es importante en el área mineralizada de la Rica, aunque existen varias estructuras mineralizadas dentro del tercer sistema estructural de rumbo NE-SW, esto es menos frecuente.

Una característica que parece funcionar bien en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, para la prospección de clavos o bolsadas de mineral con altas leyes, es no solo en el cruce de estructuras sino que las bolsas parecen desarrollarse más en la parte cóncava de las vetas cuando existe una deflexión, principalmente en las de orientación NW-SE.

VI.- GEOQUÍMICA

VI.1.- INTRODUCCIÓN.

Como parte del programa de cartografía geológico-minera, paralelamente se lleva a cabo también un muestreo de sedimentos activos de arroyo. La geoquímica se desarrolla a partir de sedimentos que se colectan en función de una programación que toma en cuenta la densidad del drenaje de la región comprendida en cada carta configurando pétalos de captación. La densidad de muestreo depende entonces de la densidad y tamaño de los pétalos, diferente en cada carta. El resultado se presenta en cartas por percentiles independientes a este texto y en una interpretación monovariante y multivariante que a continuación se desarrolla.

VI.2.- PARÁMETROS GEOQUÍMICOS.

VI.2.1.- MUESTREO.

Para la programación del muestreo geoquímico se utilizó la carta topográfica Pachuca de Soto F14-D81 escala 1:50,000 de INEGI, en la cual se remarcó el

drenaje con el objeto de delimitar en forma clara las cuencas y subcuencas hidrológicas que surcan la región, posteriormente se definieron los pétalos de captación tomando en cuenta la información geológico-minera existente en el área con la finalidad de ubicar los puntos de muestreo que por sus características definen la concentración de los iones metálicos en los sedimentos de un área específica. Dichos puntos, fueron seleccionados sobre las corrientes tributarias, metros antes de su descarga al drén troncal o principal, en la confluencia de arroyos, evitando la contaminación ocasionada por caminos, carreteras, asentamientos humanos, etc. De esta manera se programaron 103 muestras a colectar (**Figura No. 23**).

Con la ubicación de las muestras en la carta topográfica de INEGI correspondiente, se inició la recolección de las muestras en los cauces de los arroyos, tomando el sedimento activo formado por partículas finas del tamaño de los limos y arcillas, con la ayuda de una cuchara de jardinero, tratando de eliminar todo vestigio de materia orgánica.

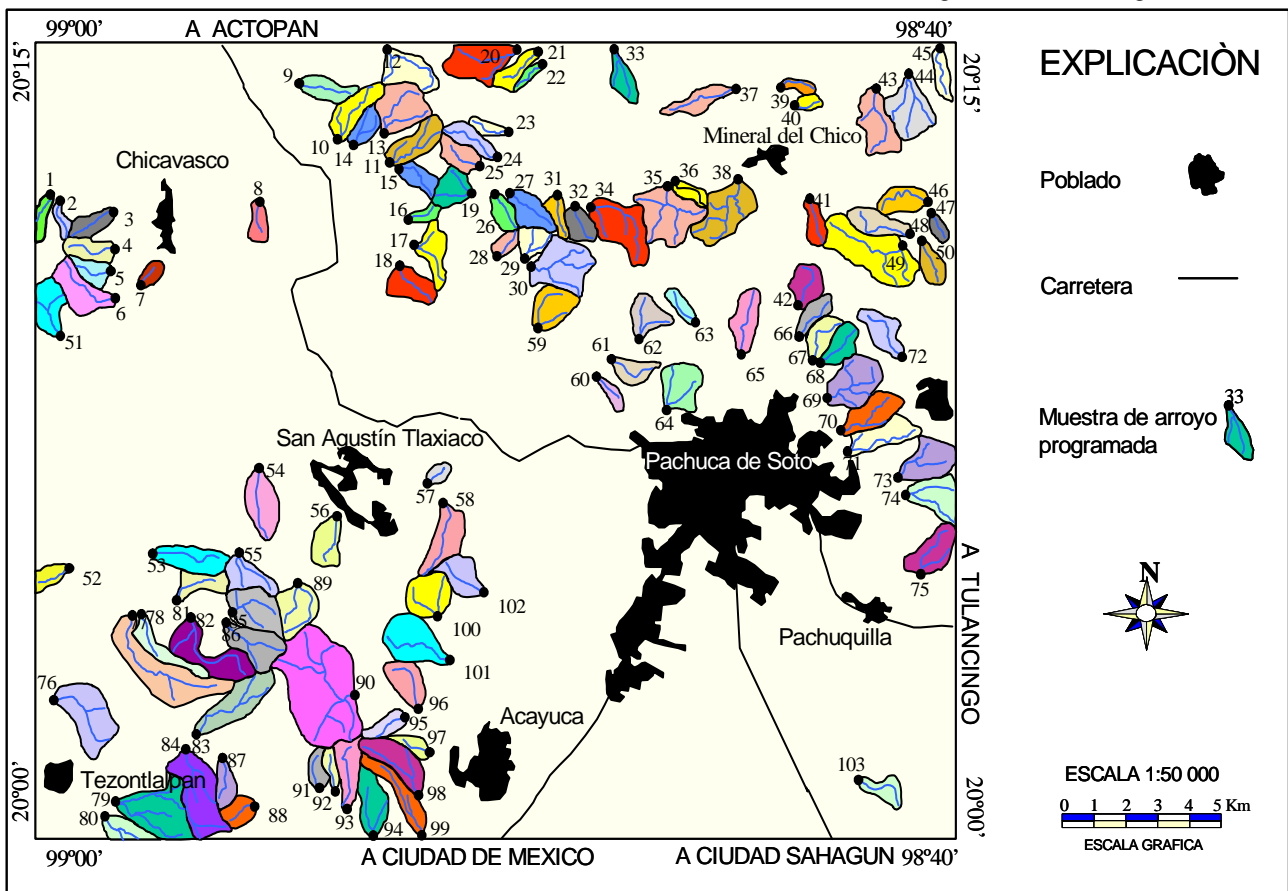


Figura No 23.- Programa de muestreo geoquímico.

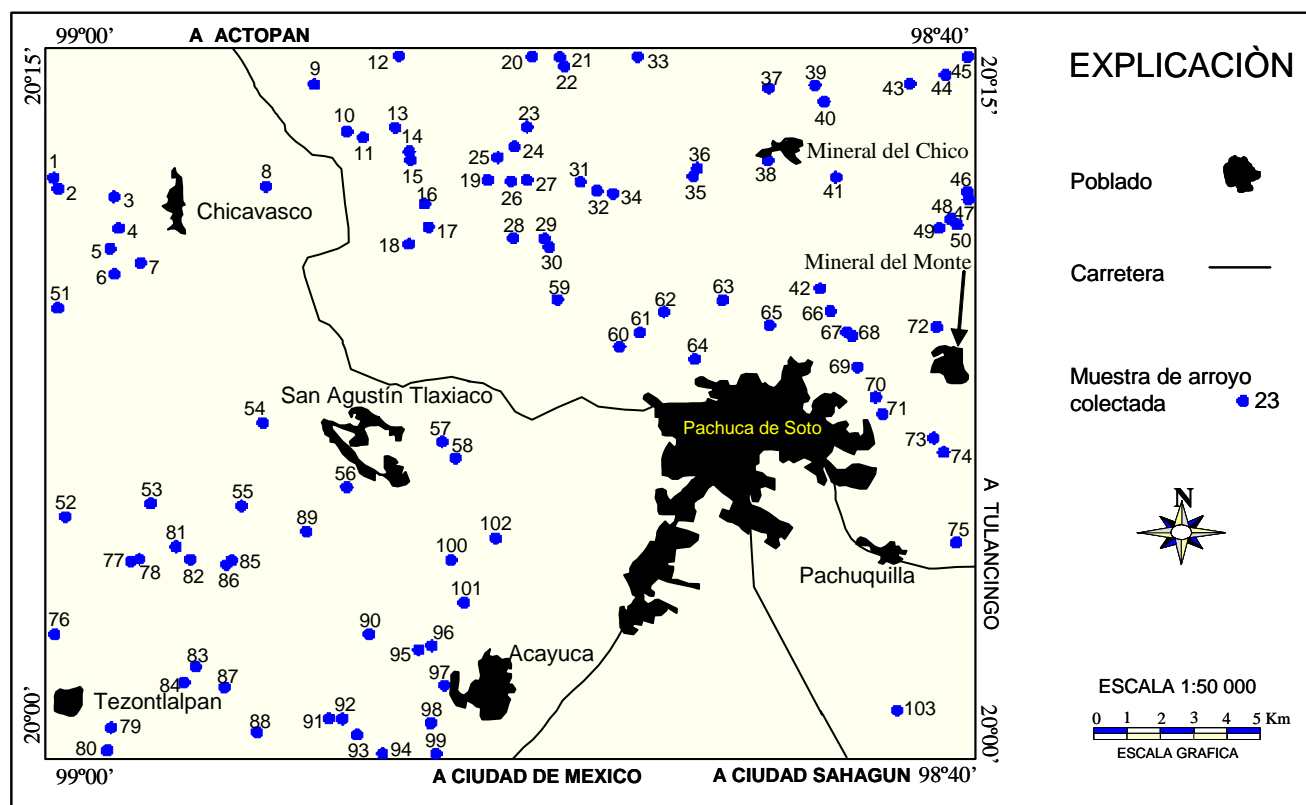


Figura No 24.- Localización del muestreo geoquímico colectado.

En el campo, la ubicación de las muestras se llevó a cabo con ayuda de un posicionador (GPS, Garmin 12XL), marcándola en el terreno con pintura y listón, conteniendo la nomenclatura y número de muestra. Al mismo tiempo se tamizó a -80 mallas, recolectando el sedimento en bolsas de papel kraft para su análisis, también se realizó el llenado de la ficha de control respectiva.

El total de muestras colectadas fue de 103 unidades, distribuidas en una superficie de 960 km² aproximadamente, lo cual arroja una densidad de una muestra por cada 9.32 km² (**Figura No. 24**). De acuerdo a las especificaciones de densidad de muestreo esta debería de ser de una muestra por cada 5 km² pero debido a la abundante existencia de asentamientos humanos además de la contaminación producida por los distritos mineros, jales, etc.

Se localizan en la carta, en la que se realizó la programación en zonas donde no fueran contaminadas por los factores antes mencionados, por tal motivo resultó la densidad antes mencionada.

VI.2.2.- ANÁLISIS.

Las muestras se analizaron en el centro experimental Oaxaca, propiedad del organismo; mediante el método de emisión de plasma (ICP), que consiste en digerir la muestra sólida en horno de microondas, para pasar a solución acuosa a través de una disolución parcial mediante agua regia; una vez que las muestras están en solución, se filtran y se leen en el ICP, en forma directa los elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Tl, U, W, y Zn. El As, Bi, Sb, Se, Sn y Te, se determinan de la misma solución a través de un generador de hidruros, debido a que éstos producen el hidruro de ese elemento, mejorando considerablemente su límite de detección al ser leídos en el ICP. El Au se analiza mediante el método combinado ensaye-copelación-lectura en absorción atómica, el cual permite bajar los límites de detección hasta 1 ppb.

En la **Tabla No. 37**, se muestra la técnica utilizada por el laboratorio y los límites de detección por elemento.

DIGESTION																																								
Agua Regia (HCl -HNO ₃) ₃	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ICP -EMISION ESPECTROSCOPICA DE PLASMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ag 0.8</td> <td>Mg 2.0</td> <td>Te 0.3</td> </tr> <tr> <td>Al 2.0</td> <td>Mn 4.0</td> <td>U 0.1</td> </tr> <tr> <td>Ba 2.0</td> <td>Mo 1.0</td> <td>W 5.0</td> </tr> <tr> <td>Bi 0.3</td> <td>Na 8.0</td> <td>Zn 2.0</td> </tr> <tr> <td>Be 0.5</td> <td>Ni 1.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ca 0.5</td> <td>P 9.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cd 0.5</td> <td>Pb 2.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Co 1.0</td> <td>Sc 1.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cr 0.6</td> <td>Sb 6.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu 1.0</td> <td>Sn 3.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fe 3.0</td> <td>Sr 1.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>K 5.0</td> <td>Tl 6.0</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	ICP -EMISION ESPECTROSCOPICA DE PLASMA			Ag 0.8	Mg 2.0	Te 0.3	Al 2.0	Mn 4.0	U 0.1	Ba 2.0	Mo 1.0	W 5.0	Bi 0.3	Na 8.0	Zn 2.0	Be 0.5	Ni 1.0		Ca 0.5	P 9.0		Cd 0.5	Pb 2.0		Co 1.0	Sc 1.0		Cr 0.6	Sb 6.0		Cu 1.0	Sn 3.0		Fe 3.0	Sr 1.0		K 5.0	Tl 6.0	
	ICP -EMISION ESPECTROSCOPICA DE PLASMA																																							
	Ag 0.8	Mg 2.0	Te 0.3																																					
	Al 2.0	Mn 4.0	U 0.1																																					
Ba 2.0	Mo 1.0	W 5.0																																						
Bi 0.3	Na 8.0	Zn 2.0																																						
Be 0.5	Ni 1.0																																							
Ca 0.5	P 9.0																																							
Cd 0.5	Pb 2.0																																							
Co 1.0	Sc 1.0																																							
Cr 0.6	Sb 6.0																																							
Cu 1.0	Sn 3.0																																							
Fe 3.0	Sr 1.0																																							
K 5.0	Tl 6.0																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Generación de Hidruros</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>As 0.04</td> <td>Se 0.07</td> </tr> <tr> <td>Bi 0.09</td> <td>Sn 0.12</td> </tr> <tr> <td>Sb 0.25</td> <td>Te 0.15</td> </tr> </tbody> </table>	Generación de Hidruros		As 0.04	Se 0.07	Bi 0.09	Sn 0.12	Sb 0.25	Te 0.15																																
Generación de Hidruros																																								
As 0.04	Se 0.07																																							
Bi 0.09	Sn 0.12																																							
Sb 0.25	Te 0.15																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Ensaye al fuego / Lectura en E.A.A.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Au 1 ppb</td> </tr> </tbody> </table>	Ensaye al fuego / Lectura en E.A.A.		Au 1 ppb																																					
Ensaye al fuego / Lectura en E.A.A.																																								
Au 1 ppb																																								
<p>Todos los elementos en ppm, con excepción del Au.</p>																																								

Tabla No 37.- Técnica Química.

VI.3.- INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.

Tabla No. 38

VI.3.1.- ESTUDIO DE ORIENTACIÓN.

Durante el presente trabajo se analizo y determino que un estudio de orientación en el distrito de Pachuca no era factible, debido a la existencia de gran cantidad de terreros, asentamientos humanos y sobre todo los grandes depósitos de jales, los cuales se localizan dentro de la zona de estudio, en base a estos factores se concluyo que si se realizaba el muestreo de orientación las muestra a colectarse podrían resultar contaminadas.

VI.3.2.- AFINIDAD DE ELEMENTOS.

La selección de elementos indicadores de la mineralización se baso en el resultado de la matriz de componentes rotada, la cual nos define el agrupamiento de elementos en base a la variación de los datos procesados dichos elementos son

agrupados en factores, los cuales son ordenados de mayor a menor variabilidad de tal manera que el resultado esta representado por un valor llamado eigenvvalor el cual nos indica a los elementos con componentes principales o mayores.

La matriz de componentes rotada, debido a que es una técnica de la estadística multivariable nos indica que de existir una población de importancia ubicada atrás de la nubosidad principal podríamos verla y ubicarla en alguno de los factores de tal manera que el valor de cada celda nos muestra a los elementos cuyos componentes son principales, de esta manera se tomo a los elementos con un eigenvvalor igual o mayor de 0.5. De acuerdo a estas consideraciones

se definieron cinco factores o componentes donde los componentes uno, dos y cinco agrupan a los elementos calcófilos los cuales tienen afinidad con el azufre para formar sulfuros, además de contener la mineralización que pudiera haber en los yacimientos que se encuentran en la carta, como se puede

FACTOR 1		FACTOR 2		FACTOR 3		FACTOR 4		FACTOR 5	
ELEMENTO	1	ELEMENTO	2	ELEMENTO	3	ELEMENTO	4	ELEMENTO	5
Ba	0,882	Co	0,901	Ca	0,893	Au	0,646	Sn	0,882
Be	0,881	Cr	0,884	Sr	0,829	P	0,577	Pb	0,597
Al	0,87	Fe	0,847	Mg	0,701	Zn	0,566	Cu	0,594
K	0,705	Ni	0,786	Na	0,571	Cu	0,339	As	0,391
Pb	0,624	Sc	0,718	P	0,546	Mn	0,333	Zn	0,201
Ag	0,507	Mn	0,581	K	0,429	Pb	0,207	K	0,142
Cu	0,459	Zn	0,492	Mn	0,333	Ag	0,139	Al	0,131
Zn	0,438	Mg	0,478	Sc	0,27	Cr	0,128	P	0,107
Sc	0,438	Cu	0,281	As	0,215	Fe	0,008231	Au	0,008894
Ni	0,34	Na	0,275	Fe	0,142	Ba	0,005932	Ca	0,008457
Na	0,316	Ag	0,246	Sn	0,132	Sr	0,00321	Sc	0,006215
Sr	0,28	Al	0,213	Co	0,13	Al	0,001775	Ni	0,00592
Co	0,109	P	0,194	Ni	0,108	Sn	-0,004399	Cr	0,00471
Mn	0,00888	Be	0,103	Al	0,009529	Co	-0,004808	Na	0,004652
Cr	0,005816	Sr	0,009561	Ba	0,009079	Be	-0,004931	Be	0,003103
Ca	0,002043	Ca	0,003549	Ag	0,003338	Ni	-0,005204	Mg	0,002354
Au	-0,005377	Pb	0,001879	Zn	0,001286	Mg	-0,106	Sr	-0,003075
Fe	-0,122	Ba	0,001471	Pb	0,0005305	Ca	-0,107	Fe	-0,003917
Sn	-0,141	As	-0,005894	Cr	-0,0008878	Na	-0,182	Co	-0,006236
Mg	-0,197	Au	-0,00864	Be	-0,001654	Sc	-0,265	Ba	-0,105
P	-0,273	Sn	-0,009441	Cu	-0,118	K	-0,32	Mn	-0,124
As	-0,418	K	-0,104	Au	-0,155	As	-0,576	Ag	-0,218

Tabla No. 38 Matriz de componentes rotados.

observar en la tabla No.3 estos componentes presentan también elementos litófilos y siderófilos los cuales no fueron tomados en cuenta en la determinación de elementos indicadores de la mineralización de esta manera se tomaron como elementos principales del factor uno a Pb y Ag, del factor cuatro a Au y Zn y del factor cinco a Cu.

Una vez obtenidos a los elementos con componentes principales se definieron los elementos indicadores de la mineralización existente en la carta siendo estos: Au, Ag, Pb, Cu y Zn.

VI.3.3.- INTERPRETACIÓN DE ELEMENTOS METÁLICOS.

Tabla No. 39

De acuerdo al análisis de agrupamiento de elementos y con la finalidad de realizar una adecuada interpretación de los elementos que nos indiquen la presencia de sulfuros, se utilizo como apoyo el estudio paragenético para yacimientos de tipo epitermal específicamente el del distrito Pachuca-Real del Monte (Geyne A. R., et al., (1963) op cit.) con la finalidad de utilizar elementos que estuvieran en la misma etapa de mineralización y que además mostraran la afinidad correspondiente en el mencionado estudio, así mismo se realizo la matriz de correlación lineal para visualizar la correlación de los elementos de dichos factores, donde se pudo observar que estos elementos presentan una asociación lineal por lo que esta relación se considero como una asociación de

elementos de la carta en la búsqueda de anomalías geoquímicas de exploración. Por tal motivo se realizaron los mapas monoelementarios de distribución espacial de oro (**Figura No. 25**), plata (**Figura No. 26**), plomo (**Figura No. 27**), cobre (**Figura No. 28**) y zinc (**Figura No. 29**), los cuales podrían definir las zonas de interés de la carta desde el punto de vista geoquímico que al conjugarse con zonas de interés geológico-minero permiten caracterizar su importancia y proponerlas como áreas prospectivas que podrán utilizarse como flancos directos de exploración minera.

De acuerdo a su distribución en el espacio de oro, plata, cobre, plomo y zinc (Figuras 25, 26, 27, 28 y 29) respectivamente se observó que estos elementos determinan pétalos anómalos en las porciones centro-oriente, centro-norte, nor-oriente y sur-poniente de la carta las cuales están relacionadas en la porción centro-oriente con el distrito de Pachuca-Real del Monte, en la porción centro-norte corresponde a el distrito de Capula, hacia el extremo nor-oriente se relaciona con el Distrito de Mineral del Chico y finalmente la porción sur-oeste no se encuentra relacionada a ningún distrito; en general los tres distritos de mayor importancia se encuentran dentro del dominio de las brechas de derrame en alternancia con derrames y coladas de rocas andesíticas con diferenciación a dacitas en algunos sectores, que sirvieron de roca encajonante a estructuras vetiformes (diques) de composición riolítica de grano fino, el extremo sur-poniente se ubica dentro del dominio de la fase

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

Elemento	As	Be	Cu	Sn	Fe	Mn	Ni	Au	Ag	Pb	Zn
Al	-0,323	0,787	0,445	-0,064	0,097	0,172	0,446	-0,081	0,334	0,694	0,525
As	1	-0,34	-0,277	0,347	0,001	-0,23	-0,039	-0,196	-0,319	-0,052	-0,436
Ba	-0,335	0,769	0,351	-0,205	-0,002	0,177	0,283	-0,06	0,422	0,51	0,392
Be	-0,34	1	0,431	-0,073	0,058	0,135	0,351	-0,067	0,342	0,484	0,372
Ca	0,258	0,001	-0,039	0,207	0,116	0,307	0,174	-0,22	0,096	0,024	0,034
Co	-0,008	0,153	0,207	-0,129	0,733	0,69	0,754	-0,028	0,282	0,072	0,407
Cu	-0,277	0,431	1	0,396	0,168	0,185	0,353	0,174	0,249	0,587	0,613
Cr	-0,202	0,113	0,333	-0,073	0,691	0,399	0,736	-0,066	0,238	0,132	0,517
Sc	-0,048	0,503	0,333	-0,001	0,566	0,489	0,681	-0,257	0,291	0,223	0,379
Sn	0,347	-0,073	0,396	1	-0,078	-0,087	-0,089	0,026	-0,206	0,332	0,02
Sr	0,04	0,235	0,035	0,032	0,202	0,318	0,264	-0,173	0,124	0,206	0,176
Fe	0,001	0,058	0,168	-0,078	1	0,56	0,493	-0,062	0,054	-0,096	0,443
P	-0,031	-0,19	0,109	0,101	0,318	0,407	0,111	0,153	-0,081	0,044	0,291
Mg	0,224	-0,156	-0,063	0,098	0,47	0,262	0,416	-0,162	0,125	-0,12	0,114
Mn	-0,23	0,135	0,185	-0,087	0,56	1	0,43	0,045	0,127	0,08	0,456
Ni	-0,039	0,351	0,353	-0,089	0,493	0,43	1	-0,052	0,487	0,288	0,495
Au	-0,196	-0,067	0,174	0,026	-0,062	0,045	-0,052	1	0,107	0,129	0,205
Ag	-0,319	0,342	0,249	-0,206	0,054	0,127	0,487	0,107	1	0,2	0,387
Pb	-0,052	0,484	0,587	0,332	-0,096	0,08	0,288	0,129	0,2	1	0,529
K	0,031	0,59	0,224	0,095	-0,171	0,078	0,237	-0,238	0,271	0,427	0,11
Na	0,047	0,308	0,199	0,055	0,28	0,27	0,348	-0,053	0,238	0,124	0,171
Zn	-0,436	0,372	0,613	0,02	0,443	0,456	0,495	0,205	0,387	0,529	1

Tabla No 39.- Matriz de correlación lineal.

piroclástica Chichinautzin del Terciario, sin relación aparente con estructuras mineralizadas. De acuerdo a las observaciones de campo, la relación de las anomalías geoquímicas por oro, plata, cobre, plomo y zinc (Figuras 25,26,27,28 y 29) corresponden y se

encuentran íntimamente ligadas a las estructuras vetiformes (diques), que afloran en los distritos antes mencionados, estructuras que se ubican y distribuyen dentro del sistema estructural regional

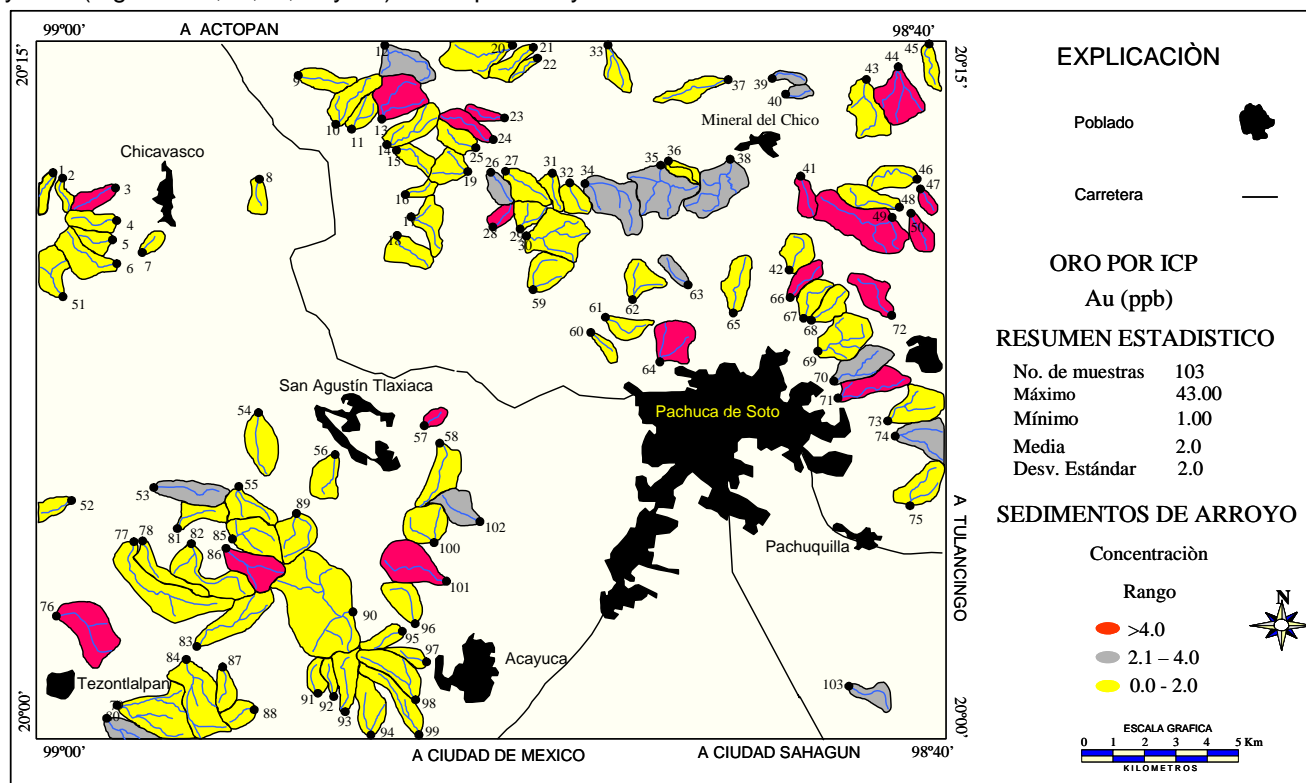


Figura No 25.- Distribución monoelementaria de oro.

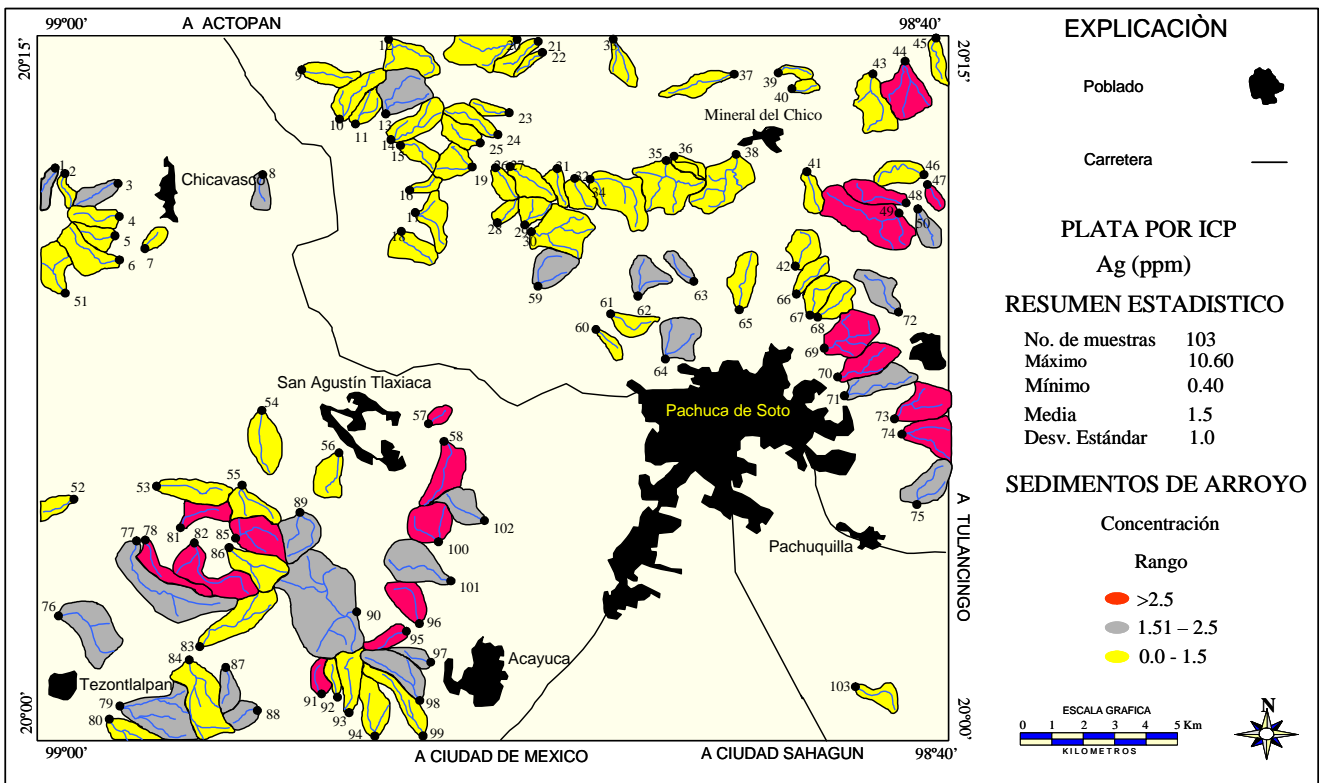


Figura No 26.- Distribución monoelementaria de plata.

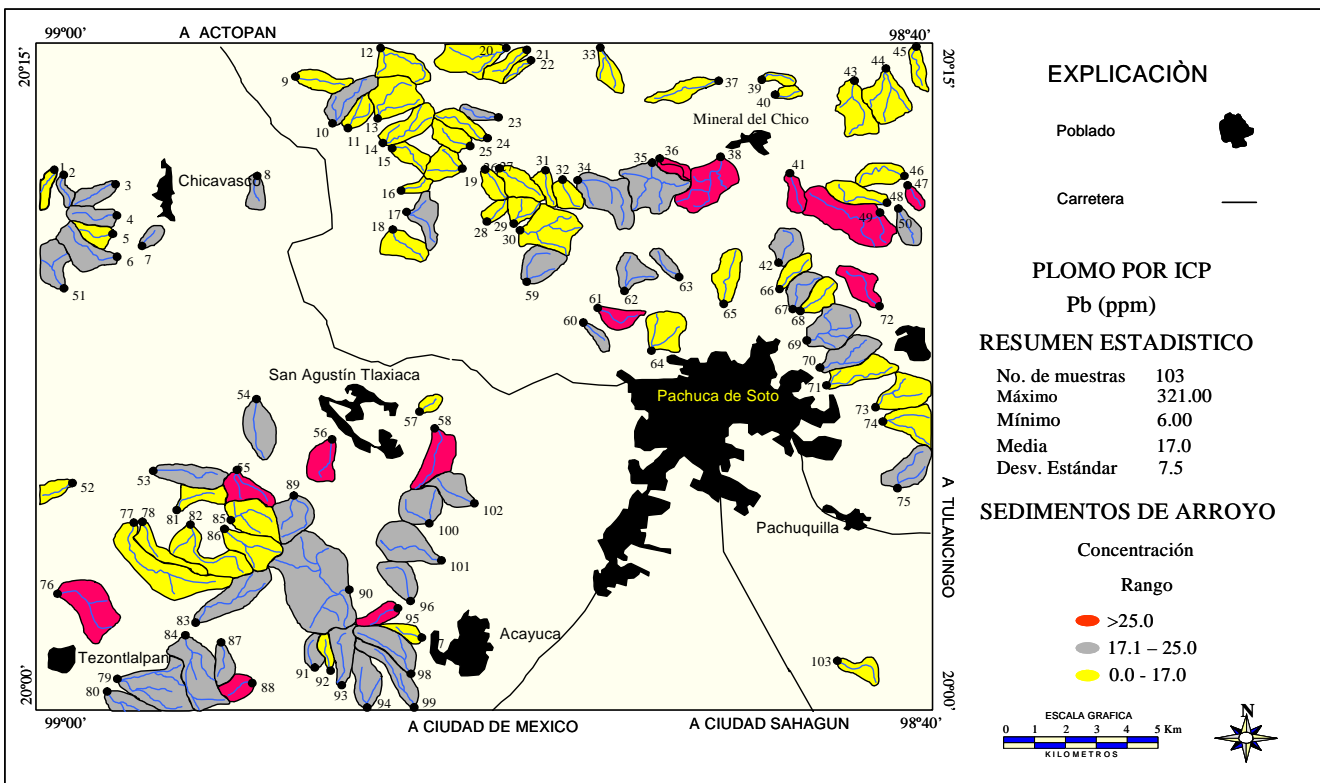


Figura No 27.- Distribución monoelementaria de plomo.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

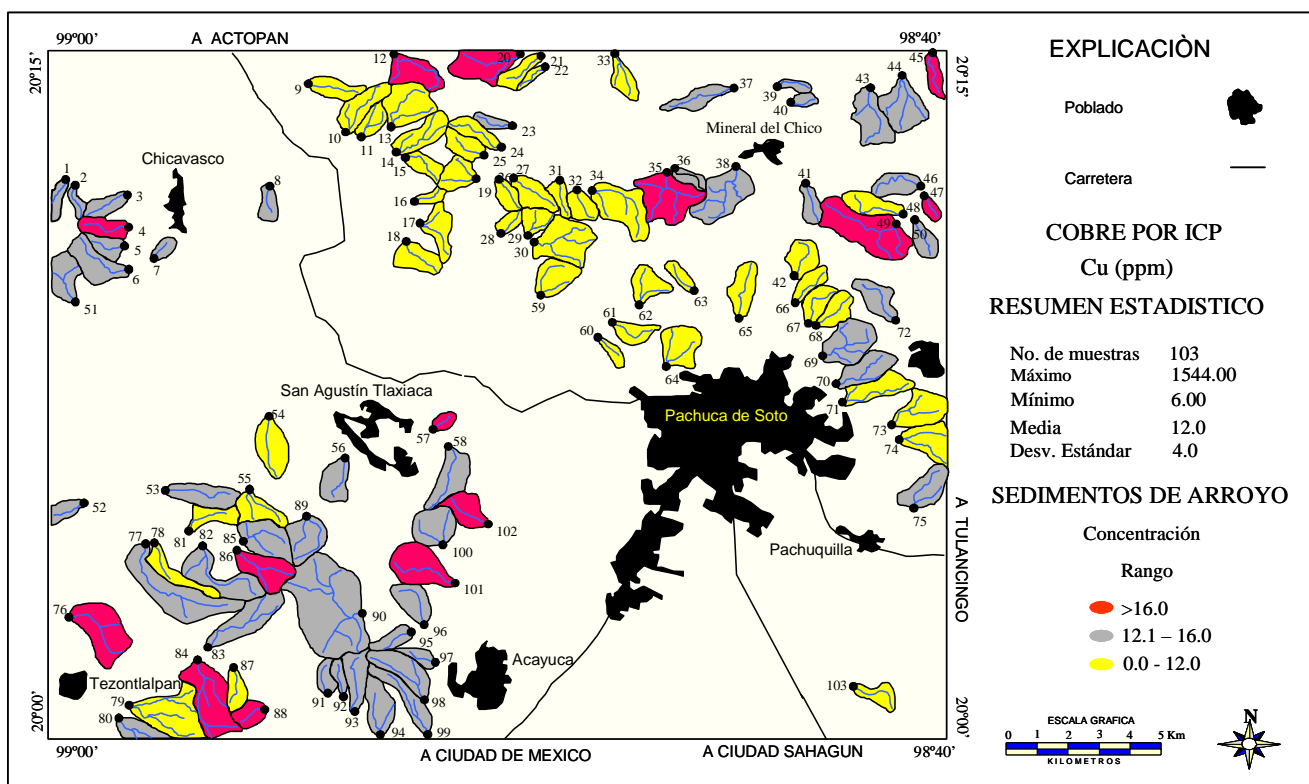


Figura No 28.- Distribución monoelementaria de cobre.

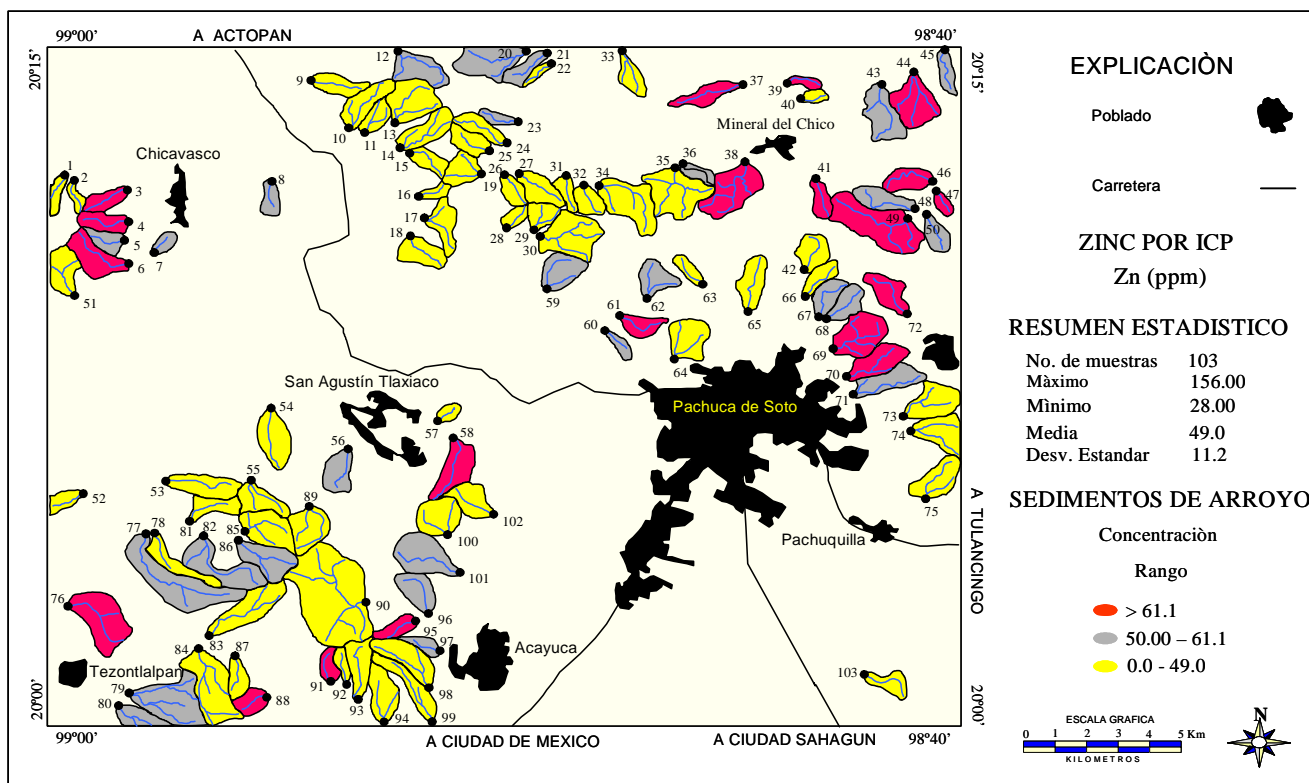


Figura No 29.- Distribución monoelementaria de zinc.

NW-SE. El análisis e interpretación de los pétalos anómalos por oro, plata, cobre, plomo, y zinc en forma individual, determinaron que la mayor concentración, frecuencia y constancia de estos, se aprecian y distribuyen al norte y noreste de Real del Monte y Pachuca respectivamente, dentro de la subcuenca de Pueblo Nuevo que drena con dirección a Omitlán, estas anomalías se relacionan directamente a las estructuras vetiformes (diques) encajonadas en andesitas, que afloran en las partes altas de la sierra de Pachuca-Real del Monte. Para la porción centro-norte de la carta en forma local en el área de San José Tepenene y Santa Rosa las anomalías se relacionan con las estructuras vetiformes (diques) que afloran en la zona, destacando la alta anomalía por cobre con asociación con el oro, y sin relación aparente con los demás elementos (Ag, Pb, Zn), dicha anomalía se relaciona directamente a cuerpo riolítico de grano

fino de emplazamiento hipabisal que aflora en los límites de la carta, en forma aislada se tiene otra anomalía al poniente de Chicavasco donde se presenta una zona similar a la descrita. El análisis en general de las anomalías de la carta, destaca sin duda, el extremo sur-poniente donde se tienen pétalos anómalos de oro, plata, cobre, plomo, y zinc, los cuales, presentan una asociación entre ellos, se ubican dentro del dominio de los depósitos piroclásticos de la Formación Chichinautzin que consiste de derrames y lapillis de andesita y basalto, sin presentar una relación directa con estructuras (diques), dichas anomalías se presentan y distribuyen en forma ligeramente anular, dicho dominio se ubica dentro del bloque hundido que forma parte del valle de México. En forma generalizada, se considera que las anomalías son el reflejo en superficie de alguna estructura mineralizada que no aflora.

VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La abundante cantidad de depósitos minerales en la carta, algunos de clase mundial, ha dado origen a una gran cantidad de estudios principalmente enfocados a la evaluación y prospección de los depósitos minerales, pero existe muy poco acerca de su génesis y de estudios bajo técnicas isotópicas o geoquímicas recientes, tanto del yacimiento como de las rocas aflorantes en la carta.

La región donde se encuentra la carta Pachuca, presenta un marco geológico definido por la sucesión de eventos volcánicos, donde se identifican claramente las características propias del Eje Neovolcánico Transmexicano.

Toda la carta se encuentra cubierta por diferentes campos volcánicos sobrepuestos, en un primer plano la carta parece dividirse por dos dominios uno en la parte nororiental donde predominan las rocas más antiguas de edades oligo-miocénicas y otro en el vértice suroriental con vulcanismo pliocuaternario.

Aunque la estratigrafía de los campos volcánicos en la sierra de Pachuca, en la parte noroccidental de la carta ya había sido definida muy detalladamente por Geyne A. R., et al., (1963), en este trabajo se considero que formalmente el término "formación" no aplica en rocas de tipo ígneo, de esta manera este término no es el apropiado para describir a los diferentes eventos y fases volcánicas de la región de Pachuca. Por otra parte es muy difícil la separación

cartográfica de unidades tan semejantes y que por su origen ígneo presentan continuos acuñaientos y cambios de espesor que no permiten seguir una continuidad en las unidades, tal como se daría en rocas sedimentarias. Por estas razones se decidió agrupar las unidades en otras con cambios litológicos más evidentes y diferenciables, que se apeguen más a las condiciones propuestas por el código de nomenclatura estratigráfica, esto como una aportación de este estudio con miras a la formalización de estas unidades.

Estudios de roca total desarrollados en rocas de estos campos volcánicos (**Tabla No. 1 y Graficas No. 1 y No. 2**) indican una geoquímica compleja, que en general presenta un carácter subalcalino de tipo toleítico. Sin embargo la petrogénesis de estas rocas aún es tema de discusión como se aprecia en recientes estudios sobre el Eje Neovolcánico Transmexicano (Verma S. P., 1999 y 2002; Sheth H. C. et al., 2000 y Ferrari L., 2004).

La deformación en la región solo se aprecia en el régimen predominantemente frágil, donde se presentan varios sistemas muchas veces contemporáneos. El primero y más importante es el de rumbo preferencial NW-SE, donde están las principales estructuras mineralizadas, le sigue el sistema de rumbo preferencial N-S, que es muy local y solo se aprecia en las inmediaciones del poblado de Mineral del Monte, corta al sistema anterior aun

con mineralización asociada. El tercer sistema es el de rumbo NE-SW; estas estructuras son generalmente normales destrales y cortan a los sistemas y se encuentran mineralizados solo en sectores, en general son posteriores a la mineralización.

En la mina Dificultad, la compañía Real del Monte realizó un barreno vertical de exploración, con un desarrollo total de 960 m quedando en la cota 1,800 m s.n.m. y otro barreno profundo en la mina Purísima Concepción, con desarrollo de 974 m por debajo de la superficie, quedando en la cota 1,890 m s.n.m. Ambos barrenos solo cortaron andesita porfídica, sin alcanzar la secuencia sedimentaria del Cretácico.

El enorme espesor de las andesitas en la sierra de Pachuca puede ser explicado por la constante subsidencia de la cuenca Cerezo-Zumate, durante grandes periodos de tiempo en los cuales se relleno de potentes espesores de andesitas, para después conformar con la inversión del movimiento en algunas de la principales fallas como la Vizcaína un horst, que actualmente conforma la sierra de Pachuca, la cual es limitada por dos valles el de México y el de Huasca, a partir de grandes fallas inferidas por el alineamiento de la sierra de Pachuca con respecto a estos valles y las diferencias entre las características de las zonas mineralizadas entre uno y otro bloque, como son entre la zona mineralizada de el Álamo y la de San Juan Pachuca.

Por otro lado no se considera en este trabajo que la petrogénesis de estas rocas y la mineralización estén relacionadas a el desarrollo de una estructura tipo caldera, ya que no se encontró evidencia de ello, no se presentan curvilineamientos claros, los domos riolíticos de la Tezuantla (**Tm R-TR**) no parecen estar alineados o relacionados a un proceso caldérico y los materiales de efusión o vaciado de la cámara y que pudieran ser las tobas de caída de la unidad (**Qptho Pu**), se encuentran muy defasadas en tiempo con respecto al supuesto desarrollo de la caldera.

El distrito minero de Pachuca -Real Del Monte apporto el 6% de la plata extraída de las minas en todo el mundo y el 16% de la producción nacional desde 1492 hasta casi finalizar el siglo XX. Aparte de este distrito minero se tienen los distritos de Mineral del Chico y Capula, los cuales en general presentan características genéticas semejantes.

Para su estudio y descripción los distritos mineros fueron divididos de la siguiente manera: Distrito minero de Pachuca-Real del Monte, este se dividió

en las siguientes zonas mineralizadas: San Juan Pachuca, Álamo, Purísima, La Rica y Dos Carlos. Por su parte el distrito de Mineral del Chico se dividió en las zonas mineralizadas de San Sebastián Capulines, Carboneras y Plan Grande. Por ultimo el distrito de Capula se dividió en las zonas mineralizadas de Capula, San José Tepenene, San Juan del Gallo y Santa Rosa.

En general en la mayor parte de la carta se cuenta con buena infraestructura de comunicaciones y servicios y en especial la parte norte de la carta que es donde se presentan la mayoría de los yacimientos minerales metálicos. En la parte central de la carta se ubican los depósitos de materiales no metálicos (bancos de material), con infraestructura de comunicaciones de primer nivel y servicios en las ciudades y poblaciones cercanas.

Con respecto a infraestructura metalúrgica, dentro de la carta los distritos cuentan con una planta de beneficio con capacidad de 3,000 t/d nominales propiedad de la compañía minera Pachuca Real del Monte, con una producción de 1,800 t/d en promedio con el 86% de recuperación, usando el método de flotación-lavado-cianuración.

En general todos estos distritos se conforman de vetas bien formalizadas a profundidad y asociadas a fallas y fracturas ó al emplazamiento de diques porfídicos de grano fino. Su mineralización es variada con minerales de mena como el oro y plata nativos, así como sulfosales, sulfuros y carbonatos como calcopirita, esfalerita, galena, acantita, polibasita, estefanita, argentita, calcocita, covelita, bornita, esternbergita. La ganga es generalmente cuarzo, calcita, hematita y limonita.

Entre la mineralogía de alteración detectada destacan la adularia, pirita, clorita caolinita montmorillonita y epidota, desarrollando alteraciones hidrotermales como la silicificación, argilitización, epidotización, oxidación y cloritización. La roca encajonante es predominantemente la andesita de la unidad **To A-BvA**, aunque en ocasiones también es albergada por la unidad **Tm R-TR** como en el distrito de Capula y la **To R-Ig** como en la zona mineralizada del Álamo.

En base a temperaturas de homogenización del distrito se tiene un máximo de 200 ° C al principio y abajo de 100 ° C al final con el depósito de la plata (Buchanan L. J. et al., 1990.), el distrito se clasifica como hidrotermal de tipo epitermal de baja sulfidación. Aunque algunas zonas como en San Juan Pachuca pueden ser mesotermiales.

Existe una datación de la mineralización realizada por K-Ar en la adularia formada por la alteración hidrotermal y que arroja una edad de 20.3 ± 0.5 Ma (Edwin H. et al., (1992).

Los barrenos profundos realizados por la compañía Real del Monte, indican que la mineralización económicamente costea de Ag y Au, no progresa después del nivel -700 y que la mayor concentración de vetas y clavos con valores económicos con leyes altas se ubican en los niveles -200, -300 y -400.

La mineralización económica se presenta en forma de clavos. La intensidad de la mineralización en los clavos, se distribuye en forma concéntrica, es decir, con valores altos al centro y disminución de los mismos en forma lateral, longitudinal y a profundidad. Las vetas secundarias que se distribuyen en forma paralela a los sistemas mayores y/o vetas principales, presentan como regla general, mineralización local y de poco tonelaje excepto en la intersección con las estructuras principales.

Una característica que parece funcionar bien en el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, para la prospección de clavos o bolsadas de mineral con altas leyes, es no solo en el cruce de estructuras sino que las bolsas parecen desarrollarse más en la parte cóncava de las vetas cuando existe una deflexión principalmente en las de orientación NWW-SEE.

En el distrito minero de Pachuca-Real del Monte, la zona mineralizada de San Juan Pachuca fue de las más productivas y explotadas, las vetas presentan longitudes entre 50 y 6,200 m, con espesores que varían en un rango de 0.2 a 16 m. Se maneja un potencial medido de 1'300,000 t con leyes de 223 g/t Ag y 1.1 g/t Au; inferido de 2'200,000 t con leyes de 225 g/t Ag y 1.12 g/t Au e indicado de 1'000,000 t con leyes de 233 g/t Ag y 1.16 g/t Au. Para jales se calcula un potencial de 69'500,000 t con leyes de 41 g/t Ag y 0.17 g/t Au.

Los resultados del muestreo realizado entre estructuras en el camino entre Pachuca y El Cerezo son en general pobres aun considerando que son de vetillos y roca encajonante y no de estructuras formales, estas se colectaron para evaluar la posibilidad de un diseminado de metales preciosos entre las estructuras minerales ya explotadas de esta zona mineralizada, sin embargo en general se concluye, al menos con este muestreo de orientación, que esto no sucedió y los valores solo se encuentran en clavos dentro de las estructuras vetiformes.

La zona mineralizada del Álamo presenta estructuras con longitudes entre 180 y 3,050 m con espesores que varían en un rango de 1 a 30 m. Presenta un potencial medido de 535,000 t con leyes de 272 g/t y Ag 2.2 g/t Au, inferido de 750,000 t con leyes de 303 g/t Ag y 2.15 g/t Au, e indicado de 350,000 t con leyes de 365 g/t Ag y 2.5 g/t Au. Para sus jales se calcula un potencial de 19'900,000 t con leyes de 45 g/t Ag y 0.15 g/t Au.

Para la zona mineralizada de La Purísima se mencionan vetas con longitudes entre 400 y 3,800 m, con espesores que varían en un rango de 0.8 a 2.19 m. Con un potencial medido de 164,000 t con leyes de 260 g/t Ag, y 1.3 g/t Au, inferido de 506,000 t con leyes de 267 g/t Ag, y 1.34 g/t Au, e indicado de 314,000 t con leyes de 245 g/t Ag, y 1.22 g/t Au.

En la zona mineralizada de La Rica hay vetas con longitudes entre 140 y 2,900 m, con espesores que varían en un rango de 0.88 a 2.59 m. Con un potencial medido de 787,000 t con leyes de 275 g/t Ag, y 1.24 g/t Au, inferido de 1'483,000 t con leyes de 265 g/t Ag, y 1.19 g/t Au, e indicado de 664,775 t con leyes de 238 g/t Ag, y 1.07 g/t Au. Para jales se calcula un potencial de 4'450,000 t con leyes de 62.5 g/t Ag 0.51 g/t Au.

Para la zona mineralizada de Dos Carlos existen vetas con longitudes entre 250 y 1,500 m, con espesores que varían en un rango de 1 a 3 m. Se indica un potencial medido de 432,500 t con leyes de 226 g/t Ag y 1.13 g/t Au, inferido de 284,400 t con leyes de 318 g/t Ag y 1.59 g/t Au e indicado de 64,000 t con leyes de 275 g/t Ag y 1.38 g/t Au. Para jales se calcula un potencial de 14'300,000 t con leyes de 37 g/t Ag y 0.17 g/t Au.

Para el distrito minero de Mineral del Chico, en la zona mineralizada de San Sebastián Capulines se presentan vetas y diques mineralizados con longitudes entre 50 y 3,000 m con espesores que varían en un rango de 0.1 a 1.5 m.

Para la zona mineralizada de Carboneras la estructura mas definida es la del mismo nombre y el resto son vetillos que oscilan entre 50 y 100 m de longitud y espesores de centímetros.

Por su parte la zona mineralizada de Plan Grande es la mas importante y desarrollada del distrito, en ella se presentan vetas y diques mineralizados con longitudes entre 150 y 3,500 m, con espesores que varían de 0.1 a 3 m. El área cuenta con reservas medidas de 148,092 t con leyes de 286 g/t Ag y 2.52 g/t Au, en cuanto a reservas inferidas reporta

2'678,487 t con leyes de 211 g/t Ag y 2.54 g/t Au, así como reservas indicadas de 29'678,100 t con leyes de 200 g/t Ag y 1.85 g/t Au. El distrito de Capula-Arévalo, en la zona mineralizada de San José Tepenene, afloran estructuras con longitudes de 50 a 4,000 m, con espesores que varían de 0.4 hasta 3.0 m, se reportan de leyes medias del orden de 272.5 g/t de Ag con 1.17 g/ton de Au para la mina La Trinidad, para la mina de Samaria los valores son del orden de 428 g/ton de Ag con 2.31 g/ton de Au.

La zona mineralizada San Juan del Gallo, comprende varias estructuras mineralizadas que se prolongan hacia el norte de la carta, dentro de la carta Actopan, donde se tiene su mayor expresión, las estructuras que afloran en el límite superior presentan una longitud del orden de 2,000 m, asociada a un sistema de estructuras paralelas de poca magnitud, dichas estructuras son cortadas por las estructuras del sistema NE-SW, con un espesor de 10-15 m.

Dentro de la zona mineralizada de Santa Rosa afloran estructuras con longitudes entre 1,500 a 6,000 m y espesores que varían de 1.8 a 50 m, dichas estructuras se asocian en forma paralela a estructuras de menor magnitud dentro del mismo sistema NW-SE, a su vez son cortadas por estructuras del sistema NE-SW.

La zona mineralizada de Capula enmarca tres grandes estructuras que se asocian a una gran cantidad de estructuras paralelas del mismo sistema, con longitudes de 1,500 a 3,000 m, con espesores que varían de 5 a 40 m, estas estructuras son cortadas por estructuras del sistema NE-SW con espesores similares a los descritos y longitudes del orden de 100 a 1,500 m.

Se concluye que los cuerpos descritos como pórfidos de grano fino, son estructuras de emplazamiento hipabisal y se relacionan directamente con la mineralización, específicamente en la zona mineralizada de San Juan del Gallo, donde presenta la relación de intrusivo sobre los derrames de andesita porfídica; para la zona de San José

Teppenene, en la mina Samaria, la relación se muestra de igual forma, con excepción de que el pórfido tiene una menor expresión en superficie.

Respecto a minerales no metálicos, estos no se reportan en la carta, teniéndose en la parte baja de la sierra dentro de los campos volcánicos plio-cuaternarios, una gran cantidad de tajos a cielo abierto activos e inactivos, explotando una diversidad de materiales aprovechando la cercanía con la ciudad de Pachuca y la buena infraestructura y topografía en una franja que corre de NW a SE cruzando casi toda la carta y en la que se registraron al menos 25 tajos donde se explotan materiales pétreos como grava y arena, 15 de tezontle y lapillis que por sus características de estar bien clasificados y poco consolidados son de gran atractivo económico en la región, aparte se registran al menos 14 tajos de donde se extraen sillares de los depósitos de caída; del a riolita, ignimbrita y basalto material para mamposteo y elemento estructural en fachadas, muros y pisos.

En zona mineralizada de La Rica se recomienda continuar la exploración hacia el norte, quizá aun por debajo de los afloramientos de la Formación Zumate (**Tm Bv Da-Ig**), en especial para buscar las continuidades de las vetas Dios te Gué y Santa Inés. Se recomienda realizar la carta geológico-minera de Tulancingo de Bravo (F14-D82), ya que hacia ella se continúan las estructuras de las zonas mineralizadas de Purísima, La Rica, y Dos Carlos, del distrito minero de Pachuca-Real del Monte, así como, de la zona mineralizada de Carboneras en el distrito de Mineral del Chico.

También en esta carta se encuentra el distrito minero de Omitlán y muchos importantes bancos de material que siguen la franja iniciada en este proyecto. Basados en los antecedentes y el reconocimiento superficial se recomienda un estudio a semidetalle en las zonas mineralizadas de San Juan del Gallo y Samaria, con posibilidades de poder contener yacimientos de tipo diseminado dentro del cuerpo cuarcífero de grano fino (**Tm PR**).

VIII.- PROBLEMAS NO RESUELTOS

Es importante realizar estudios encaminados a definir las edades de emplazamiento de las distintas unidades litológicas en toda la región tanto de las rocas oligo-miocénicas como del vulcanismo plio-cuaternario, ya que dentro de este estudio se tomaron dataciones de rocas alejadas en las regiones de Apan, y sierra de Las Navajas en las

rocas plio-cuaternarias y para las rocas oligo-miocénicas solo se apoyo en la datación de la mineralización existente, realizando estratigrafía relativa a partir de esta y las relaciones con las rocas pre-volcánicas del área. De la misma manera falta mucha información acerca de la petrogénesis de las rocas que conforman la sierra de Pachuca, al menos

bajo los conceptos actuales, por lo que se recomiendan estudios de este tipo y de su geoquímica para definir el origen de este característico campo volcánico, que ha dado origen a uno de los pocos yacimientos de clase mundial del país. Aunque puede ser ya muy difícil por el avanzado grado de abandono de las obras en la región, se recomiendan estudios detallados con la recolección de muestras para oclusiones fluidas, para la determinación de planos de isotermas que indiquen guías de exploración para cuerpos con

valores altos, en especial dentro de los distritos de Capula-Arévalo y Mineral del Chico. Aunque los resultados del muestreo en zonas de alteración como la del Cerezo y en los vetilleos entre estructuras principales en la zona de Maravillas no fueron satisfactorios, se recomienda hacer un reconocimiento a semidetalle con la definición de pequeños cuerpos de roca con vetilleos, que si pudiera presentar valores económicos para su explotación superficial a cielo abierto.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera José G., 1897, El Mineral de Pachuca, Instituto Geológico de México, UNAM.

Alexandri R. Rafael, 1954, informe de los trabajos desarrollados en el Chico, Hgo. Consejo de Recursos Minerales.

Álvarez Salinas Enrique, 1990, "informe de la visita de reconocimiento a los yacimientos de caolín y cantera localizados en el ejido Estanzuela, Mpio. del mineral del Chico, Estado de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Álvarez Salinas Enrique y Mora Rivera Cesar, 1992, Informe de la visita de reconocimiento en el lote ex-hacienda de Coporillo, Mpio. de Epazoyucan Estado de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Álvarez Salinas Enrique y Velásquez Escamilla Manuel, 1999, Estudio geológico evaluativo del prospecto de cantera ejido el Velillo, Mineral de la Reforma, Estado de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Bradley W. H, 1946, Some applications of structural geology to mining in the Pachuca -Real del Monte Area, Pachuca silver district, Mexico, U.S.G.S. Washington.

Brisuela V. Luis, Vargas, V. Bonifacio y Aguilar G. Miguel, 1973, Primer informe y programa de exploración parcial del distrito minero de Pachuca - Real del Monte, Consejo de Recursos Minerales.

Buchanan L. J. and Durning W. P, 1990, exploration potencial in the greater Pachuca Real del Monte district, Hgo., Mexico, fischer watt gold co. Inc.

Castro Arturo, 1991, Fases Volcánicas del área de Tulancingo Edo. de Hgo, Inst. de Investigación en Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Hgo.

Cesar Villegas, Julio Vélez, Israel Hernández, 1975, levantamiento electromagnético sobre la ampliación sur del área Dios te Guíe este, en el distrito minero Pachuca, Real del Monte, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Cifuentes Días de León Marco Antonio, 1981, Informe de la primera etapa del levantamiento electromagnético Turam, realizado en el área de Purísima norte en el Mpio. de Omitlán de Juárez, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Cruz Ríos Raúl, Ramos D. Ricardo, 1973, Levantamiento geológico-geoquímico en el área "Dos Carlos" del proyecto Pachuca, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Cruz Ríos Raúl, 1975, Resumen mina Capula, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

De los Santos Montaña J. de Jesús, 1991a, Programa de exploración geologico-minera en apoyo al sector social en Hgo. Ejido La Estanzuela Mpio. de mineral del Chico, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

De los Santos Montaña J. de Jesús, 1991b, Programa de exploración geologico-minera en apoyo al sector social en Hgo. Ejido san José Mpio. de Mineral del Chico, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Demant A. -Robin C, 1976, Las fases del vulcanismo en México; una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el Cretácico, Instituto de Geología UNAM.

Dueñas García Juan Carlos, 1990, Informe de la visita de reconocimiento al fundo minero "Tetitlan" localizado en el Mpio. de Mineral del Chico, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

Echegóyen S. José y Cantero P. Enrique, 1967a, Geoquímica de una parte de la porción norte y poniente del distrito minero de Real del Monte, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Echegóyen S. José y Marper Oscar, 1967b, Geoquímica por mercurio de la extremidad sur oriental de la veta la Gran Campaña, Real del Monte, Hgo, Consejo de Recursos Naturales no renovables.

Echegóyen S. José, 1967c, Geoquímica por mercurio de un tramo de la veta rosario, Distrito minero de Pachuca Real del Monte, Hgo, Consejo de Recursos Naturales no renovables.

Edward D. John, 1976, The geochemical environment of ore deposition in the Pachuca-Real del Monte district, Hgo., Mexico, Universidad de Arizona.

Edward Wisser, 1929, Recomendations for exploration in the Pachuca Real del Monte region, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Edson S. Bastin, 1947, Mineral relationships in ores of Pachuca and Real del Monte, Hgo., Mexico, U.S. National Museum.

Espinosa Mújica Miguel, 1995, Informe de la visita de reconocimiento a ranchos mexicanos San Marcos, Mpio. de Epazoyucan, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

García Castro Pedro, 1988, Análisis cronológico y fundamentación del proyecto Santa Lucia, Consejo de Recursos Minerales.

García Reyes Enrique, 1999, Estudio de asesoría geológica lote San Francisco Mpio. de Pachuca, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Geyne A.R. and Wilson Ivan F, 1951, Relation of the bodies to dikes in the Pachuca-Real del Monte District State of Hgo., Mexico, American Institute of mining and metallurgical Engineers.

Geyne A. R., Fries Carl, Segerstrom Kenneth, Blanck R. F., Wilson Ivan F., 1963, Geología y yacimientos minerales del distrito de Pachuca- Real del Monte, Hgo. México, Consejo de Recursos Naturales no renovables.

Gómez Caballero Arturo, Ramos Cruz Salvador, 1978, Levantamiento geológico-geoquímico de detalle en el área prosperidad, dto. de Pachuca -

Real del Monte, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Gómez de Oliveira V. G, 1967, Algunas ideas sobre la posibilidad de aplicación de métodos geofísicos a la exploración de los yacimientos argentíferos del distrito, con la finalidad de ampliarlos, Cia. Minera Pachuca Real del Monte.

Gómez Caballero Arturo, Ramos Cruz Salvador G. y Ochoa Camarillo Héctor R., 1980, Geoquímica de vapores de mercurio en el área Paricutín Dto. de Pachuca, Real del Monte, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Hernández Pérez Israel, Vélez López Julio, 1975, Informe preliminar de los levantamientos electromagnéticos TURAM y VLF en el distrito minero el Chico, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Hernández Pérez Israel, Vélez López Julio, 1976, "informe de los levantamientos electromagnéticos y geológicos en las áreas Santiaguito y Carboneras, distrito minero el Chico, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Hernández Pérez Israel, Vélez López Julio, Cuevas C. A. y Mérida M. R, 2000, Carta magnética Pachuca F-14-11 Escala 1:250,000, Consejo de Recursos Minerales

Hulin Carlton. D., 1927a, Preliminary report on the geology and mineralization in the vicinity of Pachuca, Mexico, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Hulin Carlton. D., 1927b, Progress report on the geological examination of the Pachuca region, Hgo. Mexico, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Lara J, Pascacio R. y Alam C, 1996, Estudio geofísico en zonas de riesgo del Área de Pachuca Hgo, Consejo de Recursos Minerales en convenio con el Gobierno del Edo. De Hgo.

Lee Moreno José Luis, 1973, anteproyecto de exploración del área Cerro Blanco-el Chico- Capula en el Estado de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Lee Moreno José Luis, Benítez Muro Jorge A., Cruz Ríos Raúl, 1974, Informe de avance de trabajos geológicos y geoquímicas en la región de el Chico-Capula, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Lee Moreno José Luis, Nolasco Vargas, Raúl cruz ríos, 1976, proyecto el Chico, Informe de actividades realizadas en el año de 1975, Consejo de Recursos Minerales.

Lee Moreno José Luis, Nolasco Vargas, 1981, "proyecto el Chico, Hgo. Trabajos y gastos efectuados, resultados obtenidos y algunas consideraciones económicas (1973-1981), Consejo de Recursos Minerales.

López-Reyes, J. E.; De los Santos Montaña, J. J.; Cacho Casillas, S; Sánchez Bermeo G, 1997, Informe de la Carta geológico-minera y geoquímica Pachuca F-14-11 Escala 1:250,000, Estado de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Luca Ferrari, 2004, Slab detachment control on mafic volcanic pulse and mantle heterogeneity in central Mexico, Instituto de Geología UNAM.

Luca Ferrari, 2000, Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década, Instituto de Geología UNAM.

Marquez Álvaro, Oyarzun Roberto, Doblas Miguel, 1999, Alkalic (ocean-island basalt type) and calc-alkalic volcanism in the mexican volcanic belt: A case for plume related magmatism and propagating rifting at an active margin?, *Geology* January 1999 v.27 no. 1 p.51-54.

Martínez Castillo Benjamín, 1981, Proyecto Prosperidad" Pachuca, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Mc Kee Edwin H., Dreier John E. and. Noble Donald C, 1992, early miocene hydrothermal activity at Pachuca Real del Monte, Mexico: an example of space time association of volcanism and epithermal Ag-Au vein mineralization, *Economic Geology*.

Montero Tovar Raúl, Viladevall Sole Manuel y Yta Miriam, Origen de los elementos químicos contenidos en los jales de los distritos de Zimapán y Pachuca-Real del Monte, Hgo, II Convención sobre la evolución geológica de México.

Moore G., Marone Ch., Carmichael I. S. E. y Renne P., 1994, Basaltic volcanism and extension near the intersection of the Sierra Madre Volcanic Province and the Mexican Volcanic Belt, Departamento de geología geofísica de la Universidad de California, Berkeley.

Nolasco Vargas Luis, 1976, Informe del estudio en la concesión minera "la azteca del Potosí", Consejo de Recursos Minerales.

Nolasco Vargas Luis, Rogelio Huitrón Esquivel, 1976, Levantamiento geológico-geoquímico en el área de santiaguito distrito minero el Chico, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Nolasco Vargas Luis, Rogelio Huitrón Esquivel, 1977, Levantamiento geológico-minero en el área de San Juan del Gallo, distrito minero el Chico, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Nolasco Vargas Luis, 1980, Trabajos efectuados en el proyecto el Chico geología obras mineras y perforación de diamante (1973-1979). Programa 1980, Consejo de Recursos Minerales.

Nolasco Vargas Luis, 1982, Trabajos realizados gastos efectuados y resultados obtenidos en 1982, Consejo de Recursos Minerales.

Ramos Cruz Salvador, Ochoa Camarillo Héctor, 1979, Informe general de avance en el proyecto Paricutín-Pachuca, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Parrilla P. Luis, 1998, Informe de evaluación del Proyecto "Capula" Opios. De Capula y Santa Rosa, Hgo., Cia. Recuperadora de Escorias S.A. de C. V.

Ramos Cruz Salvador G., 1983, estudio geológico-geoquímico por vapores de mercurio en el área san Sebastián-Santiago, el Chico, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Salas Vázquez Guadalupe, 1982, Levantamiento geológico geoquímico regional del área El Ocotal, Estado de Hgo., Universidad autónoma de San Luis Potosí.

Scarfe O, 1928, Report on the geology of the Pachuca, Real del Monte and El Chico districts Hgo., Mexico, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Schulze Gustavo, 1950, Estudio petrogénico, mineralogénico y económico del mineral de Pachuca, Consejo de Recursos Minerales

Schulze Ziehl Gustavo, 1959, Memorandum sobre las observaciones geológico-mineras sobre la región minera de santa rosa-Capula, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Sheth Hetu C, Torres Alvarado Ignacio, Verma Surendra P, 2000; Beyond subduction and plumes:

Carta Geológico-Minera Pachuca de Soto F14-D81

A unified tectonic petrogenetic model for the Mexican Volcanic Belt; *International Geology Review* vol. 42 p. 1116-1132.

Solana López Javier, 1995, Informe de la visita de reconocimiento a los bancos de tezontle rojo y negro del ejido santa Matilde, Mpio. de Pachuca, Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Soto Oliver Nicolás, El distrito minero de Pachuca - Real del Monte a través de la historia.

Sproule R.M, 1989, Report to Duclan inc. On the verification of tonage and metal grades of the Real del Monte tailings Pachuca México, Durham geological services inc. Timmins Notario Adatt

Stephen A. Nelson and Alyson Lighthart, 1997, Field excursión to the Sierra Las Navajas, Hgo., Mexico a pleistocene peralkaline rhyolite, Instituto de Geología UNAM, Instituto de investigaciones en ciencias de la tierra de la UAEH.

Thornburg C. L, 1939, Ohio, western Dos Carlos and miscellaneous sections of the Dos Carlos property, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Thornburg C. L, 1942, Base sulphides in Real del Monte mines, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Thornburg C. L, 1943, Some applications of structural geology to mining in the Pachuca-Real del Monte Area, Pachuca silver district, Mexico, Cia. Real del Monte y Pachuca,

Thornburg C. L, 1944, Notes on the new geological map of the Pachuca region, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Thornburg C. L, 1946, Report on the examination of the Antigua Lucha mine Real del Monte, Cia. Real del Monte y Pachuca.

Torales I. Jesús Salvador, Álvarez Salinas Enrique, 1987, Informe final de los trabajos realizados en las áreas: Prosperidad, Dinamita, Porvenir y Milanesa, Consejo de Recursos Minerales.

Turban F, 1945, Estudio de la mineralización a profundidad en los minerales de Pachuca y Real del Monte, Cia. Minera Pachuca Real del Monte, 1987,

Valverde Ramírez Jaime, 1980, Proyecto de exploración "Mar de plata" (área carboneras), Consejo de Recursos Minerales.

Valverde R. Jaime, Peza Guevara Rolando, 1981, Informe final de los trabajos realizados en el proyecto mar de plata, durante el año de 1981. , Consejo de Recursos Minerales.

Valverde Ramírez Jaime, Nolasco Vargas, 1983, Proyecto de exploración Panales, Consejo de Recursos Minerales.

Valverde R Jaime, Alba Solís Luis y Guereca Meza Raúl, 1988, Programa de exploración Área Santa Lucía (Tepenene) Mpio. del Arenal Hgo, Consejo de Recursos Minerales.

Vélez López Julio y Villegas G. Cesar, 1974, Informe de los trabajos efectuados por el departamento de geofísica en el distrito minero de Pachuca Real del Monte, Edo. de Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Verma Surendra P, Planck Max, 2002; Absence of Cocos plate subduction related basic volcanism in southern Mexico: A unique case on Earth?; *Geology* December 2002 v.30 no.12 p.1095-1098.

Villegas G. César José, 1975, Resultados obtenidos en el levantamiento electromagnético aéreo Turam en el distrito minero el Chico, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Villegas G. César José, 1976, Resultados obtenidos con el levantamiento electromagnético aéreo Turam en el distrito minero el Chico, Hgo., Consejo de Recursos Minerales.

Warren J. Mead, 1937, Report on geological studies in the Pachuca Real del Monte Silver District, United States smelting, refining and mining Company.

Wisser Edward, 1951, Tectonic analysis of a mining district Pachuca Mexico, *Economic Geology*.

Yta Miriam y Moreno Tovar Raúl, 1997, La mineralización en los distritos mineros Pachuca-Real del Monte y Zimapán su papel en la evolución metalogenética del Estado de Hgo., México, Instituto de Geología UNAM, Instituto de investigaciones en ciencias de la tierra de la UAEH.

Yta Miriam, Galván Chávez Jaime, Moreno Tovar Raúl y Esperanza Contreras R, 1999; Carta metalogenética del Estado de Hgo.; Consejo de Recursos Minerales Universidad Autónoma de Hgo.