



CONSEJO DE RECURSOS MINERALES FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO



EL AYUNTAMIENTO DE ZACUALPAN, MEX.
2003 - 2006



INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS MINERALES DEL MUNICIPIO ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

DICIEMBRE 2004

CONSEJO DE RECURSOS MINERALES FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO

DEL INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS MINERALES DEL MUNICIPIO ZACUALPAN, ESTADO DE MÉXICO

ELABORÓ: ING. JOSÉ MARÍA VÉLEZ BASURTO

REVISÓ: M. en C. JOSÉ DE JESÚS PARGA PÉREZ

SUPERVISÓ: ING. FERNANDO CASTILLO NIETO

DICIEMBRE 2004.

ÍNDICE

	Página
I. GENERALIDADES	1
I.1. Antecedentes	1
I.2. Objetivo.....	2
II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO	4
II.1. Localización y Extensión	4
II.2. Vías de Comunicación y Acceso	4
II.3. Clima.....	7
II.4. Fisiografía	9
II.5. Hidrografía	9
III. MARCO GEOLÓGICO	15
III.1 Geología Regional	15
III.2 Geología Local.....	22
IV. YACIMIENTOS MINERALES.....	37
IV.1 Yacimientos de Minerales Metálicos	37
IV.2 Yacimientos de Minerales No Metálicos	70
IV.3 Agregados Pétreos.....	83
IV.4 Rocas Dimensionables.....	86
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
 BIBLIOGRAFÍA	 100

ANEXO I

Fichas de campo descriptivas de las localidades estudiadas

INDICE DE PLANOS Y FIGURAS

Página

Figura 1. Mapa de localización del Municipio Zacualpan, Estado de México	5
Figura 2. Principales vías de comunicación del Estado de México	7
Figura 3. Provincias Fisiográficas del Estado de México	10
Figura 4. División hidrológica correspondiente al Estado de México	12
Figura 5. Mapa hidrográfico del Estado de México	13
Figura 6. Acuíferos del Estado de México	17
Figura 7. Provincias Geológicas de la República Mexicana	19
Figura 8. Terrenos tectonoestratigráficos de la República Mexicana	20

Plano 9. Carta geológica, Municipio Zacualpan

Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)

Plano 10. Carta de yacimientos minerales, Municipio Zacualpan

Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)

Plano 11. Carta magnética, Municipio Zacualpan

Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)

I. GENERALIDADES

I.1. Introducción

Es de gran importancia para el estado, contar con información geológica minera actual, con un enfoque directo a la exploración, de recursos minerales metálicos, minerales no metálicos, rocas dimensionables y agregados pétreos en cada uno de los municipios del estado de México. En el año 2003, el Director General del Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI), entabló pláticas con el Director General del Consejo de Recursos Minerales, con la intención de establecer las bases de un convenio para el desarrollo del **Inventario Físico de los Recursos Minerales Municipales**, principalmente en tres municipios del estado de México, con una superficie global de 2,181.55 Km², para que puedan ser promovidos los trabajos geológico mineros, con diferentes inversionistas para la explotación de los recursos resultantes.

A pesar que se acordó desde finales del año 2003, iniciar los trabajos de estos Inventarios, no fue posible hacerlo, ya que COREMI no pudo autorizar la contratación de personal a final del año, sino hasta el 4 de febrero de 2004; con esa fecha, se firmaron contratos con prestadores de servicios para complementar al personal que desarrollaría estos trabajos. El Consejo de Recursos Minerales inicia entonces, el Inventario Físico de los Recursos Minerales en 3 municipios del estado de México.

Este inventario se realizó tomando como base la geología levantada con anterioridad por el Consejo de Recursos Minerales en el estado de México, de la cual se extrajo exclusivamente la geología de los municipios (ver Carta Geológica de los Municipios del Edo. de México, escala 1: 250,000 al final del texto) que se relacionó con la geología local observada en las visitas de los geólogos encargados de este estudio.

También se integró a los planos del actual estudio, la ubicación y descripción de los yacimientos y prospectos levantados y mapeados anteriormente durante el levantamiento de la geología, para enriquecer la información de las localidades en cada municipio, sin necesidad de levantarlas y describirlas nuevamente (ver Carta de Yacimientos Minerales de los Municipios del Edo. de México, escala 1: 250,000 al final del texto).

Con objeto de que la información sea completa al desarrollar estudios posteriores en algunas localidades que así lo ameriten, se incluye el levantamiento magnético realizado por el Consejo de Recursos Minerales que podrá ayudar a interpretar las condiciones del subsuelo relacionadas con posibles yacimientos a profundidad y superficiales (ver Carta Magnética de los Municipios del Edo. de México, escala 1:250,000 al final del texto).

Los municipios señalados para desarrollar este inventario son:

1.- Sultepec	552.520 Km²
2.- Zacualpan	301.470 Km²
3.- Tejupilco	1,327.560 Km²
T O T A L	2,181.550 Km²

I.2. Objetivo

El principal objetivo que se persigue con el presente trabajo, es difundir el conocimiento de la geología y los recursos minerales de los municipios, ello con el firme propósito de determinar la presencia e importancia económica de los posibles yacimientos de minerales metálicos, de los minerales no metálicos, así como de las rocas dimensionables y agregados pétreos existentes, y como

complemento, implementar programas de infraestructura geológica minera, que coadyuven al engrandecimiento de cada municipio y por consiguiente del estado.

Los distritos mineros de minerales metálicos que el Consejo de Recursos Minerales levantó con anterioridad al elaborar sus cartas escala 1:250 000, no se visitaron en esta ocasión, sin embargo, esa información se incluye en las cartas de cada municipio.

II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO

La cabecera municipal Zacualpan fue fundada en 1527 y se formó a partir de la plaza principal como elemento inicial de urbanización. El escudo del ayuntamiento significa en donde se guardan objetos valiosos (fotografía 1).

El municipio Zacualpan se localiza en la porción sur del Estado de México, en los límites con el estado de Guerrero (figura 1), tiene una superficie de 301.470 km² que corresponde al 1.34% de la superficie total del estado, la cual es 22, 333 km², y queda comprendido dentro de las cartas topográficas de INEGI; Ixtapan de la Sal E14A57 y Pilcaya E14A67, escala 1:50,000.

Zacualpan (fotografía 2), se localiza a 70.7 km en línea recta y al suroeste 10° de la ciudad de Toluca de Lerdo, capital del Estado de México. Colinda al norte con los municipios Ixtapan de la Sal, Coatepec de Harinas y Almoloya de Alquisiras; al oriente con el municipio Ixtapan de la Sal y el estado de Guerrero; al sur también con el estado de Guerrero y finalmente al occidente con el municipio Sultepec.

En general, el municipio queda dentro de las coordenadas geográficas 18° 43' 17" - 18° 51' 07" de latitud norte y 99° 49' 30" - 99° 56' 56" de longitud oeste. La altitud media del municipio es de 2, 050 m.s.n.m.

II.2. Vías de Comunicación y Acceso

El municipio Zacualpan se comunica con la capital del estado por dos accesos, el más antiguo por Almoloya de Alquisiras y Texcaltitlán; la otra ruta es por Ixtapan de la Sal, de donde se continúa por una carretera estatal de cuota para llegar a la ciudad de Toluca de Lerdo, después de recorrer 106 km (figura 2); de aquí se enlazan: las carreteras federales libre y de cuota, números 15 y 15D que conducen a la ciudad de México, D.F., y a su aeropuerto internacional Benito Juárez. La autopista federal de cuota No. 15D Atlacomulco-Maravatío, que continua hacia Morelia, Mich. y Guadalajara, Jal., al norte la carretera federal libre

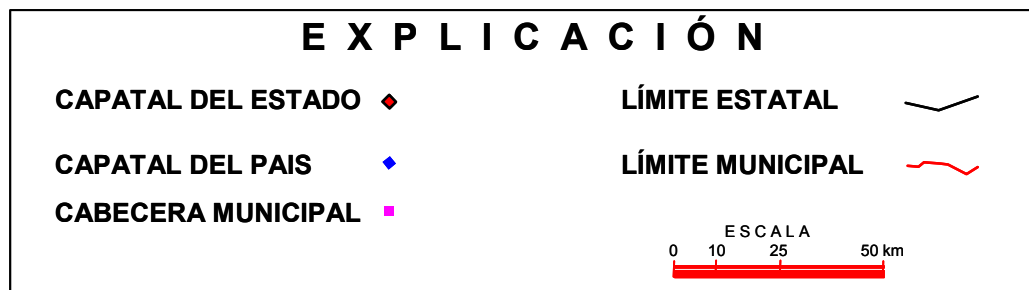
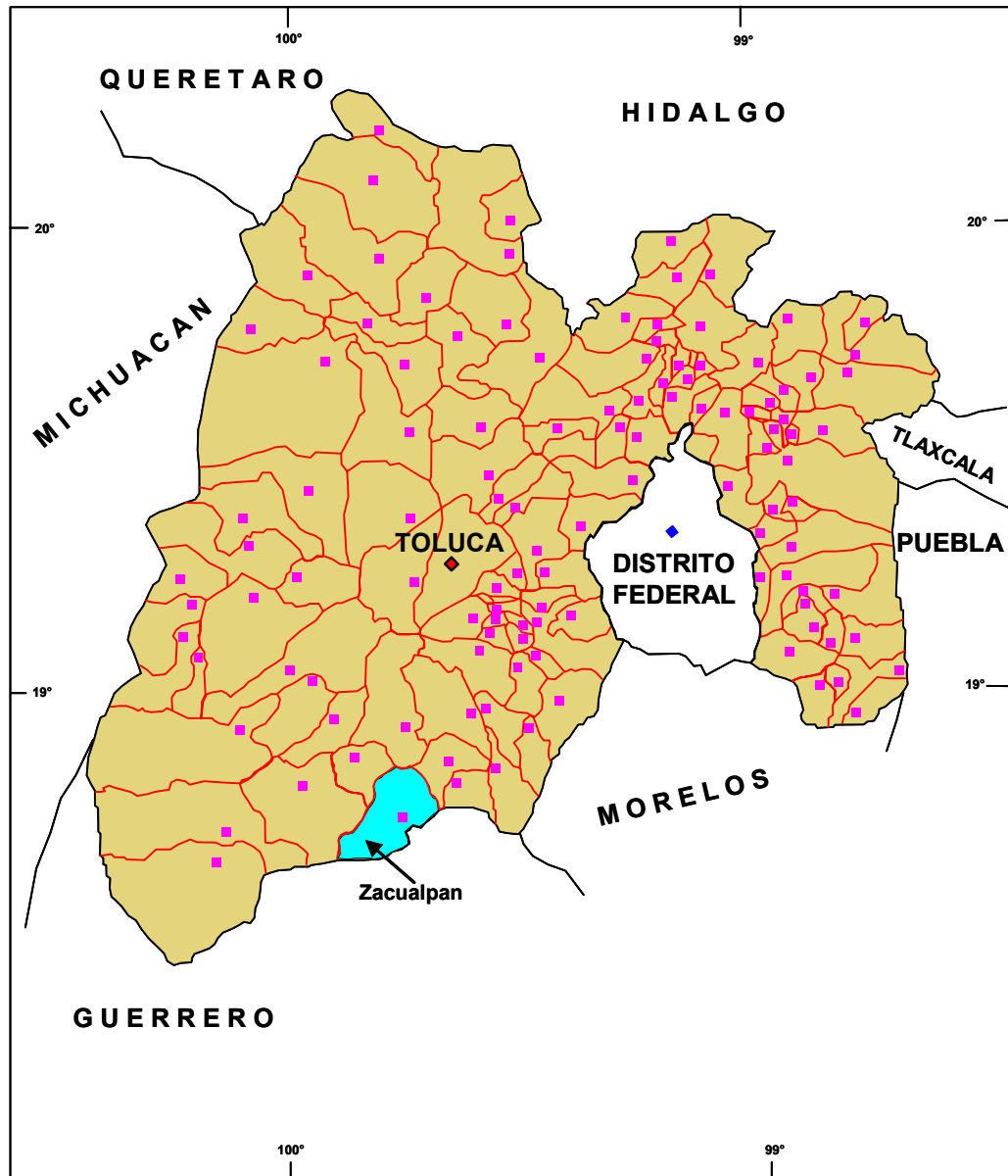


Figura 1. Localización del municipio Zacualpan, Estado de México



Fotografía 1. Escudo del ayuntamiento Zacualpan, que significa en donde se guardan los objetos valiosos.



Fotografía 2. Vista parcial de la cabecera municipal de Zacualpan, México.

y de cuota No. 55 Toluca-Querétaro. Por último, se comunica con el estado de Guerrero, partiendo de Ixtapan de la Sal, a la ciudad de Taxco de Alarcón, Gro.

La estación de carga ferroviaria más cercana, se localiza en la ciudad de Toluca de Lerdo, que pertenece al ferrocarril México-Uruapan, por la cual se comunica al oriente con la ciudad de Morelia, Mich. Hacia el norte, la vía más rápida de acceso a la frontera con los Estados Unidos de América, es por medio del ferrocarril México-Nuevo Laredo.

Desde la cabecera municipal Zacualpan se llega al Aeropuerto Internacional Lic. Adolfo López Mateos, recorriendo una distancia de 106 km a la ciudad de Toluca de Lerdo y posteriormente 11.2 km hasta el mismo, para un total de 117.2 km., desde el cual son accesibles las principales ciudades de México, los Estados Unidos de Norteamérica y Europa.

Este municipio cuenta con una importante red de caminos de terracería, transitables en toda época del año, que aseguran la comunicación entre todas comunidades y ejidos del municipio, además de tener numerosas brechas que permiten el acceso a casi todas las obras mineras, prospectos de minerales no metálicos, así como de rocas dimensionables y agregados pétreos.

II.3. Clima

El clima como parte estructural y funcional de los ecosistemas y agrosistemas, define los tipos de vegetación y fauna que pueden prosperar, gracias a procesos de adaptación a las condiciones de temperatura y disponibilidad de agua. El tipo climático que se presenta en este territorio municipal es: Cálido Subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media. La precipitación total anual es de 1 000 mm a poco más de 1 500 mm, y la temperatura media anual de 22° a 26° C.

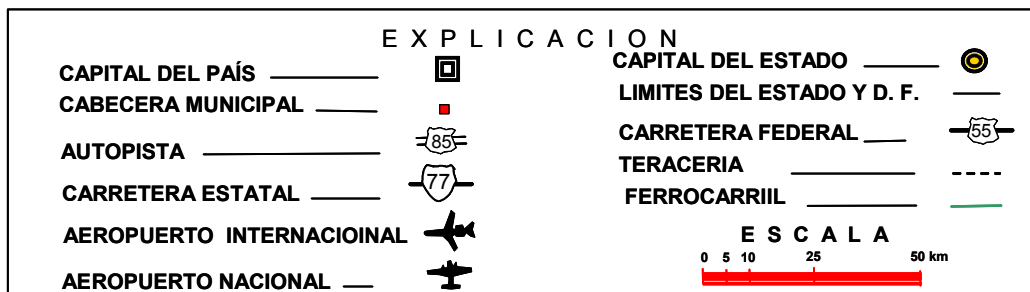
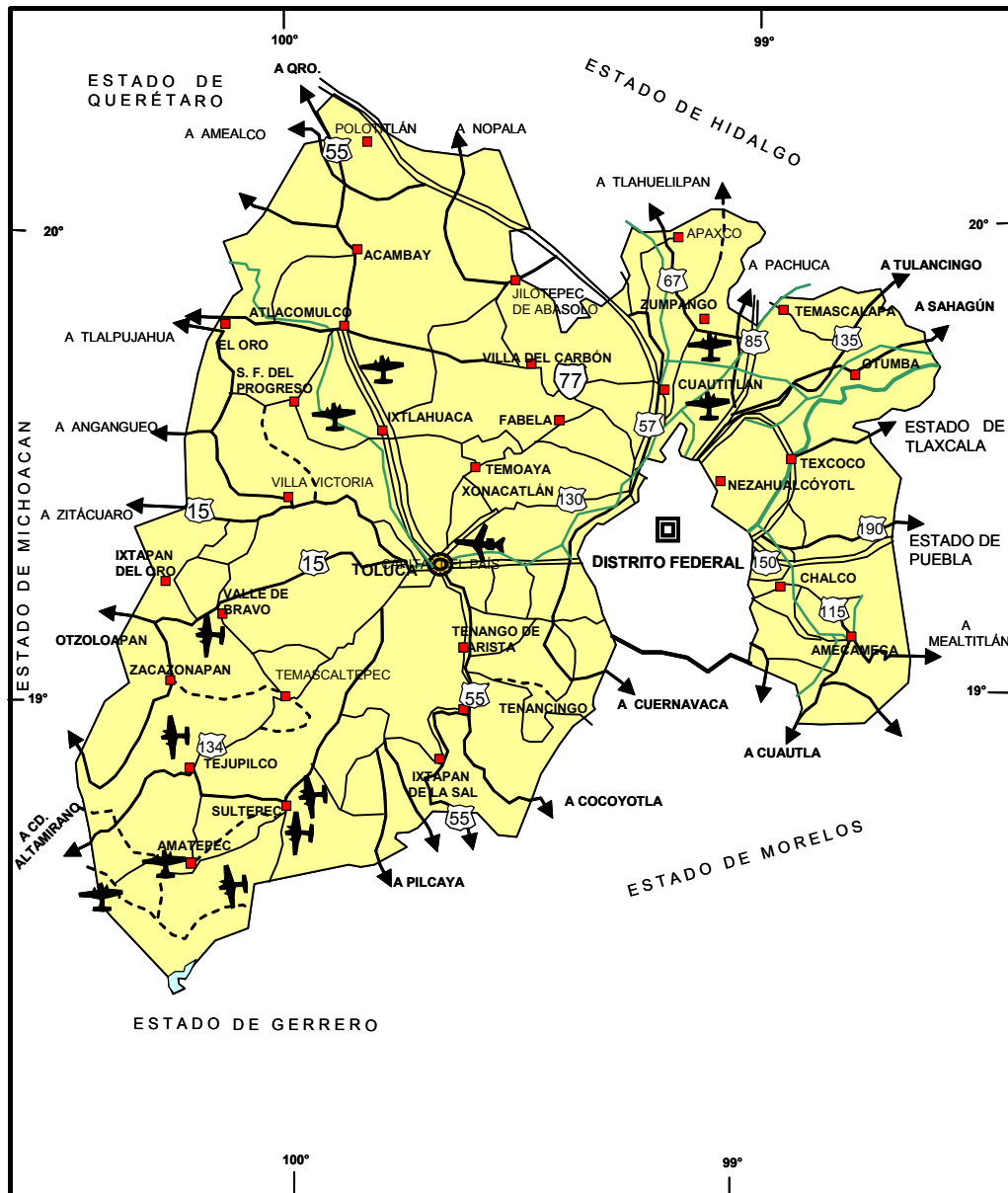


Figura 2. Principales vías de comunicación del Estado de México.

II.4. Fisiografía

El municipio de Zacualpan (figura 3), está situado en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur (Raiz, 1959); al sur del Eje Volcánico Transmexicano. Dicha provincia es considerada la más compleja y menos conocida del país, debido, a sus rasgos topográficos particulares. Los sectores sur, centro y norponiente del entorno municipal, se ubican dentro de la subprovincia Cuenca del Balsas-Mezcala, la cual se caracteriza por tener sierras altas, complejas con cañadas y zonas de barrancas muy profundas, y una pequeña parte de la porción austral (San Antonio Amealco), por cañones. Esta subprovincia consiste de una región accidentada y complicada por la diversidad de sus geoformas, que descienden hacia el sur; entre las principales elevaciones sobresalen los cerros: de la Tentación con 2,710 m.s.n.m., Coronas con una altura de 2,540 m (fotografía 3), Gama de la Paz con 2,340 m.s.n.m., del Campamento con 2,300 m de altura, entre otros.

La porción nororiental del territorio municipal se localiza dentro de la subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses, donde se alternan sierras y valles con orientación general hacia el sur, con paisajes de mesetas que están asociadas a lomerío. Aquí se observan elevaciones como el cerro de La Piedra Parada, con una altura de 1,950 m.s.n.m.

Geomorfológicamente, el área municipal estudiada se encuentra en etapas de juventud y madurez temprana.

II.6. Hidrografía

Las principales corrientes hidrológicas que conforman al Estado de México son de carácter perenne, distribuyéndose al sur-suroeste, centro y nor-noreste; algunas son de corto recorrido, y otras, que provienen de la porción central, sur y norte del estado, estas son de mayor longitud y con pendiente moderada, propicia para que los escurrimientos continúen su recorrido hasta desembocar en el Océano Pacífico y Golfo de México (figura 4). En general, presentan un patrón de drenaje dendrítico y en algunos casos de tipo radial.

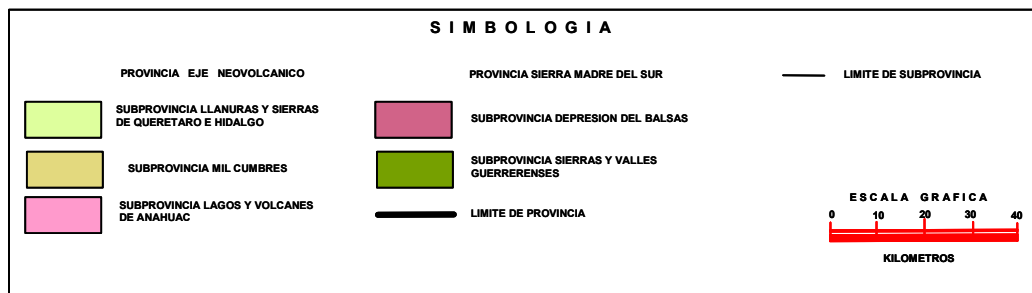
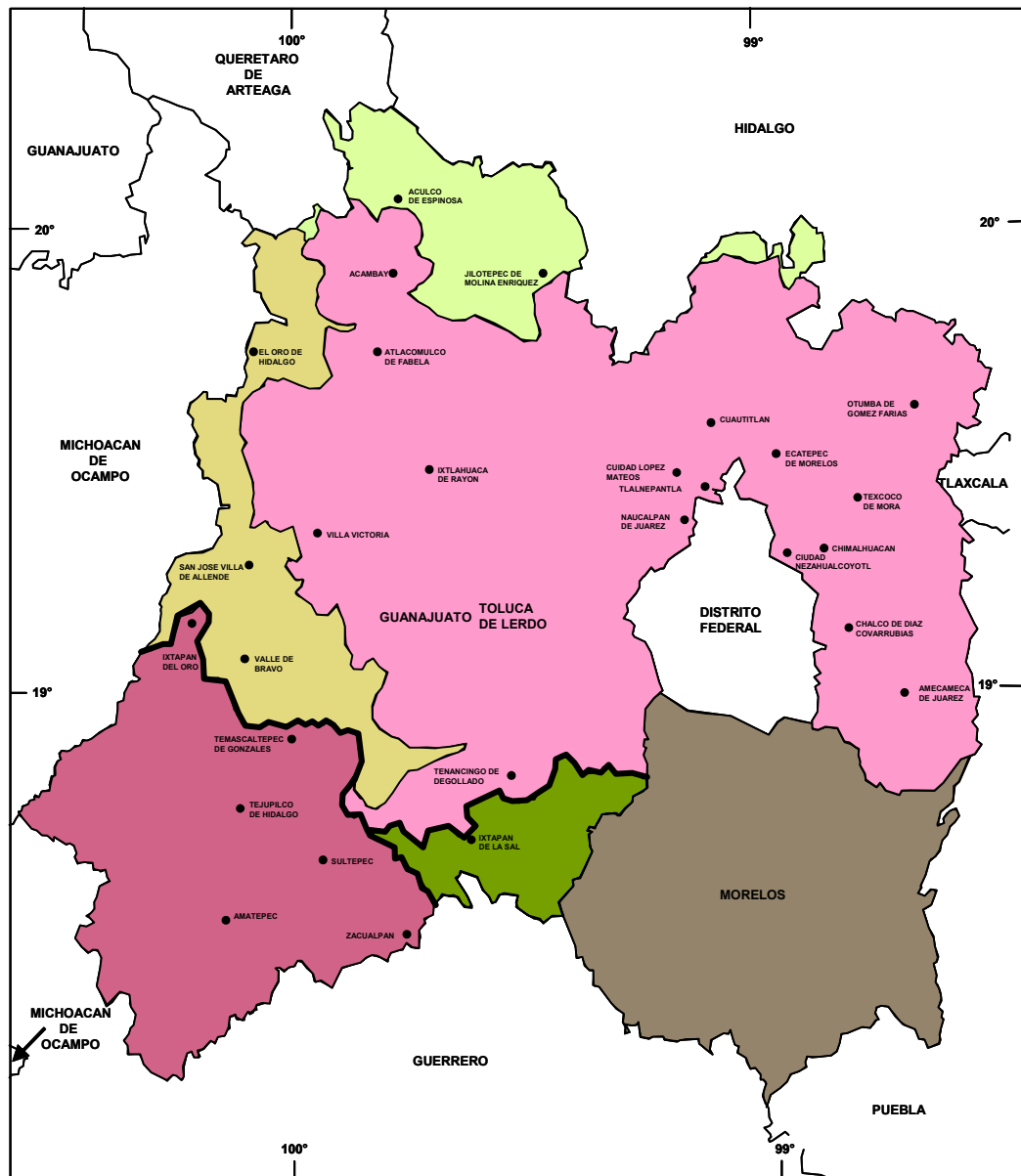


Figura 3. Provincias fisiográficas del Estado de México.

La totalidad del territorio municipal se localiza dentro de la Región Hidrológica 18, Balsas (RH-18), y la integran parte de las siguientes cuatro cuencas: Río Atoyac, Río Balsas, Río Grande de Amacuzac y Río Cutzamala (figura 4). La fisiografía del municipio Zacualpan tiene tres microcuencas hidráulicas, las cuales son drenadas por manantiales de las montañas y arroyos; la cantidad de agua que drena depende del ciclo anual de lluvia.

Cuenca número 1. Descarga en el río Grande o de Sultepec y se forma por los arroyos: Coronas, Ixtayotla, Mamatla y La Ciénega.

Cuenca número 2. Descarga al río Apetlahuacán y está formada por los escurrimientos del río de Pilcaya, arroyo Seco, arroyo Piedra Parada, río Ayotuxco y por el río Alacrán.

Cuenca número 3. Descarga al río Almoya de Alquisiras (fotografía 4) y se forma de los escurrimientos de : río Totoltepec, arroyo El Cristo, arroyo El Campanario y el río Florido.

Actualmente en el municipio Zacualpan existen 24 manantiales de agua dulce, que son la fuente de aprovisionamiento de agua potable. También se localizan manantiales de agua salada, que en otros tiempos sirvieron para producir sal, estos se ubican en las comunidades: Mamatla, Ixtayotla y Teocaltzingo.

Además se cuenta con 48 bordos que almacenan agua para uso doméstico, agropecuario y acuacultura. Complementan el contexto hidrológico superficial, varios arroyos intermitentes distribuidos en el territorio municipal.

La disección del drenaje y su distribución, están influenciados fuertemente por el patrón estructural del área, el desarrollo de los tributarios y la red hidrográfica se define por la litología; dicha red se sitúa dentro de la provincia hidrográfica del río

Balsas. La configuración del drenaje corresponde al desarrollo dendrítico con las variantes subparalelo y asimétrico.

Respecto al agua subterránea; las rocas de topografía abrupta son las volcánicas y tienen mayor permeabilidad que las metasedimentarias y metavolcánicas. Sin embargo, debido a lo accidentado del terreno, se restringe su estudio geohidrológico. El sector nor-oriental del municipio consiste de depósitos aluviales con porcentajes de grava, arena y muy poca arcilla. En estos rellenos, la permeabilidad es buena.



Fotografía 3. Panorámica del cerro Coronas, uno de los más altos en el municipio Zacualpan, con 2,540 m.s.n.m.



Fotografía 4. Cauce del Río Almoloya de Alquisiras, tributario de la cuenca No. 3, en el norte del municipio Zacualpan.

III. MARCO GEOLÓGICO

III.1. Geología Regional

La geología de la República Mexicana es el resultado de múltiples procesos tectónicos, que le han afectado durante su evolución. En cuanto a provincias geológicas (figura 5), la región estudiada queda comprendida principalmente en la provincia geológica denominada Complejo Orogénico de Colima–Guerrero, cerca de la Faja Volcánica Transmexicana (Ortega, 1991), y desde el punto de vista tectonoestratigráfico (Campa y Coney, 1983), se ubica en el Terreno Guerrero (figura 6).

Mesozoico

Augengneis Arroyo Frío

Las rocas que constituyen el basamento en la región consisten en un augengneis que aflora en el lecho del Arroyo Frío, al sureste de Tizapa. Está aparentemente en contacto por falla normal, con filitas grafiticas y esquistos de muscovita. La roca está polideformada, de color gris claro ligeramente rojizo, con textura porfidoblástica y, mineralógicamente, consiste de porfidoblastos de granate en una matriz esquistosa de cuarzo, muscovita y biotita. La unidad se originó a partir de rocas de naturaleza granítica y contiene xenolitos dioríticos de color gris oscuro (Parga, 1981). Su edad ha sido determinada por el método de datación U-Pb en circones y es de 185 Ma, para el granito de Tizapa (Elías Herrera, M., *et al.*, 1996).

Algunos geólogos han interpretado la secuencia antes descrita como un arco de islas desarrollado en el Jurásico Superior-Cretácico Inferior sobre una corteza oceánica (Tardy *et al.*, 1992; Lapierre *et al.*, 1992; Talavera-Mendoza *et al.*, 1995), sin embargo, Elías Herrera *et al.*, (2000), concluyeron a partir de datos estratigráficos, estructurales y geoquímicos, así como edades isotópicas que este paquete, representa el nivel estructural más bajo del Terreno Guerrero y que corresponde a un arco volcánico desarrollado del Triásico Tardío al Jurásico medio sobre corteza continental. Contribuye a soportar ésta hipótesis, el significado de



Figura 5. Provincias Geológicas de la República Mexicana



EXPLICACION

CHI	CHIHUAHUA	O	OAXACA
CA	CABORCA	MI	MIXTECA
COA	COAHUILA	XO	XOLAPA
M	MAYA	S	SONOBARI
SM	SIERRA MADRE	R	RUSIAS
A	ALISITOS	V	VIZCAINO
G	GUERRERO	SMO	SIERRA MADRE OCCIDENTAL
J	JUAREZ	TMV	EJE VOLCANICO TRANSMEXICANO

Campa y Cooney, 1983

Figura 6. Terrenos Tectonoestratigráficos de la República Mexicana

los xenolitos metapelíticos encontrados en un cuello volcánico riodacítico del Oligoceno (Picacho Pepechagua), localizado a 15 km de Tejupilco. Este paquete metamórfico hospeda el yacimiento tipo VMS de Tizapa, Estado de México; Elías Herrera *et al.*, (2000), determinó una edad absoluta de 186 Ma, por U-Pb, en zircones del metagranito de Tizapa.

Esquisto-Pizarra

Sobreyaciendo discordantemente al augengneis se tiene una secuencia vulcano - sedimentaria que presenta un metamorfismo de bajo grado de facies de esquisto verde, constituida por esquisto, pizarra y filita. Estas rocas afloran en la región de Tejupilco y su protolito es de rocas sedimentarias y volcánicas, en ocasiones se puede reconocer lutita y arenisca. En esta formación se incluyen esquisto, cuarzofeldespático, esquisto de tremolita-actinolita y esquisto de biotita. El contacto entre este basamento relativo y las rocas del arco de Teloloapan, se ha reportado en ésta zona como tectónico.

Las rocas antes descritas predominan en la región y se extienden en una amplia faja que va desde cerca de Tizapa hacia más allá del sur de Amatepec, la cual tiene de 12 a 17 km de ancho, teniendo su mayor amplitud en la latitud 18° 52', hacia los límites del municipio de Tejupilco con Sultepec, el espesor estimado de esta unidad es de más de 2,000 metros.

Cretácico Inferior

Secuencia sedimentaria calcárea.

En algunos lugares al oriente y al occidente de la franja, está formada por la secuencia vulcanosedimentaria anterior y cubierta en discordancia por una secuencia de rocas sedimentarias calcáreas con intercalaciones de material clástico volcánico. Se trata de alternancias de estratos delgados de caliza, arenisca y lutita, intensamente deformados, algunos autores la correlacionan con las formaciones Amatepec y Xochipala del Thitoniano–Aptiano del Cretácico Inferior. Al noroeste y oeste de Tejupilco, esta secuencia presenta en la base,

derrames volcánicos de composición andesítica y volcanoclásticos en contacto transicional.

Este paquete de mas de 2000 m de espesor estructural, que consiste de calizas arcillosas y silíceas, areniscas, argilitas calcáreas, sedimentos tobáceos con horizontes de radiolaritas, lavas almohadilladas andesíticas y basálticas, hialoclastitas, cumulos máficos y ultramáficos, y pequeños diques básicos relacionados con los derrames de lavas almohadilladas. Las rocas de este paquete han sufrido un metamorfismo de bajo grado y una deformación de moderada a intensa. La edad del grupo ha sido determinada como Albiano-Cenomaniano por Davila-Alcocer y Guerrero-Suastegui (1990), usando radiolarios. Talavera Mendoza et al. (1993), interpretaron el grupo como un sistema de retroarco de islas desarrollado en una corteza oceánica primitiva. El grupo Amatepec-Palmar Chico hospeda yacimientos tipo VMS como Campo Morado, La Suriana, Rey de Plata, Azulaquez, El Faisán, La Trinidad, Campo Seco, etc.

A su vez, la secuencia volcánico calcárea está cubierta tectónicamente por un paquete de rocas volcánicas que se encuentran formando una banda de rumbo sureste-noroeste de unos 15 km de ancho en promedio. Esta banda se encuentra a unos 6.5 km al oeste de Tejupilco, principalmente en el municipio de Luvianos. La secuencia esta formada por rocas volcánicas submarinas de composición andesítica y basáltica cloritizadas en algunas localidades, presenta lavas almohadilladas, lavas masivas y algunas intercalaciones de aglomerados, brechas volcánicas y sedimentos terrígenos, se le ha asignado una edad del Valanginiano - Hauteriviano, en base a un estudio de radiolarios.

Al noreste de la población de Luvianos, aflora una franja orientada norte-sur de areniscas y limolitas en estratos delgados.

Existen dos cuerpos intrusivos del Cretácico Inferior, uno cerca del poblado de Tepehuastitlán en el municipio de Amatepec, que consiste en una roca ultrabásica

clasificada como hornblendita, que intrusión a la secuencia calcáreo sedimentaria y el otro que aflora a 3 km al poniente del primero, es de composición diorítica e intrusión a la formación Arcelia dando lugar a zonas restringidas de hornfels.

Terciario

El Terciario (Paleoceno-Eoceno), en la región consiste de una secuencia sedimentaria continental constituida por un conglomerado polimíctico formado por fragmentos de caliza, arenisca, esquistos y pizarra, intercalados con limolitas y tobas en estratos delgados. Aflora a unos 3 km al suroeste de la ciudad Tejupilco cubriendo discordantemente a las formaciones Arcelia y Amatepec y al noreste del poblado de Ocoatepec cubriendo también en discordancia a la formación Amatepec. Según Fries, (1960), se correlaciona con la Formación Balsas del Terciario Inferior (Eoceno-Oligoceno). Esta secuencia sedimentaria continental se encuentra cubierta parcialmente por una secuencia de riolitas y tobas ácidas de la Formación Riolita Tilzapotla del Oligoceno. Esta formación cubre en ocasiones directamente a las formaciones Arcelia, Amatepec y a las secuencias metamórficas.

Rocas igneas intrusivas

Las rocas intrusivas del Terciario afloran, en una superficie reducida en el Río Temascaltepec, al norte franco de la ciudad de Tejupilco, en los límites con el municipio de Temascaltepec y al norte de la cabecera municipal de Zacualpan, son de composición granítica granodiorítica e intrusionan a las rocas metamórficas. En la porción sur de la carta Pilcaya, se han encontrado diques y sills de naturaleza, ya sea riolítica porfídica o andesítica y ocasionalmente diabásica o sienítica dentro de la secuencia metamórfica y sedimentaria calcárea.

Cuaternario

Lava basáltica y conos cineríticos.

Se manifiestan al norte del río Temascaltepec, dentro del municipio de este mismo nombre, en las mesas de Tenayac y las Tunas y al norte y noreste de Tenería, al

S-SE de Tejupilco, y al sur de Pantoja. Estan distribuidos ampliamente en la región de Zacazonapan-Temascaltepec, representados por derrames basálticos y conos piroclásticos. A estas manifestaciones volcánicas, que se localizan en la zona de transición de la Cuenca Balsas-Mezcala con el Eje Neovolcánico Transmexicano, se les considera de edad pleistocénica.

Aluvión

Con una distribución muy restringida, se presenta como resultado de la meteorización y desintegración de las diferentes unidades litológicas, se han formado suelos y depositado, en los valles de la región, aluviones constituidos por fragmentos derivados de las rocas preexistentes, que van desde bloques, cantos rodados, gravas, arenas y limos.

Tectónica

La región ha estado sujeta a diferentes episodios tectónicos que han dado lugar a plegamientos y fallamientos de las diferentes unidades, como consecuencia de una fase compresional. Las rocas metamórficas esquistosas y la secuencia sedimentaria calcárea fueron intensamente plegadas, las primeras presentan pliegues isoclinales y recostados, y las segundas pliegues isoclinales recumbentes.

Posteriormente, una fase distensiva afectó a las diferentes unidades, dando lugar a una serie de fallas y fracturas en dos sistemas principales, uno NW-SE y otro NE-SW.

Las rocas metamórficas equivalentes al Esquisto Taxco, forman un anticlinal que pasa por el centro de la región donde este se distribuye, con un suave buzamiento hacia el noreste Este plegamiento no afecta a las rocas del Terciario. La formación de este anticlinal pudo haber originado una intensa erosión a lo largo y a los lados del eje de las rocas mesozoicas, quedando restos de éstas en los flancos del anticlinal.

III.2. Geología Local

(Ver Carta Geológica del Municipio Zacualpan, escala 1:50,000 al final del texto).

Las rocas que predominan en el municipio consisten de una secuencia vulcánica-sedimentaria, que presentan un metamorfismo regional de bajo grado correspondiente a las facies de esquisto verde, en la que se reconocen pizarra, metacaliza, metarenisca y metandesita; y en menor proporción, rocas volcánicas del Terciario y depósitos del Cuaternario.

Además existen pequeños apófisis y diques de rocas hipabisales de composición principalmente riolítica, que intrusionan las rocas del basamento.

Tectonoestratigráficamente el municipio estudiado queda comprendido dentro del Terreno Guerrero, compuesto por formaciones con historia geológica diferente a su contexto regional, siendo hasta el Terciario Inferior cuando comparten a una cubierta sedimentaria y volcánica. La mayor parte del área en estudio, está constituida por una secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada, formada como parte de un arco volcánico.

Las rocas del Terreno Guerrero desarrollaron en su totalidad superficies de esquistocidad asociadas a plegamientos isoclinales y cabalgaduras de dirección norte-sur y vergencia al oriente. El lineamiento mineral indica una trayectoria de la deformación de poniente a oriente durante el Terciario Inferior, producida por la acreción del Terreno Guerrero al Continente.

A continuación se hace una breve descripción que sirve de marco para comprender una serie de eventos geológicos, tectónicos y sedimentarios, acaecidos en tiempo y espacio en el territorio que comprende el municipio estudiado, y su relación con los procesos que dieron origen a las rocas y minerales que representan los recursos minerales metálicos, no metálicos, y agragados pétreos de este municipio.

Esquistos de Tejupilco Ji (?) E-Pz

-Definición: Estas rocas fueron descritas por De Cserna (1981), en la región de Tejupilco, al occidente del municipio Zacualpan. Son esquistos cuyo protolito es de rocas sedimentarias, puede en ocasiones reconocerse lutita y arenisca.

-Distribución: Existe un pequeño afloramiento en la parte occidental, en el límite con el municipio Sultepec.

-Relaciones estratigráficas de campo: El Terreno Guerrero está compuesto por varias secuencias volcánico sedimentarias de arco, de diferente firma geoquímica pero de edad similar. Las relaciones entre estas unidades son en la mayoría poco conocidas, aunque existen elementos para considerarlas predominantemente tectónicas.

-Litología y espesor: En esta formación se incluyen esquistos cuarzofeldespáticos, esquistos de tremolita-actinolita y esquistos de biotita. El espesor de esta unidad es estimada en más de 2000 m y aflora únicamente en la porción occidental del municipio.

-Edad y correlación: La edad de los esquistos no ha sido establecida en la región de estudio. Muchos autores han agrupado los esquistos de Tejupilco con el Arco de Teloloapan y con las rocas verdes de Taxco y Taxco Viejo en un mismo conjunto, sugiriendo una edad mesozoica debido a la posición estructural de los esquistos en relación con su cubierta sedimentaria y su historia metamórfica.

-Ambiente de depósito: Estas rocas forman parte propiamente de un arco intra-oceánico magmático, de la serie calco-alcalina.

-Importancia geológico-minera: En este pequeño afloramiento, en el sector occidental del municipio, se localiza una mina de cobre (Colón), donde el yacimiento se ha considerado de tipo hidrotermal, teniendo como principal mineral

de mena Calcopirita. Además tiene una zona de diseminación en los respaldos, que junto con la veta, tiende a abrirse un poco más a profundidad; esto podría comprobarse mediante una barrenación.

Conjunto Inferior

Formación Villa de Ayala (KnapMvs) (KnMA)

-Definición: Según Talavera y colaboradores (1993), se trata de lavas características de arco intercaladas con rocas piroclásticas y sedimentarias. Guerrero, S.M. *et al.*, 1990, en Guerrero S.M., *et al.*, 1991, detalla la secuencia vulcanosedimentaria metamorfizada y la llama Villa Ayala, dividida en tres miembros: 1) Derrames con y sin estructuras almohadilladas; 2) Aglomerados con matriz tobácea; y 3) Sedimentos tobáceos-arenosos, interestratificados con lentes y horizontes carbonatados.

-Distribución: Esta secuencia vulcanosedimentaria aflora en la parte central del entorno municipal, con una amplia distribución en la región, abarcando varios kilómetros (fotografía 5), así como pequeñas porciones en el sur y suroccidente, del mismo.

-Relaciones estratigráficas de campo: Corresponde a las rocas más antiguas de esta columna, e infrayace de manera concordante y transicional en algunos afloramientos y discordantes con la unidad sedimentaria metamorfoseada de la formación Acapetlahuaya del Aptiano.

-Litología y espesor: Secuencia volcánica y horizontes sedimentarios con metamorfismo de bajo grado de facies de esquisto verde, que consiste de andesita (fotografía 6), lavas almohadilladas brechadas, tobas, areniscas volcánicas y conglomerados volcánicos. Las andesitas megascópicamente son de color gris verdosos, con estructura compacta y textura afanítica, y como minerales secundarios se tienen sericita, epidota, clorita, cuarzo y calcita, en vetillas; estos son indicativos de una fuerte propilitización.



Fotografía 5. Formación Villa de Ayala (secuencia vulcanosedimentaria), en la parte central del municipio Zacualpan.



Fotografía 6. Secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada (Formación Villa de Ayala).

En el municipio Zacualpan, los afloramientos son de espesores muy reducidos. En las coladas, el espesor varía de 30 a 50 metros y disminuye hacia la cima de la formación. El tamaño de las almohadillas es de 20 y 50 cms en la base.

-Edad y correlación: Los radiolarios que contiene esta unidad, se encuentran mal preservados, producto de la formación dúctil, sin embargo Guerrero S.M. *op cit.*, 1990, propone una edad Cretácico Inferior. Se correlaciona con la formación Angao que forma parte del Subterreno Huetamo.

-Ambiente de depósito: Esta formación, es parte de un arco intraoceánico magmático, de la serie calco-alcalino evolucionado.

-Importancia geológico-minera: En esta secuencia vulcanosedimentaria se han encontrado depósitos de sulfuros masivos vulcanogénicos (mina La América), en la parte sur del distrito minero Zacualpan y constituye la roca encajonante. Es muy probable que esta formación haya contenido importante mineralización singenética, que por removilización originó los yacimientos hidrotermales de este distrito.

Conjunto Superior

Formación Acapetlahuaya (KapMs)

-Definición: Esta formación está compuesta por metasedimentos vulcanodetríticos interestratificados en la cima, con metacalizas lenticulares de edad Aptiano Superior (Campa *et al.*, 1974, 1979., Guerrero *et al.*., 1990).

-Distribución: En los sectores norte, occidente, sur del área municipal, predomina el afloramiento de ésta unidad formando una depresión de grandes dimensiones, la cual presenta una configuración de barrancas profundas en forma de “V” que contrastan con las rocas metavolcánicas de lomeríos suaves, y que generalmente constituyen las partes más altas en la región (fotografía 7).

-Relaciones estratigráficas de campo: Subyace la secuencia metavolcánica de la formación Villa Ayala en forma transicional en algunos sitios y discordantes en otros, debido a la intensa tectónica que ha afectado la zona; le sobreyace de manera concordante y transicional, estando interestratificados los sedimentos vulcanodetríticos con los lentes de caliza de edad Aptiano Superior de la Formación Amatepec.

-Litología y espesor: Esta unidad está conformada predominantemente por una alternancia de filitas, areniscas y lutitas, que debido al intemperismo de la zona presentan un color amarillento a pardo rojizo, con niveles delgados de metandesitas y metariolitas, ocasionalmente con horizontes delgados de caliza, cortados por vetillas de cuarzo (fotografía 8), presentándose con una textura fina a gruesa y estructura compacta (Mercado P, *et al.* , 2004). Los espesores estimados oscilan entre 50 y 300 m.

-Edad y correlación: La edad de esta unidad es aún controvertida, sin embargo Campa y Ramírez (1979), reportan el hallazgo de amonites del Jurásico Superior (Tithoniano), en un afloramiento de metasedimentos tobáceos en las cercanías de la localidad Parada del Pochote, al sur de la carta Pilcaya. Esta formación se correlaciona por litología con la Formación San Lucas.

-Ambiente de depósito: Cuenca intraoceánica de arco evolucionado, formada durante la etapa de destrucción del arco.

-Importancia geológico-minera: Al igual que la anterior por las condiciones geológicas que prevalecieron durante su depósito, contiene parte de los lentes de sulfuros masivos que conforman los yacimientos de Zacualpan, además se considera como una buena receptora de mineralización económicamente importante.



Fotografía 7. Morfología de barrancas profundas en forma de “V” , en rocas de la Formación Acapetlahuaya, en el sur de Zacualpan.



Fotografía 8. Pliegues ptigmáticos de cuarzo, en rocas de la secuencia vulcanosedimentaria (Fm. Atlapetlahuaya), en el sur de Zacualpan.

Formación Amatepec (Kapa Cz-Lu)

-Definición: Descrita por De Cserna Z (1983), como micritas de estratos delgados a medios con calcarenitas y lutitas de color gris claro y crema, interestratificadas, teniendo como localidad tipo el flanco occidental del levantamiento de Tejupilco, en el poblado de Amatepec. Guerrero S.M. *op cit.*, 1990, la describe como calizas oscuras de estratificación delgada, con metamorfismo de bajo grado e intenso plegamiento.

-Distribución: Las calizas de esta formación afloran en la comunidad Huitzoltepec, aunque se muestran en afloramientos aislados de forma lenticular que representan la base de la misma.

-Relaciones estratigráficas de campo: Sobreyace de manera concordante a la secuencia vulcanosedimentaria metamorfozada de la formación Villa de Ayala; en algunos afloramientos se presenta de manera concordante, mientras que otros está en discordancia angular, lo cual fue causado principalmente por la intensa tectónica que ha afectado la región.

-Litología y espesor: Secuencia carbonatada representada por calizas delgadas y laminares de color gris oscuro, en alternancia con niveles pelíticos de color gris y crema, en las que se observa su foliación (fotografía 9). El espesor de sus estratos es generalmente delgado, de 1 a 15 cm, en conjunto se estima un espesor de 50 a 80 m (De Cerna, *op cit.*, 1983).

-Edad y correlación: De Cserna Z., en 1983 por fauna le asignó una edad de Albiano-Cenomaniano inferior. Se correlaciona con la Formación Teloloapan, la cual es contemporánea y su depósito corresponde a un cambio lateral de facies; considerándole como Aptiano-Albiano.

-Ambiente de depósito: Cuenca marginal en un ambiente de arco intraoceánico.

-Importancia geológico-minera: La caliza de ésta formación, en la comunidad Huitzoltepec encajona vetas de calcita de hasta 30 cm de espesor, la cual junto con la roca, reportaron los siguientes contenidos de CaCO_3 : 97.57% y 89.28%, respectivamente. A partir de estos resultados y el potencial estimado, se pueden considerar como materia prima para la elaboración de cal y cemento, entre otros.

Formación Balsas (TeoCgp-Ar)

-Definición: Fries (1960), describió una variedad de sedimentos continentales rojos, compuestos por limolitas, areniscas finas y conglomeráticas, pero predominantemente de conglomerados de rocas calcáreas y volcánicas a los que denominó grupo Balsas.

-Distribución: Los afloramientos de esta rocas se observan al suroeste del entronque de la carretera a Apetlahuacan con la de Zacualpan-Toluca, y un pequeño sector, al noreste de la cabecera municipal en los límites con el estado de Guerrero.

-Relaciones estratigráficas de campo: El contacto inferior del grupo Balsas es de discordancia angular y erosional con las rocas más antiguas de la región. De igual manera se encuentra en contacto superior con la Riolita Tilzapotla; la presencia de rocas volcánicas intercaladas dentro de la formación Balsas nos puede indicar, cambios transicionales muy locales.

-Litología y espesor: Comprende diversos tipos de litología de acuerdo al lugar en que se encuentra depositado. En los afloramientos dentro del entorno municipal, se observa constituido por fragmentos de rocas metamórficas, cuarzo y en mayor proporción caliza, todos dispuestos en una matriz principalmente arcillo-calcárea.

Este conglomerado presenta una coloración rojiza y al intemperismo responde en tonos de gris claro a marrón.

-Edad y correlación: La edad determinada para estas capas es del Eoceno-Oligoceno. En ausencia de fauna en esta región se mantiene esta edad por posición estratigráfica y correlación.

-Ambiente de depósito: Continental.

-Importancia geológica-minera: Este tipo de material tiene su principal uso en la industria de la construcción, como agregado pétreo.

Riolita Tilzapotla (To R)

-Definición: Consiste de depósitos pirocláticos de composición ácida (Fries, *op cit.*, 1960).

-Distribución: En el municipio existen escasos y reducidos afloramientos de rocas extrusivas de composición riolítica, únicamente expuestas en el sector norte, donde constituye la prominencia montañosa Tres Cruces.

-Relaciones estratigráficas de campo: El contacto inferior es discordante con las unidades más antiguas, sin embargo la mayoría de los afloramientos está en contacto con el Grupo Balsas. También es discordante su contacto superior con las unidades más recientes.

-Litología y espesor: Esta serie riolítica está compuesta principalmente por lavas de composición ácida, asociada a brechas tobáceas y tobas vitroclásticas, también riolíticas. El espesor de las riolitas en esta zona es de aproximadamente 80 metros.

-Edad y correlación: Fries, *op cit.*, (1960), realizó dataciones radiométricas por el método plomo/alfa, para una edad de 26 ± 2.6 M.a., ubicándola en Oligoceno tardío. Esta unidad es correlacionable a la secuencia superior riolítica de la Sierra Madre Occidental.

-Ambiente de depósito: Continental.

-Importancia geológica-minera: El vulcanismo que produjo ésta unidad, también fue posiblemente, la fuente de energía que removilizó las soluciones hidrotermales que dieron origen a los yacimientos hidrotermales vetiformes de Zacualpan. Existen dos localidades en el norte del municipio, que la explotan como roca dimensionable, utilizada en la industria de la construcción.

Formación Cuernavaca (Tpl-Lh)

-Definición: Fries *op cit* (1960), en las inmediaciones de la ciudad de Cuernavaca, la define como una sucesión sedimentaria de rocas clásticas de granulometría variable, con clastos de rocas esencialmente volcánicas.

-Distribución: Estos depósitos de material clástico, afloran en el extremo oriente del municipio, donde limita con el estado de Guerrero.

-Relaciones estratigráficas de campo: Su contacto inferior es discordante y erosional sobre las unidades más antiguas.

-Litología y espesor: Consisten de material clástico esencialmente andesítico, poco consolidado pero bien estratificado en capas subhorizontales de espesor variable, textura fanerítica y semicompacta, de color marrón a gris claro. Además presentan capas de conglomerados de grano fino, arena y limo intercalado con horizontes tobáceos. En promedio alcanzan desarrollo de hasta 50 metros (fotografía 10).

-Edad y correlación: En vista de la fuerte discordancia erosional que separa esta formación del Grupo Chichinautzin suprayacente, es considerada como de edad Plioceno Superior.



Fotografía 9. Secuencia carbonatada representada por caliza de color gris oscuro, de la Formación Amatepec.



Fotografía 10. Material clástico, poco consolidado y bien estratificado, de la Formación Cuernavaca, en el extremo oriente de Zacualpan.

-Ambiente de depósito: La unidad estratigráfica se depositó principalmente en forma de abanicos aluviales, relleno de pequeñas cuencas continentales.

-Importancia geológico-minera: El material que la conforma presenta características favorables para explotarse como agregado pétreo. En la parte nororiente cerca del río Apetlahuacán, existen dos localidades (Despoblados I y II), donde dicho material es utilizado en la industria de la construcción.

Aluvión (Qal)

Se trata de depósitos cuaternarios más recientes, constituidos por grava, arena y material más fino, que por lo general se encuentra formando terrazas de pequeñas dimensiones en las márgenes de los ríos y arroyos.

Esta unidad es el producto del intemperismo y erosión de las diferentes unidades que constituyen la secuencia estratigráfica del municipio, de esta manera presenta una composición heterogénea.

Rocas Ígneas Intrusivas

Granodiorita (Tp Gd)

-Definición: Este nombre se le ha dado para describir a todos los cuerpos ígneos intrusivos de color claro, de composición ácida, que se encuentran emplazados dentro de rocas más antiguas.

-Distribución: Aflora en la parte norte del municipio Zacualpan, en el poblado Piedra Parada; de forma circular.

-Relaciones estratigráficas de campo: Intrusiona a la secuencia metasedimentaria del Cretácico Inferior y es cubierta de manera discordante y erosional por los lahares del Plioceno.

-Litología y espesor: La roca está conformada por un cuerpo intrusivo de composición granodiorítica, que cambia en la periferia a diorita (fotografía 11), de color gris claro a verdoso, de estructura compacta, textura equigranular a porfídica. Tiene como minerales esenciales a oligoclasa, andesina, hornblenda, diópsida, augita. Superficialmente se presenta intensamente caolinizado y ligeramente oxidada por los agentes de intemperismo. El cuerpo intrusivo es de forma burdamente circular (fotografía 12).

-Edad y correlación: Por su relación estratigráfica con las rocas que intrusióna, se le asignó una edad del Paleoceno.

-Ambiente de depósito: Plutónico.

-Importancia geológico-minera: Las propiedades físicas no son las adecuadas para explotarse como roca dimensionable y en su periferia no se ha detectado ningún yacimiento mineral.



Fotografía 11. Afloramiento del intrusivo granodiorítico-diorítico, en el poblado Piedra Parada, en la parte norte del municipio Zacualpan.



Fotografía 12. Morfología del intrusivo granodiorítico, burdamente circular, en el poblado Piedra Parada, del municipio Zacualpan.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

(Ver Carta de Yacimientos Minerales Zacualpan, escala 1:50,000 al final del texto).

El Estado de México, en su porción suroccidental tiene una tradición minera desde la época de la colonia; actualmente se ubican en esta zona la mayoría de las localidades mineras metálicas de la entidad, situadas en rocas de la secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada; el municipio estudiado queda comprendido en esta región, el cual ha sobresalido por sus antecedentes mineros.

Las manifestaciones de mineralización metálica en el municipio Zacualpan, consisten en vetas de origen hidrotermal y mantos de sulfuros masivos vulcanogénicos. En lo que respecta a la existencia de yacimientos de minerales no metálicos, existen depósitos de fluorita, cuarzo amatista y barita, además hay que considerar, que la mayor parte del municipio está constituida por rocas de la secuencia vulcanosedimentaria, las cuales pueden ser susceptibles de contener depósitos de arcilla, útil en la fabricación de cerámica y materiales para la industria de la construcción. El municipio estudiado, también tiene potencial en lo que concierne a rocas dimensionables y agregados pétreos, sobre todo en las porciones norte y nororiente del mismo.

En el presente trabajo se describen brevemente los yacimientos antes mencionados y se hace una estimación de su potencial y sus perspectivas para generar proyectos productivos que contribuyan al desarrollo socioeconómico del municipio y al bienestar de la población, comenzando con aquellos que tienen mayores posibilidades de constituirse en operaciones mineras sustentables.

IV.1. Yacimientos de Minerales Metálicos

Los Aztecas ya tenían conocimientos de los yacimientos minerales expuestos en la región de Zacualpan, a la llegada de los españoles se inició un desarrollo mayor

en cuanto a su extracción, tanto que desde el año 1528 denominaron a dicha región como “Provincias de Platas”.

En el entorno municipal se confirmó la presencia de yacimientos hidrotermales de relleno de fisuras y estratiformes (sulfuros masivos), emplazados en la secuencia vulcanosedimentaria metamorfoseada.

Los yacimientos que se presentan en vetas y brechas, están controlados por las condiciones estructurales de la región (sistemas de fallas y fracturas NW-SE). La mineralización consiste de sulfuros de plomo-zinc, en una matriz de cuarzo, con valores importantes de oro y plata. Existen alrededor de 40 vetas en el distrito, más de la mitad de éstas, sigue un rumbo que varía de N 45° W a N 60° W, las restantes tienen direcciones que oscilan desde N-S a N 20° E. Las primeras tienen espesores de 1 a 10 m, con leyes de medianas a bajas, y longitudes de uno a 3 km (Elías Herrera, M., 1993).

Las vetas con rumbo N-S son más cortas pero algunas tienen leyes altas, las de rumbo N-E tienen longitudes de 400 a 700 m y presentan leyes medias. El emplazamiento de la mineralización fue por relleno de cavidades, siendo éstas zonas de falla y/o fracturas, en rocas de la secuencia vulcanosedimentaria. Los yacimientos de vetas presentan zonas de bonanza separadas entre si por partes estériles, en una misma estructura. Como norma general las zonas de alta ley son más largas que altas.

En el distrito minero Zacualpan, se produce básicamente plata y algo de plomo y zinc, y cantidades accesorias de oro y ocasionalmente cobre. Estos dos últimos metales se encuentran sobre todo en las minas de la porción occidental del municipio.

Los yacimientos de tipo sulfuros masivos vulcanogénicos, se presentan generalmente estratiformes, genéticamente relacionados con vulcanismo

submarino, encajonados en pizarra grafitosa y/o calcárea, perteneciente al paquete vulcanosedimentario metamorfoseado (facies esquistos verde). Estos se localizan en la zona minera Mamatla, al sur de la cabecera municipal.

A continuación se enuncian las localidades mineras visitadas durante los trabajos de campo, así como una descripción de las características de los yacimientos que han sido explotados y/o explorados en el municipio Zacualpan.

Tabla 1. Yacimientos de Minerales Metálicos del Municipio Zacualpan.

CLAVE	NOMBRE	SUBSTANCIA	ROCA ENCAJONANTE	ALTERACION	ORIGEN
ZAC-01	La Cuchara	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-02	El Progreso	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-03	El Alacrán	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Caolinización	Hidrotermal
ZAC-05	La Papaxtla	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-06	Guadalupe	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-07	El Moral	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-08	La Cadena	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-15	El Regenerador	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-16	Veta Negra	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-21	Carboncillos	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-22	San Juan	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-23	El Laurel	Au – Cu	Esquisto	Cloritización	Hidrotermal
ZAC-24	La Reyna	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Vulcanogenico
ZAC-25	Sara Mamatla	Au, Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-28	Veta la Yerbabuena	Au, Ag, Pb, Zn	Esquisto	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-30	El Reliz de San José	Au, Ag, Pb, Zn	Filita	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-31	Puerto Hondo	Au, Ag, Pb, Zn	Filita	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-32	La Trinidad	Au, Ag, Cu	Filita	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-33	El Escorpión	Ag, Pb, Zn	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-34	La América	Au, Ag, Pb, Zn	Pizarra	Oxidación	Vulcanogenico

ZAC-35	El Zapote	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Esquisto	Cloritización	Hidrotermal
ZAC-37	Chapanial (La Fali)	Au, Ag, Cu	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-38	Coecillos	Au – Cu	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-40	Carlos Pacheco	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-41	Nochebuena	Au, Ag, Pb, Zn	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-42	Watecosco	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-43	Santa Rita	Au – Cu	Esquisto	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-44	El Sabino	Au, Ag, Pb, Zn	Esquisto	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-46	Ma. Del Carmen Catalina	Au - Cu	Esquisto	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-47	Santo Niño	Au – Cu	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-48	El Orito	Au – Cu	Esquisto	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-49	El Zapote No.1	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Esquisto	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-51	El Colon	Ag, Pb,Cu, Zn	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-52	Barranca de Teocalcingo	Au – Cu	Pizarra	Oxidación	Hidrotermal
ZAC-53	Quinto II	Ag (Au - Cu)	Esquisto	Cloritización	Hidrotermal
ZAC-54	La Condesa	Au – Ag	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-55	María de Jesús	Ag, Pb, Zn (Au,Cu)	Meta-andesita	Silicificación	Hidrotermal
ZAC-59	La Amarilla	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Pizarra	Propilitización	Vulcanogenico

Mina El Alacrán

Esta mina es una de las que dieron fama y gloria a este distrito (fotografía 13)., se localiza en línea recta al SW 25° y a 3.8 km de la cabecera municipal Zacualpan; se llega por una terracería en buenas condiciones.

Las vetas más importantes trabajadas en esta mina son: El Alacrán, San Adrián, San Margarito Norte y San Margarito Sur, emplazadas en meta-andesita foliada, de color gris claro, caolinizada, argilitizada e incipiente silicificación; de rumbo N-S, con un espesor promedio de 2.5 m y una inclinación de 60°SE. Los minerales reportados son: abundante argentita, esfalerita, calcopirita, galena, pirita y tetrahedrita, como ganga cuarzo, rodonita y calcita. La mineralización es de origen

hidrotermal. Con leyes de Au 2.6 g/t, Ag 40 g/t , Pb 0.4% y Zn 0.8%, y reservas del orden de 90,000 toneladas (Compañía Minera El Porvenir). Actualmente se encuentra en explotación la veta San Adrián, en el socavón el Alacrán, con un desarrollo de 600 m, donde la estructura en partes se observa brechada y bandeamiento, como textura hidrotermal (fotografía 14).

El sistema de minado es corte y relleno con material estéril. El beneficio del mineral es por flotación y cianuración en la planta Campana de Plata, propiedad la compañía minera El Porvenir de Zacualpan, S.A de C.V., con capacidad de 450 t/d; ubicada al poniente de la cabecera municipal Zacualpan.

-Mina La Cuchara

Esta localidad se ubica al SE 25° y a 0.8 km, en línea recta de la cabecera municipal de Zacualpan, se encuentra activa y con un programa de barrenación de diamante para incrementar reservas.

El depósito mineral es de origen hidrotermal con temperaturas que oscilan de 210° a 233°C y una salinidad de 9%; del tipo mesotermal-epitermal de relleno de fisuras, que se originaron por soluciones ascendentes, las cuales se emplazaron en fallas y fracturas, encajonadas en andesitas tobáceas y compactas, de color verde claro a oscuro, textura afanítica y estructura compacta.

Se trata de dos estructuras tabulares de rumbo NW 60° SE e inclinación de 75° al NE y 180 m de desarrollo, donde la veta el Moro es un desprendimiento de la veta la Cuchara, con respaldos bien definidos. Se manifiestan en superficie en forma de crestones silicificados, de hasta 3.0 km de longitud. Actualmente se está llevando a cabo una barrenación de diamante en el nivel 22, para cortar nuevamente las dos vetas (fotografía 15).

La mineralogía consiste de: esfalerita, galena, pirita, calcopirita y sulfosales de plata, la cual se presenta en relleno de cavidades, predominando la presencia de



Fotografía 13. Patios y acceso de la mina El Alacrán, propiedad de la compañía minera El Porvenir de Zacualpan, S.A. De C.V.



Fotografía 14. Fragmento de la estructura brechada de la veta San Adrian, en la mina El Alacrán, actualmente en explotación.

zinc y en menor proporción plomo; con poco sílice y calcita. En partes se observa cuarzo amatista. Las alteraciones que se presentan son: cloritización, silicificación, caolinización y escasa edpidotización.

Con los trabajos de exploración directa, en la veta la Cuchara se calcularon 30,118 toneladas de reservas probables, con las siguientes leyes: Au 0.55 g/t, Ag 106 g/t, 2.34 % Pb y 4.45% Zn, y espesor promedio de 1.64 m. En la veta el Moro fueron del orden de 41,850 toneladas, con valores de Au 0.52 g/t, Ag 65 g/t, Pb 2.28% y Zn 4.52 %, y espesor promedio de 1.44 m (Mercado Pineda, G., 2004).

El beneficio del mineral se lleva a cabo en la planta Campana de Plata, propiedad de la compañía minera El Porvenir de Zacualpan, S.A de C.V. (fotografía 16).

-Mina Veta Negra

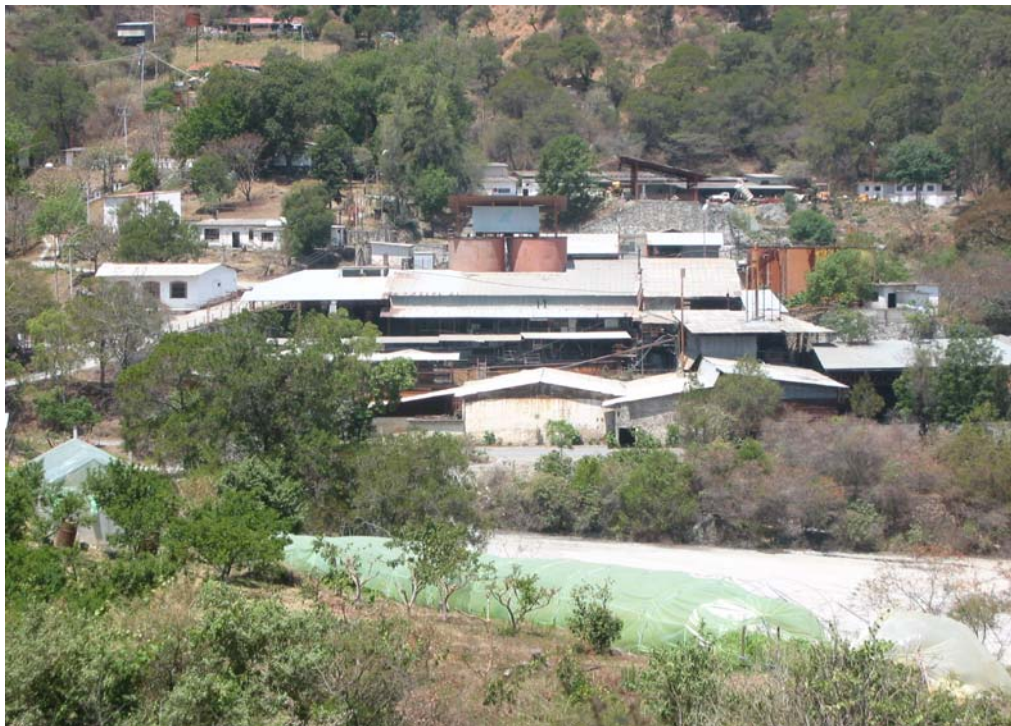
Se ubica en línea recta a 5.1 km y al NW15° de la cabecera municipal de Zacualpan.

En la zona de Veta Negra se observan estructuras con mineralización de óxidos cerca de superficie y sulfuros más a profundidad , encajonados en meta-andesdita y pizarra carbonosa, de la Formación Villa de Ayala.

Las obras más importantes son el Socavón del Rosario, Socavón de San Vicente y el Rebaje de San Vicente; donde la mineralización se presenta en bolsadas, originados por la intersección de dos o más estructuras. De estas son tres las principales: la de la Veta Negra, de rumbo NW 40° SE y 75° de actitud al NE; su afloramiento se extiende más de 1 km. La mineralización está representada por óxidos a la altura del socavón del Rosario y a profundidad por sulfuros como: galena, esfalerita, argentita y calcopirita, en una matriz de cuarzo; su potencia es variable de 1.0 a 7.0 metros.



Fotografía 15. Barrenación de diamante en el nivel 22 para definir reservas, en la mina La Cuchara, en el municipio Zacualpan.



Fotografía 16. Planta de beneficio Campana de Plata, propiedad de la compañía minera El Porvenir de Zacualpan, S.A. de C.V.

La veta de Chatinga, es otra de las estructuras importantes, con rumbo NW 45° SE y 70° de inclinación hacia el NE; la mineralización se observa en bandas y consiste únicamente de óxidos en matriz de cuarzo. Aflora por más de 500 m y un espesor promedio de 1.50 m. La tercera en importancia es la veta del Socorro de rumbo NW 60° SE e inclinación al SW, con una longitud de 300 m y potencia promedio de 1 m; con mineralización principalmente de óxidos en matriz de cuarzo.

También existen estructuras secundarias que se comportan como desprendimientos de las anteriores, con mineralización rica en plata, pero de mínima potencia.

Dentro de la zona de Veta Negra se observan como alteraciones: silicificación, cloritización e incipiente epidotización.

Esta obra actualmente está reactivando sus operaciones y el mineral es beneficiado en la planta Campana de Plata, con una capacidad instalada de 450 toneladas diarias.

-Mina Guadalupe (Campana de Plata)

Se localiza a 0.85 km y al NW 85° de la cabecera municipal de Zacualpan, por el momento no está en explotación.

De 1975 a 1990 la compañía Campana de Plata, propiedad del Grupo Minero Peñoles, explotó el área de la mina Guadalupe en 33 estructuras mineralizadas, por mencionar: Trinidad, Dolores, Todos Santos, Santa Isabel; que son vetas de rumbo N-S, con potencia de 1.5 m y 150 m de longitud, muy ricas en valores, de hasta 700 gr/t de Ag, como es el caso de la Trinidad. Las estructuras de rumbo NW-SE, espesor de 3 m y hasta 2 km de largo, como son: Lipton, Liptonia, San Pedro, San Felipe, entre otras; tienen menos valores de plata (200 g/t), pero con más contenido de Pb-Zn.

Para el caso de la veta Lipton, en partes presenta una textura homogénea de bandas sucesivas, pero en otras se observa brechada, que es donde están los valores altos. La mineralogía consiste de: galena, esfalerita, pirita, pirargirita, tetrahedrita, argentita y plata nativa. El yacimiento es de tipo mesotermal y epitermal, teniendo como principales alteraciones: cloritización y silicificación.

Se ha barrenado lateralmente y a profundidad, pero no hay persistencia de las estructuras, ya que al llegar a la pizarra se cierran.

Actualmente la mina se encuentra fuera de operación, pero se pretende reactivar para explotar 30,000 toneladas en pilares, con valores de 0.8 g/t Au, 200 g/t Ag, 1% Pb y 2% Zn, debido a que los precios actuales permiten la operación. Las leyes en los jales son las siguientes: 0.21 g/t Au, 8 g/t Ag, 0.7% Pb y 0.23% Zn.

La localidad El Regenerador (ficha No. 15), consiste de un socavón labrado en pizarra carbonosa, ubicado al sureste de la comunidad Ayotusco y se construyó para acceder a la vetas polimetálicas, como son: Kena, Concha, El Naranjo, La Yegua, Carolina, entre otras; y de rumbo preferencial NW 20° SE, que se explotaron también hasta el año de 1990.

-Mina de Colón

Esta obra se ubica a 12.8 km y al SW 82°, en línea recta de la cabecera municipal de Zacualpan.

El yacimiento de la mina de Colón consiste de una veta de forma tabular, con variaciones en su espesor, desde 0.40 m hasta 1.2 m y con 70 m de desarrollo. La estructura mineralizada, de rumbo general NW15° e inclinación de 70° al SW, está emplazada en pizarra grafitosa de color gris oscuro, de foliación fina y laminar, que alterna en menor proporción con arenisca. Hacia el contacto con la veta las rocas encajonantes presenta alteración hidrotermal, como son: silicificación intensa, piritización y cloritización.

El mineral de mena que se observa es calcopirita y algo de galena, y como minerales de ganga se tiene hematita, pirita, malaquita y cuarzo. Se colectó una muestra de terrero para su análisis químico, que se envió a los laboratorios del Centro Experimental Oaxaca, del Consejo de Recursos Minerales, con sede en San Pablo Etla, Oax. , la cual reportó los siguientes valores: 58 ppb Au, 75 g/t Ag 67 ppm Pb , 2.63% Cu y 103 ppm Zn.

La génesis del yacimiento es tipo hidrotermal de relleno de fisuras y forma parte del sistema regional de estructuras mineralizadas en el distrito Zacualpan, cuya orientación general es NW-SE. El área minera consta de tres socavones (fotografía 17), actualmente inundados.

-Mina Chapaniel (La Fali)

Se localiza al oeste franco y 8.2 km, en línea recta de la cabecera municipal Zacualpan.

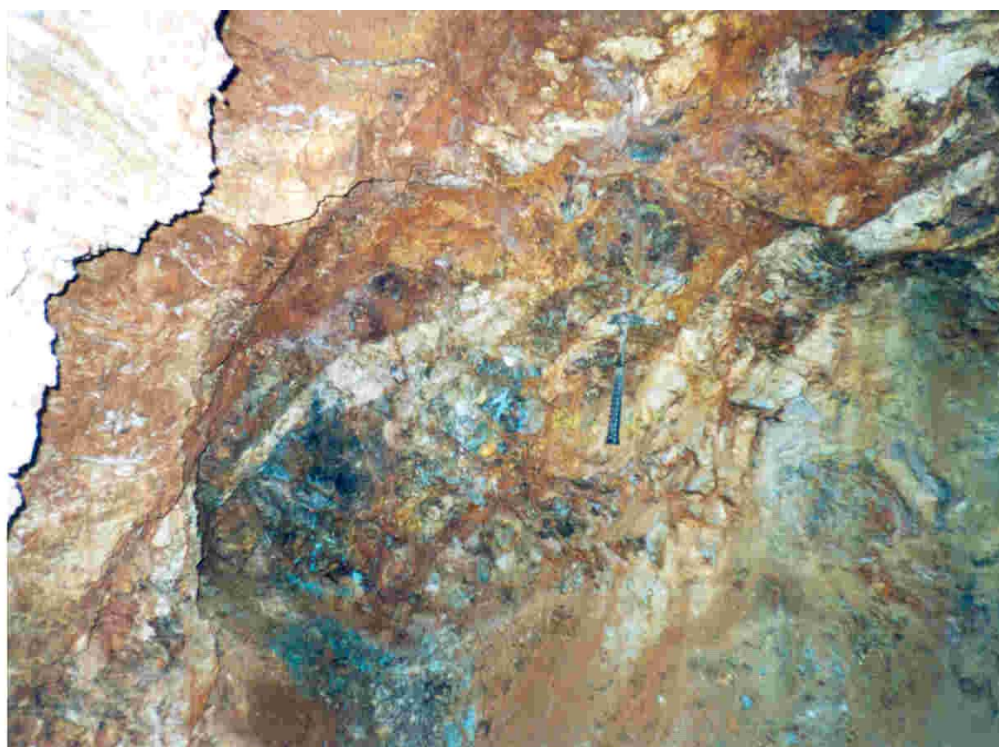
Las obras principales de esta mina consisten de un socavón a rumbo de estructura, NW 60° SE y una longitud de 65 m . La veta es de forma tabular, con una inclinación de 45° SW y 116 m de largo, con espesores variables entre 0.6 y 2 m.

Se encuentra encajonada en pizarra grafitosa muy fracturada, de color gris claro a oscuro, con alteración hidrotermal como son piritización y silicificación, principalmente. La veta en algunos casos presenta una estructura brechoide con fragmentos de rocas metamórficas en una matriz de sulfuros y sílice. Los minerales que se observan megacópicamente son: pirita, calcopirita, blenda malaquita, azurita, hematita, limonita y cuarzo. Como leyes se tienen 5 g/t de oro, 104 de g/t de plata y 0.6% de cobre.

La veta se ha labrado en zona de oxidación (fotografía 18), en base a esto es favorable explorar a profundidad para localizar la zona de sulfuros. Actualmente la mina se encuentra inactiva.



Fotografía 17. Mineralización de carbonatos de cobre, en el socavón de la mina de Colón, en la parte occidental de Zacualpan.



Fotografía 18. Veta de la mina La Fali, labrada en zona de oxidación y encajonada en pizarra grafitica, en una matriz de sulfuros y sílice.