



**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO**  
**FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**



**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS  
MINERALES DEL MUNICIPIO PACULA,  
ESTADO DE HIDALGO.**

MARZO 2008

**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO**

**FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**

**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS**

**MINERALES DEL MUNICIPIO**

**PACULA, ESTADO DE HIDALGO.**

ELABORÓ: ING. JAVIER SOLANA LÓPEZ

MARZO 2008

## INDICE

	Página
<b>I. GENERALIDADES.....</b>	<b>1</b>
I.1. Introducción.....	1
I.2. Objetivo .....	3
<b>II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO .....</b>	<b>4</b>
II.1. Localización y Extensión .....	4
II.2. Vías de Comunicación y Acceso.....	5
II.3. Población.....	7
II.4. Fisiografía.....	8
II.5. Hidrografía.....	11
<b>III. MARCO GEOLÓGICO.....</b>	<b>14</b>
III.1. Geología Regional.....	14
III.2. Geología Local .....	20
<b>IV. LOCALIDADES MINERALES .....</b>	<b>26</b>
IV.1. Minerales No Metálicos.....	26
IV.2. Agregados Pétreos .....	33
IV.3. Rocas Dimensionables .....	37
IV.4. Minerales Metálicos .....	39
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
V.1. Minerales No Metálicos.....	42
V.2. Agregados Pétreos .....	43
V.3. Rocas Dimensionables .....	44
V.4. Minerales Metálicos .....	45
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>46</b>

### ANEXO I

Fichas para el Inventario Físico de los Recursos Minerales del Municipio  
Pacula, Hgo.

### ANEXO II

Resultados de Estudios de Análisis Químico.

## INDICE DE PLANOS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización del Municipio Pacula, Estado de Hidalgo .....	5
Figura 2. Principales Vías de Comunicación, Estado de Hidalgo.....	7
Figura 3. Provincias Fisiográficas de México .....	10
Figura 4. Regiones Hidrológicas, Estado de Hidalgo .....	13
Figura 5. Provincias Geológicas de la República Mexicana.....	18
Figura 6. Terrenos Tectonoestratigráficos de la República Mexicana.....	20

Carta Geológica, Municipio Pacula, Hgo.

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

Carta de Localidades Mineras, Municipio Pacula, Hgo.

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

Carta Magnética, Municipio Pacula, Hgo.

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

# I. GENERALIDADES

## I.1. INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia para el estado de Hidalgo, contar con información geológica minera actual, con un enfoque directo a la exploración de recursos minerales metálicos, minerales no metálicos, rocas dimensionables, agregados pétreos y piedras semipreciosas en cada uno de los municipios del estado de Hidalgo. En el año de 2003, el Director General del Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI), entabló pláticas con el Director General del Consejo de Recursos Minerales, con la intención de establecer las bases de un convenio para el desarrollo del **Inventario Físico de los Recursos Minerales Municipales**. En febrero de 2004, el Director General del Servicio Geológico Mexicano (antes Consejo de Recursos Minerales), inició en una primera etapa el **Inventario Físico de los Recursos Minerales**, principalmente en los municipios de Cuautepec, Acaxochitlán, Metepec, Agua Blanca, Metzquititlán y Zacualtipan, cubriendo una superficie de 1443.9 km<sup>2</sup>, lo que se llevó a cabo de manera satisfactoria para ambas partes y por lo mismo, se decidió continuar un **Segundo Convenio de Colaboración y Aportación de Recursos Económicos** para el **Inventario Físico de los Recursos Minerales** de 4 municipios, con superficie de 2,000 km<sup>2</sup>, el 7 de Marzo del 2007.

A la firma del segundo convenio de concertación y recibirse la primera aportación económica, el Servicio Geológico Mexicano destinó al personal técnico para el trabajo de campo y dio inicio al segundo convenio de Inventario Físico de los Recursos Minerales, el día 15 del mes de enero 2007.

Los municipios comprendidos en este convenio son:

Zimapán

**Pacula**

Nicolás Flores

Jacala

En el presente informe, se presenta el inventario del municipio: **Pacula con una superficie de 429.1 km<sup>2</sup>**, para que puedan ser promovidos los trabajos geológico-mineros, con diferentes inversionistas para la explotación de los recursos resultantes.

En el mes de Enero de 2007 se dio inicio al inventario de este municipio, tomando como base la geología levantada con anterioridad por el Servicio Geológico Mexicano en el estado de Hidalgo. La geología se tomó de las cartas 1:250,000 del S. G. M., la que se relacionó con la geología local observada en los reconocimientos del geólogo encargado de este estudio (ver Carta Geológica del **Municipio Pacula, Hgo.**, escala 1: 50,000 al final del texto).

También se integró a los planos del actual estudio, la ubicación, descripción de los yacimientos, prospectos levantados y mapeados anteriormente durante el levantamiento de la geología en las cartas elaboradas por el Servicio Geológico Mexicano escala 1:250,000 (en particular las localidades y los distritos mineros de minerales metálicos), para enriquecer la información de las localidades en el municipio, sin necesidad de levantarlas y describirlas nuevamente (ver Carta de Localidades Mineras del **Municipio Pacula, Hgo.**, escala 1:50,000 al final del texto).

Con el objeto de que la información sea completa al desarrollar estudios posteriores en algunas localidades que así lo ameriten, se incluye el levantamiento magnético realizado por el Servicio Geológico Mexicano, que podrá ayudar a interpretar las condiciones del subsuelo relacionadas con posibles yacimientos a profundidad y superficiales (ver Carta Magnética del **Municipio Pacula, Hgo.**, escala 1:50,000 al final del texto).

## **I.2. OBJETIVO**

El principal objetivo que se persigue con el presente trabajo, es difundir el conocimiento de la geología y los recursos minerales del estado, por municipio, con el firme propósito de determinar la presencia e importancia económica de los posibles yacimientos de minerales metálicos, de los minerales no metálicos, de las rocas dimensionables y de los agregados pétreos, y como complemento, implementar programas de infraestructura geológico minera, que ayuden a:

1. Localizar recursos minerales y roca como materia prima para el desarrollo regional y para la industria minera.
2. Atraer inversión nacional y extranjera para elevar el nivel de vida de las comunidades en los municipios, desarrollando nuevos proyectos.
3. Generar empleo para la comunidad evitando la emigración.
4. Contribuir al desarrollo de la minería social.

## **II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO**

### **II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN**

El municipio Pacula se localiza en la zona de la porción occidental del estado de Hidalgo, entre las coordenadas geográficas 20°51'00" y 21°09'00" de latitud norte, y de longitud oeste 99°13'00" y 99°25'00"; la altitud media del municipio es de 1,800 msnm.

La cabecera municipal Pacula está ubicada a 110 km en línea recta y al NW de la ciudad de Pachuca, Hgo., colindando al nororiente con el municipio Jacala; al oriente con Nicolás Flores; al sur con el municipio Zimapán; al poniente con el estado de Querétaro.

Su extensión territorial es de 429.1 km<sup>2</sup>, equivalente al 2.05% de la superficie del estado que es de 20,836 km<sup>2</sup> (Figura 1). Cuenta con servicios básicos indispensables, tales como educación preescolar, primaria, secundaria, nivel medio superior; casa de cambio, servicio médico, Internet, teléfono, centros comerciales, mercado municipal y central de autobuses urbanos.

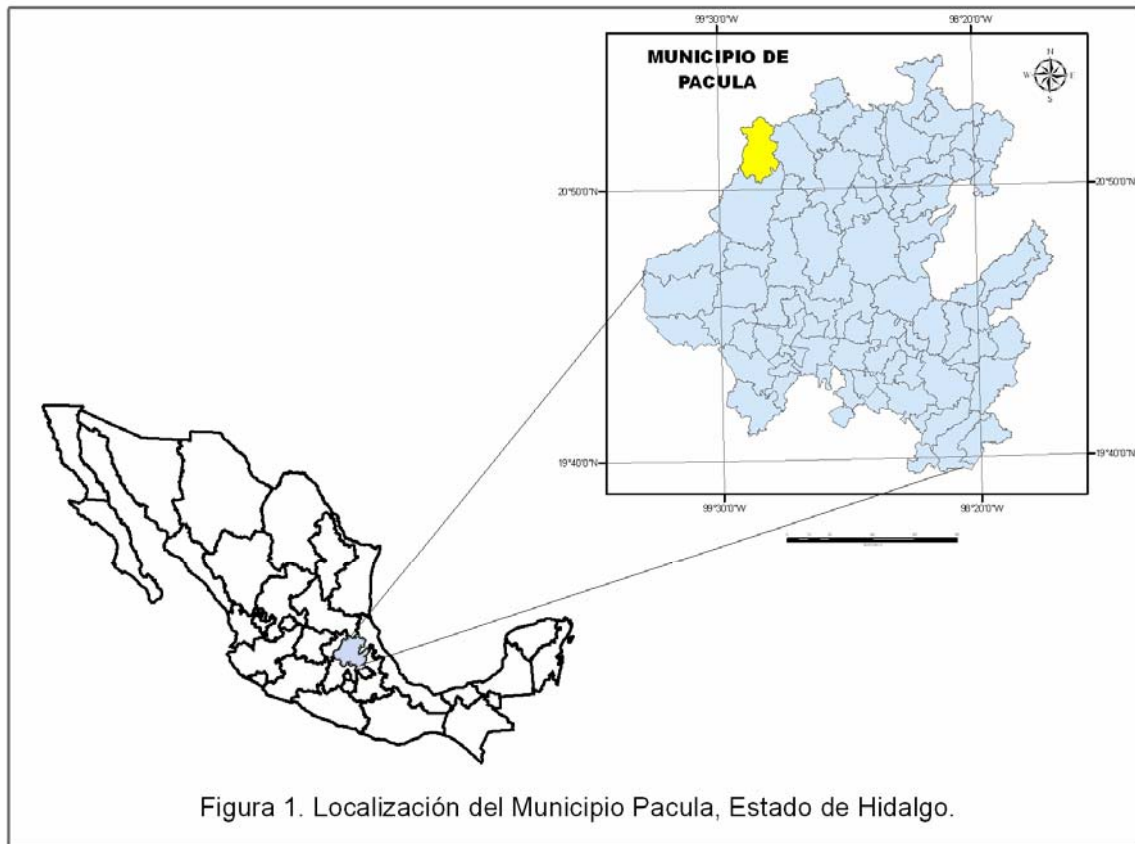


Figura 1. Localización del Municipio Pacula, Estado de Hidalgo.

## II.2. VÍAS DE COMUNICACIÓN Y ACCESO

El municipio se encuentra parcialmente comunicado por carretera y terracería que cruza su territorio, uniendo la cabecera municipal con las ciudades Zimapán, Jacala, Ixmiquilpan y Pachuca, en el estado de Hidalgo y Tamazunchale, S. L. P.

La principal vía de comunicación que cruza cerca del municipio es la Carretera Federal No. 85 (México-Nuevo Laredo), distante 41 km. Se une en la comunidad de Portezuelo con la carretera Federal No. 45, que comunica la ciudad de Pachuca con Huichapan, Hgo.; y esta carretera se une con la Carretera Federal No.57 que comunica con la frontera norte en las ciudades de Piedras Negras y Ciudad Acuña, Coah. y en Nuevo Laredo, Tamps. En la ciudad de Pachuca, Hgo., se tiene una aeropista con vuelos locales, desde el cual son accesibles las principales ciudades de la República Mexicana y los Estados Unidos de América.

De igual forma se tiene una carretera estatal que comunica la ciudad de Zimapán, Hgo. a la ciudad de Querétaro y Cadereyta, en el estado de Querétaro.

La infraestructura ferrocarrilera más cercana al municipio se encuentra en la región cementera de Tula y Huichapan y en la zona industrial de Tizayuca, Hgo. Asimismo la vía doble electrificada México-Querétaro que cruza el territorio de Hidalgo por los municipios de Tula, Tepeji del Río y Nopala. El ferrocarril México-Laredo, comunica las ciudades de Querétaro, San Luis Potosí, Saltillo, Monterrey y Nuevo Laredo, lo que representa la vía más rápida de acceso a la frontera norte con los Estados Unidos de América.

El municipio cuenta con servicio de transporte de pasajeros de línea local de autobús con servicio a Zimapán. Asimismo el municipio de Pacula cuenta con una importante red de caminos de terracería transitables en toda época del año, que aseguran la comunicación entre las principales comunidades y ejidos del municipio, además de contar con numerosas brechas, que permiten el acceso a casi todos los prospectos de minerales metálicos, no metálicos, así como de rocas dimensionables y agregados pétreos, que son potenciales productores de materia prima para la industria de la entidad (Figura 2).



Sus principales actividades económicas son la minería, el comercio y la agricultura. Hay que hacer notar que el municipio alcanza una categoría migratoria de “expulsión de población”. El municipio de Pacula ocupa los primeros lugares en lo que respecta a la captación de divisas provenientes de los Estados Unidos de América, debido a la gran cantidad de personas que emigran en busca de fuentes de empleo para mejorar el nivel de vida de sus familias.

#### **II.4. FISIOGRAFÍA**

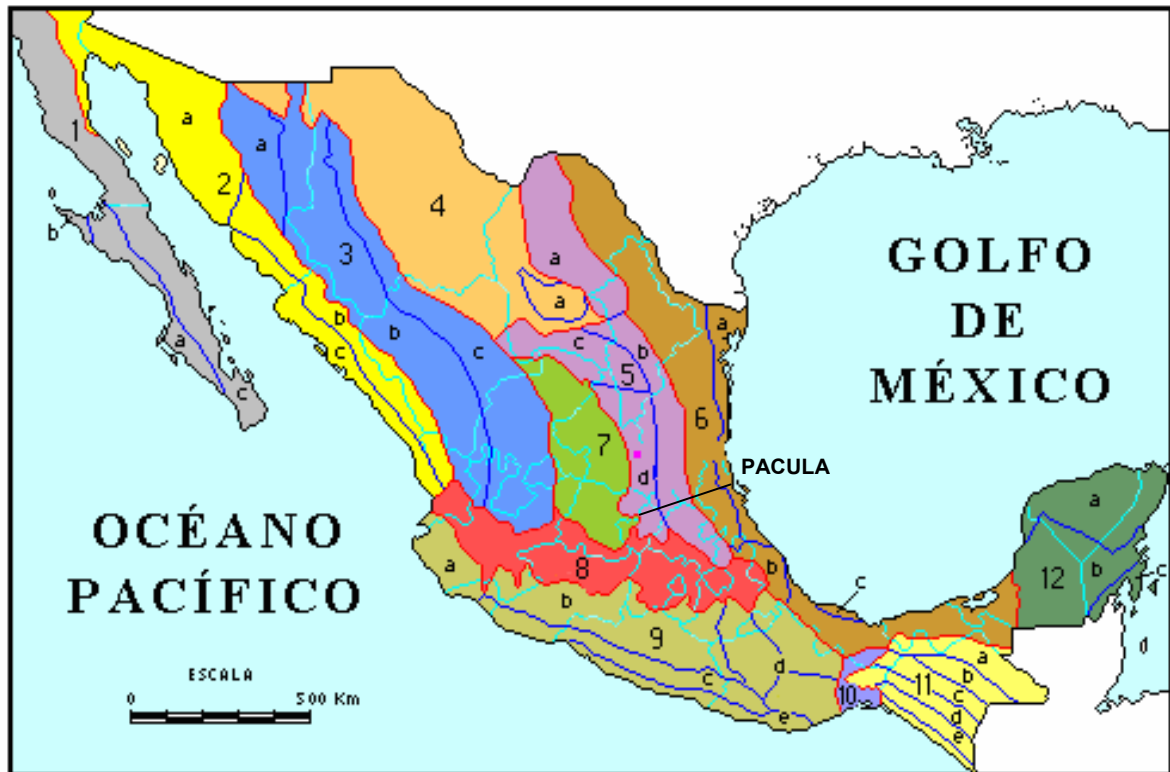
El municipio Pacula está localizado en la Provincia Sierra Madre Oriental y dentro de la Subprovincia del Carso Huasteco (Raisz, 1959) (Figura No.3).

**Sierra Madre Oriental.** Esta provincia se extiende paralela a la costa del Golfo de México, desde sus inicios en la frontera norte hasta los límites con el Eje Neovolcánico en las cercanías de Pachuca, Hgo. A la altura de Monterrey, N.L. se divide en dos ramas: una que tuerce abruptamente al oeste para extenderse hasta la Sierra Madre Occidental, al norte de Cuencamé, Dgo. y otra que continúa al norte por territorio coahuilense y llega a Big Bend, Texas. Las altitudes de la Sierra Madre Oriental están entre los 2,000 y 3,000 msnm, en su parte más elevada que se ubica entre Saltillo, Coah. y Ciudad Victoria, Tamps., alcanza elevaciones superiores a los 3,000 msnm.

Presenta un imponente escarpe sobre la Llanura Costera del Golfo Norte, pero su transición hacia la Mesa Central y El Eje Neovolcánico es menos abrupto, debido en parte a la altitud media de esas provincias y a los procesos de relleno con materiales aluviales y volcánicos.

La Sierra Madre Oriental colinda al noroeste con la provincia Sierra y Llanuras del Norte y en una pequeña franja del extremo oeste con la Sierra Madre Occidental, al suroeste con la Mesa Central, al sur con el Eje Neovolcánico, al este con la Llanura Costera del Golfo Norte y al noreste con las Grandes Llanuras de Norteamérica. Abarca parte de los estados de Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Querétaro, Veracruz, Hidalgo y Puebla.

La Sierra Madre Oriental está formada por varias cadenas paralelas separadas por estrechos valles longitudinales y se caracteriza por sierras orientadas noroeste-sureste, compuesta principalmente de rocas carbonatadas en mayor proporción y rocas ígneas intrusivas de composición granodiorítica y escasas rocas metamórficas. Su límite oriental está bien delineado, consistiendo en un frente casi continuo que se eleva sobre la llanura a una altura de 1,500 a 2,000 msnm. Su límite occidental está cubierto por rocas volcánicas. En el territorio del municipio, la provincia está representada por sierras con una orientación noroeste-sureste, con una elevación promedio de 1,500 a 1,700 msnm.



- |                               |                               |                            |                          |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 1. BAJA CALIFORNIA            | c) Altiplano con Bolsones     | c) Tuxtias                 | 11. ALTIPLANO DE CHIAPAS |
| a) Tierras Bajas              | 4. SIERRAS Y CUENCAS          | 7. MESA CENTRAL            | a) Sierras Plegadas      |
| b) Colinas de Vizcaíno        | a) Altiplano de Coahuila      | 8. EJE VOLCANICO           | b) Los Altos             |
| c) Altiplano Meridional       | 5. SIERRA MADRE ORIENTAL      | 9. SIERRA MADRE DEL SUR    | c) Altiplano de Chiapas  |
| 2. SERRANIAS SEPULTADAS       | a) Sierra del Norte           | a) Altiplano Septentrional | d) Cuenca Central        |
| a) Desierto Sonorense         | b) Sierra Alta                | b) Cuenca Balsas Mexcala   | e) Sierra de Chiapas     |
| b) Estribaciones de Piamonte  | c) Sierras Atravesadas        | c) Taludes Meridionales    | 12. YUCATAN              |
| c) Deltas Costeros Sepultados | d) Sierras Bajas              | d) Altiplano de Oaxaca     | a) Tierras Planas        |
| 3. SIERRA MADRE OCCIDENTAL    | 6. PLANICIE COSTERA DEL GOLFO | e) Planicie Costera        | b) Plataforma de Yucatán |
| a) Sierras Alargadas          | a) Costa Baja                 | 10. FAJA DEL ISTMO         | c) Costa Baja            |
| b) Meseta de lava Riolítica   | b) Vertiente                  |                            |                          |

**Figura 3. Provincias Fisiográficas de México**

**Subprovincia del Carso Huasteco.** Limita al norte con las subprovincias Sierra y Llanuras Occidentales y Gran Sierra Plegada; abarca desde Ciudad Valles, S.L.P., hasta las inmediaciones de Teziutlán, Pue. Es de igual forma una sierra plegada, pero se diferencia de la denominada así porque posee rasgos de un carso mayor en toda su extensión y presenta un fuerte grado de disección (desarrollo de cañones), por la acción de los importantes ríos que fluyen en ella.

Esta región es una de las más extensa del país, en ella domina la roca caliza, que al ser disuelta por el agua originan rasgos de carso (dolinas, pozos y grutas). Gran

parte de esta subprovincia queda dentro del estado de Hidalgo, donde cubre 9,712.93 km<sup>2</sup> de su superficie total. En esta porción del Carso Huasteco dominan las sierras.

## **II.5. HIDROGRAFÍA**

La mayor parte del territorio del municipio estudiado está ubicado dentro de la Región Hidrológica RH-26B denominada Río Alto Pánuco (Figura 4 al final del capítulo), en la que predomina el clima semicálido a templado con lluvias en verano, con corrientes de poca importancia y cauce reducido. El Pánuco, es una de las vertientes interiores más importantes del país y comprende parte de la altiplanicie septentrional y toda la porción suroriental del estado, con una extensión de 41.71% de la superficie estatal. Se caracteriza por una topografía abrupta que desciende en forma escalonada hacia la costa del Golfo de México, originando una extensa red fluvial.

La zona del Alto Pánuco comprende las cuencas de los ríos Tula y San Juan del Río, que son afluentes del río Moctezuma.

**Cuenca Río Moctezuma.** Ocupa una superficie dentro del estado de Hidalgo de 19,793.60 km<sup>2</sup>, y tiene como corriente principal el río Moctezuma, que se origina en el cerro La Bufa, Estado de México, a 3,800 msnm. El río Tula generado en el Estado de México, inicia su recorrido con dirección norte hasta la población de Ixmiquilpan, de ahí cambia su curso hacia el noroeste para después confluir con el río San Juan del Río, a partir del cual recibe el nombre del río Moctezuma y sirve como límite natural entre Querétaro e Hidalgo. Esta cuenca es de gran importancia por su extensa superficie y por la cantidad de afluentes que alimentan sus corrientes principales., como por los distritos de riego que se ubican en ella.

El río Moctezuma tiene su origen en la provincia del Eje Neovolcánico, entra al Carso Huasteco por el oeste de Zimapán y atraviesa la sierra por un profundo cañón. Tiene como infraestructura hidráulica principal a la presa hidroeléctrica Ing. Fernando Hiriart Balderrama.

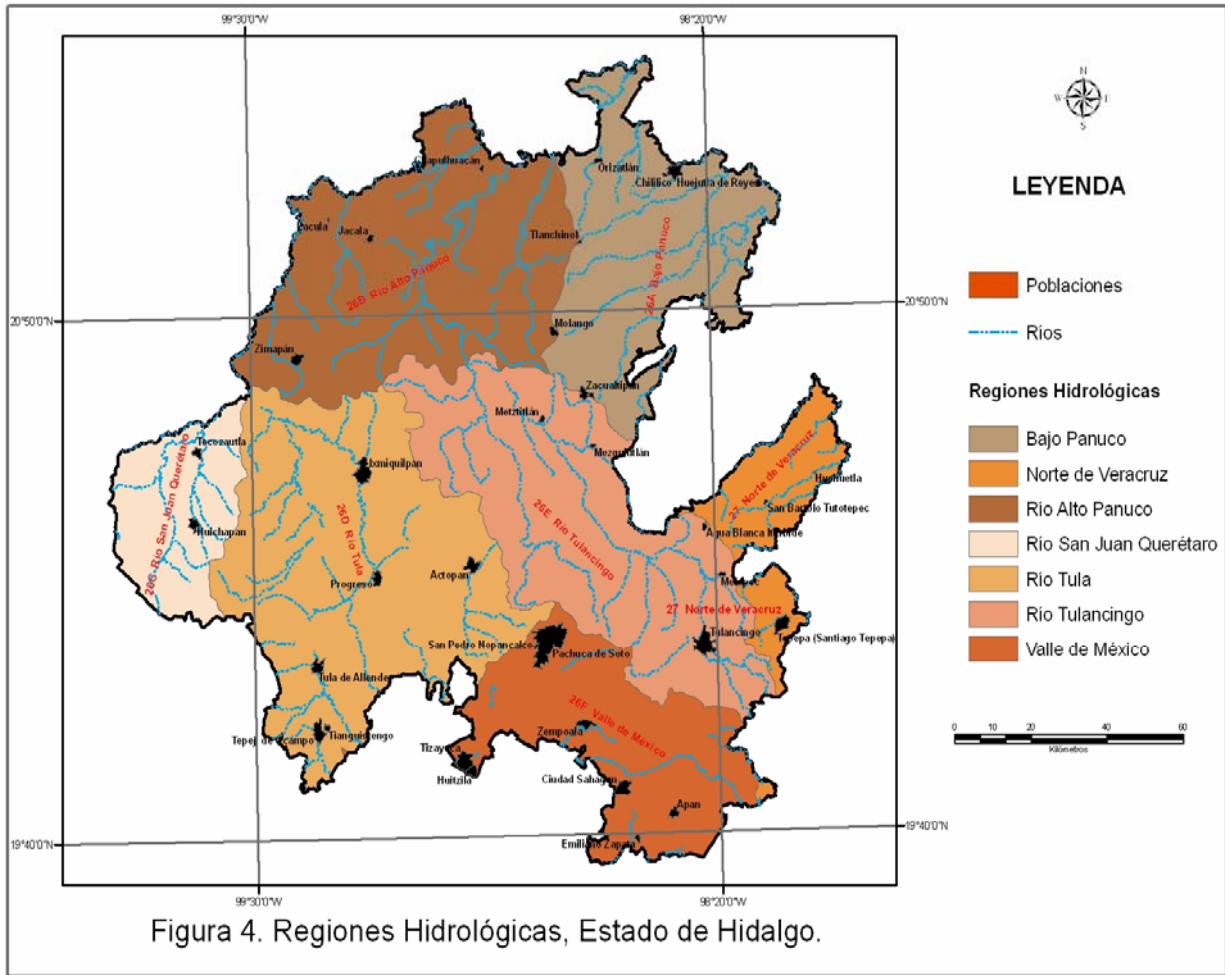
La Comisión Federal de Electricidad está realizando estudios sobre el cañón del río Moctezuma, y contempla la posibilidad de realizar una segunda presa hidroeléctrica sobre el mismo río, cercano a la comunidad El Frayle.

Complementan el contexto hidrológico superficial varios arroyos intermitentes, distribuidos en el territorio municipal.

En las zonas favorables del municipio, el agua subterránea forma acuíferos al almacenarse en tres sistemas hidrológicos, en rocas calcáreas, ígneas y en rellenos aluviales. El primero corresponde a un flujo regional en el sistema de cavernas y fisuras (tipo confinado y semiconfinado) de las calizas arrecifales de edad Cretácico que forman estructuras sinclinales y anticlinales que presentan comunicación hidráulica con los conglomerados y el material aluvial, al ceder grandes volúmenes de agua por flujo horizontal. El segundo corresponde a un acuífero granular en un sistema de fracturas (tipo semiconfinado).

El tercero es un acuífero granular heterogéneo en la parte central del valle, con sedimentos arcillosos y conglomerado hacia los límites laterales. Los acuíferos en rellenos aluviales son de tipo libre, confinados localmente por horizontes arcillosos.

La recarga de estos acuíferos ocurre principalmente por escurrimientos provenientes de las sierras y lomeríos que los circundan (flujo horizontal), por filtración directa de agua de lluvia y por flujo subterráneo. El municipio se abastece de pozos artesianos cavados en los valles, de manantiales y de arroyos.



### **III. MARCO GEOLÓGICO**

#### **III.1. GEOLOGÍA REGIONAL**

Con el fin de situar el territorio en estudio, dentro del marco geológico regional, a continuación se presenta una breve síntesis de la geología regional.

En el estado de Hidalgo confluyen tres provincias geológicas (Ortega-Gutiérrez *et al.*, 1992), que a continuación se citan (Figura 5).

#### **Porción Sudoriental del Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas**

Consiste de rocas sedimentarias marinas mesozoicas plegadas y falladas, que conforman sierras orientadas NW-SE. El Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas incluye en parte a la Sierra Madre Oriental, siendo este un edificio montañoso con más de 800 km de longitud y 80 a 100 km de amplitud, formado por sedimentos marinos mesozoicos y continentales deformados del Cenozoico.

Ocupa la mayor parte del NE de la República Mexicana y su basamento está constituido por rocas gnéisicas del Precámbrico, de afinidad grenvilliana. Esta provincia fue deformada durante la orogenia Larámide y afectada por transgresión y por cuerpos ígneos de pequeñas dimensiones.

Dentro de esta provincia se tiene al Anticlinorio de Huayacocotla, que es una estructura tectónica mayor orientada al N 45° W que cruza al Estado de Hidalgo en su porción oriental, y en cuyo núcleo aflora una asociación charnockítica-gabroica-anortosítica y gneises cuarzofeldespáticos del gneiss Huiznopala, que son las rocas más antiguas reportadas para el estado. El Anticlinorio de Huayacocotla está formado de una gran acumulación de sedimentos marinos jurásicos (aproximadamente 3 km de espesor), ha sido considerado como un aulacógeno desarrollado durante la apertura del Golfo de México (Schmidt-Effing, 1980). Las rocas paleozoicas del Pérmico Inferior y que afloran en la porción nororiental del estado a lo largo del Anticlinorio de Huayacocotla, corresponden a una secuencia marina de arenisca, conglomerado, caliza y lutita, con un espesor de 200 m,

intercaladas con lavas, piroclastos y rocas epiclásticas andesíticas a dacíticas, formadas en un contexto de arco extensional (Rosales-Lagarde *et al.*, 1997).

A nivel estatal, el Mesozoico está representado esencialmente por lutita, lutita calcárea, arenisca, limolita y conglomerado de la Formación Huizachal del Triásico Superior (2,000 m de espesor), por sedimentos clásticos marinos y continentales del Jurásico Inferior, que son cubiertos por rocas marinas clásticas y calcáreas del Jurásico Medio y Superior. El Cretácico Inferior es esencialmente de naturaleza calcárea (depósitos de cuenca de la Cuenca intracratónica de Zimapán y de plataforma de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí), mientras que en el Cretácico Superior se depositaron sedimentos tipo flysch.

Existe en la porción noroccidental del estado (en la región de Zimapán), conglomerados rojos fluviolacustres (fanglomerado El Morro, de 400 m de espesor) del Eoceno superior-Oligoceno inferior, intercalados con marga, caliza y derrames basálticos (Segerstrom, 1961).

En el Estado de Hidalgo el Terciario es predominantemente volcánico y está representado por el Grupo Pachuca (Oligoceno-Mioceno) que comprende ocho formaciones volcánicas con derrames andesíticos-dacíticos, basaltos y brechas cubiertas por derrames y tobas riolíticas-dacíticas y escasos basaltos, que en conjunto alcanzan un espesor de 2,000 m y cubren discordantemente a sedimentos cretácicos (Geyne *et al.*, 1963).

Las rocas volcánicas más antiguas relacionadas a la Faja Volcánica Transmexicana, que es una provincia continental magmática compleja y de dirección E-W que se extiende desde el océano Pacífico al golfo de México (longitud de 1,000 km, con extensiones laterales que varían entre los 20 y 200 km), entre las latitudes 19° y 21° Norte) y cruza el territorio hidalguense en su porción noroccidental, son derrames y aglomerados andesítico-dacíticos con intercalaciones de basalto de la Formación Las Espinas, que cubren al fanglomerado El Morro.

En la región noroccidental del estado existen domos riolíticos y basaltos que arrojan edades miocénicas, aunque algunas secuencias volcánicas arrojan edades pliocénicas como las andesitas, riolitas, tobas y basaltos extravasados hace 4.5 Ma, durante la actividad volcánica de la Caldera de Huichapan (Silva-Mora, 1991), los derrames de basaltos interestratificados con ignimbritas alcalinas en la región de Tulancingo, los basaltos de Atotonilco El Grande y los basaltos columnares de Santa María Regla.

En la porción oriental del estado, en la región de Tlanchinol, afloran basaltos interestratificados con ignimbritas, con un espesor de 500 m. Esta provincia cubre aproximadamente el 65% del estado.

### **Porción Noroccidental de la Faja Volcánica Transmexicana**

La Faja Volcánica Transmexicana constituye una provincia con predominio de estructuras volcánicas (volcanes, domos y calderas) del Plioceno y Cuaternario, asociadas a fracturas regionales que alberga a un corredor situado debajo de los 2,000 msnm, de lomeríos bajos y llanuras de material volcánico y cumbres por arriba de los 2,000 msnm. Es de origen volcánico y ambiente geotectónico de arco continental y cubre el 15% del territorio estatal.

### **Terminación Sudoccidental de la Plataforma de Valles-San Luis Potosí**

Se trata de la plataforma calcárea cretácica de Valles-San Luis Potosí y su prolongación al sur, con la plataforma de Actopan. El Cretácico Inferior es de naturaleza calcárea, el origen es sedimentario marino y ambiente geotectónico de plataforma; cubre un 5% del territorio de Hidalgo.

Estratigráficamente se encuentran aflorando rocas de edades que varían del Triásico al Holoceno. Las rocas más antiguas corresponden al Triásico Superior, de la Formación Zacatecas representada por una secuencia detrítica con arenisca y lutita plegada y alterada a filita y esquisto después de su depósito. El Jurásico Superior está representado por una secuencia carbonatada, en alternancia de limonita-caliza y basalto-filita. El Cretácico Inferior se representa por una alternancia

de caliza-lutita y anhidrita-dolomía. Finalmente, una alternancia de arenisca-lutita corresponde al Cretácico Superior. El ambiente de depósito es fundamentalmente de tipo marino en aguas poco profundas durante el Mesozoico.

Estas rocas mesozoicas se encuentran cubiertas discordantemente por rocas volcánicas y vulcanoclásticas, además de estar afectadas por estructuras dómicas de composición riolítica y latítica del Terciario. Al Cuaternario le corresponden rocas sedimentarias continentales y derrames basálticos.

Las rocas intrusivas son de composición granítica, y se encuentran afectando a las unidades anteriores hasta el Eoceno Superior.

Como producto del intemperismo y la erosión de rocas preexistentes, se han formado depósitos de aluvión en las partes bajas de los valles.



**Figura 5. Provincias Geológicas de la República Mexicana**

En el contexto geotectónico (Figura 6), el territorio municipal en estudio queda comprendido en la unidad tectonoestratigráfica denominada Terreno Sierra Madre (Campa y Coney, 1983).

Dado el aspecto estructural y el contraste en composición y ambiente de depósito de los ensambles del Jurásico-Cretácico entre el Terreno Guerrero y el Terreno Sierra Madre, sugiere una considerable cantidad de transporte tectónico ocurrido durante el Cretácico Tardío (Orogenia Larámide).

Respecto a la naturaleza de los ambientes de depósito, la región occidental del estado, corresponde a un ambiente de arco de islas de afinidad oceánica (Tardy, 1986), del Cretácico Temprano donde las unidades fueron depositadas en un ambiente relativamente profundo, desde las pilowlavas de basalto-andesita que se asociaron con pedernal, radiolarios y capas delgadas de caliza micrítica y sedimentos pelítico-arenosos, lo que constituye el Terreno Guerrero, presentando en su contacto con el Terreno Sierra Madre una zona de cizalla intensa, frágil, dúctil de varios kilómetros de ancho.

En contraste, el Terreno Sierra Madre evoluciona en una margen continental, relativamente profunda, con una probable subsidencia continua y depósitos de carbonatos en la cuenca Mesozoica del centro de México, donde se depositó sobre un basamento asociado a la evolución del arco continental Triásico Superior-Jurásico Medio. Esta sedimentación está controlada por un sistema de fosas y pilares. Durante esa fase de deformación, el Terreno Guerrero fue levantado y deslizado sobre el Terreno Sierra Madre.

La tectónica de acreciones y de traslaciones en México, tiene profundas implicaciones para el estudio de la tectogénesis del sur de la Cordillera, debido a los amplios recursos minerales de México.



**Figura 6. Terrenos Tectonoestratigráficos de la República Mexicana**

### III.2 GEOLOGÍA LOCAL

Las rocas que afloran varían en edad del Cretácico Superior al Reciente. A continuación, en orden cronoestratigráfico se hace una descripción de las diferentes unidades litológicas para comprender los eventos geológicos, tectónicos y sedimentarios acaecidos en tiempo y espacio, y su relación con los procesos que originaron rocas y minerales como recursos potenciales del municipio.

### **Formación Las Trancas (JsAr-Lu).**

Segerstrom (1961) la nombró como Formación Las Trancas, al igual que Carrillo-Martínez y Suter, 1982. La unidad está representada por areniscas, lutitas y limonitas calcáreas de color gris oscuro con intercalaciones de caliza arcillosa parcialmente piritizada, con capas delgadas de grauvaca y pedernal. La unidad aflora en la población de Trancas, en Apesco y en La Ruda. Igualmente aflora al sur de la comunidad de La Monear y al suroeste de Milpas Viejas, todos ubicados en la parte sur de la población de Pacula.

Esta constituida por capas de arcosa de color gris verdoso, descansando sobre las arcosas se encuentra capas de grauvacas de color gris a pardo, continúa una alternancia de grauvacas y lutitas de color pardo amarillento. La parte superior se compone de capas de caliza de color gris oscuro. El espesor estimado es variable, sin embargo se reporta un espesor superior a los 1,000 m (Pérez, 1990).

Esta unidad sobreyace discordantemente a la Formación Cahuasas y subyace a las formaciones Santuario y El Doctor. Se le asigna una edad de Oxfordiano-Tithoniano

Desde el punto de vista geológico-minera, esta unidad indica la presencia de sulfuros, asociados a fallas y/o fracturas.

### **Formación El Doctor (Kace-Cz).**

En 1955 B. W. Wilson, J. P. Hernández, E. Meave T., estudiaron un banco calcáreo ubicando la localidad tipo en la población Doctor, dentro del municipio de Cadereyta, Qro. Este paquete calcáreo presenta 4 facies:

La facie San Joaquín está compuesta por calizas de color gris oscuro a gris claro, de textura mudstone, estratificación mediana a gruesa con nódulos de pedernal; la facie La Negra consiste de caliza de color gris oscuro a gris claro, de textura mudstone, estratificación delgada y con bandas de pedernal; la facie Socavón la caliza es de color gris claro, con un espesor de 1 m, de textura wakstone; y la facie Cerro Ladrón con caliza arrecifal de color gris claro en bancos gruesos, textura

greinstone, con microfósiles, rudistas y gasterópodos. El espesor aproximado es de 1,500 m. En el municipio aflora al suroeste de Milpas Viejas y al poniente de Santa María y La Mohonera, al sur de Pacula.

Sobreyace gradualmente a la Formación Santuario y subyace concordantemente a la Formación Soyatal-Mezcala, indiferenciadas. Se le asigna una edad del Albiano-Cenomaniano y se correlaciona de la siguiente manera:

Facie San Joaquín: con la Formación Tamaulipas Inferior. Facie La Negra: con la Formación Tamaulipas Superior. Facie Socavón: con la Formación Tamabra. Facie Cerro Ladrón: con la Formación El Abra.

Desde el punto de vista geológico-minero, esta unidad indica la presencia de mineralización de oro, plata, plomo y zinc, en la facie La Negra, en la facie Cerro Ladrón (subfacie de rudistas) se localizan los grandes bancos de minerales no metálicos (fosforita, mármol, caliza).

### **Formación Tamabra (KicZ).**

Heim (1940) designó con el término facies Tamabra a una secuencia de calizas ubicadas en la Sierra Madre Oriental incluyendo en ella a todas las capas subyacentes al horizonte *Inoceramus labiatus* de la región de Xilitla, S.L.P. y afirma que la Formación Tamaulipas de aguas profundas y la Formación El Abra de aguas someras, están intercaladas formando una roca híbrida. Está compuesta por calizas de color gris oscuro, con bandas de pedernal, estratificación de 40 a 80 cm y de brechas calcáreas. Tiene un espesor aproximado de 500 a 600 m. La unidad aflora en las comunidades de Milpas Viejas, Santa María y La Mohonera, al sur de Pacula. Subyace en forma concordante a las formaciones Agua Nueva y Soyatal del Cretácico Superior y de igual manera descansa sobre las formaciones Otates y Santuario. Es correlacionable con las formaciones Cuesta del Cura, El Abra y Tamaulipas Superior. Se le asigna una edad del Albiano-Cenomaniano.

Desde una visión geoeconómica, esta unidad calcárea puede ser utilizada como roca para agregados pétreos (cimientos, mampostería, grava, relleno de terracería y brechas).

### **Formación El Abra (KatCz).**

Heim (1926) describió por primera vez el término de Formación El Abra para un complejo calcáreo de tipo plataforma expuesto en el Cañón del Abra localizado 10 km al oriente de Cd. Valles, S. L. P. Posteriormente Carrillo B. J. (1971), identificó dos grandes facies una llamada Taninul que es la facie arrecifal y la otra llamada El Abra, correspondiente a la facie lagunar o post arrecifal. Asimismo, describió la facie pre-arrecifal, como equivalente a la Formación Tamabra.

Esta unidad aflora prácticamente en toda la extensión territorial del municipio Pacula, en las comunidades Rancho Nuevo, Canoas, Saucillo, Las Adjuntas, Potrerillos y San Francisco; en la porción central, norte y sur del municipio.

Litológicamente está formada por bancos gruesos de caliza, cuyos estratos varían en espesor de 0.5 a 6 m, con abundancia de conchas de rudistas, pelecípodos, miliolidos y restos biógenos indeterminados, en partes presenta cuerpos masivos de caliza de color gris claro y dolomía de igual color. Por su contenido faunístico tienen una edad definida dentro del Albiano-Cenomaniano y se le relaciona con las formaciones Cuesta del Cura y Tamaulipas.

Las calizas de esta formación son de gran importancia geoeconómica, ya que en la región de San Francisco, Jiliapan y El Frayle, la mineralización no metálica económica (fosforita) se encuentra alojada en la caliza con fósiles de rudistas.

### **Formación Soyatal-Mezcala (KsLu-Cz).**

El término Formación Soyatal fue propuesto por B.W. Wilson, P. Hernández y E. Meave, 1955; y Fries (1956) propuso la Formación Mezcala. El cambio vertical de las capas de la Formación Soyatal a Mezcala es gradual (Segerstrom, 1961), ya que la primera es más calcárea y la segunda es clástica.

Esta formación aflora al poniente de Milpas Viejas y al suroeste de San Francisco, al sur de Pacula.

Está formada por caliza de color gris oscuro, interestratificados con lutitas de color amarillo y marga de color pardo con tonos rojizos. El espesor no ha sido determinado con exactitud, ya que se encuentra plegada, presentando una repetición de estratos. Sin embargo se considera un espesor aproximado de 1,000 m.

Esta unidad sobreyace concordantemente a las formaciones El Doctor, El Abra, Tamabra, Tamaulipas Inferior y Superior. Subyace en forma discordante a la Formación Chicontepec. La edad de la Formación Soyatal es del Huroniano Superior y Coniaciano y de la Formación Mezcala sea del Santoniano, Campaniano y Maestrichtiano Inferior. Se correlaciona con la Formación Méndez y con las formaciones Tamasopo y Cárdenas que afloran en la plataforma Valles-San Luis Potosí.

Desde una perspectiva geológico-minera, esta unidad litológica sirve de sello a las soluciones mineralizadas, las cuales se encajonaron en rocas calcáreas del Cretácico Inferior. Por lo cual se considera una litología índice para su reconocimiento en campo.

#### **Formación Las Espinas (Tm-plA-B).**

Simona y Mapes V., (1957) definieron a rocas volcánicas cuya composición varía de andesita a basalto. De color gris a pardo al intemperismo y gris oscuro al fresco, de estructura fluidal en forma de bandeamientos. Forman pequeñas mesetas cubiertas por suelo de cultivo. La localidad tipo se localiza en el cerro Las Espinas, localizado al noroeste de Zimapán (Santa Gorgonia-San Pascual).

Esta formación aflora al sufriente de la comunidad La Monear, al sur de Pacula. Estas rocas se depositaron en forma de derrames en una topografía preexistente rellenando cuencas, como es el caso del municipio de Zimapán y de Pacula, cubriendo discordantemente rocas cretácicas y jurásicas. El espesor de estas rocas varía desde centímetros hasta 350 m.

Esta unidad sobreyace discordantemente al conglomerado Grupo El Morro. Se le asigna una edad de finales del Oligoceno hasta el Mioceno.

Desde una perspectiva geológico-minera, esta unidad litológica sirve de sello y encajona las vetas de oro, plata, plomo y zinc en el Distrito Minero Zimapán (Santa Gorgonia-San Pascual-SanJosé Maravillas), por lo cual se debe mapear a detalle dicha unidad.

### **Aluvión (Qal)**

El Cuaternario se caracteriza por extensos depósitos de material no consolidado, producto de la desintegración de rocas preexistentes, que cubren con varios metros de espesor, amplios valles y áreas aledañas a cauces de arroyos y ríos.

Está constituido por cantos rodados, grava, arena, limo, arcilla y carbonato de calcio. Estos depósitos se localizan en los márgenes de los arroyos y en las partes bajas de los valles del Altiplano Potosino. En el municipio aflora en la parte central y al norte.

## **IV. LOCALIDADES MINERALES**

(Ver Carta de Localidades Mineras, Pacula, escala 1:50,000 al final del texto).

En el municipio existen yacimientos de minerales metálicos, no metálicos, rocas dimensionables y agregados pétreos, con posibilidades de ser aprovechadas para generar derrama económica en la región.

Referente a los minerales metálicos, solamente se ubicaron dos localidades, actualmente abandonadas.

De los minerales no metálicos son 7 localidades que explotan fosforita y 2 de dolomita, sin explotar.

En lo que se refiere a las rocas dimensionables, se tiene una localidad de material calcáreo, para producir losetas rústicas, adoquines y laja para fachada.

En agregados pétreos existen localidades con posibilidades de ser explotados para producir bloques, grava y arena utilizados en la industria de la construcción.

En este informe se describen brevemente las localidades ubicadas y se hace una estimación de su potencial y sus perspectivas para generar proyectos productivos sustentables, que contribuyan al desarrollo socioeconómico del municipio.

### **IV.1 MINERALES NO METÁLICOS**

Los minerales no metálicos tienen buenas perspectivas, considerando que la superficie del municipio está constituida por rocas calcáreas y arcillosas.

La porción centro y sur del municipio se caracteriza por la existencia de roca caliza, lutita y aluvión; al oriente se tiene caliza; al poniente caliza y lutita; al norte por caliza; al surponiente caliza, lutita y arenisca; al suroriente caliza, lutita, andesita y basalto.

A continuación se presenta una relación de las 9 localidades ubicadas en el municipio:

**Tabla de localidades de Minerales No Metálicos, municipio Pacula, Hgo.**

ID	NOMBRE	SUSTANCIA	POTENCIAL	USOS
P-01	La Negra	Fosforita	24,000 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-02	La Curva	Fosforita	3,000 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-03	La Loma	Fosforita	6,300 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-04	Jiliapan	Fosforita	8,100 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-05	Llanito Redondo	Fosforita	18,000 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-06	Jiliapan 2	Fosforita	34,200 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-09	La Cuesta del Frayle	Fosforita	9,000 t	Fertilizante e industria cerillera.
P-15	El Divisadero	Dolomita Gris	400,000 m <sup>3</sup>	Siderurgia
P-18	Zimate	Dolomita Gris	500,000 m <sup>3</sup>	Siderurgia

Para uso práctico de este estudio, las localidades se agruparon de la siguiente forma:

### **FOSFORITA**

**P-01 La Negra, P-02 La Curva, P-03 La Loma, P-04 Jiliapan, P-05 Llanito Redondo, P-06 Jiliapan 2 y P-09 La Cuesta del Frayle (Fotografías 1 y 2).**

La fosforita se encuentra alojada en cavernas de la caliza de la Formación El Doctor, en su facie Cerro Ladrón. Caliza arrecifal de color gris oscuro al intemperismo y gris claro al fresco, de textura wackstone a mudstone.

En la caliza facie Cerro Ladrón, la subfacie más importante es:

Subfacie de rudista: Contiene numerosas biostromas de rudistas intercaladas entre estratos de caliza, y se localiza en la periferia de la caliza Cerro Ladrón. En ésta subfacie se localiza el depósito de fosforita de San Francisco y del Frayle.

De acuerdo a los procesos de disolución de la caliza (presencia de dolinas), se han unido varias dolinas, debido a la menor resistencia a la disolución de las calizas fosilíferas del biostroma. El mineral fosfórico se presenta en las siguientes formas:

- Dentro de la caliza fosilífera se observan lentes y nódulos de caliza de color oscuro, de textura mudstone y sin fósiles, que contienen un elevado porcentaje de pentóxido de fósforo.

- El mineral de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ) de mayor interés geo-económico es la fosforita de color negro, porosa y que se encuentra ocupando espacios entre la caliza fosilífera fragmentada. Alcanza la mayor concentración, alrededor del 42% en  $P_2O_5$ . Se puede hallar fragmentos de fluorita entre el material.
- Sobre la superficie de la caliza se observa el mineral fosfórico en forma de arena y/o arcilla.
- Por procesos de evaporación se han formado vetillas de fosforita blanca dentro de la arena o arcilla.

En la zona de estudio (San Francisco y El Frayle), la arena de fosforita de color negro aflora en la mina La Negra, Jiliapan y la roja en la periferia del mismo banco La Negra y en el Frayle. En el Frayle se observan diminutos pelets de color pardo conteniendo fósforo. Se colectaron 23 muestras, y el laboratorio reportó los resultados siguientes:

NOMBRE	$P_2O_5$ %	$Fe_2O_3$ %	$Al_2O_3$ %	Insolubles %	CaO %
<b>La Negra</b>	39.59	0.34	0.88	3.88	56.30
	43.93	0.15	0.71	0.68	57.87
	45.70	0.16	0.83	0.76	59.27
	51.05	0.09	0.77	2.42	57.37
	30.83	2.62	9.67	17.06	33.34
	28.44	2.67	13.77	13.12	35.88
<b>La Curva</b>	34.56	1.36	5.42	6.34	45.51
	30.25	1.61	6.62	10.52	40.26
<b>La Loma</b>	29.95	2.29	7.88	10.84	40.01
<b>Jiliapan</b>	18.47	4.40	15.64	27.60	22.01
	22.48	1.40	5.19	10.98	43.81
<b>Llanito Redondo</b>	36.29	0.75	2.17	6.52	50.36
	18.51	3.52	9.83	31.08	25.83
	9.37	4.51	13.47	42.50	15.53
<b>Jiliapan 2</b>	36.75	1.52	5.31	8.92	46.24
	22.15	3.87	13.79	22.04	27.25
	46.65	0.59	1.40	2.18	55.25
	45.57	0.26	0.93	3.26	54.87
	43.29	0.93	2.97	4.76	52.44
<b>La Cuesta del Frayle</b>	38.57	1.76	6.09	8.30	44.76
	44.37	0.52	1.43	4.60	50.42
	46.15	0.50	1.97	2.78	53.04
	41.97	1.05	3.59	4.68	49.61

La estimación de potencial geológico es difícil debido a las condiciones erráticas e irregularidad de los pozos realizados, el espesor de la arena fosfórica es variable y no se conoce la profundidad real de la fosforita.

Para la estimación de potencial, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: Peso Específico= 1.5, Espesor Promedio del Horizonte en cada nivel= 6 m; Área= de cada banco.

De acuerdo a lo anterior, se realizó una estimación preliminar en los siete bancos que explotan fosforita: La Negra, 24,000 toneladas, con ley promedio de 39.92% de  $P_2O_5$ ; La Curva, 3,000 toneladas, con ley promedio de 32.40% de  $P_2O_5$ ; La Loma, 6,300 toneladas, con ley promedio de 29.95% de  $P_2O_5$ ; Jiliapan, 8,100 toneladas, con ley promedio de 20.47% de  $P_2O_5$ ; Llanito Redondo, 18,000 toneladas, con ley promedio de 32.08% de  $P_2O_5$ ; Jiliapan 2, 34,200 toneladas, con ley promedio de 38.88% de  $P_2O_5$  y La Cuesta del Frayle, 9,000 toneladas, con ley promedio de 42.76% de con ley promedio de 39.92% de  $P_2O_5$ .

Se estimó un potencial total de 102,600 toneladas, con una ley promedio general de 33.78% de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ).

Los tajos en explotación alimentan la planta instalada en la ciudad de Zimapán, que tiene una capacidad de molienda de 900 ton/día de fosforita, propiedad de Minerales Industriales, S.A. de C.V., dando ocupación laboral a 10 personas. El material fosfórico es utilizado para producir fertilizante para la agricultura y para la industria cerillera.

Los bancos visitados se trabajan en forma rudimentaria y sin técnica adecuada (no se banca adecuadamente). Los dueños y trabajadores de los tajos, deben aplicar métodos de explotación de banqueo.

Para continuar e incrementar la explotación y producción de mineral de fosforita, es necesario explorar hacia zonas de caliza fosilífera.



Fotografía 1. Explotación por método de banqueo de fosforita en el Tajo La Negra.



Fotografía 2. Detalle de la caverna conteniendo fosforita en la mina La Curva.

## DOLOMITA GRIS

### P-15 El Divisadero y P-18 Zimate (Fotografía 3).

Se ubicaron dos localidades conteniendo dolomita. La roca receptora de la mineralización es caliza de color gris claro al intemperismo y gris oscuro al fresco, de textura wackstone, con huellas de disolución y lentes de pedernal negro. No se observa estratificación definida. Se trata de dos pequeños socavones de poca dimensión, y labrados en caliza. Se colectaron 3 muestras, dando los siguientes resultados:

NOMBRE	CaCO <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgCO <sub>3</sub> %	Insolubles %	P x C %
El Divisadero	50.12	0.73	47.11	1.44	46.63
Zimate (Z-102A y 102B)	32.89	0.054	55.541	0.69	45.79
	32.89	0.092	52.141	0.92	45.63

También se realizó análisis por el paquete de aluminosilicatos a la muestra P-15, dando los siguientes valores:

NOMBRE	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	CaO %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	K <sub>2</sub> O %	MgO %	Na <sub>2</sub> O %	SiO <sub>2</sub> %
El Divisadero	0.46	28.08	0.73	0.20	22.52	0.25	0.98

En la localidad Zimate se realizó análisis por difracción de rayos x a la muestra Z-102B, identificando los siguientes minerales: dolomita, cuarzo, calcita, hidromagnesita, hematita y pirita.

En la mina El Divisadero y Zimate se estimó un potencial geológico del orden de 400,000 m<sup>3</sup> y 500,000 m<sup>3</sup>, respectivamente; haciendo un gran total de 900,000 m<sup>3</sup>. Prácticamente el material se encuentra como arena y en polvo, las dos minas se encuentran abandonadas. La dolomita es útil para la industria siderúrgica y en los fertilizantes, por lo cual se recomienda su aprovechamiento como tal y no como arena para la construcción.



Fotografía 3. Bocamina de la localidad El Divisadero, en donde se extrajo dolomita.

## IV.2 AGREGADOS PÉTREOS

Los agregados pétreos tienen buenas perspectivas, considerando que la superficie del municipio está constituida principalmente por rocas calcáreas susceptibles para producir depósitos de grava, arena y roca. A continuación se presenta una relación en tabla de las 6 localidades ubicadas.

**Tabla de localidades de Agregados Pétreos, municipio Pacula, Hgo.**

ID	NOMBRE	SUSTANCIA	POTENCIAL	USOS
P-07	Terrero La Negra	Caliza (Grava y Arena)	450,000 m <sup>33</sup>	Construcción
P-08	Terrero Jiliapan	Caliza (Grava y Arena)	200,000 m <sup>3</sup>	Construcción
P-11	Cerro Prieto	Caliza (Grava y Arena)	300,000 m <sup>3</sup>	Construcción
P-12	Milpas Viejas	Caliza (Grava)	225,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento
P-13	La Puerta	Lutita y Caliza	50,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento
P-17	La Pedrera Roja	Caliza (Grava)	100,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento

Para efectos de este estudio se agrupan de la siguiente forma:

### **CALIZA (Grava y Arena)**

**P-07 Terrero La Negra, P-08 Terrero Jiliapan, P-11 Cerro Prieto, P-12 Milpas Viejas y P-17 La Pedrera Roja (Fotografía 4 y 5).**

Caliza de color gris oscuro al intemperismo y gris claro al fresco, fracturada, con huellas de disolución, textura wackstone, con vetillas de calcita y lentes de pedernal. El espesor del estrato es de 30 cm a 1m, de delgada a mediana. En la localidad Cerro Prieto, Milpas Viejas y La Pedrera Roja, la caliza presenta plegamiento, se expone muy fracturada y no ha sido explotada. En las localidades Milpas Viejas y La Pedrera, se han explotado parcialmente para el revestimiento de caminos. Se colectaron dos muestras de Terrero La Negra y Terrero Jiliapan, las cuales son la rezaga de la caliza al cavar y sacar de las cavernas, la fosforita. El laboratorio reporta los siguientes resultados de las 2 muestras colectadas:

NOMBRE	CaCO <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgCO <sub>3</sub> %	Insolubles %	P x C %
Terrero La Negra	89.06	0.16	0.57	2.10	39.46
Terrero Jiliapan	95.12	0.07	0.48	2.38	42.08

Se estimó un potencial geológico de 450,000 m<sup>3</sup>, 200,000 m<sup>3</sup>, 300,00 m<sup>3</sup>, 225,000 m<sup>3</sup> y 100,000 m<sup>3</sup>, respectivamente; haciendo un gran total de 1'275,000 m<sup>3</sup> de material pétreo.

El material es utilizado en la industria de la construcción como grava y arena, como piedra para mampostería; además puede servir para el revestimiento de caminos de terracería y brechas. Se debe aprovechar el material calcáreo que se obtiene al extraer la fosforita (Terrero La Negra y Terrero Jiliapan), para producir agregados pétreos. Los resultados del muestreo avalan buenos valores en carbonato de calcio, y así dar un valor agregado al material y no contamine el medio ambiente.



Fotografía 4. Vista del Terrero La Negra con material calcáreo.



Fotografía 5. Detalle de la caliza plegada en la localidad Cerro Prieto.

## **CALIZA LAMINAR Y LUTITA**

### **P-13 La Puerta (Fotografía 6).**

Caliza laminar de color pardo amarillento, con intercalaciones de lutita deleznable, fracturado. Debido al intenso fracturamiento de la roca y de los fragmentos que se deriva al explotarlo, el material ha sido ocupado por los habitantes de la comunidad solamente para el relleno de caminos.

En la localidad visitada y ubicada a pie de camino, se estimó un volumen de 50,000 m<sup>3</sup> de material útil para el relleno y revestimiento de caminos de terracería y brechas de las comunidades y ejidos.



Fotografía 6. Banco de caliza laminar y lutita en la localidad La Puerta.

### IV.3 ROCAS DIMENSIONABLES

En el municipio se localizó una localidad de roca para dimensionar. A continuación se presenta una relación en tabla, de la localidad de roca dimensionable que se describe en este subcapítulo.

**Tabla de localidad de Roca Dimensionable, municipio Pacula, Hgo.**

ID	NOMBRE	SUSTANCIA	POTENCIAL	USOS
P-16	Laja Roja	Caliza laminar	300,000 m <sup>3</sup>	Construcción

#### **CALIZA LAMINAR**

##### **P-16 Laja Roja (Fotografía 7).**

Afloramiento de caliza laminar de color gris al intemperismo con tonalidades rojizas y gris oscuro al fresco en la localidad Laja Roja. El material se encuentra a pie y está cortada a rumbo de camino.

En la localidad Laja Roja se estimó un potencial geológico del orden de 300,000 m<sup>3</sup>. La laja no ha sido aprovechada comercialmente, solamente lo han utilizado para delimitar terrenos, por lo cual se recomienda explotarla para su utilización como loseta rústica en fachada de casas.

Asimismo se podría utilizar el material fracturado y la pedacería de la rezaga, para el revestimiento de caminos de terracería y brechas de las comunidades cercanas..



Fotografía 7. Banco de caliza laminar (laja) en la localidad Lajas Rojas.

#### IV.4 MINERALES METÁLICOS

La mineralización de oro, plata, plomo y zinc se encuentra generalmente dentro de la Formación El Doctor y la Formación Soyatal-Mezcala.

La porción oriente y suroriente del municipio se caracteriza por la presencia de caliza, caliza arcillosa, lutita y arenisca.

A continuación se presenta una tabla de las 2 localidades ubicadas.

**Tabla de localidades de Minerales Metálicos, municipio Pacula, Hgo.**

ID	NOMBRE	SUSTANCIA	POTENCIAL	USOS
P-10	El Aguacatito	Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn.	-	Joyería, Acero, Química.
P-14	El Mirador	Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Fe, Mn.	-	Joyería, Acero, Química.

Para uso práctico de este estudio, las localidades se agruparon de la siguiente forma:

#### **ORO, PLATA, PLOMO, ZINC, COBRE, FIERRO Y MANGANESO**

##### **P-10 El Aguacatito y P-14 El Mirador (Fotografía 8).**

La roca encajonante es la caliza de la Formación El Doctor, asociado a lutita de la Formación Soyatal-Mezcala. La caliza es de color gris oscuro al intemperismo y gris claro al fresco, estrato delgado a mediano, textura wackstone. La lutita es delgada con intercalaciones de caliza laminar, de color amarillento. La estructura que se observa en los pozos azolvados son de forma vetiforme, con un rumbo NW 58° SE y echado de 71° al SW en la mina El Aguacatito. Ambas minas se encuentran inactivas y abandonadas, por lo cual no se estimó potencial.



Fotografía 8. Pozo labrado en caliza, asociado a pizarra. Localidad El Aguacatito.

A continuación se presenta una tabla general de las localidades minerales ubicadas en el municipio Pacula, Hgo.

**TABLA GENERAL DE LOCALIDADES MINERALES DEL MUNICIPIO PACULA, HGO.**

ID	NOMBRE	UTM-X	UTM-Y	SUSTANCIA	POTENCIAL	USOS	ACCESO DESDE PACULA
P-01	La Negra	2319019	463603	Fosforita	24,000 t	Fertilizante	34 km de terracería
P-02	La Curva	2316840	462594	Fosforita	3,000 t	Fertilizante	40 km de terracería
P-03	La Loma	2317367	461921	Fosforita	6,300 t	Fertilizante	37 km de terracería
P-04	Jiliapan	2317459	462943	Fosforita	8,100 t	Fertilizante	35 km de terracería
P-05	Llanito Redondo	2317511	461330	Fosforita	18,000 t	Fertilizante	44.5 km de terracería
P-06	Jiliapan 2	2317518	463709	Fosforita	34,200 t	Fertilizante	38 km de terracería
P-07	Terrero La Negra	2318365	463689	Caliza	450,000 m <sup>3</sup>	Construcción	33 km de terracería
P-08	Terrero Jiliapan	2317864	464161	Caliza	200,000 m <sup>3</sup>	Construcción	31 km de terracería
P-09	La Cuesta del Frayle	2316965	462824	Fosforita	9,000 t	Fertilizante	37 km de terracería
P-10	El Aguacatito	2309971	462026	Au, Ag, Pb, Cu.	-	Joyería, Química	42 km de terracería
P-11	Cerro Prieto	2311092	462312	Caliza	300,000 m <sup>3</sup>	Construcción	38 km de terracería
P-12	Milpas Viejas	2316091	464605	Caliza	225,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento	18 km de terracería
P-13	La Puerta	2320395	467635	Lutita y Caliza	50,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento	10 km de terracería
P-14	El Mirador	2310980	465048	Au, Ag, Pb, Cu.	-	Joyería, Química	32.2 km de terracería
P-15	El Divisadero	2311203	464976	Dolomita Gris	400,000 m <sup>3</sup>	Siderurgia	31.8 km de terracería
P-16	Lajas Rojas	2307902	465973	Caliza laminar	300,000 m <sup>3</sup>	Construcción	33 km de terracería
P-17	La Pedrera Roja	2307727	466095	Caliza	100,000 m <sup>3</sup>	Revestimiento	33.5 km de terracería
Z-102	Zimate	2315656	475424	Dolomita Gris	500,000 m <sup>3</sup>	Siderurgia	51 km de carretera y 48 km de terracería.

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Los recursos minerales de este municipio son principalmente localidades de minerales no metálicos (fosforita y dolomita) y agregados pétreos para la industria de la construcción y revestimiento de caminos (como son la grava, arena, roca para construcción y para revestimiento), de roca dimensionable (caliza laminar) y yacimientos de minerales metálicos, con dos minas antiguas abandonadas conteniendo manifestaciones de oro, plata, plomo, zinc y cobre.

### **V.1. MINERALES NO METÁLICOS**

Se ubicaron nueve localidades, de las cuales 7 son de fosforita y dos de dolomita. Estos bancos reúnen características favorables para una adecuada explotación ya que tienen aceptación en el mercado local, estatal y con posibilidades de mercado en otros estados, así como para exportación.

#### **Fosforita:**

Se realizó una estimación preliminar en los siete bancos que explotan fosforita: La Negra, 24,000 toneladas; La Curva, 3,000 toneladas; La Loma, 6,300 toneladas; Jiliapan, 8,100 toneladas; Llanito Redondo, 18,000 toneladas; Jiliapan 2, 34,200 toneladas y La Cuesta del Frayle, 9,000 toneladas.

Se estimó un potencial total de 102,600 toneladas, con una ley promedio general de 33.78% de pentóxido de fósforo ( $P_2O_5$ ). El material es utilizado como fertilizante para la agricultura y en la industria cerillera. Se recomienda continuar e incrementar la explotación de fosforita, trabajando por el método de banqueo y explorando hacia las calizas que contengan fósiles (rudistas).

Los tajos en explotación alimentan la planta instalada en la ciudad de Zimapán que tiene una capacidad de molienda de 900 ton/día de fosforita, propiedad de Minerales Industriales, S.A. de C.V., ocupando a 10 personas.

**Dolomita Gris:**

En la mina El Divisadero y Zimate se estimó un potencial geológico del orden de 400,000 m<sup>3</sup> y 500,000 m<sup>3</sup>, respectivamente; haciendo un gran total de 900,000 m<sup>3</sup>. Prácticamente el material se encuentra como arena y en polvo, las dos minas se encuentran abandonadas. La dolomita es útil para la industria siderúrgica y en los fertilizantes, por lo cual se sugiere rehabilitar las minas, para su aprovechamiento como tal y no como arena para la construcción.

En todos los casos se recomienda un estudio de mercado, para conseguir inversionistas, locales, nacionales y/o extranjeros; además se debe dar apoyo y asesoría técnica a los trabajadores locales en técnicas de explotación de tajo, bancos y de interior de mina, tratando de ocasionar el menor deterioro ecológico y cuidando la integridad humana, para el mejor aprovechamiento de sus recursos.

**V.2. AGREGADOS PÉTREOS**

Se localizaron 6 localidades de caliza para producir grava y arena, además de una localidad de caliza laminar y lutita.

**Caliza (Grava y Arena):**

Se ubicaron cinco localidades (Terrero La Negra, 450,000 m<sup>3</sup>; Terrero Jiliapan, 200,000 m<sup>3</sup>; Cerro Prieto, 300,000 m<sup>3</sup>; Milpas Viejas, 225,000 m<sup>3</sup> y La Pedrera Roja, 100,000 m<sup>3</sup>.) de roca caliza, estimándose un volumen total de 1'750,000 m<sup>3</sup>.

La caliza se presenta fracturada, por lo cual se recomienda triturar para utilizarlo como grava y producir arena de diferentes diámetros para la industria de la construcción. La pedacería resultante podría usarse para el revestimiento de caminos de terracería y brechas.

**Caliza Laminar y Lutita:**

Caliza laminar con intercalaciones de lutita deleznable. Debido al intenso fracturamiento de la roca y de los fragmentos que se deriva al explotarlo, el

material ha sido ocupado por los habitantes de la comunidad solamente para el relleno de caminos.

En la localidad visitada y ubicada a pie de camino, se estimó un volumen de 50,000 m<sup>3</sup> de material útil para el relleno y revestimiento de caminos de terracería y brechas de las comunidades y ejidos.

De acuerdo al reconocimiento realizado en este municipio, se recomienda un estudio de mercado, para conseguir inversionistas locales, nacionales y/o extranjeros; además debe darse apoyo y asesoría técnica a los campesinos y ejidatarios locales en técnicas de explotación de bancos, tratando de no ocasionar deterioro ecológico y optimizando la explotación de agregados pétreos.

### **V.3. ROCAS DIMENSIONABLES**

Se ubicó una localidad de caliza laminar. Actualmente no se lleva a cabo la explotación de la laja, por lo que la localidad está inactiva.

#### **Caliza Laminar (Laja):**

En la localidad Laja Roja, se estimó un potencial geológico del orden de 300,000 m<sup>3</sup>. La laja no ha sido aprovechada comercialmente, por lo que se recomienda explotarla para su utilización como loseta rústica en fachada de casas. Asimismo se podría utilizar el material fracturado y la pedacería para el revestimiento de caminos de terracería y brechas.

La roca dimensionable en sus distintas estructuras, texturas y colores, es utilizado en la industria de la construcción para decoración, en pisos, fachadas y columnas. Por lo cual se recomienda, dar apoyo técnico para optimizar la explotación de esta roca y que se pudiera generar una producción regular, para el continuo desarrollo económico en parte de la población del municipio.

#### **V.4. MINERALES METÁLICOS**

Se ubicaron dos minas, que actualmente se hallan azolvadas y abandonadas.

##### **Oro, plata, plomo, zinc, cobre y fierro:**

Las dos localidades que se ubicaron en el municipio se encuentran inactivas y azolvadas. En la localidad El Aguacatito se carece de camino de acceso, y en la mina El Mirador, el pozo se encuentra azolvado. Se recomienda rehabilitar el acceso al interior de mina para conocer el comportamiento de la estructura mineralizada y coleccionar muestra. Por lo cual, no se estimó potencial geológico.

De acuerdo al reconocimiento realizado en este municipio, se recomienda un estudio de mercado, para conseguir inversionistas locales, nacionales y/o extranjeros; además debe darse apoyo y asesoría técnica a los campesinos y ejidatarios locales en técnicas de explotación de tajo, bancos y de interior mina, tratando de no ocasionar deterioro ecológico, optimizando la explotación de minerales no metálicos, agregados pétreos y rocas dimensionables, cuidando la integridad humana para el mejor aprovechamiento de sus recursos, manteniendo e incrementando la plantilla de trabajo, para un continuo desarrollo económico en parte de la población del municipio.

## BIBLIOGRAFÍA

Campa, M. F. Coney, P. J., 1983, ***Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in México***: Canadian Journal of Earth of Science, v. 20, p. 1040-1051.

Carrillo, B. J., 1971, ***La Plataforma Valles-San Luis Potosí***, Boletín No. XXIII, Números 1-6 de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros.

Carrillo, M. y Sutter M., 1982, ***Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hgo. y Querétaro.***, Libro guía de la excursión geológica a la región de Zimapán, áreas circundantes Estado de Hidalgo y Querétaro, Sociedad Geológica Mexicana. 6ª. Convención Nacional pp. 1-26.

Consejo de Recursos Minerales, 1972, ***Informe sobre la Visita efectuada a la Zona Fosforítica de San Francisco, Mpio. de Pacula, Estado de Hidalgo***, Publicación C.R.M. Archivo Técnico.

Consejo de Recursos Minerales, 1992, ***Monografía Geológica Minera del Estado de Hidalgo***, Publicación C.R.M.

Consejo de Recursos Minerales, 1997, ***Informe de la Carta Geológica-Minera y Geoquímica Pacuca F14-11***. Publicación C.R.M.

Consejo de Recursos Minerales, 2001, ***Informe de la Carta Geológica-Minera y Geoquímica San Nicolás F14-C59***. Publicación C.R.M.

Gobierno del Estado de Hidalgo, 2006, ***Enciclopedia de los Municipios de México. Pacula, Hgo.*** Publicación Internet.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI, 1998), Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1992), ***Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo.***

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, (INEGI, 2005), ***II Censo de Población y Vivienda 2005 en el Estado de Hidalgo.***

Ortega Gutiérrez F., 1991, ***Provincias Geológicas de México, Cap. VI del Texto Explicativo de la Quinta Edición de la Carta Geológica de la República Mexicana.*** UNAM, Instituto de Geología.

Simons F. Mapes E., 1957, ***Geología y Yacimientos Minerales del Distrito Minero de Zimapán, Hgo.*** Instituto Nacional de Investigaciones de Recursos Minerales. Bol. 40, 282 p.



**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO  
FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**



**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS  
MINERALES DEL MUNICIPIO  
PACULA, ESTADO DE HIDALGO.**

**ANEXO I**

**FICHAS PARA EL INVENTARIO FÍSICO  
DE LOS RECURSOS MINERALES DEL MUNICIPIO  
PACULA, HGO.**

ELABORÓ: ING. JAVIER SOLANA LÓPEZ

MARZO 2008



**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO  
FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**



**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS  
MINERALES DEL MUNICIPIO  
PACULA, ESTADO DE HIDALGO.**

**ANEXO II**

**RESULTADOS DE ESTUDIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS**

ELABORÓ: ING. JAVIER SOLANA LÓPEZ

MARZO 2008