



**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
DIRECCIÓN DE MINAS DE GUANAJUATO**



**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS
MINERALES DEL MUNICIPIO
SILAO, GTO.**

MAYO 2004

**CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
DIRECCIÓN DE MINAS DE GUANAJUATO**

**INVENTARIO FÍSICO DE LOS RECURSOS
MINERALES DEL MUNICIPIO
SILAO, GTO.**

POR:

ING. JOSÉ ANTONIO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

SUPERVISÓ:

ING. FERNANDO CASTILLO NIETO

MAYO 2004

INDICE

	Página
I. GENERALIDADES	1
I.1. Antecedentes	1
I.2. Objetivo	3
II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRAFICO	4
II.1. Localización y Extensión	4
II.2. Vías de Comunicación y Acceso	4
II.3. Fisiografía	8
II.4. Hidrografía	11
III. MARCO GEOLÓGICO	18
III.1. Geología Regional	18
III.2. Geología Local	25
IV. YACIMIENTOS MINERALES	40
IV.1. Agregados Pétreos (materiales para la industria de la construcción)	40
IV.2. Yacimientos de Minerales Metálicos	51
IV.3. Yacimientos de Minerales No Metálicos	54
IV.4. Rocas Dimensionables	57
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXO I	
Fichas de campo, descriptivas de las localidades estudiadas	

INDICE DE PLANOS Y FIGURAS

	Página
Figura 1. Mapa de localización del Municipio Silao.....	5
Figura 2. Principales vías de comunicación del Estado de Guanajuato.....	7
Figura 3. Provincias Fisiográficas del Estado de Guanajuato	9
Figura 4. División hidrológica correspondiente al Estado de Guanajuato.....	12
Figura 5. Mapa hidrográfico del Estado de Guanajuato	16
Figura 6. Acuíferos del Estado de Guanajuato.....	17
Figura 7. Provincias Geológicas de la República Mexicana.....	19
Figura 8. Terrenos tectonoestratigráficos de la República Mexicana.....	20
Plano 9. Carta Geológica, Municipio Silao Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)	
Plano 10. Carta de Yacimientos Minerales, Municipio Silao Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)	
Plano 11. Carta Magnética, Municipio Silao Escala 1:50,000 (en bolsa al final del texto)	

I. GENERALIDADES

I.1. Antecedentes

En el mes de diciembre del año 2000, el Director General de Fomento Minero del Gobierno de Guanajuato, considerando de gran importancia para el estado, contar con información geológica minera actual, con un enfoque directo a la exploración, de recursos minerales metálicos, no metálicos, rocas dimensionables y agregados pétreos en cada uno de los municipios del estado de Guanajuato, entabló pláticas con el Jefe de la Oficina Regional San Luis Potosí del Consejo de Recursos Minerales (COREMI), con la intención de establecer las bases de un convenio para el desarrollo del **Inventario Físico de los Recursos Minerales en cada municipio del Estado de Guanajuato**, y así, dicha dirección, pueda promover trabajos geológico mineros con diferentes inversionistas para la explotación de dichos recursos.

Con los estudios realizados dentro de este convenio, se tendrá la información y ubicación de todas las localidades conocidas en cada municipio, que presentan mineralización metálica, no metálica, de rocas dimensionables y agregados pétreos, que aparecen en las cartas geológico-mineras del COREMI, las que señaló la Dirección de Fomento Minero del Gobierno de Guanajuato y las indicadas por el Gobierno Municipal y sus habitantes, haciendo una descripción de cada localidad en una ficha, cuando se refiere a las localidades visitadas por el geólogo encargado del COREMI para cada municipio.

En junio de 2001, se inicia la 1ª. parte de los trabajos de Inventario de los Recursos Minerales, abarcando 10 municipios del estado, y terminando en enero de 2002. En abril de 2002, se inician los trabajos de la 2ª. parte de los Inventarios, que comprendió 15 municipios, terminando en abril de 2003. En el presente convenio, iniciado en mayo de 2003, queda comprendida la 3ª y última parte, en que se realiza el inventario en 21 municipios, y con esto, queda cubierta la totalidad de municipios que integran al Estado de Guanajuato.

La base geológica tomada para este inventario, corresponde a la carta geológica levantada por el COREMI con anterioridad, y que se corrobora o se corrige con la geología local, observada en las visitas de los geólogos encargados de este estudio (ver Carta Geológico-Minera del Municipio Silao, Guanajuato, escala 1:50,000, al final del texto).

En los planos del actual estudio, se integró 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 Silao, Gto, escala 1:50,000, al final del texto).

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

Los municipios señalados para desarrollar el inventario en este convenio son:

- | | | |
|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Acámbaro | 2. Salvatierra | 3. Santiago Maravatío |
| 4. Moroleón | 5. Uriangato | 6. Yuriria |
| 7. Huanímaro | 8. Valle de Santiago | 9. Jaral del Progreso |
| 10. Cortazar | 11. Celaya | 12. Villagrán |
| 13. Salamanca | 14. Pueblo Nuevo | 15. Abasolo |
| 16. Cuerámaro | 17. Irapuato | 18. Romita |
| 19. Silao | 20. Guanajuato | 21. León |

I.2. Objetivo

El principal objetivo que se persigue con el Inventario de los Recursos Minerales en cada municipio del estado de Guanajuato, es conocer las localidades con mineral o roca en cada municipio (Inventario Físico de los Recursos Minerales), y determinar la presencia e importancia económica de los posibles yacimientos de minerales metálicos, de los minerales no metálicos, así como de las rocas dimensionables y agregados pétreos existentes, para desarrollar nuevos aprovechamientos mineros, que ayuden a:

- Atraer inversión nacional y extranjera para elevar el nivel de vida de las comunidades.
- Generar empleos que eviten la emigración de nuestros campesinos.

Todo ello, con el firme propósito de implementar programas de infraestructura geológica minera, que coadyuven al engrandecimiento del estado con el conocimiento de la geología y los recursos minerales del estado. Los distritos mineros de minerales metálicos que el Consejo de Recursos Minerales levantó con anterioridad al elaborar sus cartas escala 1:250, 000, no se visitaron en esta ocasión, sin embargo, esa información se incluye en las cartas de cada municipio.

II. MEDIO FÍSICO Y GEOGRÁFICO

II.1. Localización y Extensión

El municipio Silao, se localiza en la porción Centro – Occidental del estado de Guanajuato, colinda con los municipios siguientes: al Norte, con el municipio San Felipe, al Este, con el municipio Guanajuato, al Sur, con el municipio Irapuato; al Oeste, con León y Romita; el municipio tiene una extensión territorial de 718.295 Km², equivalente al 2.36 % de la superficie del estado (figura 1)

Posición geográfica. La Ciudad Silao, cabecera municipal, está situada a los 101° 25' 33" de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a los 20° 56' 38" latitud norte, tomando como base la presidencia municipal (fotografía 1), su altura sobre el nivel del mar es de 1,775 m.

II.2 Vías de Comunicación y Acceso

El municipio Silao, está bien comunicado, ya que se encuentra en la parte centro - occidental del estado; su vía de comunicación principal es la carretera federal No. 45, que comunica entre las ciudades Silao-Irapuato y León, quedando en el tramo, de la cabecera municipal de Silao, como segundo término se tiene la carretera Federal No. 110, en su tramo que comunica de la ciudad de Silao a la ciudad de Guanajuato (fotografía 2), cruzando la porción noreste del municipio. Así como una estación principal de ferrocarril en la cabecera municipal de Silao, Guanajuato, que está en el trayecto Irapuato-Silao-León (figura 2)

Otra vía de gran importancia para el municipio Silao, es el aeropuerto internacional que se localiza a seis kilómetros sobre la carretera Silao-León.

El municipio Silao, también cuenta con una importante red de caminos pavimentados y de terracería transitables en toda época del año, que aseguran la comunicación entre las principales comunidades y ejidos del municipio, además de

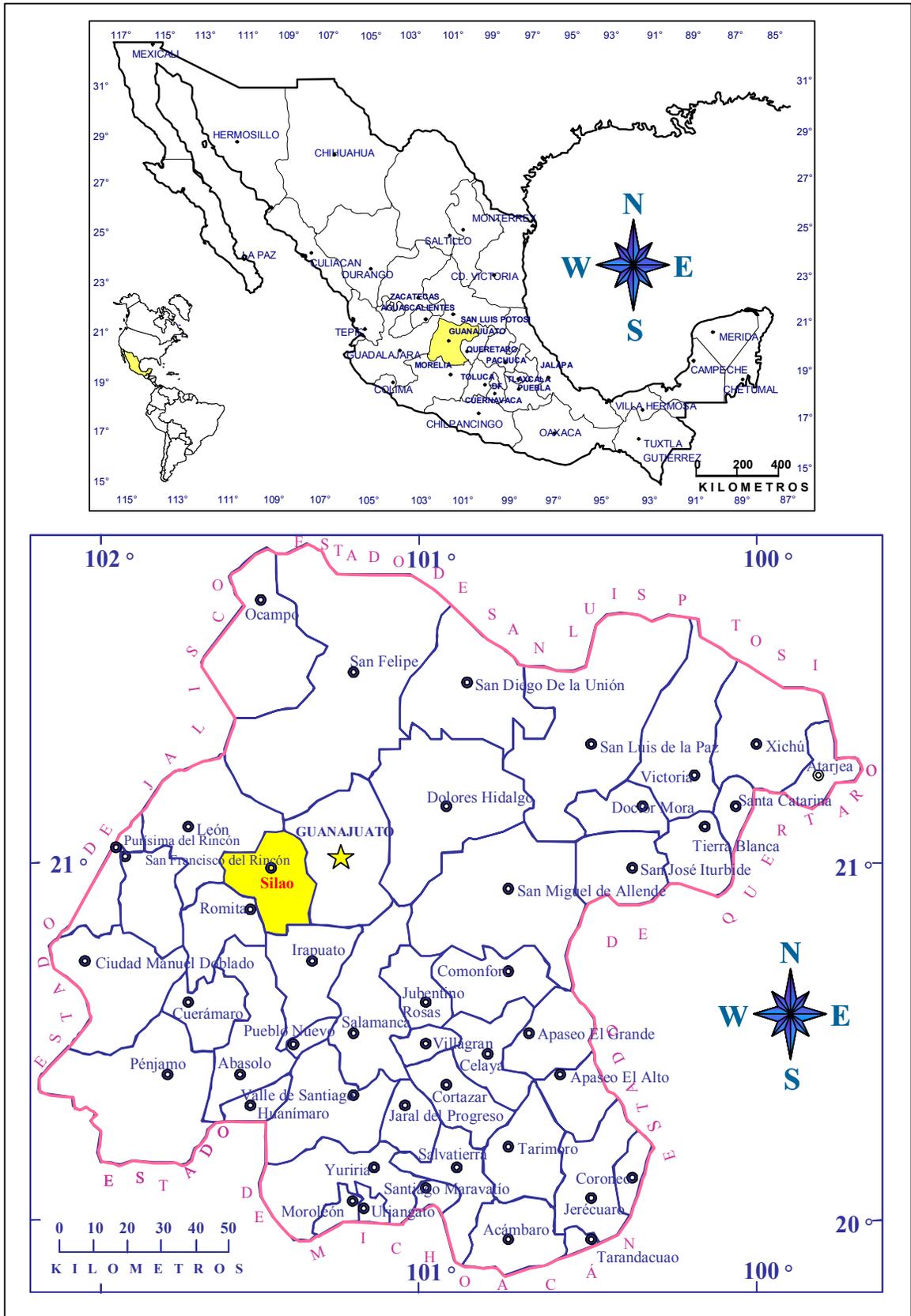


Figura 1. Localización del Municipio Silao, Guanajuato, México.



Fotografía 1. Posición geográfica de la cabecera municipal Silao, tomando como base la Presidencia Municipal.



Fotografía 2. Una de las principales vías de comunicación es la carretera Federal No. 45 León-Irapuato y la carretera federal 110, Silao-Guanajuato.

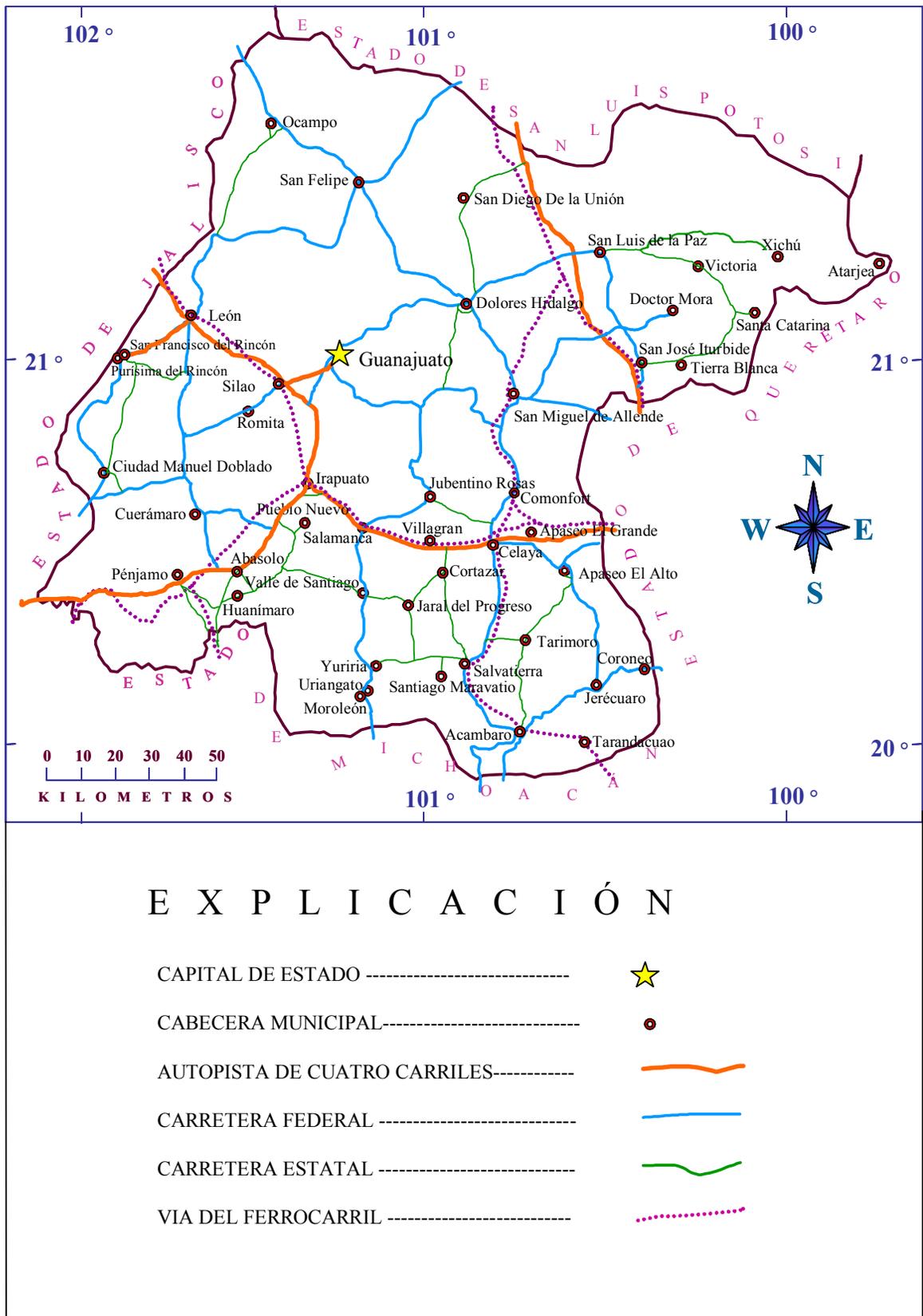


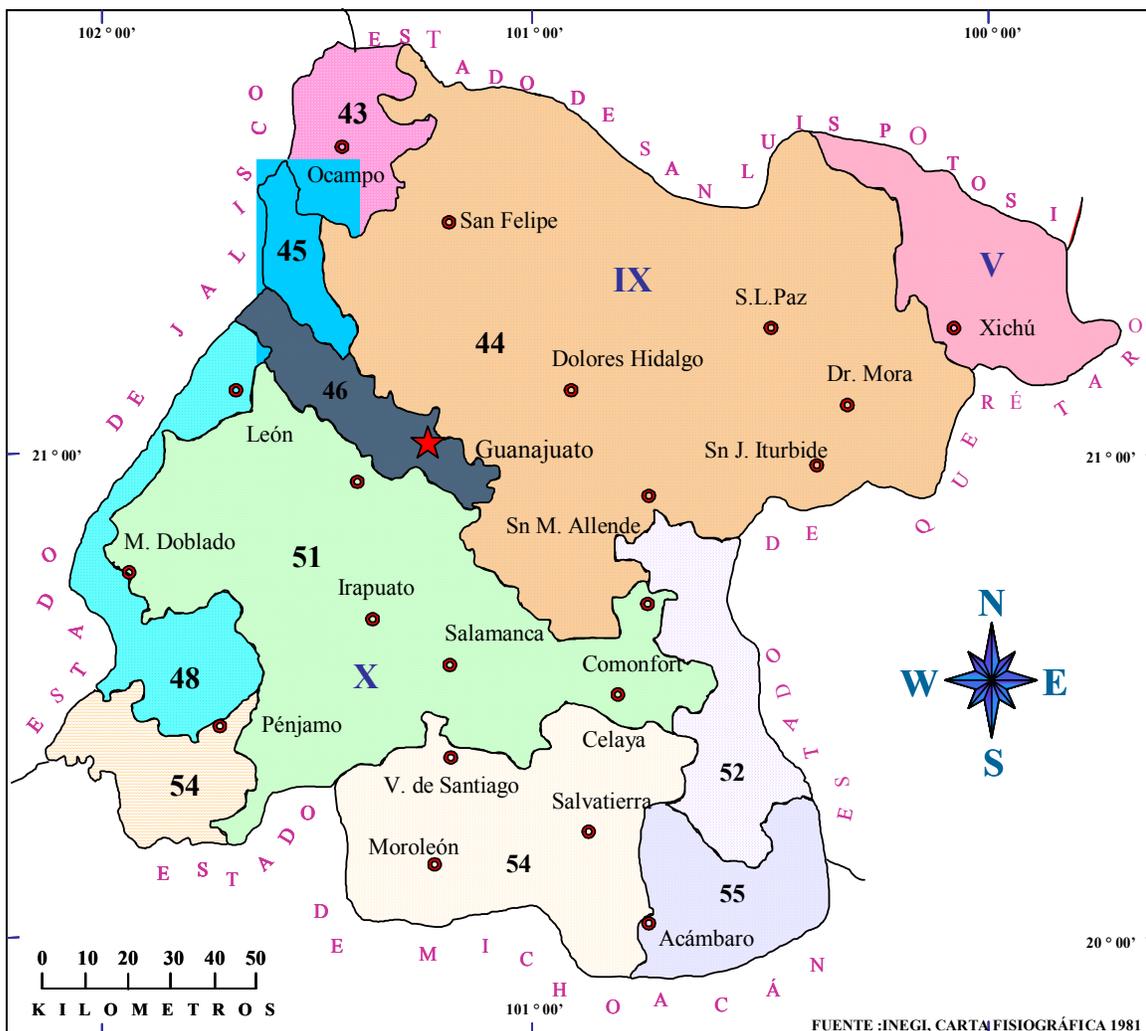
Figura 2. Principales vías de comunicación del estado de Guanajuato, México.

contar con numerosas brechas que permiten el acceso a casi todos los prospectos de minerales metálicos y no metálicos, así como rocas dimensionables y agregados pétreos, que son potenciales productores de materia prima para la industria de la construcción.

II.3. Fisiografía

El municipio Silao está ubicado en las provincias fisiográficas, al norte-noreste, Mesa Central, donde quedan representadas las subprovincias Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato, Sierra Cuatralba y Sierra de Guanajuato,(fotografía 3); Dentro de La Mesa Central, predominan los suelos tipo Feozem háplico, que se caracterizan por presentar tonos oscuros y en su capa superficial contiene abundante materia orgánica, aquí los nutrientes son propios, cuando las condiciones del terreno lo permiten; el uso potencial es la agricultura, de temporal o de riego. En la porción centro-sur, se ubica el Eje Neovolcánico, donde quedan representadas las subprovincias Altos de Jalisco, en la porción centro-occidental y en su porción sur, El Bajío Guanajuatense (INEGI, 1998)(figura 3), en esta provincia se desarrollan comúnmente suelos tipo Vertisol, en cuyas particularidades los distinguen por presentar tonalidades negras o grises, de componentes de las arcillas y por lo general son muy fértiles pero presentan cierta dificultad durante su manejo, debido a que la dureza dificulta la labranza y ocasionalmente presenta algunos problemas de inundación, cuando su drenaje es deficiente; el uso actual de este tipo de suelo es la producción de cultivo de grano y hortaliza, así como de la fresa y otros cultivos, de los cuales se obtienen grandes rendimientos.

Sus elevaciones principales son Cerro El Cubilete, con 2,530 m.s.n.m; Cerro Grande, con 2,400 m.s.n.m.; Cerro Gordo, con 2,370 m.s.n.m.; Mesa Las Víboras, con 2,000 m.s.n.m. y Cerro La Campana, con 1,910 m.s.n.m.



EXPLICACIÓN

PROVINCIAS

- V.-SIERRA MADRE ORIENTAL
- IX.-MESA DEL CENTRO
- X.-EJE NEOVOLCÁNICO

SUBPROVINCIAS Y DISCONTINUIDADES

- 43.-SUBPROVINCIA LLANURAS DE OJUELOS Y AGUASCALIENTES
- 44.-SUBPROVINCIA SIERRAS Y LLANURAS DEL NTE. DE GUANAJUATO
- 45.-DISCONTINUIDAD SIERRA CUATRALBA
- 46.-DISCONTINUIDAD SIERRA DE GUANAJUATO
- 48.-SUBPROVINCIA ALTOS DE JALISCO
- 51.-SUBPROVINCIA BAJÍO GUANAJUATENSE
- 52.-SUBPROVINCIA LLANURAS Y SIERRAS DE QUERÉTARO E HIDALGO
- 54.-SUBPROVINCIA SIERRAS Y BAJÍOS MICHOACANOS
- 55.-SUBPROVINCIA MIL CUMBRES

Figura 3. Provincias fisiográficas del estado de Guanajuato.

Mesa Central

Esta provincia se caracteriza por tener amplias llanuras que se interrumpen por dispersas serranías, en su mayoría de origen volcánico. Existen rasgos topográficos característicos, como los Llanos de Ojuelos, donde se observan lomeríos, sierras pequeñas y llanuras.

La parte sur, que colinda con la provincia del Eje Neovolcánico, subprovincia del Bajío Guanajuatense, corresponde a terrenos planos rellenos de aluvión, donde se desarrolla la agricultura, mientras que la parte NE, que colinda con la provincia de la Sierra Madre Oriental se define con la subprovincia Sierra Gorda, cuya topografía es abrupta, de tipo volcánico y hace las veces de un parteaguas continental entre las cuencas hidrológicas del Río Lerma-Santiago y Pánuco-Tamesí.

Dentro de esta provincia, que ocupa aproximadamente el 50 % de la superficie del estado, existen distritos mineros como el de Guanajuato (oro, plata y caolín), el de León-Comanja (oro, plata, oro-plata-cobre-plomo-zinc, tungsteno, cuarzo, talco y cantera); Providencia (oro-plata y caolín); San Antón de las Minas (oro-plata-cobre-plomo y zinc); Pozos (oro-plata, fosforita y estaño); San José Iturbide (arena sílica, feldespatos y estaño); áreas de Delgado (caolín y alunitas); El Capulín, en Silao, Guanajuato (Caolín); Puerto de Nieto (oro-plata-cobre, plomo y zinc) Cercano a Tierra Blanca, se tiene la zona mineralizada Victoria (oro, plata, plomo y arcillas para cerámica).

Eje Neovolcánico

Esta provincia está constituida por grandes sierras de carácter volcánico que corresponden a corrientes de lava, conos volcánicos y calderas, existiendo barrancas de mediana profundidad, como son los arroyos Las Piedras Azules, Ocotillal, Arroyo Hondo, La Hierbabuena, El Gigante, El Cajón, El Hundido, Agua Zarca, Los magueyes y El Tapón, estos en las inmediaciones de la cabecera

municipal de Silao; hacia las partes bajas existen depósitos continentales, que forman extensas llanuras y que son utilizadas como excelentes tierras para la agricultura.

Dentro del municipio, se tienen como principales elevaciones Cerro El Cubilete, con 2,530 m.s.n.m.; Cerro Grande, con 2,400 m.s.n.m.; Cerro Gordo, con 2,370 m.s.n.m.; Mesa Las Víboras, con 2,000 m.s.n.m. y Cerro La Campana, con 1,910 m.s.n.m.

En la parte sur, se tiene, la subprovincia del Bajío Guanajuatense, que corresponde a terrenos planos rellenos de aluvión, donde se desarrolla la agricultura, mientras que la parte NE, que colinda con la provincia de la Sierra Madre Oriental se define con la subprovincia Sierra Gorda, cuya topografía es abrupta, de tipo volcánico y hace las veces de un parteaguas continental entre las cuencas hidrológicas del Río Lerma-Santiago y Pánuco- Tamesí. y por ultimo, en la parte suroccidental del municipio, se tiene la subprovincia Altos de Jalisco, la cual se caracteriza por presentar sierras altas y escarpadas. En esta provincia existen yacimientos de minerales no- metálicos, tales como pumicita, perlita, diatomita, caolín, arena sílica, pedreras y ópalo entre otros. En particular, en este municipio se tienen yacimientos de agregados pétreos, rocas dimensionables, no se tiene, y manifestaciones de minerales metálicos (Au, Ag); y de zeolita principalmente.

II.4. Hidrografía

En el marco hidrológico, el municipio está situado en la Región Hidrológica Num. 12 (RH 12) (figura 4) del Río Lerma-Santiago; La corriente principal que caracteriza a esta región es el río Lerma, que se localiza en la porción sur del estado de Guanajuato con un rumbo de noroeste-sureste que vierte sus aguas en la Laguna de Chapala. Los principales afluentes del Río Lerma son el Río Laja, el Río Guanajuato y el Río Turbio; dentro de la mayor totalidad territorial del municipio Silao; se tiene principalmente al Río Silao y los arroyos Los Pascuales,

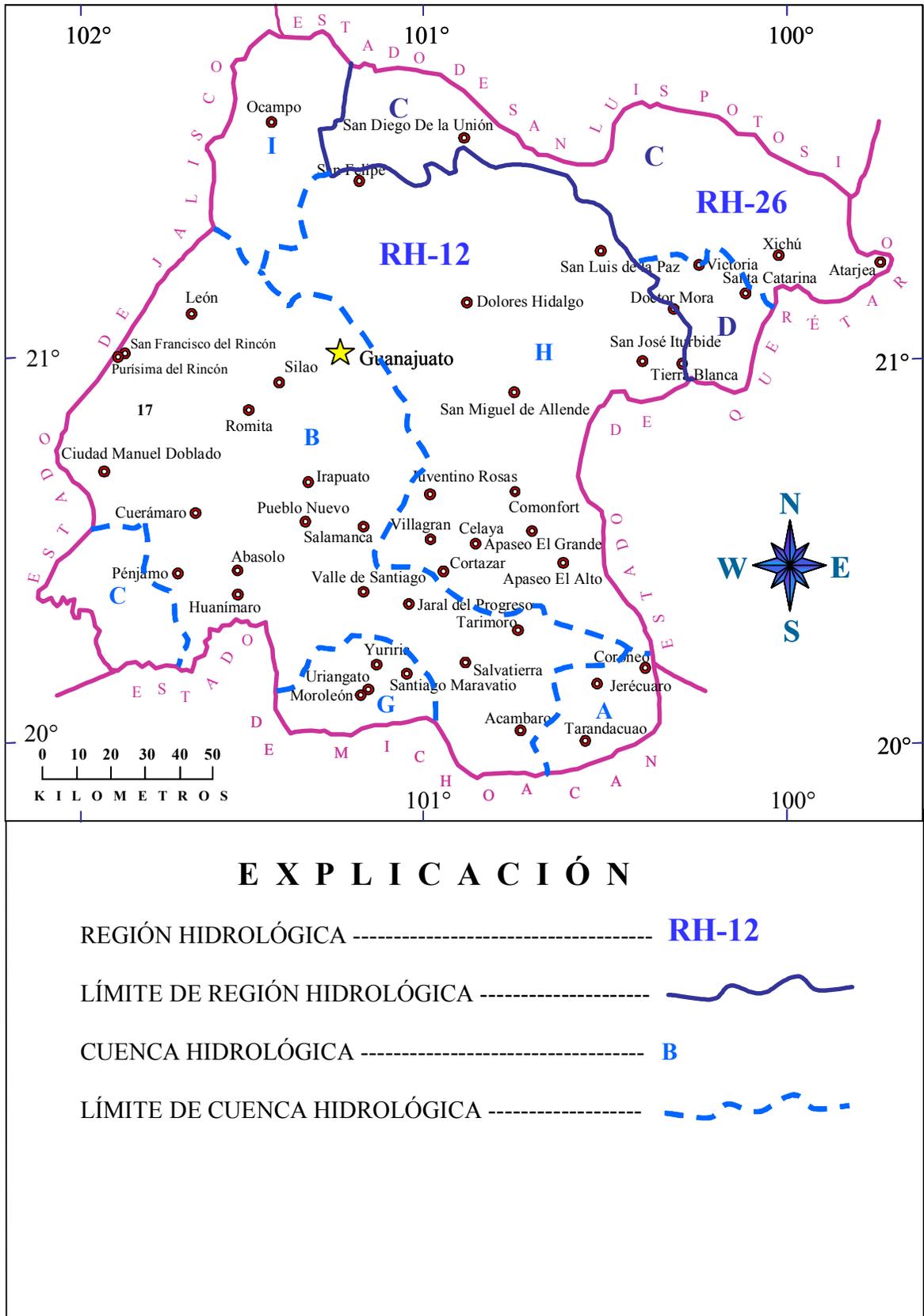


Figura 4. División Hidrológica correspondiente al estado de Guanajuato.



Fotografía 3. Aspecto de la fisiografía de el municipio Silao, queda comprendido en la subprovincia de Sierra de Guanajuato.



Fotografía 4. El río del Gigante, representa parte de la hidrografía de la extensión territorial municipal, en Silao.

La Hierbabuena, El Gigante y Arroyo Hondo, (fotografía 4). Sobre el cauce de algunas corrientes, además de la canalización, se han construido presas y bordos, entre la que destaca la presa: Chichimequillas, localizada al norte del poblado del mismo nombre, sobre la corriente del Río Silao, con fines de riego y capacidad de 15 millones de m³, y el volumen de escurrimiento estimado es de 1,170 millones de m³ anuales, tomando como coeficiente de escurrimiento 15%, una precipitación promedio de 750 mm y el área de la cuenca de 10, 400 km², el escurrimiento en la cuenca es de 50 a 100 mm anuales.

El agua subterránea se explota en forma intensiva en la zona de Silao-Romita, mediante 2,086 pozos de aprovechamiento que extraen un volumen de 259 Mm³, caracterizando una sobreexplotación de 57 Mm³, por lo que en esta región existe veda en cuanto a la realización de pozos de agua, el efecto de la erosión causada por la rápida infiltración del agua a lo largo de una falla geológica activa, la cual se originó por el asentamiento diferencial del terreno, debido a la sobreexplotación de acuíferos, se tiene el ejemplo de la falla, que se ubica en la zona urbana de Silao.

Los principales acuíferos en explotación de la zona de Silao-Romita son de tipo granulares formados por grava, arena y arcilla, de gran espesor y de buena permeabilidad, y en general se contempla de buena calidad el agua, siendo utilizada en riego, debido a su baja salinidad y baja probabilidad de acumular cantidades peligrosas de sodio intercambiable y por lo tanto se puede utilizar para cualquier tipo de terreno y así generar la mayor parte de los productos que se cultivan en la región.

Particularizando el municipio Silao, se enmarca en la Cuenca Río Lerma-Salamanca (B), cubriendo la porción central y suroriental del estado de Guanajuato y las corrientes que prevalecen en la cuenca son un tanto contrastantes, debido a la topografía del terreno ya que se encuentran alterando amplios valles con pendientes suaves, distribuidos en toda la cuenca y zonas montañosas con pendientes fuertes que caracterizan la parte norte de León,

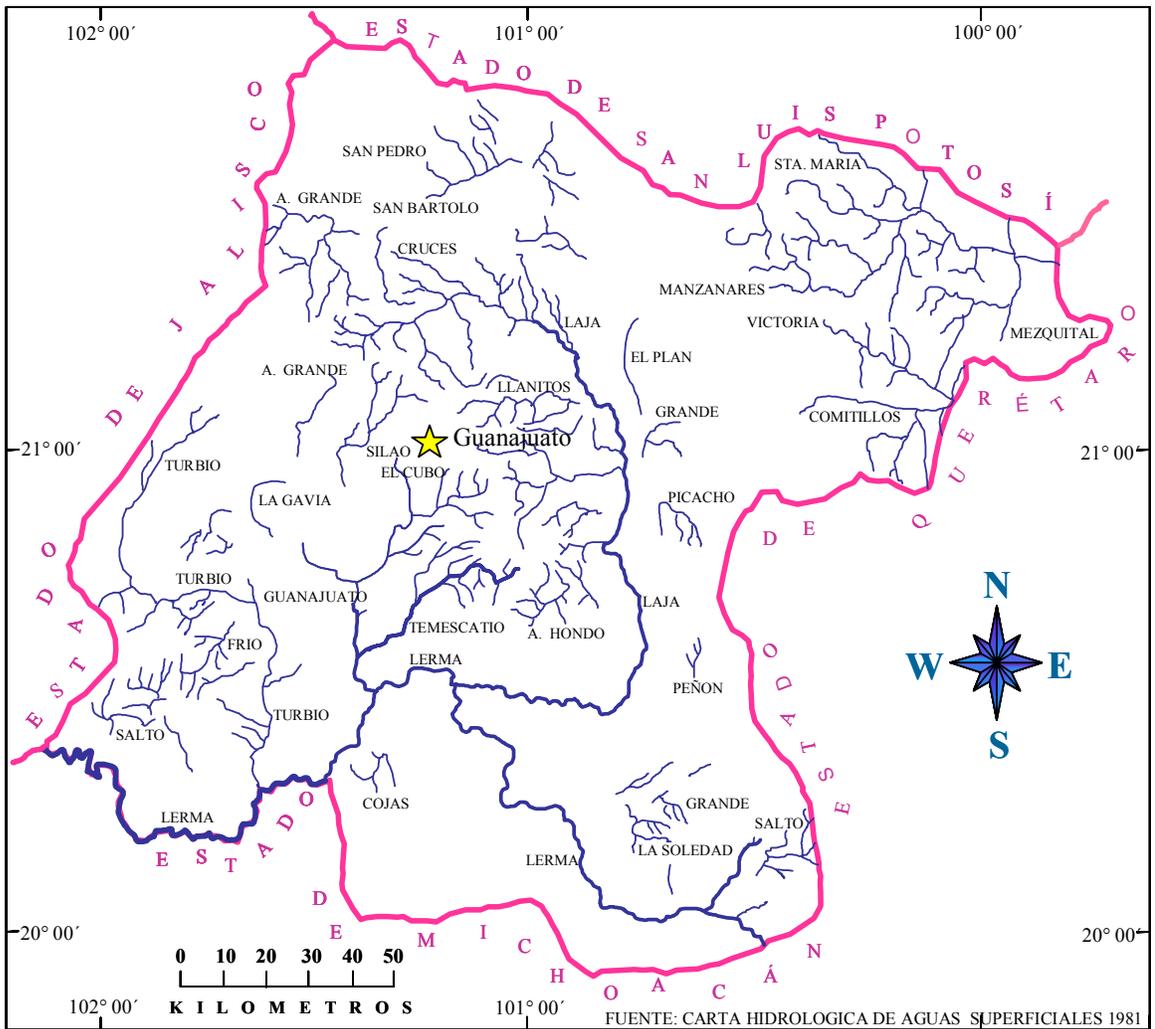
porción norte de Silao y Guanajuato, las corrientes de agua aquí presentes se caracterizan por ser de origen intermitente y perenne, siendo el Río Lerma el principal recolector de agua en esta cuenca (figura 5).

En base al tipo de drenaje, se le define un patrón dendrítico en la porción montañosa de la parte norte, en tanto que en el sur y sureste es típico el drenaje radial producto de los aparatos volcánicos existentes en la cuenca.

La precipitación pluvial anual es variable entre los 700 y los 800 mm, distribuyéndose de la siguiente manera: en las zonas bajas que son los valles y en las partes bajas de las sierras, predomina una precipitación de 700 mm, la cual se incrementa hacia las partes altas de la sierra, llegando así hasta los 800 mm.

Dentro de la cuenca, destacan dos manantiales de origen importante, siendo estos el de Comanjilla, en el valle de León, con una temperatura de 96° C y el otro en el valle de Silao, conocido como Aguas Buenas con una temperatura de 46° C., los demás son utilizados de manera natural.

El principal uso del agua que se le da en la cuenca, ha sido el de satisfacer las necesidades derivadas de una actividad agrícola, donde se han implementado obras hidráulicas que sirven como fuente de abastecimiento (figura 6); por ejemplo se cuenta con la red de canales mediante los cuales se distribuyen los caudales de las principales corrientes a los valles de Silao, Irapuato, Salamanca, Valle de Santiago y Abasolo. Se complementa el abasto de agua por una serie de presas y bordos para las necesidades de las comunidades antes mencionadas, en general el agua de la cuenca presenta una tendencia a contener una salinidad media y una sodicidad baja, por lo que se puede utilizar para producir plantas moderadamente tolerables a las sales.



EXPLICACIÓN

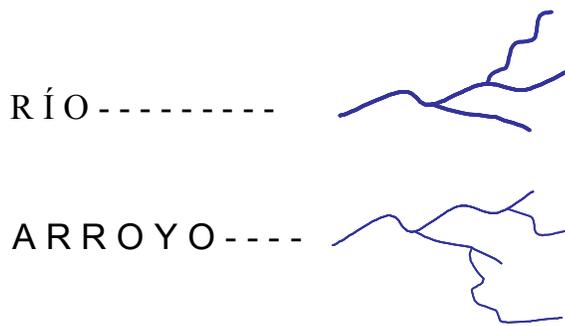
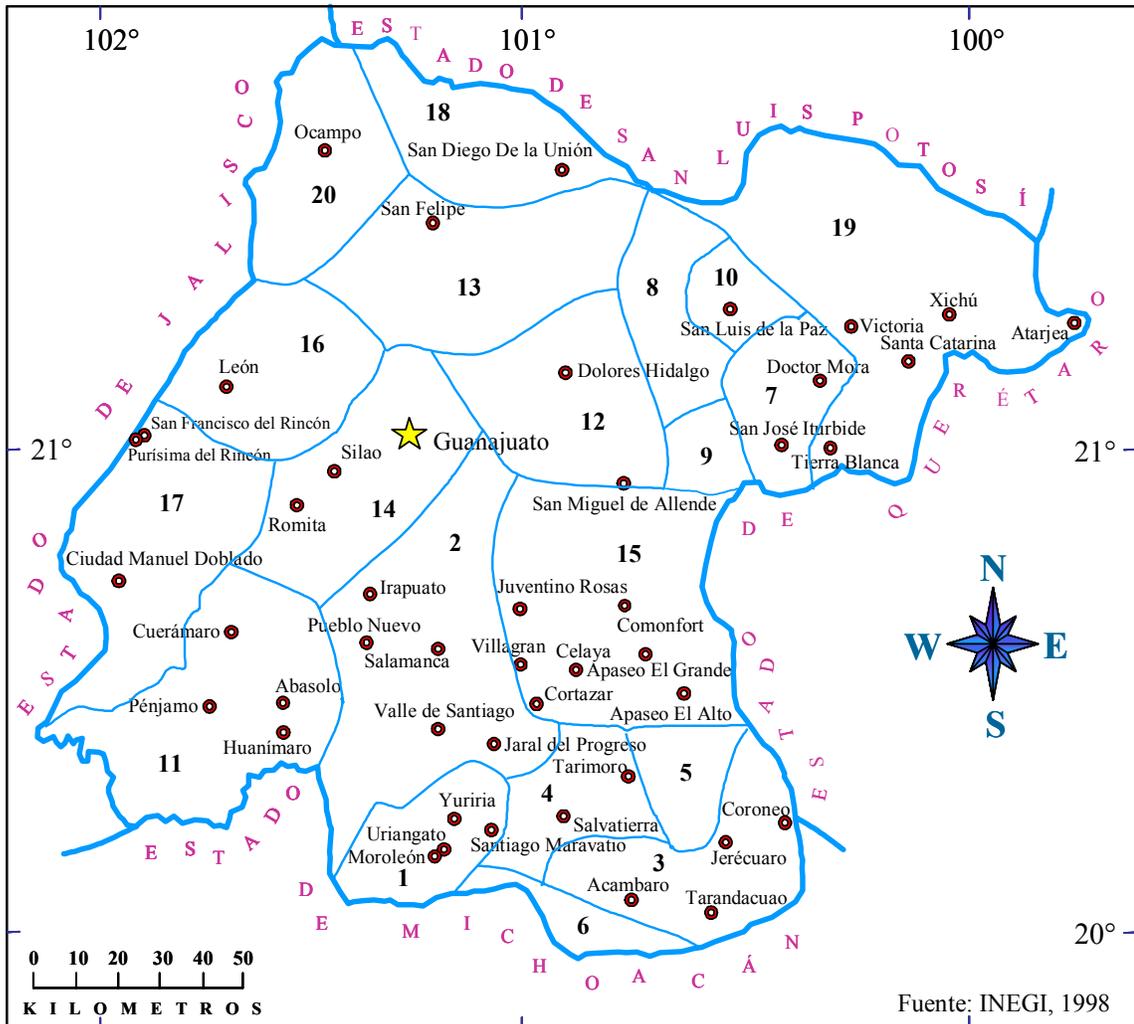


Figura 5. Mapa Hidrográfico del estado de Guanajuato.



Fuente: INEGI, 1998

ACUÍFEROS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. C. PUERTA/MOROLEÓN | 11. PÉNJAMO/ABASOLO |
| 2. IRAPUATO/VALLE | 12. LA LAJA |
| 3. ACÁMBARO | 13. SAN FELIPE |
| 4. ZR PRESA SOLÍS | 14. SILAO/ROMITA |
| 5. LA CUEVITA | 15. CELAYA |
| 6. CUITZEO | 16. LEÓN |
| 7. DR MORA/S JOSE ITURBIDE | 17. RIO TURBIO |
| 8. LAGUNA SECA | 18. JARAL DE BERRIOS |
| 9. SAN MIGUEL ALLENDE | 19. XICHÚ/ATARJEA |
| 10. SAN LUIS DE LA PAZ | 20. OCAMPO |

Figura 6. Acuíferos del estado de Guanajuato.

III. MARCO GEOLÓGICO

III.1. Geología Regional

Con el fin de situar en el marco geológico regional el territorio centro-sur y suroriente del Estado de Guanajuato, a continuación se presenta una breve síntesis de la geología regional de la porción central del estado.

En cuanto a provincias geológicas (figura 7), la región estudiada se encuentra comprendida principalmente en la provincia de la “Faja Volcánica Transmexicana” (Ortega, 1991). Respecto a la naturaleza de los ambientes de depósito, la región central del área estudiada corresponde a un ambiente volcanosedimentario dominado por un arco insular desarrollado sobre corteza oceánica y la porción sur, queda comprendida en la Provincia Geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana, que se caracteriza por grandes derrames de andesita basáltica y basalto andesítico con intercalaciones de toba de la misma composición.

En el contexto geotectónico (figura 8), la mayor parte de la región estudiada queda comprendida en la unidad tectonoestratigráfica denominada Terreno Guerrero y Eje Volcánico Transmexicano (Campa y Coney, 1983).

Geográficamente esta región comprende los 21 municipios estudiados durante el desarrollo del presente convenio, entre los cuales se encuentra Silao, objeto del presente estudio.

La superposición de rocas que conforman la columna estratigráfica de la región antes mencionada, está representada en la base por rocas que comprenden edades del Jurásico Superior al Reciente, divididas en dos grupos de unidades volcanosedimentarias, un paquete de rocas volcánicas del Terciario, rocas clásticas continentales de origen lacustre del Pliocuaternario, así como depósitos de aluvión del Cuaternario.



Figura 7. Provincias Geológicas de la República Mexicana



Figura 8. Terrenos Tectonoestratigráficos de la República Mexicana.

El grupo más antiguo del complejo ígneo intrusivo metamorfoseado del Mesozoico está representado por un conjunto de rocas de composición ultrabásica constituido litológicamente por serpentinita, clinopiroxenita, gabros, tonalita, gabrodiorita, y plagiogranito, para los cuales se han determinado edades de 157.1 ± 8.8 M. a., para la Diorita Tuna Manza, 122.5 ± 5.5 M.a. (Ortiz Hernández *et al* 1990), para las serpentinitas y una edad K-Ar en roca entera de 112.5 ± 6.8 M.a. para el gabro, señalando a esta primera edad como la más representativa de toda la secuencia volcanoplutónica.

El complejo ígneo intrusivo metamorfoseado descrito anteriormente está sobreyacido en contacto tectónico por una secuencia volcanosedimentaria mesozoica originada en un ambiente geodinámico de arco de islas intraoceánico, que aflora en la sierra de Guanajuato, San Antón de las Minas, San Miguel de Allende, San José Iturbide y San Luis de La Paz, en el Distrito Minero de Pozos., para el caso de la sierra de Guanajuato es intrusionada por el granito Comanja-Arperos, el cual emplaza pequeñas vetas de manganeso.

En la parte inferior de la secuencia volcanosedimentaria rítmica se presenta una secuencia metamórfica de bajo grado, denominada informalmente formación Esperanza, litológicamente constituida por lutita, limolita, lutita carbonosa, grauvaca con fragmentos subangulosos de lava basáltica, radiolarita, caliza micrítica con delgadas intercalaciones de limonita, areniscas conglomeráticas y lavas basálticas almohadilladas y diques doleríticos en su base. Esta secuencia exhibe un grado bajo de metamorfismo perteneciente a la facies de esquisto verde. En la cima de esta secuencia volcanosedimentaria se tienen intercalaciones basálticas que llegan a predominar hasta constituir la unidad volcánica basalto-andesítica denominada informalmente por algunos autores formación La Luz.

A la formación Esperanza se le considera parte de la formación Arperos, de los alrededores de la ciudad de Guanajuato, esta unidad, quizá representa la sedimentación de una cuenca oceánica marginal profunda, conocida como Cuenca de Arperos que fue subducida hacia el surponiente, bajo la antigua placa del Pacífico (Monod *et al.*, 1990; Tardy *et al.*, 1994; Lapierre *et al.*, 1992; Freydier *et al.*, 1996). En la sierra de Guanajuato, distrito minero del mismo nombre y en Victoria encajona mineralización de sulfuros polimetálicos (Reyes-Salazar *et al.*, 2001).

La edad de la formación Esperanza no ha sido determinada con precisión, pero por su similitud litológica y relaciones estratigráficas se le ha asignado una edad del Jurásico Superior y se le correlaciona con la Formación San Juan de la Rosa que aflora en el área de Toliman, Qro., (Chauve *et al.*, 1985).

Las rocas de la unidad volcánica basalto-andesítica, corresponden a una secuencia ígnea extrusiva, que ha sido estudiada a través del tiempo por diversos autores, quienes le han asignado varios nombres, como Bostford (1909), que la denominó "Esquistos La Luz", hasta Ortiz (1992), quien la nombró "Unidad Basáltica La Luz". Esta unidad está constituida litológicamente por derrames de basalto de color verde oscuro con variaciones a verde claro con estructura masiva y en almohadilla, con intercalaciones de brechas volcánicas formadas por fragmentos angulosos de basalto en matriz afanítica, que en ocasiones presenta textura vesicular, las cuales han sido consideradas como toleitas pertenecientes a un conjunto petrotectónico de arco insular maduro instalado sobre una corteza oceánica. Esta unidad también presenta algunos horizontes de toba.

La unidad basáltica correspondiente a la formación La Luz, la cual ha sido fechada por métodos radiométricos, se le determinó una edad de 108.4 ± 6.2 M.a. Esta unidad se correlaciona con la Formación Chilitos que aflora en la región centro-suroccidental del estado de Zacatecas, cuya edad fue determinada con base en

radiolarios que se presentan intercalados con lavas almohadilladas de composición basáltica y cuya edad resultó ser Cretácico Inferior, la cual fue determinada por Yta (1992), con base en la identificación de radiolarios colectados en el Arroyo El Saucito en el Distrito Minero Pánfilo Natera en el estado de Zacatecas.

Las unidades litoestratigráficas de este grupo están cubiertas de manera discordante por rocas volcánicas del Cenozoico y rocas sedimentarias clásticas continentales de origen lacustre del Pliocuatnario.

Rocas Ígneas Extrusivas. Aproximadamente una tercera parte de la región estudiada, está cubierta por rocas volcánicas del Terciario cuya litología está representada principalmente por riolita, ignimbrita, y en menor proporción, brecha riolítica y andesita basáltica.

Con el desarrollo de la teoría de tectónica de placas, el origen del volcanismo de la Faja Volcánica Transmexicana se asoció a procesos de subducción, considerándolo de esta forma como un arco continental. Sin embargo, en la actualidad no existe un consenso general acerca de su origen y evolución, ya que algunos hechos complican el modelo tradicional de subducción.

Por esta razón, algunos mecanismos complementarios o alternativos a la subducción se han sugerido para explicar el volcanismo del centro de México (Velasco-Tapia y Verma, 2001), por otro lado, es bien conocido que en campos volcánicos monogenéticos existe una mayor probabilidad de encontrar magmas máficos, generados por la fusión parcial del manto y poco afectados por procesos de diferenciación, que estratovolcanes con grandes cámaras magmáticas (Wilson, 1989).

En el municipio Silao, las rocas de mayor interés son las ultramáficas; limonita, lutita y caliza de la formación Esperanza y complejo ígneo intrusivo. El paquete de rocas volcánicas extrusivas, de edad terciaria, que tienen importante presencia en la actividad minera en el municipio, como en el distrito minero de Guanajuato y Sierra de León.

Durante el Pliocuaternario, se depositaron rocas sedimentarias continentales en un sistema de fosas tectónicas convertidas en lagos, dando origen a conglomerados, toba riolítica, riolita, andesita basáltica, areniscas, areniscas calcáreas y gravas, tal como las que se presentan en los municipios de Silao, León, Irapuato, Romita, Cuerámara, Salamanca y Abasolo.

El Cuaternario se caracteriza por extensos depósitos de aluvión y suelos residuales, que afloran en amplios valles (de Silao), y también en áreas aledañas a cauces de arroyos y ríos, como el Río Lerma, Río Turbio y sus tributarios.

Estructuras como fallas y fracturas en el Bajío, afectan a rocas, regolitas y suelos del mesozoico al reciente. Las fallas que afectan, la zona Silao-Romita, donde se abrió una grieta de 200 m. de longitud y dos metros de ancho, por un efecto de la erosión causada por la rápida infiltración a lo largo de una falla activa, la cual se origina por el asentamiento diferencial del terreno, son generalmente del tipo normal con rumbo NE y echados al SE y NW, con una ligera componente lateral izquierda. Se prolonga por decenas de kilómetros, afectando terrenos agrícolas, zonas urbanas (Querétaro, Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, León y Aguascalientes), y líneas vitales (ejemplo: redes de drenaje, líneas de conducción de energía eléctrica, fibra óptica, gasoductos, oleoductos, etc). En todos estos casos las trazas de las fallas se documentaron fuera de las áreas urbanas y como excepción que si afecta la zona urbana en la ciudad de Silao, estas se identificaron en las sierras vecinas, donde se aprecian en imágenes digitales de terreno.

III.2. Geología Local

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

Las rocas que afloran en el municipio Silao, son rocas que varían en edad que van del Jurásico Superior al Reciente y están constituidas por rocas de origen sedimentario marino y rocas volcánicas intrusivas y extrusivas, De ellas, se hace una breve descripción que sirve de marco para comprender una serie de eventos geológicos, tectónicos y sedimentarios acaecidos en tiempo y espacio en el territorio que comprende el municipio estudiado, y su relación con los procesos que dieron origen a las rocas y minerales que representan los recursos minerales y materiales pétreos de este municipio.

Rocas Básicas Ultramáficas (Js Um): Dentro de la Sierra de León-Guanajuato y al norte de la comunidad de San Juan de Otates, se identificó la presencia de un complejo básico-ultrabásico. Por su carácter alóctono y fuerte tectonización, que podrían representar un complejo ofiolítico, que denominaron “Complejo Ofiolítico de San Juan de Otates”. (Ortiz, et al., 1992), lo describe como “Unidad Ultrabásica-básica San Juan de Otates”, las rocas de edad Jurásico Superior Básicas ultramáficas, se presentan cubriendo una mínima parte del territorio del municipio Silao, representando aproximadamente el 5 % del territorio municipal, la distribución de esta unidad queda restringida en las comunidades, del municipio en estudio y son El Jitomatal y El Paxtle.

La litología de esta unidad está constituida principalmente por una serie de escamas tectónicas de rocas ultrabásicas, básicas e intermedias, formadas por serpentinitas, peridotitas, clinopiroxenitas serpentinizadas y garbos con textura porfídica, principalmente en la porción noreste del municipio, tal como las que se presentan entre las comunidades de Jitomatal y El Paxtle, estas rocas constituyen la parte superior del complejo tectónico y descansan por cabalgadura sobre la unidad volcanosedimentaria “Esperanza”, (Arperos).

En base a su naturaleza y posición alóctona, al igual que las demás rocas de arco, se les asigna una edad tentativa del Jurásico Superior (Martínez Reyes, et al., 1995). Probablemente esta edad se amplió al Cretácico Inferior y habría sido transportado a su posición actual durante el Mesozoico Superior (Servais, et al., 1982, en Ortiz, et al., 1995)

Desde el punto de vista geoquímico, las rocas básicas-ultrabásicas que afloran en el Jitomatal y El Paxtle, muestran similitudes con las ofiolitas que se consideran son formadas en un ambiente de arco insular (Pearce, et al., 1984a, en Ortiz et al., 1993) Lapierre, et al., 1989b, en Ortiz, 1993, hace mención que estas rocas son entonces los niveles profundos (raíces) del arco de Guanajuato. Dentro de esta unidad y asociada al fallamiento y fracturamiento de las rocas, el cual fue favorable en la depositación de mineralización tungstenífera en forma de vetas y relleno de fisura en las localidades de la mina El Maguey, mina El Saucito y socavón del mismo nombre, estas localidades en el municipio León; en los afloramientos de las comunidades de Jitomatal y El Paxtle, (fotografía 5), en el municipio Silao, no presentan mineralización de valor económico.

Diorita (Js? D): La Diorita, se ubica en la porción noreste del municipio, en las cercanías y al norte de la comunidad El Paxtle, donde aflora una diorita de hornblenda y en menor proporción biotita con enclaves de clinopiroxena, con la presencia de facies gabroicas, ocasionalmente con estructuras “ flaser “ en Ortiz, (1992).

Esta unidad se presenta de forma masiva a cristalina, en tonos verde claro a oscuros, su composición es granítica a gabroica, su mineralogía está representada por hornblenda, plagioclasa, cuarzo y clinopiroxeno y como minerales accesorios se tiene apatita, clorita actinolita, epidota, sericita, así como minerales opacos, esta es una roca que aloja la mineralización económica, como ejemplo se tiene las minas de La Mojonera y San Ignacio, ocasionalmente



Fotografía 5. Morfología de las rocas básicas-ultrabásicas, sobre los márgenes del arroyo del Gigante, en la comunidad de El Paxtle.



Fotografía 6. Detalle de la diorita, cercano a las minas de La Mojonera y San Ignacio, cercana a la comunidad de El Paxtle.

contiene bastante magnetita, (fotografía 6). Esta unidad se encuentra afectada por numerosos diques y cuerpos de forma irregular de composición ácida, megascópicamente se clasifica como granodiorita y muy localmente pudiera ser un granito, Ortiz, (1992), reporta un análisis radiométrico en K/Ar, obteniendo una edad de 112.5 ± 6.8 M.a.

Basalto Jurásico Superior (Js B): Esta unidad ha sido bastante estudiada por diversos autores, como son Bostford (1909), quien la denominó “esquistos La Luz”, Wandke (1928), “Andesita La Luz”, Monod et al., (1990), quien la incluye en el “Complejo Volcanosedimentario de la Sierra de Guanajuato”, para referirse a una secuencia de lavas almohadilladas y masivas que afloran en las inmediaciones de el Cerro Alto y La Campechana. Incluye a la unidad en la porción media y superior de la secuencia que denomina “Ofiolita Barbosa”.

Ortiz, (1992), la denominó “Unidad Basáltica La Luz”, para definir a una sucesión de derrames de lavas de color verde Monod, et al., (1990), define una estructura masiva a almohadillada de espesor de 1000 m intercalados con piroclastos básicos, pedernal y derrames dacítico-riodacítico hacia su cima. En Martínez, (1987), describe que la unidad basáltica está constituida principalmente por lavas y brechas en forma de derrames, de colores que varían de verde oscuro a claro, con estructuras masivas a almohadilladas; estas últimas ocasionalmente cementadas por material calcáreo. Las brechas están constituidas por fragmentos angulosos en matriz afanítica o ligeramente cristalina, en las vesículas se presentan rellenas de clorita y epidota.

Estas rocas presentan minerales como son, plagioclasa, clorita, epidota, calcita, minerales opacos, actinolita y cuarzo de texturas variolíticas, intersticiales y ocasionalmente porfírica, asociadas a una intensa propilitización.

Esta unidad se pone en contacto tectónico, entre la “Unidad Basáltica La Luz” y la secuencia volcanosedimentaria es claramente visible al oriente de la comunidad de la Cuestecita y se encuentra caracterizada por la presencia de milonitas (Monod et al., 1990), en donde estas dos secuencias fueron afectadas por un metamorfismo de bajo grado (facies de esquistos verde)

Considerando información obtenida de la barrenación y relaciones de obras mineras, se tiene el mismo contacto aparentemente estratigráfico entre la unidad basáltica, que pasa gradualmente de una lava a una unidad sedimentaria, en la mina Bolañitos y a 184 m de profundidad, también se comprobó con un espesor de 400 m., durante la perforación de un pozo, con fines de búsqueda de agua, en el cerro de El Cubilete.

Con respecto a características petrográficas, geoquímicas e isotópicas de las lavas basálticas asociadas al complejo basal de la Sierra de Guanajuato, los resultados indican que se trata de toleítas de arco insular inmaduro. Este tipo de rocas representa la primera manifestación magmática de un arco insular instalado sobre una corteza oceánica (Monod, et al., 1990) (Ortiz, H., 1992) Por último esta roca sana, en estudios de K/Ar en Ortiz, et al., (1990), le asigna una edad de 108.4 ± 6.2 M.a.

Rocas Volcanosedimentarias Jurásico Superior (Js Vs): Esta unidad ha sido motivo de estudio por diferentes autores, dentro de los que destaca Echegoyén Sánchez, (1970), donde la denominó informalmente formación “Esperanza”, dándole su localidad tipo, para las rocas que afloran en los alrededores de la presa La Esperanza, que se localiza a tres kilómetros al norte de la ciudad de Guanajuato y que esta constituida por rocas sedimentarias de origen marino como son lutita, arenisca, caliza, así como los skarn, que a partir de las anteriores, se originaron por procesos orogénicos y por efecto de los cuerpos intrusivos. Martínez, (1987), incluye esta unidad de rocas, en lo que él denomina como “Complejo Volcanosedimentario Sierra de Guanajuato” (fotografía 7).

La distribución geográfica de esta unidad se extiende a lo largo de la Sierra de Guanajuato, cubriendo una faja de orientación de rumbo NW-SE y donde se emplazan los yacimientos minerales, estas a lo largo de la Sierra de Comanja, en el estado de Jalisco, continuando por la Sierra de León-Guanajuato, hasta su extremo con el Cerro del Cubilete, por mencionar algunas dentro del municipio, como son las localidades de Santa Clara, Mina El Conejo, El Tiro, Espíritu Santo y Mina Honda y fuera de el se tiene el Distrito Minero de Guanajuato, al bajo de la Veta Madre, los minerales de Monte de San Nicolás, Santa Rosa, San Antón de las Minas, Mineral de Pozos.

La constitución litológica estratigráfica de esta unidad esta compuesta por lutita, limolita, arenisca, caliza micritica y abundante contenido de pedernal ocasionalmente se presentan pequeños bancos de conglomerados, los cambios de facies están representados por derrames de lava basáltica, andesita de estructura masiva o almohadillada con horizontes de brecha, el espesor de esta formación no es conocido debido a que su base no aflora, el fallamiento que se emplaza en esta unidad y los cuerpos que la han intrusionado, dejaron solamente remanentes de rocas metamórficas en forma de colgantes, aunque en algunas localidades mineras en el distrito de Guanajuato se les ha estimado un espesor superior a los 500 metros.

En base a su edad no existen estudios que definan con precisión su edad, en base a su litología, estilo de deformación y relaciones estratigráficas corresponda al Jurásico correlacionándose (Ortiz Hernández et al., 1990) con la Formación San Juan de la Rosa (Jurásico Superior, Chauvé et al., 1985), y que aflora en la localidad de Tolimán, Qro. También por su similitud litológica se le puede correlacionar con los sedimentos de la Tomatina al oeste de la ciudad de Aguascalientes, donde Dávila Alcocer, 1987., reporta fauna de radiolarios, del jurasico Superior.

El basamento de esta unidad volcanosedimentaria no aflora y es desconocido más sin embargo Monod et al., (1990); Ortiz Hernández et al., (1991); Quintero Legorreta, (1992) y Martínez Reyes, (1995), ubicaron a esta unidad en sus respectivas columnas estratigráficas sobreyaciendo en contacto tectónico subhorizontal con unidades magmáticas alóctonas: unidad ultrabásica-básica San Juan de Otates, diorita Tuna Mansa, tonalita Cerro Pelón, complejo filoniano Santa Ana y unidad basáltica La Luz.

Aparentemente las observaciones de campo, demuestran la sobreposición tectónica de todas estas unidades sobre la secuencia volcanosedimentaria e incluso en un esquema de la reconstrucción de la asociación magmática del arco insular de Guanajuato y de la diversificación de las unidades tectónicas superpuestas de la Sierra de Guanajuato, (Monod et al., 1990), el flysch de Arperos (formación Esperanza), representaría la unidad tectónica inferior de toda la secuencia de bloques colgantes que forman dicha sierra (Martínez Reyes, 1995) En lo que se tiene como contacto superior es de carácter discordante de forma angular con la caliza La Perlita (actualmente en explotación, para la industria de la calidra) y con las rocas volcánicas cenozoicas en (Quintero Legorreta, 1992).

Conglomerado polimíctico del Terciario Tpa-eCgp: El conglomerado que aflora en el municipio Silao, (fotografía 8), de alguna manera es correlacionable con el que aflora en el distrito Guanajuato y que fue motivo de estudios por Monroy (1888), Botsford (1909), Villarello-Torres (1906) y Wandke y Martínez (1928), en base a estos autores le asignaron el nombre de conglomerado rojo de Guanajuato a una secuencia clástica de origen continental y de carácter conglomerática, Quintero (1989). En Edwards (1956), es un trabajo sobre conglomerados del Terciario en el centro de México, realiza la descripción más completa empleando el término de conglomerado rojo de Guanajuato. Quintero (1989), propone utilizar el término de Conglomerado Guanajuato.



Fotografía 7. Secuencia volcanosedimentaria, afectada por diques de composición ácida.



Fotografía 8. Aspecto del conglomerado Guanajuato, relacionado a una secuencia clástica de origen continental.

La constitución litológica de origen se caracteriza por ser polimíctico formado por guijarros de rocas ígneas y sedimentarias, predominando en más del 50% la composición riolítica y latítica que las andesíticas y basálticas, donde se presentan también clastos de granito, diorita y escasamente cuarzo, caliza, lutita y pedernal, el color en roca sana es verde y al intemperizarse, debido al alto contenido de ferromagnesianos cambia a rojo, la matriz es de forma granular la cual esta cementada principalmente por óxidos de hierro (limolita), el cual le da un aspecto rojizo.

Edwards (1958), estima que el espesor del conglomerado, aún cuando no se conoce su base es de al menos 1,500 m, esto en los alrededores de Guanajuato, con un máximo probable de 2,000 m y al noreste de la ciudad de Silao, donde se estima un espesor mínimo de 200 m.

Al noreste de la ciudad de Silao, y al norte de la comunidad de La Montaña aflora un conglomerado muy mal clasificado y de aspecto brechoide constituido principalmente por un 30% de caliza, pedernal, arenisca, lutita, y rocas volcánicas en menor proporción, presentándose algunas intercalaciones de sedimentos arcillosos, producto de su alteración, se torna de una coloración rojiza y la matriz esta constituida por carbonatos de calcio.

En base a la relación estratigráfica de esta unidad, en la sierra de León-Guanajuato sobreyace a la secuencia volcanosedimentaria, a las rocas ultramáficas y subyace a rocas de composición andesítica, tobas y riolitas, además a esta unidad se encuentra intrusionada por el cuerpo intrusivo de composición granítica denominado "Granito Comanja", de edad Paleoceno.

A esta unidad se le infiere una edad tentativa del Paleoceno-Oligoceno Inferior, su ambiente de depósito fue bajo condiciones continentales, bastante mal clasificado y con poco desgaste en los fragmentos, de redondeados a angulosos lo cual nos indican el poco arrastre que tuvieron los fragmentos al depositarse.

Toba riolítica, del Terciario Oligoceno (To-TR): esta unidad de rocas ha sido motivo de estudio por Labarthe y otros (1982), quienes la denominaron “Riolita Panalillo”; en la sierra Guanajuato a esta unidad la denominaron “Ignimbrita Cuatralba”, dicha unidad se encuentra distribuida a lo largo de la Sierra Guanajuato y limita al bajo de la falla del bajío, con un rumbo de orientación NW-SE.

Esta unidad consiste en un paquete de tobas riolíticas pseudoestratificadas con espesores que varían de escasos cinco centímetros a 60 cm de un color rosa claro con variación a amarillo claro, presenta fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz microcristalina de cuarzo y feldespato. Esta roca presenta una alteración argílica incipiente, consistente en la formación de arcillas a partir de los feldespatos por efectos del intemperismo. Las tobas se presentan espacial y genéticamente asociadas a las riolitas y se caracterizan por tener una estructura compacta homogénea y textura fluidal, ocasionalmente bandeada y presentan argilización ligeramente más desarrollada que la riolita, el afloramiento principal en el municipio, es en las comunidades, Bajío de Guadalupe (El Rascadero) (fotografía 9).

Esta unidad le sobreyace discordantemente a rocas sedimentarias Cretácicas así como a las rocas de arco de Guanajuato a esta unidad volcánica le subyacen de forma discordante andesitas basálticas, basaltos y conglomerados cuaternarios.

La edad determinada a esta unidad por el método K/Ar, en los diversos trabajos arrojaron los siguientes resultados: 24.8+/- 1.7 M a. (Nieto, 1995) y 26.8 +/- 1.3 M a. (Labarthe y Aguillón, 1989), al paquete de rocas, Labarthe y otros la denominaron “Riolita Panalillo”.



Fotografía 9. Al fondo se observa la comunidad de Bajío de Guadalupe (El Rascadero), donde aflora una toba riolítica.



Fotografía 10. Localidad Aguas Buenas, donde aflora una toba riolítica.

Riolita ToR: La riolita se ubica principalmente en la porción central norte del municipio y entre las comunidades Baños de Agua Caliente (fotografía 10), y Yerbabuena, presentándose de forma masiva de textura holocristalina a merocristalina porfirítica, de color rosa claro, observándose cristales de sanidino y cuarzo, en una matriz desvitrificada, esta unidad presenta flujo de lava de forma vertical, con características de domos, los cuales están distribuidos a lo largo de la Sierra León-El Cubilete, con una orientación NW-SE, siendo en esta unidad donde se encuentran algunas localidades de bancos de Agregados Pétreos, actualmente en explotación.

Riolita –Toba riolítica (ToR-TR): La unidad volcánica, aflora en la porción centro del territorio del municipio Silao, y al norte de la cabecera municipal, correspondiendo a derrames de rocas volcánicas de composición riolítica de textura porfídica, con intercalaciones de toba riolítica. La distribución espacial de esta unidad litológica de naturaleza volcánica, se restringe a la región centro y al norte, del municipio, donde constituye la comunidad de Chichimequillas, ubicada al norte de la cabecera municipal Silao.

Los derrames de riolita presentan una estructura masiva muy compacta y ocasionalmente estructura de flujo. La textura de la roca es generalmente porfídica, caracterizada por la presencia de feldespatos y fenocristales de cuarzo en una matriz microcristalina de cuarzo y feldespato. Esta roca presenta una alteración argílica incipiente, consistente en la formación de arcillas a partir de los feldespatos por efectos del intemperismo. Las tobas se presentan espacial y genéticamente asociadas a las riolitas y se caracterizan por tener una estructura compacta homogénea y textura equigranular, ocasionalmente bandeada y presentan argilización ligeramente más desarrollada que la riolita.

Arenisca, Conglomerado Polimíctico (T_{pl}QAr-C_{gp}): Esta unidad es la que cubre en un 50 % de extensión al municipio Silao, ocupando principalmente la región centro sur de todo el territorio municipal. Litológicamente consiste de una serie de rocas sedimentarias, originadas por el relleno de sistemas de fosas tectónicas, constituidas principalmente por arenisca, conglomerado y toba, depositadas en medio acuoso, ocasionalmente contaminadas con sedimentos arcillo-calcáreos, porción suroeste del municipio (fotografía 11). El espesor de la unidad es variable y está en función de la profundidad del paleorelieve en el tiempo del depósito, pero por los desniveles topográficos actuales y por la profundidad de los tajos de los que se ha extraído material para la construcción de las carreteras, se estima que el espesor de este paquete es superior a los 700 m.

Andesita-Basalto (T_m A–B): En la porción centro del municipio, Bajío de Bonillas a San Marcos, afloran derrames de andesita basáltica. Esta unidad está constituida por una roca de color gris oscuro a gris claro, que presenta una estructura generalmente compacta, localmente afectada por un intenso sistema de diaclasas. Esta unidad sobreyace discordantemente al grupo de sedimentos que rellenan la fosa tectónica del Bajío.

El espesor de esta unidad varía según la paleotopografía, pero se estima en general una potencia de 40 a 50 m para la andesita basáltica, donde actualmente se explotan como bancos de grava triturada como es el caso de la localidad Cerrito del Diablo (fotografía 12), Arrendadora Sanfer, San Agustín y Rancho Seco.

Basalto Cuaternario (QB): El basalto de edad cuaternaria, ha sido denominado informalmente como basaltos El Cubilete (Martínez, 1993) y se encuentra aflorando en los cerros El Cubilete, El Gigante, La Giganta, a lo largo de la sierra de León-Guanajuato, generalmente se encuentran coronando mesetas, normalmente se trata de una roca color gris a gris oscura y negra, con variaciones a andesita basáltica, de un color rojizo con espesores de más de 100



Fotografía 11. Unidad de arenisca-conglomerado polimictico, la cual aflora en más del 50%, del territorio municipal del municipio en estudio.



Fotografía 12. Unidad, andesita basáltica que aflora en la comunidad de El Cerrito del Diablo, se explota para producir grava triturada.

metros, esta unidad es de las más jóvenes, por lo que se encuentra cubriendo al paquete de toba riolítica, riolita y conglomerado polimíctico en forma discordante como puede observarse en la localidad El Cubilete, El Camino y La Esperanza, generalmente se presenta en forma de mesetas y pequeños lomeríos cubiertos por depósitos de aluvión o capas de suelo de poco espesor.

Su ambiente de depósito es de origen ígneo extrusivo en forma de derrames por conducto de fisuras formando en algunos casos pequeños aparatos volcánicos, como es el caso de La Esperanza, este material es recomendado para ser explotado como agregado pétreo.

Depósitos de Aluvión (Qal): estos depósitos se presentan de material no consolidado, producto de la desintegración de las rocas preexistentes, en forma de cantos rodados de forma subredondeados a redondeados, grava, arena, limo y arcilla, normalmente están depositados en las márgenes de los arroyos y en las partes bajas, como es el valle de Silao y el bajío Guanajuatense, donde estas localidades presentan espesores de varios metros y son utilizadas como excelentes tierras de cultivo.

IV. YACIMIENTOS MINERALES

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

IV.1. Agregados Pétreos (materiales para la industria de la construcción).

Debido a que continuamente se están realizando obras de infraestructura para la ciudad de Silao y comunidades circunvecinas a esta así como también se están construyendo casas y se reparan caminos de terracería, se tiene la necesidad de producir grava, arena y arcilla, afortunadamente se tienen 38 localidades para obtener estos materiales, siendo las más importantes las siguientes:

1). Banco Cerrito del Diablo, constituido litológicamente por una andesita, con un volumen potencial de 3'000,000 m³, de andesita basáltica, actualmente en explotación como grava triturada, utilizada principalmente para el municipio de Silao y León, (fotografía 13).

2). Banco Cuarta Parte, presenta un volumen potencial de 1'500,000 m³, de material conglomerático, utilizado como tepetate, No presenta capa de suelo y actualmente se encuentra en explotación.

3). Banco Urbanizadora del Bajío, presenta un volumen de 1'200,000 m³, de arenisca y conglomerado polimíctico, para producir material de tepetate, utilizado durante el recubrimiento de caminos de terracería.

4). Banco La Calaverna, con un volumen potencial de 900,000 m³, de material conglomerático de tipo polimíctico, utilizado para el revestimiento de caminos de terracería. No tiene cubierta de suelo, actualmente en explotación.

5). Banco El Bosque, con un volumen potencial de 900,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, actualmente en explotación como tepetate, (fotografía 14).



Fotografía 13. Banco Cerrito del Diablo, con un volumen potencial estimado en 3'000,000 de m³, actualmente en explotación.



Fotografía 14. Banco El Bosque, actualmente en explotación, presenta un volumen potencial de 900,000 m³, de material de tepetate.

6). Banco El Capulín, que tiene un volumen potencial de 750,000 m³ de conglomerado polimíctico (material de tepetate). Actualmente inactivo, y se emplea este material para el recubrimiento de caminos de terracería en los caminos circunvecinos a la cabecera municipal y en la construcción de la carretera, en construcción Silao-San Felipe, no tiene cubierta de suelo.

7). Banco La Cantera, con un volumen potencial de 600,000 m³, de una toba riolítica, la cual es utilizada como material de tepetate.

8). Banco Arrendadora Sanfer, presenta un volumen de 450,000 m³, de material para ser triturado en diferentes tamaños, para producir grava triturada, constituida principalmente por una andesita piroxénica de textura compacta, microlítica fluidal de plagioclasa-vidrio, con fenocristales de piroxeno con óxidos de fierro y augita diseminada y así satisfacer el mercado de consumo de las ciudades de Silao y Guanajuato y comunidades circunvecinas, actualmente en explotación (fotografía 15 y 16).

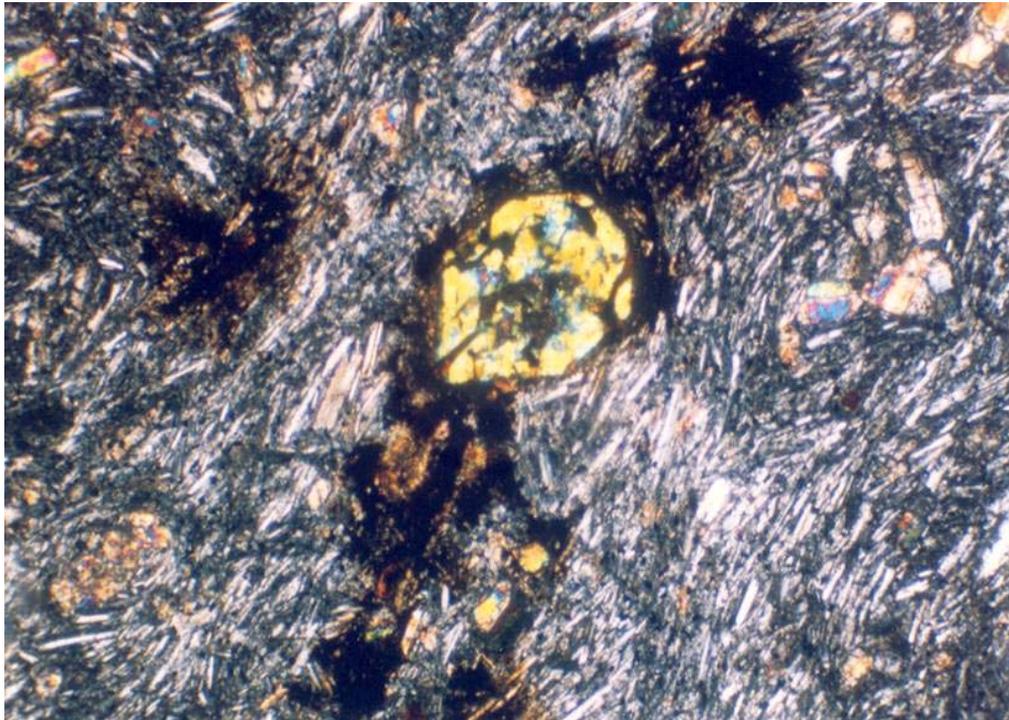
9). Banco Aguas Buenas, presenta un volumen potencial de 450,000 m³, de material de arenisca, conglomerado polimíctico, utilizado para el revestimiento de caminos de terracería.

10). Banco El Espejo, con un volumen potencial de 420,000 m³, de material de conglomerado polimíctico, es utilizado para el revestimiento de caminos, actualmente en explotación.

11). Banco Los Sauces, con un volumen potencial de 400,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, el cual es explotado de forma intermitente, como tepetate.



Fotografía 15. Banco de La Arrendadora Sanfer, en explotación, volumen potencial de 450,000 m³, para producir grava triturada.



Fotografía 16. El banco de La Arrendadora Sanfer, esta constituido por una andesita piroxenica, con textura microlítica fluidal de plagioclasa-vidrio.

12). Banco San Marcos, tiene un volumen potencial de 400,000 m³, de material de conglomerado polimíctico, para ser utilizado como material de tepetate, en el revestimiento de caminos de terracería.

13). Banco Ojo de Agua, presenta un volumen potencial de 400,000 m³ de material conglomerático tipo polimíctico. No tiene cubierta de suelo y actualmente es explotado como material de tepetate para la construcción de la carretera Silao-San Felipe.

14). Banco San Agustín, con un volumen potencial de 360,000 m³, de material de grava y arena, de río, donde los cantos rodados son triturados y utilizados, como grava triturada, actualmente en explotación.

15). Banco Providencia de Nápoles, con un volumen potencial de 360,000 m³, de material de grava y arena, de río, donde los cantos rodados son triturados y utilizados, como grava triturada, actualmente en explotación.

16). Banco La Esperanza, con un volumen potencial de 300,000 m³, de andesita basáltica, la cual es utilizada para ser triturada y producir grava triturada en diferentes medidas, actualmente en explotación, (fotografía 17).

17). Banco Los Infantes, con un volumen potencial de 300,000 m³, de material de conglomerado polimíctico y que es utilizado para el revestimiento de caminos.

18). Banco El Pescuezo, con un volumen potencial de 300,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, actualmente en explotación, como material de tepetate.

19). Banco Arroyito, con un volumen potencial de 300,000 m³, de toba riolítica, donde se explota este material de forma intermitente, como tepetate.

20). Banco La Campana, con un volumen potencial de 300,000 m³, de toba riolítica, donde se explota este material de forma intermitente, como tepetate.

21). Banco Loza de Barrera, con un volumen potencial de 300,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, el cual es explotado de forma intermitente, como material de tepetate.

22). Banco El Pirúl, con un volumen potencial de 225,000 m³, de una andesita basáltica, utilizada como grava triturada, actualmente en explotación, (fotografía 18).

23). Banco Sopeña, con un volumen potencial de 200,000 m³, de material de una andesita basáltica, utilizada como grava de diferentes medidas.

24). Banco Medio Sitio, con un volumen potencial de 200,000 m³, de un material de arenisca-conglomerado polimíctico, que se utiliza como material de tepetate, actualmente activo.

25). Banco El Puertecito, con un volumen potencial de 150,000 m³, de una toba riolítica bastante alterada, que es utilizada como material de tepetate.

26). Banco Alfarería, con un volumen potencial de 100,000 m³, de grava y arena de río, utilizado en la industria de la construcción, actualmente en explotación.

27). Banco Bajío de Guadalupe, con un volumen potencial de 100,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, que es utilizado como material para el revestimiento de caminos de terracería actualmente en explotación.

28). Banco El Paxtle, con un volumen potencial de 100,000 m³, de arena del río Paxtle, la cual es utilizada en la industria de la construcción, de la infraestructura de la cabecera municipal y comunidades circunvecinas, (fotografía 19).



Fotografía 17. Banco La Esperanza, constituido por una andesita basáltica, con un volumen potencial de 300,000 m³, produce grava triturada.



Fotografía 18. Banco El Pirúl, constituido por una andesita basáltica, que es utilizada como grava triturada, con un volumen potencial de 225,000 m³.

29). Banco Jacintos, con un volumen potencial de 100,000 m³, de una andesita basáltica, que esporádicamente se explota, como grava triturada.

30). Banco Nuevo México, con un volumen potencial de 80,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, su explotación es de forma intermitente, como arena, para la industria de la construcción.

31). Banco Rancho Seco, con un volumen potencial de 70,000 m³, de material de arenisca, conglomerado polimíctico, que es utilizado como material de tepetate, actualmente en explotación.

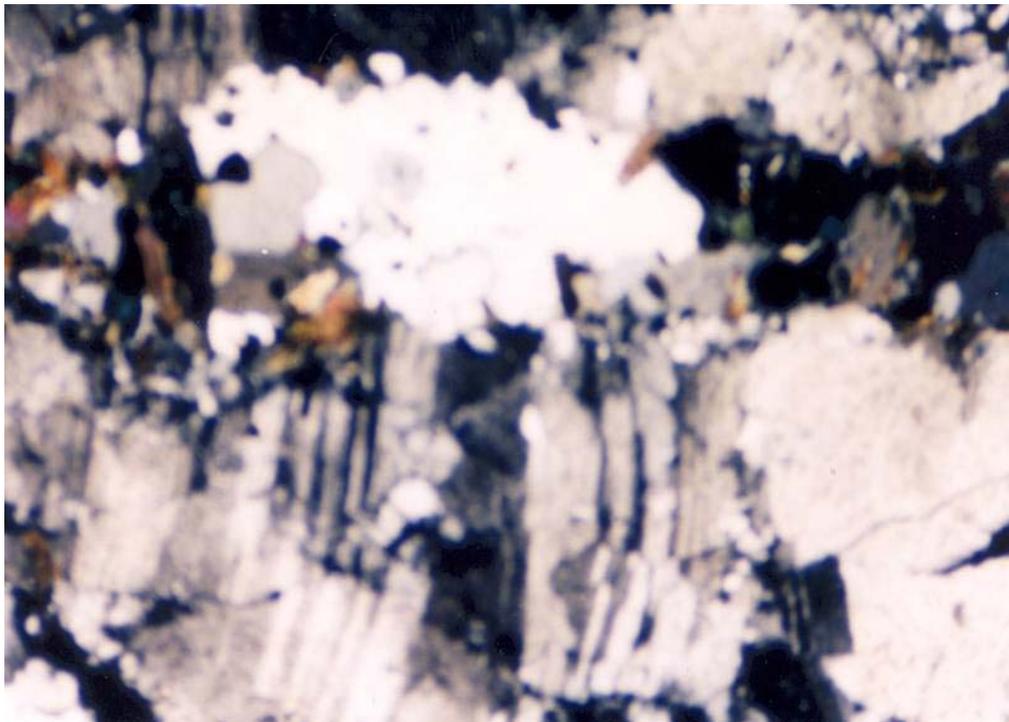
32). Banco El Camino, con un volumen potencial de 50,000 m³, de un material de andesita basáltica, utilizada como grava triturada

33). Banco Pabileros, con un volumen potencial de 50,000 m³, de material utilizado como tepetate, constituido por una toba riolítica, utilizado en el recubrimiento de caminos de terracería.

34). Banco Las Amarillas, con un volumen potencial de 50,000 m³, de material de arena, producto de la desintegración de una roca granítica bastante deleznable, de color blanco con tonos verdosos de estructura compacta y textura fanerítica hipidiomórfica, y una matriz de cuarzo-feldespato, la oligoclasa se presenta formando cristales tabulares, la ortoclasa de forma granular, el cuarzo en agregados finos relleno de espacios y la biotita en cristales hojosos, algunos parcialmente alterándose a clorita, los óxidos de hierro se presentan en forma de hilillos y alterando a la biotita, clasificándose esta roca como granodiorita de biotita y asociada a vetillas de turmalina, (fotografía 20) la cual es utilizada como arena en la industria de la construcción.



Fotografía 19. Banco El Paxtle, sobre la margen del arroyo El Gigante, donde se explota arena, utilizada en la industria de la construcción en Silao.



Fotografía 20. Lamina delgada, de granodiorita de biotita, en matriz de cuarzo-feldespatos, localidad de Las Amarillas.

35). Banco Agua Caliente, con un volumen potencial de 50,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, que es utilizado como material para el revestimiento de caminos de terracería.

36). Banco Tanque, con un volumen potencial de 50,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, que es utilizado como material para el revestimiento de caminos de terracería.

37). Banco La Aldea, con un volumen potencial de 50,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, actualmente se explota como arena, para la industria de la construcción.

38). Banco Silo, con un volumen potencial de 50,000 m³, de arenisca-conglomerado polimíctico, actualmente en explotación como arena y grava.

A continuación se presenta la tabla 1, con una lista de los 38 bancos de materiales que son utilizados en la industria de la construcción:

TABLA. 1. MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Numero de Ficha	Localidad	Roca	Vol. Potencial m³	Usos
SIL-02	El Capulín	Arenisca-conglomerado	750,000	Industria de la construcción
SIL-03	San Marcos	Arenisca-conglomerado	400,000	Industria de la construcción
SIL-04	Arrendadora Sanfer	Andesita-Basáltica	450,000	Industria de la construcción
SIL-05	Los Infantes	Arenisca-conglomerado	300,000	Industria de la construcción
SIL-06	El Espejo	Arenisca-conglomerado	420,000	Industria de la construcción
SIL-07	La Calaverna	Arenisca-conglomerado	900,000	Industria de la construcción
SIL-08	Ojo de Agua	Arenisca-conglomerado	400,000	Industria de la construcción
SIL-09	Cuarta Parte	Arenisca-conglomerado	1'500,000	Industria de la construcción
SIL-10	Urbanizadora del Bajío	Arenisca-conglomerado	1'200,000	Industria de la construcción
SIL-11	Aguas Buenas	Arenisca-conglomerado	450,000	Industria de la construcción
SIL-12	Sopeña	Andesita basáltica	200,000	Industria de la construcción

TABLA. 1. MATERIALES PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Numero de Ficha	Localidad	Roca	Vol. Potencial m³	Usos
SIL-13	El Camino	Andesita basáltica	200,000	Industria de la construcción
SIL-15	Pabileros	Toba riolítica	50,000	Industria de la construcción
SIL-16	La Esperanza	Andesita basáltica	300,000	Industria de la construcción
SIL-17	Alfarería	Cantos rodados	100,000	Industria de la construcción
SIL-18	Las Amarillas	Granito	50,000	Industria de la construcción
SIL-19	Agua Caliente	Arenisca, lutita	50,000	Industria de la construcción
SIL-20	Tanque	Arenisca-conglomerado	50,000	Industria de la construcción
SIL-21	Bajío de Guadalupe	Arenisca, lutita	100,000	Industria de la construcción
SIL-22	El Paxtle	Arena de río	100,000	Industria de la construcción
SIL-23	La Cantera	Toba riolítica	600,000	Industria de la construcción
SIL-24	San Agustín	Cantos rodados	360,000	Industria de la construcción
SIL-25	Providencia de Nápoles	Cantos rodados	360,000	Industria de la construcción
SIL-26	Rancho Seco	Arenisca-conglomerado	70,000	Industria de la construcción
SIL-27	Jacintos	Andesita basáltica	100,000	Industria de la construcción
SIL-28	El Puertecito	Toba riolítica	150,000	Industria de la construcción
SIL-29	El Pirúl	Andesita basáltica	225,000	Industria de la construcción
SIL-31	Medio Sitio	Arenisca-conglomerado	200,000	Industria de la construcción
SIL-33	La Aldea	Arenisca-conglomerado	200,000	Industria de la construcción
SIL-34	Silo	Arenisca-conglomerado	50,000	Industria de la construcción
SIL-35	El Pescuezo	Arenisca-conglomerado	300,000	Industria de la construcción
SIL-36	Arroyito	Toba riolítica	300,000	Industria de la construcción
SIL-37	La Campana	Toba riolítica	300,000	Industria de la construcción
SIL-38	El Bosque	Arenisca-conglomerado	900,000	Industria de la construcción
SIL-40	El Cerrito del Diablo	Andesita basáltica	3'000,000	Industria de la construcción
SIL-41	Loza de Barrera	Arenisca-conglomerado	300,000	Industria de la construcción
SIL-43	Nuevo México	Arenisca-conglomerado	80,000	Industria de la construcción
SIL-44	Los Sauces	Arenisca-conglomerado	400,000	Industria de la construcción

Los bancos de materiales de tepetate, arenisca conglomerado, andesita basáltica de algunas localidades del municipio, donde se extraen son de manera intermitente y son utilizados para el revestimiento de caminos de terracería, cercanos a la localidad de dichos bancos y de la propia cabecera municipal.

IV.2. Yacimientos de Minerales Metálicos

El municipio, Silao, en su porción norte, y entre las comunidades de Baños de Agua Caliente, La Hierbabuena, El Paxtle y El Cerro del Cubilete, han producido minerales metálicos en el pasado y estos están relacionados a yacimientos de tipo polimetálicos, los cuales se encuentran emplazados en una secuencia de caliza, lutita y arenisca, pertenecientes a la formación Esperanza, las cuales se encuentran afectadas por un cuerpo intrusivo de composición granito-granodiorita en forma de batolito y pequeñas apófisis de rocas básicas-ultrabásicas, siendo éstas unidades en las que se encuentran las obras mineras como son :

En la localidad La Mojonera, se presenta una obra minera, actualmente inactiva, con dimensiones de dos metros de ancho por dos metros de alto, desconociéndose su profundidad, actualmente se encuentra inundada, al parecer en el interior de la obra se tiene una roca verde, de composición andesitita con bastante oxidación y mineralización diseminada de sulfuros de fierro como es pirita, el rumbo de la veta que aflora es de N 65° E, con una actitud de 76° al SW. Los reportes de laboratorio son: 0.5% de Cu., Au y Ag., no se detecto.

La localidad denominada El Tiro, donde se tiene un tiro principal, que fue utilizado para ventilar las obras mineras de Santa Clara y El Diablo, las cuales se encuentran labradas en una secuencia de rocas volcanosedimentarias, en forma de vetas de relleno de fisura, donde la veta principal presenta un rumbo de N 65° E, con una actitud de 45° al NW, donde esta estructura se asocia a un fracturamiento de rumbo N 75° E, y una actitud de 68° al NW, reportando laboratorio valores de 9.2% de Cu, 0.18% de Pb., 0.36% de Zn., 0.006 g/t de Au. y 69 g/t de Ag.

En la localidad Santa Clara, se presenta una obra con un desarrollo de 120 m, y se encuentra labrada en una secuencia de rocas volcanosedimentarias, asociada a una veta falla de rumbo N 60° E, y una actitud de 60° al SE, producto de este fallamiento se tiene la presencia de una brecha bastante silicificada, con la

presencia de sulfuros de fierro, principalmente pirita, la estructura presenta un espesor aproximado de 1.5 m, desconociéndose su profundidad, el análisis de laboratorio es 9.8% de Cu., 0.76% de Pb., 3.31% de Zn., 0.014 g/t de Au y 402 g/t de Ag.

En la localidad Santa Clara I, consiste de una pequeña obra con un desarrollo de 120 m, y se encuentra labrada en un paquete de rocas volcanosedimentarias, donde aflora una veta falla de rumbo N 58°E, con una actitud de 55° al SE, producto de este fallamiento, se presenta una brecha bastante silicificada, con presencia de mineralización de sulfuros de fierro, principalmente pirita, el espesor aproximado es de un metro y se desconoce su profundidad, en esta localidad, por el difícil acceso a su interior no se muestreo.

Localidad de Mina Cañada Honda, esta obra minera se encuentra labrada casi al contacto de la roca verde, de composición andesitita y con la secuencia volcanosedimentaria, donde se genera una brecha bastante silicificada con presencia de mineralización de sulfuros de fierro, principalmente pirita, además se presentan afloramientos de jasperoides, tanto en la mina como en sus alrededores. Los resultados de laboratorio son: 97 ppm de cobre, 79 ppm de plomo, 139 ppm de zinc, el oro no se detecto y 8 g/t de plata. El ambiente geológico de esta localidad la hace de gran interés para una exploración a detalle.

La localidad, mina Honda, está obra minera se encuentra labrada en un jasperoide, asociada a una fractura de rumbo N 50° E, con una actitud de 55° al SE, donde la mineralización se presenta en forma de relleno de fisura y en un diámetro de 200 m, se presentan algunas pequeñas obras mineras, lo que la hace de gran interés, así como por su ambiente geológico, los resultados de laboratorio son: 0.74% de Cu., 0.20% de Pb., 0.070% de Zn., 0.005 g/t de Au. y 27 g/t de Ag.

En la localidad de la mina Espíritu Santo, está obra minera se encuentra labrada casi al contacto de la roca verde de composición andesitita con la secuencia

vulcanosedimentaria de la formación Esperanza, en donde se forma una brecha bastante silicificada, con presencia de mineralización de sulfuros de fierro, principalmente pirita, además se tiene algunos afloramientos de jasperoides, tanto en la mina como en sus alrededores, actualmente inaccesible, motivo por el cual no se tomo muestra.

La localidad de la mina El Conejo, está obra minera se encuentra labrada casi al contacto de la roca verde de composición andesítica con la secuencia vulcanosedimentaria de la formación Esperanza, en donde se forma una brecha bastante silicificada, con presencia de mineralización de sulfuros de fierro, principalmente pirita, además se tiene algunos afloramientos de jasperoides, tanto en la mina como en sus alrededores, los resultados de laboratorio son: 0.28% de Cu., 0.041% de Pb., 1.74% de Zn., el oro no se detecto y 5 g/t de Ag.

A continuación se presenta la tabla 2, de yacimientos de minerales metálicos.

TABLA 2. YACIMIENTOS DE MINERALES METALICOS					
CLAVE	NOMBRE	SUSTANCIA	ROCA ENCAJONANTE	ALTERACIÓN	ORIGEN
SIL-42	La Mojonera	Au, Ag.	Andesita	Silicificación	Epitermal
SIL-46	El Tiro	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Andesita	Silicificación	Epitermal
SIL-47	Santa Clara	Au, Ag, Pb, Zn, Cu	Arenisca-lutita-caliza	Silicificación	Epitermal
SIL-48	Santa Clara I	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Arenisca-lutita-caliza	Silicificación	Epitermal
SIL-49	Cañada Honda	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Arenisca-lutita-caliza	Silicificación	Epitermal
SIL.50	Honda	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Jasperoide	Silicificación	Epitermal
SIL-51	Espíritu Santo	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Arenisca-lutita-caliza	Silicificación	Epitermal
SIL-52	El Conejo	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.	Jasperoide	Silicificación	Epitermal

También cabe hacer mención que el municipio presenta condiciones favorables para la formación de minerales como oro, plata, cobre, plomo, zinc, manganeso; los cuales se encuentran emplazados en rocas de origen sedimentario, del

Jurásico Superior al Cretácico Inferior, afectadas por un cuerpo intrusivo, donde se tienen los yacimientos epitermales.

En las muestras para análisis químicos cuantitativos se determinó el contenido de Au, Ag, Pb, Zn, Cu. Estas muestras se enviaron al laboratorio del Centro Experimental Oaxaca, del Consejo de Recursos Minerales en la ciudad Oaxaca, Oax. (tabla 3).

TABLA 3. DE RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICOS

Nº Muestra	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Au g/t	Ag g/t
SIL-42	558			0.003	ND
SIL-46	9284	181	360	0.014	69
SIL-47	9810	763	3314	ND	402
SIL-49	97	79	139	0.005	8
SIL-50	741	203	70	ND	27
SIL-52	280	41	1745	0.007	5

Debe señalarse que este muestreo es normativo, no representativo, ya que se tomó solamente una muestra del mineral existente en algunas minas, por lo que no se pueden hacer cálculos precisos de la calidad representativa del mineral de las localidades en estudio.

IV.3. Yacimientos de Minerales No metálicos

Este tipo de minerales, como el caolín, zeolita y material de arcilla, son un tanto escasos en el municipio Silao, y se encuentran en las localidades Cubilete, Arroyo Blanco, La Pila, San José de Rivera y en la Veta de Ramales.

El caolín, se localiza en las inmediaciones de la comunidad El Cubilete; el análisis de laboratorio reporta un 14.10% de Al₂O₃, 1.32% de CaO, 1.41% de FeO, 3.07% de Fe₂O₃, 2.40% de K₂O, 1.34% de MgO, 4.74% de Na₂O, 8.95% de pérdida por calcinación, 0.10% de P₂O₅, 61% de SiO₂, 1.40% de TiO₂ y 3.25% de Fe, con un

total de un 99.83%, el material analizado sirve para elaboración de cerámica y que antiguamente se utilizo para la industria farmacéutica.

La zeolita, en la localidad SIL-39, Arroyo Blanco, ubicada en las cercanías de la comunidad de Bajío de Bonillas, donde el análisis de laboratorio nos reporta valores como es 13.10% de Al_2O_3 , 8.50% de CaO , 1.10% de FeO , 2.93% de Fe_2O_3 , 1.79% de K_2O , 3.01% de MgO , 4.85% de Na_2O , 20.10% de perdida por calcinación, 0.10% de P_2O_5 , 43.50% de SiO_2 , 1.50% de TiO_2 y 2.95% de Fe , con un total de un 100%, el estudio de laboratorio identifico un mineral como componente de zeolita y fue heulandita en muy baja escala, (fotografía 21), su aplicación en la industria en general y en especial para la industria agroalimentaria y de protección ambiental.

La arcilla, se tiene en tres localidades, siendo estas, La Pila, San José de Rivera y Veta de Ramales; Localizándose la primera, en las cercanías de la cabecera municipal Silao, en la comunidad La Pila, (fotografía 22), con un volumen potencial de $100,000\ m^3$; la segunda se localiza en la comunidad de San José de Rivera, con un volumen potencial de $100,000\ m^3$ y la tercera se localiza en la comunidad Veta de Ramales, con un volumen potencial de $200,000\ m^3$, haciendo un total de volumen potencial de estas tres localidades de $400,000\ m^3$. Actualmente estas arcillas son explotadas y utilizadas en la elaboración de tejas, ladrillos y macetas, a baja escala por lo que a futuro el desarrollo de estas localidades seria de gran importancia, para el impulso de las industrias como son Tejas Amejeiras, actualmente laborando a un 40% de su capacidad y Ladrillera Silao, actualmente inactiva.

El resultado de la única muestra, SIL-39 en la localidad de Arroyo Blanco y analizada, se presenta el resultado en la tabla 4, siguiente:



Fotografía 21. Localidad Arroyo Blanco, en la comunidad de Bajío de Bonillas, donde se reportaron trazas de heulandita.



Fotografía 22. Las arcillas, en la localidad de La Pila, actualmente en Explotación para elaboración de tejas, macetas y ladrillos.

TABLA 4. DE RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS, NO METÁLICOS

Nº Muestra	K ₂ O %	Na ₂ O %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %
SIL-39	1.79	4.85	43.50	13.10	8.50	3.01	2.93	1.04

El volumen potencial, en total de las localidades de arcillas, fue estimado en 400,000 m³.

Debe señalarse que este muestreo es normativo, no representativo, ya que se tomó solamente una muestra del mineral existente en la localidad, y en superficie, por lo que no se pueden hacer cálculos precisos de la calidad.

IV.4. Rocas Dimensionables

La constitución litológica del municipio Silao se caracteriza por la poca existencia de rocas volcánicas, encontrándose únicamente riolita, toba riolítica y afloramientos pequeños y muy locales de toba dacítica, presentes en la porción norte del municipio.

En los pocos afloramientos que se tienen, las rocas volcánicas presentan un fracturamiento, el cual es debido a la contracción durante su enfriamiento y posteriormente, debido a procesos tectónicos de distensión, lo que ocasiona que la mayor parte de estos afloramientos, se utilicen como agregados pétreos de mala calidad; estas rocas también pueden utilizarse como bloques para la industria de la construcción, para ello, se tienen dos localidades con este tipo de rocas;

A las muestras para pruebas físicas se les aplicó el método de prueba y preparación de muestras, señalados en el apartado 10.1 del Tomo IX (Normas SCT), cuyas normas de calidad se dan en el apartado 7.2 del Tomo VIII (Normas SCT), las cuales son para materiales que se empleen en la construcción de mamposterías, zampeados y concretos ciclópeos.

El banco de cantera denominado “Velarde”, que está ubicado a 5.9 Km en línea recta al N 30° E, de la ciudad Silao, en la comunidad Velarde, con acceso por camino de terracería, saliendo al norte de la cabecera municipal de Silao.

Esta roca es una toba riolítica de color rosa claro, a rojizo, de estructura compacta y textura hipocristalina fluidal con un cementante de vidrio-feldespatos de origen piroclástico y en forma de colada, clasificándose como una toba vitrolítica de composición riolítica y con un volumen potencial de 50,000 m³ con un pequeño encape de suelo que la cubre, contiene de 6% a 8% de líticos de riolita y andesita, (fotografía 23), esta roca se puede usar para hacer bardas, fachadas, marcos, columnas y como elemento estructural, actualmente se explota a pequeña escala (tabla 5).

TABLA 5. RESULTADOS DE PRUEBAS FÍSICAS DEL PROSPECTO VELARDE

Nº Muestra	Nº Ensaye	Condición prueba	Diam. Cm	Altura Cm	Peso Kg	Peso Volumet. Ton/m ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Corregido	Factor de corrección
SIL-14	1	Seco	5.9	12.3	0.50	1.47	9,502	344	344	1.000
	2	seco	5.9	12.5	0.50	1.48	9,001	331	331	1.000
	3	seco	5.9	12.2	0.51	1.54	9,502	350	350	1.000
SIL-14	1	húmedo	5.9	12.3	0.54	1.62	9,502	349	349	1.000
	2	húmedo	5.9	12.3	0.53	1.60	10,502	387	387	1.000
	3	húmedo	5.9	12.2	0.51	1.54	12,002	442	442	1.000

Nº Muestra	Nº Ensaye	Peso seco g	Peso S y SS g	Peso en agua g	Absorción %	Densidad Aparente
SIL-14	1	539.60	632.00	294.90	17.12	1.60
	2	533.30	627.40	277.00	17.64	1.52
	3	512.40	605.00	274.20	18.07	1.55
				Promedio	17.38	1.56

Nº Muestra	Resistencia. Compresión seco Kg/cm ²	Resistencia. Compresión húmedo Kg/cm ²	Absorción %	Densidad Aparente	Posible uso
SIL-14	342	393	17.38	1.56	Elemento Estructural

El segundo lugar en importancia lo constituye el banco de explotación denominado “El Sabino”, situado a 9.3 Km, y en línea recta al N 65° E, de Silao, a dos km, al norte de la comunidad “El Capulín”; es una toba riolítica de color gris claro, con un volumen potencial de 300,000 m³, y un pequeño encape de suelo que la cubre; en su fracturamiento se tienen trazas de caolinización en las plagioclasas, dureza 1.5 de acuerdo a la escala de Mohs, densidad media y muy pocas fracturas, (fotografía 24).

Se pueden obtener bloques de 60 cm por 30 cm y por 30 cm, que se usan como “sillar” en paredes y bardas. Según el estudio de pruebas físicas también se puede utilizar como material ornamental en la elaboración de figuras y como elemento estructural, como se muestra en la tabla 6.

TABLA 6. RESULTADOS DE PRUEBAS FÍSICAS DEL PROSPECTO EL SABINO.

Nº Muestra	Nº Ensaye	Condición prueba	Diam. Cm	Altura Cm	Peso Kg	Peso Volumet. Ton/m ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Esfuerzo Corregido	Factor de corrección
SIL-53	1	Seco	4.6	9.3	0.27	1.76	2555	157	157.13	1.000
	2	Seco	4.6	9.3	0.27	1.79	3106	191	191.03	1.000
	3	Seco	4.6	9.1	0.26	1.76	2755	169	169.46	1.000
SIL-53	1	Húmedo	4.6	8.7	0.25	1.79	2956	182	181.78	1.000
	2	Húmedo	4.6	9.1	0.27	1.80	3056	188	187.94	1.000
	3	Húmedo	4.6	9.4	0.28	1.82	3757	231	231.08	1.000

Nº Muestra	Nº Ensaye	Peso seco g	Peso S y SS g	Peso en agua g	Absorción	Densidad
SIL-53	1	254.10	284.00	147.20	11.77	1.86
	2	266.70	299.40	155.50	12.26	1.85
	3	278.10	309.20	160.70	11.18	1.87
				PROMEDIO	11.74	1.86

Nº Muestra	Resistencia. Compresión seco Kg/cm ²	Resistencia Compresión húmedo Kg/cm ²	Absorción %	Densidad Aparente	Posible uso
SIL-53	172	185	11.74	1.86	Elemento Estructural



Fotografía 23. Banco de cantera Velarde, constituido por una toba riolítica de textura hipocristalina fluidal con cementante de vidrio y feldespatos.



Fotografía 24. Banco El Sabino, constituido por una cantera de color gris Claro, en estado virgen, puede ser utilizado en la elaboración de sillar.

Debe señalarse que este muestreo es normativo, no representativo, ya que se tomó solamente una muestra de la localidad existente del banco, (tabla 7), con el propósito de saber las características físicas de calidad de las rocas dimensionables, se hizo un muestreo de orientación de cada una de las localidades estudiadas en el campo.

TABLA 7. YACIMIENTOS DE ROCAS DIMENSIONABLES

CLAVE	NOMBRE	SUSTANCIA	ALTERACION	ORIGEN
SIL-14	Velarde	Cantera	Silicificación	Volcánico
SIL-53	El Sabino	Cantera	Argilización	Volcánico

YACIMIENTOS MINERALES DEL MUNICIPIO SILAO, GUANAJUATO

ID	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	POTENCIAL M3	USOS	ACCESO DESDE SILAO
SIL-01	Cubilete	2325 112	254 570	Caolín		Industria del papel, pinturas	6.5 Km de carretera y 13 Km de empedrado.
SIL-02	El Capulín	2319 568	256 429	Conglomerado	750 000	Industria de la construcción	9.7 Km de carretera y 0.025 Km de terracería.
SIL-03	San Marcos	2318 311	254 465	Arenisca,conglomerado	400 000	Industria de la construcción	7.7 Km de carretera.
SIL-04	Arrendadora Sanfer	2318 112	255 190	Andesita	450 000	Industria de la construcción	7.7 Km de carretera y 0.8 Km de terracería.
SIL-05	Los infantes	2313 653	255 975	Arenisca,conglomerado	300 000	Industria de la construcción	11.8 Km de carretera y 0.02 Km de terracería.
SIL-06	El Espejo	2312 290	254 981	Arenisca,conglomerado	420 000	Industria de la construcción	11.5 Km de carretera y 0.8 Km de terracería.
SIL-07	La Calaverna	2312 023	255 157	Arenisca,conglomerado	900 000	Industria de la construcción	11.3 Km de carretera y 0.4 Km de terracería.
SIL-08	Ojo de Agua	2312 680	255 571	Arenisca,conglomerado	400 000	Industria de la construcción	11.9 Km de carretera y 0.2 Km de terracería.
SIL-09	Cuarta Parte	2315 162	254 530	Arenisca,conglomerado	1' 500 000	Industria de la construcción	6.0 Km de carretera y 3.5 Km de terracería.
SIL-10	Urbanizadora del Bajío	2318 502	253 890	Arenisca,conglomerado	1' 200 000	Industria de la construcción	6.0 Km de carretera y 0.4 Km de terracería.
SIL-11	Aguas Buenas	2319 819	253 608	Arenisca,conglomerado	450 000	Industria de la construcción	6.5 Km de carretera y 1.0 Km de empedrado.
SIL-12	Sopeña	2320 978	248 414	Andesita basáltica	200 000	Industria de la construcción	3.0 Km de carretera y 0.1 Km de terracería.
SIL-13	El Camino	2322 890	249 810	Andesita basáltica	50 000	Industria de la construcción	5.0 Km de carretera y 0.8 Km de terracería.
SIL-14	Velarde	2322 978	250 518	Toba riolítica	50 000	Industria de la construcción	5.0 Km de carretera y 1.2 Km de terracería.
SIL-15	Pabileros	2322 879	250 577	Toba riolítica	50 000	Industria de la construcción	5.0 Km de carretera y 1.2 Km de terracería.
SIL-16	La Esperanza	2321 389	250 291	Andesita basáltica	300 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 2.2 Km de terracería.
SIL-17	Alfarería	2329 005	244 353	Arenisca,conglomerado	100 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 13 Km de terracería.
SIL-18	Las Amarillas	2332 939	246 063	Granito	50 000	Industria de la construcción	14.0 Km de carretera y 12.5 Km de terracería.
SIL-19	Agua Caliente	2332 712	245 260	Arenisca,lutita,caliza	50 000	Industria de la construcción	14.0 Km de carretera y 11.5 Km de terracería.
SIL-20	Tanque	2329 446	244 517	Arenisca,conglomerado	50 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 13.5 Km de terracería.
SIL-21	Bajo de Guadalupe	2329 608	246 563	Arenisca,lutita,caliza	100 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 10.5 Km de terracería.

YACIMIENTOS MINERALES DEL MUNICIPIO SILAO, GUANAJUATO

ID	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	SUSTANCIA	POTENCIAL M3	USOS	ACCESO DESDE SILAO
SIL-22	El Paxtle	2329 907	250 060	Arena de río	100 000	Industria de la construcción	8.0 Km de carretera y 4.0 Km de terracería.
SIL-23	La Cantera	2326 772	246 870	Toba riolítica	600 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 10.0 Km de terracería.
SIL-24	San Agustín	2323 494	247 224	Arena y grava de río	360 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 5.0 Km de terracería.
SIL-25	Providencia de Napoles	2327 034	245 074	Arena y grava de río	360 000	Industria de la construcción	2.0 Km de carretera y 12.0 Km de terracería.
SIL-26	Rancho Seco	2322 548	249 037	Arenisca, conglomerado	70 000	Industria de la construcción	5.0 Km de carretera.
SIL-27	Jacintos	2322 893	249 538	Andesita	100 000	Industria de la construcción	5.0 Km de carretera y 0.2 Km de terracería.
SIL-28	El Puertecito	2321 049	253 256	Toba riolítica	150 000	Industria de la construcción	6.5 Km de carretera y 2.4 Km de terracería.
SIL-29	El Pirúl	2321 236	252 671	Andesita	225 000	Industria de la construcción	6.5 Km de carretera y 2.5 Km de terracería.
SIL-30	La Pila	2316 001	246 653	Arcillas	100 000	Elaboración de tejas y ladrillos	2.5 Km de carretera y 0.5 Km de terracería.
SIL-31	Medio Sitio	2309 787	255 359	Arenisca, conglomerado	200 000	Industria de la construcción	11.0 Km de carretera y 1.0 Km de terracería.
SIL-32	San José de Rivera	2308 526	241 167	Arcillas	100 000	Elaboración de tejas y ladrillos	13.0 Km de carretera y 3.3 km de terracería.
SIL-33	La Aldea	2312 986	240 562	Arenisca, conglomerado	50 000	Industria de la construcción	7.0 Km de carretera y 1.0 km de terracería.
SIL-34	Silo	2315 864	241 177	Arenisca, conglomerado	50 000	Industria de la construcción	11.0 Km de camino de terracería.
SIL-35	El Pescuezo	2316 098	240 605	Arenisca, conglomerado	300 000	Industria de la construcción	10.5 Km de camino de terracería.
SIL-36	Arroyito	2316 292	239 899	Toba riolítica	300 000	Industria de la construcción	9.0 Km de camino de terracería.
SIL-37	La Campana	2317 071	240 146	Toba riolítica	300 000	Industria de la construcción	7.0 Km de carretera y 1.0 Km de terracería.
SIL-38	El Bosque	2317 697	242 116	Arenisca, conglomerado	900 000	Industria de la construcción	5.5 Km de carretera y 0.15 km de terracería.
SIL-39	Arroyo Blanco	2317 858	239 393	Zeolita	300 000	Agricultura y Ganadería	7.0 Km de carretera y 1.0 Km de terracería.
SIL-40	El Cerrito del Diablo	2320 215	238 980	Andesita basáltica	3' 000 000	Industria de la construcción	7.5 Km de carretera y 3.0 Km de terracería.
SIL-41	Loza de Barrera	2322 562	237 402	Arenisca, conglomerado	300 000	Industria de la construcción	10.5 Km de carretera y 2.5 Km de terracería.
SIL-42	La Mojonera	2331 540	250 769	Au, Ag.		Industria de la Joyería	8.0 Km de carretera y 4.0 Km de terracería.
SIL-43	Nuevo México	2321 769	242 428	Arenisca, conglomerado	80 000	Industria de la construcción	6.6 Km de carretera.
SIL-44	Los Sauces	2326 300	236 431	Arenisca, conglomerado	400 000	Industria de la construcción	14 Km de carretera.
SIL-45	Veta de Ramales	2317 120	246 065	Arcillas	200 000	Elaboración de tejas y ladrillos	1.0 Km de carretera y 0.5 Km de terracería.
SIL-46	El Tiro	2332 219	249 196	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	18.0 Km de camino de terracería.
SIL-47	Santa Clara	2330 978	248 409	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	16.7 Km de terracería y 0.3 km de vereda.
SIL-48	Santa Clara I	2330 814	248 263	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	16.7 Km de terracería y 0.5 km de vereda.
SIL-49	Cañada Honda	2331 908	249 348	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	17.0 Km de terracería y 1.0 km de vereda.
SIL-50	Honda	2331 803	249 292	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	17.0 Km de terracería y 1.0 km de vereda.
SIL-51	Espiritu Santo	2332 443	249 663	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	18.3 km de terracería y 0.3 km de vereda.
SIL-52	El Conejo	2330 790	248 624	Au, Ag, Pb, Zn, Cu.		Joyería, Moneda y Aleación	16.7 Km de terracería y 0.1 km de vereda.
SIL-53	El Sabino	2321 732	256 158	Toba riolítica	300 000	Industria de la construcción	9 km de carretera y 2.5 km de terracería

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los recursos minerales de este municipio son principalmente 38 localidades de materiales para la industria de la construcción, (agregados pétreos), con un volumen potencial total de 15'565,000 m³, relacionados a un ambiente geológico de rocas volcánicas, ígneas intrusivas y a una secuencia de rocas vulcanosedimentarias. En los yacimientos de minerales metálicos, se tienen ocho localidades, como oro, plata, plomo, zinc y cobre; cinco localidades de yacimientos de minerales no metálicos como caolín, zeolita, y arcilla cerámica, con un volumen potencial total de 700,000 m³; dos localidades de roca dimensionable, riolita, toba riolítica (cantera), con un volumen potencial total de 350,000 m³.

1. En los materiales para la industria de la construcción (agregados pétreos), quedan comprendidos en las rocas volcánicas (riolita, toba riolítica, ignimbrita, andesita basáltica y domos riolíticos), que cubren discordantemente a la secuencia de rocas vulcanosedimentarias del Cretácico Superior, se utilizan como Agregados Pétreos, en todo el municipio y que actualmente se encuentran en explotación, y algunas de forma intermitente, con la finalidad de cubrir las necesidades que requiere la cabecera municipal, se tienen 13 bancos de importancia, con un volumen potencial de 11'370,000 m³ y los 25 bancos restantes, tienen un volumen potencial de 4'195,000 m³, haciendo un total en volumen potencial de 15'565,000 m³, de los 13 bancos de mayor importancia por su potencial se concluye:

1.1. Banco Cerrito del Diablo, con un volumen potencial de 3'000,000 m³, de andesita basáltica, actualmente en explotación como grava triturada, utilizada principalmente para el municipio de Silao y León, donde se recomienda apoyo financiero para actualizar equipo relacionado a la explotación, aunado con asistencia técnica, en optimizar el desarrollo del mismo. .

1.2. Banco Cuarta Parte, presenta un volumen potencial de 1'500,000 m³, de material conglomeratico, utilizado como tepetate, No presenta capa de suelo y actualmente se encuentra en explotación, y el material es utilizado para nivelar terrenos donde se construyen unidades habitacionales y se recomienda asistencia técnica, en el desarrollo del mismo.

1.3 Banco La Calaverna, con un volumen potencial de 900,000 m³, de material conglomeratico de tipo polimíctico, utilizado para el revestimiento de caminos de terracería. No tiene cubierta de suelo, actualmente en explotación, se recomienda asistencia técnica y apoyo financiero, para la actualización de equipo utilizado.

1.4 Banco El Capulín, que tiene un volumen potencial de 750,000 m³ de conglomerado polimíctico (material de tepetate). Actualmente inactivo, y se emplea este material para el recubrimiento de caminos de terracería en los caminos circunvecinos a la cabecera municipal y en la construcción de la carretera, Silao-San Felipe. No tiene cubierta de suelo por lo que facilita su explotación y se recomienda accesoria técnica en el desarrollo del banco.

1.5 Banco Arrendadora Sanfer, presenta un volumen de 450,000 m³, de material para ser triturado en diferentes tamaños, para producir grava triturada y así satisfacer el mercado de consumo de las ciudades de Silao y Guanajuato y comunidades circunvecinas, actualmente en explotación, se recomienda financiamiento para actualizar equipo de trabajo.

2. En el municipio Silao, las ocho localidades de minerales metálicos se emplazan principalmente en contacto con rocas del Cretácico Superior de la formación Esperanza, y rocas volcánicas, la mayor parte de estas se encuentran afectadas, por un cuerpo intrusivo de composición granito-granodiorita, generandose cuerpos de skarn y que en su porción noreste del municipio presenta las condiciones favorables para localizar depósitos de minerales, donde se tienen:

2.1. En la localidad La Mojonera, se presenta una obra minera que actualmente se encuentra inactiva, desconociendo sus dimensiones, actualmente se encuentra inundada, al parecer en el interior de la obra se tiene una roca verde, de composición andesítica con bastante oxidación y mineralización diseminada, ya que esta unidad es la receptora de mineralización en Mineral de la Luz., lo que la hace de gran interés, para realizar un muestreo sistemático y estudio de geología a detalle.

2.2. En las localidades, Santa Clara y Santa Clara 1, se presentan obras con desarrollo de 120 m, y se encuentran labradas en una secuencia de rocas vulcanosedimentarias, donde el fallamiento produce una brecha bastante silicificada, y que es donde se presenta la mineralización, recomendando realizar un muestreo sistemático y estudio de geología a detalle, con la finalidad de evaluar las obras.

2.3. Las localidades de las minas de Cañada Honda, Honda, Espíritu Santo y El Conejo, se encuentran labradas casi al contacto de la roca verde, de composición andesítica y con la secuencia vulcanosedimentaria, donde se genera una brecha bastante silicificada y donde se emplaza la mineralización, tipo skarn y afloramientos aislados de jasperoides, los cuales pueden ser una guía para la exploración de yacimientos tanto en la mina como en sus alrededores. El ambiente geológico de esta localidad la hace de gran interés para definir si existen yacimientos vulcanosedimentarios, en base a un estudio geológico a detalle.

3. Entre las localidades principales de minerales no metálicos se mencionan las siguientes:

3.1. El caolín, se localiza en las inmediaciones de la comunidad El Cubilete; el cual se encuentra en una zona de reserva ecológica, por lo que aquí no se puede hacer nada.

3.2. La zeolita, Se localiza en las cercanías de la comunidad de Bajío de Bonillas, donde el análisis de laboratorio identifico un solo mineral de la zeolita, heulandita, en cantidad menor al 1%, por lo que no es factible su exploración.

3.3. La arcilla, se tiene en tres localidades, siendo estas La Pila, San José de Rivera y Veta de Ramales; haciendo un total de volumen potencial de estas tres localidades de 400,000 m³. Actualmente estas arcillas son explotadas de forma intermitente y utilizadas en la elaboración de tejas, ladrillos y macetas, el desarrollo de estas localidades a futuro seria el de reactivar la empresa Ladrillera de Silao y trabajar al 100% la fabrica de Tejas Amejeiras.

4. Las dos, únicas localidades de rocas dimensionables se mencionan a continuación:

4.1. La localidad El Sabino, corresponde a una toba riolítica de color gris claro, con un volumen potencial de 300,000 m³, está roca se puede usar para hacer mampostería, fachadas, marcos, columnas, etc., actualmente se explota a baja escala, se recomienda apoyo financiero y asistencia técnica, para el impulso del mismo.

4.2. En la localidad Velarde, presenta un volumen potencial de 50,000 m³, el cual corresponde a una riolita bastante silicificada tiene, la cual se puede utilizar para hacer bardas, mampostería y como elemento estructural, se recomienda asistencia técnica.

BIBLIOGRAFÍA

Alvarado Méndez H. y colaboradores, 1997, *Informe de la Carta Geológico-Minera y Geoquímica, Hoja Guanajuato, F14-7, Estado de Guanajuato*, Consejo de Recursos Minerales, 157 p.

Botsford, C. W., 1909, *Geology of Guanajuato district, México: Engineering and Mining Journal*: v. 87, p. 691-694.

Cervantes Silva, Juan José, 2004, *Evaluación económica de proyectos mineros*, Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México, A.C., Fideicomiso de Fomento Minero, Facultad de Minas, Metalurgia y Geología de la Universidad de Guanajuato.

Consejo De Recursos Minerales, 1992, *Monografía Geológica Minera del Estado de Guanajuato*, Publicación M-6e, 136 p.

Chauve Pierre, et al, 1985, *Les rapports structuraux entre les domaines cordillerain et mesogéen dans la partie central du Mexique*. Comptes rendus de l'academie des sciences, París. Tome 301 serie II No. 5, p.p. 335-340.

Dávila-Alcocer, V. M. y Martínez-Reyes, J., 1987, *Una edad cretácica para las rocas basales de la Sierra de Guanajuato. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato*. Programa, Resúmenes y Guía de Excursión, p. 19-20.

Echegoyen-Sánchez, J., Romero-Martínez, S., and Velásquez-Silva, S., 1970, *Geología y yacimientos minerales de la parte central del Distrito Minero de Guanajuato; Residencia Guanajuato [Geology and mineral deposits of the central part of Guanajuato Mining District]*: Consejo de

Recursos Naturales no Renovables [Mexico], Bol. no. 75, 36 p., illus. (incl. geol. maps 1:10,000), 1970..

Edward J.D., 1975, *Studies of some early Tertiary red Conglomerates of Central México*, US, Geology Survey Prof. paper 264 p.

Freydier, C., Martínez, R. J., Lapierre, H., Tardy, M. y Coulon, C., 1996. *The Early Cretaceous Arperos oceanic basin (Western Mexico). Geochemical evidence for an aseismic ridge formed near a spreading center*, *Tectonophysics*, 259, pp. 343-367.

Gobierno del Estado de Guanajuato, *Estudio Hidrológico del estado de Guanajuato*, 1998, Instituto Nacional de estadística Geografía e Informática.

Industrias Peñoles S. A. de C. V., *GRUPO GUANAJUATO.*, Cia. Minera Las Torres S.A. de C.V., Cia. Minera Cedros S.A. de C.V., Negociación Minera Santa Lucía S.A. de C.V., Industrias Peñoles S.A. de C.V.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M. y Aranda-Gómez, J.J., 1982, *Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí*. Universidad Autónoma de S. L. P., Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico, No. 85, 208 p.

Labarthe-Hernández, G., Tristán-González, M., Aguillón-R. y Romero A., 1989, *Cartografía geológica 1:50 000 de las Hojas El Refugio y Mineral del Realito, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato*. Universidad Autónoma de S. L. P. Instituto de Geología y Metalurgia, Folleto Técnico, No. 112.

Lapierre, H., Ortiz-Hernández, L. E., Abouchami, W., Monod, O., Coulon, Ch. And Zimmermann, 1992, *A crustal section of an intra-oceanic island arc:*

The Late Jurassic-Early Cretaceous Guanajuato magmatic secuence, central Mexico, Earth and Planetary Science Letters, V. 108, p. 61-77.

Martínez-Reyes, J., 1987, *Excursión a la Sierra de Guanajuato*; parte 1, Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato. UNAM, Inst. de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Programa, Resúmenes y Guía de excursión, p. 49-70.

Martínez-Reyes, J., Vasallo, L. F., Franco-Ibarra, F. J., 1995, *Geología y potencial minero de la porción central poniente del Estado de Guanajuato*. Folleto de divulgación, UNAM, Inst. de Geol. - Secretaría de Desarrollo Económico, Gobierno del Estado de Guanajuato, 70 p.

Monroy, L., 1888, *Minas de Guanajuato*: Ministerio de Fomento [México], Anales, Tomo X (Imprenta de la Sec. de Fomento).

Monod, O., Lapierre, E., Chiodi, M., Martínez-Reyes, J., Calvet, P., Ortiz-Hernández, L. E., et. Zimmermann, J. L., 1990, *Reconstitution d'un arc insulaire intra-océanique au Mexique central: la sécuence volcano-plutonique de Guanajuato (Crétace Infériur)*, C. R., Acad. Sci. Paris, t. 310, serie 11, p. 45-51.

Navarro R., Contreras M., Santini M., Santiago P., de., Ruiz E., 1986, *Guanajuato, Minas Mexicanas*, Tomo. 1.

Ortiz Hernández L. E., Ruiz Ortiz, A. J., 2001, *Informe sobre los recursos Auríferos y su explotación (Capítulo México)*, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (CYTED).

Ortiz Hernández L. E., Chiodi M., Lapierre H., Monod O., Calvet P., 1992., *El Arco Intraoceánico Alóctono (Cretácico Inferior de Guanajuato-*

Características Petrográficas, Geoquímicas, Estructurales e Isotópicas del Complejo Filoniano y de las Lavas Basálticas Asociadas; Implicaciones Geodinámicas, Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología. Revista, vol. 9.

Ortiz Hernández L. E., Chiodi M., Lapierre H., Monod O., Calvet Philippe, 1992, *EL arco intraoceánico alóctono (Cretácico Inferior) de Guanajuato – características petrográficas , geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas; asociadas; implicaciones geodinámicas*: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, vol. 9, núm 2, 1992, p. 125-145.

Quintero Legorreta, O., 1992, *Geología de la región de Comanja, estados de Guanajuato y Jalisco*, Inst. de Geol., UNAM, Vol. 10, No. 1, p. 6-25.

Reyes Salazar, 2002. *Carta Metalogenética Estado de Guanajuato*, escala 1: 250 000., Consejo de Recursos Minerales, p 9-10.

Tardy, M., Lapierre, H., Freydier, C., Coulon, C., Gill, J. B., Lepinay, B. M., Beck, C, Martínez, Reyes, J., Talavera, M. O., Ortiz Hernández, L. E., Stein, G., Bourdier, J. L. and Yta, M., 1994, *The Guerrero suspect terrane (western México) and coeval arc terranes (the Greater Antilles and the Western Cordillera of Colombia): a late mesozoic intra-oceanic arc accreted to cratonal América during the Cretaceous*, *tectonophysics* 230, pp 49-73.

Velasco Tapia y Verma, 2001. *Estado actual de la investigación geoquímica en el campo monogenético de la Sierra de Chichinautzin: análisis de información y perspectivas*. RMCG Vol. 18 Num. 1. p. 1-36.

Villarello, J. de D., Flores, T., and Robles, R., 1906, *Etude de la Sierra de Guanajuato*: International Geological Congress, 10th, Mexico, 1906, Guide de Excursion no. 15, 33 p.

Wandke, A. and Martinez, J., 1928, *The Guanajuato mining district, Guanajuato, Mexico.*: Economic Geology, v. 23, no. 1, p. 1-44, 5 figs., January, 1928..

Wilson, M., 1989. *Igneous petrogenesis, a global tectonic approach.* Unwin Hyman, London, 466 pp.

Yta Miriam, 1992, *Estude geodinamyque et metallogenique d'un secteur de la "Faja de Plata", Mexique: La zone de Zacatecas-Francisco I. Madero Saucito.* Universite D' Orleans, U. F. R. Des Sciences Fundamentales et appliques. 265 p.