



SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO
FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO



**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS
MINERALES DEL MUNICIPIO
AMATEPEC, ESTADO DE MÉXICO**

ENERO, 2006

**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO
FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**

**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS
MINERALES DEL MUNICIPIO
AMATEPEC, ESTADO DE MÉXICO**

ELABORÓ: ING. FELIX UBALDO ALARCÓN LÓPEZ
REVISÓ: M. en C. JOSÉ DE JESÚS PARGA PÉREZ
SUPERVISÓ: ING. FERNANDO CASTILLO NIETO

ENERO, 2006

INDICE

| | Página |
|--|---------------|
| I. GENERALIDADES | 1 |
| I.1. Introducción | 1 |
| I.2. Objetivo | 3 |
| | |
| II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO | 4 |
| II.1. Localización y Extensión..... | 4 |
| II.2. Vías de Comunicación y Acceso | 4 |
| II.3. Fisiografía | 7 |
| II.4. Hidrografía | 11 |
| | |
| III. MARCO GEOLÓGICO..... | 14 |
| III.1. Geología Regional | 14 |
| III.2. Geología Local | 22 |
| | |
| IV. YACIMIENTOS MINERALES..... | 28 |
| IV.1. Agregados Pétreos..... | 28 |
| IV.2. Yacimientos de Minerales Metálicos | 32 |
| IV.3. Minerales No Metálicos | 36 |
| IV.4. Rocas Dimensionables | 60 |
| | |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 62 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 66 |

ANEXO I. Fotografías del quemado de briquetas de las muestras de arcilla.

ANEXO II. Fichas de campo, descriptivas de las localidades estudiadas.

I. GENERALIDADES

I.1. Introducción

Es de gran importancia para el estado de México, contar con información geológica minera actual, con un enfoque directo a la exploración, de recursos minerales metálicos, minerales no metálicos, rocas dimensionables y agregados pétreos en cada uno de los municipios del estado. En el año 2005 el Director General del Fideicomiso de Fomento Minero (FIFOMI), junto con el Director General del Servicio Geológico Mexicano (SGM) establecieron las bases de un segundo convenio para el desarrollo del **Inventario Físico de los Recursos Minerales Municipales**, fundamentalmente en algunas localidades comprendidas en tres municipios del estado de México, con una superficie global de 1,971.36 Km², para que puedan ser promovidos los trabajos geológico mineros, con diferentes inversionistas para la explotación de los recursos resultantes.

El inicio de los trabajos de estos Inventarios, se autorizó por FIFOMI hasta el mes de abril de 2005 por lo que la contratación de personal se realizó durante dicho mes, fecha, en que se firmaron los contratos con prestadores de servicios para complementar al personal que desarrollaría estos trabajos.

El inventario del municipio Amatepec, motivo de este informe, al igual que el de los demás municipios mencionados, se realizó tomando como base la geología levantada con anterioridad por el Consejo de Recursos Minerales en el estado de México, de la cual se extrajo exclusivamente la geología de los municipios (ver Carta Geológica del Municipio Amatepec, Edo. de México, escala 1: 100,000, al final del texto) que se relacionó con la geología local observada en las visitas de los geólogos encargados de este estudio.

También se integró a los planos del actual estudio, la ubicación y descripción de los yacimientos y prospectos levantados y mapeados anteriormente durante el levantamiento de la geología, para enriquecer la información de las localidades en

cada municipio, sin necesidad de levantarlas y describirlas nuevamente (ver Carta de Yacimientos Minerales del Municipio Amatepec, Edo. de México, escala 1: 100,000, al final del texto).

Con objeto de que la información sea completa al desarrollar estudios posteriores en algunas localidades que así lo ameriten, se incluye el levantamiento magnético realizado con anterioridad por el Consejo de Recursos Minerales, que podrá ayudar a interpretar las condiciones del subsuelo relacionadas con posibles yacimientos a profundidad y superficiales (ver Carta Magnética del Municipio Amatepec, Edo. de México, escala 1:100,000, al final del texto).

Los municipios señalados para desarrollar este inventario son:

ESTADO DE MÉXICO

| | |
|--|--------------------------------|
| 1.- Municipio Amatepec, con superficie de | 624.94 Km² |
| 2.- Municipio Temascaltepec con superficie de | 547.50 Km ² |
| 3.- Municipio Tlatlaya con superficie de | 798.92 Km ² |
| TOTAL | 1,971.36 Km² |

I.2. Objetivo

El principal objetivo que se persigue con el presente trabajo, es difundir el conocimiento de la geología y los recursos minerales 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, así como 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 la industria minera y para el desarrollo urbano.
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 gente local evitando la emigración.
4. Contribuir al desarrollo de la minería social.

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

II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO

II.1. Localización y Extensión

El Municipio Amatepec, cuya cabecera lleva el mismo nombre, se localiza en la región suroeste del Estado de México. Tiene una superficie de 624.9 Km² (INEGI, 2001), equivalente al 2.78% de la superficie total de la entidad que es de 22,500 Km.²

La cabecera del municipio se ubica a los 18°41' latitud norte y a los 100°11' longitud oeste, tiene una altitud promedio de 1,800 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2004). Sus colindancias con municipios del mismo estado son: al norte con Tejupilco, al oriente con Sultepec y al sur con Tlatlaya. Al poniente y en su extremo suroriental limita con el Estado de Guerrero (ver Figura 1).

La población del municipio Amatepec al 14 de febrero del año 2002, estaba constituida por 30,141 habitantes, 14,513 pertenecientes al sexo masculino y 15,638 al femenino (INEGI, 2004).

II.2. Vías de Comunicación y Acceso

Actualmente el municipio Amatepec está muy bien comunicado con carreteras estatales pavimentadas, a partir de las cuales se desprenden caminos de terracería y brechas que comunican a las diferentes poblaciones del municipio. La carretera estatal No. 8, comunica la cabecera municipal con la ciudad de Tejupilco al norte, lugar por donde pasa la carretera federal 134 que va de Toluca, Mex., a Zihuatanejo, Gro. Hacia el sur la carretera No. 8, también comunica con los poblados de Tlatlaya, Santa Ana Zicatecoyan y San Antonio del Rosario, donde continúa hasta entroncar con la carretera federal No. 51, dentro del vecino estado de Guerrero, carretera que parte de la ciudad de Iguala rumbo a Altamirano, pasando por Teloloapan y Arcelia. La carretera estatal No. 2 comunica Salitre de Palmarillos, San Francisco y San Pedro Limón y la carretera estatal No. 11, comunica Palmar Chico con Palmar Grande. Amatepec está comunicado también con el municipio Sultepec, por medio de una carretera parcialmente pavimentada.

La mayoría del resto de las poblaciones dentro del municipio están comunicadas por brechas transitables todo el año y caminos de herradura.

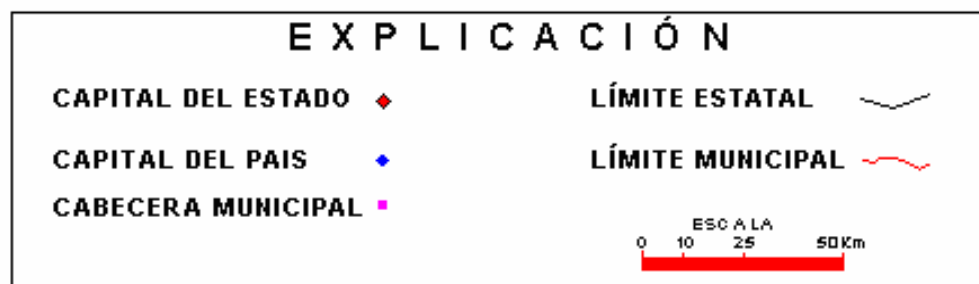


Figura 1. Mapa de localización del Municipio Amatepec, Estado de México.

El acceso a este municipio es principalmente a partir de la carretera federal No. 134 (Figura 2), que parte de la ciudad de Toluca rumbo a Zihuatanejo y que pasa por las poblaciones de Temascaltepec, Tejupilco, Los Cuervos y Bejucos, esta última localidad cercana a los límites con el Estado de Guerrero. A partir de Tejupilco se desprende la carretera estatal No. 8, que llega a Amatepec y continúa al sur por Tlatlaya. En Los Cuervos parte hacia el sur la carretera estatal No. 2, que pasa por Salitre de Palmarillos para seguir hacia el sur rumbo a San Pedro Limón, municipio de Tlatlaya. Del Salitre de Palmarillos se desprende un ramal hacia el suroeste que pasa por Palmar Chico y continúa hasta Barranca de Quimichatenco. A partir de Bejucos sigue hacia el sur la carretera estatal No. 11, que pasa por Palmar Chico y Palmar Grande.

II.3. Fisiografía

El municipio Amatepec, queda por completo dentro de la subprovincia fisiográfica llamada “Depresión del Balsas” (Figura 3), perteneciente a la Provincia Sierra Madre del Sur (INEGI, 2001).

Esta subprovincia es una región con relieve abrupto y los rasgos más importantes están representados por las sierras de Amatepec y La Goleta, originadas por procesos de rejuvenecimiento ocurridos en el Terciario. Estas sierras están orientadas burdamente con dirección norte-sur, separadas por una franja de rocas metamórficas antiguas de relieve contrastante, caracterizada por lomeríos de poca pendiente. El relieve máximo entre esta zona es de 1,600 metros.

La morfología en esta región es un reflejo de la variedad litológica. Los lomeríos arredondados, fuertemente disectados por los arroyos, corresponden a las secuencias vulcanosedimentaria y calcárea metamorfoseadas, las elevaciones y escarpes abruptos son la expresión de rocas volcánicas (Fotografía 1).

La erosión se encuentra en una etapa madura, parcialmente rejuvenecida por levantamientos tectónicos. Esta región de la subprovincia “Depresión del Balsas”,

presenta una morfología caracterizada por rocas plegadas, falladas e intrusionadas por diques y troncos (Mendoza y Salazar, 1983).

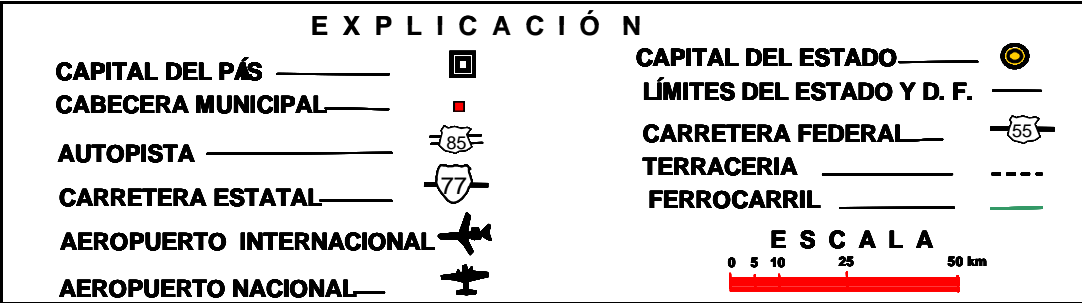
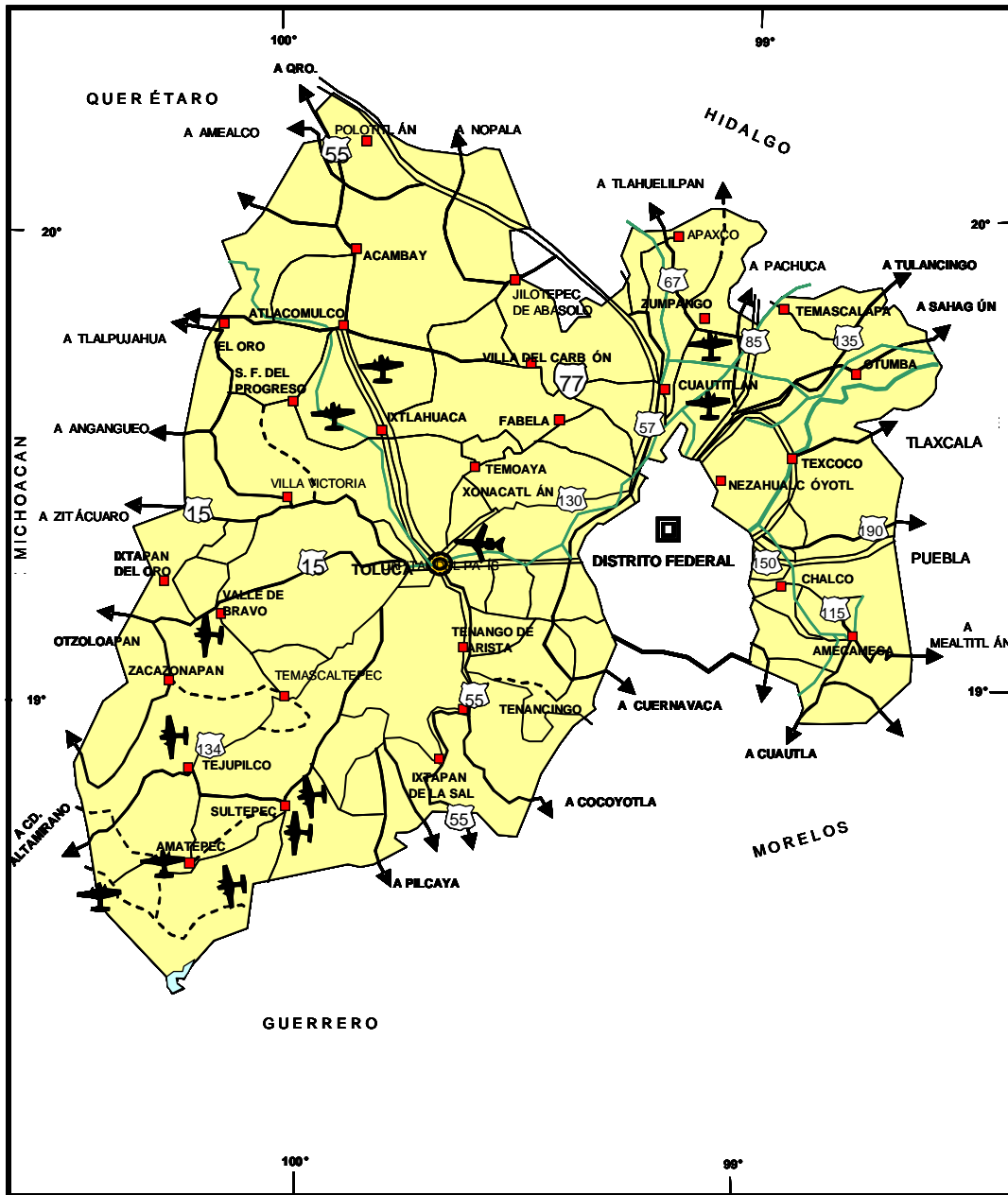


Figura 2. Principales vías de comunicación del Estado de México.

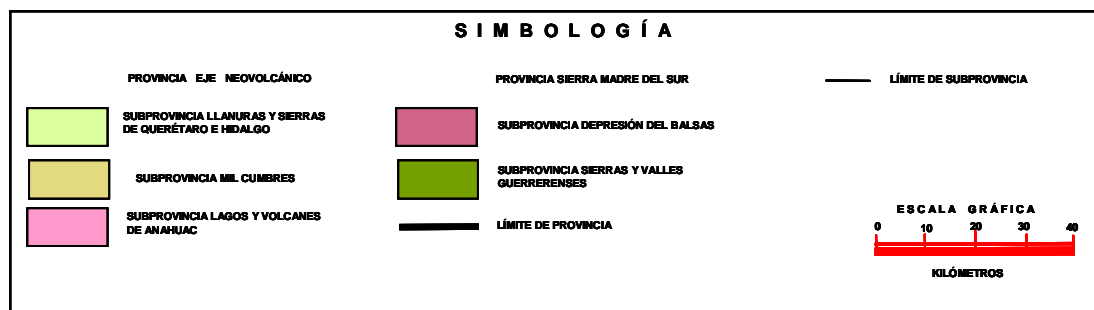


Figura 3. Provincias fisiográficas del Estado de México.



Fotografía 1. Monolitos en la Formación Balsas. Norte del Valle del Río Matus.

II.4. Hidrografía

La red hidrográfica de este municipio pertenece a la zona del Río Balsas. En general el patrón hidrográfico principal es radial, pero en detalle muestra patrones dendríticos subparalelos y en ocasiones asimétricos. A partir de la cabecera del municipio, se pueden distinguir dos vertientes principales: una queda comprendida dentro de la región hidrológica H18, en la que los arroyos drenan hacia el norte para desembocar en el Río San Felipe, que sirve de límite entre los municipios Amatepec y Tejupilco, el cual desemboca con el nombre de Río Bejucos en el Río Cutzamala y la otra dreña al sureste y al sur, pertenece a la cuenca hidrológica C (Figura 4), y los arroyos que la forman vierten sus aguas en el Río Sultepec, que descarga sus aguas en la Presa Vicente Guerrero para luego desembocar, con el nombre de Río Palos Altos, en el Río Balsas.

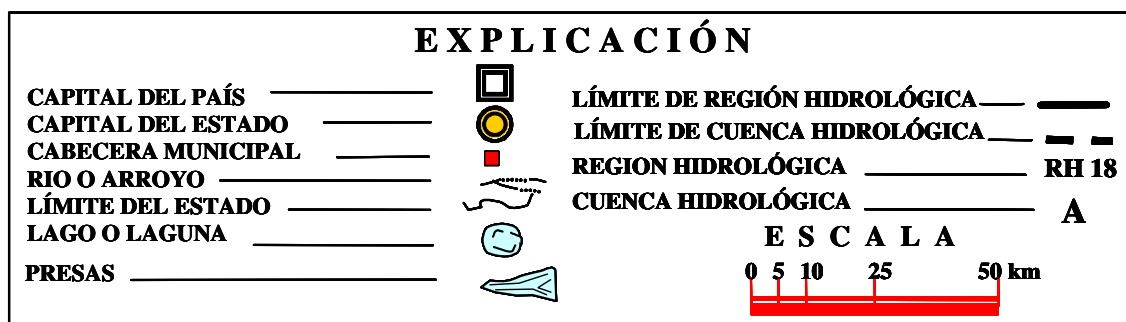
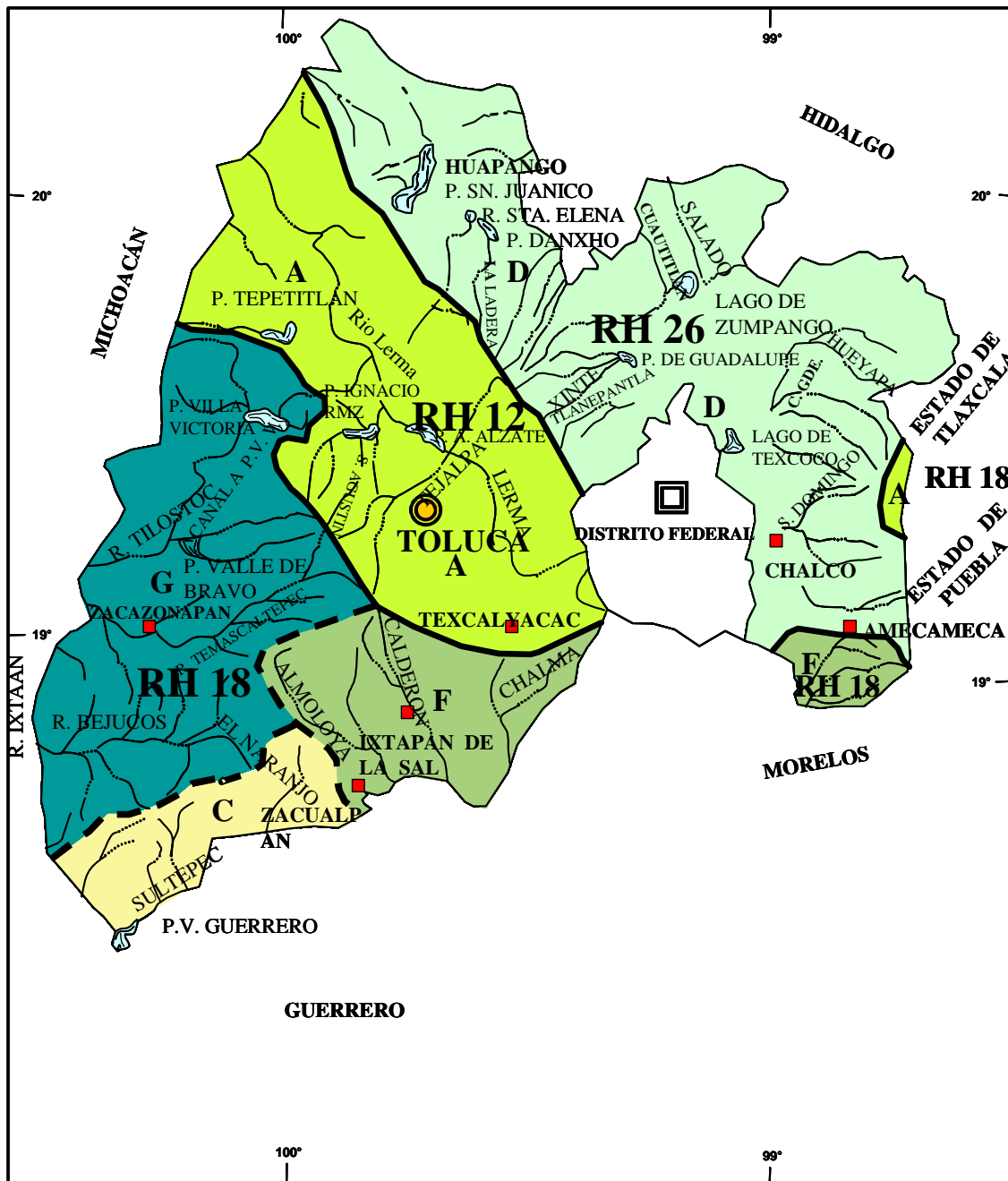


Figura 4. División hidrológica del Estado de México.

Los principales ríos de la región Amatepec, son el que nace en la Sierra de la Goleta al oriente de Amatepec y se une con el río Topilar, y el Palos Altos. En la vertiente norte los ríos principales son el San Felipe y el Agua Fría; los arroyos del Durazno, Peña Blanca, Los Nogales, La Trinchera, El Corneadero, Chapuluapán, Mal Paso, Limón Seco, El Palmar, del Salto, El Pasquelite, La Cubatera, del Cirián, y los Perros, entre otros.

En la vertiente sur destacan el río de la Montaña que es tributario del Río Topilar, el Cajones, Limón, Ixcatecuya y el San Pedro, los arroyos de las Tunas, del Salitre, la Guanancha, la Ciénega, Suchual, Alambique, La Lagunilla, El Timbre, El Zopilote, La Guásima y El Palmar Grande.

III. MARCO GEOLÓGICO

III.1. Geología Regional

La región dentro de la cual se encuentra el territorio perteneciente al municipio Amatepec, se localiza en la provincia geológica denominada Complejo Orogénico de Colima-Guerrero (Figura 5), y desde el punto de vista tectonoestratigráfico, se localiza dentro del Terreno Guerrero (Figura 6).

El municipio Amatepec, al igual que los municipios Tlatlaya, Sultepec, Zacualpan, Tejupilco y Luvianos, se localiza dentro de un marco tectono-estratigráfico conocido como Terreno Guerrero. De acuerdo con Elías Herrera et al (1996), en esta región se encuentran ampliamente distribuidas rocas del mesozoico divididas en una secuencia metavolcánica-sedimentaria, con afinidades de arco de islas, las que muestran un metamorfismo de bajo grado, correspondiente a una facies de esquisto verde, denominada informalmente “Secuencia metamórfica Tejupilco” y en una secuencia volcánico sedimentaria, alóctona, con una deformación ligera a moderada que muestra una facies metamórfica, no penetrativa, frenita–pumpelita, denominada “Grupo Arcelia–Palmar Chico”, en la que se incluyen las formaciones Amatepec, Xochipala y Argelia, con edades inferidas del Albiano, Cenomaniano Tardío- Turoniano, y Conaciano respectivamente.

El Grupo Argelia-Palmar Chico está cubierto discordantemente por rocas clásticas continentales de la Formación Balsas, de edad Campaniano-Oligoceno Temprano.

El Cenozoico está representado por la Formación Balsas del Eoceno-Oligoceno, constituida por rocas continentales representadas por conglomerados polimícticos de color rojo de granulometría variable, areniscas conglomeráticas y por la Formación Tilzapotla del Oligoceno, formada por rocas riolíticas, con algunos niveles ignimbríticos, brechas tobáceas y brechas vitroclásticas (CRM, 1999).

Existen numerosos afloramientos de cuerpos intrusivos terciarios, cuya composición varía entre la del granito y la piroxenita, ocurren como troncos y

diques. Algunos de estos intrusivos presentan características hipabisales, que indican un emplazamiento somero de los magmas intrusivos, clasificados como microgranito o como pórfidos (Salas, 1982).



Figura 5. Provincias Geológicas de la República Mexicana



EXPLICACIÓN

| | | |
|--|--------------|--|
| CHI | CHIHUAHUA | OAXACA |
| CA | CABORCA | MI |
| COA | COAHUILA | XO |
| M | MAYA | S |
| SM | SIERRA MADRE | R |
| A | ALISITOS | V |
| G | GUERRERO | SMO |
| J | JUÁREZ | TMV |
| | | |

Campa y Coney, 1983

Figura 6. Terrenos Tectonoestatigráficos de la República Mexicana

III.1.1. Triásico–Jurásico

III.1.1.1. Secuencia Vulcanosedimentaria. Se conoce también secuencia metamórfica Tejupilco. Presenta un metamorfismo de bajo grado de facies esquistos verdes, constituida por esquistos pizarra y filita (Parga, 1981). Estas rocas tienen una amplia distribución en la región y se extienden en una amplia faja hacia el sur, que va desde cerca de Tizapa hasta Arcelia en el estado de Guerrero, pasando al oriente por los municipios de Amatepec y Tlatlaya.

La edad de esta secuencia no ha sido bien establecida, pero por dataciones de Pb en sulfuros singenéticos, se le determinaron edades que van de los 188.3 ma. a los 227.5 ma. (Sánchez-Zavala, 1993), que la coloca en una edad Triásico Tardío-Jurásico Temprano.

III.1.1.2. Augen Gneiss Arroyo Frío. Aflora en el Arroyo Frío y en el Arroyo del Ahogado al sureste de Tizapa. Esta unidad se originó a partir de rocas de naturaleza granítica y contiene xenolitos dioríticos de color gris oscuro (Parga, 1981). La edad de este augen gneiss, también llamado “Granito Tizapa”, según las últimas determinaciones, ha resultado de 185 ma (zircón U-Pb) y se interpreta como una intrusión pretectónica emplazada dentro de las rocas vulcanosedimentarias y que ambas unidades fueron conjuntamente deformadas (Elías Herrera et al, 1996). Esta edad corresponde a principios del Jurásico Medio.

III.1.1.3. Roca Verde Taxco Viejo. En el extremo sur del municipio Tlatlaya, sobreyaciendo a la secuencia vulcanosedimentaria, aflora la Roca Verde Taxco Viejo del Jurásico Inferior-Jurásico Superior, formada por derrames de lava y rocas volcánicas epiclásticas de composición andesítica, generalmente propilitizadas y con foliación incipiente (De Cserna, 1982).

III.1.2. Cretácico

III.1.2.1. Secuencia Sedimentaria Calcárea. Consiste en una serie de sedimentos calcáreos con intercalaciones de material clástico volcánico y alternancia de estratos delgados de caliza, arenisca y lutita, intensamente deformados. Algunos autores (CRM, 1996), la correlacionan con las formaciones Acuitlapán, Amatepec del Cretácico Inferior y Xochipala del Cretácico Superior. En general, esta secuencia cubre los flancos occidental y oriental de la franja formada por la secuencia vulcanosedimentaria. Al noroeste y oeste de Tejupilco. Presenta en la base, derrames volcánicos y vulcanoclastos de composición andesítica, en contacto transicional.

III.1.2.2. Secuencia Sedimentaria, Volcánica y Epiclástica. Consiste de lutita y limolita negra silíceas, grauvaca, derrames de lava y material vulcanoclástico relacionado, de naturaleza basáltica a basáltico-andesítica ligeramente cloritizados y algunos intervalos de caliza impura en estratos delgados a medianos. Estas rocas constituyen la Formación Arcelia del Cretácico Superior (De Cserna, 1982). Presenta lavas almohadilladas, lavas masivas y algunas intercalaciones de aglomerado y brecha volcánica. Esta unidad aflora principalmente en los municipios Luvianos, Amatepec y Tlatlaya.

III.1.3. Cretácico-Terciario

III.1.3.1. Rocas Volcánicas y Sedimentarias Continentales. Consisten de brechas, conglomerado, arenisca, arcosa, limolita y derrames de andesita y basalto. Este conjunto de rocas recibe el nombre de Formación Balsas y su edad corresponde al Campaniano Maestrichtiano hasta el Eoceno. Afloran ampliamente en la porción noroccidental y occidental de la región, cubriendo una extensa paleosuperficie de erosión, actualmente inclinada al poniente surponiente debido a basculamientos miopliocénicos (De Cserna, 1982). Se encuentra subyaciendo a andesitas basálticas. Las partes altas de la Sierra de Sultepec en el noreste de la región y a la Formación Tilzapotla en la sierra de Pericones, ubicada al suroeste de Tejupilco.

III.1.3.2. Rocas Ígneas Intrusivas. Dentro del Cretácico Inferior afloran dos cuerpos intrusivos, uno cerca del poblado de Tepehuastitlán en el municipio de Amatepec, consistente en una roca ultrabásica clasificada como hornblendita, que intrusión a la secuencia calcáreo sedimentaria y el otro, se localiza a 3 Km al poniente del primero; es de composición diorítica e intrusión a la Formación Argelia, dando lugar a zonas restringidas de hornfels.

III.1.4. Terciario

III.1.4.1. Rocas Piroclásticas. Esta unidad consiste de una serie de derrames piroclásticos y tobas de naturaleza riolítica y riodacítica. Los derrames presentan piroconsolidación en grado variable. Recibe el nombre de Formación Riolita Tilzapotla y se le asigna una edad del Eoceno-Oligoceno. Constituye la totalidad de la sierra de La Goleta y suprayace a las rocas de la Formación Balsas, forma la masa principal de la sierra de Sultepec y el casquete del cerro El Valiente, en la sierra de Pericones, al surponiente de la ciudad de Tejupilco. En la porción noroccidental y occidental de la región cubre parcialmente, pero en grandes extensiones a la Formación Balsas, dando lugar a las mesetas de Los Naranjos y sierra de Nanchititla, junto con las demás mesetas volcánicas en la región noroccidental. Al surponiente constituye una serie de sierras y cerros volcánicos localizados al oeste de los poblados de Palmar Grande y Palmar Chico y el casquete de la sierra San Vicente (De Cserna, 1982). Esta formación cubre en algunos sitios a las formaciones Arcelia, Amatepec y a Esquisto de manera directa.

III.1.4.2. Andesita Basáltica. Constituida por derrames de composición andesítico basáltica. Se localiza coronando a la Formación Riolita Tilzapotla en la sierra de Sultepec, en la porción nororiental de la región. Se le asigna una edad de finales del Terciario.

III.1.4.3. Rocas Intrusivas. Las rocas intrusivas del Terciario están representadas por granito, granodiorita y monzonita que afloran en forma de troncos llamados

Tronco del Reparó, al norte de la Sierra de Nanchititla; Tronco de Tlatlaya, al poniente del poblado de Tlatlaya y Tronco del Alambique al oriente de San Pedro Limón (De Cserna, 1982). En la zona de Almoloya de las Granadas afloran granito y granodiorita de finales del Eoceno, muy argilitizadas por efecto del intemperismo, que intrusionan a las rocas metamórficas. En varios sitios en la zona de Arvallo se han encontrado diques, mantos de naturaleza riolítica porfídica o andesítica y ocasionalmente diabásica o sienítica dentro de la secuencia metamórfica y sedimentaria calcárea. En algunos sitios a lo largo del Río San Felipe se pueden observar mantos de naturaleza riolítica.

En la porción norte del municipio Amatepec, en los límites con el municipio Tejupilco, afloran rocas dioríticas consideradas como de finales del Cretácico Inferior. En las cercanías de Metlattepec, en la parte central del municipio de Sultepec, afloran pórfidos andesíticos del Mioceno, caolinizados en toda su extensión, debido probablemente a la ocurrencia de sulfuros diseminados que se lixiviaron.

III.1.5. Cuaternario

III.1.5.1. Lava Basáltica y Conos Cineríticos. Se manifiestan al sur-sureste de Tejupilco y al sur de Pantoja. Están distribuidos ampliamente en la zona de Tizapa-Temascaltepec, al norte de la región estudiada, representados por derrames basálticos y conos piroclásticos. Al noreste de Sultepec, a partir de Texcaltitlán, cabecera del municipio del mismo nombre, los conos cineríticos y rocas basálticas están ampliamente distribuidos y ubicados en la zona de transición de la cuenca Balsas-Mexcala con el Eje Neovolcánico, por lo que se les considera de edad pleistocénica. La región de la subprovincia “Depresión del Balsas”, en general carece de aparatos volcánicos.

III.1.5.2. Aluvión. Como resultado de la meteorización y desintegración de las diferentes unidades litológicas, se han formado suelos y depositado aluviones en los angostos valles de la región, constituidos por fragmentos derivados de las

rocas preexistentes, en tamaños de bloques, cantos rodados, grava, arena y limo. Estos depósitos son muy escasos en la región.

III.1.6. Tectónica

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

Posteriormente, una fase distensiva afectó a las diferentes unidades, dando lugar a una serie de fallas y fracturas en dos sistemas principales, noroeste-sureste y noreste-suroeste.

Según el estudio de JICA-MMAJ (1994), las rocas de la secuencia volcánica metamórfica, forman un anticlinal que pasa por el centro de la región de Tejupilco, con un suave buzamiento hacia el noreste. Este plegamiento no llega a las rocas del Terciario. La formación de este anticlinal pudo haber originado una intensa erosión a lo largo y a los lados del eje de las rocas mesozoicas, quedando restos de éstas en los flancos del anticlinal (Figura 7). Esta estructura ha sido denominada “Levantamiento de Tejupilco”, por De Cserna (1982).

III.2. Geología Local

De las unidades litológicas descritas anteriormente, que afloran en el municipio Amatepec, mencionadas de la más antigua a la más reciente las siguientes formaciones, de acuerdo con el plano geológico de De Cserna (1982).

III.2.1. Secuencia Vulcanosedimentaria. Formada por esquistos, pizarra y filita; cruza de norte a sur el municipio en una franja de 5 a 12 Km de ancho, en la porción oriente del municipio. La cabecera municipal se localiza escasamente a 1 km al poniente de la parte más angosta. Se le atribuye una edad Triásico-Jurásico.

Dentro de esta secuencia se han encontrado manifestaciones de sulfuros singenéticos cerca de San Mateo al noreste de Los Ocotes en Tlatlaya. Los esquistos intemperizados y las filitas pueden ser de utilidad en la industria cerámica.

III.2.2. Formación Acuitlapán. Arenisca, limonita, lutita y grauvaca con intervalos de toba y de caliza impura delgada; posee crucero bien desarrollado y tiene aspecto filítico. Aflora en la porción oriental del municipio, en discordancia y en una franja paralela, sobre el flanco occidental de la secuencia vulcanosedimentaria. Con base en su posición estratigráfica, se le asigna una edad del Cretácico Inferior.

III.2.3. Formación Amatepec. Caliza arcillosa, ocasionalmente con pedernal y caliza carbonosa, en estratos delgados a medianos, con intercalaciones de lutita; localmente posee crucero bien desarrollado (Fotografía 2). Aflora en discordancia sobre la Formación Acuitlapán.

III.2.4. Formación Xochipala. Conglomerado, arenisca, grauvaca y toba, con intercalaciones de andesita basáltica cloritizada; la parte superior está formada por estratos de caliza delgados a medianos con intercalaciones de lutita (Fotografía 3). Se le asigna una edad del Cretácico Superior y aflora en discordancia por encima de la Formación Amatepec.

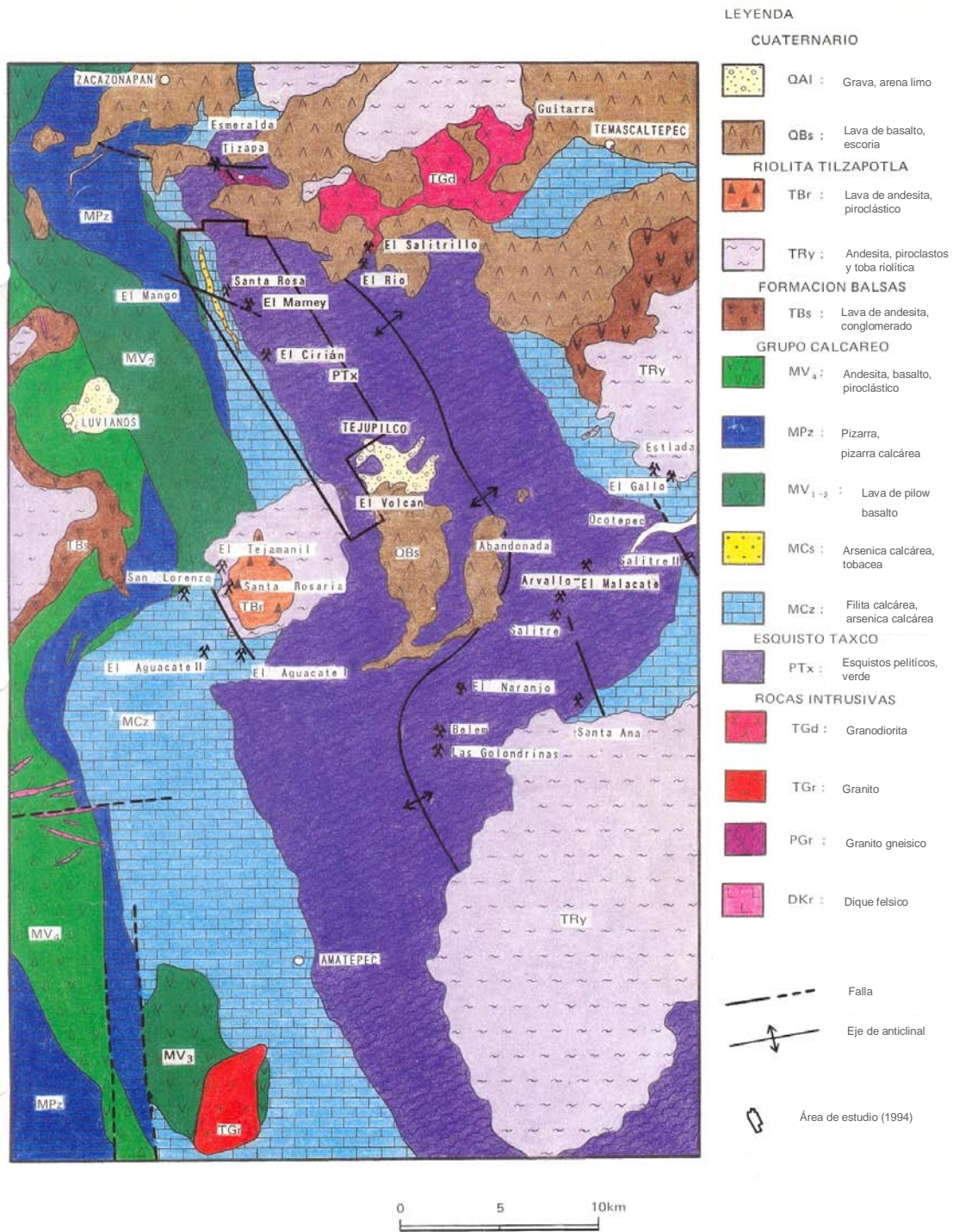


Figura 7. Mapa Geológico de la Región Sur del Estado de México.



Fotografía 2. Formación Amatepec, carretera entre puerto Frío y Amatepec.



Fotografía 3. Miembro superior de la Formación Xochipala, entre El Zapote y Palos Altos.

III.2.5. Formación Arcelia. Está constituida de lutita y limolita negras silíceas, grauvaca, derrames de lava y material vulcanoclástico relacionado de composición basáltica a basáltico andesítica algo cloritizados y algunos intervalos de caliza impura en estratos delgados a medianos. Se le asigna una edad del Cretácico Superior y se considera la formación marina más nueva en la región. Aflora en discordancia sobre la Formación Xochipala en una franja norte-sur, al igual que las anteriores.

III.2.6. Formación Balsas. Está constituida por conglomerado, arenisca y limolita, todos de origen continental, predominantemente de color rojizo o morado, derrames de lava basáltica, así como brechas y tobas andesíticas. Se le considera una edad Cretácico Superior-Terciario Inferior. Esta formación aflora extensamente en la porción occidental del municipio, cubriendo discordantemente a la Formación Arcelia y, hacia la parte norte central del municipio, sobreyace en algunos lugares a la Formación Arcelia o directamente la Xochipala.

III.2.7. Riolita Tilzapotla. Consiste en derrames piroclásticos y tobas de composición riolítica a riodacítica. Su edad es del Terciario y se encuentra cubriendo a la Formación Arcelia en la parte central del municipio y al poniente y al norte de Palmar Chico, y en el extremo occidental a la Formación Balsas. En la porción oriental del municipio esta formación constituye la Sierra de la Goleta en su totalidad.

III.2.8. Basaltos y Depósitos Cineríticos. En general, en la “Depresión del Balsas” no hay actividad volcánica cuaternaria, pero excepcionalmente, en el municipio de Amatepec, a unos 4 km al sur de Palmar Chico, De Cserna (1982), informa acerca de un cono con derrame de lava y depósito cinerítico de composición basáltica, llamado El Molcajete.

III.2.9. Aluvión. Este tipo de depósitos son muy reducidos y solo se puede mencionar el formado en el Río Matus, al oriente de Peña Rayada y Peña Colmena en el occidente del municipio.

II.2.10. Rocas Ígneas Intrusivas. En el área ubicada al poniente del poblado El Rancho, aflora un tronco formado de diorita y granodiorita, emplazado en la Formación Xochipala. Aflora otro tronco diorítico granodiorítico llamado Cerro El Tizate, ubicado al poniente del poblado Cincuenta Arrobas y emplazado en la Formación Arcelia y en la Riolita Tilzapotla. En la porción norte del municipio Amatepec, en los límites con el municipio Tejupilco, afloran rocas dioríticas consideradas como de finales del Cretácico Inferior. A 3 km al oriente del poblado Palmar Chico se localiza un importante afloramiento de serpentinita llamado Cerro Pelón.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

Actualmente la explotación de Minerales Metálicos en el municipio Amatepec es nula. En cuanto a los Minerales No Metálicos, solo se encontraron dos ladrilleras que operan en forma rústica a muy baja escala. Pero la utilización de este tipo de minerales podría promoverse mediante el aprovechamiento de algunos depósitos de arcilla y de las serpentinitas localizadas al oriente de Palmar Chico.

IV.1. Agregados Pétreos

Se localizaron dos bancos de rocas andesíticas abandonados, que han sido explotados como material de préstamo en la construcción de caminos de terracería, y un sitio de coladas de basalto andesítico, que puede explotarse para producir agregados pétreos, considerando que en este municipio hay una creciente demanda de materiales para la construcción y reconstrucción de viviendas, sobre todo en la región de Palmar Chico y en la cabecera municipal.

| CLAVE | NOMBRE | SUSTANCIA | ALTERACIÓN | ORIGEN |
|--------|--------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------|
| AMA-12 | Meyuca | Andesita | Epidotización y cloritización | Ígneo extrusivo |
| AMA-13 | Rancho Viejo | Andesita | Cloritización ligera | Ígneo extrusivo |
| AMA-18 | La Goleta | Toba riolítica y riolita | Disgregación por meteorización | Ígneo extrusivo |
| AMA-19 | El Molcajete | Basalto andesítico | Cloritización ligera | Ígneo extrusivo |
| AMA-22 | Los Cajones | Toba riolítica y riolita | Disgregación por meteorización | Ígneo extrusivo |

IV.1.1. Meyuca (Ficha AMA-12)

Este banco de préstamo se localiza a 5.7 km al NW 43° medidos desde la Iglesia de Palmar Chico. Se ubica muy cerca de la cuadrilla de Meyuca, a la orilla del camino de terracería que conduce al poblado de Buenavista. Se trata de coladas de lava andesítica propilitizada y presenta estructuras en almohada. Si se considera solamente una hectárea para fines de explotación, con 15 metros de espesor medio, se tendría un volumen de 150,000 metros cúbicos o unas 375,000 toneladas (Fotografía 4), pero en el área se tienen por lo menos 20 hectáreas de esta roca, por lo tanto el potencial es muy grande.



Fotografía 4. Banco de agregados pétreos Meyuca.

IV.1.2. Rancho Viejo (Ficha AMA-13)

Se localiza a 2.03 km al NW 17° desde la Iglesia de Palmar Chico. Se encuentra a la orilla del camino de terracería que conduce a Bejucos, un poco antes de la desviación al poblado de Buenavista. La roca consiste en coladas de lava andesítica con estructuras en almohada y presenta propilitización. Para su explotación se considera una extensión de dos hectáreas con 20 m de espesor medio, lo que daría un volumen potencial de 400,000 metros cúbicos o sea un tonelaje de un millón de toneladas (Fotografía 5). Una muestra petrográfica fue clasificada por el Centro Experimental Chihuahua, como andesita basáltica con fayalita-augita cloritizada (Fotografía 6).



Fotografía 5. Banco de agregados pétreos Rancho Viejo



Fotografía 6. Andesita basáltica con fayalita cloritizada. En la imagen se observa micro-cristal de olivino incluido en la trama microcristalina formada por plagioclasa.

IV.1.3. La Goleta (Ficha AMA-18)

Este sitio se ubica a 7.62 km en línea recta al SW 81° de la ciudad de Amatepec. Se encuentra a 12.5 km por la carretera pavimentada Amatepec-La Goleta. Consiste de un corte en la carretera practicado en una toba de cristales de color rosa grisáceo, de naturaleza riolítica, de textura porfídica con cristales de plagioclasa, cuarzo y mica. En amplias zonas presenta disgregación por intemperismo. Con el material derivado del corte practicado para la construcción de la carretera se formó un terrero, de éste, se extraen bloques y arena derivada de la desintegración meteórica de la roca; el volumen potencial apreciado es de 625,000 toneladas (Fotografía 7).



Fotografía 7. Banco de agregados pétreos La Goleta.

IV.1.4. El Molcajete (Ficha AMA-19)

Este prospecto se localiza a 4.5 Km al SE 16° del poblado Palmar Chico. Se encuentra a la orilla del camino de terracería que va de Palmar Chico a Huixtitla. El sitio de interés consiste en un cerro de forma cónica, compuesto por coladas de roca de naturaleza basáltica-andesítica de color verde oscuro, de textura afanítica, densa y dura, contiene cristales de plagioclasa cálcica, hornblenda y presenta ligera epidotización. Para su explotación se considera una extensión de nueve hectáreas con 30 metros de altura, lo que daría un volumen potencial de 2'700,000 m³. equivalente a 6'750,000 toneladas. Esta roca podría usarse para producir agregados pétreos para concreto (Fotografía 8).



Fotografía 8. Prospecto para agregados pétreos Cerro El Molcajete.

IV.1.5. Los Cajones (Ficha 22)

Este banco de material se localiza en el Km 11 de la carretera Amatepec-La Goleta. A 7.25 km en línea recta al SW 77° desde la Iglesia del poblado de Amatepec. La roca que aquí se ha trabajado consiste en una toba de cristales de naturaleza riolítico-dacítica. Mediante el intemperismo, esta roca se disgrega y produce arena que se emplea como agregado en mezclas con cal, cemento, y se

fabrican bloques que se utilizan en mampostería. Se estima un potencial de material explotable de unos 100,000 m³, equivalente a 375,000 toneladas.

IV.2. Yacimientos de Minerales Metálicos

En el municipio Amatepec las zonas con mineralización metálica conocidas son muy reducidas y de poca importancia económica. Las manifestaciones metálicas de algún interés que han sido trabajadas en tiempos pasados están en la porción sur de la región dentro del municipio Tlatlaya. Probablemente la zona de mayor interés dentro de Amatepec sea la de Dos Marías.

| CLAVE | NOMBRE | SUSTANCIA | ALTERACIÓN | ORIGEN |
|--------|-------------------|------------|----------------------------------|-------------------------|
| AMA-05 | La Platosa | Au, Ag | Silicificación y oxidación | Hidrotermal epigenético |
| AMA-06 | Los Naranjos | Au, Ag | Silicificación y oxidación | Hidrotermal epigenético |
| AMA-9 | Cincuenta arrobos | Au, Ag | Silicificación y propilitización | Hidrotermal epigenético |
| AMA-15 | Veta San Felipe | Au, Ag | Silicificación y oxidación | Hidrotermal epigenético |
| AMA-20 | La Unión | Mn | Silicificación y oxidación | Hidrotermal epigenético |
| AMA-21 | Dos Marías | Cu, Zn, Ag | Silicificación y oxidación | Vulcanogénico |

IV.2.1. La Platosa (Ficha AMA-5)

Se localiza 3.1 km al SE 95° en línea recta desde la Iglesia de Palmar Chico, muy cerca de la cuadrilla La Mina. Es una zona silicificada, con delgadas vetillas de cuarzo que contienen algo de pirita y limonita. La roca encajonante es esquisto. Aflora a lo largo de unos 20 metros con 2 metros de ancho en promedio. Hay una mojonera sin información cerca del afloramiento, por lo que se supone que el sitio está denunciado (Fotografía 9). Una muestra compósito de este afloramiento dió los siguientes resultados:

| Clave | Ag g/t | Au g/t | As % | Cu % | Pb % | Zn % |
|-------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| AMA-5 | N. D. | 0.021 | 0.005 | 0.01 | 0.021 | 0.051 |

No obstante que el contenido de oro es geoquímicamente anómalo, estos resultados indican que el prospecto carece de interés económico.



Fotografía 9. Mojonera del fundo La Platosa

IV.2.2. Los Naranjos (Ficha AMA- 6)

Se localiza a 3.09 km en línea recta al SE 86° de la Iglesia de Palmar Chico. Está muy cerca de la Platosa. Es una pequeña zona silicificada y oxidada en esquisto. Contiene cuarzo, pirita y “boxworks” con limonita indígena. Esta manifestación está emplazada en esquisto.

Se tomó una muestra que arrojó los resultados siguientes:

| Clave | Ag g/t | Au g/t | As % | Cu % | Pb % | Zn % |
|-------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
| AMA-5 | N. D. | 0.028 | N. D. | 0.006 | 0.01 | 0.004 |

Estos resultados tampoco son de importancia y al igual que en La Platosa, sólo se encontraron indicios de oro.

IV.2.3. Cincuenta Arrobas (Ficha 9)

Este lugar se localiza a 6.5 km a 39° al suroeste de Palmar Chico. Afloran las vetas conocidas como Cincuenta Arrobas de 3.5 km de longitud y la veta denominada ochenta Arrobas de 2.5 km de largo. Las vetas están separadas entre sí 200 m aproximadamente y tienen un rumbo general de N-S. Sus espesores son de 3 a 20 m y presentan un buzamiento promedio de 85° hacia el W. Estas estructuras están emplazadas en rocas andesíticas, ocasionalmente con lutitas carbonosas intercaladas entre las lavas. En zonas menos extensas las vetas están encajonadas en pequeños cuerpos micrograníticos, que a su vez, intrusionan a la secuencia vulcanosedimentaria. La alteración hidrotermal de la roca encajonante consiste en silicificación, propilitización y la alteración secundaria consiste de caolinización y oxidación (Mendoza, et. al. 1986). Del muestreo realizado por el C. R. M. (Mendoza, et. al. 1986), solo se obtuvieron algunos valores significativos, aunque muy bajos de oro y plata. De 46 muestras, 7 en la veta Cincuenta Arrobas y 45 en la veta ochenta Arrobas, se obtuvo un promedio del orden de 0.33 g/t de oro y de 25 g/t de plata. Aunque las muestras fueron pocas, considerando la longitud de las estructuras, estos valores no presentan gran interés como para emprender un muestreo exhaustivo.

IV.2.4. Veta San Felipe (AMA-15)

Se ubica a 12.61 Km en línea recta al NE 0 8° de la ciudad de Amatepec, en la localidad llamada La Piedra Lisa. Se trata de un cuerpo tabular de cuarzo de segregación metamórfica, que aflora concordantemente en esquistos sericíticos, a lo largo de 10 m con 1.5 m de potencia, en la margen izquierda aguas abajo del Río San Felipe, junto a una mojonera sin datos. Esta veta o manto presenta limonitas en pequeñas fracturas. Se colectó una muestra, AMA-15, de la que se obtuvo el siguiente resultado:

| Clave | Ag g/t | Au g/t | As % | Cu % | Pb % |
|--------------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| AMA-4 | 7 | N. D. | N. D. | 0.007 | 0.008 |

Como se puede ver en los resultados, esta veta no presenta ningún interés.

IV.2.5. La Unión (Ficha 20)

Este prospecto se localiza a 1 Km en línea recta al NE 50° de Palmar Chico. Consiste en una veta de rumbo 25° al NE y un echado promedio de 40° hacia el NW. Contiene fierro, manganeso y zinc, tiene una longitud de 100 m y una potencia de 50 cm. La veta está encajonada en roca metasedimentaria y como minerales de mena contiene psilomelano, pirolusita y rodonita; como ganga contiene cuarzo y óxidos de fierro. El muestreo realizado por el C.R.M. (García de Hoyos, 1977), dió como promedio un 50 % de MnO₂. En ese mismo informe se le estima una reserva posible de 5,000 toneladas, considerando una profundidad de 100 m.

IV.2.6. Dos Marías (Ficha 21)

Vetas de las llamadas en rosario con rumbos de 10° NW y 26°SW. La obra minera está soterrada, pero según F6, la obra minera es un socavón de 7 m de desarrollo, 1.5 m de ancho y tiene mena de oro, plata, plomo, zinc y cobre. En el informe de Aguilar Contreras (1968), se mencionan tres obras mineras: el socavón Tepehuaje que cortó numerosos y delgados mantos de pirita de 1 a 2 cm, el corte los Encinos que es la obra principal con 23 m de largo, 1.5 m de ancho y 1.7 de altura, con un rumbo E-W, más o menos transversal a los mantos de pirita contenidos en pizarra carbonosa que tienen un rumbo N-S y un echado de 25° al W. Se menciona un manto de 1.7 m de espesor. Una tercera obra es el socavón El Zapote Prieto ubicado al sur de la cuadrilla El Corral de Piedra, con un rumbo de SE 60° y 7 m de longitud. En esta obra solo se localizó un manto de 5 cm, con un echado de 28° al SE, con limonita y calcopirita. Las muestras arrojaron un promedio de 3.6 % de Cu, 2.2 % de Zn y 28 g/t de plata. Actualmente las obras están aterradas.

IV.3. Minerales No Metálicos

Este tipo de minerales representados por serpentinitas y arcillas, se considera que pueden tener buenas probabilidades de desarrollo en el municipio Amatepec. Se localizaron dos importantes afloramientos de serpentinita, que puede ser empleada en la industria metalúrgica. Se muestrearon ocho localidades de arcilla para su estudio, con el fin de conocer sus características tecnológicas y establecer si pueden ser utilizadas en la industria cerámica. Se muestreó un manto riolítico dacítico para conocer su contenido de sílice.

Las muestras de serpentinita y de arcilla fueron enviadas para su estudio al Centro Experimental Chihuahua del Servicio Geológico Mexicano (antes Consejo de Recursos Minerales).

| CLAVE | NOMBRE | SUSTANCIA | ALTERACIÓN | ORIGEN |
|--------|--------------------|--------------|------------------|-----------------|
| AMA-1 | El Salitre 1 | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-2 | El Salitre 2 | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-3 | La Carreta | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-04 | Cerro Pelón | Serpentinita | Serpentinización | Ortomagmático |
| AMA-07 | Serpedique | Serpentinita | Serpentinización | Ortomagmático |
| AMA-08 | El Palmar | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-10 | Buenavista | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-11 | Los Guajes | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-14 | Riolita San Felipe | Sílice | Sílicificación | Igneo intrusivo |
| AMA-16 | Puente Viejo | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |
| AMA-17 | Árbol Hueco | Arcilla | Argilitización | Sedimentario |

IV.3.1. Cerro Pelón (Ficha AMA-4)

Este interesante yacimiento de serpentinita se localiza a una distancia de 2.7 km al SW 87° a partir de la Iglesia de Palmar Chico. El yacimiento tiene una forma cómica en una superficie de 4 hectáreas (40,000 m²) y una altura media de unos 30 m. Se encuentra muy cerca del pequeño poblado La Mina y San Francisco de los Pinzanes, lugares donde se puede conseguir mano de obra, en el supuesto caso de que se llegara a trabajar este recurso mineral. La roca está constituida

predominantemente por una dunita, casi completamente convertida en una serpentinita, intensamente fracturada (Fotografías 10 y 11). La serpentinita contiene escasas vetillas de crisotilo de fibra corta y deslizada sin importancia económica.



Fotografía 10. Serpentinitas en el Cerro Pelón. Nótese las antiguas zanjas de exploración realizadas por el Consejo de Recursos Minerales, para evaluación de asbesto crisotilo.



Fotografía 11 Cerro Pelón, nótese el intenso fracturamiento de la serpentinita.

El resultado del análisis químico de una muestra compósito colectada durante la visita a la localidad resultó como sigue:

| Clave | MgO % | SiO ₂ % | CaO % | Al ₂ O ₃ % | K ₂ O % | Na ₂ O % | Ti % | Co % | Ni % | Cu % |
|-------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| AMA-4 | 35.6 | 37.4 | 0.001 | 0.86 | ND | ND | 0.02 | 0.014 | 0.26 | 0.003 |

Los contenidos de magnesio y de silicio, expresados como MgO y SiO₂ respectivamente, encontrados en este yacimiento, son típicos de las serpentinitas y son adecuados para que estas rocas puedan ser utilizadas en siderurgia. Se le estima un tonelaje potencial de 3'000,000 (tres millones) de toneladas.

IV.3.2. Serpedique (Ficha AMA-7)

Se trata de un cuerpo de serpentinita en forma de dique, localizado a 3.1 km en línea recta de la Iglesia de Palmar Chico. Está muy cerca del Cerro Pelón, pero se encuentra más accesible por un camino que sale de la cuadrilla La Mina y que corta el yacimiento. Aflora a lo largo de 100 m y tiene un ancho promedio de 15 m y una profundidad de alrededor de 50 m (Fotografía 12). Es una serpentinita derivada de una dunita; está muy fracturada pero menos que la del Cerro Pelón. Se le estima un potencial del orden de 187,500 toneladas. El análisis químico resultó como sigue:

| Clave | MgO % | SiO ₂ % | CaO % | Al ₂ O ₃ % | K ₂ O % | Na ₂ O % | Ti % | Co % | Ni % | Cu % |
|-------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| AMA-4 | 35.5 | 37.9 | 0.006 | 0.9 | ND | ND | 0.02 | 0.016 | 0.249 | 0.006 |



Fotografía 12. Serpedique al fondo, cortado por un camino. El Cerro Pelón en primer plano.

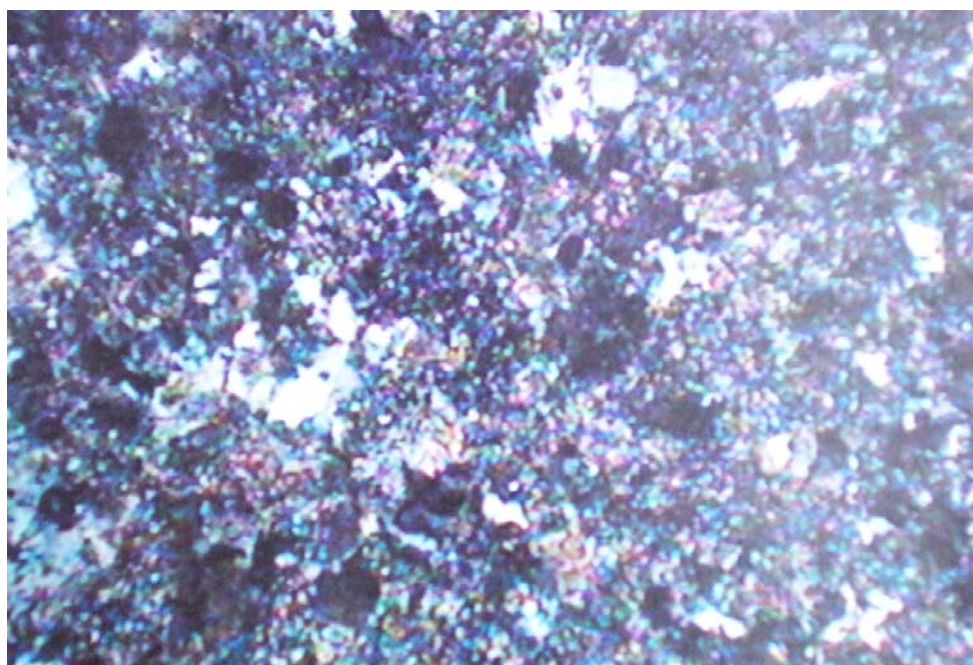
La composición del serpedique es muy similar a la serpentinita del Cerro Pelón, por lo que también es recomendable utilizarla en siderurgia. Se tiene el antecedente de que la serpentinita de un yacimiento ubicado cerca de la ranchería La Esmeralda, en el municipio Tlatlaya, se explotó en los años ochentas, del siglo inmediato anterior y en forma de grava se le vendía a la Siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas.

IV.3.3. Riolita San Felipe (Ficha AMA-14)

Se localiza a 12.59 km en línea recta al N 8° E de la ciudad de Amatepec, en la localidad llamada La Piedra Lisa. Se trata de un manto de riolita de textura afanítica, sacaroide, densa, con escasos hilillos de pirita. Se encuentra aflorando en un meandro del Río San Felipe, intrusionando a una secuencia de filita. Se colectó una muestra para análisis químico, AMA-14 y otra para clasificación petrográfica, AMA-14P, con los siguientes resultados:

| Clave | MgO % | SiO ₂ % | CaO % | Al ₂ O ₃ % | K ₂ O % | Na ₂ O % | Pb % | Zn % | Au g/t | Ag g/t |
|--------|----------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|---------|---------|-----------|-----------|
| AMA-14 | 0.1 | 71.76 | 0.28 | 11.1 | 2.29 | 4.04 | 0.007 | 0.006 | N.D. | 5 |

Mediante el estudio petrográfico se estableció que es una roca de color gris claro, de estructura compacta, masiva, de textura afanítica, formada por cuarzo, plagioclasa e illita como minerales esenciales y hematita como mineral secundario (Fotografía 13). Fue clasificada como “dique de composición dacítica silicificado y argilitizado”.



Fotografía 13. Lámina delgada de dique dacítico silicificado y argilitizado, AMA-14P

IV. 3.4. Arcillas

Fueron seleccionadas diez localidades de arcilla en el municipio, como prospectos para ser utilizadas en cerámica roja. En una primera etapa de campo se enviaron al laboratorio del Centro Experimental Chihuahua, seis muestras compósito de las localidades con número de identificación: AMA-1, AMA-2, AMA-3, AMA-8, AMA-10 y AMA-11, posteriormente se enviaron las muestras correspondientes a los otros dos prospectos, AMA-16 y AMA-17. A todas las muestras se les practicaron las pruebas necesarias para su caracterización, incluyendo la composición

mineralógica, análisis químico cuantitativo, determinación de arcillas minerales y otros componentes mediante Difracción de Rayos X, pruebas tecnológicas de evaluación, tales como humedad, absorción de aceite, determinación de carbonatos y desleído, Atterberg, hinchamiento, plasticidad, trabajabilidad, arenosidad, tixotropía, pegajosidad y tersura. Así como pruebas de cono pirométrico y quemado de briquetas a diferentes temperaturas. Con esta información se pudo determinar la importancia de cada yacimiento.

Antes de presentar las características de cada uno de los prospectos de arcilla, conforme a los resultados obtenidos por el laboratorio, es conveniente recordar aquí el significado de cada uno de los términos empleados, con base en el Informe correspondiente a los estudios de laboratorio realizados por el Centro Experimental Chihuahua del Servicio Geológico Mexicano.

Atterberg.- Es el porcentaje de agua que necesita una arcilla para llegar a su punto plástico.

Plasticidad.- Esta es una consecuencia del Atterberg y es un concepto subjetivo. En este caso, plasticidad es la propiedad que tiene un material arcilloso mojado de ser deformado bajo la aplicación de presión y conservar dicha deformación cuando la presión es retirada.

Trabajabilidad.- Capacidad de modelado de una arcilla.

Arenosidad.- Es la cantidad de arena contenida en la arcilla.

Tixotropía.- Es la propiedad de algunas arcillas de segregar agua cuando son trabajadas.

Pegajosidad.- Se refiere a la capacidad de algunas arcillas de adherirse a la superficie de las manos o de los instrumentos con que son trabajadas. Cuando el material es muy pegajoso, se dificulta trabajarlo.

Hinchamiento.- Es la propiedad de algunas arcillas de aumentar su volumen cuando se les adiciona agua.

Tersura.- Es el grado de suavidad o aspereza de una arcilla, la cual depende de la ausencia o presencia de impurezas con un tamaño tangible de partícula.

Desleído.- Es el tiempo que requiere un cuerpo sólido para disgregarse dentro de un líquido.

Cono Pirométrico Equivalente (C. P. E).- Método para medir la temperatura de ablandamiento o fusión de un material, por comparación con los conos patrón Orton, en este caso.

Quemado de Briquetas.- Es una prueba en horno eléctrico con pirómetro y controlador de temperaturas, que se realiza sobre una serie de pequeños ladrillos o briquetas. Los resultados de esta prueba dependen de la composición de la arcilla bajo estudio y sintetizan sus características tecnológicas, incluyendo el color de quemado.

A continuación se presenta una breve descripción de cada yacimiento, con base en los resultados de las pruebas de laboratorio que indican la calidad de la arcilla y la factibilidad de su aprovechamiento.

IV.3.4.1. El Salitre 1 (AMA-1)

Este es un prospecto que se localiza muy cerca del puente El Salitre de Palmarillos, en el km 10 a la orilla de la carretera que va de Los Cuervos a San

Pedro Limón y a 9 km en línea recta al NE 63° de la Iglesia de Palmar Chico. Se trata de un depósito de lutita intemperizada, que se encuentra formando extensos lomeríos. El terreno es propiedad privada, del señor Ariel Albarrán Carbajal, quien tiene interés en instalar una fábrica de ladrillos y tejas. Se estima un potencial de arcilla de 1'500,000 toneladas (Fotografía 14).



Fotografía 14. Al fondo, corte en el depósito de arcillas El Salitre 1

Para su estudio se envió la muestra compósito AMA-1, con un peso de 733.6 gramos en tamaños de partículas de terrones de 50.8 mm, hasta finos y una humedad de 3.01 %. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Según el estudio de rayos X, está compuesta principalmente por montmorillonita, seguida de plagioclasa sódica, caolinita-esmectita y muscovita.

De su análisis químico por diferentes métodos, se obtuvieron los resultados siguientes:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC 950°C (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------|-----------------------------------|
| AMA-1 | 17.95 | 0.9 | 6.82 | 0.434 | 2.50 | 2.38 | 9.5 | 55.6 |

a – Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b – Análisis por Gravimetría en vía húmeda.

c – Análisis por Volumetría en vía húmeda.

La tabla siguiente muestra las propiedades de la arcilla en crudo.

| Propiedad | AMA-1 |
|------------------|-------------|
| Color | Café rojizo |
| Atterberg | 31.2 |
| Hinchamiento | bajo |
| Plasticidad | alta |
| Trabajabilidad | alta |
| Arenosidad | media |
| Tixotropía | media |
| Pegajosidad | baja |
| Tersura | media |
| No. de briquetas | 6 1/3 |

La muestra resultó ser de un cono pirométrico equivalente No. 05

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------------|
| Campo | Control Lab. | | | |
| AMA-1 | 11399 | 05 | 1031 | Deformación gancho |
| | | 03 | 1086 | Sin cambio |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

- Cono pirométrico equivalente.

Resultados de la evaluación del quemado de briquetas de la muestra AMA-1

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|-----------|-----------------------------|-----|-----|------|------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |

| Color | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Contracción lineal (%) | 0.81 | 1.07 | 0.80 | 2.91 | 2.39 |
| Volumen de poros abiertos cm³ (Vpa) | 2.70 | 2.70 | 2.50 | 2.3 | 2.2 |
| % Absorción de agua | 20.00 | 19.71 | 18.38 | 16.79 | 15.94 |
| Dureza | Dura | Dura | Dura | Muy dura | Muy dura |

Según la tabla anterior, esta arcilla podría ser utilizada en la fabricación de ladrillos. Se recomienda una temperatura de cocción de los 900° C a 950° C, de manera que se pueda mantener un color café rojizo claro y una contracción lineal moderada. Para que pudiera ser utilizada en la fabricación de tejas, debería tener un menor volumen de poros abiertos (Vpa) y una menor absorción de agua.

IV.3.4.2. El Salitre 2 (Ficha AMA-2)

Este depósito de arcillas se localiza a 8.96 km en línea recta al NE 63° de la población de Palmar Chico, unos 300 m antes de llegar al puente El Salitre de Palmarillos, en el km 9.8 de la carretera que va de Los Cuervos a San Pedro Limón. Consiste en una secuencia de lutita alterada por intemperismo (Fotografía 15). Se encuentra en terrenos particulares del señor Publio Carbajal Hernández, quien manifestó su interés en fabricar ladrillos y tejas. Se estima en esta localidad, un potencial de 600,000 toneladas.



Fotografía 15. Corte en el depósito de arcillas El Salitre 2

Se tomó una muestra representativa del depósito, con 989 gramos de peso, formada de material fino y terrones de hasta 51 mm y una humedad del 2.50 %.

El análisis químico arrojó los siguientes valores:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC ^b 950°C (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| AMA-2 | 20.41 | 1.45 | 7.44 | 0.193 | 2.98 | 3.78 | 10.1 | 49.3 |

a.- Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b.- Análisis por Gravimetría en vía húmeda.

c.- Análisis por Volumetría en vía húmeda.

Por medio del método de Difracción de Rayos X, se encontró que mineralógicamente está formada principalmente por plagioclasa sódica, seguida de montmorillonita, y en menor proporción cuarzo, caolinita, illita, hematita, trazas de muscovita y biotita.

La evaluación cualitativa de la muestra indica las siguientes propiedades de la arcilla en crudo:

| Propiedad | AMA-2 |
|------------------|-------------|
| Color | Café rojizo |
| Atterberg | 30.0 |
| Hinchamiento | bajo |
| Plasticidad | baja |
| Trabajabilidad | baja |
| Arenosidad | alta |
| Tixotropía | media |
| Pegajosidad | baja |
| Tersura | baja |
| No. De briquetas | 6 |

El cono pirométrico equivalente de la muestra es el Orton Número 03

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|----------------|--------------|-----------|----------------|---------------|
| Campo | Control lab. | | | |
| | | | | |

| | | | | |
|-------|-------|----|------|--------------------|
| AMA-2 | 11402 | 05 | 1031 | Vitrificado |
| | | 03 | 1086 | Deformación gancho |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

* Cono pirométrico equivalente.

Resultados de la evaluación del quemado de briquetas de la muestra AMA-2

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| Color | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
| Contracción lineal (%) | 1.59 | 1.32 | 1.54 | 1.57 | 1.57 |
| Volumen de poros abiertos cm ³ (Vpa) | 2.90 | 2.90 | 2.80 | 2.70 | 2.70 |
| % Absorción de agua | 21.64 | 21.64 | 21.05 | 19.85 | 20.00 |
| Dureza | Dura | Dura | Dura | Muy dura | Muy dura |

Esta arcilla puede servir para fabricar ladrillos y 900° C es la temperatura más favorable, porque da una menor contracción y un color aceptable (Véase Apéndice B). Tiene una alta absorción de agua, por lo que no serviría para producir tejas. Una temperatura de 950°C o mayor no disminuye considerablemente la absorción de agua, en cambio el color se oscurece.

IV.3.4.3. La Carreta (Ficha AMA-3)

Se localiza a 8.46 km al NE 76°, de la Iglesia de Palmar Chico, en el Km 12 de la carretera que va de Los Cuervos a San Pedro Limón, junto al entronque de la carretera que va a Palmar Chico. Es un depósito de limolita alterada por intemperismo, de 1 a 5 m de potencia a partir del nivel de la carretera. Puede considerarse una extensión de poco más de 2 hectáreas que podrían ser explotadas, por lo que se le aprecia un potencial de 100,000 toneladas (Fotografía 16). La muestra AMA-3 enviada al laboratorio pesó 905 gramos, formada por material fino y terrones de hasta 51 mm, y una humedad de 2.47 %.



Fotografía 16. Corte en el depósito de arcilla La Carreta.

Los análisis químicos solicitados dieron los siguientes resultados:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC ^b (950°C) (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| AMA-3 | 16.25 | 0.5 | 5.64 | 1.16 | 2.75 | 1.40 | 9.6 | 57.5 |

a.- Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b.- Análisis por Gravimetría en vía húmeda

c.- Análisis por Volumetría en vía húmeda.

El estudio de la muestra por Difracción de Rayos X, reveló una composición mineralógica principalmente de montmorillonita sódica y cuarzo; en menor cantidad plagioclasa sódica, caolinita, esmectita, illita-montmorillonita e illita: contiene escasa muscovita y biotita.

Propiedades de la arcilla en crudo.

| Propiedad | AMA-3 |
|------------------|-------------------------------|
| Color | Café claro |
| Atterberg | 33.4 |
| Hinchamiento | Bajo |
| Plasticidad | Alta |
| Trabajabilidad | Alta |
| Arenosidad | Media |
| Tixotropía | Baja |
| Pegajosidad | Nula |
| Tersura | Media |
| No. De briquetas | 6 ³ / ₄ |

El cono pirométrico Equivalente de la muestra es el No. 03.

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------------|
| Campo | Control lab. | | | |
| AMA-3 | 11403 | 05 | 1031 | Doblado |
| | | 03 | 1086 | Deformación gancho |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

* Cono pirométrico equivalente.

Resultados de la evaluación del quemado de briquetas de la muestra AMA-3

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| Color | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
| Contracción lineal (%) | 0.52 | 0.52 | 1.30 | 1.58 | 2.63 |
| Vol. de poros abiertos cm ³ (Vpa) | 3.1 | 3.1 | 3.0 | 2.2 | 2.0 |
| Absorción de agua % | 23.85 | 23.31 | 23.08 | 16.79 | 15.04 |
| Dureza | dura | dura | dura | Muy dura | Muy dura |

En vista de los resultados, esta arcilla puede servir para la fabricación de ladrillos a una temperatura recomendable de 900°C. No es recomendable para fabricar teja, debido a que tiene una alta absorción de agua.

IV.3.4.4. El Palmar (Ficha AMA -8)

Este lugar se localiza en el extremo sur del poblado Palmar Chico, el yacimiento es muy reducido, ya que su extensión se encuentra limitada por casas habitación. Está en terreno particular, con una superficie plana de 375 m², propiedad del señor Raunel Carbajal Castañeda. En este sitio se encuentra operando un horno rústico (Fotografía 17), en el cual se fabrican ladrillos y tejas aparentemente de buena calidad. El depósito de arcillas está formado por limolita y lutita intemperizadas, dispuestas en estratos sensiblemente horizontales. Se estima un tonelaje de solo 2,250 toneladas, ya que la explotación no puede ser realizada a más de 3 m de profundidad.



Fotografía 17. El Palmar, depósito de arcillas y obrador.

Se envió la muestra AMA-8 al laboratorio, la cual pesó 574 gramos en tamaños de finos hasta terrones de 38 mm, y humedad de 4.37 %.

La composición química se muestra a continuación:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC ^b 950°C (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| AMA-8 | 20.78 | 0.95 | 8.96 | 0.518 | 1.95 | 0.809 | 13.2 | 45.9 |

a – Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b – Análisis por Gravimetría en vía húmeda.

c – Análisis por Volumetría en vía húmeda.

Por medio de la Difracción de Rayos X se encontró una composición mineralógica, en orden de abundancia, de montmorillonita sódica, seguida de cuarzo; plagioclasa sódica, montmorillonita cálcica, hematita, illita-montmorillonita y caolinita- esmectita; y por último escasa muscovita y biotita.

Las propiedades de esta arcilla en crudo son:

| Propiedad | AMA-8 |
|------------------|-------------|
| Color | Café oscuro |
| Atterberg | 33.0 |
| Hinchamiento | nulo |
| Plasticidad | alta |
| Trabajabilidad | alta |
| Arenosidad | media |
| Tixotropía | baja |
| Pegajosidad | baja |
| Tersura | media |
| No. de briquetas | 7 |

El punto de fusión de la muestra resultó de 1083 ° C (Cono No.03).

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------------|
| Campo | Control lab. | | | |
| AMA-8 | 11404 | 05 | 1031 | Doblado |
| | | 03 | 1086 | Deformación gancho |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

* Cono pirométrico equivalente.

En la tabla siguiente se muestra los resultados de evaluación de quemado de briquetas de la muestra AMA-8.

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| Color | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
| Contracción lineal (%) | 3.30 | 2.21 | 3.33 | 6.94 | 8.29 |
| Volumen de poros abiertos cm ³ (Vpa) | 1.7 | 1.7 | 1.3 | 0.6 | 0.6 |
| % Absorción de agua | 14.17 | 13.71 | 10.57 | 4.80 | 4.96 |
| Dureza | Muy dura | Muy dura | Muy dura | Dureza de acero | Dureza de acero |

En esta tabla llaman favorablemente la atención varios datos, tales como el color café rojizo oscuro que se obtiene desde los 850°C y temperaturas siguientes. A los 1000°C, se produce una gran contracción lineal y correspondientemente una considerable reducción de poros abiertos y una notable baja en el % de absorción de agua; es notable también que desde los 850°C el material se vuelve muy duro, llegando alcanzar la dureza del acero a los 1000°C y en adelante.

Con todas estas cualidades, esta arcilla puede ser utilizada para fabricar ladrillos a una temperatura de 850°C, o tejas empleando una temperatura de 1000°C, con una tolerancia de más o menos 20°C.

IV.3.4.5. Buenavista (Ficha AMA-10)

Se localiza a 5.42 km en línea recta al NW 66° de la Iglesia de Palmar Chico, en la cuadrilla Buenavista. Consiste en depósitos de limolita intemperizada depositada sensiblemente horizontales, que se ubican en una propiedad privada que superficialmente mide unos 500 m². Estas arcillas actualmente se explotan en pequeña escala y en forma rústica. Su espesor se considera de unos 3 m, por lo

que su potencial local está muy limitado, siendo del orden de 3,000 toneladas (Fotografías 18 y 19).



Fotografía 18. Corte en el depósito de arcillas Buenavista



Fotografía 19. Obrador Buenavista, Amatepec, México

Se envió la muestra AMA-10, la cual entró al laboratorio con 626.4 gramos, en tamaños de partículas de finos hasta terrones de 50.8 mm y una humedad de 4.12%.

La composición química resultó como sigue:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC ^b 950°C (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| AMA-10 | 17.95 | 0.5 | 7.2 | 0.626 | 1.11 | 0.971 | 9.6 | 58.0 |

a – Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b – Análisis por Gravimetría en vía húmeda.

c – Análisis por Volumetría en vía húmeda.

Por medio de Difracción de Rayos X se identificaron, en orden de abundancia relativa de mayor a menor, cuarzo; seguido de montmorillonita sódica; caolinita-esmectita, illita-montmorillonita; y escasa muscovita.

Las características de la arcilla en crudo son:

| Propiedad | AMA-10 |
|------------------|-------------|
| Color | Café rojizo |
| Atterberg | 32.2 |
| Hinchamiento | Nulo |
| Plasticidad | Alta |
| Trabajabilidad | Alta |
| Arenosidad | media |
| Tixotropía | Baja |
| Pegajosidad | Baja |
| Tersura | media |
| No. de briquetas | 6 ¾ |

El cono pirométrico equivalente resultó del No. 03, o sea una temperatura de fusión de 1086°C.

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|----------------|--------------|-----------|----------------|--------------------|
| Campo | Control lab. | | | |
| AMA-10 | 11400 | 05 | 1031 | Doblado |
| | | 03 | 1086 | Deformación gancho |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

* Cono pirométrico equivalente.

La evaluación de quemado de briquetas, reveló datos interesantes, que se muestran en la tabla a continuación:

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|---|-----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| Color | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
| Contracción lineal (%) | 0.83 | 1.37 | 0.83 | 3.86 | 3.04 |
| Volumen de poros abiertos cm ³ (Vpa) | 2.1 | 2.3 | 1.9 | 1.3 | 1.3 |
| % Absorción de agua | 15.79 | 17.42 | 14.62 | 9.92 | 9.77 |
| Dureza | Muy dura | Muy dura | Muy dura | Dureza de acero | Dureza de acero |

Resultados de la evaluación de quemado de briquetas de la muestra AMA-10

El color café rojizo oscuro aparece desde los 850°C y se mantiene hasta los 1050°C; la contracción lineal comienza moderada y experimenta un aumento brusco a los 1000°C, con la correspondiente reducción del volumen de poros abiertos y la significativa baja del porcentaje de absorción de agua; también es notable que desde los 850°C, la briqueta se vuelve muy dura y a los 1000°C, adquiere la dureza del acero. Todo esto indica que esta arcilla puede ser utilizada como materia prima en la fabricación de ladrillos aplicando 850°C en tejas y pisos con temperatura de cocción de 1000°C, más o menos 20°C.

IV.3.4.6. Los Guajes (AMA-11)

Se localiza a 5.74 km en línea recta al NW60° de la Iglesia de Palmar Chico, en el rancho Los Guajes, propiedad de la señora Patricia López L. Consiste en un depósito de limolitas intemperizadas, de unos 3 m de espesor en promedio, en una superficie de más o menos 1.5 hectáreas, por lo que se le aprecia un potencial de 90,000 toneladas (Fotografía 20).



Fotografía 20. Depósito de arcillas Los Guajes

El análisis de una muestra compósito AMA-11, colectada en este lugar de 695 gramos formada de partículas de tamaño fino a terrones de 38.1 mm, con una humedad de 1.55%, resultó con una composición química, como se muestra a continuación:

| Identificación de campo | Al ₂ O ₃ ^a (%) | CaO ^c (%) | Fe ₂ O ₃ ^a (%) | K ₂ O ^a (%) | MgO ^a (%) | Na ₂ O ^a (%) | PxC ^b (950°C) (%) | SiO ₂ ^b (%) |
|-------------------------|---|----------------------|---|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| AMA-11 | 14.74 | 1.2 | 7.06 | 0.735 | 1.49 | 1.42 | 7.9 | 57.4 |

a – Análisis por Espectrofotometría de absorción atómica.

b – Análisis por Gravimetría en vía húmeda.

c – Análisis por Volumetría en vía húmeda.

Mediante Difracción de Rayos X, se determinó una asociación mineralógica compuesta principalmente de cuarzo; seguida de montmorillonita sódica y plagioclasa; montmorillonita cálcica, caolinita-esmectita, illita-montmorillonita y hematita, y por último escasa muscovita. Ver Tabla No. 3 en el Apéndice A.

Las propiedades de esta arcilla en crudo, son las siguientes:

| Propiedad | AMA-11 |
|-------------------------|---------------|
| Color | Café marrón |
| Atterberg | 25.5 |
| Hinchamiento | Nulo |
| Plasticidad | Alta |
| Trabajabilidad | Alta |
| Arenosidad | Media |
| Tixotropía | Media |
| Pegajosidad | Baja |
| Tersura | Media |
| No. de briquetas | 6 |

La temperatura de fusión resultó de 1086°C, correspondiente al cono pirométrico equivalente No. 03.

| Identificación | | C. P. E.* | Temperatura °C | Observaciones |
|-----------------------|---------------------|------------------|-----------------------|----------------------|
| Campo | Control lab. | | | |
| AMA-11 | 11401 | 05 | 1031 | Doblado |
| | | 03 | 1086 | Deformación gancho |
| | | 01 | 1117 | Sin cambio |
| | | 2 | 1142 | Sin cambio |

* Cono pirométrico equivalente.

Resultados de la evaluación de quemado de briquetas de la muestra AMA-11.

| Propiedad | Temperatura de quemado (°C) | | | | |
|---|------------------------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | 850 | 900 | 950 | 1000 | 1050 |
| Color | Café rojizo claro | Café rojizo claro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro | Café rojizo oscuro |
| Contracción lineal (%) | 0.00 | 0.53 | 0.53 | 1.33 | 1.07 |
| Volumen de poros abiertos cm³ (Vpa) | 2.6 | 2.5 | 2.4 | 2.2 | 1.9 |
| % Absorción de agua | 17.45 | 17.01 | 16.11 | 15.28 | 13.01 |
| Dureza | Dura | Dura | Dura | Muy dura | Muy dura |

En esta prueba es notable que a los 850°C, la contracción lineal es nula; a los 900°C y 950°C es baja, para tener un cambio brusco a los 1000°C, y a los 1050°C vuelve a presentar un cambio a la baja. En el intervalo de temperatura comprendido entre los 850°C y los 1000°C, el volumen de poros abiertos baja de 2.6 cm³ a 2.2 cm³ y el porcentaje de absorción de agua se reduce a 15.28, el cual es alto para la fabricación de teja.

Para elaborar ladrillos con esta arcilla, es conveniente hacerlo a una temperatura de 900°C, teniendo un estricto control del alza de la temperatura para evitar un cambio brusco en la coloración, ya que a los 950°C se registra un cambio de color, de café rojizo claro a café rojizo oscuro.

IV.3.4.7. Puente Viejo (AMA-16)

Se localiza a 11.89 km en línea recta al NE4° del poblado de Amatepec, en las inmediaciones de la comunidad de Puente Viejo, a orilla de la carretera estatal No. 8 en dirección Tejupilco-Amatepec. Consiste en un depósito de esquisto sericítico, que por erosión ha adoptado una forma dómica (Fotografía 21).



Fotografía 21. Corte en la carretera de las arcillas Puente Viejo

El depósito presenta oxidación y argilitización por intemperismo, la mineralogía vista en campo consiste en minerales arcillosos, sericita y óxidos de fierro. Para fines de explotación se considera una superficie de 2 hectáreas, con un espesor medio de 10 m, por lo que se le estima un potencial de cuando menos 400,000 toneladas.

IV.3.4.8. Árbol Hueco (AMA-17)

Se ubica a 9.95 km en línea recta al NE12° del poblado de Amatepec, exactamente en el entronque del camino de terracería que conduce a la comunidad Las Joyas, a orilla de la carretera estatal No. 8, en dirección Tejupilco-Amatepec. Consiste en un depósito de esquisto sericitico carbonoso, el cual presenta una ligera oxidación y argilitización por intemperismo, la mineralogía consiste de minerales arcillosos, sericita y cuarzo. Para fines de explotación se considera una superficie de alrededor de 2 hectáreas y un espesor promedio de 20 metros, con lo cual se calcula un potencial del orden de 800,000 toneladas (Fotografía 22).



Fotografía 22. Corte en las arcillas del prospecto Árbol Hueco

Los dueños de El Salitre 1 y El Salitre 2, manifestaron su deseo de recibir apoyo para instalar una ladrillera y los dueños de El Palmar y Buenavista requieren apoyo para mejorar sus condiciones de trabajo.

IV.4. Rocas Dimensionables

No se encontraron en el municipio rocas que pudieran servir para este fin, tales como mármol, granito, toba o travertino.

Al visitar las serpentinitas de El Cerro Pelón y El Serpedique, se pensó en que podrían servir como dimensionables, pero estas rocas presentan un intenso fracturamiento, lo cual impide que se puedan obtener bloques de tamaño aprovechable para cortar y pulir a escala industrial.

En la tabla 4, se muestra las principales características de las 22 localidades que fueron analizadas en el campo. De estas localidades, lo más significativo corresponde a los depósitos de arcilla, que tienen un potencial importante, y propiedades físicas apropiadas para fabricar ladrillos y en menor proporción tejas.

Tabla 4 . Yacimientos Minerales Municipio Tejuzilco, Estado de México.

| ID | NOMBRE | LATITUD | LONG. | SUSTANCIA | POTENCIAL (Toneladas) | ROCA DE CAJA | PRINCIPALES USOS | ACCESO DESDE AMATEPEC Km. |
|----|--------------------|---------|--------|----------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------|--|
| 1 | El Salitre 1 | 2071622 | 363875 | Arcillas | 1'500,000 | | Fabricación de ladrillos | Pavimento 13.2 |
| 2 | El Salitre 2 | 2071515 | 363788 | Arcillas | 600,000 | | Fabricación de ladrillos | Pavimento 13.4 |
| 3 | La Carreta | 2069502 | 363985 | Arcillas | 100,000 | | Fabricación de ladrillos | Pavimento 11.3 |
| 4 | Cerro Pelón | 2067403 | 358449 | Serpentinita | 3'000,000 | | En siderurgia | Terracería 7.5; brecha 2.0, vereda 0.4 |
| 5 | La Platosa | 2067283 | 358834 | Au y Ag | No tiene | Esquisto | Joyería, monedas y electrónica | Terracería 7.5 ; brecha 2.3 |
| 6 | Los Naranjos | 2067315 | 358835 | Au y Ag | No tiene | Esquisto | Joyería, monedas y electrónica | Terracería 7.5; brecha 2.3 |
| 7 | Serpedique | 2067278 | 358837 | Serpentinita | 187,500 | Esquisto | En siderurgia | Terracería 7.5; brecha 2.2 |
| 8 | El Palmar | 2066703 | 355662 | Arcillas | 2,250 | | Fabricación de ladrillos y tejas. | Dentro del poblado |
| 9 | Cincuenta Arrobas | 2062500 | 351600 | Au y Ag | No determinado | Metatoba, andesita y granito | Joyería, monedas y electrónica | Terracería 9; vereda 1 |
| 10 | Buenavista | 2069828 | 350828 | Arcillas | 3,000 | | Fabricación de ladrillos | Terracería 13 |
| 11 | Los Guajes | 2070488 | 350822 | Arcillas | 90,000 | | Fabricación de ladrillos | Terracería 12 |
| 12 | Meyuca | 2071792 | 351848 | Andesita | 375,000 | | Como agregados para concreto | Terracería 10 |
| 13 | Rancho Viejo | 2069504 | 355170 | Andesita | 1'000,000 | | Como agregados para concreto | Terracería 3 |
| 14 | Riolita San Felipe | 2078500 | 377000 | Riolita | No determinado | Esquisto | Como fundente en siderurgia | Pavimento 20.5 ; vereda 0.2 |
| 15 | Veta San Felipe | 2078540 | 376804 | Au y Ag | No determinado | Esquisto | Joyería, monedas y electrónica | Pavimento 20.5; vereda 0.3 |
| 16 | Puente Vejo | 2077911 | 376020 | Arcillas | 400,000 | | Fabricación de ladrillos | Pavimento 18 |
| 17 | Árbol Hueco | 2075774 | 377260 | Arcillas | 800,000 | | Fabricación de ladrillos | Pavimento 14.5 |
| 18 | La Goleta | 2067310 | 382597 | Toba riolítica | 625,000 | | Arena para construcción | Pavimento 12.5 |
| 19 | El Molcajete | 2063306 | 357013 | Basalto | 6'750,000 | | Agregados para concreto | Terracería 8 |
| 20 | La Unión | 2067900 | 356533 | Mn | 5,000 | Pizarra | En siderurgia | Pavimento 2, vereda 0.55 |
| 21 | Dos Marías | 2070700 | 374150 | Cu, Zn y Ag | No determinado | Pizarra | Electrónica, aleaciones y joyería | Pavimento 5; vereda 2.5 |
| 22 | Los Cajones | 2067550 | 382150 | Toba riolítica | 375,000 | | Arena para construcción | Pavimento 10.5 |

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V.1. Minerales No Metálicos

En cuanto a los minerales no metálicos, este municipio tiene buenas posibilidades para desarrollar proyectos a corto plazo, relacionados con la explotación de serpentinitas para utilizarlas en la industria metalúrgica y en el aprovechamiento de depósitos de arcillas para fabricar ladrillos y tejas.

V.1.1. Serpentinitas

Las serpentinitas del Cerro Pelón y El Serpedique se localizan muy cercanos uno del otro, ambos presentan una composición química, condiciones estructurales y topográficas favorables para su explotación y producción de grava, que puede ser utilizada como insumo en la industria metalúrgica, su potencial es de 3'000,000 de toneladas y 187,000 toneladas respectivamente.

Se recomienda promover la explotación de estos depósitos, para su consumo en la industria metalúrgica, en el entendido de que las serpentinitas no son denunciables y quien tiene el derecho a su explotación es el superficiario.

V.1.2. Arcillas

Los ocho depósitos de arcilla localizados en Amatepec, son del tipo de “arcillas comunes”, todos ellos sirven para fabricar ladrillos y en menor proporción tejas.

El que reúne las mejores características tecnológicas es el llamado Palmar (AMA-8), que es apto para la fabricación de tejas, pero sus reservas de arcilla son pocas.

Los yacimientos con suficientes reservas para una operación de varios años y con mejores condiciones para su explotación son: El Salitre 1 y El Salitre 2. La Carreta y Los Guajes tienen un tonelaje mediano. El Palmar y Buenavista tienen un tonelaje muy bajo, pero son los únicos que actualmente están en operación.

De cada prospecto se establece lo siguiente:

El Salitre 1 (AMA-1). La arcilla de este prospecto es apta para la fabricación de ladrillos. Tiene un potencial de 1'500,000 toneladas de material, está en un lugar con buena infraestructura: es terreno particular y el dueño está interesado en instalar una ladrillera.

El Salitre 2 (AMA-2). Este depósito está muy cercano del anterior, es adecuado para producir ladrillos, tiene un potencial de 600,000 toneladas, es terreno particular y al dueño le interesa producir ladrillos.

La Carreta (AMA-3). Este depósito de arcillas también es bueno para hacer ladrillos, está situado en terreno particular con buena infraestructura. No se localizó al dueño, presenta un potencial de 100,000 toneladas.

El Palmar (AMA-8). Por sus características, la arcilla de este lugar resultó ser la mejor de todas. Actualmente se está aprovechando para ladrillos en forma rústica, pero es muy recomendable para elaborar teja. Su potencial es del orden de 2,250 toneladas y el yacimiento está delimitado por casas habitación.

Buenavista (AMA-10). Esta arcilla actualmente está siendo trabajada rústicamente. Es favorable para elaborar ladrillos, pero también se producen tejas. El potencial es del orden de 3,000 toneladas y también están delimitadas por casas habitación.

Los Guajes (AMA-11). Estas arcillas son de buena calidad para hacer ladrillos y alguna vez ya fueron aprovechadas para tal fin. Están en terreno particular y a la dueña le gustaría instalar una ladrillera. El potencial es del orden de 90,000 toneladas.

Se recomienda que a los interesados en este tipo de industria se les brinde el auxilio necesario. A quienes ya están trabajando, asesorarlos técnicamente para

optimizar su producción y apoyarlos económicamente para mejorar sus instalaciones, ya que trabajan al descubierto y sólo pueden hacerlo en época de secas.

A quienes pretendan o les interese iniciarse en esta industria, se les debe apoyar con el objeto de facilitar la creación de fuentes de trabajo y satisfacer la necesidad de ladrillos y tejas. En esta región del Estado de México, se nota un auge en la construcción y reconstrucción de casas habitación, tanto en los centros de población como en el medio rural. Los fondos provienen de los emigrantes que trabajan en los Estados Unidos de Norteamérica.

En el caso de que se pretenda instalar una nueva ladrillera, se recomienda que se lleve a cabo un muestreo detallado en el yacimiento de arcillas que se vaya a utilizar, para conocer las variaciones que la arcilla pueda tener, tanto en extensión como en profundidad, a fin de lograr una utilización racional del recurso.

V.2. Agregados Pétreos

Se localizaron cuatro localidades de Agregados Pétreos, de las que tres son pedreras abandonadas, donde se han explotado rocas de carácter andesítico, para la construcción de caminos de terracería, también se podrían utilizar para la producción de grava como agregado de concreto. La otra localidad es la conocida como **El Molcajete**, donde la roca de naturaleza basáltico-andesítica, también podría utilizarse para producir grava para concreto, y cuyo potencial es del orden de 6'750,000 toneladas.

Se recomienda que en caso de que se quiera instalar una gravera para agregados de concreto, se estudie en detalle el tipo y grado de alteración de la roca, ya que hay algunos minerales de alteración que afectan la calidad de la grava para concreto, cuando se presentan en exceso. También deberá investigarse la posible presencia de pirita, que ocasiona serios problemas al oxidarse.

V.3. Yacimientos Minerales Metálicos

-En el municipio Amatepec, actualmente no hay ningún yacimiento metálico en operación y las actividades de exploración, prácticamente son nulas.

-De los pocos prospectos de yacimientos metálicos, por su ubicación geológica, resultados de estudios y muestreos realizados por el Consejo de Recursos Minerales, la zona de Dos Marías, es la que aparentemente presenta posibilidades de contener depósitos del tipo vulcanogénico.

-Se recomienda que en época de secas se lleve a cabo un estudio geoquímico en base a un muestreo de sedimentos de arroyo, en la región donde se localiza el área **Dos Marías**, con el objetivo de encontrar zonas anómalas de interés, que eventualmente conduzcan a la localización de prospectos de yacimientos vulcanogénicos.

-El yacimiento La Unión, que consiste de valores interesantes de Mn. Actualmente se encuentra abandonado e inaccesible.

V. 4. Rocas Dimensionables

No se localizaron Rocas Dimensionables. En un principio se pensó que las serpentinitas de El Cerro Pelón y El Serpedique, pudieran servir para tal propósito, pero por estar intensamente fracturadas no pueden ser aprovechadas para dicho fin.

BIBLIOGRAFIA

Aguilar-Contreras, Adrián, 1968. Reporte sobre el prospecto de cobre “Dos Marías” de la cuadrilla “El Veladero”, Municipio de Amatepec, Estado de México, C. R. M., 11 pp.

CRM, 1996, Carta Geológico Minera “Tejupilco de Hidalgo”, Estado de México, E14-A56, Escala 1:50,000: Consejo de Recursos Minerales.

CRM, 1999, Carta Geológico Minera “Pilcaya”, estados de México y Guerrero, E14-A67, Escala 1:50,000, primera edición: Consejo de Recursos Minerales.

De Cserna, Zoltan, 1982, Hoja Tejupilco 14Q-g(9), con Resumen de la geología de la Hoja Tejupilco, estados de Guerrero, México y Michoacán, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Serie de 1:100,000, mapa con texto, 28 pp.

Elías-Herrera, Mariano; Sánchez-Zavala, José Luis y Macias-Romo, Consuelo, 1996, Geochronology of the Guerrero terrane in the Tejupilco area, southern Mexico, and its regional implications: Instituto de Geología, UNAM, 59 pp.

García de Hoyos, Guillermo, 1977. Estudio geológico minero preliminar Mina La Unión, Palmar Chico, México, C. R. M, 3 pp.

INEGI, 2001, Síntesis de Información Geográfica del Estado de México: Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Edición 2001, 139 pp.

INEGI, 2004, Anuario Estadístico del Estado de México, Tomo I, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, Edición 2004, 680 pp.

JICA-MMAJ, 1994, Informe de la Exploración Cooperativa de Mineral en Región Tejupilco, Fases I, II, III, Sumario y Reporte: Japan Internacional Cooperation Agency-Metal Mining Agency of Japan.

Mendoza-Flores, Ansberto A., Salazar-Rojo, José Armando, 1983. Evaluación geológico minera del área sur de Amatepec, Edo. de México, Tesis profesional, IPN, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Ciencias de la Tierra, México, D. F. 90 pp.

Mendoza-Flores, A. Alfonso; López-Trinidad, Juana F. Informe de avance (Sep 85-Sep-86) de la exploración Geológica Minera del área Cutzamala Sector Palmar Chico, Amatepec, Edo. de México, C. R. M., 310 pp., y anexo cartográfico.

Parga-Pérez, José de Jesús, 1981, Geología del área de Tizapa, Municipio de Zacazonapan, México: UNAM, Facultad de Ciencias (Geología), Tesis de Maestría, 135 pp.

Salas-Castellanos, José Eduardo, 1982, Geología de la región de Amatepec y evaluación metalogenética del prospecto "La Sierrita", Tlatlaya, Edo. de México, Tesis profesional, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México, México, D. F., 77 pp.

**SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO
FIDEICOMISO DE FOMENTO MINERO**

A N E X O I

**FOTOGRAFÍAS DEL QUEMADO DE
BRIQUETAS DE ARCILLA DEL INVENTARIO
FÍSICO DE LOS RECURSOS MINERALES DEL
MUNICIPIO AMATEPEC, EDO. DE MÉXICO**

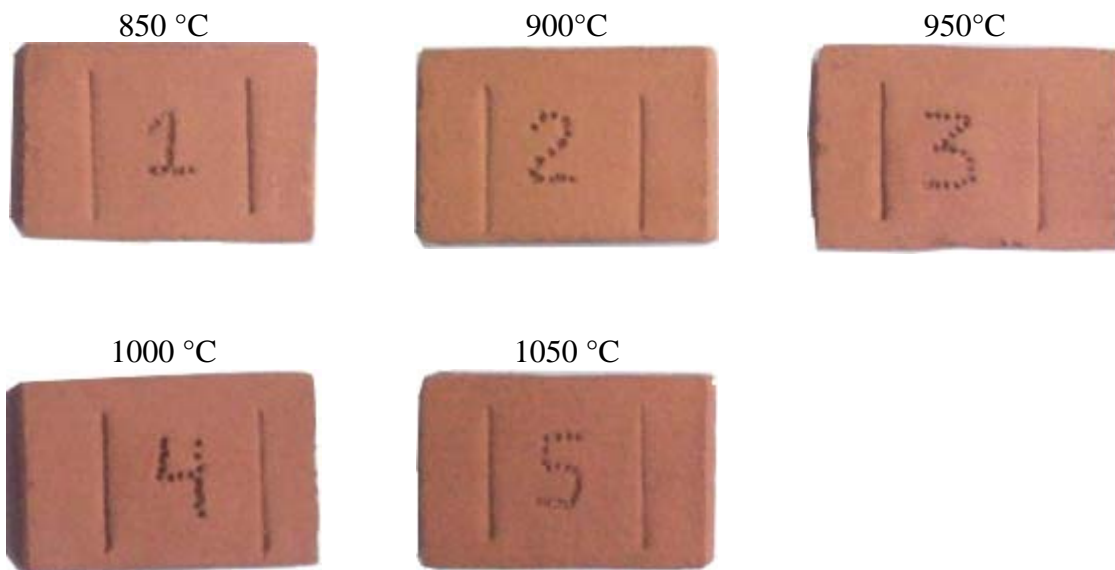
ELABORÓ: ING. FELIX UBALDO ALARCÓN LÓPEZ
REVISÓ: M. en C. JOSÉ DE JESÚS PARGA PÉREZ
SUPERVISÓ: ING. FERNANDO CASTILLO NIETO

ENERO, 2006

Evaluación de Arcillas

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 31.2 |
| Control Lab.: 11399 | Número de briquetas: 6 1/3 |
| Identificación Campo: AMA-1 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas

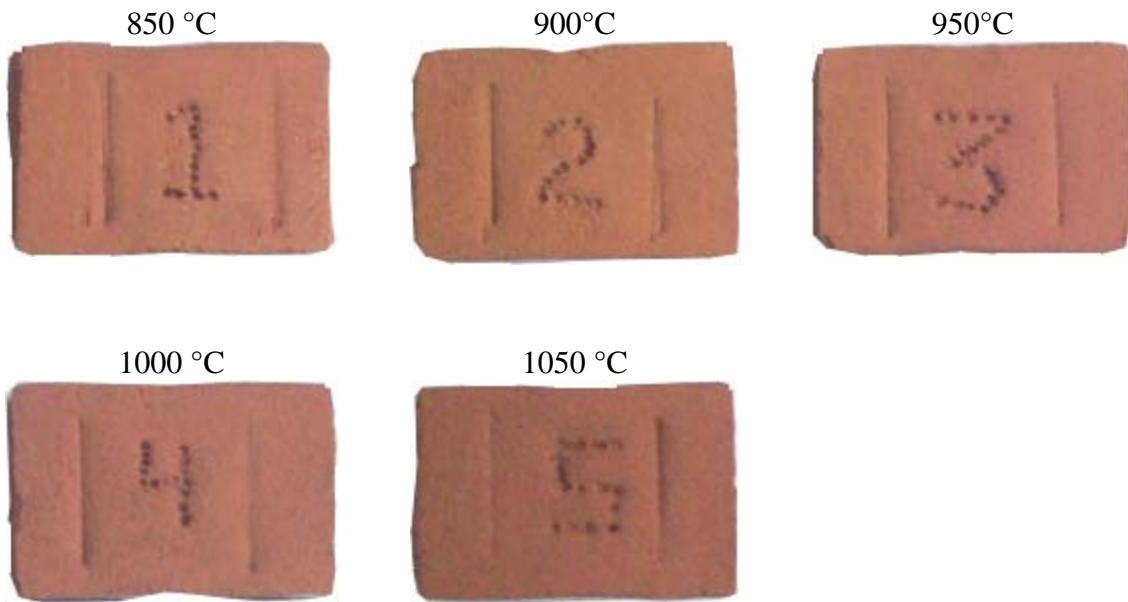


Anexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas

Evaluación de Arcillas

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 30.0 |
| Control Lab.: 11402 | Número de briquetas: 6 |
| Identificación Campo: AMA-2 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas

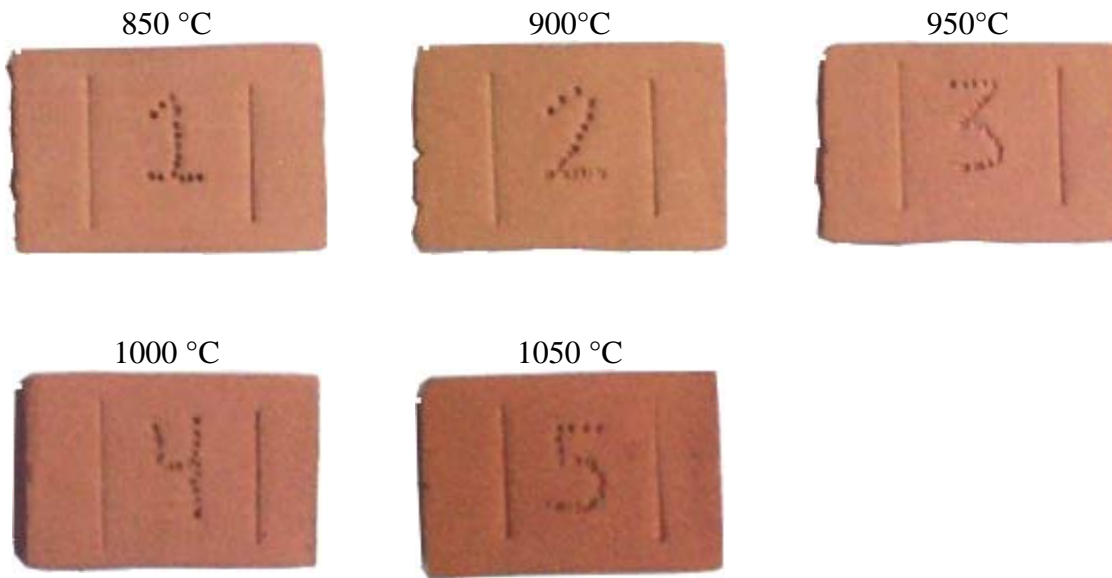


Anexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas

Evaluación de Arcillas

| | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 33.4 |
| Control Lab.: 11403 | Número de briquetas: 6 3/4 |
| Identificación Campo: AMA-3 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas

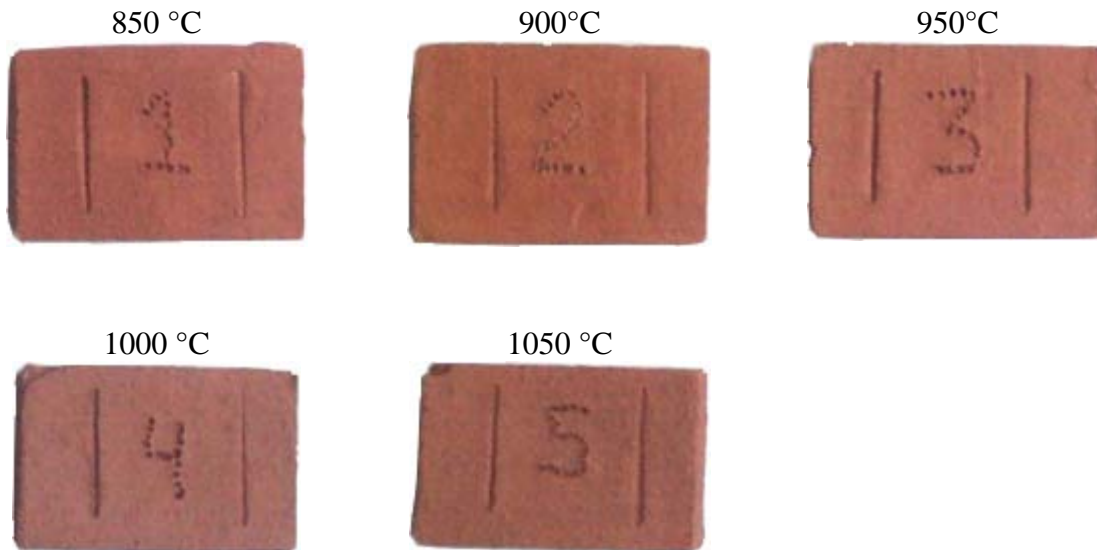


Anexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas

Evaluación de Arcillas

| | |
|-----------------------------|------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 33.0 |
| Control Lab.: 11404 | Número de briquetas: 7 |
| Identificación Campo: AMA-8 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas

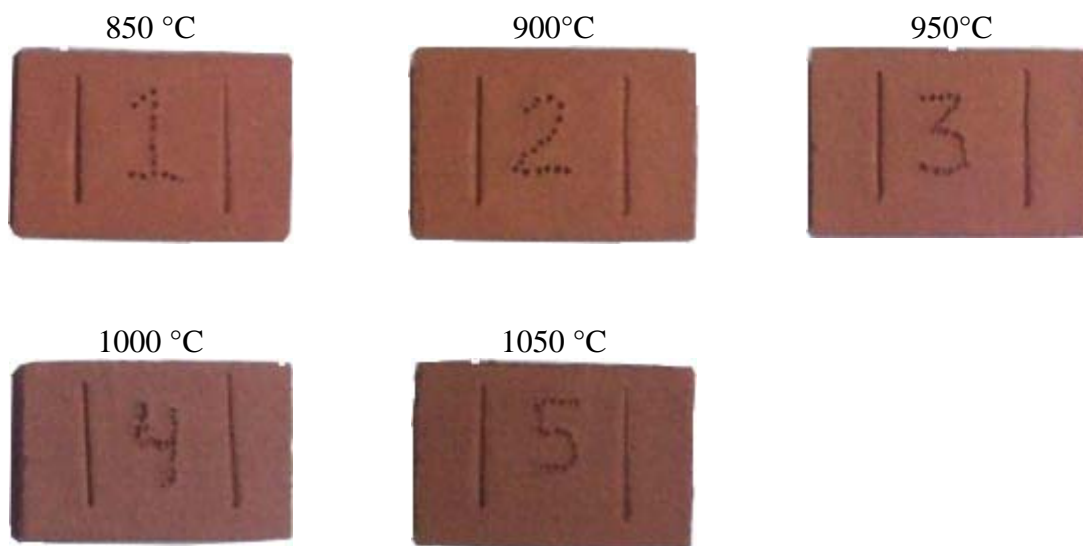


Anexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas

Evaluación de Arcillas

| | |
|------------------------------|----------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 32.2 |
| Control Lab.: 11400 | Número de briquetas: 6 3/4 |
| Identificación Campo: AMA-10 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas



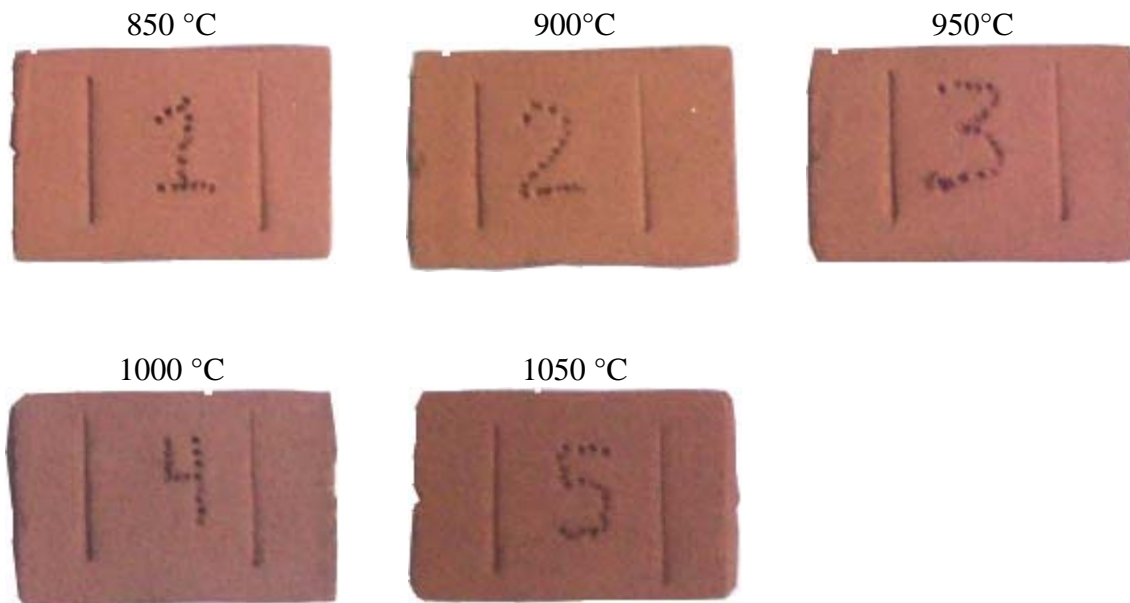
Aexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas

Av. Industrial No. 6 Parque Industrial Robinson, Chihuahua 31380, Chihuahua, México
Tel: 01(614) 420 1798 y 01(614) 420 0577; Fax (614) 420 1738; e-mail: cechi@coremisgm.gob.mx; <http://www.coremisgm.gob.mx>

Evaluación de Arcillas

| | |
|------------------------------|------------------------|
| Orden de Trabajo: 3129/2005 | Atterberg: 25.5 |
| Control Lab.: 11401 | Número de briquetas: 6 |
| Identificación Campo: AMA-11 | |

Quemado de briquetas a diferentes temperaturas



Anexo al reporte detallado de la caracterización de arcillas