



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA VOLCÁNICA DEL CERRO
CHIMALHUACHI, UBICADO EN EL MUNICIPIO DE CHIMALHUACÁN,
ESTADO DE MÉXICO.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTA

Agustín Ochoa Jiménez

Director de tesis

Ing. Miguel I. Vera Ocampo



Ciudad Universitaria, D.F.

2012

Agradecimientos:

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por la oportunidad de ser egresado de ella.

A los sinodales, que con sus ideas en la revisión de tesis le dieron dirección a este trabajo.

Al director de tesis, por sus consejos en el seguimiento de su elaboración.

A toda mi familia, por su comprensión y apoyo incondicional.

A la vida, que Dios me ha dado para seguir adelante.

Dedicatoria:

A la memoria de mis padres

ESTUDIO GEOLÓGICO DE LA ESTRUCTURA VOLCÁNICA DEL CERRO CHIMALHUACHI, UBICADO EN
EL MUNICIPIO DE CHIMALHUACÁN, ESTADO DE MÉXICO.

ÍNDICE	PÁGINA
Resumen	3
OBJETIVO	4
Capítulo I. INTRODUCCIÓN	5
1.- Antecedentes	
Capítulo II. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CHIMALHUACÁN	8
1.- Localización y vías de acceso	
2.- Clima, hidrología y vegetación	
3.- Actividades económicas	
4.- Crecimiento urbano	
Capítulo III. FISIOGRAFÍA DE LA REGIÓN	22
1.- Provincia fisiográfica	
2.- Rasgos orográficos	
3.- Cuenca hidrológica	
Capítulo IV. GEOLOGÍA EN EL ÁREA DE ESTUDIO	32
1.- Marco geológico	
2.- Secuencia litológica	
3.- Estructuras geológicas	
4.- Evolución geológica	
Capítulo V. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS	44
1.- Materiales pétreos	
2.- Riesgo geológico	
3.- Impacto ambiental	
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFÍA	52
PLANOS E ILUSTRACIONES	54

Resumen.

En el municipio de Chimalhuacán, Estado de México, se encuentra una estructura volcánica formada en el periodo Cuaternario, que se conoce como cerro Chimalhuachi, el cual está formado por derrames de lava y piroclastos distribuidos en capas de espesores variados.

Los asentamientos humanos se han ubicado en las planicies del vaso del antiguo lago de Texcoco y en las lomas y colinas que forman el cerro antes mencionado. En la parte alta del cerro se realiza la explotación de recursos minerales que son materiales de origen volcánico como son la grava de tezontle, arena, tepetate y basalto. Estos materiales son utilizados para la construcción de obras civiles, o como insumos para la elaboración de otros productos como bloques, piedra tallada o figuras escultóricas.

Las rocas volcánicas presentes deben su existencia al vulcanismo del periodo cuaternario, en el cual se formaron también los volcanes como el cerro El Pino, cerro Santa Catarina, cerro de La Estrella, cerro Gordo y otros. El cerro Chimalhuachi se encuentra dentro de la cuenca de México, la cual forma parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

En recorridos realizados en el cerro Chimalhuachi, se visitó la mina La Guadalupana, donde se recolectaron algunas muestras y se tomaron fotografías de las rocas que afloran, se observó que en el área de estudio el material volcánico se presenta como derrames de lava, piroclastos y bloques, en una secuencia de capas formando las laderas del cerro que debido a la erosión se han formado relieves pronunciados asimismo, existen arroyos intermitentes

Debido al acelerado crecimiento urbano del municipio, en las últimas tres décadas, hay áreas de urbanización cercanas a las minas donde se extraen los materiales; dichas minas son a cielo abierto, lo que presenta un riesgo para la población por posibles deslaves o derrumbes.

El aprovechamiento económico de los materiales es importante para el desarrollo del sector de extracción de recursos minerales, pero produce un impacto al medio ambiente por la deforestación en las áreas donde se extrae el material. Con el propósito de prevenir riesgos y atenuar el impacto ambiental se deben tomar medidas para impedir el desarrollo de zonas urbanas cercanas a las minas, realizar la construcción de muros de retención de materiales producto de excavación con peligro de derrumbe o deslave, reforestación de áreas expuestas por la extracción de material y otras libres de urbanización para evitar en lo posible, la erosión de las mismas.

En el Plan de Desarrollo Municipal de Chimalhuacán del periodo 2009-2012, se tienen destinadas las áreas para urbanización, espacios recreativos y de áreas verdes y uso del suelo; la importancia radica en respetar los proyectos que contempla dicho plan y corregir lo referente a la ubicación de zonas urbanas vulnerables, por la cercanía a las minas, sin dejar de aprovechar los recursos minerales que proporcionan beneficio económico para la comunidad.

OBJETIVO.

El propósito de este estudio, es ponderar el riesgo geológico que existe en el cerro Chimalhuachi debido a la explotación de recursos minerales cercana a los asentamientos humanos, que día con día se aproximan más a las áreas de trabajo de la empresa que aprovecha el material volcánico.

Los resultados de este estudio tienen la intención de contribuir en la toma de decisiones que tengan como fin, adoptar las medidas necesarias para la protección de la población que habita en las proximidades de la mina.

Por otra parte, los trabajos de extracción de materiales implican la modificación del entorno natural del lugar. Este desplazamiento de las plantas, arbustos o árboles favorecen la erosión del cerro, misma que promueve la inestabilidad del terreno con las posibles consecuencias que esto conllevaría. Así que las conclusiones obtenidas en este estudio, también tienen el propósito de señalar el grado de afectación al ecosistema que presenta la zona, así como las posibles remediaciones que puedan llevarse a cabo.



Vista poniente del cerro Chimalhuachi, ubicado en el municipio de Chimalhuacán, Estado de México.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Debido a la dinámica interna de la Tierra, se presentan fenómenos geológicos que dan como resultado la modificación del relieve de la corteza terrestre, como son el vulcanismo, sismicidad, etc.; a su vez, existen factores que cambian la geomorfología de una región como son la erosión y la acumulación de materiales transportados.

Algunos fenómenos geológicos (fallas, sismos, erupciones volcánicas, etc.), pueden causar daños al medio ambiente, flora, fauna o catástrofes a la población humana que se encuentra dentro del área de influencia de dichos fenómenos.

En el caso específico del vulcanismo, la expulsión del magma en forma de lava, material piroclástico y agua, pueden ocasionar un impacto en el medio al cubrir espacios y cambiar el ecosistema, pero también aportan beneficios al formar rocas y materiales que son susceptibles de ser utilizados por el hombre además de contribuir al enriquecimiento de los suelos con nutrientes minerales aprovechables para la vegetación.

El cerro Chimalhuachi es una estructura volcánica estratificada que presenta capas con materiales piroclásticos, basalto y bloques, pero su distribución no es homogénea y debido a la urbanización, la cimentación de algunas edificaciones puede estar construida sobre material de ceniza volcánica sin consolidar o socavones originados por el escurrimiento de agua pluvial, con el riesgo de sufrir asentamientos, fracturas o llegar al colapso de la estructura construida.

En la parte alta del cerro, se extraen materiales pétreos, en minas a cielo abierto, se aprovechan el tezontle, tepetate y arena que se utilizan para la construcción de obras civiles; además, el basalto se utiliza para el trabajo artesanal y de escultura por parte de los canteros o como piedra braza para las cimentaciones, otra parte del cerro está destinada para áreas verdes y zonas deportivas.

A partir de la formación de este volcán, se ha tenido un aporte de sedimentos en el antiguo lago de Texcoco, algunos son del material expulsado por el volcán (piroclastos) y otros son producto de la erosión de las rocas volcánicas.

También el material volcánico ha servido para filtrar el agua de lluvia que recarga los acuíferos de la cuenca de México; en el municipio de Chimalhuacán, se extrae el agua potable, para dotar a la población del municipio, por medio de pozos profundos, con 150.00 m a 300.00 m de profundidad, el gasto aproximado de cada pozo está entre 60 y 120 litros por segundo (lps). La distribución de agua se realiza por medio de tanques de regulación construidos en las partes topográficamente más altas del cerro Chimalhuachi y antes de la urbanización de parte del cerro, se utilizaba para la siembra de temporal de maíz y frijol principalmente.

En el aspecto demográfico y de acuerdo a Silvia Elena- Enrique (2009), la evolución demográfica del municipio de Chimalhuacán se incrementa principalmente como producto de los flujos migratorios (tabla I-1), ya que en 1970, el municipio prácticamente tenía poco menos de 20,000 habitantes, sin embargo, en esa misma década, la población se triplicó con una tasa de crecimiento media del 12%.

En la década de 1980-1990, se presenta la mayor tasa de crecimiento demográfico 14.6% anual, cinco veces superior a la del estado de México, para llegar a los 242,000 habitantes.

Durante la década de 1990-2000, el crecimiento disminuyó a 7.3%, la población llega a los 490,000 habitantes para fines del periodo.

En el periodo 2000- 2005, el municipio registró un crecimiento demográfico de 12% lo que representa una población total de 525,389 habitantes.

Este crecimiento caracterizado por su irregularidad y falta de ordenamiento ha provocado un alto costo social y ecológico, puesto que la base de los recursos naturales ha sido afectada y ha disminuido debido a un cambio de uso de suelo destinado a la urbanización, lo cual ha traído como consecuencia que los beneficios ambientales de las áreas naturales se vean reducidos de manera drástica y disminuya la calidad de vida de los habitantes.

La expansión urbana y el crecimiento de la población junto a la disminución de las áreas naturales han generado problemas ambientales, tales como la degradación del suelo, manifestada a través de la erosión y la desertificación, también se reduce la superficie de infiltración del agua de lluvia al quedar cubierta de concreto, asfalto o viviendas, lo que afecta a la recarga de los mantos acuíferos.

Tabla de datos concentrados

DÉCADA	INCREMENTO DEL N° DE HABITANTES	TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL
1970-1980	de 20000 a 62000	12 %
1980-1990	de 62000 a 242000	14.6 %
1990-2000	de 242000 a 490000	7.3 %
2000-2005	de 490000 a 552262	12 %

Tabla I-1. Evolución demográfica del municipio de Chimalhuacán según (Silvia Elena-Enrique 2009)

1.- Antecedentes.

Los estudios relacionados con la Geología que se han realizado en el municipio de Chimalhuacán y en especial en el cerro Chimalhuachi, han sido muy escasos. A continuación se describen los trabajos realizados por algunas instituciones.

- a) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), ha elaborado la cartografía de México por medio de cartas temáticas de topografía, geología, edafología, etc. El municipio de Chimalhuacán está contemplado dentro de estas cartas a escala 1:50 000, específicamente la carta geológica llamada hoja Chalco con clave E14-B31 de fecha 1979, donde indica los tipos de rocas, estructuras, fallas y fracturas.
- b) El Instituto de Geología de la UNAM en conjunto con el Consejo de Recursos Minerales (1996), ha elaborado la carta geológica de la zona oriente del Estado de México a escala 1:250 000 en 1993, donde está incluido el municipio de Chimalhuacán.
- c) Se han realizado mapeos por medio de imágenes de satélite en todo el Estado de México por parte de los satélites ERTS, LANDSAT y SPOT, para exploración minera. (Consejo de Recursos Minerales, 1996).
- d) El Consejo de Recursos Minerales (1996), realizó estudios geofísicos y geoquímicos en el municipio de Chimalhuacán, uno respecto a gravimetría y sismología otro referente a geoquímica del agua (1996).
- e) La Subdirección de Promoción Minera del Gobierno del Estado de México en conjunto con el C.R.M. (1996), ubican 4 minas en Chimalhuacán con los siguientes recursos minerales de explotación.
 - La Guadalupana, mina de tezontle y tepetate
 - Mina Barrera, mina de tezontle negro y rojo (inactiva)
 - Chimalli, mina de tepetate (inactiva)
 - Xochiquilar, mina de tezontle negro y rojo
- f) El Consejo de Recursos Minerales (1996). elaboró la monografía geológico-minera del Estado de México, donde la litología del cerro Chimalhuachi aparece como derrames de lava andesítico-basáltica y rocas piroclásticas de la Formación El Pino (Qpp). Por otro lado, la zona del antiguo lago de Texcoco está compuesta de depósitos piroclásticos, lacustres y suelo residual (Q). También aparecen varias fracturas con dirección NW-SE.
- g) La empresa "Exploración, Perforación y Estudios de Subsuelo S.A. de C.V." realizó estudios geofísicos con fines hidrológicos para la perforación de pozos de agua potable (2007); ubican la estratigrafía a profundidades de 150 m hasta 200 m. Los resultados de estos estudios se presentan en el capítulo IV.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE CHIMALHUACÁN

El pueblo de Chimalhuacán fue fundado en la fase Azteca II aproximadamente en el año 1259, por tres caciques hermanos con ascendencia tolteca llamados Huaxomatl, Chalchihutlatonac y Tlatzcantecutli; debe su nombre al cerro Chimalhuachi que parece escudo o rodela vuelta hacia abajo.

La palabra Chimalhuacán significa “lugar de los poseedores de escudos o rodelas”, sin embargo, existen vestigios de ocupaciones anteriores tales como la de Coyotlatelco (600-800 d.C.) y la fase Tollan (800-1150 d.C.). De acuerdo a investigaciones realizadas a principios de los años sesenta por el antropólogo Ángel García Cook (Plan de Desarrollo municipal 2009-2012), desde la época prehistórica los primeros pobladores cohabitaron con mamuts, bisontes y gliptodontes. El señorío de Chimalhuacán perteneció al reino de “Texcuco” (Texcoco), y formó parte de la triple alianza que participó en la defensa de Tenochtitlán.

Debido a los procesos de migración interna de México, las áreas desecadas del antiguo lago de Texcoco han dado cabida a numerosas nuevas colonias en el municipio. La dinámica de crecimiento poblacional del mismo ha propiciado que hoy Chimalhuacán sea uno de los suburbios del área metropolitana de la ciudad de México más grandes, marginados y con menor calidad de vida. La tabla II-1 describe la distribución demográfica de Chimalhuacán hasta el año 2005. (Plan de Desarrollo Municipal op. cit.)

SUPERFICIE TOTAL	Nº DE HABITANTES (2005)	CENTROS DE POBLACIÓN (BARRIOS, COLONIAS, VILLAS Y FRACC.)	PARAJES Y EJIDOS
73.63 Km ²	525,389	75	10

Tabla II-1. Distribución demográfica del territorio del municipio de Chimalhuacán

Respecto a religión, la católica es la predominante en la población, de acuerdo con la tabla II-2 (Plan de Desarrollo Municipal op. cit.).

CATÓLICA	EVANGÉLICA	OTRAS	NINGUNA	NO ESPECIFICADA
91.5 %	4.3 %	2.0 %	1.7 %	0.5 %

Tabla II-2. Preferencia de religiones en Chimalhuacán.

En Chimalhuacán, existen muchos artesanos del tallado de piedra y dedicados a la elaboración de vestuarios para carnaval, es una tradición que pasa de generación en generación. En la actualidad, es menor la población que se dedica al tallado de piedra.

1.- Localización y vías de acceso.

a) Localización

Chimalhuacán se localiza en la parte central del valle de México, en la zona oriente del Estado de México y la parte oriental del Distrito Federal (figura II.1).



Fig. II-1. Ubicación del municipio de Chimalhuacán entre los 125 municipios que conforman el Estado de México.

Las colindancias son: al norte con el municipio de Texcoco, al sur con los municipios de La Paz y Nezahualcóyotl, al oriente con los municipios de Chicoloapan y Texcoco, al poniente también con el municipio de Nezahualcóyotl en el Estado de México. (fig. II-2).

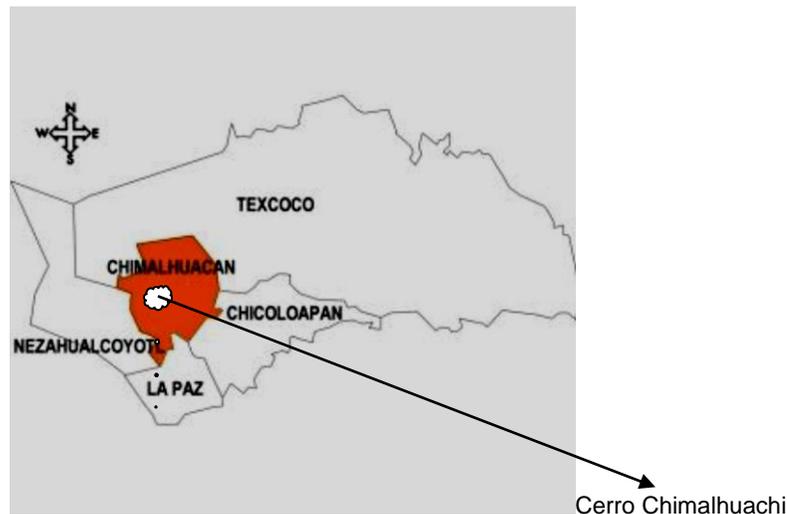


Fig. II-2. Croquis de las colindancias del municipio de Chimalhuacán con otros municipios del Estado de México.

Su ubicación respecto a las coordenadas geográficas son $19^{\circ} 22' 27''$ y $19^{\circ} 27' 48''$ latitud norte y $98^{\circ} 55' 18''$ y $98^{\circ} 59' 58''$ longitud oeste; la parte más elevada de Chimalhuacán (el cerro Chimalhuachi), alcanza una altitud aproximada de 2,540 metros sobre el nivel medio del mar y 200 m sobre el nivel de las planicies que lo rodean.

2.- Clima, hidrología y vegetación.

a) Clima

El clima del municipio de Chimalhuacán es predominantemente templado lluvioso en verano y en invierno es semiseco con heladas en los meses de noviembre a febrero, clasificación Cw, (Köppen en Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012).

La temperatura durante el año, tiene una variación como se muestra en la tabla II-3.

TEMPERATURA MEDIA ANUAL	MES MAS CÁLIDO	TEMPERATURA MÁXIMA PROMEDIO	MES MAS FRÍO	TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO
15.8° C	MAYO	34° C	ENERO	4° C

Tabla II-3. Indica las temperaturas promedio anual, máxima y mínima promedio.

La precipitación pluvial anual, registrada hasta el año 2005, se presenta en la tabla II-4.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO MESES DE JULIO A OCTUBRE	PRECIPITACIÓN MÁXIMA PROMEDIO EN 24 HRS.
700 mm	de 121 mm a 134 mm	52 mm

Tabla II-4. Muestra la variación de la precipitación promedio.

Mapa del clima de Chimalhuacán

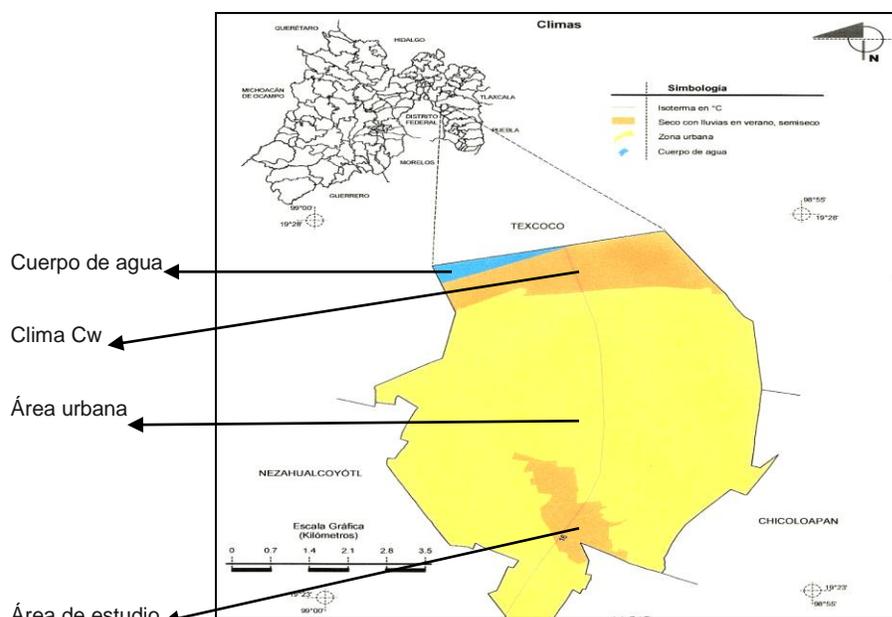


Fig. II-4. Clima de Chimalhuacán (prontuario de información geográfica municipal 2005) INEGI.

b) Hidrología

Los recursos hidrológicos con que cuenta el municipio se incrementaron en los últimos años con la perforación de 9 pozos más hasta el año 2009; pasan de 21 a 30 pozos; 22 son administrados por el Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (O.D.A.P.A.S.) y están destinados al consumo humano; el resto son controlados por particulares y están destinados a la actividad agrícola. (Foto II-1)



Foto II-1. Pozo profundo de agua potable con bomba submarina a 150.00 m de profundidad, ubicado en Av. Bordo Xochiaca, esq. Av. Del peñón, municipio de Chimalhuacán.

Hasta mediados del siglo pasado, Chimalhuacán aún tenía parte del lago de Texcoco, el cual era de agua salada y formaba una franja de 2 kilómetros de ancho alrededor del cerro; esta franja se desecó aproximadamente a finales de los años cincuenta y actualmente existe el lago Nabor Carrillo.

Además, existían manantiales de agua dulce que brotaban del cerro, mismos que desaparecieron al agotarse su fuente natural de abastecimiento. De igual manera existen los ríos Ayotla o río de la Compañía y río Coatepec, que actualmente son conductores de aguas residuales provenientes de los municipios del sur oriente del Estado de México. (ODAPAS Chimalhuacán op. cit.).

c) Vegetación

Debido a que la humedad natural del terreno es temporal, y el incremento en el crecimiento de los asentamientos humanos, se ha minimizado la existencia de flora natural.

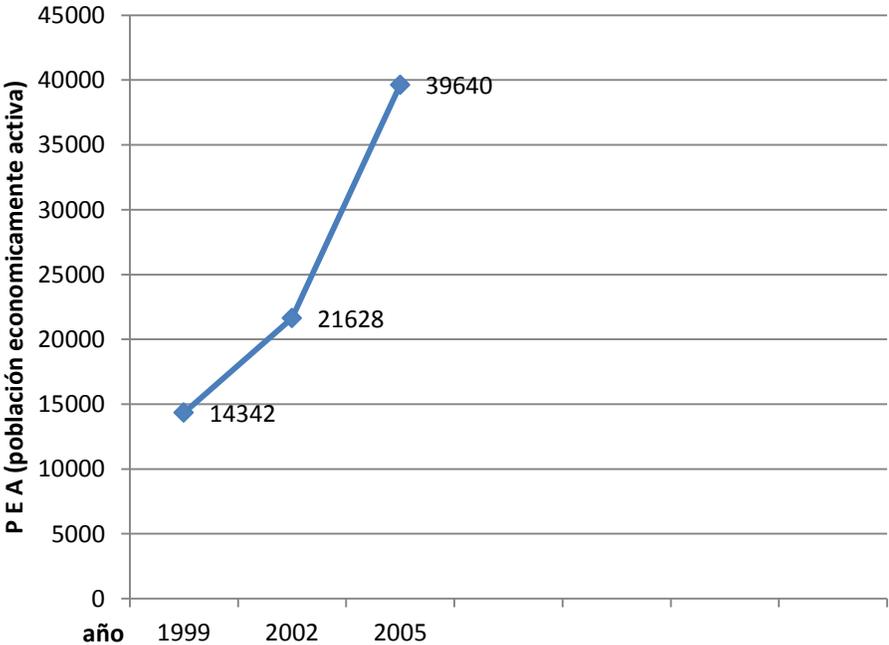
En el territorio de Chimalhuacán se puede observar que sobreviven algunas especies de árboles como: el sauce, eucalipto, pirú, jarilla, tule, carrizo y algunos arbustos (pochotes). En temporada de lluvias reverdecen arbustos y hierbas como el quelite, verdolaga, romero, mirto, alfilerillo, epazote, uña de gato, árnica, chicalote, huizache, maguey, nopal y flores silvestres entre otros.

Los árboles frutales que abundan son la higuera, durazno, limonero, olivo y ciruelo, que se cultivan en pequeñas huertas particulares o en los predios donde existen áreas de jardín. La siembra de temporal es principalmente maíz, frijol, calabaza, y flores ornamentales pero se ha reducido el área susceptible de utilizarse para esta actividad, debido a que el límite urbano ha cambiado a través del paso de las diversas administraciones del municipio.

3.- Actividades económicas.

En materia económica, aún prevalecen serios rezagos, resultado del acelerado crecimiento de asentamientos humanos constituida principalmente de población migrante que llega al municipio en busca de mejores oportunidades de vida y oferta de suelo barato, y aunque las actividades comerciales y de servicios se han incrementado sensiblemente, la oferta de empleo aún es insuficiente para satisfacer las necesidades de la población.

La Población Económicamente Activa (PEA) empleada en las actividades comerciales y de servicios, tomando en cuenta los servicios del sector privado y público que se desarrollan en el municipio de Chimalhuacán, se presenta en al siguiente gráfica, de 1999 al año 2005. (Dirección Municipal de Planeación, 2009-2012).



Gráfica que presenta el incremento de la PEA empleada en Chimalhuacán.

El incremento del empleo del municipio, es propiciado por el crecimiento de las actividades comerciales, de transporte y servicios, a favor de sus habitantes, gracias a la posición estratégica que tiene Chimalhuacán dentro del corredor urbano México-Texcoco.

La participación porcentual de la PEA de Chimalhuacán (Comisión de Planeación para el Desarrollo del Estado de México (COPLADEM en Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012), está distribuida de acuerdo a la tabla II-5

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL DE LA PEA
COMERCIO	24.41 %
INDUSTRIA MANUFACTURERA	20.32 %
SERVICIOS DE EDUCACIÓN, SALUD, ASISTENCIA SOCIAL, ESPARCIMIENTO Y CULTURA	13.95 %
CONSTRUCCIÓN, TRASPORTES Y OTRAS ACTIVIDADES PRIMARIAS	23.88 %
SERVICIOS DE INFORMACIÓN MASIVA, FINANCIEROS Y SEGUROS	8.06 %
OTRAS ACTIVIDADES, EXCEPTO DEL GOBIERNO	9.38 %

Tabla II-5. Participación porcentual de la PEA en las diferentes actividades económicas que se realizan en Chimalhuacán, Méx.

Si se considera que la actividad económica, es la acción destinada para producir bienes y servicios para el mercado, incluida la producción agropecuaria de autoconsumo, se pueden distinguir tres tipos de actividades económicas: primarias, secundarias y terciarias.

Las actividades económicas primarias tienen como finalidad obtener productos directamente de la naturaleza, por eso se les llama actividades primarias. Las actividades económicas primarias son la agricultura, la ganadería, la pesca, la minería y la explotación forestal. Las actividades económicas al interior del municipio marcan una línea de participación de cada actividad, por lo que al dirigir algunos de los recursos municipales a las más importantes de ellas, se potencian las mismas; entre ellas se tienen a las siguientes:

Desarrollo Agrícola

Actualmente el desarrollo de la actividad agrícola es casi nulo, al igual que la productividad económica que de ésta se deriva, debido a que la producción destinada a ser comercializada se concentra, en su mayoría, en el ejido de Santa María Chimalhuacán y se ha reducido debido al crecimiento urbano.

El 76% de la superficie sujeta a explotación agrícola es de temporal, el 8.9% es de riego y el 15.1% restante es de riego y temporal, la infraestructura que existe se compone por 5 kilómetros de canales que son alimentados por 5 pozos de agua; actualmente no se cuenta con agroindustria en el municipio y la mayoría de los productores agrícolas pertenecen al ejido de Santa María Chimalhuacán.

Fomento Pecuario

En Chimalhuacán la ganadería es practicada por pequeños propietarios como una forma de complementar sus actividades cotidianas; destacan la cría de aves de corral, conejos, cerdos y en menor grado ganado caprino, ovino y bovino.

La reducción de espacios para la producción pecuaria, propiamente anula las expectativas que se pudieran generar con el fomento de esta actividad, toda vez que la mancha urbana ha invadido las áreas que en otro tiempo fueron susceptibles para su desarrollo, y los espacios propicios pertenecen a la zona ejidal y están destinados a la producción agrícola.

Modernización industrial

La escasa actividad industrial que se desarrolla en el municipio, se ve reducida en gran parte a la micro y pequeña industria dedicada en su mayoría a la maquila de ropa, artículos ornamentales, elaboración de botanas y fabricación de materiales de construcción como el tabique, láminas de cartón para techumbre y tubos de concreto, así como tinacos de fibra de vidrio, estopa, hilados, fibras y tejidos en general; además de velas, figuras de resina, molienda de nixtamal, tortillas, estructuras metálicas, armadoras de bicicletas, camas metálicas, cocinas, tanques, calderas y agua purificada.

Los principales problemas que limitan el desarrollo de esta importante actividad en el municipio son: la falta de instalaciones adecuadas, tecnología deficiente, falta de una regulación que facilite la actividad industrial e incentivos que promuevan su crecimiento, además de condiciones ambientales adversas.

Actividad minera

Actualmente en Chimalhuacán sólo se mantienen en operación 2 minas de materiales no metálicos, que producen principalmente tepetate y tezontle; la mina "Xochiquilar" que se localiza en la zona ejidal, de la cual se extrae tepetate y tezontle rojo y negro de diferentes variedades en baja escala y la mina "La Guadalupana", ubicada en la parte alta de villa San Lorenzo Chimalco, en el cerro Chimalhuachi, a la fecha continúa con la producción de tepetate y tezontle en sus diversas modalidades. Los materiales extraídos son destinados al consumo local y al de municipios vecinos.

Actividad comercial

Actualmente, las actividades comerciales y de servicios son las que predominan como las principales fuentes de desarrollo económico de la población empleada en el municipio; destacan el comercio al menudeo, el comercio informal y los establecimientos semifijos; en los últimos años, se ha impulsado el establecimiento de centros comerciales de autoservicio, centros comerciales de línea blanca, muebles y gasolineras.

La actividad comercial se caracteriza por un comercio tradicional, con rezagos en la operación, equipamiento y técnicas de comercialización; no obstante este tipo de comercio atiende a la mayor parte de la población, donde destaca el comercio y los servicios en las que se emplean aproximadamente a 36,880 personas. (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012).

Transportes.

El equipamiento de transporte, se constituye por instalaciones cuya función es proporcionar servicios de transporte a la población en general, dichos establecimientos facilitan, mediante sus servicios, el desplazamiento de personas y bienes; apoyan directamente las actividades productivas y de comercialización, mediante la eficiente distribución de éstos en el territorio; así como las de desarrollo y bienestar social a través de la movilización eficiente y oportuna de pasajeros.

Referente al transporte, existen 24 rutas que prestan el servicio al municipio, entre colectivos, autobuses concesionados y taxis; realizan más del 75% de los viajes diarios al exterior del municipio, principalmente a las estaciones del Sistema de Transporte Colectivo (Metro). Dichos transportes carecen de instalaciones apropiadas para la atención del servicio; como terminales y patios de servicio, lo que genera graves problemas viales al utilizar las avenidas como bases. (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012)

Aunado a la invasión y sobresaturación de rutas y derroteros, conflictos entre organizaciones del transporte, irregularidad en el servicio y falta de capacitación a operadores, a quienes es necesario vigilar su estado de salud, también ha aparecido el transporte local por medio de bici-taxis y moto-taxis que no cumplen con las normas de seguridad, pero que debido a la falta de empleos formales y a la necesidad de la población para transportarse a escuelas, mercados, trabajo local, etc., lo utilizan y fomentan su utilización en las calles principales del municipio de Chimalhuacán.

Afortunadamente, para reducir en parte el problema del transporte en el municipio, ahora se construye un carril confinado de ida y vuelta para autobús llamado "Mexibus", el cual atraviesa el municipio sobre la Avenida del Peñón, pasa al municipio de Nezahualcóyotl y llega a la estación del metro Pantitlán; deberá estar terminado en el año 2012.

Educación.

Los servicios de educación se han incrementado considerablemente y junto con ellos la cantidad de profesionistas que desarrollan este servicio, como una forma de empleo en los diferentes centros de educación existentes, tanto públicos como privados.

Por lo que respecta a educación, hasta el año 2009 el padrón de planteles educativos del sector público presenta la siguiente planta física: (Dirección de educación del H. Ayuntamiento 2009-2012).

EDUCACIÓN BÁSICA	NÚMERO DE PLANTELES
PREESCOLAR	126
PRIMARIA	181
SECUNDARIA	84

EDUCACION MEDIA SUPERIOR	NÚMERO DE PLANTELES
PREPARATORIAS	12
COBAEM	3
CONALEP	1
CBT	3
CECYTEM	2

EDUCACIÓN SUPERIOR	NÚMERO DE PLANTELES
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES	1
ESCUELA NORMAL	1
CENTRO UNIVERSITARIO CHIMALHUACÁN	1

El nivel de escolaridad de la población del municipio presenta las características siguientes.

TIPO DE POBLACIÓN	Nº DE PERSONAS
MAYOR DE 5 AÑOS	450,138
CON NIVEL PREESCOLAR	174,32
CON NIVEL PRIMARIA	184,913
CON NIVEL SECUNDARIA	138,000
SIN ESCOLARIDAD	1,212

TIPO DE POBLACIÓN	Nº DE PERSONAS
MAYOR DE 15 AÑOS	333,352
CON NIVEL MEDIO SUPERIOR	14,196
CON NIVEL SUPERIOR	7,644
CON NIVEL POSGRADO	333

Cultura.

Chimalhuacán es considerado como un territorio pluricultural por la radicación de los diferentes grupos de personas que se fueron estableciendo desde principios de los años 1980 a la fecha. Predomina la presencia de expresiones culturales de los estados de Oaxaca, Puebla, Hidalgo, Veracruz, Tlaxcala, Guerrero, Querétaro, Michoacán y Jalisco entre otros; la población migrante ha traído consigo la forma particular en que celebran las fiestas religiosas y familiares en sus comunidades de origen. Cada grupo realiza sus celebraciones de manera independiente en la zona del municipio en que se asentó y les permite mostrar la riqueza del acervo cultural de sus tradiciones.

En Chimalhuacán existe 1 casa de cultura, ubicada en la cabecera municipal y 1 módulo cultural en la delegación Vidrieros, que atienden a un total aproximado de 295,000 habitantes. Los servicios que se brindan en ambos recintos son: diversos talleres artísticos, conferencias sobre arte y cultura, cursos de desarrollo cultural, promoción, apoyo y difusión de grupos artísticos, culturales e institucionales, exposiciones, difusión del patrimonio cultural del municipio e intercambios culturales y artísticos con diversas instituciones.

Además existen: el museo de Sitio “Pochotes” y los auditorios de “Casa de Cultura” de la Cabecera, “In Xochitl In Cuicatl” de la delegación Vidrieros y “San Agustín”, así como 3 auditorios Ejidales que sirven de foro para las expresiones artísticas y culturales de la población Chimalhuaquense. (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012)

4.- Crecimiento urbano.

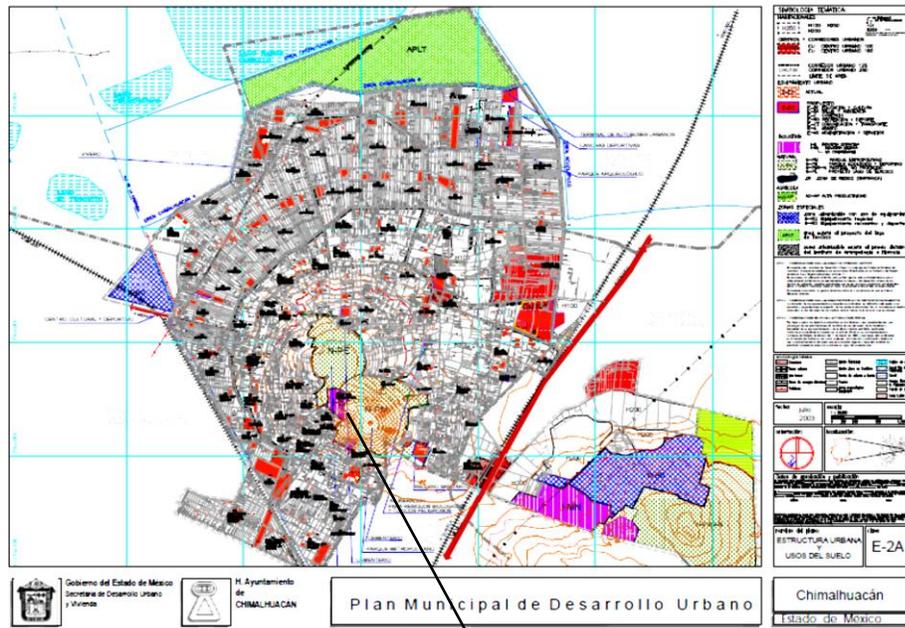
El suelo que anteriormente era destinado a la agricultura, así como el que ocupaban los cuerpos de agua que existían en la geografía municipal y que fueron desecados, ha sido ocupado en gran parte por asentamientos humanos, en un 83.07%

El destino actual del uso de suelo en Chimalhuacán está distribuido de la siguiente manera (Tabla II-6).

USO DE SUELO	HABITACIONAL	EQUIPAMIENTO	INDUSTRIAL	VIALIDADES
PORCENTAJE UTILIZADO	47 %	15 %	6 %	32 %

Tabla II-6. Muestra los porcentajes de uso del suelo para urbanización en Chimalhuacán.

En el siguiente mapa (fig. II-5), se muestra la estructura urbana y usos del suelo del municipio de Chimalhuacán según el Plan de Desarrollo Municipal que se puede consultar en la Dirección General de Obras Públicas y Desarrollo Urbano de Chimalhuacán. En la fig. II-5-a, se observa el detalle de las zonas con posibles riesgos.



Área de estudio

Fig. II-5. Plano de estructura urbana y uso de suelo donde se aprecia que sólo la parte alta de cerro Chimalhuachi está libre de asentamientos humanos, donde se explotan los recursos minerales.

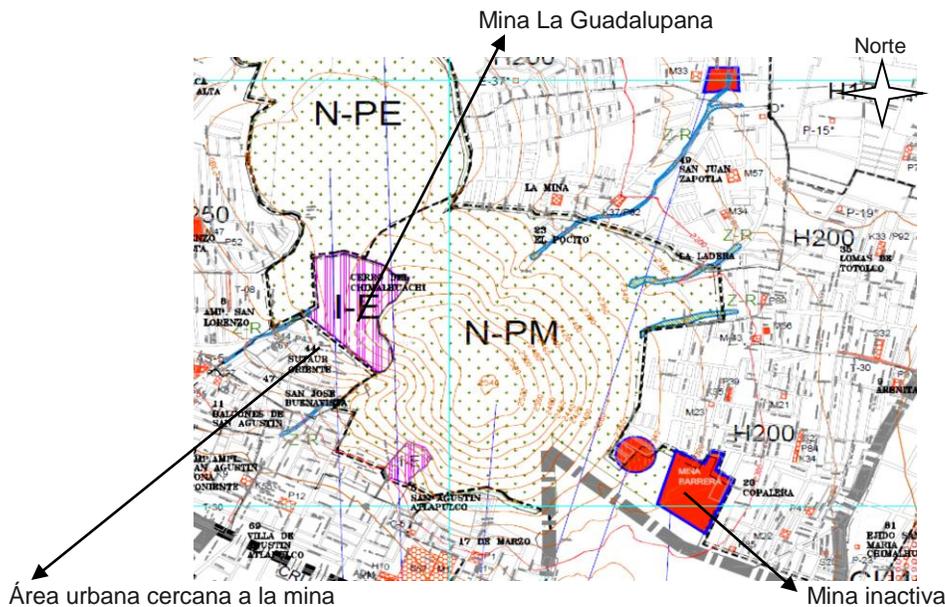


Fig. II-5-a. Muestra las áreas urbanas con posibles riesgos por derrumbes o deslaves por su cercanía a las minas. Nomenclatura: I-E industria extractiva, N-PM parque metropolitano, N-PE parque ecológico deportivo.

En lo que respecta a la distribución de la población en Chimalhuacán, el área urbana se ve incrementada desde 1970 al año 2000 como se muestra en la tabla II-7.

AÑO	1970	1985	1995	2000
ÁREA DE URBANIZACION	115 Ha.	2600 Ha.	2900 Ha.	3634 Ha.

Tabla II-7. Incremento del área de urbanización (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012)

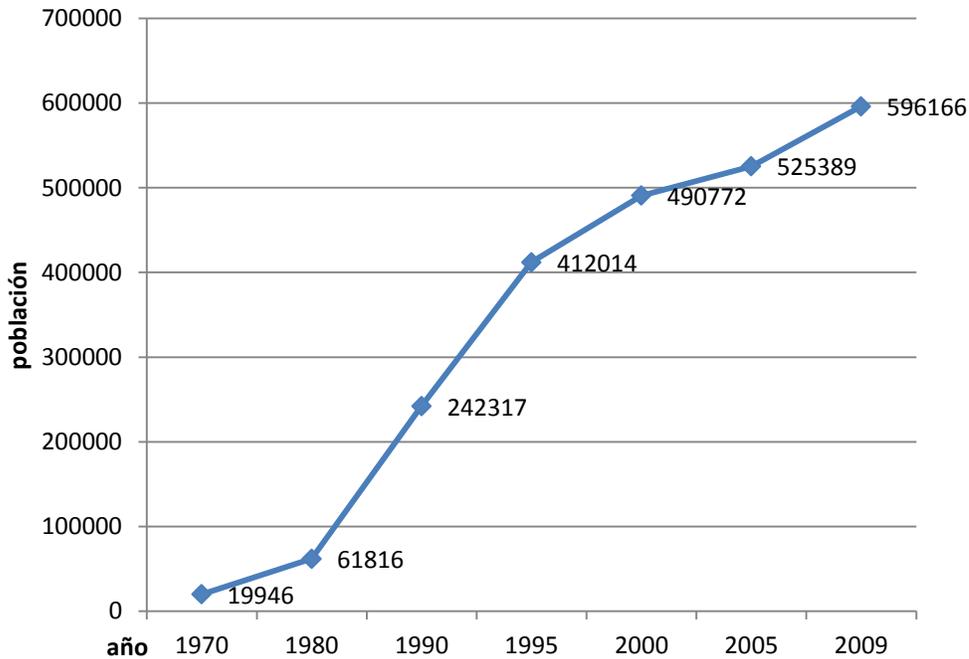
La evolución de la población en las últimas décadas ha sido muy variable, el municipio de Chimalhuacán en 1970 contaba con un área urbana aproximada conformada por la cabecera municipal, construcciones dispersas sobre el circuito principal en las faldas del cerro y las localidades de Santa María Nativitas, Xochiaca, Xochitenco, San Agustín Atlapulco y la colonia Guadalupe. Para 1985, el área urbana se presenta consolidada en la zona norte, entre la avenida del Peñón, Ejido Colectivo, y la zona de Acuitlapilco.

Para 1995, los asentamientos humanos irregulares ya habían rebasado en forma considerable el límite del crecimiento urbano señalado en el plan de desarrollo urbano del centro de población estratégico de Chimalhuacán, decretado en 1987 y se incrementó al año 2000 a una superficie total de 3,634 Ha. (Plan de Desarrollo Municipal op. cit.).

El censo de población y vivienda del 2005, reporta una población de 525,389; que representa un incremento del 7% con 34,617 habitantes y con la tasa de crecimiento del 3.21%, que según datos oficiales se registró de manera anual del 2000 al 2001, se tiene una población estimada al 2009 de 596,166 habitantes. Los datos concentrados del crecimiento de población se presentan en la tabla II-8 y su gráfica. (XII censo general de población y vivienda 2005).

AÑO	1970	1980	1990	1995	2000	2005	2009
POBLACIÓN	19 946	61 816	242 317	412 014	490 772	525 389	596 166

Tabla II-8.Crecimiento poblacional histórico de Chimalhuacán



Gráfica que muestra el crecimiento poblacional a partir de 1970 obtenido de la tabla II-8, según datos del INEGI 2005.

Respecto a la tasa porcentual de crecimiento media anual de la población, la variación que se ha dado en los periodos que van de 1970 a 2009, se presentan en la tabla II-9.

PERIODO	1970-1980	1980-1990	1990-1995	995-2000	2000-2005	2005-2009
TASA PORCENTUAL DE CRECIMIENTO POBLACIONAL MEDIA ANUAL	12 %	14.6 %	11.2 %	3.6 %	4.6 %	3.21 %

Tabla II-9. Muestra la variación de la tasa porcentual de crecimiento poblacional en diferentes periodos desde 1970 al año 2000.

CAPÍTULO III. FISIOGRAFÍA

1.- Provincia fisiográfica

Se le llama así a una serie de unidades morfológicas superficiales de características distintivas, de origen y morfología propios. Una región se considera provincia fisiográfica cuando tiene un origen geológico unitario sobre la mayor parte de su área y tiene una morfología y litología propia y distintiva.

También está definida como región morfológica, que corresponde a una región natural en la que se pueden presentar una o más unidades climáticas, está conformada por conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico en cuanto a la litología y estructuras predominantes,

En su conjunto, la República Mexicana está constituida por la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, por el levantamiento central, la Llanura costera oriental y occidental. La parte central del país desciende gradualmente hacia el norte y el extremo sureste es una península sensiblemente plana.

Con base en las características descritas que delimitan una provincia fisiográfica; México se puede dividir en las siguientes provincias: *Península de Baja California, Llanura Sonorense, Sierra Madre Occidental, Sierras y Llanuras de Norteamérica, Sierra Madre Oriental, Gran Llanura de Norteamérica, Llanura Costera del Pacífico, Llanura Costera del Golfo Norte, Mesa del Centro, Eje Neovolcánico, Península de Yucatán, Sierra Madre del Sur, Llanura Costera del Golfo Sur, Sierras de Chiapas y Guatemala, Cordillera Centroamericana.*(INEGI 2005)

En la fig. III-1 se puede observar la ubicación de las provincias fisiográficas de México.



Fig. III-1. Mapa que muestra las provincias fisiográficas de México, el área de estudio se localiza en el Eje Neovolcánico.

El área de estudio, (cerro Chimalhuachi), se encuentra dentro del municipio de Chimalhuacán, en el Estado de México y a su vez está dentro del área de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico del cual se describen algunas de sus características, para una mejor comprensión sobre el lugar donde se realizó el estudio geológico.

El Eje Neovolcánico abarca la superficie total o parcial de varios estados del centro de la República Mexicana los cuales son: Colima, Nayarit, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Puebla, Tlaxcala, Veracruz, Guerrero, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo y Morelos, como se indica en la fig. III-2. (López Ramos 1978).

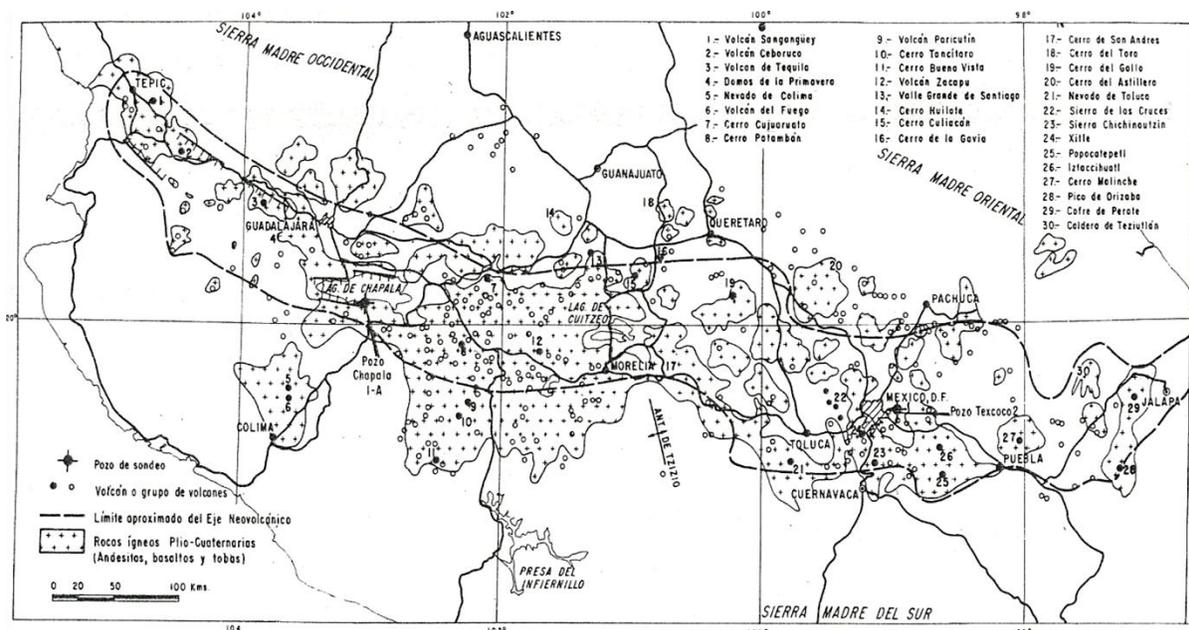


Fig. III-2. Ubicación de la provincia del eje neovolcánico, el límite aproximado está delimitado con línea discontinua y sus características litológicas son rocas ígneas del Plio-cuaternario (Andesitas, basaltos y tobas). E. López Ramos (1978).

Esta provincia ha recibido diferentes nombres propuestos por varios de los Investigadores, como "Zona Eruptiva" por Ordoñez 1896, "La Sierra de los Volcanes" por Garfías y Chapin 1949, "Faja Volcánica Transmexicana" por Mooser y M. Maldonado 1967, "Eje Neovolcánico por López Ramos y otros" 1974 y "Eje Neovolcánico Transmexicano" por A. Demant y otros 1976. (López Ramos 1983).

En este trabajo, se refiere el nombre de Eje Neovolcánico para la provincia fisiográfica en la que se encuentra el área de estudio.

Descripción de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico.

La superficie perteneciente a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, se encuentra a lo largo de 950 km, desde la región del volcán Ceboruco en Nayarit al poniente, hasta el volcán Citlaltepétl al oriente, su anchura varía de 50 a 150 Km, entre los paralelos 19° a 21° latitud norte, aprox. 100 Km de ancho.

El Eje Neovolcánico colinda al norte con la Mesa Central; el límite es la línea donde la superficie de la meseta cede su lugar a las vertientes de las montañas.

Sus contactos occidental, meridional y oriental, son la franja en que los materiales volcánicos encuentran a los sedimentos de las provincias adyacentes, que son la Sierra Madre del Sur, las cuencas Morelos-Guerrero y de Tlaxiaco; esta línea rodea el volcán de Colima y avanza hacia el Este en un curso sinuoso, cortando las cabeceras de los tributarios septentrionales del río Balsas y la parte oriental del Pico de Orizaba.

En esta provincia, la petrología de las rocas es heterogénea; se encuentra también la misma secuencia de la Sierra Madre Occidental, de rocas andesíticas, riolíticas y basálticas en este orden de antigüedad, aunque con muchos cambios.

El Eje Neovolcánico es una cadena montañosa compuesta por lavas y materiales piroclásticos de aluvión y origen lacustre, de los periodo Terciario y Cuaternario, que no han sufrido perturbaciones desde que se depositaron, con excepción de la porción oeste (Demant 1982).

Respecto a la estratigrafía del Eje Neovolcánico, éste presenta tres fases de actividad volcánica.

Una fase cretácica metamorfizada que se presenta como una serie andesítica, con facies en ocasiones lavas almohadilladas, brechas y tobas, mezcladas con sedimentos del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, que sufrió un metamorfismo en el Cretácico Superior. Estas rocas se les localiza en Maravatío-Zitácuaro, Michoacán, en Valle de Bravo, México y en Teloloapan, Guerrero.

Otra fase Oligo-Miocénica es la que se observa en la parte occidental del Eje Neovolcánico, que por lo general se presenta bajo la forma de mesas, con alternancias de brechas y derrames inclinados por efectos de la tectónica pliocuaternaria, sus afloramientos se localizan al nivel del lago de Chapala, del graben de Colima y de la presa El Infiernillo.

Otra más, la fase Plio-Cuaternaria, que es la más desarrollada, tiene una disposición este-oeste, a diferencia de las anteriores secuencias y que además de los miles de aparatos volcánicos, de los cuales muchos han sido destruidos o recubiertos por emisiones posteriores, presenta una gran cantidad de estructuras extrusivas como calderas, axalapascos, conos ígneos secundarios, restos de cuellos volcánicos, etc. (Demant 1976).

En la parte central de esta provincia se localiza la cuenca de México que fisiográficamente consta de dos elementos geomórficos principales que son por un lado, las partes altas, cerros, laderas y lomeríos que bordean la cuenca de México y por otro, las partes planas o de poca inclinación que morfológicamente corresponden a un valle o altiplanicie, el cual consta de varias depresiones lacustres en proceso de desecación. La mayor parte del valle, así como algunas laderas y cerros, son ahora zonas urbanizadas.

La porción central de la cuenca de México se localiza entre los paralelos 19°22' y 19°30' de latitud norte y entre los meridianos 98°47' y 98°51' de longitud oeste, limita al norte con la población de Otumba, el cerro Gordo y Teotihuacán; al sur, con la población de Amecameca y la sierra de Chichinautzin, al oriente con la sierra Nevada (hasta el volcán Iztaccíhuatl) y al poniente con el ex-lago de Texcoco, tiene una extensión de 5,297 Km² y un intervalo altitudinal que va de los 2,240 hasta los 5,300 msnm.

Geológicamente, la cuenca de México en sus partes topográficamente altas está conformada por una amplia variedad de rocas volcánicas y de emplazamientos lávicos de tipo fisural y en sus parte bajas está constituida por depósitos clásticos, volcanoclásticos y lacustres.

La fig. III-3, representa la fisiografía de la cuenca de México y las sierras que la delimitan. (Enciso-De la Vega 1992.)

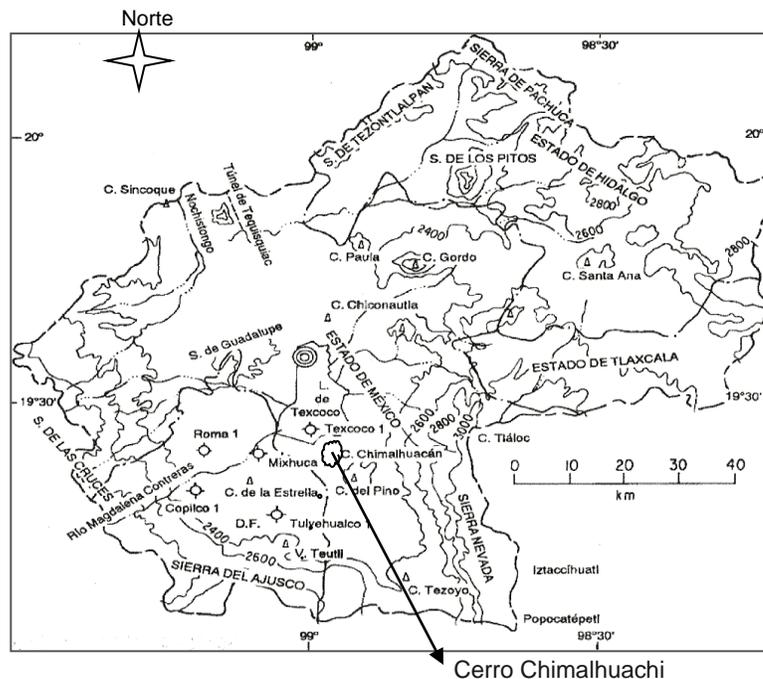


Fig. III-3. Mapa fisiográfico de la cuenca de México, indicando sus límites (Enciso-De la Vega, 1992).

2.- Rasgos orográficos.

En la provincia del Eje Neovolcánico, se presentan varios accidentes tectónico-geológicos que van de oeste a este y son los siguientes.

Graben Chapala-Tepic, Graben de Colima, Fosa de Chapala, vulcanismo en el estado de Michoacán y las cuencas de México, Toluca y Puebla.

La orografía de las cuencas de México, Toluca y Puebla, proporcionan mayor información para el área de estudio; en esta región, el vulcanismo se localiza principalmente al nivel de grandes estrato-volcanes que se levantan en medio de las grandes llanuras lacustres pliocénicas que forman estos valles. La actividad volcánica se concentró a lo largo de grandes fracturas con dirección NE-SW y NW-SE, lo que explica el aspecto bien definido de cadena volcánica y en la cual se puede observar un alineamiento Nevado de Toluca-Tenango de Arista, México, El Nevado de Toluca es uno de los volcanes más grandes de México con 4560 m, su última erupción explosiva se presentó hace 11000 años. Se prolonga al este por una serie de conos "basálticos" hasta Tenango de Arista, México. (López Ramos 1983).

Hacia el este de esta zona, se localiza la sierra de las Cruces, que separa la cuenca de México con la de Toluca. En la parte sur de esta cadena volcánica, se localiza el volcán Xitle y hacia el sur, en este volcán, se pueden reconocer los alineamientos que corresponden a la sierra Chichinautzin con los cerros Peñón y Pinos, cuya actividad volcánica es también de edad Cuaternaria muy reciente.

Entre el valle de México y el de Puebla se interpone la sierra Nevada, formada de norte a sur por el cerro Tláloc, el Iztaccíhuatl y el Popocatepétl con sus 5542 m de altura, estos volcanes se formaron al finalizar el Plioceno, aunque el Popocatepétl continúa con actividad fumarólica.

El volcán La Malinche cuenta con 4464 metros de altura, se encuentra al este de Puebla y se presenta aislado en medio de la depresión del valle de Puebla, tiene un diámetro en su base de 30 Km, parcialmente destruido en su parte central y puede considerarse como un ejemplo vivo de vulcanismo. (López Ramos op. cit.).

El cerro Chimalhuachi, con un altura promedio de 2540 msnm, se ubica al oriente de la cuenca de México. Se encuentra rodeado por los siguientes cerros.

- | | |
|--|------------|
| - Al este, la Sierra Nevada altura promedio | 4125 msnm. |
| - Al sureste, el cerro El Pino, altura | 2400 msnm. |
| - Al suroeste, el cerro Santa Catarina altura promedio | 2800 msnm. |
| - Al suroeste, el cerro de La Estrella altura | 2460 msnm. |
| - Al noroeste, la sierra de Guadalupe altura promedio | 2900 msnm. |
| - Al norte, el cerro Chiconautla altura | 2600 msnm. |
| - Al noreste, el cerro Gordo altura | 2141 msnm. |

El cerro que es objeto de este estudio, se ubica en la parte sur del municipio de Chimalhuacán, Estado de México, colindando con el municipio de La Paz donde existen varios arroyos intermitentes (barrancas) alrededor del cerro, por las cuales se conduce el agua de lluvia en la temporada de mayor precipitación pluvial.

La extensión total de la superficie del municipio es de 73.63 Km², que representa el 0.2 % de la superficie total del Estado de México y la mayor parte de ella es área de urbanización.

En la fig. III-4 se observan las unidades morfológicas y los relieves más notables de la cuenca de México y la ubicación del cerro Chimalhuachi. (G. Tapia V. 2002).

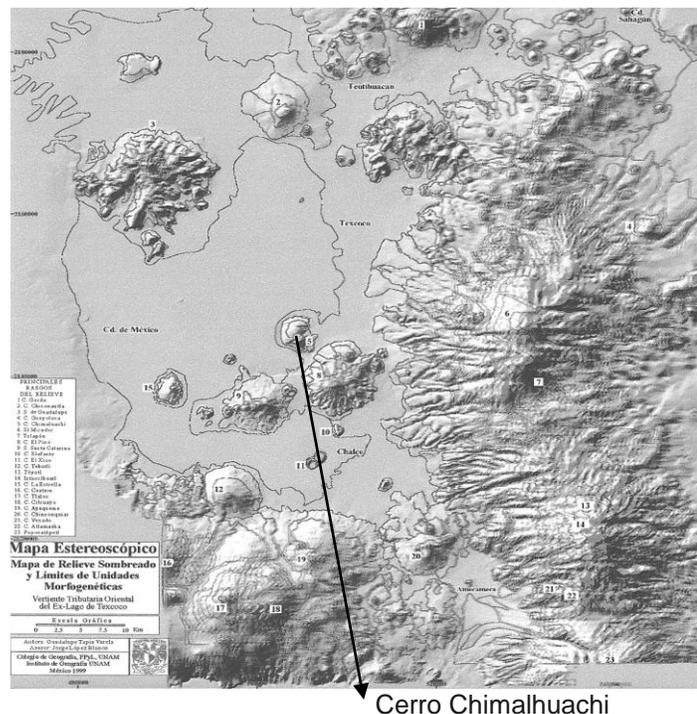


Fig. III-4. Mapa de ubicación de las unidades morfológicas, relieves y localización del cerro Chimalhuachi. (G. Tapia V. 2002).

3.- Cuenca hidrológica.

Una cuenca hidrológica es una zona delimitada topográficamente que drena mediante un sistema fluvial, es decir, la superficie total de las tierras que desaguan en un cierto punto de un curso de agua o río; Constituye una unidad hidrológica descrita como una unidad físico-biológica y también como unidad socio-política para la planificación y ordenación de los recursos naturales.

También se define como la unidad del territorio, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas, en donde escurre el agua en distintas formas y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal. (fig. III-5)

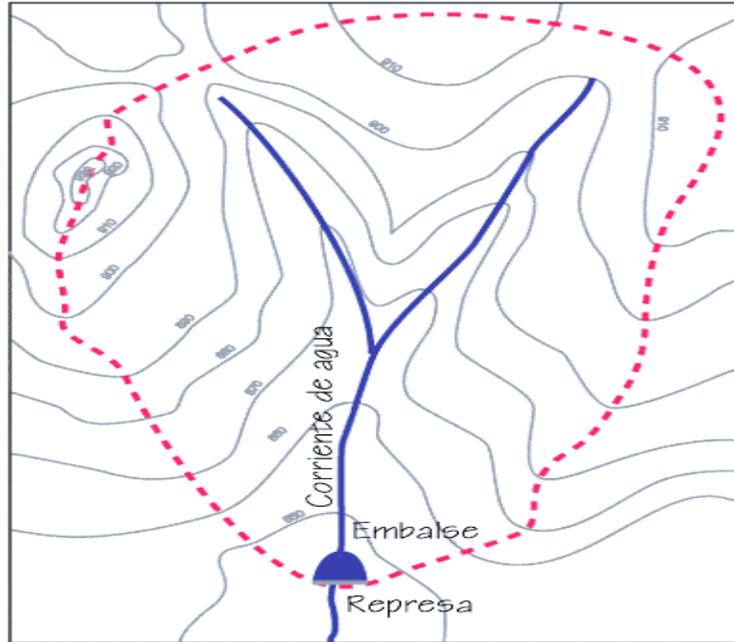


Fig. III-5. Indica las características topográficas e hidrológicas para la formación de una cuenca.

De acuerdo a la C.N.A., en el país existen varias cuencas hidrológicas como se muestra en el plano de la fig. III-6, donde se ubican las cuencas de México.



Fig. III-6. Plano de ubicación de las cuencas en todo el territorio nacional del plano de la CNA, regiones hidrológica esc. 1:4 000000 (2001).

El Eje Neovolcánico está formado por parte de tres cuencas o regiones hidrológicas del país, como se muestra en la figura III-7.

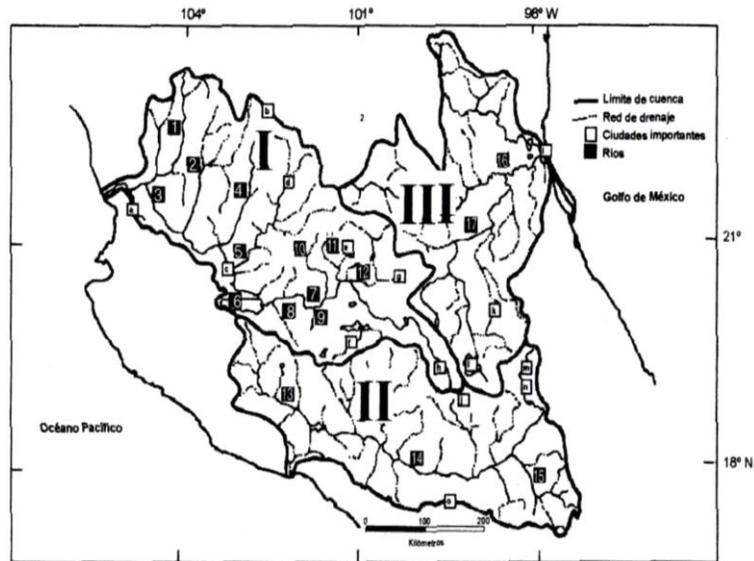


Fig.III-7. Ubicación de las cuencas hidrológicas del centro de México, el Eje Neovolcánico abarca parte de estas tres cuencas. (Laura Elena-Arturo J., 1992)

Denominación de las cuencas o regiones hidrológicas

- I) La cuenca del sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago.
- II) La cuenca del río Balsas.
- III) La cuenca del río Pánuco.

Descripción de las cuencas.

a) Cuenca del sistema fluvial Lerma-Chapala-Santiago

Este sistema hidrográfico comprende una superficie de 135 835.89 Km²; abarca parte de los estados de México, Querétaro, Michoacán, Guanajuato, Jalisco, Zacatecas, Durango y Nayarit y la totalidad de Aguascalientes. Como su nombre lo indica, comprende tres subcuencas: la del río Lerma, la del lago Chapala y la del río Santiago. (Laura Elena-Arturo J. 1992).

b) Cuenca del río Balsas

La cuenca del río Balsas tiene una extensión de 117 637.78 Km² y comprende importantes áreas de los estados de Oaxaca, Puebla, México, Morelos, Michoacán y Guerrero. Nace en el estado de Puebla con el nombre de río Atoyac, posteriormente recibe el de río Mezcalapa, después el de Balsas y, finalmente, el de Zacatula. Destacan como afluentes los ríos Mixteco y Tepalcatepec; esta cuenca abarca grandes superficies de terrenos accidentados, con pronunciadas pendientes, lo cual facilita los aprovechamientos hidroeléctricos como la presa de El Infiernillo, cuyo vaso es uno de los más grandes de México y de América Latina. (Laura Elena- Arturo J. 1992).

c) Cuenca del río Pánuco

La cuenca de este río tiene una superficie de 96 302.28 Km² y comprende varias entidades: Distrito Federal, Hidalgo, México, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz y Tamaulipas. Se considera que el río Pánuco nace en el valle de México, en el Gran Canal del Desagüe de la Ciudad de México, cuya salida de la cuenca se realiza a través de la obra artificial el túnel de Tequixquiac y descarga en el río Salado, el río Cuautitlán, que también nace en el valle de México, es otro de los formadores del río Pánuco; sale de ella a través de otra obra artificial, el tajo de Nochistongo, y se une al río Salado para dar origen al río Tula, que, posteriormente, recibe el nombre de río Moctezuma y finalmente el de río Pánuco; su curso inferior, hasta su confluencia con el río Tamuín es navegable y a través de él llegan embarcaciones de gran calado al puerto de Tampico, un kilómetro arriba de la desembocadura, en la cuenca del río Pánuco se han construido varias obras de aprovechamiento, todas con fines de riego y control de avenidas, sus aguas están altamente contaminadas igual que las del río Lerma.

La cuenca de México es la subcuenca alta de la del río Pánuco, al que le da origen de forma artificial. Su importancia radica en la enorme transformación hidrográfica e hidrológica que ha experimentado en un lapso de más de 650 años, debido a la evolución de lo que fue la gran Tenochtitlán primero y la ciudad de México actualmente; se asientan en ella más de quince millones de habitantes, hecho que la convierte en la cuenca hidrológica más poblada del país, a pesar de su relativamente poca extensión de 9 600 Km².

La transformación hidrográfica consiste en que el extremo noreste de la cuenca constituye una zona incorporada artificialmente a los límites originales de la misma. La transformación hidrológica reside en las alteraciones que han registrado en ella las fases del ciclo hidrológico, especialmente el agua de escurrimiento y la subterránea, como consecuencia tanto de la forma en que se le ha desaguado desde la llegada de los españoles hasta la actual ciudad de México, con el fin de contrarrestar las grandes inundaciones que la afectaban, como de la extracción de agua para su abastecimiento; de manera que, si bien en un principio sus habitantes se quejaban por la abundancia de agua; en la actualidad el problema es la falta del vital líquido, por lo cual resulta necesario importarlo de las cuencas vecinas, lo que provoca un desequilibrio natural. (Laura Elena-Arturo J. op. cit.).

Por otro lado, aun cuando el agua que recibe sale totalmente de la cuenca, la ciudad de México está propensa a inundaciones debidas al hundimiento que tiene por la sobreexplotación de los mantos acuíferos, situación que se ha solucionado en parte con la profundización de su drenaje.

La cuenca hidrológica de México es una estructura geomorfológica de origen tectónico, originalmente cerrada (endorreica), pero artificialmente abierta por el Tajo de Nochistongo y las obras civiles de drenaje profundo de la ciudad de México, lo que ahora constituye el valle de México.

Las corrientes superficiales que circulaban en dirección sur, fueron interrumpidas por la salida de productos volcánicos a través de conos que dieron origen a la sierra de Chichinautzin y dejan el área del valle de México sin drenaje al exterior, razón por la que se acumuló agua en su parte central que dieron origen a los lagos de Zumpango, Texcoco, México, Xochimilco y Tláhuac.

CAPÍTULO IV

GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.- Marco geológico

Como ya se indicó, el área de estudio se encuentra en la provincia del Eje Neovolcánico y más específicamente dentro de la cuenca de México, la cual es muy compleja desde el punto de vista tectónico, por su localización en el Eje Neovolcánico el cual constituye uno de los rasgos más característicos de la geología de México.

Antecedentes geológicos.

La cuenca de México se localiza en el borde meridional de la Mesa Central del Sur, está alargada en dirección NNE-SSW con longitud de unos 100 Km y anchura de unos 30 Km, delimitada al norte por la sierra de Pachuca, al oriente por la sierra de río Frío y por la sierra Nevada, al sur por la sierra de Chichinautzin y al poniente por el volcán Ajusco y la sierra de Las Cruces (ESIA, 2006).

La mayoría de los estudios hechos sobre la cuenca de México, se refieren a las rocas volcánicas o a la sedimentología, describieron la petrografía de los volcanes del centro de México, con numerosas listas de la composición química, en la que incluyen varias de las rocas del Xitle y de la porción oeste del Ajusco.

La provincia fisiográfica en la que está incluida el área de este estudio, se encuentra en la parte sur de la llamada Mesa Central. La Cuenca de México es la parte más alta de la zona volcánica transmexicana. Está formada, casi en su totalidad, de mantos de lava y materiales piroclásticos.

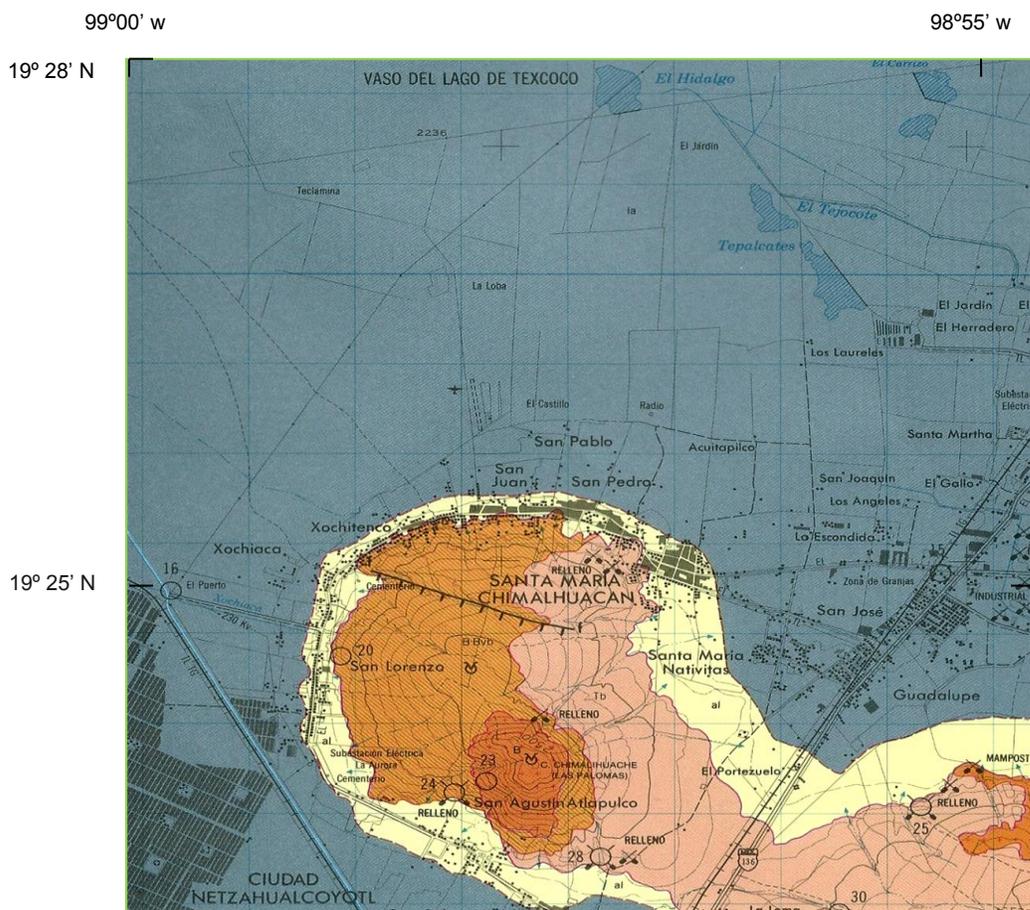
La composición de los mantos de lava que se encuentran en ella van de ácidos a básicos, sin embargo, predominan los andesíticos. Los volcanes de la cuenca presentan muchas formas, desde los más viejos con las laderas suavizadas y redondeadas hasta los más recientes, de flancos empinados y sin rasgos de erosión.

La mayor parte de las laderas superiores que rodean a la cuenca están cubiertas por la Formación Tarango (Plioceno Superior) compuesta de depósitos aluviales derivados de las más viejas sierras adyacentes. El piso de la cuenca está formado en parte de sedimentos lacustres, originados en lagos durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno. La serie basáltica Chichinautzin del Pleistoceno Superior y del Holoceno, fue definida como un complejo de múltiples conos cineríticos, conos escoriácenos, anillos de tefra y mantos de lava, tefra y brechas volcánicas, con sedimentos volcánicos de composición basalto - andesítica. (ESIA, op. cit.).

Estratigráficamente se pueden identificar formaciones que van del Mioceno medio y tardío al Reciente y que afloran dentro de la zona metropolitana de la ciudad de México. Las rocas volcánicas, principalmente máficas, que forman los cerros La Estrella, El Pino, Chimalhuachi, Chiconautla, Gordo y otros aislados, así como los campos volcánicos de Tezontepec-Otumba, se pueden agrupar en la Formación El Pino. Las secciones tipo se

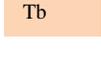
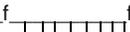
pueden reconocer en las cañadas del volcán El Pino; la expresión geomorfológica es de conos cineríticos terminales, de volcanes escudo y de amplias coladas lávicas, principalmente en bloques.

El vulcanismo pleistocénico y holocénico de tipo monogenético formó conos cineríticos, domos volcánicos y derrames de lava, asociados con materiales piroclásticos. La figura IV-1 muestra la geología superficial del área de estudio.



FigIV-1. Geología superficial del cerro Chimalhuachi, tomada de la carta geológica, esc. 1:50000, hoja Chalco, clave E14- B31, INEGI 1979.

EXPLICACIÓN

BASALTO _____		B
BASALTO, BRECHA VOLCÁNICA BASÁLTICA _____		B-Bvb
ALUVIÓN _____		al
LACUSTRE _____		la
TOBA BASÁLTICA _____		Tb
FALLA NORMAL _____		f

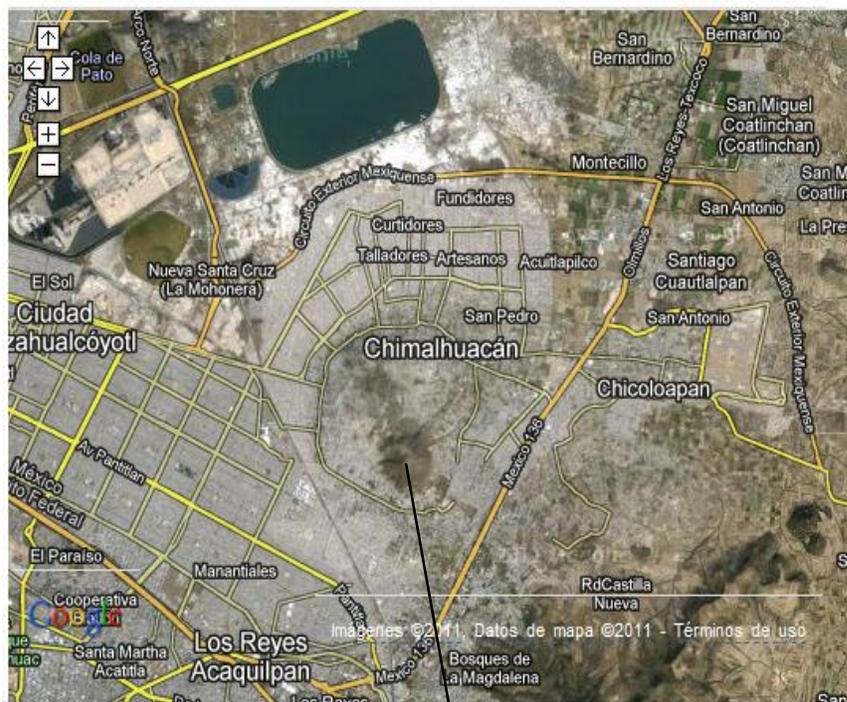
En el cerro Chimalhuachi se pueden observar diferentes tipos de materiales que fueron depositados por la erupción volcánica en forma de derrames de lava, explosiones de materiales piroclásticos y gases. Debido a que se encuentra dentro de la cuenca de México, sigue los mismos patrones de formación y evolución geológica que se presentaron en la cuenca, por lo que se puede decir que su formación es del Plioceno-Holoceno. (Foto IV-1)



Foto. IV-1. Fotografía tomada de la mina La Guadalupana en el punto de coord. 0504345, 2145087 en el cerro Chimalhuachi donde se aprecian los bloques de lava y capas de piroclastos.

2.- Secuencia litológica

La superficie que rodea al cerro Chimalhuachi es una zona que forma una planicie que está cubierta en su mayor parte por rellenos aluviales y localmente lacustres, conteniendo así mismo grandes cantidades de ceniza volcánica de granulometría variable; esto es el resultado del vulcanismo que se inició en el periodo Cuaternario y permitió la formación de los volcanes de cerro Chimalhuachi, cerro Gordo, cerro de La estrella y cerro Chiconautla, posteriormente se formó la sierra Chichinautzin, Nevada y Las Cruces, estos eventos permitieron el relleno de la cuenca con materiales producto de la erosión formando la planicie ahora existente.(Foto IV-2, Foto de satélite).



Cerro Chimalhuachi

Foto IV-2. Aquí se observan las planicies formadas alrededor del volcán del cerro Chimalhuachi

Uno de los estudios realizados en los alrededores del cerro Chimalhuachi, es el que se refiere en los antecedentes, el cual fue realizado por la empresa “Exploración, Perforación y Estudios del Subsuelo S.A de C.V”, con el objetivo de hacer la perforación de un pozo de agua potable para la dotación de la comunidad.

El estudio consistió en un registro geofísico para obtener las características litológicas y petrofísicas del subsuelo, en el poblado denominado Colonia Ampliación San Lorenzo, en el municipio de Chimalhuacán, Estado de México, y cuyas coordenadas son ESTE-502705, NORTE-2146031 y fue realizado en el año 2009. (fig. IV-2). Los resultados fueron los siguientes:

- a) De 0.00 m a 70.00 m de profundidad: Existencia de derrame de basaltos fracturados.
- b) De 70.00 m a 118.00 m de profundidad: Cambio de litología con una serie de basaltos fracturados intercalados con material piroclástico, de permeabilidad alta a media.
- c) De 118.00 m a 124.00 m de profundidad: Derrame de basaltos compactos.
- d) De 124.00 m a 131.00 m de profundidad: Derrame de basaltos fracturados con materiales piroclásticos intercalados
- e) De 131.00 m a 139.00 m de profundidad: Existencia nuevamente de basaltos compactos.
- f) De 139.99 m a 153.00 m de profundidad: Nuevamente se presenta derrame de basaltos fracturados con material piroclástico intercalado.



Fig. IV.2. Ubicación del estudio geofísico realizado para la perforación de pozo profundo de agua potable, ubicado en la col. Ampliación San Lorenzo, municipio Chimalhuacán Estado de México. Realizado por la empresa "Exploración, perforación y estudios del subsuelo S.A. de C.V. "Coordenadas E-502705, N-2146031,(2008)



Fig. IV-3. Muestra la ubicación del área de estudio geofísico para la perforación de pozo profundo de agua potable, realizado por la empresa "Mantenimiento, construcción y servicios en ingeniería" (2009). Coordenadas 2150000 Lat. N.y 506500 Long. E

La secuencia litológica del Cuaternario, son rocas volcánicas, depósitos lacustres y aluviales.

Las rocas volcánicas cubren los depósitos clásticos volcánicos del Terciario y Plio-Cuaternario. Esta unidad está formada por derrames basálticos, brechas volcánicas basálticas, cenizas y depósitos epiclásticos de composición principalmente andesítico-basáltica y la edad que se le atribuye a este paquete volcánico es del Plioceno (Terciario superior) al Pleistoceno, del Cuaternario Inferior. Los resultados fueron los siguientes:

- a) De 0.00 m a 100 m de profundidad, material arcilloso, producto de la erosión de rocas del Cerro Chimalhuachi.
- b) De 100.00 m a 234.00 m de profundidad, material arcillo-arenoso
- c) De 234 m hasta los 300 m, en adelante(indefinido), material de tobas, arenas, gravas, escoria derrame de lavas y ceniza volcánica

De los recorridos realizados en el cerro Chimalhuachi para la recolección de muestras, se visitó la mina en explotación de materiales pétreos "La Guadalupeana" en la cual se pudo observar la siguiente secuencia litológica.

Un espesor aprox. de 15.00 m de material piroclástico (lapilli y bloques) color rojo de diferentes tamaños, que van de 2 cm a 10 cm de diámetro con pequeños derrames de lava que se mezclaron con la expulsión de gases y piroclastos. (Foto. IV-3)



Foto IV-3. Se puede apreciar al material piroclástico con derrame basáltico que lo subyace.

Espesor aprox. de 20.00 m de material piroclástico (lapilli), color gris negro, con capas estratificadas desde 0.5 cm a 5 cm, presentando pequeñas fracturas. (Foto. IV.4)



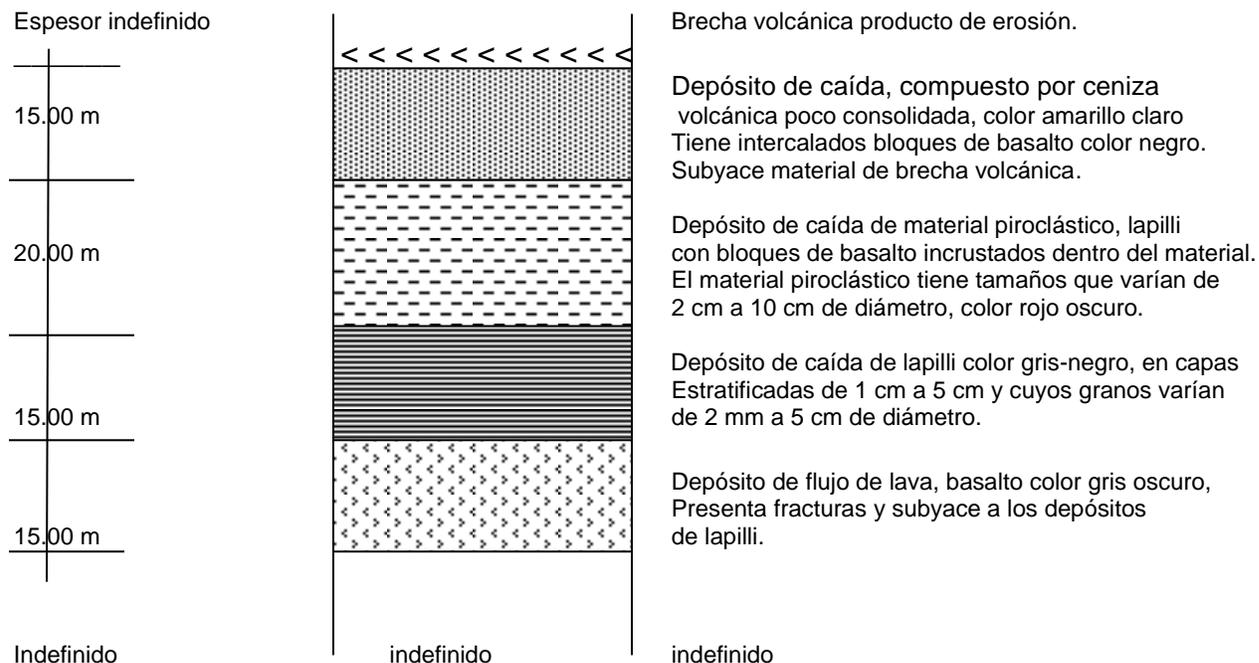
Foto. IV.4. En esta fotografía se pueden ver las capas de lapilli de diferentes tamaños.

Espesor de aprox. 15.00 m de material de ceniza volcánica (toba), de color amarillo con algunas bloques de basalto color negro. Sobre este material se encuentra un aglomerado (brecha volcánica), que es producto de la erosión y transporte de los materiales volcánicos lapilli y bloques. (Foto.IV-5).



Foto. IV-5. Se aprecia el material de toba volcánica y sobre él, material aglomerado y también se puede ver en su base, las capas de lapilli.

SECCIÓN MINA LA GUADALUPANA



Sección estratigráfica del cerro Chimalhuachi, de acuerdo a las mediciones realizadas en la mina La Guadalupeana.

El siguiente cuadro presenta el periodo y época que se relacionan con los eventos geológicos del área de estudio. (en el cuadro, m.a. indica millones de años).

ERA	PERIODO		EPOCA
CENOZOICA 65 m.a., hasta hoy	CUATERNARIO 1.8 m. a., hasta hoy (formación del volcán-cerro Chimalhuachi)		HOLOCENO 11,000 años hasta hoy
			PLEISTOCENO 1.8 m.a. – 11,000 años
	TERCIARIO 65 m.a. – 1.8 m.a.	NEÓGENO 23 m.a. – 1.8 m.a.	PLIOCENO 5 m.a. – 1.8 m.a.
			MIOCENO 23 m.a. – 5 m.a.
		PALEÓGENO 65 m.a. – 23 m.a.	EOCENO 38 m.a. – 23 m.a.
			OLIGOCENO 54 m.a. – 38 m.a.
			PALEOCENO 65 m.a. - 54 m.a.

3.- Estructuras geológicas.

Una estructura geológica es la forma en que se depositaron las rocas, es decir la forma en que están colocadas después de un evento tectónico, y el conocimiento de ellas, ayudan a determinar el método y costo de excavación para obtener el material susceptible de explotación o construcción de alguna obra civil.

La estructura formada por el cerro Chimalhuachi, es de tipo volcánico cuya lava fue poco viscosa ya que formó burbujas que fragmentan el material denominado piroclastos que son lanzados al aire por los volátiles, como se muestra a continuación (Foto. IV-6)



Foto. IV-6. Fotografía donde se aprecia la estructura volcánica del cerro Chimalhuachi

La disposición de las capas alternadas de basalto y piroclásticos, ha definido la red fluvial sobre el cerro, la cual está formada por una serie de arroyos intermitentes conocidos comúnmente como barrancas, debido a que se han formado por la aportación de aguas de lluvia y a la erosión de material derivado del volcán con menor consistencia.

En particular, esta estructura volcánica tuvo su actividad principal durante el Cenozoico Superior y su composición es variable con bloques de lava y productos piroclásticos de composición andesítica, dacítica y riolítica.

Según análisis estructural de E. Vázquez Sánchez y R. Jaimes Palomera (1989), en las sierras de Guadalupe, Tepoztlán y el cerro Chimalhuachi, existe una serie de fallas normales que cortan las formaciones volcánicas del Mioceno, Plioceno y Cuaternario, por lo que se puede decir que su edad es pliocuaternaria, la longitud promedio de estas fallas es de 4 Km y su desplazamiento va de unos centímetros a varias decenas de metros, su rumbo es preferencialmente este-oeste.

Se infieren otras fallas normales sepultadas, con base en claros alineamientos de conos cineríticos monogenéticos de las formaciones cuaternarias Chichinautzin y El Pino. Los conos cineríticos más evidentes son los conos de escoria de los cerros La Estrella, Peñón del Marqués y Chimalhuachi, los cuales se alinean con la falla inferida de Contreras.

Las estructuras geológicas están relacionadas con todos los accidentes tectónicos de la masa rocosa, éstas son formadas por movimientos epeirogénicos y orogénicos.

Se observan también fracturas y pequeñas fallas debido al acomodo del material expulsado por el volcán y respecto a la forma en que se depositó este material, se observa que forma capas de material piroclástico de diferentes tamaños que están sobre basalto que se presenta en bloques y derrames. Sobre estas capas se encuentra el material tobáceo, que forma la estructura del volcán. (Foto IV-7).



Foto. IV-7. Fotografía donde se muestra fracturas del material piroclástico en el punto con coordenadas 0504159, 2145288 en el cerro Chimalhuachi.

4.- Evolución Geológica.

Con base en los estudios realizados por el Instituto de Geología de la UNAM en el Eje Neovolcánico, se puede resaltar su orientación y características diferentes respecto a los demás lineamientos tectónicos de México debido a su edad más reciente.

El vulcanismo del Eje Neovolcánico se puede explicar como el resultado de la subducción, desde el Mioceno tardío, del sistema de placas Rivera-Cocos debajo de una placa continental deformada y fracturada durante el desplazamiento diferencial entre América del Norte y la Placa Caribeña, es decir, es reflejo fiel del ambiente tectónico de esta parte meridional de México caracterizado por la presencia de dos placas oceánicas, Ribera y Cocos, que se hundan de manera distinta debajo de la Placa Americana, por las variaciones en edad del oeste hasta el este de la Placa de Cocos y el aumento del espesor de la placa continental norteamericana en el mismo sentido.

Las condiciones actuales de los sedimentos de la cuenca de México, son el resultado del proceso geológico y tectónico que se inicia en el Terciario medio a mediados del Oligoceno, cuando se puede fijar el inicio de la subducción de la Placa de Cocos en el Pacífico debajo de la masa continental meridional de México.(Demant 1982).

Posteriormente, al producirse un cambio en el ángulo de subducción, la fusión de la placa produjo magmas a partir del Mioceno medio, originándose en el Plioceno-Cuaternario, las rocas que forman el Eje Neovolcánico. (Demant 1978)

Para Mooser (1963) y Demant y Robin. (1975, en Demant ,1978), la cuenca de México debe su formación a procesos volcánicos y tectónicos que se han estado desarrollando a partir del Eoceno, tras de haber emergido del océano gran parte de lo que ahora es México.

En la parte inferior de las sierras mayores, se encuentran extensos abanicos volcánicos, mientras que la sierra de Guadalupe se caracteriza por presentar abanicos aluviales menores, formados por rocas que están relacionadas con la Formación Tarango.

La característica principal de esta formación es el estado caótico en el cual aparecen depositadas las series clásticas. En el Cuaternario continúa el vulcanismo de la etapa anterior, sobresalen la andesita y basalto reconocidos en los cerros de Chimalhuacán, Gordo y El Pino. Asimismo, las sierras mayores con grandes volcanes, como los de la sierra Nevada, alcanzaron su máximo desarrollo, al formarse extensos abanicos volcánicos.

Después de haberse plegado los sedimentos marinos del Cretácico y emergido gran parte del actual territorio mexicano, 50 millones de años aproximadamente se inició el periodo llamado Terciario, de intenso vulcanismo, pues al levantarse la corteza, con un espesor de 40 Km o más, ocurrieron fracturas por donde salió la roca líquida a la superficie. Ni las fuerzas erosivas superficiales alcanzaron a nivelar el paisaje, ni los ríos al desalojar la lava, frente al mayor crecimiento y actividad de los volcanes. Este fenómeno fue especialmente notable en la cuenca de México y en los valles próximos a Puebla y Toluca. El Nevado, el Popocateptl, el Iztaccíhuatl y la Malinche, con sus rasgos juveniles y

sus grandes alturas, son testimonio de esta actividad ígnea. A la aparición de los volcanes siguió, allá en el Cuaternario, la extraordinaria efusión de lava que formó la Sierra Chichinautzin, represó los ríos que antes iban al sur y formó la cuenca cerrada o endorreica de México, este fenómeno ocurrió en el último millón de años y fue contemporáneo de las glaciaciones.

Otros indicios de la gran potencia pulsante que anida bajo la superficie de la cuenca de México, son: la erupción del Xitle, apenas 200 a.C., cuyas lavas destruyeron la población de Cuicuilco y dieron origen al Pedregal de San Ángel; la veneración de los antiguos mexicanos a Xiutecuhtli, Dios viejo del fuego; las aguas termales del Peñón de los Baños y del Peñón del Marqués, muy frecuentadas hasta bien entrado este siglo y luego en decadencia por haberse abatido los niveles freáticos; y al alumbramiento de mantos hasta de 400 °C de temperatura al sureste del cerro de la Estrella y en muchos sitios.

CAPÍTULO V

EXPLOTACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS.

Los recursos naturales son los bienes que se encuentran en la naturaleza y que utiliza la humanidad para su subsistencia y para satisfacer sus necesidades.

Los recursos geológicos son materiales que se extraen de la corteza terrestre para ser aprovechados con diversos fines. Se puede distinguir entre los recursos geológicos, dos tipos; energéticos (carbón, petróleo y gas) y los no energéticos, que a su vez se dividen en metálicos y no metálicos donde se incluyen los materiales pétreos.

1.- Materiales pétreos.

En el Estado de México existen numerosos depósitos de minerales no metálicos en toda la entidad, pero concentrándose principalmente en el centro, oriente y noreste de su territorio.

En 1993, existían 572 localidades reportadas (Elías Herrera, 1993 en Consejo de Recursos Minerales, 1996), de las cuales alrededor del 30% correspondía a minas de arena y grava, 24% a cantera de roca volcánica, 17% a minas de tezontle, 12% a minas de arcilla y tepetate y el resto a localidades de diatomita, caliza y pómez.

Con relación a su origen, estas sustancias pueden ser ígneas intrusivas, como el granito; volcánicas, como la arena y la grava (toba, lapilli y aglomerado) cantera, tezontle; sedimentaria clásticas como la arcilla y arena; sedimentarias químicas y bioquímicas como la dolomía, caliza, evaporitas, diatomita y caliza; de metamorfismo regional, como el asbesto y de contacto como el mármol y el talco. (Consejo de recursos minerales, op. cit.).

El estudio de campo se realizó en la mina La Guadalupana, que aparece en la relación de minas de la monografía geológica-minera del Estado de México (Consejo de Recursos Minerales, op. cit.), con material de explotación como tezontle y tepetate, ubicada con coordenadas latitud norte 2144500 y Longitud oeste 503500 en el cerro Chimalhuachi. Esta mina se encuentra en la zona mineralizada de Texcoco-Ixtapaluca, donde existen depósitos clásticos constituidos por fragmentos de rocas volcánicas, presentan tamaños de arena y grava en la periferia del lago de Texcoco.

En el área de estudio se encuentran algunos de los materiales descritos, que se explotan en la mina a cielo abierto La Guadalupana, entre los depósitos están la cantera andesítica y basáltica, utilizada principalmente para ornamentación por la industria de la construcción o también para la elaboración de esculturas por los escultores de Chimalhuacán, también llamados “canteros”.

Otro de los depósitos existentes en el área de estudio, es el de tezontle, que es un material pétreo de origen volcánico, de composición intermedia a básica, con una edad que va del Terciario superior al Holoceno y que se utiliza en la industria de la construcción, como en rellenos para la nivelación de terrenos, mejoramiento de terrenos para la construcción de obras civiles y como capas en la construcción de carreteras.

Los bancos de arena y grava de tezontle, clasificada en diferentes tamaños por medio de cribas (Foto V-1), se utilizan en varios procesos constructivos.

Agregado en la elaboración de concreto para obras civiles (arena y grava).

En el acostillado y protección de tuberías o ductos para servicio de agua, drenaje y líneas telefónicas (arena, grava y tepetate).

Estabilización de terrenos fangosos o arcillosos para el trabajo de maquinaria y equipo de obras civiles (tezontle).

Conformación de calles y preparación para pavimentos (tepetate).



Foto V-1. Aquí se aprecian los materiales que se seleccionan de la mina como arena, grava y tezontle.

De acuerdo con los datos medidos de la mina, se tiene una superficie aprox. de 2.4 Ha., la altura del corte tiene un promedio de 25.00 m; si se toma en cuenta la pendiente del relieve del cerro, que es de 35° , da como resultado que desde el inicio de la explotación de la mina en 1985, el volumen extraído de material aproximado desde 1985 a la fecha es de $600,000 \text{ m}^3$.

La extracción promedio por día es de 11.2 viajes de 6 m³ cada uno, debido a que dicha extracción se hace por medio de empresas privadas que compran el terreno y realizan la explotación con maquinaria, almacenando los diferentes tipos de material para distribuirlo conforme lo solicitan, no se conoce un programa de explotación.

No se encontró información sobre el área destinada para la explotación de la mina porque depende del permiso que otorga el H. Ayuntamiento de Chimalhuacán y al área adquirida con ese fin por el propietario del terreno, sólo se cuenta con las dimensiones descritas en el párrafo anterior.

2.- Riesgo geológico.

Los riesgos geológicos pueden ser naturales debido a la ubicación de la región respecto a la dinámica interna de la Tierra, o provocados por alteraciones al medio natural en el entorno.

La principal alteración al medio natural en el municipio de Chimalhuacán se originó al desecarse el que fue el lago de Texcoco, con lo que quedaron al descubierto los suelos lacustres. A partir del año 1970, esta superficie se ha utilizado para la venta de terrenos regularizados y no regularizados en su mayoría para asentamientos humanos, de igual manera ha sucedido con las laderas del cerro Chimalhuachi, donde se construyen viviendas sobre terrenos que eran destinados para actividad agrícola de baja productividad.

Chimalhuacán es un municipio en donde la acción desordenada del hombre se revierte, al crearse zonas de riesgo, en las cuales se presentan las siguientes situaciones:

Inundación en calles o colonias por el azolve de las redes de drenaje, debido a la acumulación de materiales derivado de las minas en explotación ubicadas en la parte alta del cerro Chimalhuachi y de terrenos que debido al tipo de material que los constituye (ceniza volcánica), tiene poca resistencia a la erosión y baja por los arroyos, lo que provoca taponamiento en los ductos de alcantarillado pluvial y sanitario.

Anualmente se desazolve de las redes de drenaje 60,288 m³ a través de 480 Km de tuberías, que van desde las atarjeas de 30 cm de diámetro hasta los subcolectores de 1.07 m. De la cantidad de desazolve anual, el 50% se realiza en la temporada de lluvias (junio, julio y agosto). Información obtenida del ODAPAS Chimalhuacán.

El riesgo geológico más importante es el que se pueden presentar deslaves debido a las lluvias, o derrumbes por la pendiente topográfica del cerro. Esto es porque en todo alrededor del cerro se tienen asentamientos humanos, en áreas construidas en terrenos topográficamente abruptos, por lo que si se realiza la explotación de materiales cerca de dichos asentamientos puede provocar flujos o caída de materiales, producto de la excavación de las minas. (Foto. V-2).



Foto V-2. Muestra los asentamientos humanos cercanos a las minas en explotación y el relieve del cerro.

La población asentada en la zona urbana ubicada cerca de las minas del cerro Chimalhuachi presenta riesgos geológicos, debido a la posibilidad de deslizamientos o derrumbes provocados por el reblandecimiento del material inestable debido a los trabajos de excavación y a las aguas pluviales Foto.V-3.



Foto V-3. Muestra los cortes de la mina y que puede provocar riesgos de deslizamientos y derrumbes debido a los asentamientos humanos.

La ubicación del municipio de Chimalhuacán dentro de la provincia del Eje Neovolcánico lo hace susceptible a eventos sísmicos ocasionados por el movimiento tectónico en esta región; en mayo del año 2005 la CENAPRED, (Centro Nacional de Prevención de Desastres) informó que el 16 de abril de ese mismo año, se presentó un sismo de 3.8 grados Richter en el municipio de Chimalhuacán y que un mes antes se había detectado otro sismo de 3.9 grados Richter con epicentro en Chimalhuacán a 12 Km de profundidad, sin consecuencias mayores.

Los tipos de movimiento de la superficie del terreno natural que pueden ser riesgos para la población son la Inestabilidad de laderas naturales y el agrietamiento del terreno, originado por desplazamientos diferenciales horizontales o verticales del mismo.

La inestabilidad del terreno natural se presenta en zonas altas, donde la superficie del mismo presenta diversos grados de inclinación debido a los cortes realizados para la extracción de materiales pétreos, también el grado de inestabilidad está íntimamente relacionado con los procesos geológicos (Foto. V-4).



FotoV-4. En esta parte se ve la disposición de los cortes para la extracción de materiales y el peligro de derrumbes, debido a su inestabilidad.

Los hundimientos locales pueden ser causados por el colapso de la superficie del terreno donde se han extraído materiales pétreos y se ha rellenado con basura y sobre ella se construyen viviendas sin hacer estudio de mecánica de suelos o por la deforestación que propicia una mayor erosión y por la alteración de las condiciones de drenaje y de equilibrio originales, ante la presencia de asentamientos humanos irregulares. (Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012).

3.- Impacto ambiental

Debido a la situación física y demográfica del municipio de Chimalhuacán, existen actividades que causan un impacto ambiental, como la contaminación del agua y del aire, la deforestación, la erosión del suelo y el desequilibrio ecológico.

La contaminación del agua se da en los mantos acuíferos por la filtración de agua contaminada del 5% de las viviendas que aún utilizan letrinas para aguas negras o las conducen a los arroyos o barrancas más cercanas. Para evitar esto, se hace necesario implantar programas de información y concientización, pero también es importante la construcción de los servicios de drenaje tanto sanitario como pluvial a toda la población.

En la explotación de la mina La Guadalupana, se deja la roca sin protección contra la erosión, principalmente pluvial, de tal forma que el material erosionado es transportado hasta las áreas de menor altura topográfica, donde se encuentra la mayoría de asentamientos humanos, donde provoca acumulación de lodos, y la obstrucción de los sistemas de alcantarillado existentes.

El incremento de los asentamientos humanos y la erosión asociada a su topografía, han dado como resultado la que varias especies de plantas y animales ya no existan en esta región.

Entre las plantas extintas están el capulín, el nopal, el maguey, el sauce y el ahuehuate, la fauna que ya no está presente es la liebre silvestre, el pato silvestre, la ardilla y los zopilotes.

Conclusiones.

De acuerdo al estudio geológico realizado en el cerro Chimalhuachi, respecto a su ubicación, se encuentra en una de las provincias más importantes como es el Eje Neovolcánico y específicamente como parte de la cuenca de México, este cerro fue uno de los volcanes que hizo erupción más recientemente (Pleistoceno) y que junto con otros volcanes cercanos como el cerro El Pino, la sierra de Guadalupe y la sierra nevada, influyeron en la aportación de sedimentos al lago de Texcoco y la región que ocupa el municipio de Chimalhuacán, después de la desecación del mismo, ha sido el lugar de asentamiento de una gran parte de población.

La mayor parte de los asentamientos humanos, de Chimalhuacán, se deben a la inmigración de gente de diferentes lugares de la república, como son de Oaxaca, Hidalgo, Puebla, D. F., San Luis Potosí, Guadalajara, Veracruz, etc.

Este incremento de población también se observó en los asentamientos en laderas y lomas del cerro, lo que ocasionó un cambio del medio ambiente natural, al medio urbano, el cual además de requerir mayor cantidad y calidad de los servicios básicos, también se enfrenta a riesgos geológicos naturales como la erosión y transporte de materiales a las zonas urbanas; otros que son consecuencia de las actividades humanas como las construcciones que están cercanas a los arroyos o barrancas y a derrumbes por la inestabilidad de materiales de origen volcánico debido a las excavaciones y cortes en las minas de explotación.

Además, la extracción de agua subterránea de 1.8 m^3 por segundo mediante bombeo de pozos profundos, con fines de dotación doméstica o industrial, da como resultado el decremento del nivel estático promedio de 2.00 m por año en los pozos que se encuentran operando, por lo que se requiere controlar el gasto de extracción de agua y dosificarla y así evitar posibles desplazamientos del subsuelo en el área de extracción (ODAPAS Chimalhuacán 2011).

Ciertamente la explotación de los materiales como arena, tezontle y tepetate beneficia a gran parte de la población por la cercanía de los bancos de material para las obras civiles que se realizan y se debe aprovechar este recurso como parte del desarrollo del municipio de Chimalhuacán, pero la explotación debe realizarse con base en un proyecto integral para la extracción de materiales, sin deteriorar el medio ambiente o poner en riesgo a la población cercana a la mina, aunque ya existen algunos programas para reducir los riesgos y cuidar el medio ambiente en el Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012, es necesario la participación de la comunidad para el cumplimiento de los programas establecidos.

Es necesario que no se permita el incremento de la urbanización hacia la parte alta del cerro Chimalhuachi, para evitar los riesgos geológicos debido al relieve y a la vez, se cuente con un área mayor para la explotación de materiales, desarrollo de áreas verdes y de esparcimiento para la población. Para los asentamientos humanos que ya existen fuera del límite establecido, se deben reubicar en otra área y/o realizar obras de protección como muros de retención, canales de derivación de agua pluvial, etc., para reducir los riesgos indicados.

Conservación del medio natural.

Dadas las características de su suelo, Chimalhuacán carece de bosques, y los programas forestales que se han aplicado para el desarrollo de este recurso, no han alcanzado la recuperación de áreas verdes y mejoramiento del medio ambiente; debido principalmente a la falta de previsión en la selección de especies apropiadas, al clima y tipo de suelo y a la nula participación de la población en los trabajos de mantenimiento y cuidado de las plantas sembradas.

Esta problemática se incrementa debido a problemas existentes respecto a la titularidad de la tenencia de la tierra, que dificulta el aprovechamiento de áreas susceptibles, aunado a la falta de viveros que generen la autosuficiencia en la generación de plantas para fortalecer los programas de forestación y reforestación municipal, se deben establecer programas para la siembra de árboles y plantas de acuerdo al tipo de suelo, en forma doméstica o en áreas reservadas para áreas verdes, ya que al incrementarse los asentamientos humanos, se pierden áreas naturales.

En lo que se refiere a la erosión de las rocas de las minas, es necesario que en las zonas de explotación donde ya está agotado el yacimiento, se realice un programa de reforestación para protección contra la meteorización, erosión y al mismo tiempo dar una utilidad a dichas áreas, como áreas verdes, de equipamiento o de estudio.

Se requiere coordinar con la Comisión Ambiental Metropolitana, para ayudar al mejoramiento del medio ambiente y crear la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales que ahora no existe en el municipio, lo que implica contaminación de los mantos freáticos.

Es indispensable promover y atender las necesidades de infraestructura, equipamiento y capacitación de la instancia municipal responsable, así como para la actualización del atlas municipal de riesgos, que permita fundamentar una estrategia efectiva de prevención de riesgos. Esto significa que se deben realizar estudios geológicos detallados en toda la región que ocupa el municipio, ubicando las zonas con características distintivas para los diferentes usos que pueden tener o riesgos de los que sean susceptibles.

El conocimiento de la historia, evolución y de las condiciones geológicas actuales de Chimalhuacán, es la base para realizar los proyectos de desarrollo urbano, de tal forma que la información geológica con que se cuenta, debe ser transmitida a la población para lograr la concientización de los problemas que se pueden presentar, esto se puede lograr a través de programas de información impresa gratuita (gaceta, tríptico, etc.), foros con especialistas del tema, o directamente en los centros educativos por medio de conferencias, material didáctico, excursiones o recorridos de campo guiados, para alumnos y profesores.

BIBLIOGRAFÍA.

- Céspedes Flores Silvia Elena, Moreno Sánchez Enrique 2009, "La urbanización y el crecimiento demográfico en relación al recurso agua: caso municipio de Chimalhuacán, estado de México" Quivera vol. 1, núm. 2, UAEM.
- Consejo de Recursos Minerales. 1996, "Monografía geológico-minera del Estado de México" 1ª ed. C.R.M.
- Demant, Alain, 1982, "Interpretación geodinámica del vulcanismo del Eje Neovolcánico Transmexicano". Instituto de Geología, UNAM. Revista, vol.5, núm. 2.
- Demant, Alain, 1979, "Vulcanología y petrografía del sector occidental del eje Neovolcánico". Instituto de Geología U.N.A.M., Revista, vol. 3 núm. 1.
- Demant, Alain, 1978, "Características del Eje Neovolcánico y sus Problemas de interpretación". Instituto de Geología U.N.A.M., Revista, vol. 2 núm. 2.
- Dirección Municipal de Planeación. 2009, "Población económicamente activa" H. Ayuntamiento de Chimalhuacán.
- Dirección Municipal de Educación. 2009, "Planta física de planteles educativos" H. Ayuntamiento de Chimalhuacán.
- Enciso de la Vega, Salvador, 1992, "Propuesta de nomenclatura estratigráfica para la cuenca de México". Revista mexicana de ciencias geológicas, vol. 10, núm. 1.
- Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, 2006, "Geología de la cuenca de México", ESIA, IPN, <http://esiageologia.blogspot.com/2006/10/geologia-de-la-cuenca-de-mexico.html>
- Exploración, Perforación y Estudios de Subsuelo S.A de C.V. 2007, "Estudio geofísico con fines hidrológicos para la perforación de pozo profundo en la col. San Lorenzo y col. Luis D. Colosio, en el Municipio de Chimalhuacán.
- Gobierno del Estado de México, 2008, "Anuario Estadístico del Estado de México" Consejo Estatal de Población.

Gobierno del Estado de México,	2005, "Desarrollo económico de Chimalhuacán" IGCEM, tomo II.
H. Ayuntamiento de Chimalhuacán,	2009, "Educación y Cultura" Dirección de Educación del H. Ayuntamiento de Chimalhuacán, 2009-2012, Estado de Méx.
H. Ayuntamiento de Chimalhuacán, 2009-2012,	2009, "Plan de Desarrollo Municipal 2009-2012" Chimalhuacán
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática,	2005, "Censo de población y vivienda 2005, INEGI.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.	1979, "Carta geológica, esc. 1:50 000, E14-B31" INEGI, 1ª Ed.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.	1996, "Anuario estadístico del Estado de México" INEGI.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.	2005, "XII Censo general de población y vivienda" INEGI.
López Ramos, E.	1983, "Geología de México" Tomo III, tercera edición México D.F.
Maderey R., Laura Elena Jiménez R. Arturo,	1992, "Los recursos hidrológicos del centro de México ante un cambio climático global", instituto de Geografía, U.N.A.M.
Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, ODAPAS"	2011, Información obtenida directamente de la Dirección General de ODAPAS Chimalhuacán.
Secretaria de Desarrollo Social.	2000, "Sistema normativo de equipamiento urbano" SEDESOL.
Tapia Varela, Guadalupe, López Blanco, Jorge,	2001, "Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la cuenca de México; unidades morfogénicas a escala 1:1000 000". Revista mexicana de ciencias geológicas, vol. 19 núm. 1

Vázquez Sánchez, E.,
Jaimes Palomera, R.,

1989, "Geología de la cuenca de
México", Instituto de geofísica U.N.A.M.

INFORMACIÓN ELECTRÓNICA

<http://www.acanomas.com/Diccionario-Español/88855/fisiografía.htm>

[http://mapserver.inegi.gob.mx/geografía/español/datos
geogra/básicos/fisiografía/provincias](http://mapserver.inegi.gob.mx/geografía/español/datos/geogra/básicos/fisiografía/provincias)

<http://wwwproteccióncivil.df.gob.mx/historia/2antecedentes.html>

Glosario de términos geológicos.

<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/geológico/glosario.pdf>

[http://diarioportal.com/2010/08/20/importantes-riesgos-de-inundacion-y-desgajamientos-
presenta/chimalhuacan/](http://diarioportal.com/2010/08/20/importantes-riesgos-de-inundacion-y-desgajamientos-presenta/chimalhuacan/)

PLANOS E ILUSTRACIONES.

Tabla I-1. Evolución demográfica de Chimalhuacán (1970-2005	6
Tabla II-1. Distribución demográfica en el territorio de Chimalhuacán	8
Tabla II-2. Porcentaje de la población y tipo de religión	8
Tabla II-3. Temperatura máx. y mín., media anual	11
Tabla II-4. Precipitación media anual	11
Tabla II-5. Actividades económicas y el PEA	14
Tabla II-6. Uso de suelo para urbanización en Chimalhuacán	18
Tabla II-7. Incremento de la superficie de urbanización	20
Tabla II-8. Crecimiento poblacional histórico en Chimalhuacán	20
Tabla II-9. Variación de la tasa porcentual de crecimiento poblacional (1970-2000)	21

Fig. II-1	Mapa de ubicación del municipio de Chimalhuacán dentro del Estado de México	9
Fig. II-2.	Croquis de colindancias de Chimalhuacán	9
Fig. II-3.	Mapa de vías de acceso al municipio de Chimalhuacán	10
Fig. II-4.	Mapa de clima de Chimalhuacán	11
Fig. II-5.	Plano de estructura urbana y uso del suelo	19
Fig. II-5a.	Mapa de áreas urbanas con riesgo geológico	19
Fig. III-1.	Mapa de provincias fisiográficas de México	22
Fig. III-2.	Plano geológico del Eje Neovolcánico	23
Fig. III-3.	Mapa fisiográfico de la cuenca de México	25
Fig. III-4.	Mapa de unidades morfológicas y relieve de la Cuenca de México	27
Fig. III-5.	Esquema de las características topográficas e hidrológicas de una cuenca	28
Fig. III-6.	Plano de ubicación de las cuencas de México	28
Fig. III-7.	Mapa de las cuencas hidrológicas que comprende el Eje Neovolcánico	29
Fig. IV-1.	Mapa de la Geología superficial de Chimalhuacán	33
Fig. IV-2.	Mapa de ubicación de pozo de agua, San Lorenzo Chimalco	36
Fig. IV-3.	Mapa de ubicación de estudio geofísico en la colonia Luis Donaldo Colosio	36
Foto II-1.	Pozo profundo de agua potable	12
Foto IV-1.	Bloques dentro del material piroclástico	34
Foto IV-2.	Fotografía de satélite del cerro Chimalhuachi y las planicies que lo rodean	35
Foto IV-3.	Material piroclástico y derrame de lava	37
Foto IV-4.	Capas de lapilli de diversos tamaños	38

Foto IV-5.	Tobas volcánicas y lapilli	38
Foto IV-6.	Estructura del volcán cerro Chimalhuachi	40
Foto IV-7.	Fracturas en la capas de lapilli	41
Foto V-1.	Selección de materiales para construcción	45
Foto V-2.	Áreas de urbanización cerca de minas	47
Foto V-3.	Riesgo de derrumbes por áreas urbanas cerca de mina	47
Foto V-4.	Peligro de inestabilidad de materiales por su extracción	48