PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL ESTADO DE GUANAJUATO

MARÍA JESÚS PUY-ALQUIZA, RAÚL MIRANDA-AVILÉS, VELIA YOLANDA ORDAZ-ZUBIA

INDICE **Pag**

INTRODUCCIÓN……..4

CAPÍTULO I. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y PATRIMONIO GEOLÓGICO…….6

CAPÍTULO II. CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL ESTADO DE GUANAJUATO……12

CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO……...15

III.1.Geología histórica de Guanajuato……15

III.2.Situación geológica del estado de Guanajuato……..15

III.3.Actividad Hidrotermal……..28

CAPÍTULO IV. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO…….30

IV.1. Las cavernas de San Luís de La Paz……....30

IV.2. Mastofauna de Dolores Hidalgo y San Miguel Allende……32

IV.3. Balneario de Comanjilla……35

IV.4. Estructuras geológicas……..……36

IV.5. Los cráteres volcánicos de Valle de Santiago……..39

IV.6. Yacimiento paleontológico La Perlita……..42

IV.7. Anticlinal del Cerro de La Yesca…….…….43

IV.8. La Rana y La Leona……..46

IV.9. Las rocas como elementos constructivos y artísticos……..49

IV.10. El Mineral de La Luz…….....53

IV.11. El Cerro del Sombrero……54

CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES A LOS VISITANTES. NORMAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS P.I.G.....57

GLOSARIO DE TÉRMINOS GEOLÓGICOS.....58

BIBLIOGRAFÍA.....79

ANEXOS.....90

INTRODUCCIÓN

La formación geológica del estado del Guanajuato es el resultado de procesos milenarios que constituye uno de los factores más característicos de su entorno natural. En la actualidad, el Patrimonio Geológico es definido como: “el conjunto de recursos naturales no renovables de valor científico, cultural o educativo, ya sean formaciones geológicas, formas del terreno o yacimientos paleontológicos y mineralógicos que permitan reconocer, estudiar e interpretar la evolución de la Historia Geológica de la Tierra y los procesos que la han modelado” (Cendrero, 1996). La importancia del Patrimonio Geológico se pone de manifiesto en el reconocimiento de estos valores por parte de los geólogos y, en general, de la sociedad actual. Se trata de conocer y desentrañar el registro geológico de la Tierra, los materiales que la constituyen así como los procesos naturales que los han originado y transformado.

El patrimonio geológico es un recurso natural no renovable cuyo daño es irreversible y de graves consecuencias para el medio. Guanajuato, con una superficie de 30,608 kilómetros cuadrados, reúne una gran Geodiversidad donde se encuentran representados todo tipo de paisajes geológicos, desde los comprendidos en zonas de alta montaña de la Sierra Gorda hasta las extensas llanuras de León, Celaya e Irapuato. Entre estos paisajes destacan relieves estructurales como los asociados a sinclinorios y anticlinorios en Xichú, Atarjea y Victoria. Estructuras volcánicas como los cráteres de la Región Volcánica Siete Luminarias, en Valle de Santiago. Estructuras cavernosas (estalactitas y estalagmitas) en San Luís de La Paz, Santa Catarina, San Felipe y Atarjea así como las extensas llanuras y las formas fluviales de los ríos que atraviesan el Distrito Minero de Guanajuato.

Los criterios utilizados para la selección y clasificación de las zonas y puntos de interés geológico fueron realizados con base en las características de rareza, espectacularidad, belleza y singularidad.

En este trabajo se presenta una detallada descripción de las formaciones geológicas, yacimientos fosilíferos, cráteres volcánicos, cavernas, estructuras geológicas (fallas y pliegues), manantiales de aguas termales y minas que constituyen un legado natural-histórico –cultural del estado de Guanajuato.

Por último se detallan once lugares de especial interés, incluyendo la descripción general de los lugares y ciertas recomendaciones para su visita. El material se compone de un conjunto de fichas, fotos, mapas que confieren un carácter didáctico a la obra. Estos están ubicados en el Anexo, exceptuando el punto de interés geológico (Cerro del Sombrero).

CAPÍTULO I. CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y PATRIMONIO GEOLÓGICO

Las formaciones geológicas son parte del hábitat de especies animales y vegetales que tienen valor universal desde el punto de vista científico, educativo o de la conservación. La preservación del medio ambiente es una condición indispensable para un verdadero desarrollo. El agua, el aire, los bosques, los suelos, forman parte de un patrimonio natural común que debemos proteger para las generaciones presentes y futuras.

El estado de Guanajuato cuenta con diecinueve (19) áreas naturales protegidas, ubicadas en diferentes regiones, que representan tanto ecosistemas terrestres como acuáticos y que se han considerado prioritarios para su conservación, las cuales se denominan: Sierra de Lobos, Región Volcánica Siete Luminarias, Presa de Silva, Mega-parque de Dolores Hidalgo, Cuenca de la Esperanza, Las Fuentes, Cuenca Alta del Río Temascatio, Peña Alta, Pinal del Zamorano (parte de la Sierra Gorda), Parque Metropolitano, Lago Cráter La Joya, Laguna de Yuriria y su zona de influencia, Las Musas, Cerros El Culiacán y la Gavia, Sierra de los Agustinos, Cerro del Cubilete, Cerro de Amoles, Presa La Purísima y su zona de influencia y Cerro de Arandas.

Nuevos enfoques científicos han sido desarrollados a nivel internacional para el estudio integral de la naturaleza, entre ellos destaca el Patrimonio Geológico, Geodiversidad, Georecursos Culturales y la Geoconservación.

La Geodiversidad es definida como el número y la variedad de estructuras (sedimentarias, estructurales, tectónicas, geomorfológicos, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, fósiles, rocas y suelos) que constituyen el sustrato físico natural de una región sobre el que se asienta toda la actividad orgánica, incluyendo la antrópica. El concepto de Geodiversidad excede ampliamente al de patrimonio geológico ya que incluye a todos los materiales y estructuras geológicas presentes en un área determinada.

Guanajuato, tiene una superficie de 30,608 kilómetros cuadrados, con altitudes entre los 3180 msnm del Cerro Los Rosillos, en el municipio de Coroneo y los de 800 msnm del cañón del río Santa María en la Sierra Gorda, reúne gran Geodiversidad con todo tipo de paisajes geológicos, desde los comprendidos en zonas de alta montaña de la Sierra Gorda hasta las extensas llanuras de León, Celaya e Irapuato. Entre estos paisajes destacan relieves estructurales como los asociados a sinclinales y anticlinales en Xichú, Atarjea, Victoria. Estructuras volcánicas como los cráteres de la Región Volcánica Siete Luminarias, en Valle de Santiago. Estructuras cavernosas (estalactitas y estalagmitas) en San Luis de La Paz, así como las extensas llanuras y las formas fluviales de los ríos que atraviesan el Distrito Minero de Guanajuato.

La Geodiversidad de Guanajuato se refleja en su historia geológica, ampliamente representada, con materiales que abarcan distintos periodos geológicos. Las rocas del estado de Guanajuato ilustran periodos en la escala geocronológica comprendidos entre 65 millones de años que corresponden al Cretácico así como depósitos más recientes, fundamentalmente neógenos y Cuaternarios.

En cuanto a la diversidad paleontológica, en el territorio de Guanajuato se han identificado más de cincuenta especies de fósiles diferentes, fundamentalmente invertebrados marinos, microfósiles que corresponden al Jurásico Superior-Cretácico. De igual manera se han identificado masto-fauna que corresponden al Mioceno-Pleistoceno.

En lo que se refiere a la diversidad litológica, cabe resaltar la gran cantidad de materiales que configuran el suelo y el subsuelo como granitos, pizarras, esquistos y serpentinitas. Estando en Guanajuato representados prácticamente todos los tipos de rocas (entre rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias). Esta variedad litológica ha favorecido la explotación de la piedra natural a lo largo de la historia.

De forma paralela a la diversidad litológica se manifiesta la gran variedad mineralógica de su geología. La existencia del camino Real de la Plata como eje sur a norte pone de manifiesto este hecho. Son más de un centenar las especies

minerales halladas en los yacimientos minerales de Guanajuato, algunas de ellas únicas, como es el caso de la Joseita, Naumannita, Aguilarita, Argirodita, Guanajuatita, Ordoñezita y Paraguanajuatita, minerales presentes en la mina de Valenciana, Encarnación, Rayas y El Nayal (Echegoyén, 1960).

Así mismo, la diversidad hidrogeológica muestra su importancia en los distintos tipos de acuíferos existentes en el subsuelo guanajuatense. Se localizan acuíferos detríticos ligados a las formaciones Terciarias y Cuaternarias de los principales ríos (Lerma, Laja y Turbio), así como acuíferos cársticos en rocas carbonatadas Mesozoicas como el de Xichú-Atarjea. Esta riqueza y variedad se manifiesta en forma de surgencias naturales como es el caso de los balnearios de aguas termales repartidos por toda la geografía guanajuatense, entre los que destacan los corredores de Silao-León, Dolores Hidalgo-Atotonilco, Abasolo-La Piedad y el de Apaseo el Alto.

Junto con el Patrimonio Geológico y la Geodiversidad surge el término de Georrecurso cultural, el cual es definido como un elemento, conjunto de elementos, lugares o espacios de alto valor geológico que cumpla al menos con la condición de que tengan un elevado valor científico y/o didáctico, por tanto, deban ser objeto tanto de una protección adecuada como de una gestión específica o que sean susceptibles de ser utilizados y gestionados como recurso con la finalidad de incrementar la capacidad de atracción global del territorio en el que se ubican y, en consecuencia, de mejorar la calidad de vida de la población de su entorno. Con base en ello, en nuestro estado se cuenta con Georecursos que han sido declarados espacios naturales protegidos como es el caso de la Sierra de Lobos, La Cuenca La esperanza, La sierra de los Agustinos, Cerro del Cubilete, entre otros, los cuales representan un Georrecurso que ha dado impulso socio-económico a los municipios de León, Ocampo, San Felipe, Guanajuato Capital, Jerécuaro, Acámbaro, Tarimoro y Silao.

Actualmente las bases para la protección del patrimonio geológico de Guanajuato se encuentran citados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Artículo 3, fracción XXIV, XXVII; Artículo 155), Ley General de Turismo (Artículo 27; Artículo 28, fracción XVII) y en los Artículos 27

y 73 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, modificados y publicados en el Diario Oficial de la Federación en el año 2006. En general se menciona que el patrimonio en nuestros días tiene implícita la categoría de valor, por ello, el patrimonio como tal, presenta dos variables: valor de uso (si se considera al patrimonio como un recurso para su observación y aprecio) y valor de cambio (cuando el patrimonio es utilizado como un valor monetario, que su función implique la explotación o aprovechamiento con fines económicos). Considerando al patrimonio natural, como aquel entorno físico y biológico que debe ser protegido y conservado. Mientras que, el patrimonio denominado cultural comprende aquellos objetos, zonas y sitios arqueológicos, históricos y artísticos que deben ser protegidos, conservados y restaurados. Por otro lado, se contempla como nuevos tipos de patrimonio protegido, el geológico, el paleontológico, la riqueza de la biodiversidad, formaciones líticas, la función ecosistémica, los materiales y minerales utilizados para la fabricación de objetos.

El monumento natural es el que reconoce los valores geológicos del medio natural en Guanajuato. En la ley de 1997 (Decreto Gubernamental Número 68 del estado de Guanajuato), define monumento natural como áreas que contienen uno o varios elementos naturales, que por su carácter único, valor estético, histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta.

En Guanajuato se tienen como monumentos naturales: Sierra de Lobos, Región Volcánica Siete Luminarias, Presa de Silva, Mega-parque de Dolores Hidalgo, Cuenca de la Esperanza, Las Fuentes, Cuenca Alta del Río Temascatio, Peña Alta, Pinal del Zamorano (parte de la Sierra Gorda), Parque Metropolitano, Lago Cráter La Joya, Laguna de Yuriria y su zona de influencia, Las Musas, Cerros El Culiacán y la Gavia, Sierra de los Agustinos, Cerro del Cubilete, Cerro de Amoles, Presa La Purísima y su zona de influencia y Cerro de Arandas. Entre las distintas áreas naturales protegidas, se encuentran algunas que cubren valores geológicos de interés que contribuyen en gran medida a aumentar el valor ambiental de medio en el que se integran.

Es el caso de la Sierra de Lobos, la Región volcánica Siete Luminarias, Lago Cráter La Joya, Sierra de Los Agustinos, en donde el factor geológico adquiere gran relevancia. Existen otros lugares de carácter geológico y paleontológico como lugar de interés científico, entre ellos cabe citar: Rancho El Ocote, Rinconada, Arroyo Tepalcates, Arroyo La Carreta, Rancho Viejo, La Presa, La Nopalera, Coecillos, Los Galvanes y Purísima de Covarrubias.

Es importante mencionar que existen áreas declaradas como zonas de especial protección para las aves como es el caso de la Cuenca de la Esperanza, la cual registra una gran diversidad de plantas medicinales estimándose unas ciento setenta (170) especies y ciento setenta y dos (172) especies diferentes de aves, contando el Área Natural con zonas de anidación, crianza, alimentación, refugio e hibernación.

El Pinal de Zamorano es otra área natural que cuenta con una gran variedad de especies de fauna rara, amenazadas y sujetas a protección especial. Por ejemplo la ardilla voladora, el alicante y otras raras como, la ardilla *Sciururs oculatus* así como algunas más sujetas a protección especial como la víbora de cascabel. Además habitan ahí poblaciones de gato montés, zorros, venado cola blanca y puma. Comprende una gran variedad de comunidades vegetales como matorral espinoso, relictos de selva baja caducifolia, con presencia de huajes y órgano; bosque de encino; bosque de pino piñonero; bosque de encino-pino y el bosque de oyamel *Abies religiosa* que es único en el estado. La Presa de Silva se localiza en la ruta migratoria del centro del país y durante el invierno es hábitat de grandes poblaciones de aves acuáticas procedentes de Canadá y Estados Unidos de Norteamérica. Se tienen registradas treinta (30) especies además de las treinta y cinco (35) residentes acuáticas y terrestres. Estas áreas son declaradas por la presencia de valores principalmente faunísticos, sin obviar que en muchas de ellas, se identifican singularidades geológicas de primer orden.

Otro de los elementos a destacar es el legado minero que caracterizan al estado de Guanajuato por ser uno de los distritos mineros más antiguos del país, convirtiéndose en el siglo XVIII en el centro minero más importante de la Nueva

España. Entre los distritos mineros destacan: Guanajuato, Mineral de pozos, El Realito, Xichú, San Antón de las minas, entre otros.

Con la publicación de ésta obra, se pretende difundir las bases para la conservación de rocas, minerales, estructuras geológicas y yacimientos paleontológicos, ya que representan una herencia natural y cultural, que contribuye a la formación de científicos y profesionales, además de representar un recurso de alto potencial educativo e intelectual.

CAPÍTULO II. CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL ESTADO DE GUANAJUATO

El objetivo de este trabajo es dar a conocer y divulgar los puntos más representativos del Patrimonio Geológico del Estado de Guanajuato. Con la finalidad de llegar a un público, lo más amplio posible. Con base en ello fue necesario determinar previamente los criterios que se van a emplear en la recopilación de los datos y la forma de presentación que hiciera más agradable y atractivo el trabajo.

El trabajo se fijó en tres etapas: la primera denominada inventario, consistió como su nombre lo indica, en realizar el inventariado de los fenómenos geológicos presentes en el estado de Guanajuato. Para ello, fue preciso consultar referencias bibliográficas ya existentes, resolviendo el problema que supone el distinto enfoque de los estudios (paleontológico estratigráfico, petrológico, etc.). Una vez conjugados los criterios se obtuvo un inventario inicial de cincuenta puntos de interés geológico en nuestro territorio.

A partir de esta catalogación inicial, se determinaron los criterios de selección a aplicar (segunda etapa, Tabla 1). Con base en la finalidad del estudio se consideraron aquellos fenómenos que presentaran algunas de las siguientes cualidades:

1 Rareza: fenómenos geológicos cuya escasez le otorga importancia. Es el caso del yacimiento paleontológico La Perlita (p.i.g.).
2 Espectacularidad: formaciones de gran extensión o de amplio desarrollo. Como es el caso del Anticlinal del cerro de la Yesca (p.i.g.)
3 Belleza: corresponden a estructuras cuyo interés geológico se empalma un atractivo estético, como es el caso de las cavernas de San Luís de La Paz (p.i.g.).
4 Singularidad: Corresponden a aquellos fenómenos geológicos cuyas características destacan individualmente, es el caso de Valle de Santiago (p.i.g.).

Aplicando dichos criterios (Tabla 1), el número de puntos de interés geológicos se redujo a treinta puntos. Como tercera etapa se ordenaron los treinta puntos seleccionados considerando los siguientes puntos:

1 Características geológicas: se consideraron elementos desde el punto de vista estratigráfico, sedimentológico, petrográfico, estructural, tectónico.

2 Uso: se clasificaron los puntos con base en su interés turístico, didáctico, educativo, económico y científico.

3 Importancia: se establecieron distintos niveles de importancia (local, cuando existen otros ejemplos en territorios cercanos; regional, nacional e internacional).

En total se seleccionaron once puntos englobados en siete zonas de interés geológico que corresponden a los municipios de: Guanajuato, León, Dolores Hidalgo, San Miguel Allende, San Luís de La Paz, Valle de Santiago, Acámbaro, Celaya y Xichú.

Cabe mencionar que una vez que se seleccionaron los once puntos con base en los criterios antes mencionados, se presenta un capítulo que corresponde a la conservación de este patrimonio. En él se exponen algunos elementos para el cuidado del patrimonio, para no dañar aquellos rasgos geológicos más frágiles y de una manera general, su entorno natural.

Punto	Visualización	Acceso	Interés geológico	Interés por uso	Observaciones
1	B	B	G H	D T	Se encuentra en la Sierra Gorda de Guanajuato
2	B	B	P	C T	Hay que buscar los fósiles no se encuentran expuestos
3	B	B	H T	C T	En un hotel
4	B	B	E T	D T	En la carretera
5	B	B	G T	C T	En la ciudad
6	B	B	P T	D T	En una cantera
7	B	M	E T	D T	En la Sierra, difícil acceso
8	B	B	G	D T	En la ciudad
9	B	B	G H	D T	En la ciudad
10	B	B	G M	D T	En la ciudad
11	B	B	G H	D T	En la ciudad

LEYENDA

1. INTERÉS GEOLÓGICO
   - E: Estratigráfico
   - T: Tectónico
   - G: Geomorfológico
   - H: Hidrogeológico
   - P: Paleontológico
   - M: Mineralógico
2. INTERÉS POR SU USO
   - D: Didáctico
   - C: Científico
   - T: Turístico
   - E: Económico
3. VISUALIZACIÓN
   - B: Buena
   - R: Regular
   - M: Mala
4. ACCESO
   - B: Bueno
   - R: Regular
   - M: Malo

Tabla 1. Criterios de selección de puntos de interés para el estado de Guanajuato (Tomado y modificado de Cendrero, 1996).

CAPÍTULO III. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

III.1.Geología histórica de Guanajuato

Hace aproximadamente 208 millones de años, durante el Jurásico, Norteamérica se encontraba todavía unida a Groenlandia y a Europa occidental. En el Jurásico Inferior América del Norte y América del Sur se separaron y tanto Laurasia como Gondwana pasaron a constituir dos placas independientes. Esta separación dio como consecuencia la apertura del Golfo de México y el desarrollo de fosas tectónicas que permitieron la comunicación del Tethys con el Paleo-Pacífico. Estas fosas tectónicas fueron posteriormente rellenadas, aunque algunas sirvieron de comunicación a mares o canales someros, cuyo emplazamiento en la porción central de México (San Luís Potosí, Zacatecas y Guanajuato) quedó aislado de la porción marina del oriente (López-Ramos, 1981).

Durante el Jurásico Superior los mares alcanzaron una gran amplitud en todo el país. En Guanajuato, la primera localidad fosilífera con la amonita *Microcantoceras cf.* del Titoniano, se encuentra en lutitas y margas marinas de Rincón de Centeno al NW de Celaya (López-Ramos, 1981). El movimiento hacia el oeste de Norteamérica generó fuerzas orogénicas que dieron lugar a la elevación de montañas. Estas elevaciones con el tiempo fueron sometidas a un proceso gradual de erosión que determinaron la geomorfología y el paisaje guanajuatense.

III.2.Situación geológica del estado de Guanajuato

Para analizar la evolución de la geología de Guanajuato se utilizó la división de Provincias fisiográficas de INEGI (1991). Con base en ello, las rocas guanajuatenses se incluyen en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, la Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental. La porción sur del estado pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, y está caracterizada por un paisaje volcánico, donde coexisten mesetas formadas por coladas de lava, aparatos volcánicos de forma cónica, con extensos valles inter-montañosos que están ocupados por grandes espesores de sedimentos lacustres los cuales fueron depo-

sitados durante el Terciario Superior - Cuaternario. La Mesa del Centro comprende la porción norte del estado, donde se incluyen las sub-provincias sierras y llanuras del norte de Guanajuato y la Sierra de Guanajuato.

Es una zona de gran variedad morfológica ya que existen, tanto extensas llanuras, como importantes sistemas montañosos formados por rocas ígneas, intrusivas, extrusivas y rocas metamórficas del Mesozoico-Cenozoico. En el extremo nororiental del estado se ubica la Sierra Madre Oriental, ocupa una pequeña área de la sub-provincia denominada Karst Huasteco en donde destaca una morfología de sierras y cañones escarpados, constituidos en su mayoría por rocas sedimentarias (calizas, lutitas y areniscas), que fueron plegadas por procesos endógenos a fines del Cretácico, dando como resultado estructuras como: anticlinales, sinclinales y cabalgaduras.

Hacia el poniente las rocas sedimentarias marinas están cubiertas por grandes espesores de rocas volcánicas de tipo riolítico, aunque la zona es muy abrupta y montañosa, las elevaciones no son muy importantes dado que se localizan en la cuenca del Río Pánuco, el cual desciende rápidamente hacia la costa del Golfo de México, los cerros más altos tienen elevaciones entre los 2,000 y 2,500 msnm, los valles y terrenos planos aptos para la agricultura son pocos y de dimensiones reducidas.

El Mesozoico en Guanajuato

La historia geológica de Guanajuato reconstruida a partir de sus rocas, ha podido interpretarse desde los 208 millones de años. A mediados del Mesozoico la región se ve afectada por la apertura de una cuenca oceánica marginal relacionada con la apertura del Golfo de México. La subducción hacia el suroeste de la corteza oceánica de esta cuenca, provoca la formación de secuencias representativas de dos ambientes paleo-geográficos diferentes: una volcano-plutónica alóctona, perteneciente a un arco insular intraoceánico (Arco de Guanajuato) y otra, volcano-sedimentaria, perteneciente a una cuenca oceánica (Cuenca de Arperos), (Monod et al., 1990; Lapierre et al., 1992).

La secuencia vulcano-plutónica Mesozoica (Jurásico Superior-Cretácico Inferior), se localiza en la Sierra de Guanajuato. Fue llamada “Secuencia magmática de Guanajuato” por Lapierre et al. (1992). Presenta un grado de metamorfismo bajo. Estas rocas fueron interpretadas como una secuencia ofiolítica típica (Servais et al., 1982) y como un arco insular intraoceánico (Monod et al., 1990; Lapierre et al., 1992; Ortiz-Hernández, 1992).

La secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos) se encuentra constituida por lavas almohadilladas, sedimentos pelágicos calcáreo-arcillosos y radiolarios, contemporáneas a la secuencia magmática de Guanajuato (Dávila-Alcocer y Martínez-Reyes, 1987; Corona-Chávez, 1988).

En el municipio de León, en la localidad de San Juan de Otates afloran rocas ultramáficas (serpentinitas, piroxenitas y werhlitas), que forma parte de la secuencia vulcano-plutónica Mesozoica.

Las rocas ultramáficas de San Juan de Otates se localiza en el arroyo San Juan de Otates, situado aproximadamente a 10 km al este de la ciudad de León. Estas rocas ultramáficas presentan color verde oscuro, constituidas principalmente por piroxenos (augita), hornblenda, olivino y plagioclasas cálcicas con diferentes grados de serpentinización. Dentro de la piroxenita se observan unos diques de rodingita de coloración blanca con manchas rosas por la presencia de hidro-granate.

Hasta ahora, es el único lugar en México, en donde se reporta la presencia de rodingita. La rodingita está restringida a las zonas de mayor serpentinización, donde los protolitos wherlíticos y piroxeníticos han sido transformados en serpentinita. Inicialmente estas rocas fueron consideradas como parte de un complejo ofiolítico perteneciente a una corteza oceánica de una cuenca post-arco (Servais et al., 1982; Sedlock et al., 1993). Actualmente estas rocas se interpretan como los remanentes de la base de un arco de islas desmembrado (Monod et al., 1990), y en un contexto regional representan la etapa naciente del Arco Alisitos-Teloloapan (Ortiz-Hernández et al., 1991; Tardy et al., 1992; Lapierre et

al., 1992). Quintero-Legorreta (1992), considera que las rocas ultramáficas de san Juan de Otates representan la parte inferior de una secuencia ofiolítica.

Con base en ello, en la Sierra de Guanajuato afloran rocas volcánicas submarinas acompañados casi siempre por secuencias sedimentarias (Quintero-Legorreta, 1992). Tal es el caso de la Ofiolita Barbosa, la cual aflora en los arroyos de Barbosa Guanajuatito y El Capulín en el municipio de León. La ofiolita Barbosa está constituida por lavas almohadilladas de composición basáltica cuya textura es variolítica y con menor frecuencia hialo-clástica típica de los basaltos oceánicos. En la base de dicha secuencia floran diques de diabasa y gabro.

El conjunto de lavas y diques se formaron en condiciones submarinas, como una corteza oceánica en expansión ya sea, en una cuenca tras-arco o de ante-arco (Quintero-Legorreta, 1992). No se cuenta con edades radiométricas que permitan fechar esta secuencia pero se infiere una edad del Triásico Superior a Jurásico Inferior. Esta secuencia submarina sobreyace a las rocas ultramáficas de la cuenca de San Juan de Otates.

La secuencia volcano-sedimentaria fue nombrada informalmente por Monod et al. (1990), como Formación Arperos, está constituida por una secuencia flyschoide de grauvacas, cuarcitas, calizas micríticas, pedernales bandeados con radiolarios, lutitas negras que descansan concordantemente sobre lavas basálticas almohadilladas alcalinas, diques diabásicos y rocas volcaniclásticas (Monod et al., op.cit; Lapierre et al., 1992). Dicha secuencia aflora en la Sierra de Guanajuato en la localidad de Arperos, León–San Felipe, en las proximidades del rancho Guanajuatito. La Formación Arperos es interpretada como remanentes de montes submarino intra-placa cubiertos por sedimentos (Ortiz-Hernández, 1997). Se ubica dentro de un amplio intervalo de tiempo desde el Jurásico hasta el Aptiano (Quintero-Legorreta, 1992). La cuenca Arperos está conformada por dos secuencias: Formación Esperanza y Formación Arperos. La Formación Esperanza fue descrita por Echegoyen-Sánchez (1978) como un conjunto de rocas poli-deformadas metavolcánicas y calizas.

De acuerdo con Martini et al (2013), la Formación Arperos está constituida por 120 m de pillow basaltos e hialoclastitas, cubiertas por 40 m de pedernal con radiolarios y lutitas de pedernal, hacia arriba se observan capas de turbiditas. El conjunto Arperos se levantó por la asociación petrotectónica El Paxtle, dicha asociación (El Paxtle) se compone de al menos 1200 m de pillows, flujos de lavas basálticas masivas, hialoclastitas, tobas basálticas, pedernal de grano fino, arenisca volcánica y esquistos. Los ensambles Arperos y El Paxtle fueron intrusionados por el batolito granítico de Comanja de Corona (Ortíz-Hernández et al., 1992), del Paleoceno.

La secuencia de la Esperanza consiste en una sucesión de rocas volcanosedimentarias, que fueron divididas en dos formaciones: Esperanza y Valenciana (Martini et al., 2013). La Formación Esperanza está conformada por una alternancia de capas delgadas de areniscas de grano muy fino a grueso, limolitas y lutitas de capas delgadas y escasos estratos de conglomerado en forma de lentes. La Formación Valenciana se compone de capas alternadas de calizas y pizarras. Presenta estructuras primarias como estratificación cruzada, y laminación. Dichas estructuras primarias sugieren que las rocas de la formación Valenciana se depositaron alternándose con flujos calcáreos y de escombros.

Al este del estado de Guanajuato aflora una secuencia de lutitas negras filíticas, areniscas, calizas, rocas arcillosas y horizontes de conglomerados con metamorfismo de bajo grado, que corresponden a la Formación Las Trancas cuya edad se sitúa en el Jurásico Superior. Esta secuencia aflora en los distritos mineros de Pozos y Victoria, por sus características litológicas se le ha correlacionado con la base de la Formación Arperos de Guanajuato.

Al final del Jurásico la región fue afectada por un evento compresivo, fase Nevadiana (Ortiz-Hernández, et al., 1991), que produjo metamorfismo de bajo grado y deformación de las rocas basales del Arco de Guanajuato. Cabalgando tectónicamente a la Formación Arperos se encuentran un grupo de rocas plutónicas (tonalitas, trondhjemitas, dioritas, gabros y granitos) los cuales afloran en la Sierra de Guanajuato en las localidades de Tuna Mansa, El Jitomatal, La

Palma, Cerro Pelón, Santa Ana y La Luz. Sus características geoquímicas indican una afinidad toleítica de arco intraoceánico (Ortiz-Hernández et al., 1992).

Durante el Cretácico (Albiano-Cenomaniano) gran parte del estado de Guanajuato fue cubierto por aguas marinas que permitieron la formación de calizas de las formaciones El Doctor, El Abra, Soyatal-Mexcala al oriente y la Caliza La Perlita hacia el poniente.

Al Norte de Comanja, en la ranchería La Perlita, la Formación Arperos se encuentra cubierta discordantemente por una secuencia de calizas en la base y lutitas, calcarenitas y limolitas conocida como Caliza La Perlita (Martínez-Reyes, 1987). El termino de Caliza La Perlita fue propuesta por Quintero-Legorreta (1992) para designar a una secuencia calcáreo-arenosa con algunos horizontes de lutita limolítica.

Al norte del municipio de León, en el paraje denominado Puerto Blanco y a 3 km al oriente de Bermalejo, la Caliza La Perlita yace sobre la unidad volcanosedimentaria (Formación Arperos). De acuerdo a Quintero-Legorreta (1992), la Caliza La Perlia se depositó sobre altos topográficos submarinos cercanos a la costa. En las localidades antes mencionadas, la Caliza La Perlita se encuentra cubierta discordantemente por sedimentos continentales y rocas volcánicas del Terciario y afectada por el Granito Comanja.

Chiodi et al. (1988), describieron amonites y braquiópodos asignándoles una edad Vraconiano (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior). Esta edad permite correlacionar la Caliza La Perlita depositada al poniente del estado de Guanajuato con la Formación El Doctor que se depositó al oriente, evidenciando la continuación hacia esta región de las plataformas carbonatadas del Cretácico.

Hacia el oriente del estado de Guanajuato, el ambiente de plataforma se encuentra representado por los depósitos de las Formaciones Guaxcamá y El Doctor. La Formación Guaxcamá está constituida por una secuencia de anhidritas, calizas recristalizadas, calizas dolomíticas, lentes de pedernal y lutitas intensamente plegadas que aflora en la localidad de Pozos y al oeste de El Refugio

en el municipio de San Luís de La Paz. Se encuentra cubierta concordantemente por la Formación El Doctor. Su edad varía del Neocomiano al Aptiano y es correlacionable con las formaciones Tamaulipas Inferior y Peña Azul en Querétaro (Chauve et al., 1985).

La Formación El Doctor está constituida por calizas arrecifales y dolomitas inter-estratificadas en bancos gruesos hacia la base y delgados hacia la cima con lentes de pedernal y horizontes de lutita. Dicha Formación aflora en la porción noreste del estado de Guanajuato, en las localidades de La Salitrera, Xichú, El Realito y El Refugio. Cubre concordantemente a las formaciones Guaxcamá y las Trancas, encontrándose cubierta por la Formación Soyatal-Mexcala y Tamasopo y discordantemente por la Formación Cárdenas (Consejo Recursos Minerales, 1997).

La Formación Soyatal-Mexcala consiste de una secuencia de lutitas, areniscas, limolitas, margas y calizas que afloran en los alrededores del municipio de Xichú y en la localidad de La Salitrera (Ruíz et al., 1980). Su edad es Turoniano, correlacionable con la Formación Indidura de la cuenca Mesozoica del centro de México.

El Cenozoico en Guanajuato

En el estado de Guanajuato el sistema terciario, está representado por rocas ígneas plutónicas (graníticas a dioríticas), rocas volcánicas e intrusivos hipabisales félsicos que representan la mayor distribución superficial comparada con las rocas volcanoclásticas y clásticas continentales.

A finales del Cretácico Superior, da inicio la Orogenia Laramide debido al incremento en la tasa de convergencia de la placa Farallón bajo la placa Norteamericana, que culmina en el Paleoceno, provocando el intenso plegamiento de las rocas mesozoicas. Al finalizar la Orogenia Laramide, una serie de intrusivos graníticos pos-tectónicos se emplazan en el Eoceno Inferior debido a la migración del arco magmático hacia el oriente (Clark et al., 1982), estos intrusivos han sido asociados a mineralización tipo skarn y vetas hidrotermales de Ag, Au, Pb,

Zn, Cu, siendo los más importantes el Granito Comanja y el tronco cuarzo-monzonítico del municipio de Xichú.

El Granito Comanja aflora en las inmediaciones de la población del mismo nombre, siendo en esta parte donde se encuentra mejor expuesto y presenta los afloramientos más extensos. A éste intrusivo se le ha asignado diferentes nombres, González-Reyna (1959), y Tristán-González (1986) lo nombraron Granito de Arperos, posteriormente Martínez-Reyes (1992) lo llama Granito Comanja y Quintero-Legorreta (1992), propone el término de Granito Comanja. El intrusivo se extiende hacia el sudeste en dirección hacia la región de la Estancia de Comanjilla, ubicada en la parte central de la Sierra de Guanajuato. Corresponde a un batolito lucocrático, fanerítico con fenocristales grandes y de tamaño intermedio de feldespato potásico dentro de una matriz de cuarzo y feldespato con algunos cristales de biotita. Es de color rosa claro, con textura holocristalina. Presenta diques de diferentes espesores de color oscuro y grano fino, los cuales cortan a los sedimentos marinos.

El Granito Comanja corta a la ofiolita Barbosa, a la unidad sedimentaria y a la Caliza La Perlita. De acuerdo con Múgica-Mondragón y Albarrán-Jacobo (1983) el Granito Comanja corresponde al Eoceno Inferior (K-Ar de 55 ± 4 y 58 ±5 Ma). Inmediatamente después de la Orogenia Laramide, un evento distensivo forma fosas tectónicas en varias localidades del estado de Guanajuato donde se depositaron sedimentos clásticos continentales asociados a derrames andesíticos.

Entre los depósitos clásticos más importantes se encuentra el Conglomerado Duarte que aflora entre Guanajuato y León y el Conglomerado Guanajuato que aflora en el Distrito Minero de Guanajuato con un espesor de 1500 m (Edwards, 1955).

El conglomerado Duarte

Al norte de la población de Duarte, en el estado de Guanajuato, se localiza una roca de estratificación masiva, bien consolidada, de color café a rojo. Compuesta por clastos de naturaleza volcánica, plutónica, sedimentaria y metamórfica empacados en una matriz arenosa bien cementada.

Al nor-poniente de este sitio, a lo largo del flanco sud-occidental de la Sierra de Guanajuato, afloran también rocas clásticas similares al conglomerado Duarte. Ambas facies fueron cartografiadas como Conglomerado Duarte, cuya correlación con el conglomerado del Distrito Minero de Guanajuato (Conglomerado Guanajuato) es fácil de establecer según Martínez-Reyes (1987).

Conglomerado Guanajuato

El Conglomerado Guanajuato fue reconocido y descrito por varios autores desde principios de siglo, siendo Edwards (1955) quien lo definió como tal, separándolo en dos miembros informales con espesores máximos de 1300 m y 700 m respectivamente. El Conglomerado Guanajuato aflora principalmente en los alrededores de la ciudad de Guanajuato, descansando sobre el basamento Mesozoico. Litológicamente corresponde a una secuencia de conglomerados, areniscas y limolitas intercaladas con lavas andesíticas en su miembro inferior. Tiene color café rojizo, constituido de guijarros de granito, basalto, riolita, lutita y caliza, abundando los fragmentos de rocas félsicas en su miembro inferior. En el miembro superior abundan los clastos de composición granítica. Los fragmentos clásticos y la matriz del Conglomerado Guanajuato contienen los productos de la desintegración de varios tipos de rocas volcánicas, sedimentarias y metamórficas, variando la proporción de éstas de un lugar a otro. Los estratos del miembro inferior son delgados mientras que en el miembro superior son gruesos, lenticulares y mal clasificadas, observándose paleo-canales en su miembro inferior. Uno de estos paleo-canales marca la discordancia entre ambos miembros el cual está expuesto en el cerro de Sirena en la ciudad de Guanajuato (Edwards, 1955).

El Conglomerado Guanajuato se encuentra sobre-yaciendo de manera discordante con el basamento Mesozoico y concordantemente está cubierto por la Formación Loseros.

En cuanto a su edad, Fries y colaboradores (1955), identificaron algunos vertebrados de los géneros *Paradipsosauros Fries*, Floresomys Fries, Hibbard y Dunkle, así como una cabeza de reptil de la familia de las iguanas. La edad de los fósiles es desconocida debido al limitado conocimiento en esos años de la fauna del Cenozoico, en especial para México. Ferrusquia-Villafranca (1987) basándose en nuevo material paleontológico recolectado en el miembro inferior (*Viverravus sp. y Apheliscus o Haplomylus*), concluye que éste es de una edad comprendida entre el Eoceno Medio y el Eoceno Superior.

El conglomerado Guanajuato fue depositado en cuencas aisladas, correspondiente a un sistema fluvial trenzado, el material provino de la erosión de rocas levantadas previamente durante la Orogenia Laramide.

En la tabla 2, se muestra las diversas denominaciones otorgadas al Conglomerado Guanajuato.

DENOMINACIÓN	**AÑO PUBLICADO**	**RREFERENCIA**
Conglomerado Guanajuato	1909, 1928, 1955, 1992, 1994, 1998, 1990	Bostsford (1909), Wandke y Martínez (1928), Edwards (1955), Martínez-reyes (1992), Nieto-Samaniego (1992), Randall et al (1994), Aranda Gomez y McDowell (1998), Nieto-Samaniego et al (1999).
Conglomerado Rojo de Guanajuato	1970, 1989, 2000, 2001	Echegoyén-Sánchez et al (1970), Aranda Gomez y Nieto Samaniego (1989), Cerca-Martinez et al (2000), Alaniz Alvarez et al (2001).
Conglomerado Rojo	1949, 1955	Guiza et al (1949), Fries et al (1955)
Formación Guanajuato	1975, 1992	Gross (1975), Consejo de Recursos Minerales (COREMI), (1992).

Tabla 2. Denominaciones otorgadas al Conglomerado Guanajuato

Los derrames andesíticos asociados a los depósitos clásticos en la región de Comanja, son conocidos como andesitas El Gigante-Bernalejo que constituyen la base de las rocas volcánicas de la región (Martínez-Reyes, 1987) y que posiblemente sean equivalentes en edad a la andesita Casita Blanca de 44 Ma (Labarthe-Hernández et al., 1982) que aflora en la región de La Salitrera y El Realito. En el Distrito Minero de Guanajuato aflora una secuencia volcánica representada por la Riolita Bufa y las formaciones Loseros, Calderones, Cedros y Chichíndaro que varían de composición riolítica a andesítica (Nieto-Samaniego, 1990; Randall et al., 1994). Esta actividad volcánica comprende un intervalo de 37 a 32 Ma (Gross, 1975) y está relacionada espacialmente al desarrollo de una estructura tipo caldera (Randall et al., 1994).

En las sierras de San Miguelito, Santa Bárbara, El Cubo, la región de Santa María del Río, Tierra Nueva y El Realito aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas que consisten de derrames riolíticos e ignimbritas riolíticas asociadas a domos riolíticos con alto contenido de flúor y mineralización de estaño. La edad de dichos derrames abarca un intervalo de 31 a 26 Ma (Oligoceno Medio) (Labarthe-Hernández et al., 1982). En la localidad El Realito, los domos riolíticos están relacionados a mineralización de fluorita en el contacto con las calizas arrecifales de la Formación El Doctor (Fraga, 1988).

Los derrames andesíticos-riolíticos pertenecen a la serie calco-alcalina y están relacionadas al vulcanismo de la Sierra Madre Occidental (Labarthe-Hernández et al., 1982) y posiblemente tienen su origen en cámaras magmáticas someras por fusión parcial de la corteza continental Pre-cámbrica (Aguillón et al., 1994), en un ambiente tectónico distensivo (Labarthe-Hernández et al., 1982; Burt y Sheridan, 1987).

Durante el Mioceno medio se originaron cuencas en el centro y norte de México, las cuales fueron rellenas de depósitos vulcano-clásticos, fluviolacustres y lavas. Estas cuencas se formaron como grabens, semigrabens o por el desa-

rrollo de estructuras volcánicas como domos, derrames de lava o volcanes (Aguirre-Díaz y Carranza-Castañeda, 2002). En varias cuencas la secuencia sedimentaria contiene fósiles de vertebrados índice que permiten fechar los depósitos.

En la cuenca Dolores Hidalgo-San Miguel Allende los sedimentos fluviolacustres contienen abundante material de vertebrados fósiles del Terciario que muestra la mayor diversidad de taxa de mamíferos que se conocen hasta ahora en el centro de México. En dicha cuenca se han descrito dos asociaciones faunísticas que representan dos edades de mamíferos: Hemphillian (Mioceno superior), que se caracteriza por los équidos *Nannippus minor, Neohipparion eurystyle, astrohippus stockii* y *Dinohippus mexicanus.* Los fechamientos radiométricos de las cenizas volcánicas han dado edades de 4.8 Ma, para estas faunas (Kowallis et al., 1999). En superposición, se encuentra el Blancano (Plioceno), que contiene los équidos *Nannippus peninsulatus y Equus simplicidens*. En estas secuencias se han recolectado los primeros inmigrantes sudamericanos *Neochoerus, Paramylodon, Glyptotherium y Pampatherium*, que sugiere el inicio del gran intercambio de faunas entre las Américas.

Los resultados del análisis de las cenizas volcánicas intercaladas con esta fauna han proporcionado edades de 3.6 y 3.9 Ma (Kowallis et al., 1999), lo que implica que las conexiones terrestres entre las Américas se establecieron por lo menos un millón de años antes de lo que ha sido propuesto (Marshall, 1985). San Miguel Allende y Dolores Hidalgo al este de Guanajuato constituyen una de las áreas más interesantes de México para el estudio de vertebrados fósiles, ya que contiene peces, anfibios, reptiles, cinco géneros de aves y cuarenta y cinco (45) géneros de mamíferos. De todos los grupos de mamíferos, los équidos (caballos) son probablemente los más importantes. De igual manera, es primordial mencionar la presencia de por lo menos seis especies de fauna inmigrante de Sudamérica, los cuales representan cinco familias. Se han recolectado más de doce mil (12,000) fósiles que corresponden al Hemphillian-Pleistoceno (Carranza-Castañeda, 1988). Las localidades más representativas de la fauna para el Hemphillian (10 a 4.8 Ma) son: La Presa, Arroyo Sorpresa, Rancho El Ocote, Coecillos, Rinconada, Arroyo Tepalcates. Las localidades más representativas

para la fauna del Blancano (4.7 a 1.9 Ma) son: Los Galvanes, Rancho Viejo (Arrastracaballos y Cuesta Blanca).

Cerca de la ciudad de Comonfort en la localidad conocida como La Nopalera se encuentra presente fauna del Hemphillian (10 a 4.8 Ma).

El Cuaternario en Guanajuato

El Cuaternario se caracteriza por una actividad tectónica distensiva marcado por derrames basálticos y fases de fallamiento que provocó el levantamiento de la Sierra de Guanajuato, afectando a los sedimentos clásticos continental y a los basaltos Cuaternarios (Martínez-Reyes y Nieto-Samaniego, 1990). La actividad hidrotermal continúa hasta nuestros días asociada a fallas profundas en varias localidades de la Sierra de Guanajuato (Randall et al., 1994).
En el estado de Guanajuato, el Sistema Cuaternario se encuentra representado por sedimentos continentales y derrames basálticos que afloran en los valles de Ojuelos, San Felipe y Dolores Hidalgo.

En las localidades de San Luís de la Paz y Victoria al noreste del estado de Guanajuato, existe un campo volcánico extenso constituido por derrames basálticos-andesíticos de edad probablemente Pliocénicos.

En San Diego de la Unión, afloran rocas básicas alcalinas (basanitas) formando conos cineríticos y extensos derrames que contienen nódulos del manto y xenolitos de granulita (Aranda-Gómez et al., 1993), la cual constituye la localidad con xenolitos del manto más meridional de la Mesa del Centro. Su edad varía de 1.6 a 1.2 Ma (Pleistoceno Inferior) y se agrupan dentro de la Formación Las Joyas (Aranda-Gómez y Labarthe-Hernández, 1977).

Otras localidades con afloramientos de basaltos se ubican al norte de León, Derramadero, Cerro Palo Colorado y Mesa de Jesús. En la cima del Cerro El Cubilete existen coladas de basaltos considerados del Plio-Pleistoceno (Martínez-Reyes, 1987).

Uno de los eventos más importantes del Sistema Cuaternario en el estado de Guanajuato es el campo volcánico Michoacán-Guanajuato (MGVF), el cual se caracteriza por un lineamiento NNW-SSE de 20 maars (Hoyas) en una zona de 50 km por 7 km. Este lineamiento parece estar asociado a una zona de debilidad cortical o fractura, orientada oblicua al patrón estructural de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (TMVB) (Uribe-Cifuentes y Urrutia-Fucugauchi, 1999).

La región de Valle de Santiago forma parte del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (MGVF). Está conformado por siete hoyas o lagos maars (Hoya Rincón de Parangueo, Hoya San Nicolás, Hoya Estrada, Hoya Blanca, Hoya La Cintora, Hoya La Alberca, Hoya Álvarez y Presa Solís). En el interior de la mayoría de los cráteres se han formado preciosos lagos. Los habitantes de esta región llaman a los cráteres Hoyos, Hoyas o Joyas. Es considerada "Área Natural Protegida Siete Luminarias" de Valle de Santiago, declarada en la categoría de monumento natural, bajo el decreto gubernativo No. 79. Los lagos de maar de la región, ofrecen una oportunidad única para el estudio de la tefroestratigrafía. Los maars fueron probablemente formados durante el Cuaternario (Aguirre-Díaz et al., 1997).

III.3.Actividad hidrotermal

La mayor parte del territorio mexicano (excepto la Península de Yucatán) está caracterizado por una gran actividad tectónica y volcánica que ha tenido lugar desde hace varias decenas de millones de años hasta el presente. Dicha actividad ha dejado invariablemente su huella a lo largo de todo el país en forma de sistemas volcánicos y sistemas hidrotermales, tanto fósiles como activos. Hasta la fecha, la Comisión Federal de Electricidad ha establecido la existencia de más de mil manifestaciones termales en la República Mexicana, de las cuales sólo una minoría corresponde a sistemas capaces de generar energía eléctrica desde el punto de vista comercial. Sin embargo, la mayoría de estos puntos geotermales han sido utilizados como balnearios aun desde tiempos precolombinos.

Los manantiales de aguas termales son numerosos y se encuentran con frecuencia esparcidos en varios lugares del estado de Guanajuato, como resultado del Fallamiento y de los fenómenos posteriores al intenso vulcanismo del que ha estado sujeto su territorio. Las aguas de estos manantiales son en su mayoría sulfurosas y alcanzan temperaturas que varían entre 32° y casi 100°C, siendo notables los de Comanjilla (Corredor Silao-León), La Gruta (Corredor Dolores Hidalgo-Atotonilco), La Caldera (Corredor Abasolo-La piedad), San Bartolomé agua caliente (Corredor Apaseo el Alto), situados respectivamente en los municipios de Silao, Dolores Hidalgo, Atotonilco, Abasolo, Apaseo el Alto cuyas aguas tienen una temperatura de 92° a 93°C (Orozco, 1921).

Desde 1989 la Organización Mundial de la Salud estableció que el uso de agua termal puede ayudar al tratamiento de diversas afecciones, ayudando a mejorar problemas depresivos, reumáticos, estomacales, renales, entre otros muchos padecimientos, esto se debe básicamente a los componentes minerales que ellas contienen. La presencia de fuentes termales en el estado de Guanajuato ha sido reconocida por los habitantes locales desde antes de la llegada de los españoles.

En los límites de los estados de Guanajuato y Querétaro, entre las comunidades de San Juan del Llanito, Caleras y Apaseo El Grande, emana agua azufrosa, conocida por los pobladores del lugar como “baños de salitre”. No ha sido estudiado el origen de estos manantiales, pero se cree que surgen de varias fracturas en zona rocosa relacionada con un sistema de fallas.

En el municipio de Apaseo El Alto, en la comunidad de San Bartolomé Agua Caliente existen hervideros de agua (Géiseres) y volcanes de lodo que indican actividad volcánica.

CAPÍTULO IV. PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO

IV.1. Las cavernas de San Luís de La Paz

A. Coordenadas: 21º 32´03.228´´
100º22´44.543´´

B. Situación y acceso

Las cavernas de San Luís de La Paz o Grutas del Vergel de Bermalejo como los lugareños prefieren denominarlas, forman parte de uno de los conjuntos cársticos únicos del Estado de Guanajuato. Las Grutas del Vergel de Bermalejo se encuentran enclavadas en el corazón de la Sierra Gorda, al noreste del Estado, en el municipio de San Luís de La Paz.

La zona ocupada por las cavernas se localiza a 45 kilómetros al noreste de San Luís de la Paz. El acceso a la zona es a través de la carretera central México-Piedras Negras. También se comunica a través de las carreteras San Luís de la Paz-Doctor Mora y San Luís de la Paz-Victoria. Además, existen caminos hacia los municipios de Santa Catarina y Xichú, en el Estado de Guanajuato y Mineral el Realito y Río Verde, San Luís Potosí.

Los principales parajes en los que se localizan las cavernas son: Vergel de Bermalejo y Paso de Vaqueros. Para llegar a las cavernas de Vergel de Bermalejo se parte del poblado de San Luís de La paz hacia la Hacienda de Jofre, a 33 Km, posteriormente hacia el Vergel (10 km) y de ahí 2 km a las grutas, en algunos tramos el camino es accidentado.

C. Tipo de Interés

Geomorfológico
Hidrogeológico
Turístico

D. Descripción General

El entorno geológico de las grutas de Vergel de Bermalejo se encuentra constituido por calizas, lutitas y areniscas que pertenecen a la formación Las Trancas, El Abra y Soyatal Mexcala. Que abracan una edad del Jurásico superior al Cretácico superior (Lazcano-Sahagún, 1986).

La caverna de Vergel de Bermalejo se encuentra constituida por calizas de la Formación Trancas y El Abra del Cretácico inferior.

El origen de la caverna se debe a la disolución de la caliza la cual es una roca compuesta en más de un 90% por carbonato de calcio ($CaCO_3$), al estar expuesta al agua de lluvia se provoca una serie de reacciones químicas y mecánicas, las cuales son la causa principal de la génesis de la mayoría de las cavernas del mundo (Lazcano-Sahagún, 1986).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

Las grutas del Vergel de Bermalejo forman parte de la Sierra Gorda, la cual consiste de un alineamiento de montañas calcáreas, cuya dirección general es NW-SE. Su longitud aproximada es de 100 km y su ancho de 70 km. Las montañas varían su altitud entre los 1000 y 3000 msnm (Lazcano Sahagún, 1986). Fisiográficamente se encuentra en el flanco occidental de la Sierra Madre Oriental, en la sub-provincia Carso Huasteco, colindando con las provincias de la Mesa del Centro y el Eje Neovolcánico (Lazcano Sahagún, 1986).Sus rasgos más destacados son sus sierras altas escarpadas que contienen las máximas alturas de la región y las sierras altas de laderas convexas, ambas unidades geomorfológicas están definidas por las características de la formación El Abra, constituida por calizas arrecifales intensamente deformadas, fracturadas y falladas. Son rocas resistentes a la erosión, por lo que sus rasgos topográficos destacan en el relieve, llegando a ser muy abruptos. Presenta poca disección, lo que indica fuerte infiltración de agua. La disolución ha actuado en forma importante en el modelado de estas montañas, originando gran cantidad de depresiones kársticas, como dolinas, uvales, poljés y valles ciegos (Lazcano Sahagún, 1986). Existe otra unidad geomorfológica definida por las formaciones Soyatal-Mexcala y Trancas, constituida por calizas más arcillosas, lutitas y areniscas, interestratificadas. Siendo las lutitas y areniscas, rocas poco resistentes a la erosión, tienden a formar montículos aislados, de poca altura y con pendientes suaves, cubiertos por una pequeña capa de suelo y una disección mucho más fuerte (Lazcano Sahagún, 1986).

F. Recomendaciones para su visita

El acceso a la gruta de Vergel de Bermalejo se realiza por caminos accidentados

por lo que se deberá de tener cuidado con las caídas, es necesario llevar un botiquín, ropa y zapatos adecuados. El recorrido es largo por lo que se hay que llevar agua suficiente y comida ligera.

IV.2. Mastofauna de Dolores Hidalgo y San Miguel Allende

A Coordenadas: Rancho El Ocote 21º 05´ 20´´
100º41´17.01´´
Rancho Viejo 21º01´23.02´´
100º46´25.01´´

B. Situación y Acceso

Entre los municipios de Dolores Hidalgo y San Miguel Allende existen dos localidades fosilíferas de importancia (Rancho El Ocote y Rancho Viejo). El acceso a la localidad de Rancho El Ocote puede efectuarse por la carretera que une a San Miguel Allende con el pueblo de Doctor Mora, en el kilómetro veintiséis se encuentra la población de Los Rodríguez; en la salida norte del poblado, hacia el occidente, inicia un camino de terracería que condice hasta la ranchería de San Andrés y a 2 km aproximadamente al sur de este último punto se encuentra la localidad de Rancho El Ocote. La planicie donde se encuentra la fauna local Rancho El ocote está a una altura de 2000 m.s.n.m. Para llegar al área de Rancho Viejo hay que tomar la Carretera 51 que une las ciudades de San Miguel Allende y Dolores Hidalgo. Las localidades fosilíferas cuyos nombres informales son: Cuesta Blanca, Arroyo Palo Blanco y Tren Plano.

C. Tipo de Interés

Paleontológico
Turístico

D. Descripción General

A través de los tiempos geológicos el Estado de Guanajuato ha sufrido numerosas e importantes transformaciones que constituyen parte de su historia. Aquellos acontecimientos y seres vivos que no describen los libros de historia clásicos, están registrados en forma de fósiles en los diferentes tipos de rocas que constituyen el substrato que hoy denominados Estado de Guanajuato. La

historia de las investigaciones paleontológicas en Guanajuato se inicia en los veintes, cuando paleontólogos se concentraron en la búsqueda de vertebrados en las cuencas localizadas en el Cinturón volcánico Transmexicano. El resultado obtenido fue una gran diversidad de taxa de vertebrados específicamente mamíferos. Las investigaciones de la mega-fauna mexicana en San Miguel Allende, Estado de Guanajuato se remonta hace veintiocho años con investigadores del Instituto de Geología y Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Oscar Carranza, Ismael Ferrusquia y Gerardo Aguirre Díaz. San Miguel Allende contiene la más extensa riqueza de fósiles del Cenozoico expuesta en el centro de México. Los vertebrados consisten de peces, anfibios, tortugas, serpientes, cinco géneros de pájaros y más de cuarenta y cinco géneros de mamíferos entre caballos, roedores rinocerontes, camellos y conejos. Los cuales indican la superposición de dos asociaciones faunísticas que representan dos edades de mamíferos. Henfiliano (Mioceno tardío) que se caracteriza por los équidos *(Nannippus minor, Neohipparion eurystyle*, Astrohippus stockii y Dinohippus mexicanus). En superposición se encuentra el Blancano (Plioceno) que contiene los équidos (*Nannippus peninsulatus y Equus simplicidens*). En estas secuencias se han recolectado los primeros inmigrantes sudamericanos *Neochoerus, Paramylodon, Flyptotherium y Pampatherium*, que sugiere el inicio del gran intercambio de faunas entre las Américas. Los sitios más importantes donde se encuentran los yacimientos fosilíferos son: Rancho El Ocote, Rinconada, Arroyo Tepalcates, Arroyo La Carreta, Rancho Viejo, La Presa, La Nopalera, Coecillos, y Los Galvanes. En la localidad conocida como Rancho El Ocote ubicada en la congregación de Los Rodríguez, Municipio de San Miguel Allende se localiza una de los yacimientos fosilíferos con mayor diversidad de taxa en México. Contiene el registro más viejo de équidos. Litológicamente la fauna del Rancho El ocote se encuentra en estratos de arcilla, limo, arena y ceniza volcánica. El color de las capas fosilíferas pliocénicas que afloran en el área varía de blanco a amarillo verdoso. Los fósiles están contenidos principalmente en arcilla y arena con ceniza volcánica de poca compactación o grava volcánicas de clastos subangulares y mal clasificados, depositados en canales o superficies de inundación (Carranza-Castañeda, 1989). En su mayor parte los fósiles se encuentran completos, aunque se han encontrado múltiples fragmentos que

presentan poca evidencia de transporte, algunos presentan recristalización de calcita en los huecos medulares de los elementos post-craneales o están rellenos de carbonatos (Carranza-Castañeda, 1989). En el Rancho El Ocote en la localidad conocida como arroyo La Carreta se ha encontrado material fósil de rinocerontes (*Teleoceras fossiger*).

Otra de las localidades fosilíferas en la cuenca Dolores Hidalgo-San Miguel allende es el área conocida como fauna local Rancho viejo a la que, por su contenido faunístico, se le ha asignado una edad Blancana temprana (Miller y Carranza-Castañeda, 1982). La fauna consiste de diversos taxa de origen típicamente norteamericano, siendo la familia de los équidos la más abundante. Asociados a ellos se han encontrado también restos de roedores caviomorfos (carpinchos) de origen sudamericano, que constituyen el registro más antiguo de esta integración de faunas en la República Mexicana y que fueron previamente mencionadas por Carranza-Castañeda y Miller (1980) y Carranza-Castañeda y colaboradores (1981).

Litológicamente están compuestos por arcilla, arena y ceniza volcánica, las localidades fosilíferas se encuentran entre los 1910 y 1990 m.s.n.m.
Los estratos que contienen el material fósil fueron depositados de manera horizontal en llanuras de inundación. Los sedimentos presentan una coloración que varía desde el blanco hasta el amarillo verdoso. Se identificaron dos especies de capibaras de Guanajuato: *N. cordobai*, que es la más grande y adaptada posiblemente a un ambiente más abierto y *Neochoerous sp*. de menor tamaño y restringida a un ambiente más estricto de hábitat anfibio como el actual *Hydrochoerus* (Carranza-Castañeda y Miller, 1988).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

La topografía singular del territorio mexicano, limitada al oeste por la Sierra Madre Occidental y al Este por la Sierra Madre Oriental originó un corredor natural de migración para las faunas del Terciario Tardío. Este fenómeno biológico fue registrado en las cuencas sedimentarias localizadas en Dolores Hidalgo y San Miguel Allende. La cuenca de Dolores Hidalgo y San Miguel Allende en el Estado de Guanajuato se encuentran rellenas de depósitos

Vulcano-clásticos, fluvio-lacustres y lavas cuya edad se remonta al Mioceno medio y en algunos casos hasta el Oligoceno (Nieto Samaniego, et al., 1996).
Los sedimentos fluvio-lacustres en la cuenca Dolores Hidalgo y San Miguel Allende contienen abundante material de vertebrados fósiles del Terciario tardío que muestra la mayor diversidad de taxa de mamíferos en el centro de México.

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.3. Balneario de Comanjilla

A. Coordenadas: 21°04'53.1"
101°28' 20.2"

B. Situación y Acceso

El Balneario de Comanjilla se encuentra situado al sureste del municipio de León, en el Estado de Guanajuato. Queda comprendida dentro de los municipios de Silao, Guanajuato y León, es con ésta última con la que más nexos tienen.
Se encuentra a solo 15 minutos del Aeropuerto Internacional del Bajío, a 20 minutos de la Ciudad de León y 52 kilómetros de Guanajuato. Se accede por la carretera federal número 45 que une a las ciudades de Silao y León con un ramal de 10 km, a la altura del poblado de los Sauces que va al Balneario de Comanjilla.

C. Tipo de Interés

Hidrogeológico
Turístico

D: Descripción General

El Balneario de Comanjilla se encuentra en medio de un bosque de pinos y bellos jardines donde surge un paraíso de aguas termales. La particularidad del Balneario de Comanjilla radica en sus 25 manantiales de agua caliente, algunos como hervideros cuya temperatura varía desde 50°C hasta alcanzar los 92°C. El agua surge a una temperatura de 95.5-96.5 °C., por lo que se considera como termal, es agua del tipo Na–HCO3 con altas concentraciones en Li y Cl (Ramos-Leal et al., 2007).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

Geológicamente la región ha Estado expuesta a numerosos procesos tectónicos y volcánicos que juegan un papel muy importante en la hidrodinámica de los acuíferos. En la zona afloran rocas de tipo sedimentario, metamórfico y volcánico, intersectados por fallas de dirección NW–SE, NE–SW y N–S. Dichas estructuras revelan procesos en la geodinámica continental producto de un régimen tectónico distensivo, activo durante distintas épocas del Cenozoico, incluido el Cuaternario (Nieto Samaniego, 1992). Los manantiales del Balneario de Comanjilla se encuentran asentados sobre una de las fallas que limitan a la Sierra de Guanajuato (Falla del Bajío).

En cuanto al funcionamiento hidráulico del sistema podemos decir que se trata de un sistema hidrotermal en rocas plutónicas, metamórficas y volcánicas fracturadas. En época de secas el manantial brotante alcanza hasta 110 ºC y en épocas de lluvia 94 ºC; la disminución en la temperatura del agua indica que llega a haber interacción con flujos locales (Ramos-Leal et al., 2007). Los datos hidro-geoquímicos presentados por Ramos-Leal et al., (2007), muestran que el manantial de Comanjilla presenta facies sódico bicarbonatadas (Na–HCO3).

Las altas concentraciones en Li y Cl-, y temperaturas mayores al promedio de la región se interpreta como un flujo regional profundo que se origina en la Sierra de Guanajuato y Altos de Jalisco y que, a través de fallas, se transforma en un flujo vertical ascendente (Ramos-Leal et al., 2007).

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida. Traje de baño.

IV.4. Estructuras geológicas

A. Coordenadas: 20º 54´04.33´´
100º 44´32.65´´

B. Situación y Acceso

En la Mesa del Centro existe una gran cantidad de fallas que comúnmente limitan cuencas rellenas de depósitos fluviales y lacustres. Las evidencias de la

tectónica distensiva del Cenozoico en la Sierra de Guanajuato son el Graben de la Sauceda, Graben de Villa de Reyes, Fallas del Distrito Minero de Guanajuato y la Falla del Bajío. En el municipio de San Miguel de Allende las estructuras Cenozoicas se encuentran representadas por la Falla San Miguel de Allende y Falla Palo Huérfano.

C. Tipo de Interés

Tectónico

Turístico

D. Descripción General

Los conjuntos estructurales más importantes del estado de Guanajuato son producto de los diferentes accidentes tectónicos originados por la orogenia Laramide y por eventos distensivos del Cenozoico que controlan la morfología actual de toda la región. La Orogenia Laramide fue un proceso de formación de montañas (orogénesis) que se produjo en el oeste de Norteamérica y que comenzó en el Cretácico Superior y terminó hace 40 millones de años. Durante ese tiempo gran parte de lo que ahora es territorio mexicano, estuvo ocupado por mares, permaneciendo emergidas parcialmente algunas áreas que en la actualidad forman la Sierra Madre Occidental, la Península de Baja California y la Sierra Madre del Sur. El resto del país se encontraba sumergido en mares de diferentes profundidades, en los que se depositaron sedimentos predominantemente calcáreos, que alcanzaron espesores de cientos a miles de metros. Cerca del final del Cretácico, existieron movimientos en la corteza terrestre, relacionados a la Orogenia Laramide, que provocó que los fondos marinos se plegaran iniciándose la formación de la Sierra Madre Oriental.

Ejemplo del efecto de la orogenia Laramide en el estado de Guanajuato son las estructuras compresionales que afloran al nororiente del estado, en donde las rocas mesozoicas fueron plegadas ocasionando estructuras como anticlinales y sinclinales de rumbo NW-SE con inclinación hacia el NE que llegan a desarrollar fallas inversas (Chauve, et al., 1985). Al comenzar el Cenozoico la actividad de la Orogenia Laramide se incrementó notablemente acelerando el plegamiento y levantamiento de las sierras y transformando en áreas emergidas el norte y

centro del país (Trujillo-Candelaria, 1977). En el Eoceno Medio, la Orogenia Laramide termina y como consecuencia de ello, se formaron cuencas, en donde se depositaron grandes volúmenes de sedimentos clásticos en condiciones aluviales y lacustres característicos de la fase final de una etapa orogénica. El vulcanismo y la sedimentación se presentaron simultáneamente en esta época, al igual que el fallamiento dando lugar a la formación de fosas tectónicas (Trujillo-Candelaria, 1977). Las estructuras geológicas más importantes de edad Cenozoico en el estado de Guanajuato se localizan en la parte sur-oriental de la Sierra de Guanajuato y en el municipio de San Miguel Allende. En el Distrito Minero de Guanajuato se han identificado cinco fases de fallamiento (Nieto-Samaniego, 1990).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

El Sistema de Fallas del Bajío, al igual que la Falla San Miguel Allende, limitan regionalmente a la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), la cual es definida como un arco magmático continental, constituido por cerca de 8000 estructuras volcánicas y algunos cuerpos intrusivos, que se extiende desde las costas del Pacífico, en San Blás, Nayarit y Bahía de Banderas, Jalisco, hasta las costas del Golfo de México en Palma Sola, Veracruz (Demant, 1978). La faja tiene aproximadamente 1000 km de longitud y una amplitud irregular entre los 80 y 230 km, y se distribuye con una dirección preferencial E-W en su parte central y oriental, WNW-ESE en su parte occidental, formando un ángulo cercano a los 16° con respecto a la Trinchera Mesoamericana (Gómez-Tuena; et al., 2005). Esta característica ha dado lugar a que la provincia reciba el nombre de Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), pues claramente muestra una distribución transversal con respecto a las grandes provincias geológicas mexicanas que corren con una orientación preferencial NNW-SSE (Ortega-Gutiérrez et al., 1992).

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.5. Los cráteres volcánicos de Valle de Santiago

A. Coordenadas: Hoya La Alberca 20º 23´20.17´´
101º 12´05.11´´
Hoya La Cíntora 20º 21´21.05´´
101º 12´49.51´´
Hoya de Rincón de Parangueo 20º 23´13.97´´
101º 15´25.12´´

B. Situación y Acceso

Se ubica en la parte Oeste del municipio de Valle de Santiago, Gto., colinda al Sur con la comunidad del Armadillo, al Norte con la comunidad Rancho Seco, al Este con la carretera federal no. 43 y al Oeste con la comunidad de San Andrés. El poblado de Valle de Santiago, fue fundado en 1607 en la aldea conocida como Camémbaro, que en tarasco (purépecha) significa *"Lugar del ajenjo y el estafiate"* (http://www.e-local.gob.mx). La región de Valle de Santiago forma parte del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG), perteneciente a la zona central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) caracterizado por la existencia de un conjunto de cráteres volcánicos inactivos de bordes bajos y abruptos y centro plano de diámetro hasta de 1 km, conocidos popularmente como las hoyas.

C. Tipo de Interés

Geomorfológico
Turístico

D. Descripción General

La región de Valle de Santiago del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG), se caracteriza por un lineamiento NNWSSE de 20 maars en una zona de 50 km x 7 km, con 13 de ellos en una subzona de 14 km x 6 km. Este lineamiento parece estar asociado a una zona de debilidad cortical o fractura, orientada oblicua al patrón estructural de la Faja Volcánica Trans-Mexicana (TMVB) (Uribe-Cifuentes, R.M., Urrutia-Fucugauchi, J., 1999). De los muchos conos cineríticos que presenta dicho campo volcánico, veinte de los 22 anillos de tobas encontrados en el campo volcánico hicieron erupción en un área de 350 km^2 en alineación NNW-SSE, trece de ellos se presentan en una pequeña franja

de 78 km^2, a los cuáles Murphy (1982) define como el Grupo Valle de Santiago. Los cráteres de Valle de Santiago son considerados maares, como resultado de la erupción freática o freato-magmática, construido por debajo del relieve general del terreno circundante, donde la roca encajonante se muestra infra-yaciendo a los depósitos piroclásticos. Son, en su mayoría de forma circular, los cuales presentan un borde formado por depósitos piroclásticos, compuestos de cenizas y brechas con espesores de 20 a 100 m. Estos varían de entre 400 m y 3000 m de diámetro y profundidades mayores a los 200 m, con elevación promedio de 1720 m sobre el nivel del mar.

Murphy (1982), divide los depósitos piroclásticos de Valle de Santiago dentro de cinco grupos, basándose en el tipo de depósito y localización:

1) depósitos de cenizas y escorias,
2) piroclastos silícicos del Maar Estrada,
3) piroclastos basálticos del Maar Álvarez,
4) depósitos piroclásticos basálticos del Maar Yuriria y
5) depósitos de oleadas de grano fino.

En esta clasificación, a pesar de ser bastante general, no existen depósitos de cráteres como Hoya La Cíntora y Hoya La Alberca, por mencionar algunos, los cuáles no son vinculados en ninguno de los grupos definidos arriba, ya que dicha clasificación es comparativa.

La edad de K-Ar más antigua asociada a la actividad de los maars es 1.2 Ma. Las polaridades magnéticas normales sugieren que la actividad volcánica se desarrolló predominantemente durante el crón de Brunhes, lo que indica edades más jóvenes a 0.78 Ma.

El lineamiento de Valle de Santiago forma parte de un conjunto regional en el sector norte de la TMVB que incluye a la zona de falla de Querétaro-Taxco (QTFZ). Estos lineamientos NNW-SSE intersectan los patrones estructurales más jóvenes ENE-WSW representados por la falla Chapala-Tula (Uribe-Cifuentes, R.M., Urrutia-Fucugauchi, J., 1999).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

La región de Valle de Santiago forma parte del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG), perteneciente a la zona central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM).

La mayor concentración de volcanes en México se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en donde se tiene una gran variedad de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estrato-volcanes majestuosos con elevaciones en torno a los 4000 m, volcanes en escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos (Macias, 2005). La mayor parte de las rocas volcánicas a lo largo de la Faja Volcánica Trans-mexicana son rocas volcánicas miocénicas, sin embargo se ha reportado la presencia de rocas volcánicas oligocénicas en la mitad inferior del relleno de la cuenca de México; por otro lado este arco volcánico se encuentra alojado en cuencas tectónicas limitadas por fallas mayores (Alaniz-Álvarez y Nieto Samaniego, 2005).

La FVTM se estableció como un arco volcánico a partir del Mioceno medio, aunque su historia como frontera tectónica inició mucho antes. De acuerdo con estudios previos sobre la parte central de México, durante el Cretácico no hubo una diferencia notable entre los bloques ubicados al sur y norte de la FVTM, ni en el tipo de litología ni en su estructura. Existió un ambiente marino de plataforma hacia el oriente con arcos volcánicos localizados hacia el extremo poniente y la orogenia Laramide estuvo presente prácticamente con el mismo estilo y edad de deformación al norte y sur de la FVTM (Alaniz-Álvarez y Nieto Samaniego, 2005). La Faja Volcánica Trans-mexicana (FVTM), consiste en un arco volcánico continental formado por miles de estructuras volcánicas, que atraviesa nuestro país entre los paralelos 19° y 20° de latitud norte. Un gran número de autores concluye que la FVTM es un arco volcánico originado por la subducción de las placas de Rivera y Cocos, por debajo de la placa de Norteamérica en la trinchera Mesoamericana (Ponce *et al.*, 1992; Singh y Pardo, 1993; Pardo y Suárez, 1993, 1995). Sin embargo, la disposición oblicua de ~15° con respecto a la trinchera Mesoamericana de la FVTM ha llevado a otros autores a proponer que su origen se debe a una zona de fractura o megacizalla

(Cebull y Shurbet, 1987), una estructura parecida a un rift que está experimentando extensión activa (Sheth et al., 2000).

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.6. Yacimiento paleontológico La Perlita

A. Coordenada: 21° 20´25´´ - 101° 39´08´´

B. Situación y Acceso

La Caliza La Perlita se encuentra representada por dos afloramientos calcáreos pequeños, que se encuentran en la parte noroccidental de la Sierra de Guanajuato. Dichos afloramientos son explotados en las canteras denominadas La Perlita y San Ignacio. De igual manera, aflora al oriente de Bernalejo, rancho ubicado a 3 km al oriente de Comanja de Corona, Jalisco.

C. Tipo de Interés

Paleontológico

Turístico

D. Descripción General

La Caliza La Perlita está constituida litológicamente por caliza, calcarenita y algunos horizontes de lutita limolítica inter-estratificados. En la base de la secuencia se observa una caliza masiva que descansa discordantemente sobre la "unidad Sedimentaria". Dicha caliza al microscopio, está constituida por oolitos, pellets y bioclastos, embebidos en una matriz micrítica (Quintero-Legorreta, 1992). De acuerdo con la clasificación de Folk (1968), la roca es una oomicrita, debido al predominio de oolitos sobre los intraclastos. En otros casos, la roca corresponde a una intraespatita, por el predominio de los intraclastos sobre los oolitos y por el cementante espático (Quintero-Legorreta, 1992). Martínez Reyes (1992), describe a La Caliza La Perlita como una unidad representada por una secuencia discordante de 80 m de espesor, constituida por un banco arrecifal que yace bajo una serie bien estratificada de caliza y lutita en la parte inferior, calcarenita y caliza en la parte media y limolita roja en la parte

superior. Arriba de la caliza masiva se presenta una alternancia de caliza arcillosa de color negro y lutitas, en dicha alternancia se han identificado fósiles invertebrados constituidos por cefalópodos (amonites) y braquiópodos y en segundo término por lamelibranquios, gasterópodos, equinodermos y corales (Chiodi, 1988).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

La Caliza La Perlita representa la extensión de la plataforma mexicana de facies carbonatadas hacia el oeste durante el Albiano superior. El contacto entre la caliza La Perlita y la "Unidad Sedimentaria" representa una discontinuidad situada en la base calcárea. Chiodi (1988), considera que dicha discordancia tiene una importancia regional ya que esta, muestra la relación entre el dominio cordillerano del margen pacífico y el dominio de la plataforma nerítica.

La Caliza La Perlita se depositó sobre altos topográficos submarinos cercanos a la costa, lugar favorable para el depósito arrecifal, modificándose después a profundidades neríticas donde recibió el aporte de material clástico fino y arenoso del litoral. Se deduce, entonces que el ambiente sedimentario, es para las condiciones iniciales, de energía alta en una barrera litoral posiblemente arrecifal, variando después a niveles neríticos (Quintero-Legorreta, 1992).

De acuerdo con el material recolectado (coral y amonite) por Quintero-Legorreta (1992), el coral pertenece a los géneros *Peplosmilia* y *Pleiosmilia sp.,* cuyo alcance estratigráfico en la escala de tiempo geológico va desde el Jurásico hasta la parte media del Cretácico. El Amonite recolectado, fue identificado como *Acanthohoplites sp.,* cuya edad corresponde al Aptiano Superior-Albiano Inferior.

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.7. Anticlinal del Cerro de La Yesca

A. Coordenada: 21° 25´45´´ - 99° 52´08´

B. Situación y Acceso

El anticlinal del Cerro de La Yesca se localiza en la parte noreste del Estado de Guanajuato, en el municipio de Xichú. El acceso a la zona se realiza por la

carretera federal 11 y 70, hasta San Luís de La Paz, y de ahí a Xichú.

C. Tipo de Interés

Geomorfológico

Tectónico

D. Descripción General

El anticlinal Cerro de La Yesca forma parte de la Sierra Gorda de Guanajuato, la mayor parte de la Sierra Gorda pertenece a la Plataforma Valles-San Luís Potosí la cual, a fines del Cretácico y parte del Terciario estuvo sujeta a levantamientos que ocasionó la gran cantidad de pliegues, fracturas y fallas. Todos estos levantamientos fueron ocasionados por los esfuerzos tectónicos de la Orogenia Laramide (Lazcano-Sahagún, 1986). Dicha estructura geológica da lugar a un relieve de altiplanicies cársticas, se le llamó así, ya que su eje pasa por el Cerro de la Yesca. Localmente forma parte de una topografía cuyo relieve alto (1500-2000 msnm), refleja un rejuvenecimiento geomórfico, probablemente de origen tectónico (Miranda, 1978), ya que los anticlinales forman montañas y los sinclinales valles.

Los materiales presentes en la zona pueden agruparse en tres grandes conjuntos: Jurásico superior (Formación Trancas,), Cretácico inferior y superior (Formación El Abra y formaciones Soyatal y Mexcala), y Eoceno-Oligoceno (Formación El Morro). La Formación Trancas constituye las rocas más antiguas que afloran en la Sierra Gorda. Se les encuentra en el anticlinorio del Cerro de La Yesca, El Piñón y Bonanza (Lazcano Sahagún, 1986). En el anticlinal del Cerro de La Yesca dicha Formación consiste de tres miembros (Miranda, 1978): inferior, compuesto por pizarras calcáreas carbonosas de color gris oscuro; miembro medio, calizas de color claro con estratificación media a gruesa de 50 m de espesor y el miembro superior formado de filitas inter-estratificadas con capas muy delgadas de caliza arcillosa. La Formación Trancas constituye el eje del anticlinal del cerro de La yesca. Los flancos de dicho anticlinal está constituido por la Formación El Abra (Lazcano Sahagún, 1986). Dicha Formación se encuentra constituida por calizas de 1500 a 200 m de espesor. De acuerdo con Carrillo y Suter (1982) ésta Formación está compuesta por cuatro facies:

facies de cuenca, facies de talud, facies de plataforma interna y facies de plataforma externa. La Formación Soyatal, se presenta como una secuencia de calizas interestratificadas con lutitas calcáreas, mientras que en la *Formación Mexcala* predominan las calizas intercaladas con lutitas y areniscas (Lazcano Sahagún, 1986). Las edades de ambas formaciones varían desde el Huroniano tardío al Coniaciano para la Soyatal y del Santoniano al Maestrichtiano para la Mexcala, ambas del Cretácico superior (Lazcano Sahagún, 1986).

La Formación El Morro constituida por clastos sub-redondeados a redondeados de calizas, areniscas y rocas ígneas con una matriz arcillo-calcárea. Sobreyace en discordancia angular a las formaciones Soyatal-Mexcala, El Abra y Trancas. Se le atribuye una edad del Eoceno-Oligoceno (Tang y Langenschaidt, 1978). Su origen es fluvio-lacustre.

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

Desde el punto de vista geológico el anticlinal del Cerro de La Yesca se enmarca en la zona de grandes elevaciones de la Sierra Madre Oriental (Raisz, 1959), caracterizada por afloramientos de uno de los materiales más antiguos del Estado de Guanajuato, el Jurásico superior, hace unos 140 a 155 millones de años, así como por el carácter discordante de los materiales del Cenozoico que se sitúan sobre ellos.

Los materiales Mesozoicos se depositaron en tres grandes ciclos de avance y retrocesos (transgresivos y regresivos) del mar sobre el continente. Estos ciclos comenzaron con el depósito de varios tipos de rocas: batiales (con amonites), arrecifales, de plataforma (moluscos principalmente) y de tipo lagunar o palustre, formándose evaporitas (dolomías, anhidritas y calizas), como consecuencia de una amplia invasión de los mareas con diferentes profundidades (trasgresión). Posteriormente se iniciaron periodos de retirada del mar (regresivos), en los que los tramos de lutitas calcáreas van teniendo progresivamente un incremento de arenas.

F. Recomendaciones para su visita

El acceso al anticlinal Cerro de La yesca se realiza por caminos accidentados

por lo que se deberá de tener cuidado con las caídas, es necesario llevar un botiquín, ropa y zapatos adecuados. El recorrido es largo por lo que se hay que llevar agua suficiente y comida ligera.

IV. 8. La Rana y La Leona

A. Coordenada: La Rana 21º 00´45.79´´
101º 14´23.36´´
La Leona 21º00´47.56´´
101º 11´13.38´´

B. Situación y Acceso

El paraje de la rana y la leona se ubica dentro del Distrito Minero de Guanajuato, en un espacio natural cuya riqueza histórico-cultural es única.

Situado al occidente de la Sierra de Guanajuato se erigen estos monumentos naturales, originados por el efecto de la meteorización física. Para llegar al paraje en donde se observa la rana, se parte del barrio de Pastita en la ciudad de Guanajuato hacia la panorámica, de ahí se camina unos 100 m rumbo al camino que nos lleva al poblado del Cubo, y ahí en el Cerro El Meco se observa La Rana. Para acceder al paraje en donde se observa La Leona es partiendo de la Presa de la Olla en la ciudad de Guanajuato hacia el poblado de El Cubo.

C. Tipo de Interés

Geomorfológico
Didáctico
Turístico:

D. Descripción General

En el siglo XVI los chichimecas fijaron sus ojos en una montaña con peñascos que semejaba la figura de una rana, animal que era uno de los que ellos adoraban y sentían honda superstición. Pese a ser nómadas se establecen en derredor del peñasco. Fue durante la época colonial que el lugar donde se establecieron los chichimecas alcanzó un gran desarrollo debido a la explotación de sus yacimientos de oro y plata, estableciéndose así el Real de Minas, Guanajuato (Díaz-Berrio, 2005).

De acuerdo con Marmolejo (1969-1973), el origen de Guanajuato fue anterior a

la época de la conquista de México, remontándose al año de 1446, siendo el actual barrio de pastita el sitio exacto que ocupaba entonces la aldea de Quanaxhuato. Los chichimecas abandonaron sus hogares una vez que comenzaron a sentir el yugo de la conquista. Al no querer soportar dicho yugo se retiraron a los montes para hacer la guerra a los invasores, procurando no dejar vestigios de sus habitaciones.

Las unidades geológicas que caracterizan el paisaje de la Rana y la Leona está formado por diversas litologías las cuales corresponden a la cubierta volcánica y sedimentaria de la región (Conglomerado Guanajuato, Formación Losero, Riolita Bufa y Conglomerado calderones). El Conglomerado Guanajuato, corresponde a una secuencia de color rojo constituido por conglomerados, areniscas y limolitas. Edwards (1955) estima un espesor de 1500 m y un máximo probable de 2000 m. Su edad es del Eoceno.

La Formación Losero fue informalmente asignado por Guiza et al., (1949) con el nombre de tobas “loseros”, refiriéndose a un horizonte delgado de 5 a 25 m de espesor, situado estratigráficamente entre el Conglomerado Guanajuato y la Riolita Bufa. Esta Formación aflora en las inmediaciones de la ciudad de Guanajuato. Es una roca de color verdoso a rosa y crema constituida por capas laminares delgadas formadas por fragmentos menores de 2 mm, de forma angular, cuarzo, feldespato, líticos y vidrio. Sobreyace de manera abrupta al Conglomerado Guanajuato, subyaciendo a la Riolita Bufa. La edad de esta unidad está dada por su posición estratigráfica entre el Conglomerado Guanajuato (Eoceno medio-tardío) y la Riolita Bufa fechada en 37.6 ±3.0 Ma. Gross (1975) lo sitúa en el Eoceno tardío. La riolita Bufa aflora exclusivamente en el Distrito Minero de Guanajuato, adelgazándose hacia el N, NE y E, desapareciendo en lo que constituyen la secuencia de la Sierra. Dicha secuencia volcánica se encuentra constituido de flujos piroclásticos riolíticos, bien soldados de color rosa a crema con fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz desvitrificada. Contiene fragmentos de pómez y líticos rojizos de 1 a 3 cm. Su espesor es de 360 m (Randall, et al 1994). La Riolita Bufa sobreyace discordantemente a la Formación Losero o al Conglomerado Guanajuato y subyace discordantemente a la Formación Calderones.

Gross (1975) determinó por el método de K/Ar una edad de 37 ±3.0 Ma, lo que la coloca en el Eoceno tardío casi en el límite con el Oligoceno. Echegoyén-Sánchez, et al., (1970), nombran como Formación Calderones a una secuencia de areniscas, conglomerados, brechas y tobas de composición andesítica. Se trata de una secuencia de color verde azuloso que consiste de conglomerados con fragmentos de rocas volcánicas y del basamento mesozoico, estratos de areniscas fina con matriz limolítica. Sobreyace discordantemente a la Riolita Bufa o al Conglomerado Guanajuato directamente al basamento Mesozoico. Su edad está dada por su posición estratigráfica entre la Riolita Bufa (37.0 ±3.0 Ma) y la Andesita Cedro (32.9 ±1.6 Ma).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

El paraje de la Rana y la Leona se integra en la gran unidad geomorfológica de la Sierra de Guanajuato. Constituyen un rasgo morfológico originado por agentes exógenos como el viento y el agua, los cuales actuaron sobre la roca riolítica, denominada informalmente por Echegoyén-Sánchez et al., (1970) como Riolita Bufa y en las rocas volcano-sedimentarias (Conglomerado Guanajuato y Formación Calderones).

Durante el Cuaternario la red fluvial se desarrolla definitivamente, rebajando la topografía y las arenas resultantes de la meteorización, a lo largo de millones de años, fueron llevadas por las aguas y el viento, dejando al descubierto las unidades geológicas antes mencionadas.

Las formas de modelado que constituyen el paisaje de la Rana y la Leona son de dos tipos: formas mayores y formas menores.

Las formas mayores están determinadas por el tipo de litología, entre ellas se encuentran:

Bloques sobrepuestos: Como su nombre lo indica consisten de bloques de piedra, uno encima de otro, ambos separados y que se mantienen en equilibrio por su propio peso.

Bolas: Corresponden a grandes rocas de forma esférica que se encuentran al pie de los cerros y que dominan casi todo el paisaje del lugar.

Rocas en forma de Ranas y Leones: Rocas que por la acción del viento y el agua labran la roca dando origen a diversas formas que en este caso se asemejan a animales como ranas, y leones.

Entre las formas menores se citan:

Taffonis: Corresponden a pequeños huecos que se encuentran en las paredes verticales de algunas rocas formada por intemperismo.

Canales: corresponden a pequeñas depresiones circulares o alargadas que aparecen en algunas superficies rocosas en las que el agua de lluvia queda almacenada.

El paisaje de la Rana y la Leona no sólo son interesantes desde el punto vista geológico sino que además, se combinan aspectos de gran interés ecológico y cultural. Es una zona representativa del ecosistema terrestre, representado por la vegetación de regiones florísticas xerofítica mexicana y mesoamericana de montaña.

La singularidad del paisaje de la Rana y la Leona radica en su belleza natural, histórica y cultural.

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.9. Las rocas como elementos constructivos y artísticos

A. Coordenadas:

Ex convento de San Agustín (Yuriria) 20º 21´34.7´´- 101º 13´ 18.8´´; Guanajuato capital 21° 01' 01.49" -101° 15' 11.18´´ ; Acueducto Siglo XVI (Acámbaro) 20º 01´33.21´´ - 100º 43´20.79´´ ; El Puente de Piedra (Acámbaro) 20º 02´21.91´´ - 100º 42´58.42´´ ; La Pila (Acámbaro) 20º01´58.34´´- 100º43´9.82´´ ; Puente de la Laja o Puente Tresguerras (Celaya) 20° 30´51.64´´ - 100° 46´ 35.30´´ ; Puente de Batanes (Salvatierra) 20º 12’ 43.48’’ - 100º 53’ 04’’

B. Situación y Acceso

La ciudad de Celaya se localiza a 105 km del aeropuerto internacional de Guanajuato. Por autopista se comunica con las ciudades de México a 264 Km, Querétaro a 50 Km, con Salamanca a 41 km, a León 135 Km, a Guanajuato 111

Km, por la carretera "Juventino Rosas" solamente dista 98 Km, a Acámbaro 71 Km, a Salvatierra 37 Km., a Yuriria 64 Km, a San Miguel Allende 50 Km, aun cuando se ha acortado ostensiblemente la distancia por la nueva supercarretera y a Morelia 136 Km. La supercarretera está patrullada por los Ángeles Verdes. La ciudad de Acámbaro se localiza a 155 kms del Aeropuerto Internacional de Guanajuato, que ofrece vuelos directos internacionales a Houston, Los Ángeles, Chicago y McAllen. Dentro de la República Mexicana tiene vuelos directos a las ciudades de México, Acapulco, Puerto Vallarta, Monterrey y Guadalajara. Mediante la red de amplias autopistas y modernas carreteras se comunica con la ciudad de México a 250 km, a Guadalajara a 350 km por la autopista México-Guadalajara localizada a tan sólo 10 minutos de la ciudad, con Querétaro a 150 km, Morelia a 86 km, San Luís Potosí a 350 km y a Aguascalientes a 325 km. Dentro del Estado de Guanajuato se comunica con Yuriria a 63 km, Moroleón y Uriangato a 69 km, San Miguel de Allende a 112 km,, Celaya 74 km y Salamanca a 95 km.

C. Tipo de Interés

Educativo
Didáctico
Turístico

D. Descripción General

La estratégica situación geográfica del Estado de Guanajuato originó que diversas y sucesivas civilizaciones se asentaran en ella desde la más remota antigüedad. En la antigüedad Guanajuato, fue una región de tránsito y enlace entre tres áreas culturales: el centro, norte y occidente de México (Kirchoff, P., 1967). La historia del Estado de Guanajuato comienza con el florecimiento de la cultura Chupícuaro.

Chupícuaro fue una aldea que se desarrolló cerca del río Lerma, durante el Preclásico Tardío y desapareció hacia el año 300 d.c. El Estado de Guanajuato se encuentra lleno de monumentos que demuestran la habilidad constructiva de sus habitantes que labraron la historia esculpiendo piedras y construyendo

edificios que perduran hasta hoy en día. Entre estos destacan centros religiosos, pirámides, palacios, obras hidráulicas, calzadas y centros astronómicos, elementos que atestiguan la grandeza y desarrollo de los pueblos. Al igual que ocurre en otras regiones del centro y sur de México, la toba riolítica, diorita, basalto, y andesita fueron las piedras predominantes en la construcción de los edificios y monumentos de los pueblos prehispánicos de Guanajuato. No obstante, el sílex y la obsidiana, se utilizaron como artefactos de uso doméstico, ornamental y ceremonial. Las primeras manifestaciones de la habilidad constructiva de los habitantes prehispánicos de Guanajuato son los centros ceremoniales, edificios, canchas para el juego de pelota, plazas, calzadas y pirámides formadas por grandes losas de piedra de toba riolítica o basalto extraídas de afloramientos rocosos aledaños al lugar y que sirvieron como banco de material para sus construcciones y para tallar en ellas diversos símbolos mágico-religiosos. Con la llegada de los peninsulares a Guanajuato, al igual que en todo México, se comenzaron a construir iglesias, conventos, esculturas, puentes, acueductos y hospitales. Muchos de ellos, se encuentran en un Estado de conservación espectacular, otros, desgraciadamente, casi nada queda de ellos o desaparecieron para siempre. La arquitectura del siglo XIX en Guanajuato capital fue fundamentalmente de estilo neoclásico, la abundancia de excelente material, obtenido de los cerros que limitan a la propia ciudad favoreció la adaptación de dicho estilo arquitectónico. De acuerdo con Alcocer (1983), los materiales empleados en la ciudad de Guanajuato para construcción durante gran parte del siglo XIX, fueron el cuartón (roca de color verde, la cual era la más usada y que probablemente corresponda a la Formación Losero) y la cantera (de color rosa, probablemente perteneciente a la Bufa), fueron empleados en muros, pavimentos, enlosados, embanquetados, escaleras, marcos de vanos, silerías, columnas, pilares, arcos, bóvedas, pilastras y esculturas, además de otros usos en la construcción, ornamentación y trabajos mineros. El cuartón, predominó en la construcción durante todo el siglo XIX, mientras que la cantera rosa compartió con el cuartón su uso a principios de dicho siglo y en la primera década del siglo XX. Esto debido a que el cuartón, es decir, material de construcción extraída de la Losero era muy estimado por su consistencia y por la variedad de sus matices. La piedra tallada llamada “sillar” fue poco usada en las construcciones, en la ciudad de Guanajuato, debido a lo elevado de su costo, más sin embargo, se

aplicaba en obras de ingeniería como diques de presas y en puentes.

El uso más frecuente que encontró la piedra tallada durante el siglo XIX en la ciudad de Guanajuato fue sin duda, el decorativo, muestra de ello son los pedestales, pilares, chapeado de fachadas y basamentos que se observan en la mayoría de los monumentos y casas en dicha ciudad. Como ejemplo cabe resaltar la casa Rul, localizada en la Plaza de La Paz, en donde el chapeado de fachada se observa en la cantera, cuartón y a veces este último, combinado con la pizarra. Otros ejemplos son el Templo de Nuestra Señora de Loreto, Portada del Panteón Municipal, Teatro Juárez, Palacio Legislativo, Escuela Normal en el Paseo de la Presa, entre otros. Otro material empleado en Guanajuato fue el tezontle, trayéndose este del municipio de Valle de Santiago. Dicho material muy ligero, se utilizó en la construcción de las bóvedas planas de los corredores de la Alhóndiga de Granaditas, en la cúpula de la Compañía y en las bóvedas de algunos puentes en combinación con el cuartón.

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

Acámbaro, es un claro ejemplo del empleo de las rocas de los afloramientos más próximos en la construcción de los edificios y monumentos durante el periodo virreynal. La mayor parte de las riolitas utilizados en Acámbaro, proceden de labores cercanas a la población. Del conjunto monumental de Acámbaro, es sin duda el acueducto del siglo XVI, el Puente de Piedra y la Pila los monumentos más significativos en cuanto al uso de la cantera rosa. Conscientes durante el periodo virreinal de la importancia de disponer de una buena comunicación sobre el río Lerma, erigieron en el municipio de Salvatierra el Puente de Batanes**,** una obra majestuosa que data de 1652. Otra obra de cantera rosa es el Puente de la Laja o Puente Tresguerras, edificado también sobre el río Lerma. Este Puente se localiza en el municipio de Celaya, fue construido por Francisco Eduardo Tresguerras con la finalidad de facilitar el libre tránsito a todos los viajeros. Otra impresionante muestra de la ingeniería virreinal en cantera son: el Templo y Ex Convento de San Agustín en el municipio de Yuriria. Considerado como una auténtica joya colonial, constituye un monasterio Agustino.

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.10. El Mineral de La Luz

A. Coordenadas: 21º03´49.41´´ - 101º 20´15.6´´

B. Situación y Acceso

El Mineral de La Luz se encuentra enclavado en lo más abrupto de la Sierra de Guanajuato. Tiene por límites, al este la ciudad de Guanajuato, al sur Silao, al oeste y norte León y San Felipe (Jáuregui, 1976).

C. Tipo de Interés

Mineralógico
Didáctico
Científico
Turístico

D. Descripción General

El poblado de Mineral de La Luz, se fue formando muy lentamente a través de casi tres siglos, desde el descubrimiento del socavón de San Bernabé por los españoles en 1548 (Jáuregui, 1976). En el siglo XVIII Don Joseph de Villaseñor en su libro Theatro Americano, menciona la región como integrante del Real del Realejo pero no fue hasta la bonanza (1843-1859) que se configuró como Municipio y Distrito de La Luz.

A mediados del siglo pasado se contaban en el Distrito de La Luz entre 20 y 24 minerales, con base en ello los estudios geológicos indican que los depósitos minerales se extiende por 10 kilómetros en donde se hayan un gran número de obras mineras entre las que destacan por su fama y bonanza: Mina de La Luz, Mina de San José de los Muchachos, la Mina La Asunción de Navarra, Socavón de San Bernabé y Socavón de San Cayetano. Las dos primeras dieron resultados fabulosos originando un enorme interés a toda la región haciéndose a causa de ello, numerosos denuncios. Estas minas dieron una gran bonanza entre los años de 1840 a 1859.

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

El Distrito Minero de Guanajuato se encuentra constituido por vetas epitermales, stockworks, diseminados, chimeneas de brecha y placeres de Au. Las vetas tienen una dirección NW-SE y se agrupan en tres sistemas: Veta Madre, Vetas de la Luz y Vetas de la Sierra, con mineralización principalmente de Au y Ag con Pb, Zn y Cu subordinado (Gross, 1975).

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

IV.11. El Cerro del Sombrero

A. Coordenada: 20º 53´28.9
101º 16´16.3´´

B. Situación y Acceso

El cerro El sombrero se encuentra a 15 km al sur de la ciudad de Guanajuato, y se localiza entre los ríos Guanajuato y La Trinidad. Se halla inmerso en el Área Protegida Presa “La Purísima” y su Zona de Influencia. Los accesos al Área Natural Protegida Presa “La Purísima” y su Zona de Influencia son: por el norte la carretera secundaria que se encuentra en el tramo de la carretera Guanajuato-Juventino Rosas a la Trinidad, continuando por terracería. Al sur, la carretera n. 45 en el tramo Irapuato-León por una terracería que conduce al poblado El Zangarro. Por el noroeste desde la carretera Guanajuato-Cuevas por la tercería que conduce a Molineros.

C. Tipo de Interés

Geomorfológico
Turístico

D. Descripción General

Las investigaciones arqueológicas en la región centro- norte reportan dentro de las manifestaciones culturales, algunos sitios con petroglifos, como es el caso del cerro del Sombrero. El estudio de los petroglifos ha permitido a los arqueólogos caracterizar a los grupos humanos que vivieron en esa región

durante la época prehispánica, ejemplo de ello, es el cerro del Sombreo cuyos petroglifos han permitido caracterizar a las sociedades de recolectores-cazadores de la región del Bajío. El cerro del Sombrero constituye una elevación de rocas basálticas de 150 m de altura sobre el cauce de los ríos Guanajuato y La trinidad. Localizado en la margen noreste de la Presa La Purísima, el cerro del Sombrero representa un gran valor histórico cultural, ya que en este se encuentran vestigios prehispánicos como son petroglifos en basaltos y terrazas estrechas de posible uso habitacional. La importancia de este punto radica en el uso que los antiguos grupos étnicos de la región del Bajío, le daban a la roca, muestra de ello, son los veinticinco grupos de petroglifos tallados en el basalto del cerro del Sombrero. Estos petroglifos han sido interpretados como marcas numéricas, escrituras, como parte de registro cartográfico, astronómico o bien como ritos mágicos y ceremoniales (Valencia, 1992).

E. Relación del p.i.g. con la geología regional

El cerro del Sombrero, se encuentra inmerso en el Área Natural protegida Presa "La Purísima" y su Zona de Influencia. Dicha Área Protegida tiene una superficie de 2,728.8167 hectáreas con una variación altitudinal entre los 1800 msnm en la zona de canal de desfogue y los 1960 msnm en la parte superior del Cerro del Sombrero (www.guanajuato.gob.mx).

El Área Natural Protegida Presa "La Purísima" y su Zona de Influencia es una zona de recarga del acuífero que cuenta con una significativa variedad de especies acuáticas, sirve como sitio de arribo de una importante variedad de aves residentes y migratorias, presenta reductos de vegetación en condiciones de regular a buen estado de conservación y tiene vestigios prehispánicos.

La cima del cerro del Sombrero está conformada por un peñón rocoso de composición basáltica de edad probablemente miocénico. En el lado norte de dicho cerro, la superficie fue modificada durante la época prehispánica, evidencia de ello es la presencia de cinco terrazas estrechas de posible uso habitacional, las cuales colindan en la parte inferior con una gran explanada, también artificial, en donde se encuentran seis pequeños edificios de carácter cívico-ceremonial (Taladoire, 1977). En estos conjuntos se observan treinta motivos distintos de carácter abstracto o geométrico, tales como líneas, volutas, espirales o

cuadrados, los cuales están grabados o punteados, asociados al mismo tiempo con una gran cantidad de fragmentos cerámicos que pertenecen en su mayoría a ollas de color anaranjado (Taladoire, 1977). Es importante señalar que en el cerro del Sombrero no se han registrado pictogramas, solo petrograbados. En cuanto a los motivos Taladoire (1977) señala que la voluta es el símbolo más numeroso, el cual se relaciona con el agua pero también con la serpiente y el maíz. En cuanto a los otros motivos (cuadrados, líneas, espirales) solamente señala su aspecto geométrico, un ejemplo de ello son los cuadrados punteados los cuales tienen en sus esquinas pequeñas líneas curvas, lo que se ha interpretado como representaciones zoomorfas (alacranes). Taladoire (1977), propone que los petroglifos del cerro del Sombrero fueron elaborados por su habitantes y más precisamente por los primeros ocupantes del lugar, dado que en la última fase de ocupación los petroglifos ya habían sido parcialmente destruidos por la erosión, de esta manera los petroglifos podrían fecharse en el Clásico, más precisamente hacia el medio o reciente.

De igual manera es de notable interés el relicto de selva caducifolia que se registra en digo cerro, se caracteriza por la presencia de especies como. Acebuche (Forestiera phillyeroides); Ceiba (Ceiba aesculifolia); varaduz (Eysenhardtia polystachya) y palo blanco (Albizia plurijuga).

F. Recomendaciones para su visita

Se recomienda llevar ropa ligera y calzado cómodo, agua y comida.

CAPÍTULO V. RECOMENDACIONES A LOS VISITANTES. NORMAS PARA LA CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS P.I.G

Los visitantes de estos puntos deberán de prestar atención a los siguientes puntos con el fin de mantener la integridad de los valores naturales de los puntos y así garantizar su seguridad personal.

1. Observe las restricciones de acceso a ciertos lugares.
2. Solicite permiso a los propietarios antes de entrar en zonas privadas.
3. Respete los usos y costumbres locales.
4. Evite la destrucción de vida salvaje.
5. En las excursiones por zonas montañosas, consulte los pronósticos del tiempo, lleve mapas topográficos y guías de montaña.
6. No entrar solo en las cavernas, simas. Acompáñese siempre de guías.
7. Evite golpear o martillear innecesariamente cualquier formación geológica.
8. No arranque fósiles ni minerales de los afloramientos.
9. En las excursiones a minas a cielo abierto o subterráneo hágase acompañar de guías y póngase el equipo de seguridad.

GLOSARIO DE TÉRMINOS GEOLÓGICOS

Ablación: Del latín *ablatio*, acción de quitar. En general, el término indica la separación de materiales sólidos durante un proceso de erosión. En las meteoritas y tectitas se refiere a la remoción de la capa superficial fundida por vaporización directa cuando el cuerpo atraviesa la atmósfera terrestre.

Ácido: 1.Término aplicado a rocas ígneas que contienen más de 66% de SiO_2. 2. Referido a fluidos acuosos, hidrotermales, etc. el término se usa en su sentido químico, indicando alta concentración de hidrogeniones (pH bajo).

Acuífero: Terreno que contiene agua en un nivel determinado del subsuelo. Una formación geológica permeable que es capaz de almacenar y producir agua subterránea.

Aerolito: *(aerolito).* Meteorita pétrea.

Afloramiento: Parte de un terreno visible en la superficie de la tierra.

Alóctono: Venido de otra parte.

Anfibolita: Roca metamórfica formada por anfíboles fundamentalmente, y plagioclasa, con textura masiva y color verde oscuro.

Anticlinal: Pliegue en el que las capas situadas en el interior de la curvatura son las más antiguas.

Anticlinorio: Vasto pliegue anticlinal, de orden kilométrico, afectado por pliegues paralelos con menor radio de curvatura.

Aplita: Roca filoniana ácida formada por pequeños cristales.

Arcosa: Arenisca con menos del 75% de cuarzo, feldespatos más abundantes que los fragmentos de rocas y escasa matriz detrítica.

Arco Isla: Archipiélago constituido por islas dispuestas en forma de arco, que se encuentran próximas a un continente y se forman como consecuencia de procesos de subducción en los que se produce una intensa fricción en el plano de Bennioff. Como consecuencia de esta fricción, se funden los materiales rocosos, que ascienden y dan lugar a las islas que forman el archipiélago. Japón es un buen ejemplo.

Arenisca: Roca sedimentaria constituida por abundantes fragmentos de tamaño arena unidos por una matriz o cemento de grano fino. Las partículas de arena

suelen ser de cuarzo. El término arenisca se puede utilizar para describir cualquier roca clástica que contenga granos individuales visibles a simple vista.

Argilita: Se considera sinónimo de roca arcillosa sin estratificación neta y endurecida por compactación.

Arrecife: 1.Masa construida por los corales en aguas cálidas y claras. 2. En sentido amplio, en las series sedimentarias, todas las masas de calizas construidas por algas, corales, rudistas.

Bandeado: Tipo de estructura frecuente en distintos tipos de rocas, compuesta por bandas apretadas y paralelas con diferente composición, color, textura. etc.

Basalto: Roca volcánica oscura muy pobre en cuarzo y con plagioclasas con más del 65% de anortita.

Basamento: Corteza terrestre situada por debajo de los depósitos sedimentarios y que llega hasta la discontinuidad de Mohorovicic.

Básico: 1.Término aplicado a rocas ígneas con menos del 55% de SiO_2. 2. Referido a soluciones y fluidos, indica que su pH es superior a 7.

Batolito: Gran masa intrusiva o plutón básicamente discordante.

Biodiversidad: Riqueza biológica de una determinada zona.

Biotita: Mineral perteneciente al grupo de las micas, de color oscuro y que contiene hierro. La biotita es un componente original de muchas rocas ígneas y metamórficas.

Bivalvo: [del lat. *bis*, dos, y *valva*, hoja de puerta] Moluscos que presentan simetría bilateral, protegidos por una concha calcárea constituida por dos valvas (derecha e izquierda) que presentan en el lado dorsal una prominencia o punta encorvada llamada umbo. Junto a este último elemento, las valvas son sostenidas por un ligamento interno o externo, y generalmente gobernadas en sus movimientos por unos dientes calcáreos que constituyen la charnela, la cual es un importante elemento para la clasificación.

Bioclástico/a: Término aplicado a las rocas detríticas formadas por acumulación de restos de organismos.

Bioclasto: Un solo fragmento fósil.

Bioesparita: Roca carbonatada formada por restos fósiles unidos por cemento

cristalino de esparita predominante, con menos del 25% de intraclastos y oolitos.

Biomicrita: Caliza de mayor contenido en matriz micrítica que en cemento esparítico y con más del 10% de aloquímicos. Dentro de éstos, los intraclastos son menos del 25%, así como también los oolitos. Los fósiles son más de tres veces superiores a los pellets.

Bioturbación: Aspecto más o menos caótico de un sedimento motivado por la removilización en él provocada por organismos vivos.

Bonanza: Término minero para un cuerpo de mineral rico o parte rica de un yacimiento.

Braquiópodos: (del gr. *brakhion*, brazo y *pous*, podos, pie) Grupo zoológico que comprende individuos encerrados en una concha Bivalvia de simetría bilateral (una valva dorsal, o valva braquial, y una valva ventral, o valva peduncular), generalmente fijados por un pedúnculo. En el interior de la concha se localiza una masa visceral, los músculos y un órgano ciliado en forma de cinta, el lofóforo, a veces sustentado por unas piezas calcáreas cuyo conjunto forma el braquidio. El desarrollo de este grupo de individuos ha sido mucho mayor en épocas pasadas de lo que lo es actualmente. Son siempre marinos y se encuentran generalmente en las *facies* poco profundas o incluso litorales. Presentan un significativo valor estratigráfico. La clasificación establecida sobre la ausencia o presencia de dientes alrededor de los cuales se articulan las valvas.

Brecha sedimentaria: Roca formada por un 50%, al menos, de fragmentos angulosos con diámetro superior a 2 mm, unidos por un cemento o una matriz.

Brecha tectónica: Fragmentación de las rocas en un contacto tectónico, habiendo cementado los fragmentos en el mismo lugar.

Brecha volcánica: Roca formada por fragmentos de rocas volcánicas y fragmentos de las rocas encajonantes a veces, cementados por cenizas y lapillis.

Cabalgamiento: Conjunto de capas rocosas de edad más antigua que se superponen sobre otras de edad más moderna por efecto de presiones laterales.

Calcarenita: Roca sedimentaria formada por granos calizos de tamaño de arena.

Caliza: Roca sedimentaria formada por carbonato de calcio. Cuando sufre

metamorfismo de contacto, cristaliza y forma el mármol. Tiene textura compacta. Abunda en la naturaleza y se usa en la industria de la construcción.

Carst: Macizo calcáreo afectado por modelado cárstico, entendido éste como tipo de relieve debido a la disolución de las rocas por las aguas meteóricas cargadas de gas carbónico.

Cata: Prefijo cuyo significado primitivo es hacia abajo.

Caverna: Sinónimo, cueva. Sistema o serie de cuevas o cámaras de cueva.

Cefalópodos: [del gr. *kephalê*, cabeza y *pous*, *podos*, pies] Clase del tipo moluscos, en que la mayor parte del pie se transforma en tentáculos peribucales provistos de ventosas, que son utilizados para la locomoción y para la captura del alimento. Los camerados se caracterizan por un cono dividido en cámaras sucesivas mediante tabiques transversales que están atravesados por el sifón. Las conchas fosilizan bien, pero las partes blandas rara vez se conservan, por lo que resulta dudosa la inclusión de ciertos grupos exclusivamente fósiles en la sistemática actual.

Cemento: Precipitación química, fina o ampliamente cristalizada, que empasta los granos y clastos de una roca.

Chert (pedernal): Roca silícea de origen químico, de textura microcristalina y criptocristalina, que se presenta en rocas carbonatadas formando nódulos interestratificados. Se puede considerar sinónimo de silex.

Clasto: Fragmento, ya sea de un cristal, una roca, o un fósil.

Concordancia: Relación geométrica entre dos unidades estratigráficas superpuestas en las que existe paralelismo entre los materiales infra y suprayacentes. Antónimo: discordancia.

Conglomerado: Roca sedimentaria formada por los fragmentos de diversas rocas o minerales unidos por un cemento. Roca sedimentaria clástica de grano grueso, compuesta predominantemente por fragmentos redondeados (generalmente mayores de 5 mm de diámetro) en una matriz de grano fino de arena, limo o material cementante natural.

Cono cinerítico: Loma cónica formada por la acumulación de arenillas y otros piroclastos, normalmente de composición basáltica o andesítica. Pendientes

mayores de 10º.

Coral: [del lat. *corallium*, coral] Secreción calcárea que forma el esqueleto de muchos celentéreos marinos de forma arborescente. Nombre común con el que se designan muchos de los celentéreos.

Cráter: Depresión u hondonada típicamente en forma de tazón o de plato, de tamaño considerable y con pendientes internas empinadas, formada en una superficie o en el terreno por la liberación explosiva de energía química o cinética.

Cratón: Área continental estable que ha sufrido escasa deformación durante un intervalo prolongado de tiempo, normalmente desde antes del inicio del Mesozoico.

Cuarcita: Roca metamórfica compuesta principalmente de cuarzo y formada por recristalización de arenisca o sílex por metamorfismo térmico o regional. Sinónimo de orto-cuarcita.

Cuenca: Cuenca sedimentaria subsidente localizada entre el frente de una cordillera plegada y el cratón adyacente, originada con posterioridad a la formación de la cadena orogénica. Algunos autores utilizan este término con un sentido más amplio incluyendo, además, la cuenca remanente.

Cuenca intracratónica: Cuenca sedimentaria subsidente localizada en el interior de un cratón y limitada por fallas normales.

Cuenca intramontana o intramontañosa: Cuenca subsidente individualizada entre los nuevos relieves montañosos (o cadena) formados por el plegamiento.

Dacita: Roca volcánica de composición similar a la granodiorita.

Datación: Acción de determinar la edad de una capa, un fósil, una estructura, etc.

Depósito: Sedimentos depositados en una red enmarañada de varios canales poco profundos de arroyos pequeños, ramificados y reunidos (arroyos anastomasados) que recuerdan a las fibras de una trenza compleja. Se cree que dichos sedimentos indican la imposibilidad del arroyo para transportar toda su carga de sedimentos.

Detríticos: 1.Partículas sólidas arrastradas y depositadas, procedentes del exterior de una cuenca. 2. Sedimentos o rocas formados predominantemente por

partículas detríticas. Sinónimo: clásticos.

Diabasa: Roca ígnea de color oscuro, de grano fino a medio y composición básica (es decir, sin cuarzo libre), que se encuentra en intrusiones de tamaño moderado (especialmente diques y sills), lo que permite un enfriamiento relativamente rápido del magma.

Diaclasa: Fractura de rocas o de materiales sin desplazamiento relativo de las partes separadas.

Diagénesis: Proceso que implica cambios físico-químicos en un depósito sedimentario que lo convierte en una roca consolidada.

Diorita: Roca granítica sin feldespato potásico, con andesina y casi sin cuarzo. Con 5-20% de cuarzo, sería una cuarzodiorita.

Dique: Masa tabular discordante de roca ígnea.

Disconformidad (Disconformity): Discontinuidad estratigráfica caracterizada porque los planos de estratificación por encima y por debajo de la superficie de discontinuidad se mantienen paralelos. Durante el tiempo que duró la interrupción en la sedimentación actuó la erosión, lo que queda reflejado en el carácter irregular de la superficie de discontinuidad.

Discontinuidad estratigráfica (Unconformity o Break): Ausencia, por no sedimentación o por erosión, en la sucesión estratigráfica de materiales representativos de un lapso de tiempo.

Discordancia (Angular unconformity): Discontinuidad estratigráfica en la que no hay paralelismo entre los materiales infra y suprayacentes.

Distal: Parte de una unidad deposicional o de una cuenca sedimentaria, más alejada del área fuente. Antónimo: proximal.

Ecosistema: Se llama así al conjunto formado por las poblaciones de seres vivos de un lugar y las condiciones ambientales del mismo, así como por las relaciones que existen entre los seres vivos y entre éstos y el medio en el que habitan. Hay muchos ejemplos de ecosistemas: el bosque mediterráneo, el bosque caducifolio, las praderas, la costa rocosa, etc.

Edafogénesis: Proceso que conduce a la formación de los suelos a partir de una roca madre. Sinónimo: pedogénesis.

Eje: 1. Línea que movida paralelamente a si misma, general a forma de um plegamiento.

Enclave: Bloque generalmente sub-elipsoidal, incluido en la masa granítica. Suelen ser microgranudos de granitoides más básicos o metamórficos muy micáceos.

Endógeno: Se aplica a las rocas formadas, al menos en parte, en el interior de la tierra (metamórficas y magmáticas). Antónimo: exógeno.

Epitermal: Término aplicado a los depósitos o yacimientos hidrotermales formados en fisuras o cavidades de las rocas, por deposición a escasa profundidad, a partir de soluciones calientes ascendentes, entre 200 y 100 C.

Equinodermo: [del gr. *ekhinos*, erizo, y *derma* piel] - Rama zoológica de animales marinos que generalmente exhiben simetría axial de orden 5 y a menudo poseen un esqueleto formado por placas de calcita monocristalina.

Era: Unidad geocronológica de rango mayor.

Erosión: Conjunto de fenómenos externos que, en la superficie del suelo o a escasa profundidad, quitan en todo o en parte los materiales existentes modificando el relieve.

Erupción volcánica: Eyección de materiales volcánicos (lava, piroclastos y gases volcánicos) sobre la superficie terrestre.

Especie: (del lat. *species*, apariencia). Agrupación básica de las clasificaciones de los seres vivos. Para los animales actuales, la especie puede ser definida como el conjunto de individuos interfecundos, es decir, capaces, colectivamente, de asegurar una descendencia. Este concepto es evidentemente inaplicable en paleontología, por lo que hay que basarse en las similitudes entre los individuos. Estas semejanzas son diversamente interpretadas por los investigadores, lo que explica la inestabilidad de las divisiones en esta ciencia. Una especie se designa por un nombre doble *i.e.,* en primer lugar el nombre del género y después el nombre de la especie o específico, e.g., *Cardioceras cordatum.*

Esquisto: Roca metamórfica susceptible de dividirse en hojas por su alto contenido en minerales micáceos.

Estalactitas/ Estalagmitas: Son concreciones calcáreas que han ido formando,

poco a poco, las aguas de infiltración. Durante sus desplazamientos subterráneos, el agua disuelve el carbonato de calcio de las rocas sedimentarias y se filtra por las grietas de las bóvedas de las grutas. Al entrar en contacto con el aire y el gas carbónico, se forma un precipitado que se sedimenta y se solidifica, colgando por la bóveda de la gruta; estas son las estalactitas. Abajo de ellas, el agua que gotea forma una estalagmita. Cuando se juntan una y otra, se forma una columna calcárea, pero para ello deben transcurrir varios siglos.

Estratificación: Describe la inclinación de capas menores o láminas en un estrato, que forman ángulos con la superficie deposicional original del plano de estratificación principal. Formada por corrientes rápidas, locales y cambiantes (de agua o viento) y características de sedimentos granulares (p.ej. areniscas) depositadas en canales, dunas, deltas, etc.

Estrato: Capa de roca de origen sedimentario, generalmente tabular, que posee determinadas propiedades o atributos que la distinguen de las capas adyacentes por planos de estratificación visibles.

Estratovolcán: Volcán que está construido de capas alternadas de lava y depósitos piroclásticos, además de diques y diquestratos en abundancia. Sinónimo: volcán compuesto, cono compuesto.

Exógeno: Se aplica a las rocas formadas en la superficie de la tierra. Antónimo: endógeno.

Fábrica: Estructuración u orientación mineral conferida a la masa ígnea. Planar: define un plano. Linear: define líneas.

Facies: Conjunto de caracteres que definen una roca, grupo de rocas o un depósito.

Falla: Fractura del terreno con desplazamiento relativo de las partes separadas.

Feldespatos: Silicatos de aluminio con distintas proporciones de potasio, sodio y calcio.

Félsico: Que contiene cuarzo y feldespatos.

Fémicos o ferromagnesianos: Silicatos ricos en hierro y magnesio como la biotita, anfíboles y piroxenos.

Flysch: Nombre que se da a las formaciones sedimentarias masivas potentes,

mayoritariamente turbidíticas, depositadas en regiones orogénicas antes de su deformación.

Foliación: Estructura visible en ciertas rocas metamórficas en que a la esquistosidad se suma una diferenciación petrográfica entre lechos, formando hojas. El término se usa también para las rocas metamórficas que no muestran este aspecto cuando todos sus constituyentes han sido reorientados por una esquistosidad de flujo o han recristalizado según el plano de esquistosidad, que constituye entonces el plano de foliación.

Foredeep basin (Cuenca remanente): Cuenca sedimentaria que se individualiza en el frente de una cadena orogénica durante el tiempo de su formación.

Formación: Unidad lito-estratigráfica fundamental. Cuerpo de rocas identificado por sus características litológicas y su posición estratigráfica.

Fosa tectónica: Bloque hundido y enmarcado por fallas.

Fósil: Resto o molde natural de un organismo conservado en un sedimento. Adj. Califica los objetos o sustancias, en general ligadas al mundo viviente, encerradas durante mucho tiempo en las rocas por un proceso de enterramiento o de infiltración.

Fractura: Se entiende por fractura la forma de la superficie de fraccionamiento [concoidea, desigual, etc.]. No debe confundirse con la exfoliación. Los minerales con exfoliación perfecta carecen a menudo de superficies de fractura.

Gabro: Roca básica, oscura, con plagioclasa (con más del 50% de anortita), clinopiroxeno y biotita. Si contiene un 5-20% de cuarzo sería cuarzogabro.

Ganga: [del alem. *gang*, camino, en el sentido figurado del filón] - Conjunto de minerales sin interés práctico mezclados con un mineral explotado o englobando piedras preciosas. Roca u otro material sin valor dentro del cual se encuentran incluidos los minerales valiosos.

Gasterópodo: [del gr. *gastêr*, *gastros*, vientre, y *pous*, *podos*, pie] Grupo zoológico compuesto de individuos con un pie que les sirve para reptar y que segregan, salvo excepciones, una concha única más o menos enrollada. La mayoría de los gasterópodos son marinos, sobre todo litorales, pero a veces profundos. Algunos están adaptados a medios salobres, al agua dulce o

ambientes terrestres.

Geiser: La actividad de los volcanes y la elevada temperatura del agua de ciertas fuentes termales se deben al calor interno de la Tierra. Los géiseres se forman porque el agua fría entra en contacto con rocas ardientes en el subsuelo; se calienta y entra en ebullición. La presión del vapor expulsa el agua hacia el exterior. El géiser deja de brotar hasta que la nueva masa de agua que ha llegado a las rocas incandescentes se calienta a su vez, y brota al exterior.

Geoconservación: es la protección y preservación de la Geodiversidad y del Patrimonio Geológico en el marco del desarrollo sostenible.

Geodiversidad: se entiende el número y la variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato físico natural de una región, y que son la consecuencia del desarrollo de procesos geológicos.

Geografía: Ciencia que describe y estudia, tratando de explicar, los fenómenos localizados en la superficie de la Tierra, sean ellos físicos, biológicos o humanos.

Geología: Ciencia que trata de la forma exterior e interior del globo terrestre; de la naturaleza de las materias que lo componen y de su formación; de los cambios o alteraciones que estas han experimentado desde su origen, y de la colocación que tienen en su actual estado.

Geomorfología: La clasificación, descripción, naturaleza, origen y desarrollo de las formas del terreno, su relación con la estructura geológica infrayacente, y la historia de los cambios geológicos sufridos por dichas características superficiales.

Graben (Fosa tectónica): Área deprimida que corresponde a un bloque hundido por fallas normales paralelas a los lados largos. Antónimo: horst.

Granate: Grupo de silicatos complejos de aluminio, hierro, manganeso, cromo, calcio y magnesio. Suelen aparecer en rocas metamórficas pero también en algunos granitos y pegmatitas.

Granito: Roca plutónica ácida con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasas y micas. El 10-65% de sus feldespatos son plagioclasa de 5-100% de anortita.

Granitoide: Roca granítica. Engloba las distintas composiciones de estas rocas.

Granodiorita: Roca intermedia, de composición entre monzogranito y tonalita.

Granulita: Roca metamórfica caracterizada por una textura granular. Originada bajo condiciones de metamorfismo de alto grado.

Grauvaca: Roca sedimentaria detrítica con contenido en matriz fina superior al 15% y en la que las partículas tamaño arena no están en contacto unas con otras.

Grutas: El agua que corre por el subsuelo, al encontrar mantos de rocas calizas, las va disolviendo y erosionando a su paso. De este modo labra, en el transcurso de miles de años, enormes cuevas o abismos subterráneos, con sus estalactitas y estalagmitas.

Hábitat: Es el lugar en el que vive habitualmente un animal o una planta. Hábitat se refiere, en general, a los ecosistemas o los ambientes en los que suele encontrarse dicha especie. Por ejemplo, el hábitat del oso pardo es el bosque templado, como el caducifolio europeo.

Hialino: Que tiene la apariencia del vidrio.

Hiato: 1.Ruptura o interrupción de la continuidad del registro estratigráfico debida a la ausencia de materiales que deberían estar presentes y faltan o por no haberse depositado o por haberse erosionado antes del depósito de la unidad suprayacente. 2. Intervalo de tiempo no representado por rocas en una discontinuidad, que comprende un tiempo sin depósito, o sin depósito y erosión. Sinónimo: laguna estratigráfica.

Hidrotermal: [de hidro- y del gr. *thermos*, calor] - Que está en relación con las circulaciones de aguas calientes ligadas a las últimas manifestaciones de una erupción volcánica o a la cristalización de un magma y a las surgencias que eventualmente pueden derivarse de ellas.

Hiperstena: Mineral ortorrómbico del grupo del piroxeno, miembro intermedio de la serie enstatita-ferrosilita.

Hipidiomórfica: Textura con algunos cristales con caras bien desarrolladas.

Hornblenda: Uno de los minerales más abundantes de la familia de los anfíboles.

Horst: Bloque elevado por fallas normales paralelas a sus lados largos. Antónimo: graben.

Hoya (geomorf): Término general para cualquier agujero, horadación o

depresión producida naturalmente en el terreno (con frecuencia contiene agua), que sugiere la forma de una olla o marmita.

Idiomorfo (Automorfo): Se aplica a un mineral que se presenta bajo la forma de un cristal perfecto o, al menos, limitado por caras cristalinas planas. Antónimo: xenomorfo o alotriomorfo.

Inconformidad (Nonconformity): Relación entre un conjunto de materiales estratificados con otros infrayacentes no estratificados (rocas ígneas o metamórficas).

Inter-: Prefijo que significa entre, en medio, entre varios.

Intraclasto: Fragmento de sedimento carbonatado, procedente de un sedimento próximo poco consolidado, y redepositado a corta distancia, prácticamente penecontemporáneo del sedimento que lo contiene.

Intrusivo/a: Que penetra en formaciones ya existentes. Se aplica a las rocas magmáticas emplazadas en estado fluido bajo la superficie y a los macizos que constituyen, así como a los diapiros de rocas salinas.

Isoclinal: Se aplica a los pliegues cuyos flancos son paralelos. La asociación de estos pliegues caracteriza el estilo isoclinal.

Lamelibranquio: [del lat. *lamēlla*, lámina, y *branchia*, branquia] Nombre en desuso en la actualidad para referirse a aquellos moluscos dotados de una concha formada por dos valvas y que son conocidos como bivalvos.

Leucocrático: Material o roca con proporción de minerales oscuros entre 10 y 40%.

Ley: Cantidad de metal valioso en cada tonelada de mineral. Se expresa en onzas troy por tonelada para los metales preciosos y como porcentaje para otros metales o no metales. En algunas ocasiones, cuando las cantidades son muy pequeñas, la ley se expresa en partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb).

Limolita: Roca de grano fino endurecida, en que la cantidad de fracción limo, supera a la de arcilla; suele ser lajosa, dura y resistente.

Lit(o)-: Prefijo que significa piedra. Delante del nombre de un material sedimentario indica su consolidación y petrificación.

Litofacies: 1.Conjunto de propiedades litológicas que definen a unos materiales.

2. Cuerpo rocoso delimitado por sus características litológicas.

Litósfera: Capa sólida de la tierra formada por la corteza y parte del manto. Su espesor oscila entre 70 y 150 km.

Lutita: Roca sedimentaria detrítica cuyos componentes tienen un diámetro inferior a ~62 μm. Ciertos autores reservan este término a las rocas no consolidadas, llamando pelitas a las correspondientes rocas consolidadas.

Maar: Cráter volcánico de poco relieve, formado por erupciones explosivas múltiples y poco profundas. Está rodeado por un cráter anular y puede estar lleno de agua.

Macla: Asociación de cristales de la misma naturaleza según leyes geométricas precisas, ligadas a los elementos de simetría del sistema cristalino considerado.

Macro-: Prefijo que significa grande.

Máfico: Mineral rico en hierro y magnesio.

Magma: Material fundido generado en el interior de la tierra por fusión de materiales a temperatura superior a 600 C. Su enfriamiento y consolidación da origen a las rocas magmáticas.

Matriz: Fracción fina de una roca que forma una masa en la que quedan englobados los cristales, granos o clastos de mayor tamaño.

Mena: Material del cual se pueden extraer uno o varios minerales con valor económico y con utilidad razonable.

Meta-: Prefijo que significa más allá de, y que indica también la sucesión y la transformación. Situado delante de un nombre de roca indica que ésta ha sido metamorfizada. Tal denominación implica la identificación de la roca originaria y, por consiguiente, en general, un metamorfismo bajo o medio.

Metamorfismo: Conjunto de procesos que a partir de una roca original cambian la mineralogía y estructura de la misma, pudiendo llegar a formar una nueva roca, por efecto del aumento de la presión y/o temperatura, sin llegar a fundir totalmente la roca original.

Metamorfismo de bajo grado: El grado metamórfico se mide por la cantidad de cambios que ha sufrido la roca original (roca madre). Por lo tanto la conversión de una lutita en pizarra nos indicaría un metamorfismo de grado bajo, mientras

que si se transforma en esquisto, se consideraría alto grado.

Metasedimento: Un sedimento o roca sedimentaria que muestra evidencia de haber estado sujeto a metamorfismo.

Meteorito: (Meteorita). Cuerpo sólido procedente del espacio interplanetario que cae sobre la Tierra. Según la materia de que conste puede ser un meteorito ferruginoso, lapídeo, ferruginoso-lapídeo o vítreo.

Micrita: 1. Fango calcáreo, o su equivalente consolidado, con cristales de tamaño entre 1 y 4 μm que puede constituir la matriz de las rocas carbonatadas. 2. Roca carbonatada constituida por calcita microcristalina con menos del 10% de aloquímicos.

Microfósil: Fósil demasiado pequeño para ser estudiado sin la ayuda del microscopio.

Miembro: Unidad lito-estratigráfica de rango inferior a la formación y que siempre es parte de una formación. Unidad lito-estratigráfica formal de rango inmediatamente inferior al de la formación, que forma parte de ésta y presenta caracteres litológicos que la identifican y distinguen de partes adyacentes.

Migmatita: Roca de alto grado de metamorfismo. Similar a un granito pero con textura bandeada o líneas sigmoidales.

Milonita: En *s.l.* toda roca triturada más o menos finamente (brecha tectónica). En el *s.s.* de los petrólogos roca dinamometamórfica que deriva de una roca magmática o metamórfica triturada hasta el punto de que los cristales originales no son identificados a simple vista.

Mineral: 1. Elemento químico o compuesto formado de modo natural, que suele tener una forma cristalina característica y una composición definida. 2. Masa de material mineral formado de modo natural (p. ej. Una mena metálica o los minerales de los áridos) que se considera, en base a criterios arbitrarios físicos, químicos y económicos, que tiene un uso previsible. Sustancia inorgánica sólida, natural, homogénea y con estructura cristalina, que aparece libre en la naturaleza o formando parte de las rocas.

Mineralización : El procesos o procesos por los cuales uno o varios minerales se introducen en una roca, dando por resultado un yacimiento valioso o potencialmente valioso.

Monoclinal: 1. Estilo-. Relacionado con las estructuras en las que las capas están inclinadas en el mismo sentido en grandes extensiones. 2. Pliegue-. Estructura que desplaza capas como lo haría una falla normal pero sin romperlas. 3. Relieve-. Dícese del relieve estructural en el que las capas están inclinadas uniformemente, con buzamientos moderados. Las capas más duras, en saliente, forman cuestas.

Monogenético: 1. Resultante de un proceso de formación o derivado de una fuente u originándose o desarrollándose en un lugar y tiempo; por ejemplo se dice del volcán formado por una sola erupción. 2. Consiste de un elemento o tipo de material, o que tiene composición homogénea.

Monzodiorita: Roca similar a la diorita pero cuyas plagioclasas contienen 65-90% de anortita.

Monzogranito: Granito en que más del 35% de sus feldespatos son plagioclasa de 5-100% de anortita.

Nerítico/a: 1. Relacionado con las aguas someras próximas a la costa, situadas sobre la plataforma continental. 2. Zona-. Aquella parte del fondo marino que se extiende desde el límite inferior de la línea de mareas hasta una profundidad de 200 m.

Ofiolita: Grupo de rocas ígneas y ultramáficas que varían desde espilita y basalto a gabro y peridotita, incluyendo rocas ricas en serpentina, clorita, epidota y albita, derivadas de ellas por metamorfismo posterior, cuyo origen se asocia con una fase temprana en el desarrollo de un geosinclinal.

Ofita: Roca sub-volcánica, de composición gabro-basalto y textura característica con cristales entrecruzados.

Olivino: Mineral corriente en rocas básicas, ultrabásicas y de bajo contenido en sílice; típico silicato de magnesio y hierro de color verde oliva oscuro a marrón: (MgFe2) SiO4. Se altera a serpentina.

Oolito: Pequeñas esferas de 0,5 a 2 mm como promedio, cuyo centro (núcleo) es un fragmento y la envoltura (córtex) está formada por delgadas capas que dan una estructura concéntrica, a la que puede superponerse una estructura radial.

Orogenia: Proceso de formación de una cordillera, directamente relacionado con la tectónica de placas. Los movimientos que se producen en la corteza terrestre como consecuencia de la dinámica de placas (normalmente por colisiones, pero también por ascenso de material fundido) se denominan movimientos orogénicos. También se denomina orogenia a cada uno de los grandes procesos que, en el pasado, dieron lugar no solo a algunas de las cordilleras más importantes del planeta, sino que configuran estructuras continentales que aún hoy perduran. Ejemplos son la orogenia hercínica, la alpina, etc.

Orógeno: Sistema montañoso edificado sobre una porción inestable de la corteza terrestre que ha sufrido un importante acortamiento y presenta pliegues y mantos de corrimiento.

Orografía: Parte de la geografía física que trata la descripción de las montañas.

Paleogeografía: (del gr. Palaios, antiguo; gea, Tierra y logos tratado o estudio). Ciencia que estudia la geografía física de la superficie terrestre a lo largo de los periodos de la historia geológica. Constituye la reconstrucción de la geografía supuesta, en especial las distribuciones de tierra y agua en algún periodo particular del pasado.

Paleontología: [del gr. *palaios*, antiguo, *ontos*, ser y *logos*, tratado o estudio] Ciencia que estudia los seres vivos ya desaparecidos, conocidos esencialmente por sus restos fósiles o las trazas de su actividad. Se divide en paleontología vegetal o paleobotánica y paleontología animal o paleozoología.

Patrimonio geológico: se entiende como el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y, o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida.

Pegmatita: Roca filoniana ácida de grandes cristales. Pegmatoide: más irregular, con menos desarrollo longitudinal.

Pelágico/a: 1. Se dice de los animales y vegetales que viven nadando o flotando en mar abierto. 2. Zona de aguas de mar abierto lejos de la costa y del fondo. 3. Referido a sedimentos indica que están constituidos por elementos minerales,

químicos y biológicos procedentes de la zona pelágica.

Pelecípodo: [del gr. *pelekus*, hacha, y *pous*, podos, pie] Nombre en desuso con el cual se designaba a los bivalvos.

Pelita: Roca sedimentaria detrítica de grano muy fino, formada por minerales arcillosos (30 a 75%), cuarzo, feldespato y micas.

Pellet: [término i., bolita]- Bolita de diámetro inferior a 0,2 mm (generalmente entre 0,004 y 0,1 mm), de caliza criptocristalina a menudo rica en materia orgánica, por ser en gran parte de origen fecal, sin ninguna estructura interna visible, que pueden constituir lo esencial de algunas calizas (pelmicrita, pelesparita.

Permeabilidad: Propiedad o capacidad de las rocas porosas, sedimentos o suelos para transmitir los fluidos.

Piroclástica: Roca detrítica formada por acumulación de partículas sólidas expulsadas por un volcán, llamadas piroclastos.

Piroxenos: Metasilicatos generalmente de hierro y magnesio. Según su cristalización pueden ser Orto- cuando son rómbicos y Clino- si son monoclínicos.

Placa litosférica: Partes rígidas superficiales de la tierra, del orden de un centenar de kilómetros de espesor, cuyo conjunto constituye la litosfera. Pueden desplazarse horizontalmente sobre su substrato viscoso, llamado astenósfera. Los límites entre las placas son de tres tipos: rift oceánico, zona de subducción y falla transformante.

Placer: Enriquecimiento aluvial o marino de minerales densos y resistentes (oro, etc.) formado por erosión y concentración física.

Plagioclasas: Feldespatos con diferentes cantidades de sodio y calcio. Forman una serie continua: Albita (0-10%), Oligoclasa (10-30%), Andesina (30-50%), Labrador (50-70%), Bytownita (70-90%) y Anortita (90-100%). Los porcentajes son de plagioclasa cálcica.

Plataforma continental (Offshore): Zona que se extiende desde el límite inferior de la playa (shoreface) hasta el borde superior del talud continental, y de unos 200 m de profundidad como máximo.

Pliegue: Deformación resultante de la flexión o torsión de rocas.

Plutón: Masa intrusiva de rocas ígneas. Se clasifican en función de su forma, tamaño y relación con el encajonante.

Plutónica: Roca ígnea cristalizada lentamente.

Polje: Sinónimo de valle interior.

Porfídico o Porfiroide: Textura de roca ígnea en que una matriz engloba grandes cristales.

Pórfido o Porfiroide: Roca ígnea que contiene grandes cristales (fenocristales) en una matriz de grano fino. Por ello porfídica, es la textura de un pórfido.

Post- (Pos-): Prefijo que significa detrás de o después de.

Pre-: Prefijo que significa anterioridad espacial o temporal.

Protolito: Roca original de la que proviene una roca plutónica.

Provincia Metalogénica: Área caracterizada por un conjunto particular de depósitos minerales o por uno o más tipos característicos de mineralización.

Psamita: 1. Sedimento clástico roca sedimentaria compuesta por partículas con tamaño de arena, arenisca. El termino es equivalente al derivado del Latín, arenita. 2. Término usado anteriormente en Europa para una arenisca de grano fino, fósil, arcillosa.

Regresión: Retirada de las aguas del mar de una región; da lugar a una secuencia de depósitos de medios progresivamente más someros. Antónimo: transgresión.

Relieve: Configuración de la superficie terrestre.

Rift: 1. Rift continental, o fosa de hundimiento (graben), limitado por bordes elevados, con actividad volcánica más o menos intensa. 2. Rift oceánico o fosa de hundimiento en medio de las dorsales.

Rifting: Formación de rifts en el estadio precoz de una apertura oceánica.

Riolita: Roca volcánica de composición similar al granito.

Secuencia deposicional: Parte de una sucesión estratigráfica relativamente concordante de estratos genéticamente relacionados y cuyo techo y muro son discontinuidades o continuidades correlativas. Se trata de una unidad estratigráfica "híbrida", en parte limitada por discontinuidades y en parte unidad

crono-estratigráfica.

Sedimentos: Normalmente referido a depósitos poco consolidados.

Sedimentación: Proceso de depositación de los materiales residuales transportados por los ríos, hielo, viento y mar.

Serpentinización: Transformación de minerales ferromagnesianos en serpentina, en particular del olivino, en las rocas magmáticas básicas o ultrabásicas; las peridotitas y algunas piroxenitas se transforman así en serpentinita. La reacción tipo es: olivino + agua = serpentina + brucita. Esta hidratación, acompañada de un aumento de volumen, no está considerada como una vulgar alteración, sino que se interpreta como un fenómeno de autohidratación que se produce en las últimas fases de cristalización del magma básico o ultrabásico.

Sinclinal: Pliegue en el que los elementos situados en el interior de la curvatura son lo más modernos.

Sinclinorio: Vasto pliegue sinclinal, de orden kilométrico, afectado por pliegues paralelos con menor radio de curvatura.

Skarn: Roca constituida por silicatos cálcicos (piroxenos, anfíboles, granates, vesubianita, wollastonita) formada en el contacto entre intrusivos graníticos y rocas carbonatadas por metasomatismo.

Socavón: Pasaje horizontal de la superficie hacia el interior de la mina. A veces se le denomina túnel.

Stockwork: Red o malla de filoncillos pequeños y delgados.

Subarcosa: Arenisca con un 75-95% de cuarzo, feldespatos más abundantes que los fragmentos de rocas y escasa matriz detrítica.

Subducción: Hundimiento en la astenósfera de una placa cortical oceánica, probablemente como consecuencia de su mayor peso, en el límite con una placa de corteza continental que, al ser más ligera, queda en superficie.

Subsidencia: Hundimiento progresivo, durante un periodo bastante largo, del fondo de una cuenca sedimentaria, que permite la acumulación de grandes espesores de sedimentos.

Taenita: Mineral meteorítico que consiste de la fase γ cúbica centrada en las

caras de la aleación Fe-Ni con un contenido de Ni entre 27 y 65%. Se presenta en las meteoritas férreas como láminas o listones limitando a las bandas de kamacita.

Tafoni: Término del dialecto corsicano para una de las cavidades naturales de la estructura de panal, formada por intemperismo cavernoso, sobre la cara de un cantil en región seca o a lo largo de la playa.

Tectónica: Rama de la geología que trata de de la arquitectura de la parte externa de la tierra, es decir, del conjunto regional de los rasgos estructurales o deformacionales, el estudio de sus relaciones mutuas, origen y evolución histórica.

Toba: 1. Variedad de roca calcárea blanda y porosa, con restos orgánicos. 2. Depósito o roca volcánica formada por piroclastos soldados.

Toleita: Basalto mesocrático pobre en olivino.

Tonalita: Roca intermedia con plagioclasa más básica que la de la granodiorita, esto es, con más del 90% de anortita.

Transgresión: Avance de las aguas del mar sobre una región continental; da lugar a un secuencia de depósitos de medios progresivamente más profundos.

Traquita: Roca volcánica de composición similar a la sienita.

Troilita: Mineral hexagonal de fórmula FeS, presente como nódulos en muchas meteoritas férreas. Es una variedad de pirrotita casi sin deficiencia de Fe^{2+}.

Unidad litoestratigráfica: Volumen de materiales diferenciado por sus características litológicas.

Valva: [del lat. *valva*, hoja de una puerta] Cada una de las dos partes de las conchas que forman una caja que puede abrirse o cerrase y que es característica de los bivalvos, braquiópodos y ostrácodos. Según la forma en que el organismo segrega sus conchas, se pueden tener valvas derecha e izquierda (bivalvos, ostrácodos) o dorsal y ventral (braquiópodos).

Valva braquial: [del lat. *valva*, hoja de una puerta y del lat. *brakhiôn*, brazo] En los braquiópodos, la valva donde se fija el lofóroro.

Veta: Estructura tabular mineralizada, de bordes claramente definidos que lo separan de la roca estéril llamada roca de caja.

Veta Madre: Unidad mineralizada principal que puede no ser económicamente valiosa en sí, pero a la cual se relacionan vetas trabajables.

Vertebrados: [del lat. *vértebra*, articulación] Grupo de animales caracterizados por la presencia de una espina dorsal central compuestas de vértebras. Dentro de este grupo se distinguen agnatos, peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.

Volcanismo: (vulcanismo). Procesos por los cuales el magma y sus gases asociados se elevan en la corteza y son extruídos sobre la superficie terrestre y a la atmósfera.

Xenolito: Fragmentos de la roca encajonante englobados en la roca plutónica.

Yacimiento: Todo lugar en la superficie, en el subsuelo o bajo el agua, en el que, debido a circunstancias especiales, se encuentren acumulaciones de restos arqueológicos o paleontológicos y cuya extracción o estudio "in situ resulte de interés científico.

BIBLIOGRAFÍA

Aguillón, R.A., Aranda, G.J.J. y Solorio, M.J.G., 1994. Geología y tectónica de un conjunto de domod riolíticos del Oligoceno medio en el sur del Estado de San Luís Potosí, México, UNAM, Inst. de Geología. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Vol. 11, num.1, p.29-42.

Aguirre-Díaz, G.J., Aranda-Gómez, J.J., Carrasco-Núñez, G., Ferrari, L. (eds.), 1997, Magmatism and tectonics of central and northwestern Mexico-a selection of the 1997 IAVCEI General Assembly Excursions: México, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 151 p

Aguirre-Díaz, G.J., y Carranza-Castañeda, O., 2002. Las grandes cuencas del oligo-mioceno del centro de México. UNICIT, UNAM. Resumen Paleo 10.

Alaniz-Álvarez, S.A., Nieto-Samaniego, A.F., Reyes-Zaragoza, M.A., Ojeda-García, A.C., Orozco-Esquivel, M.T., Vasallo, L.F., 2001, Estratigrafía y deformación extensional en la región San Miguel de Allende-Querétaro, México: Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 18 (2), 129-148.

Alaniz-Álvarez S. A., y Nieto-Samaniego A. F., 2005. El sistema de fallas Taxco-San Miguel de Allende y la Faja Volcánica Transmexicana, dos fronteras tectónicas del centro de México activas durante el Cenozoico. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario. Grandes Fronteras Tectónicas de México, Tomo LVII, n.. 1. p. 65-82.

Alcocer Martínez, A., 1983. El agua en la ciudad de Guanajuato: problema de siglos, Proyecto Puentecillas, Universidad de Guanajuato, Museo de la Alhóndiga de Granaditas, Observatorio Astronómico y Meteorológico de la Universidad de Guanajuato.

Aranda, J. J. y Labarthe, H, G., 1977. Estudio geológico de la Hoja Villa Hidalgo, S. L. P., U. A. S. L. P., Inst. de Geol. y Met., Folleto Técnico num. 53, p. 33-58.

Aranda-Gómez, J. J., Luhr, J. F., Nieto-Samaniego, Á. F., 1993, Localidades

recién descubiertas de xenolitos del manto y de la base de la corteza en el estado de San Luis Potosí, México, en Xenolitos del manto y de la base de la corteza en el estado de San Luis Potosí, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Boletín del Instituto de Geología, 106, parte 2, 23-36

Burt, D. M., Sheridan, M.F., 1987, Types of mineralization related to fluorine rich silicic lava flows and domes, in Fink, J. (ed.), The emplacement of silicic domes and lava flows: Boulder, Geological Society of America, Special Paper 212, 103–109.

Carrillo, M., y Suter, Max., 1982. Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro. Libro Guía de la excursión geológica a la región de Zimapán, VI Convención Geológica Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, México, D.F.

Carranza-Castañeda, O., y Miller. W.E., 1980. The earliest Capibara record in North America. Geol. Soc. America. Abstr. With Programs. V. 12, p. 339 (resumen).

Carranza-Castañeda, O., Ferrusquia-Villafranca, I., y Miller, W.E., 1981. Roedores caviomorfos pliocénicos de la región central de México: Porto Alegre, Brasil, Congreso Latinoamericano de Paleontología (2), V. 2, p. 721-729.

Carranza-Castañeda, O., y Miller, W.E., 1988. Roedores caviomorfos de la Mesa Central de México, Blancano temprano (Plioceno tardío) de la fauna local Rancho Viejo, Estado de Guanajuato: Universidad, Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, V.7, P. 182-199.

Carranza-Castañeda, O., 1989. Rinocerontes de la fauna del Rancho El Ocote, Mioceno tardío (Henfiliano tardio) del Estado de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, V. 8, P. 88-99.

Carrillo, M., y Suter, Max., 1982. Tectónica de los alrededores de Zimapán, Hidalgo y Querétaro. Libro Guía de la excursión geológica a la región de

Zimapán, VI Convención Geológica Nacional. Sociedad Geológica Mexicana, México, D.F.

Cebull, S.E., Shurbet, D.H., 1987, Mexican Volcanic Belt: an intraplate transform?: Geophysics International, 26, 1-14.

Cendrero, A., 1996, El Patrimonio Geológico. Ideas para su protección, conservación, y utilización. MOPTMA. Serie Monografías: El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. Madrid.

Clark, k. F., Foster, C. T., and Damon, R E., 1982. Cenozoic mineral deposits and subduction related magmatic arcs in Mexico, Geol. Society of America, Bulletin, vol. 93, p. 533-544.

Consejo de Recursos Minerales (COREMI), 1997.Carta geológico-minera del estado de Guanajuato, F14-7 SECOFI, Mexico, D.F.

Corona-Chávez, P., 1988. Análisis estratigráfico estructural de la porción centro-sur de la Sierra de Guanajuato: México, D.F., Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Tesis profesional, p.60 (unpublished).

Chauve, P., Fourcade, E., Carrillo, M., 1985. . Les rapports structuraux entre les domaines cordillerain et mesogeen dans la partie centrale du Mexique. C.R. Acad. Sci., 301, 5. Paris. P.335-340.

Chiodi, Michel, Monod, Oliver, Busnardo, R., Gaspard, D., Sánchez Antonio e Yta Miriam., 1988. Une discordante ante-albienne datee par une faune d'ammonites et de brachiopodes de type téthysien au Mexique central: Geobios, V.21, p. 125-135.

Dávila-Alcocer, V.M., Martínez-Reyes, J., 1987.Una edad Cretácica para rocas basales de la Sierra de Guanajuato. Simposio sobre la geología de la región de

la Sierra de Guanajuato, UNAM, Mexico, p. 19-20

Demant, Alain, 1978, El Eje Neovolcanico Transrnexicano; sus problemas de interpretacion: Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Revista, v. 2, p. 172-187.

Díaz-Berrio S. F., 2005. La importancia del agua en la ciudad de Guanajuato. Diseño y sociedad. UAM-Xochimilco. P. 79-81.

Echegoyén-Sanchez, J., 1960. Informe preliminar y sobre los minerales raros en la porción NW de la veta madre de Guanajuato. Consejo de Recursos no renovables. P.8.

Echegoyén-Sánchez, J., Romero-Martínez S., Velázquez-Silva, S., 1970, Geología y yacimientos minerales de la parte central del Distrito Minero de Guanajuato: Consejo de Recursos Naturales No Renovables, Boletín, 75, 48 p.

Echegoyen-Sánchez, J., 1978. Yacimientos minerales de la Sierra de Arperos y Comanja Estado de Guanajuato: GEOMIMET (México), 93, 44-73.

Edwards, D.J., 1955. Studies of some early Tertiary red conglomerates of central Mexico. United Status Geological Survey, Professional Paper 264, p. 153-185.

Ferrusquia-Villafranca,L.,1987. Reubicacion geocronológica del Conglomerado Guanajuato basda en nuevos mamiferos: Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de geologia. Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Gto., programa, reumenes y guiade excursión, p.21-23.

Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks: Austin, Tex., Hemphills Book Store, p. 170.

Fraga. M. P., 1988. Unidad minera El Realito, Geología y mineralización, Municipio de Victoria, Guanajuato, México, In Geología económica de México, Ed. Salas, G. P., p. 369-375.

Fries, C., Hibbard, C.W., Dunkle, D.H., 1955. Early Cenozoic vertebrates in the Red Conglomerate at Guanajuato, Mexico. Smithsonian Miscellaneous Collections, v.123, 9-18.

Gómez-Tuena A., Orozco-Esquivel M.T; Ferrari L, 2005. Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen Conmemorativo del Centenario. Temas Selectos de la Geología Mexicana. Tomo LVII, n. 3. p. 227-283

González Reyna G.,1959. El intrusivo granítico de Arperos y su influencia en la mineralizacion de Guanajuato, Gto. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v.22, P. 9-18.

Gross, W.H., 1975. New ore discovery and source of silver-gold veins, Guanajuato, Mexico: Economic Geology, V. 7, p. 1175-1189.

Guiza, R., Rendón, F., Baltierra, J.J., 1949, Estudio geológico del Distrito Minero de Guanajuato, Gto. (zona de la veta Madre) México: Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, 22, 75 p.

Hernández-Laloth, N., 1991, Modelo Conceptual del Funcionamiento Hidrodinámico del Sistema Acuífero del Valle de León, Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura, 75 p.

Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), 1991, Datos Básicos de la Geografía de México. México, p.142.

Jaúregui de Cervantes,1976, A Bonanza en el mineral de La Luz, Guanajuato, 1843-1859, tesis. Guanajuato, Universidad de Guanajuato, México,

Kirchoff, P., 1967. Mesoamérica . Sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales. Suplemento de la Revista Tlatoani, ENAH, México.

Kowallis, J.B., Swisher, C.C., Carranza Castañeda, O., Millar, E.W., and Tingey, G.D., 1999. Fission-Track and single crystal 40 Ar/39 Ar laser fusion ages from volcanic ash layers in fossil bearing Plicene sediments in central Mexico. In Aguirre-Díaz et al., ed., tectonic and magmatic evolution of Mexico during the Cenozoic . Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 15, n. 2, p. 157-160.

Labarthe, H. G., Tristán, M., y Aranda, G. J. J., 1982. Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del estado de San Luis Potosí, UASLP, Inst. de Geol. y Metalurgia, Folleto Técnico No. 85, p 208.

Lapierre.,H., Ortiz, E., Abouchami, W., Monod, O., Coulon, C., y Zimmermann, J.L., 1992. A cristal section o fan intra-oceanic island arc the Late Jurassic-Early Cretaceous Guanajuato magmatic sequence, Central México: Earth and Planetary Science Letters, v. 108, p. 61-77.

Lazcano Sahagún, C., 1986. Las cavernas de la Sierra Gorda. Tomo I y II. Universidad Autónoma de Querétaro, México.

López-Ramos, E., 1981. Paleogeografía y tectónica del Mesozoico en México. Revista del Instituto de Geología. Vol. 5, num. 2. UNAM, México.

Macías, J.L., 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen conmemorativo del centenario temas Selectos de la Geología Mexicana tomo LVII, núm. 3. p. 379-424

Marmolejo, Lucio, 1969-1973. Efemérides guanajuatenses o datos para formar la historia de la ciudad de Guanajuato, 4vls., México, Universidad de Guanajuato.

Martínez Reyes, J., 1987. Excursión a la Sierra de Guanajuato; parte 1, Resumen de la geología de la Sierra de Guanajuato: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Simposio sobre la geología de la región de la Sierra de Guanajuato, Gto., Programa, resúmenes y guía de excursión, p. 49-70.

Martínez Reyes, J., 1992. Mapa Geológico de la Sierra de Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Cartas geológicas y Mineras, n.8(con texto explicativo al reverso).

Martínez Reyes. J. y Nieto Samaniego .A.F., 1990. Efectos geológicos de la tectónica reciente en la parte central de México, UNAM, Instituto de Geología, Revista, vol. 9; num. 1, p.33-50

Martini M., Mori L., Luigi Solari, L., Centeno-García, E., 2013. Sandstone provenance of the Arperos Basin (Sierra de Guanajuato, central Mexico): Late Jurassic-Early Cretaceous back-arc spreading as the foundation of the Guerrero terrane. (en revisión).

Marshall, L.G., 1985. Geochronology and land mammals geochronology of the Transamerican faunal interchange. In: Stehli, F. and Webb, S.D. (eds). The great American faunal interchange. P. 49-85. Miller E.W. 1980. The late Plicene Las Tunas Local fauna, from southwestern Baja California Sur, Mexico. J. Paleontology, v.54, p. 762-805.

Miranda, G.M.A., 1978. Estudio geológico-geoquímico regional del área de Xichú, Guanajuato. Informe inédito. Consejo de Recursos Minerales. Gerencia de estudios especiales, México, D.F.

Miller, W.E., y Carranza-Castañeda, O., 1982. New lagomorphs from the Pliocene of Central Mexico: Journal Vertebrate Paleontology, V. 2, P. 95-107.

Monod,O., Lapierre, H., Chiodi, M., Martínez, J., Calvet, P., Ortiz, E., y Zimmermann, J.L.,1990. Reconstitution d'un arc insulaire intraoceanique au Mexique Central, la séquence volcano-plutonique de Guanajuato (Cretacé inferieur): Comptes Rendus de lÁcadémie des Sciences de Paris, v.310, p. 45-51.

Múgica-Mondragón, M.R., y Jacobo-Albarrán, J., 1983. Estudio petrogenético de

las rocas ígneas y metamórficas del Altiplano mexicano. México. Instituto Mexicano del Petróleo. Proyecto C-1156. p. 78

Murphy, G.P., 1982. The chronology, pyroclastic stratigraphy, and petrology of the Valle de Santiago maar field, central mexico. M.sc. Thesis. University of California, Berkeley, USA.

Nieto Samaniego, A. F., 1990. Fallamiento y estratigrafía Cenozoicos de la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato, UNAM, Instituto de Geología, Revista, vol. 9, núm. 2, p. 146-155.

Nieto Samaniego, A. F., 1992. Fallamiento y estratigrafía cenozoicos en la parte sudoriental de la Sierra de Guanajuato. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología. V.9, n.2. p. 146-155.

Nieto Samaniego, A.F., Macías-Romo, C., y Alaniz-Álvarez, S.A., 1996. Nuevas edades isotópicas de la cubierta volcánica cenozoica de la parte meridional de la Mesa Central, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. V. 13. p. 117-122.

Orozco, R., 1921. La industria minera de México. Distrito de Guanajuato, Secretaría de Educación Pública / Secretaría de Industria, Comercio y Trabajo, México.

Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Roldán-Quintana, J., Aranda Gómez, J. J., Morán-Zenteno, D. J., Alaniz-Álvarez, S. A., Nieto- Samaniego, Á. F., 1992. Carta geológica de la Republica Mexicana: quinta edición escala 1:2.000,000: México, D. F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, 1 mapa, texto explicativo. p. 74.

Ortiz-Hernández,.L.E., Yta, M., Talavera, O., Lapierre, H., Monod, O., and Tardy, M., 1991. Origine intra-océanique des formations volcano-plutoniques d'arc du Jurassique supérieur–Crétacé inférieur du Mexique centro-méridional: Comptes

Rendus de l'Académie des Sciences (Paris) (Ser. 2), v. 305, p. 1093–1098.
Ortiz Hernández, L.E., Chiodi, M., Lapierre, H., Monod, O., Calvet, ph., 1992 . El arco intraoceánico alóctono (Cretácico inferior) de Guanjuato- características petrográficas, geoquímicas, estructurales e isotópicas del complejo filoniano y de las lavas basálticas asociadas, implicaciones geodinámicas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, 9 (2), p. 126-145.

Ortiz Hernández L. E., 1997, Mineralogy and Geochemistry of Early Cretaceous intra-plate seamounts from Guanajuato, central Mexico, Geofísica Internacional, (en prensa), 23 p.

Pardo, M., Suárez, G., 1993, Steep subduction geometry of the Rivera plate beneath the Jalisco block in western Mexico, Geophys. Res. Lett., 20, 2391-2394.

Pardo, M., Suarez, G., 1995, Shape of the subducted Rivera and Cocos plates in southern México; seismic and tectonic implication: Journal of Geophysical Research, 100, 12357-12373.

Ponce, L.R., Gaulon, G., Suarez, G., Lomas, E., 1992, Geometry and the state of stress of the downgoing Cocos plate in the Isthmus of Tehuantepec: Geophysical Research Letter, 19, 773-776.

Quintero-Legorreta, O., 1992. Geología de la región de Comanja, estados de Guanajuato y Jalisco: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, 10(1), p. 6-25.

Raisz, E., 1959. Landforms of Mexico scale 1:3000000: Cambridge, Massachussets, U.S. Office of Naval Research. Geography Branch, 1 Mapa.

Ramos-Leal, J.A., Durazo, J., González–Morán, T., Juárez–Sánchez, F., Cortés-Silva, A., y. Johannesson, K. H., 2007. Evidencias hidrogeoquímicas de mezcla de flujos regionales en el acuífero de La Muralla, Guanajuato. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 24, núm. 3, p. 293-305.

Randall, R. J. A. Saldaña, A. E. and Clark, K. F., 1994. Exploration in a volcano plutonic center at Guanajuato, Mexico, Economic Geology, Vol. 89, p. 1722-1751.

Ruíz, J., Kesler, S.E., Jones, L.M., Sutter, J.F., 1980. Geology and geochemistry of the Las Cuevas fluorite deposit, San Luís Potosí, Mexico. Economic Geology, v.75, p. 1200-1209.

Sedlock, R. L., Ortega, F. and Speed, R. C., 1993. Tecnostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico, Geological Society of America, Special Paper 278, 153 p.

Servais, Marc., Rojo-Yaniz, Roberto y Colorado-Liévano, Daniel., 1982. Estudio de las rocas básicas y ultrabásicas de Sinaloa y Guanajuato-postulacion deun paleogolfo de Baja California y de una digitación tethysiana en México central: GEOMIMET, num, 115, p. 53-71.

Sheth, H.C., Torres-Alvarado, I.S., Verma, S. P., 2000, Beyond subduction and plume: A unified tectonic-petrogenetic model for the Mexican Volcanic Belt: International Geology Review, 42, 1116-1132.

Singh, S.K., Pardo, M., 1993, Geometry of the Benioff Zone and state of stress in the overriding plate in central México: Geophysical Research Letter, 20, 1483-1486.

Taladoire, E., 1977. Los petroglifos del cerro del Sombrero, Guanajuato. Archivo del Centro INAH, Guanajuato, Guanajuato.

Tang Lay, C., y Langenschaidt, A., 1978. Geología y minería de la Sierra Gorda. Simposio: Problemas del desarrollo histórico de Querétaro, Querétaro, México.

Tardy, M., Lapierre, H, Bourdier, J.L. Coulon, Ch., Ortiz, H. L. H. and Yta, M., 1992. Intraoceanic setting of the Western Mexico Guerrero Terrane-implications for the Pacific-Tethys geodynamic relation ships during the Cretaceous, UNAM,

Inst. de Geología, Revista, vol. 10, Núm. 2, p. 118-128.

Tristán González, M., 1986. Estratigrafía y tectónica del Graben de Villa de Reyes, en los Estados de San Luís Potosí y Guanajuato, México. Universidad Autónoma de San Luís Potosí. Instituto de Geología. Folleto Técnico n.107. p. 91.

Trujillo-Candelaria, J.A.,1977. Posibilidades acuíferas en sedimentos continentales terciarios de la república Mexicana. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo XXXVIII, N. 2, p.34-51.

Trujillo-Candelaria, J.A., 1985, Origen del fallamiento, *in* Fallamiento de terrenos en Celaya: Celaya, Gto., Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Asociación Geohidrológica Mexicana, p. 3-21.

Uribe-Cifuentes, R.M., Urrutia-Fucugauchi, J. 1999, Lower crustal xenoliths from the Valle de Santiago Maar Field, Michoacan-Guanajuato Volcanic Field, Central Mexico: International Geology Review, 41, 1067-1081.

Valencia, D.J., 1992. El arte rupestre en Mécico. Tesis de Licenciatura, ENAH, México.

http://www.e-local.gob.mx

www.guanajuato.gob.mx

ANEXOS

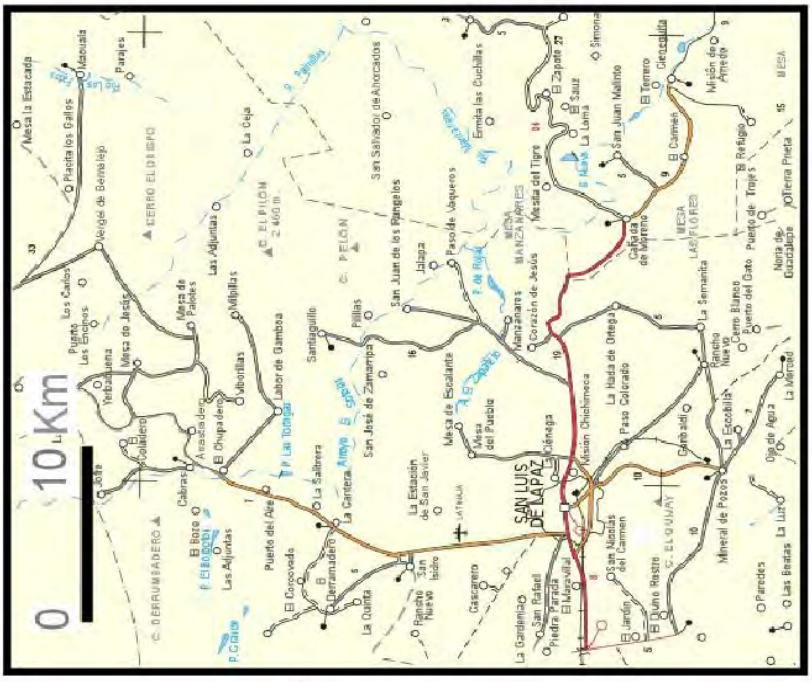
LAS CAVERNAS DE SAN LUÍS DE LA PAZ

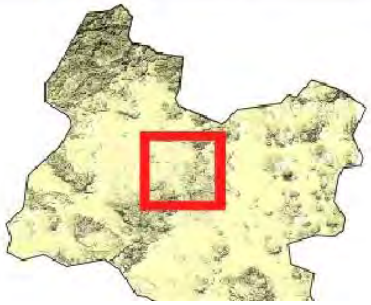
En el estado de Guanajuato solo existen rocas carbonatadas en un 15% de su superficie, en los municipios de San Luís de La Paz, Atarjea, Victoria y Xichú.

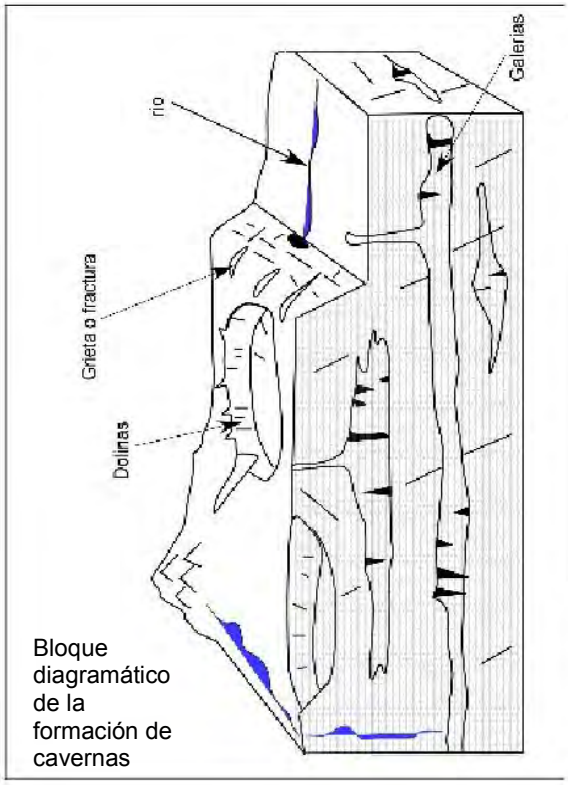
Las cavernas de San Luís de La Paz o Grutas del Vergel de Bermalejo como los lugareños prefieren denominarlas, forman parte de uno de los conjuntos cársticos únicos del estado de Guanajuato.

Vergel de Bermalejo se localiza a 45 kilómetros a lnoreste de San Luís de La Paz. Enclavado en el corazón de la Sierra Gorda, sus alrededores presentan bosques de pino y abeto, donde pueden visitarse grutas que esconden maravillosas estalactitas y estalagmitas, cuyo recorrido puede realizarse en dos horas.

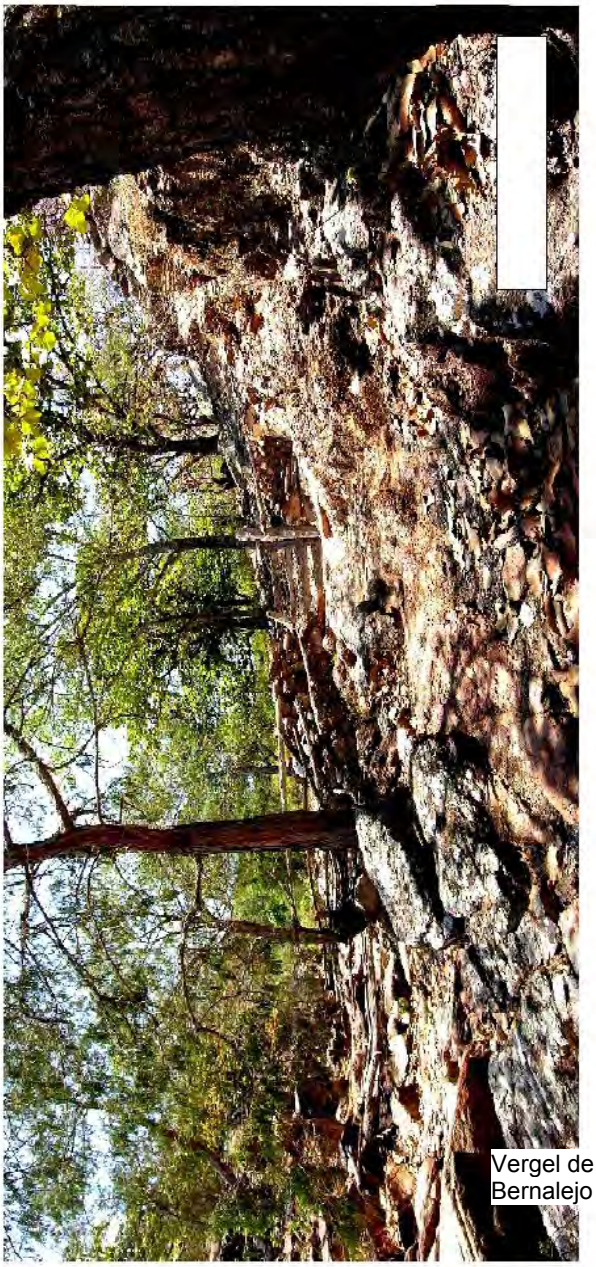
LAS CAVERNAS DE SAN LUÍS DE LA PAZ







Bloque diagramático de la formación de cavernas



Vergel de Bernalejo

Los principales parajes en los que se localizan las cavernas son: Vergel de Bermalejo y Paso de Vaqueros. Para llegar a las cavernas de Vergel de Bermalejo se parte de la ciudad de San Luís de La paz hacia la Hacienda de Jofre, a 33km, posteriormente hacia el Vergel (10km) y de ahí 2 km a las grutas, en algunos tramos el camino es accidentado. Desde el punto de vista fisiográfico las cavernas de San Luís de la Paz se localizan en la provincia Sierra Madre y la sub-provincia Karst Huasteco de Guanajuato. Uno de los caracteres de esta región respecto a las otras unidades geológicas (intrusivos, rocas volcánicas), es su relativa complejidad litológica y estructural. En el área afloran mega-estructuras como el anticlinorio El Piñón, y los anticlinales cerro de La Yesca y Bonanza (Lazcano-Sahagún, 1986). El origen de la caverna se debe a la disolución de la caliza la cual es una roca compuesta en más de un 90% por carbonato de calcio ($CaCO_3$), al estar expuesta al agua de lluvia se provoca una serie de reacciones químicas y mecánicas, las cuales son la causa principal de la génesis de la mayoría de las cavernas del mundo (Lazcano-Sahagún, 1986).

Panorámica de La Sierra de Vergel de Bermalejo

El poblado de San Luís de la Paz, fue fundado en1522, por los colonizadores, como una estancia defensiva contra los chichimecas, ya que por ese lugar pasaba el camino de la plata, que iba de Zacatecas a la ciudad de México. En 1849, se le confirió el título de villa; el 1 de diciembre de 1853 se le nombra capital del departamento dela Sierra Gorda, registrándose en el estado de Guanajuato en 1859; para el año de 1895 fue elevada a la categoría de ciudad.

El municipio de San Luís de la Paz colinda al norte con el estado de San Luís Potosí, al este con el municipio de Victoria; al sur con los municipios de Doctor Mora, San José Iturbide, Allende y Dolores Hidalgo, al oeste con los municipios de Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión y el estado de San Luís Potosí.

El acceso a la zona es a través de la carretera central México-Piedras Negras, comunicándose también con las carreteras San Luís de la Paz-Doctor Mora y San Luís de la Paz-Victoria. Además, existen caminos hacia los municipios de Santa Catarina, Xichú, Mineral el Realito y Río Verde, en el estado de San Luís Potosí.

Calizas de la Formación Las Trancas

Los materiales de la caverna

Cuando se entra en la caverna de Vergel de Bermalejo lo primero que llama la atención es el color gris obscuro de las rocas que constituyen sus paredes combinado con colores ocres y rojizos. La caverna de Vergel de Bermalejo presenta espeleotemas que son las formas de reconstrucción cárstica, es decir, son los minerales que se forman dentro de las cavernas, utilizando como crecen desde el techo, desde el suelo y desde las paredes de la cavidad. Los espeleotemas presentan formas y mineralogía variada, por ejemplo en el techo de la caverna se reconocen varillas colgantes conocida como “macarrones “que suelen ser formas verticales con morfología tubular, aunque a veces se presentan de forma cónica.

De igual manera se observan estalactitas cuyas formas alargadas cuelgan de los techos hasta llegar en algunos casos, al suelo, se presentan en formas cónicas o cilíndricas de anchura centimétrica a métrica.

El sustrato de la caverna

El sustrato geológico lo constituye una potente serie Mesozoica que aflora en el camino de Vergel de Bermalejo. Se trata de bancos calcáreos de color gris perteneciente a la Formación El Abra. Las facies de la Formación El Abra son consideradas de plataforma (borde e interior), constituidas en el borde por arrecifes de rudistas y calizas bioclásticas oolíticas de textura grainstone-mudstone y en el interiores la misma litología, pero con una mejor estratificación y presencia de evaporitas (Carrillo y Suter, 1982). Son rocas resistentes a la erosión por lo que sus rasgos topográficos destacan en el relieve, llegando ha ser muy abruptos. Desde el punto de vista carstológico y espeleológico, la Formación El Abra es de gran importancia ya que sus características fisicoquímicas han permitido que se desarrolle en ella una gran variedad de formas cársticas entre las que destacan las cavernas de Vergel de Bermalejo. El interior de la Caverna de Vergel de Bermalejo, es una cavidad laberíntica desde el punto de vista morfológico .Desgraciadamente no se tiene la topografía de la caverna, pero presenta un desarrollo básicamente horizontal, los conductos cársticos tienen una altura de 1 a 2 m. Dentro de la cavidad se pueden observar a grandes rasgos dos salas, la primera constituida por estalactitas y estalagmitas y la otra sala denominada de la Virgen.

Depósitos volcánicos en los alrededores deVergel

Panorámica Vergel de Bernalejo

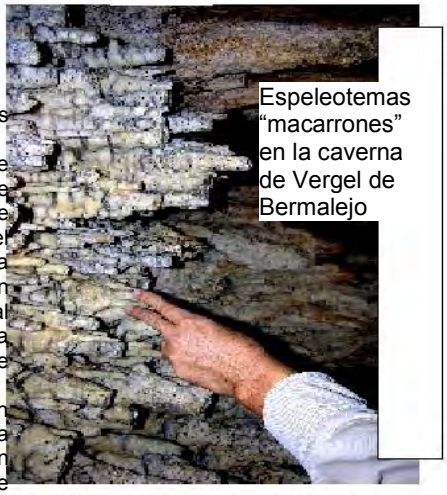
Entorno geológico de la caverna

La región de San Luís de la Paz se sitúa en el sector nororiental de la Sierra Gorda (Querétaro-Guanajuato), en un dominio caracterizado por el desarrollo de montañas calcáreas intensamente deformadas, fracturadas y falladas. Los materiales geológicos son principalmente calizas, lutitas y areniscas que pertenecen a las formaciones Las Trancas, El Abra y Soyatal-Mexcala, que abarcan una edad del Jurásico Superior al Cretácico Superior (Lazcano-Sahagún, 1986).

Columnas en la caverna de Vergel de Bermalejo

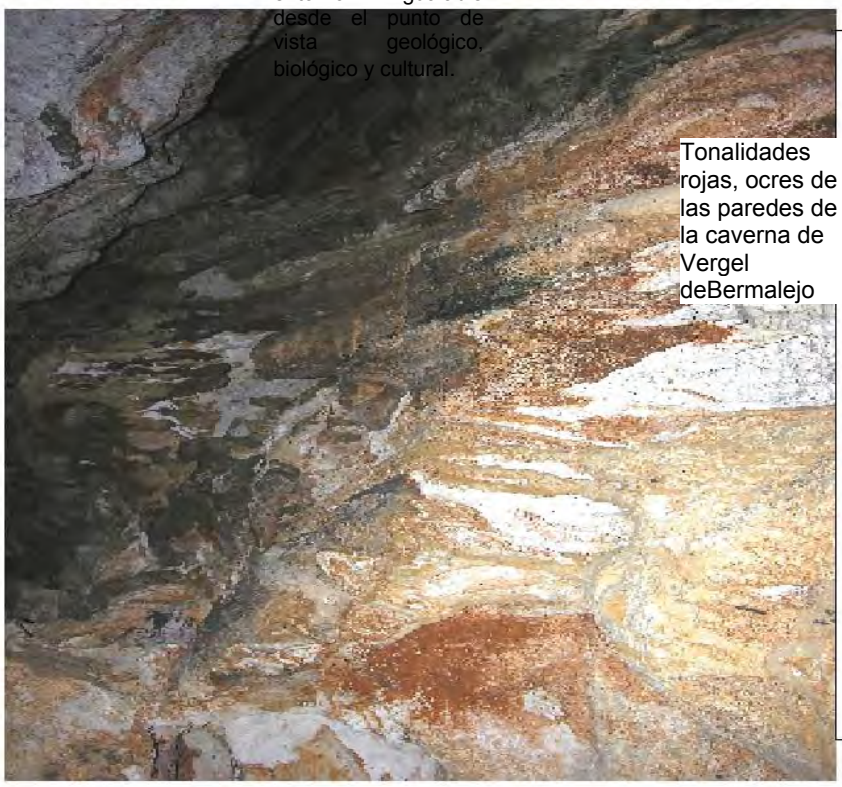
Interior de la caverna de Vergelde Bermalejo

Los procesos tectónicos, sedimentarios y de meteorización se unen para formar este bellísimo paraje, el cual, se encuentra inmerso en un espacio natural protegido que es la Sierra Gorda de Guanajuato, ofreciendo una gran posibilidad para disfrutar de un entorno inigualable desde el punto de vista geológico, biológico y cultural.

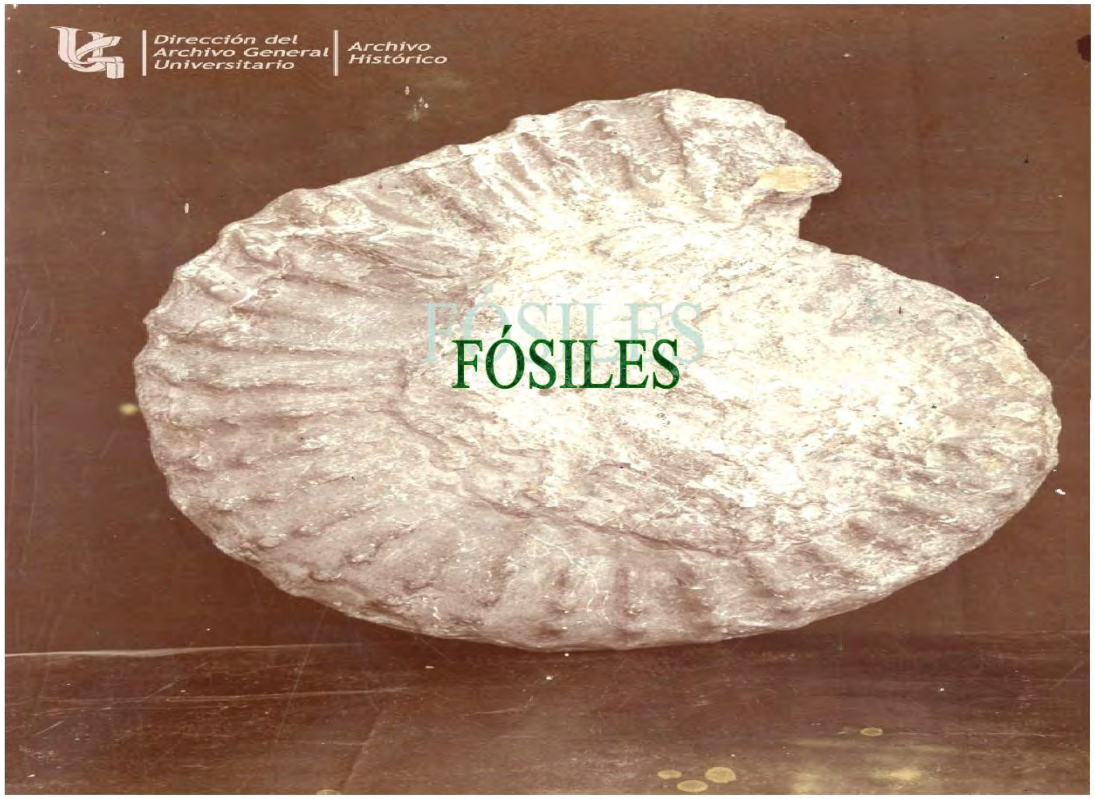


Espeleotemas “macarrones” en la caverna de Vergel de Bermalejo

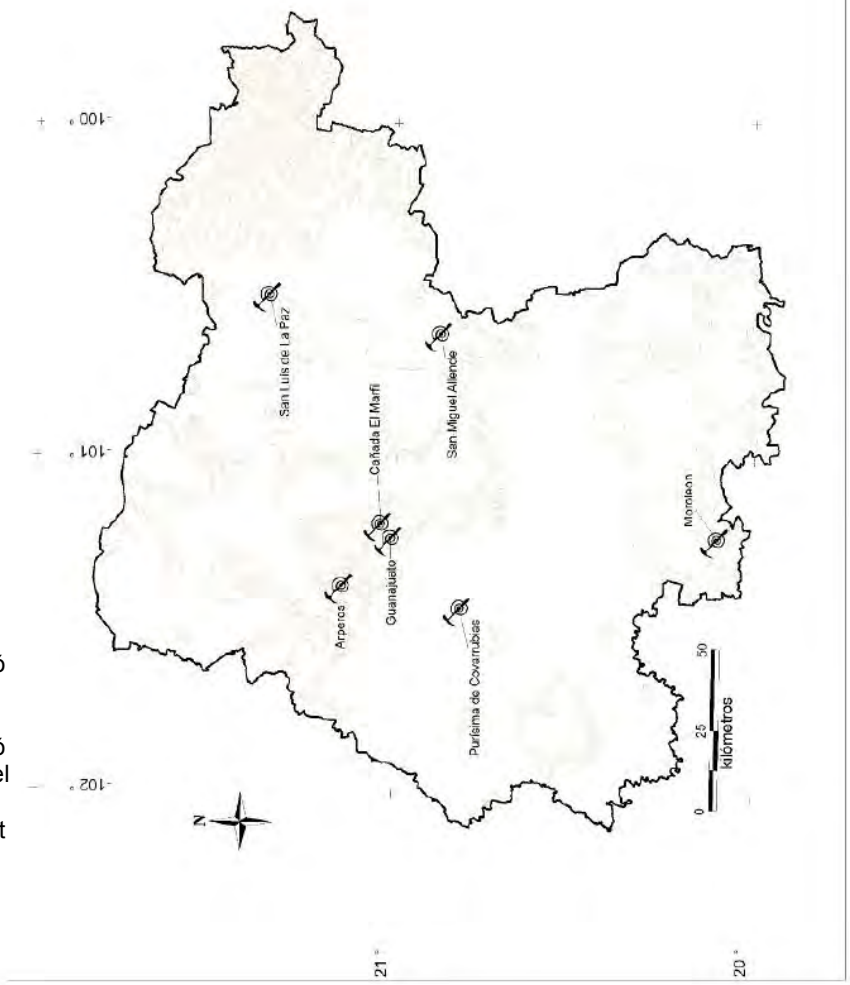
Las estalagmitas son relativamente escasas, son semejantes a las estalactitas pero crecen desde el suelo siempre que haya un goteo de agua a partir de las estalactitas. Las estalactitas y estalagmitas pueden coalescer para dar lugar a columnas. Las columnas son estructuras de mayor entidad ya que suelen tener un diámetro superior a 10 cm. Tanto en la sala uno como en la sala de la Virgen se reconocen importantes formaciones de columnas.



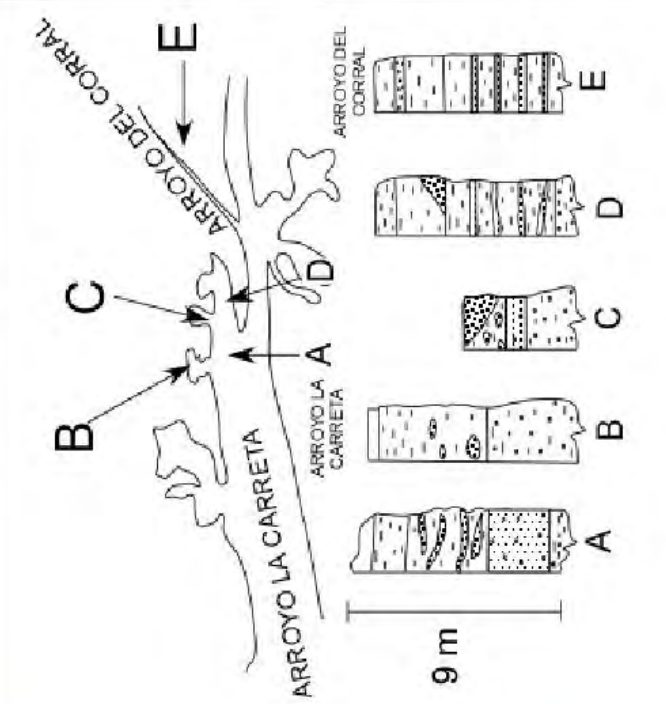
Tonalidades rojas, ocres de las paredes de la caverna de Vergel deBermalejo


Dirección del
Archivo General
Universitario
Archivo
Histórico
FÓSILES

A través de los tiempos geológicos el estado de Guanajuato ha sufrido numerosas e importantes transformaciones que constituyen parte de su historia. Aquellos acontecimientos y los seres vivos que no describen los libros de historia clásicos, están registrados en la forma de fósiles en los diferentes tipos de rocas que constituyen el substrato que hoy denominamos estado de Guanajuato. El interés e importancia de los fósiles guanajuatenses es clave para conocer la historia y la evolución paleogeográfica de la Mesa Central durante el Cenozoico. A pesar que los trabajos publicados sobre el tema son relativamente escasos, alrededor de 60 (Arroyo-Cabrales et al., 2002) estos reúnen datos procedentes de al menos siete áreas con fósiles en el estado, a saber Arperos, San Luis de la Paz, Cañada de Marfil, Guanajuato, Moroleón, Purísima de Covarrubias y San Miguel de Allende y aproximadamente de 20 yacimientos o localidades fosilíferas que se encuentran en las mismas y en las que se llevan inventariados más de un centenar de especies fósiles de vertebrados. La contribución general de las localidades paleontológicas guanajuatenses a la geología de la Mesa Central y a la historia de su paleo-diversidad es de un interés especial ya que algunos de los yacimientos son localidades tipo para algunos de los fósiles que resultaron nuevos para la ciencia. La historia de las investigaciones paleontológicas en Guanajuato probablemente se inicia con el registro por Guillemin Tarayre en 1867 de restos de dientes atribuidos a bisonte en la Cañada de Marfil. A este registro le siguieron los del Dr. Alfredo Dugès en 1882 y en 1891, cuando describe, en el primero, a un edentado fósil al que le llamó Scelidotherium guanajuatensis, aunque actualmente este nombre se considera sinónimo de Eremotherium laurillardi llamado también perezoso terrestre gigante, encontrado en las cercanías del poblado de Arperos, mientras que de Moroleón, en el segundo trabajo, describe un cerdo fósil, Platygonus alemanii, ambas especies características del Pleistoceno. Posteriormente, el ingeniero A. R. V. Arellano en 1952 señala la existencia de fauna muy antigua en la Cañada de Marfil, siendo esta una de las más antiguas de México. De ésta se han descrito a dos roedores Floresomys guanajuatoensis y Guanajuatomys hibbardi (Fries et al., 1955; Black y Stephens, 1973).En San Miguel de Allende, se encontró una de las áreas de más extensa riqueza de fósiles del Cenozoico expuesta en el Centro de México. Las investigaciones de esta megafauna se remontan a hace veintiocho años a cargo de los doctores Oscar Carranza, Ismael Ferrusquía-Villafranca y Gerardo Aguirre Díaz del Instituto de Geología y Centro de Geociencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), área en la cual aún se continúa trabajando. En general, la fauna conocida en el estado representa una temporalidad que va del Eoceno-Oligoceno (fauna Marfil), pasando por el



Mapa de localización de las áreas paleontológicas en el estado de Guanajuato



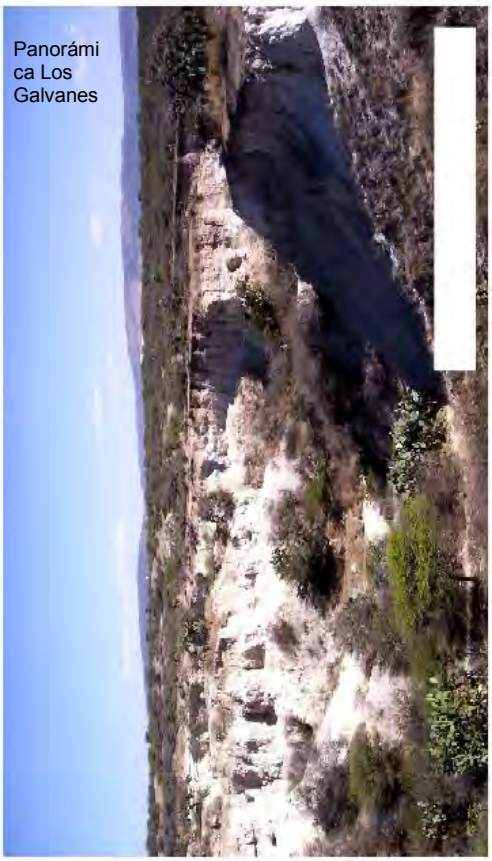
Secuencia estratigráfica del área del Rancho El Ocote(modificado de Carranza-Castañeda, 2006)

Litológicamente la fauna del Rancho El Ocote se encuentra en estratos de arcilla, limo, arena y ceniza volcánica. El color de las capas fosilíferas pliocénicas que afloran en el área varía de blanco a amarillo verdoso. Los fósiles están contenidos principalmente en arcilla y arena con ceniza volcánica de poca compactación o grava volcánica de clastos subangulares y mal clasificados, depositados en canales o superficies de inundación (Carranza-Castañeda, 1989).En su mayor parte los fósiles se encuentran completos, aunque se han encontrado múltiples fragmentos que presentan poca evidencia de transporte, algunos presentan recristalización de calcita en los huecos medulares de los elementos post-craneales o están rellenos de carbonatos (Carranza-Castañeda, 1989).El estrato basal tiene un espesor de 2 a 4 m, está compuesto por arcilla, la cual al intemperizarse presenta un color amarillo claro y se rompe en grumos angulares de diámetro pequeño. Intercaladas en las arcillas se encuentran evidencias de paleocanales rellenos de gravas o de arena mal clasificada. En dicho estrato están asociados Megalonyx, Machairodus, Osteoborus, Pseudaelurus, Rhynchotherium, Teleoceras, Prosthenops, Megatylopus, Alforjas, Hexobelomeryx y los équidos Nannippus minor, Neohipparioneurystyle, Astrohippus stockii y Dinohippus mexicanus. El estrato intermedio es de 1 a 2 m de espesor, sobreyace discordante al estrato basal. Compuesto por arena fina, ceniza volcánica y arcilla, de color gris claro, que se presenta en varias capas y lentes.

El estrato superior tiene un espesor de 0.70-1.20 m y está compuesto por limolita.

Rancho El Ocote-Arroyo La Carreta

Esta localidad se encuentra ubicada en la congregación de Los Rodríguez, municipio de San Miguel de Allende. El acceso a la localidad puede efectuarse por la carretera que une a San Miguel de Allende con el pueblo de Doctor Mora, en el kilómetro 26 se encuentran con Los Rodríguez; en la salida norte del poblado, hacia el occidente, inicia un camino de terracería que conduce hasta la ranchería de San Andrés y a 2 km aproximadamente al sur de este último punto se encuentra el Rancho El Ocote, la planicie donde se encuentra está a una altura de2000 m.



Panorámica Los Galvanes

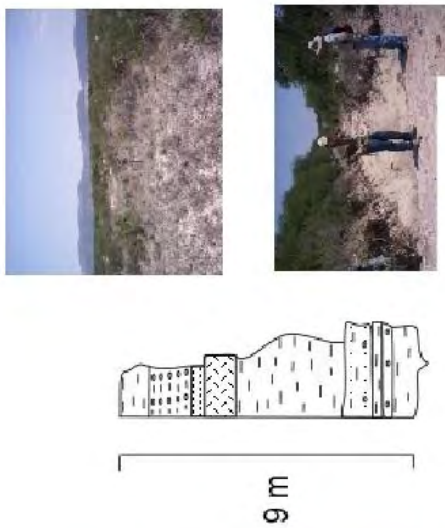
Los fósiles y las áreas del Terciario tardío

La topografía singular del territorio mexicano, limitada al oeste por la Sierra Madre Occidental y al este por la Sierra Madre Oriental originó un corredor natural de migración para las faunas del Terciario tardío. Este fenómeno biológico fue registrado en las cuencas sedimentarias localizadas en Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende. Dichas cuencas se encuentran rellenas de depósitos vulcano-clásticos, fluvio-lacustres y lavas cuya edad se remonta al Mioceno medio y en algunos casos hasta el Oligoceno (Nieto et al., 1996) y contienen abundante material de vertebrados fósiles que muestran la mayor diversidad de taxa de mamíferos en el centro de México. Los sitios más importantes donde se encuentran los yacimientos fosilíferos son: Rancho El Ocote, Rinconada, Arroyo Tepalcates, Arroyo La Carreta, Rancho Viejo, La Presa, La Nopalera, Coecillos y Los Galvanes. De ellas, las más interesantes son Rancho El Ocote-Arroyo La Carreta y Rancho Viejo, lasque a continuación se describen.

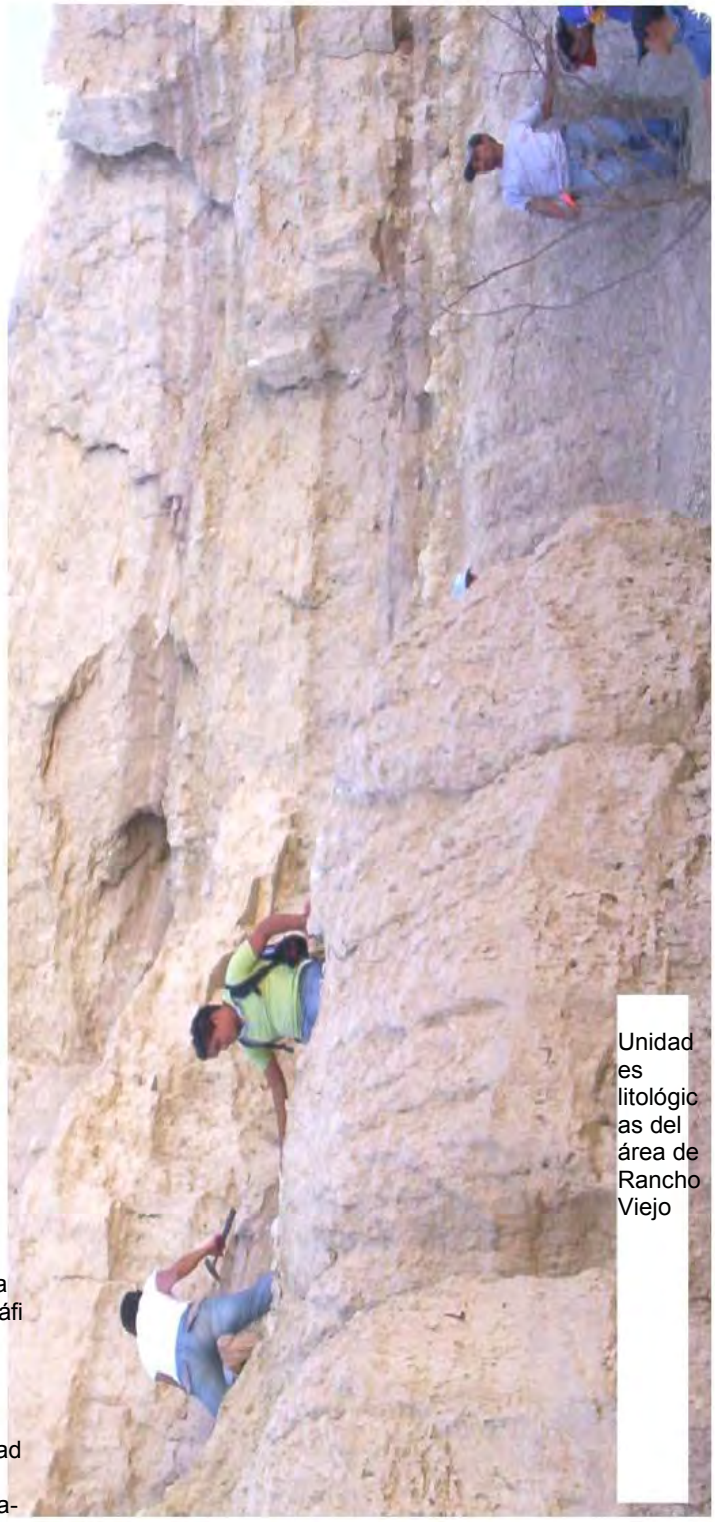
Los sedimentos presentan una coloración que varía desde el blanco hasta el amarillo verdoso. Litológicamente están compuestos por arcilla, arena y ceniza volcánica. La fauna consiste de diversos taxa de origen típicamente norteamericano, siendo la familia de los équidos la más abundante. Asociados a ellos se han encontrado también restos de roedores caviomorfos (carpinchos) de origen sudamericano, compuestos por esqueletos de individuos de edades diferentes, desde muy jóvenes hasta adultos (Carranza-Castañeda y Miller, 1988), que constituyen el registro más antiguo de esta integración de faunas en la República Mexicana y que fueron previamente mencionadas por Carranza-Castañeda y Miller (1980) y Carranza-Castañeda y colaboradores (1981).

Rancho Viejo

El acceso a la localidad es a través de la Carretera 51 que une las ciudades de San Miguel de Allende y Dolores Hidalgo. La topografía del área es, en general, una planicie de lomas suaves con numerosos arroyos de profundidad variable (Carranza-Castañeda y Miller, 1988). En esta área se reconocen varias localidades fosilíferas cuyos nombres informales son: Cuesta Blanca, Arroyo Palo Blanco y Tren Plano, las que se encuentran entre los 1910 y 1990 msnm. Los estratos que contienen el material fósil fueron depositados de manera horizontal en llanuras de inundación.



Columna estratigráfica del área de Rancho Viejo (modificado de Carranza-Castañeda, 2006)



Unidades litológicas del área de Rancho Viejo

Las comparaciones realizadas con la fauna de Yepómera (Chihuahua) establecen que la fauna local Rancho El Ocote es correlacionable con esta última, mientras que con la localidad de Coffee Ranch en Texas, existe una gran afinidad a nivel genérico.

En el caso del arroyo La Carreta se presentan unidades litológicas bien definidas, con un conjunto faunístico específico en cada una de ellas. Entre el material encontrado destaca el correspondiente a los rinocerontes (Teleoceras fossiger), el cual incluye cráneos y molariformes, los que con base en su estudio sugieren se trata de individuos de una misma población.

La fauna del estrato basal, de donde proviene Teleoceras fossiger, corresponde al Henfiliano tardío. Esta fauna también se correlaciona con la fauna de Yepómera, que es más reciente que la fauna de Coffee Ranch, Texas (Carranza-Castañeda, 1989).

La presencia de Equus (Dolichohippus) simplicidens y Nannippuspeninsulatus en estas localidades, permite establecer una edad del Plioceno tardío (Blancano temprano) para la fauna, lo que se ve apoyado por los lagomorfos identificados. Es importante mencionar que en los sedimentos de Rancho Viejo se había colectado material de Glossotheriumgarbanii (Montellano-Ballesteros y Carranza-Castañeda, 1986), perezoso terrestre que muestra un intercambio dinámico temprano de las formas neotropicales en el Hemisferio Norte, y al mismo tiempo constituye el registro más austral de América del Norte.

La colecta en estas secuencias delos primeros inmigrantes sudamericanos como Neochoerus Paramylodon, Glyptotherium y Pampatherium sugieren el inicio del Gran Intercambio de Faunas entre las Américas.

El estudio de estas áreas y sus fósiles acrecienta el conocimiento de la biodiversidad y el paleoambiente en que dichos organismos vivieron, así como la migración de ciertos vertebrados a lo largo del paleo-continente americano, convirtiendo así a Guanajuato en una pieza importante en el estudio de las paleo faunas.

Gonfotero del área de Purísima de Covarrubias

De estos capibaras se identificaron dos especies: Neochoerus cordobai, que es la más grande y adaptada posiblemente aun ambiente más abierto y Neochoerus sp.de menor tamaño y restringida a un ambiente más estricto de hábitat anfibio como el actual Hydrochoerus (Carranza-Castañeda y Miller, 1988).

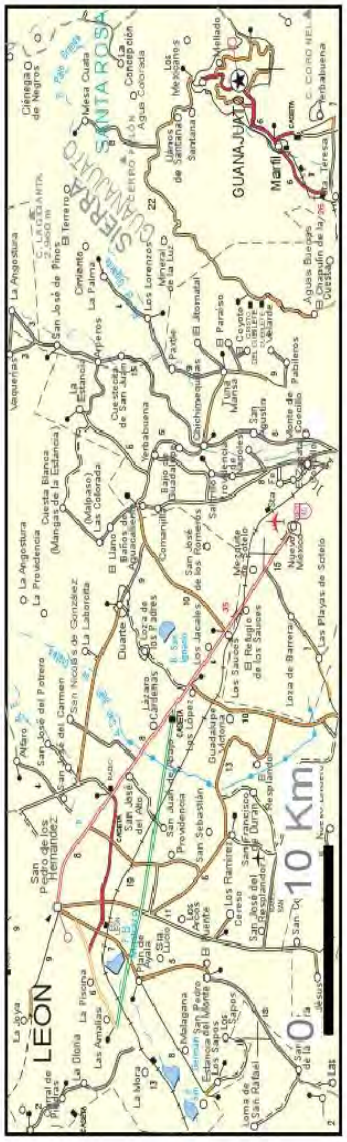
La fauna asociada al material de capibaras está representada por una extensa variedad de taxa, sin embargo, sólo se ha descrito formalmente el material de lagomorfos (Miller y Carranza-Castañeda, 1982), Hypolagus mexicanus,Paranotalagus complicatus y Pratilepus?kansasensis; Los équidos está representados por Equus (Dolichohippus simplicidens y especialmente Nannippuspeninsulatus que se encuentra a través de toda la secuencia sedimentaria. Además de las formas mencionadas, se cuenta con una colección de carnívoros (cánidos, ursidos y mustélidos), antilocápridos, camélidos, proboscidios y otros vertebrados como reptiles y aves.

BALNEARIO DE COMANJILLA
Edificio baños termales

BALNEARIO DE COMANJILLA

El Balneario de Comanjilla se encuentra situado al sureste del municipio de León, en el estado de Guanajuato. Queda comprendida dentro de los municipios de Silao, Guanajuato y León. Se encuentra a solo 15 minutos del Aeropuerto Internacional del Bajío, a 20 minutos de la Ciudad de León y 52 kilómetros de Guanajuato. Se accede por la carretera federal número 45 que une a las ciudades de Silao y León con un ramal de 10 km, a la altura del poblado de los Sauces que va al Balneario de Comanjilla En el lugar donde ahora se asienta el municipio de Silao, existió un poblado otomí que al ser conquistado por los tarascos recibió el nombre de Tzinacua, que en castellano significa "Lugar de humaredas" debido a que de las aguas termales, se desprendían columnas de vapor.

Después, el nombre del lugar fue modificado, llamándose sucesivamente Sinaua, que significa "Sinagua"; luego Silagua, para quedar con el de Silao(www.rutasdeguanajuato.com). En el Balneario de Comanjilla y en su cercanía inmediata, se halla un grupo de géiseres pequeños y manantiales azufro-termales e intermitentes (Wittich, 1909). Por las propiedades curativas de sus aguas termales. El Balneario de Comanjilla era muy conocido y apreciado. El primer registro que se tiene del lugar, era como posada de descanso para comerciantes que se dirigían a otros pueblos mineros en el año de1855. Su nombre deriva del náhuatl Comanja que significa congregación de aldeas o tribus, según los moradores del lugar. El Balneario de Comanjilla se encuentra dividido en tres secciones: hacienda, balneario y bosques.



Mapa de ubicación del Balneario de Comanjilla

Manantial del Balneario de Comanjilla

Las altas concentraciones en Li y Cl-, y temperaturas mayores al promedio de la región se interpreta como un flujo regional profundo que se origina en la Sierra de Guanajuato y Altos de Jalisco y que, a través de fallas, se transforma en un flujo vertical ascendente (Ramos-Leal et al.,2007).

En época de secas el manantial brotante alcanza hasta 110 ºC y en épocas de lluvia 94 ºC; la disminución en la temperatura del agua indica que llega a haber interacción con flujos locales (Ramos-Leal et al.,2007). Los datos hidro-geoquímicos presentados por Ramos-Leal et al. (2007), muestran que el manantial de Comanjilla presenta facies sódico bicarbonatadas (Na–HCO3).

Geológicamente la región ha estado expuesta a numerosos procesos tectónicos y volcánicos que juegan un papel muy importante en la hidrodinámica de los acuíferos. Los procesos tectónicos y la formación de fallas geológicas se relacionan a la presencia de manantiales alineados, algunos de ellos con características termales, como el manantial Comanjilla.

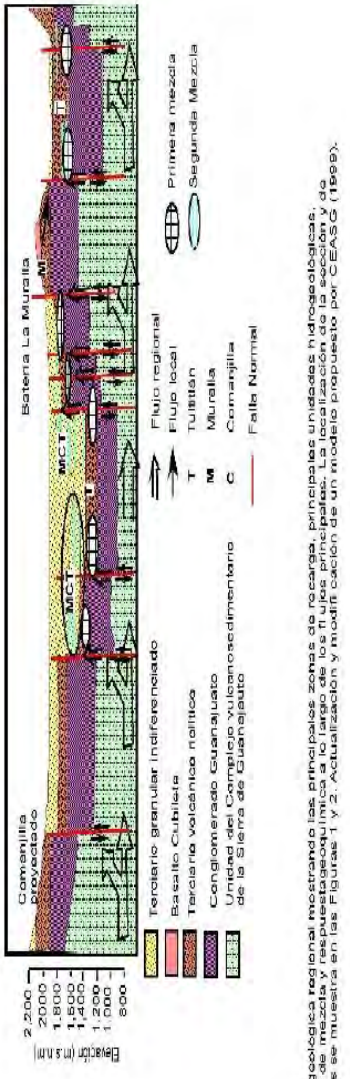
En la zona afloran rocas de tipo sedimentario, metamórfico y volcánico, intersectados por fallas de dirección NW–SE, NE–SW y N– S. Dichas estructuras revelan procesos en la geodinámica continental producto de un régimen tectónico distensivo, activo durante distintas épocas del Cenozoico, incluido el Cuaternario (Nieto-Samaniego, 1992). Los manantiales del Balneario de Comanjilla se encuentran asentados sobre una de las fallas que limitan a la Sierra de Guanajuato (Falla del Bajío).

Características físico-químicas e hidráulicas del manantial de Comanjilla

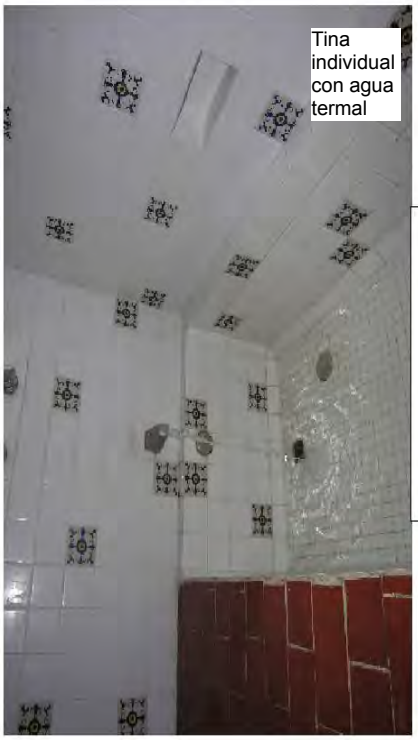
Muestra Comanjilla	X UTM 243.422	Y UTM 2´331.540		
Ca	1.94	SO4	36.70	
Mg	0.04	NO3	nd	
Na	148	pH	8.32	
K	5.96	T°C	94	
Li	0.48			
Cl	13.60			

Con las instalaciones y técnicas de tratamiento hidrotermal, la convierten en uno de los balnearios guanajuatenses de mayor fama. En elcuadro de adjunto se exponen las características físico-químicas e hidráulicas de estas aguas. Los componentes químicos parecen indicar que se trata de un flujo que alcanza cierta profundidad en su circulación a través del granito y rocas volcánicas, este emerge

gracias a la presencia de fallas de gran continuidad vertical. El agua surge a una temperatura de 95.5-96.5 °C., por lo que se considera como termales agua del tipo Na–HCO3 con altas concentraciones en Li y Cl (Ramos-Leal et al., 2007).



Sección geológica regional mostrando los principales zonas de recarga, principales unidades hidrogeológicas, procesos de mezcla y respuestageoquímica a lo largo de los flujos principales. La localización de la sección y de los pozos se muestra en las Figuras 1 y 2. Actualización y modificación de un modelo propuesto por CEASG (1999).



Tina individual con agua termal

Panorámica Comanjilla

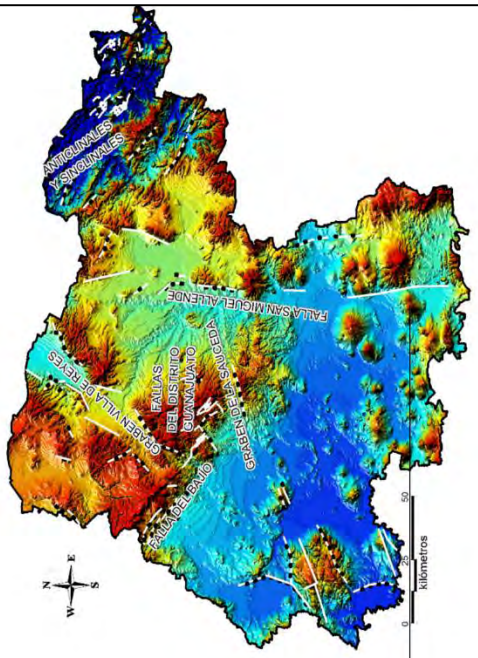
Instalaciones del Balneario de Comanjilla

Las aguas minero-medicinales del Balneario de Comanjilla están indicadas, entre otras dolencias para el tratamiento del sistema nervioso, reumatismo, aparato locomotor, respiratorio, circulatorio y alergias.
Para lograr un óptimo rendimiento, el Balneario cuenta con numerosas técnicas hidrotermales.

PRINCIPALES ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

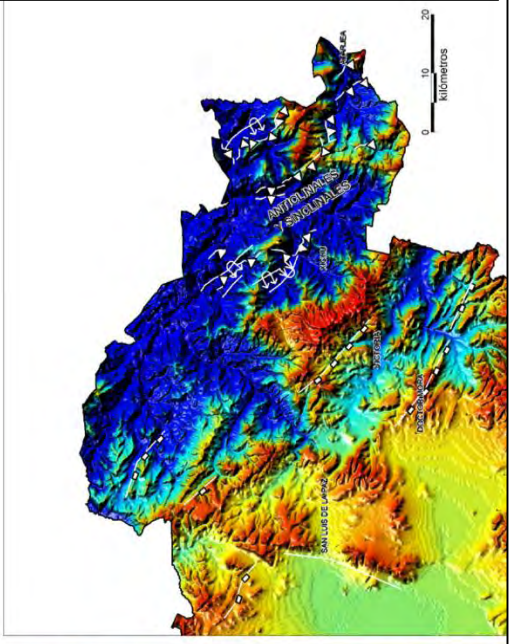
Pliegues en la Formación Esperanza, Distrito Minero de Guanajuato

Los conjuntos estructurales más importantes del estado de Guanajuato son producto de los diferentes accidentes tectónicos originados por la orogenia Laramide y por eventos distensivos del Cenozoico que controlan la morfología actual de toda la región. La Orogenia Laramide fue un proceso de formación de montañas que se produjo en el Oeste de Norteamérica y que comenzó en el Cretácico superior y termino hace 40 millones de años. Durante ese tiempo gran parte de lo que ahora es territorio mexicano estuvo ocupado por mares permaneciendo emergibles parcialmente algunas áreas que en la actualidad forman la Sierra Madre Occidental, la Península de Baja California y la Sierra Madre del Sur.



Mapa s las estructuras geológicas más importantes del estado de Guanajuato

Modelo digital de elevación del noreste del estado de Guanajuato, en donde se muestran estructuras como anticlinales, sinclinales y cabalgaduras



Ejemplo del efecto de la Orogenia Laramide en el estado de Guanajuato son las estructuras compresionales que afloran al nororiente del estado en donde las rocas mesozoicas fueron plegadas ocasionando estructuras como anticlinales y sinclinales de rumbo NW-SE con inclinación hacia el NE que llegan a desarrollar fallas inversas (Chauve el al., 1985).

Elementos distensivos del Cenozoico

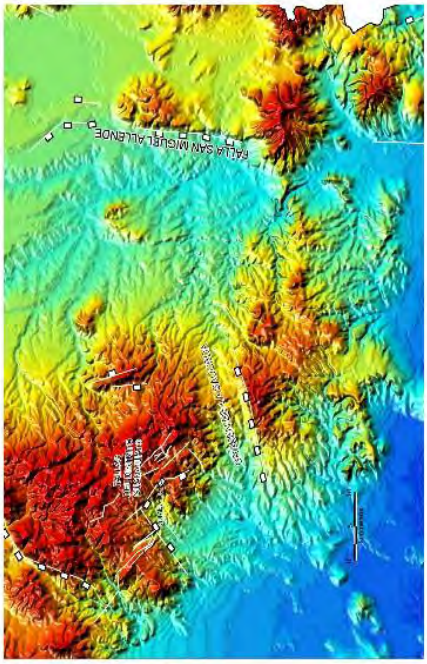
Al comenzar el Cenozoico la actividad de la Orogenia Laramide se incrementó notablemente acelerando el plegamiento y levantamiento de Sierras y transformando en áreas emergidas el norte y centro del país (Trujillo-Candelaria, 1977). En el Eoceno medio la Orogenia Laramide termina, como consecuencia de ello, se forman cuencas en donde se depositaron grandes volúmenes de sedimentos clásticos en condiciones aluviales y lacustres características de la fase final de una etapa orogénica. El vulcanismo y la sedimentación se presentan simultáneamente en esta época al igual que el fallamiento dando lugar a las formaciones de fosas tectónicas (Trujillo-Candelaria, 1977). Las estructuras geológicas más importantes de edad Cenozoico en el estado de Guanajuato se localizan en la parte Sur-oriental de la Sierra Madre de Guanajuato y en el municipio de San Miguel de Allende.

.

Graben Villa de Reyes, se localiza al noreste de la Sierra de Guanajuato, presenta una orientación NNE-SSW con una longitud aproximada de 100 km y hundimientos máximos de 500 m (Tristán-González, 1986).

Dicho graben se originó en el Oligoceno medio cuando el vulcanismo de la Mesa Central aún estaba activo (Labarthe-Hernández et al., 1982).

Panorámica Graben de la Sauceda



Modelo digital de elevación y estructuras geológicas de la parte Sur-Oriental de la Sierra de Guanajuato

Graben de la Sauceda

Este graben fue definido por Nieto-Samanigo y Martínez-Reyes (1987) como una depresión topográfica con una orientación N75°SE, una longitud de 17 km y un ancho de 7.5 km, que constituye el limite septentrional de la Sierra de Codornices. De acuerdo a Nieto-Samaniego (1992) dicho graben está limitado por tres fallas principales: falla septentrional, falla meridional y falla la Gloria

Parte Sur-oriental de la Sierra de Guanajuato

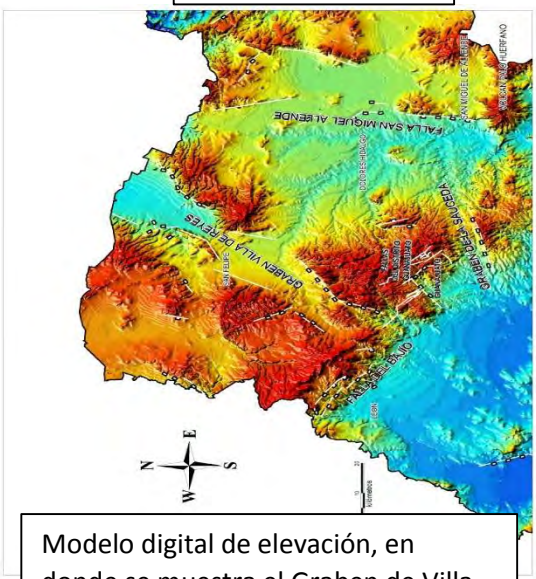
En la Mesa del centro existe una gran cantidad de fallas que comúnmente limitan cuencas rellenas de depósitos fluviales y lacustres Las evidencias de la tectónica distensiva dl cenozoico en la Sierra de Guanajuato son el graben de la Sauceda, graben de Villa de Reyes, fallas del Distrito Minero de Guanajuato y la falla del Bajio.

Fallas del Distrito Minero de Guanajuato

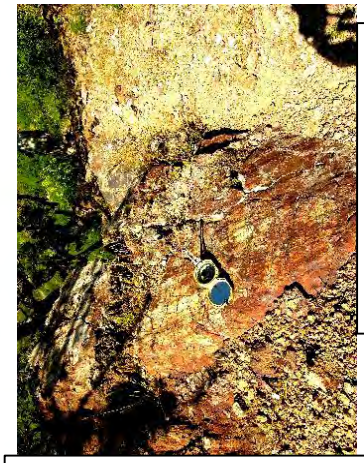
Las vetas que se encuentran en el distrito Minero de Guanajuato (Veta Madre, Vetas de la sierra y Vetas de la Luz) se emplazaron en un conjunto de fallas de tipo normal de rumbo NW-SE e inclinación al SW. El grupo de la veta Madre está formado por una falla principal de tipo normal de más de 23 km de longitud de rumbo NW-SE e inclinación al SW con un desplazamiento vertical de 1400 m medido en el Tiro Guanajuato de la Mina de Torres (Gross, 1975). El grupo de las vetas de la Sierra y de la Luz presentan un rumbo NW-SE e inclinación SW similar a las vetas del grupo de la Veta Madre.

Falla del Bajío

La Falla del Bajio constituye un sistema de fallas bien definido que forma el frente de la Sierra de Guanajuato. Esta falla constituye el límite norte de la subprovincia fisiográfica del Bajío guanajuatense, región caracterizada por un bajo topográfico que va desde San Francisco del rincón hasta la ciudad de Querétaro. Se han documentado desplazamientos mayores a 500 m ocurridos posteriormente a la emisión de los basaltos del Cubilete en Guanajuato, cuya edad es de 13.5 ma (Aguirre-Díaz et al., 1997).



Modelo digital de elevación, en donde se muestra el Graben de Villa de Reyes



Plano de falla en el Distrito Minero de Guanajuato

Fracturas de tensión asociadas a fallas del Distrito Minero de Guanajuato

Los movimientos documentados en la Falla del Bajío han sido de tipo normal y su orientación es N45°W con inclinación hacia el SW, pero en su extremo oriental adquiere un rumbo E-W con echado al Sur. El rasgo hipsográfico de esta falla es de un prominente escarpe continuo y bien desarrollado de 70 km de longitud. El total de desplazamiento de dicha falla es poco conocido y se ha estimado únicamente dicho desplazamiento en dos lugares: uno en la región de León, donde el desplazamiento vertical es de 850 m y el otro en Silao en donde el desplazamiento es de 500m. Esta falla ha tenido al menos tres episodios de actividad, el primero de ellos de edad eocénica, que fue inferido por Aranda-Gómez y McDowell (1998), a partir del basculamiento de las capas basales del conglomerado Guanajuato en el bloque del bajo de esta falla, y el segundo evento ocurrió en el Oligoceno en donde se emplazó la Veta Madre.

Falla del Bajio al fondo Cero El Cubilete

Municipio de San Miguel de Allende

En el municipio de San Miguel de Allende las estructuras cenozoicas se encuentran representadas por la fala San Miguel de Allende y la Falla Palo huérfano.

Falla San Miguel de Allende

Esta falla se compone de una falla principal segmentada, que forma el escape en donde se ubica la ciudad de San Miguel de Allende. Alaniz-Alvarez et al (2001), divide la Falla San Miguel de allende en tres segmentos: segmento norte, el cual forma un desnivel máximo de 50 m y se extiende desde el poblado de las Liebres hasta San Andrés, su dirección es N-S. El segmento centro, forma un escarpe con dirección N-S de 38 km de longitud y 200 m de desnivel en promedio, cuyo límite Sur es el Volcán Palo Huérfano. El segmento meridional se encuentra sepultado por los productos del volcán Palo Huérfano y por sedimentos continentales. Su continuación hacia la ciudad de Celaya se infiere por el curso del Rio Laja y fue documentada en el subsuelo por información obtenida en los pozos de agua (Trujillo-Candelario, 1985).

Falla Palo Huérfano

Dicha falla presenta un rumbo N60°E y se inclina hacia el NW, corta lavas del Volcán Palo Huérfano de 12.1 Ma y las desplaza algunas decenas de metros. La continuación al SW de esta falla es inferida por algunas fallas pequeñas y porque constituye el límite norte de los afloramiento del basamento Mesozoico. Ignimbritas fechadas en 28.6 Ma por Nieto-Samaniego et al (1996) se acuñan hacia el frente de la falla, los cuales tienen más de 100 m de espesor en la Cañada de La Virgen y se adelgazan algunos metros en la pared del bajo de la falla. Se infiere una edad de generación anterior a los 28.6 Ma y una reactivación posterior a los 12.1 Ma.

Fallas asociadas al sistema de fallas de San Miguel de Allende

VALLE DE SANTIAGO: LAS SIETE LUMINARIAS
Hoya La Alberca

VALLE DE SANTIAGO: LAS SIETE LUMINARIAS

A unos 90 kilómetros hacia el sur de la ciudad de Guanajuato y en plena zona volcánica, se asienta el poblado de Valle de Santiago, la cual fue fundada en 1607 en la aldea conocida como Camémbaro, que entarasco (purépecha) significa “Lugar del ajenjo y el estafiate” (http://www.e-local.gob.mx). La región de Valle de Santiago forma parte del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG), perteneciente a el Eje Neovolcánico (EN), caracterizado por laexistencia de un conjunto de Cráteres volcánicos inactivos de bordes bajos y abruptos y centro plano de diámetro hasta de 1 km, conocidos popularmente como las “hoyas” de: Rincón de Parangueo, San Nicolás, La Alberca, La Cíntora, Estrada, Blanca, Álvarez y Solís, las cuales se extienden en una superficie de 20km^2.

Las tradiciones y leyendas locales hacen referencia de estas “hoyas” con el poético nombre de las Siete Luminarias.

Mapa de ubicación del municipio de Valle de Santiago

Mapa de los cráteres de Valle de Santiago (tomado de X Congrés Geologique Internacional. Excursions Au Mexique. Ezequie Ordoñez, 1906)

Hay huertos de árboles frutales como el naranjo, y abundante vegetación de ajenjo y estafiate. Se han encontrado vestigios arqueológicos. Actualmente se le usa como zona de cultivo; Membereca (La Hoya de Flores o Álvarez), donde se dice que existen restos de un centro ceremonial prehispánico, cuevas con pinturas rupestres y manantiales que brotan de las rocas. Es el más grande de los cráteres. En su interior hay aguas termales y sus tierras fértiles han producido grandes cosechas y Liricua (Rincón de Parangueo), de aguas alcalinas, al que se puede llegar caminando a través de un túnel de 300 metros de largo.

En su interior hay un lago seco. También se pueden encontrar cavernas que apenas han sido exploradas. Hay petroglifos en algunas de ellas.

Paisaje de Valle de Santiago

Los cráteres más grandes se distribuyen a lo largo de12 km orientados norte-sur. En el interior dela mayoría de los cráteres se han formado lagos que hoy en día se encuentran secos. Los habitantes de esta región llaman a los cráteres Hoyos, Hoyas o Joyas, algunos de los nombres de estos cráteres en lengua purépecha son: Tallacua (El cráter La Alberca), de aguas sulfurosas; Andaracua (La Hoya de Cíntora), de agua salada, a la que se le atribuyen propiedades curativas para enfermedades de la piel. Posee infinidad de cuevas y en el interior de muchas de ellas hay pinturas rupestres.

Desde sus inicios, la zona de Valle de Santiago fue refugio de algunas tribus recolectoras, las cuales utilizaban los volcanes y sus lagos como albergues temporales(http://www.e-local.gob.mx).El valle de las Siete Luminarias es un lugar lleno de misterios, así llamado por sus siete “Hoyas” o “maars”. Esta zona es famosa por sus teorías y leyendas que cuentan los lugareños acerca de vegetales gigantes, historias y fenómenos sorprendentes.

Durante finales de la década de los 70 y principios de los 80 se publicaron varios modelos de la apertura y evolución del Golfo de México. Para acomodar geométricamente los bloques litosféricos se propuso la existencia de grandes Zonas de cizalla ubicadas transversalmente a México y cuya actividad debió ocurrir entre 180 y 140 Ma (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005). Entre esas grandes zonas de cizalla se ubicó una en el sitio que ocupa actualmente el Eje Neovolcánico (EN) (Anderson y Silver, 1974; Pindell, 1985; Ross y Scotese, 1988). La idea de una zona de cizallamiento de escala cortical o litosférica ya había sido insinuada por Mooser (1972) cuando indicó que el EN era una zona de sutura pre-paleozoica reactivada en el terciario. Un gran número de autores concluye que el EN es un arco volcánico originado por la subducción de las placas de Rivera y Cocos, por debajo de la placa de Norteamérica en la trinchera Mesoamericana (Ponce et al., 1992; Singh y Pardo, 1993; Pardo y Suárez, 1993,1995).

El Eje Neovolcánico ha sido objeto de estudio en numerosos trabajos, en especial acerca del origen de los magmas y características del volcanismo; sin embargo la idea de que ha sido una zona de debilidad cortical antigua sigue siendo un tema no aclarado. Desde tiempos de Humboldt se reconoció en el centro de México un cinturón compuesto por numerosos volcanes con actividad reciente, que cruza desde Tepic hasta Veracruz, al que se le conoce actualmente como Eje Neovolcánico. El Eje Neovolcánico (EN), consiste de un arco volcánico continental formado por miles de estructuras volcánicas, que atraviesa nuestro país entre los paralelos 19° y 20° de latitud norte. Entre las ideas sobre su origen resalta la que considera una zona de debilidad antigua sobre la cual ha ascendido el magma para formar el arco volcánico actual; esta suposición se debe principalmente a su ubicación oblicua con respecto a la Trinchera de Mesoamérica (Mooser, 1972).

Eje Neovolcánico (EN)

Localización de los principales volcanes de México (triángulos negros), éstos se agrupan entre el paralelo 19 y 20° de latitud norte para formar la Faja Volcánica Trans-mexicana (FVTM), (modificado de Macías, 2005)

	CRONOLOGÍA VOLCÁNICA NOMBRE	EDAD (Ma)
VOLCANISMO FORMADOR DE MAARES	Maar La Alberca	0.073 + - 0.024
	Lava Paredones	
	Lava Rancho Unidos	0.19 + - 0.044
	Hoyuela	
	Hoya Estrada	0.27 + - 0.2
	Hoyita	
	Hoya La Cintora	0.38 + - 0.32
	Hoya Rincón de Parangueo	
	Hoya de Álvarez	
	Maar Yuriria	
	Maar Laguna	1.175 + - 0.188
	Hoya Blanca	
	Hoya San Nicolás	
	Maar Gerónimo	
	Maar Magdalena	
	Cerro Boardman	
	Cerro La Mina	
	Maar La Mina	
	Maar Santa Rosa	
VOLCANISMO BASÁLTICO-ANDESÍTICO	Cerro La Batea	6.88 + - 0.2
	Cerro Haston	
	Cerro Guantes	
	Cerro Chapin	
	Cerro Blanco	
	Cerro El Tule	
	Cerro Cuates	

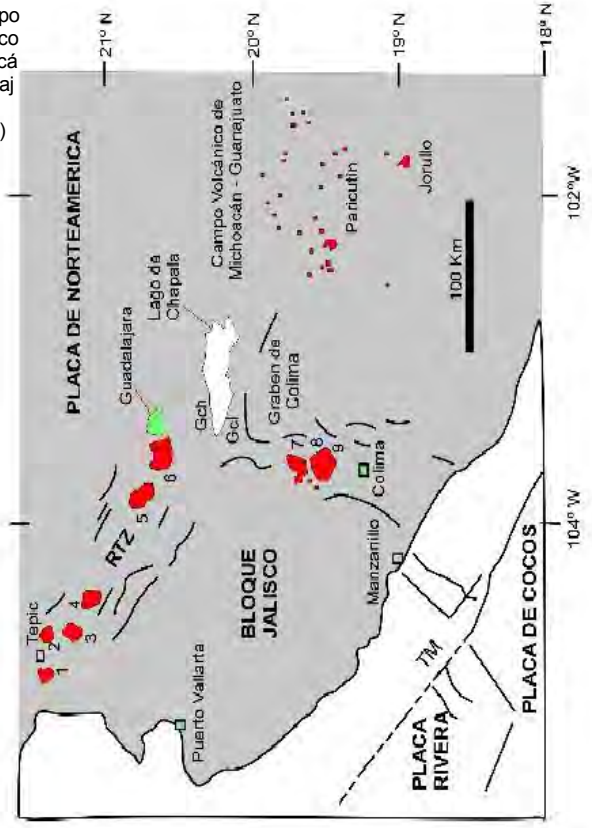
Cronología volcánica del CVVS (modificado de Murphy, 1982). Tomado de Puente-Solís, 2004.

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) se localiza en el sector central del EN, a una distancia de entre 200 km y 130 km de la línea de costa o la trinchera.
El CVMG es una de las regiones de vulcanismo monogenético más extensas (>40,000 km2) del mundo y contiene más de 1,000edificios volcánicos, incluyendo maars, domos y conos cineríticos (Hasenaka y Carmichael, 1987), dentro de los cuales se exponen ~377volcanes andesíticos en escudo de menor dimensión (small shield volcanoes; Hasenaka, 1994), con raros ejemplos donde el vulcanis model EN presenta edades tempranas ≤12 Ma (Ferrari et al., 1999;Gómez-Tuena et al., 2005), se considera que el vulcanismo monogenético del CVMG comenzó hace 3 Ma y muestra una tendencia clara de migración del frente de vulcanismo activo hacia el suroeste(Ban et al., 1992).

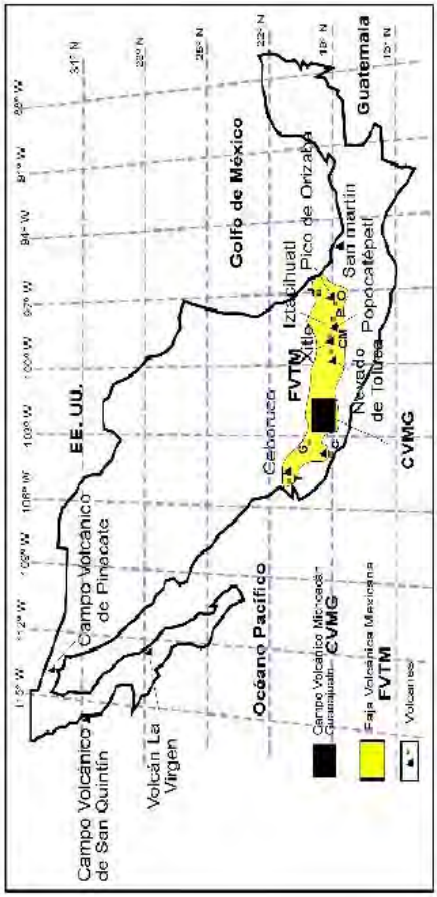
Las formas volcánicas más comunes dentro del CVMG son conos cineríticos y conos de escorias mientras que los volcanes compuestos son raros. Es precisamente esta característica, la que distingue al CVMG, ya que el EN es dominado típicamente por grandes estratovolcanes. La mayor concentración de volcanes en México se encuentra en el Eje Neovolcánico (EN), en donde se tiene una gran variedad de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estrato-volcanes majestuosos con elevaciones en torno a los 4,000 msnm, volcanes en escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos (Macias, 2005).

Esquema del Campo-Volcánico Michoacán-Guanajuato (tomado de modificado de Macías, 2005)

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG)



Esquema de la porción oeste de la FVTM (modificado de De Mets y Stein, 1991; Lange y Carmichael, 1991 y Luhr et al., 1989). Las estructuras volcánicas son: 1) San Juan, 2) Sangangüey, 3) Tepetiltic, 4) Ceboruco, 5) Tequila, 6) Caldera de la Primavera. Complejovolcánico de Colima: 7) Cántaro, 8) Nevado de Colima y 9) volcán de Colima. Las abreviaciones son: RTZ- rift Tepic-Zacoalco, GCh- graben de Chapala, GCi graben de Citala, y TM- Trinchera Mesoamericana (línea discontinua). Las líneas delgadas representan fracturas.



Sin embargo, la disposición oblicua de ~15° con respecto a la trinchera Mesoamericana del EN ha llevado a otros autores a proponer que su origen se debe a una Zona de fractura o megacizalla (Cebull y Shurbet, 1987), una estructura parecida aun rift que está experimentando extensión activa (Sheth et al., 2000). La mayor parte de las rocas volcánicas a lo largo del Eje Neovolcánico (EN) son rocas volcánicas miocénicas, sin embargo se ha reportado la presencia de rocas volcánicas oligocénicas en la mitad inferior del relleno de la cuenca de México; por otro lado este arco volcánico se encuentra alojado en cuencas tectónicas limitadas por fallas. El EN se estableció como un arco volcánico a partir del Mioceno medio, aunque su historia como frontera tectónica inició mucho antes. De acuerdo con estudios previos sobre la parte central de México, durante el Cretácico no hubo una diferencia notable entre los bloques ubicados al sur y norte del EN, ni en el tipo de litología, ni en su estructura.
Existió un ambiente marino de plataforma hacia el oriente con arcos Volcánicos localizados hacia el extremo poniente y la orogenia Laramide. Estuvo presente prácticamente con el mismo estilo y edad de deformación al norte y sur del EN (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005).

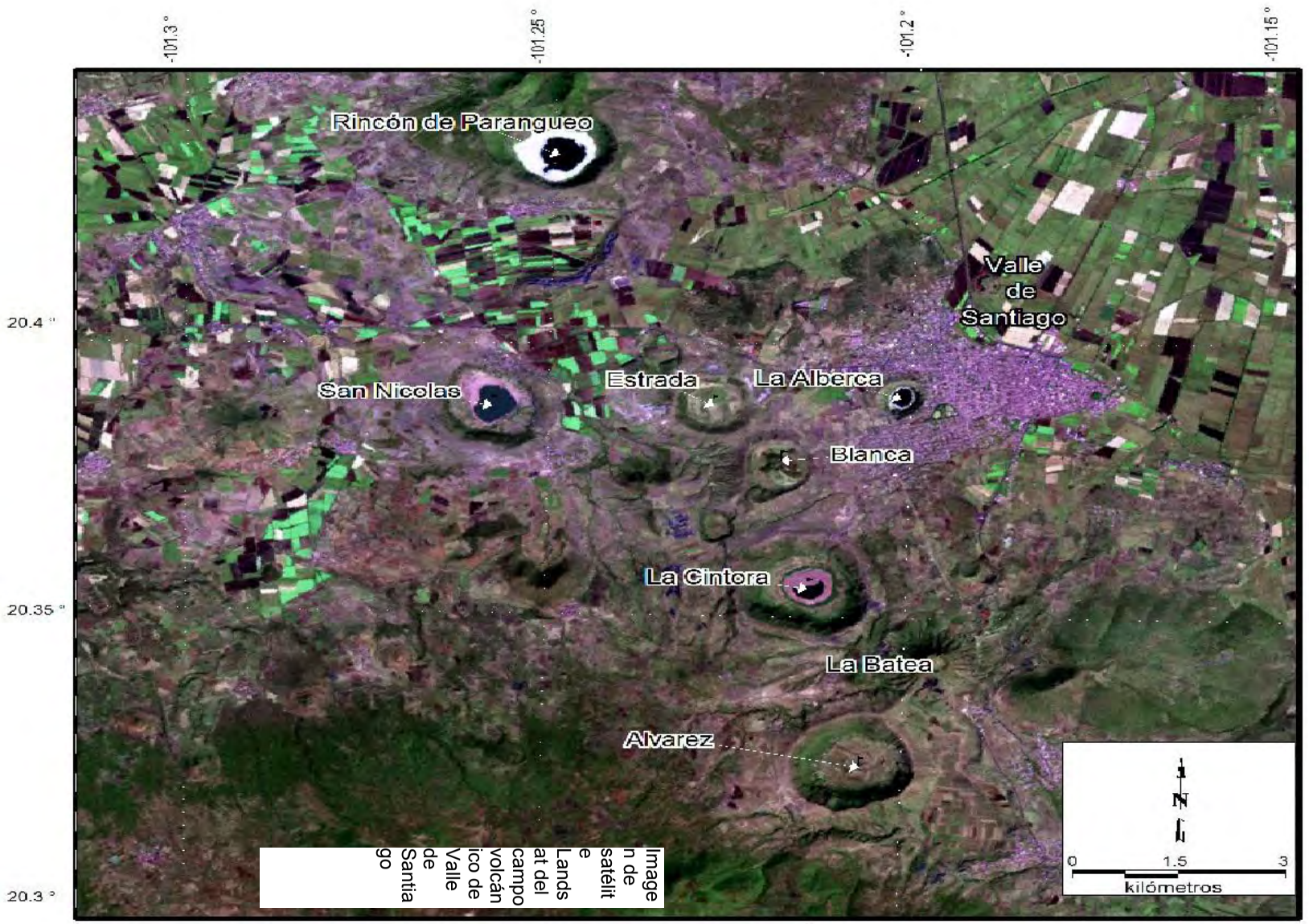
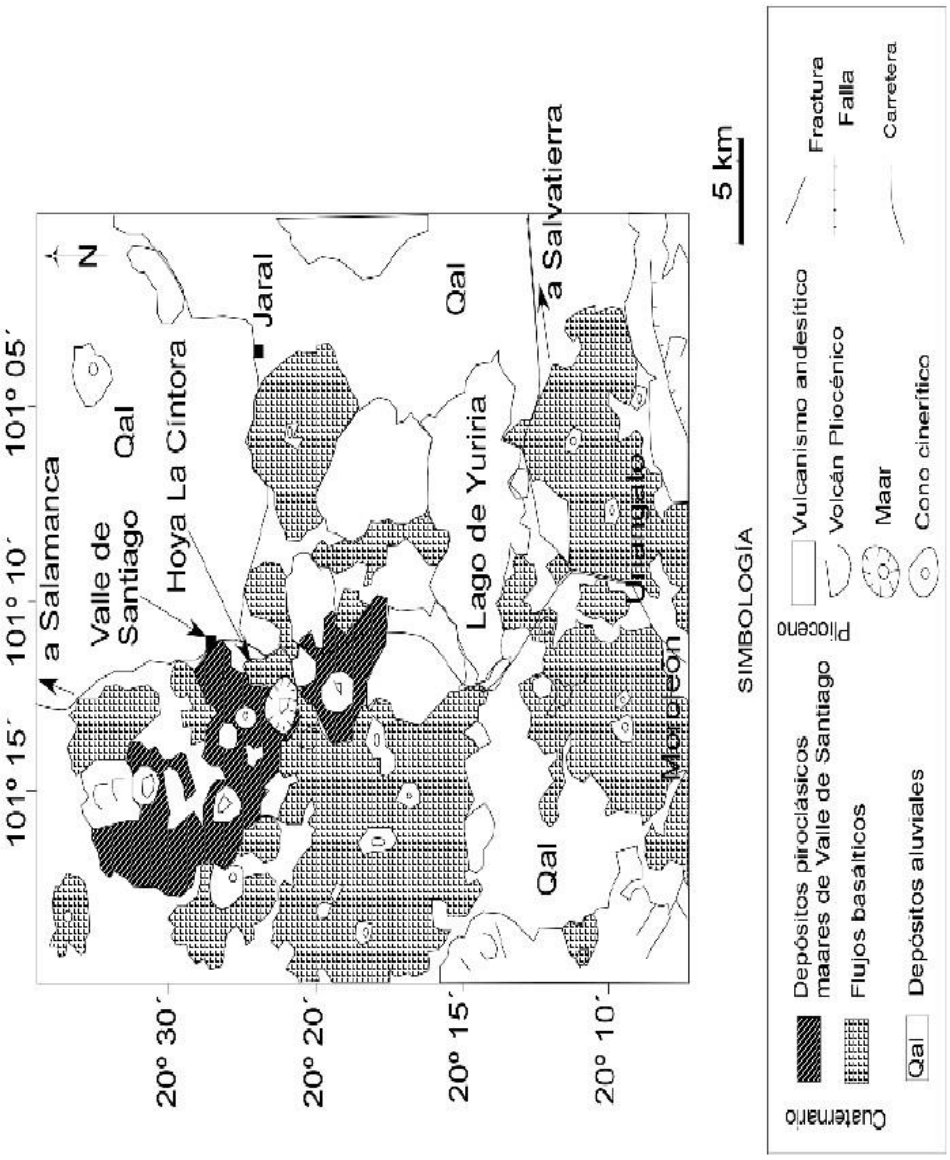


Image de satélite de Lands at del campo volcánico de Valle de Santiago

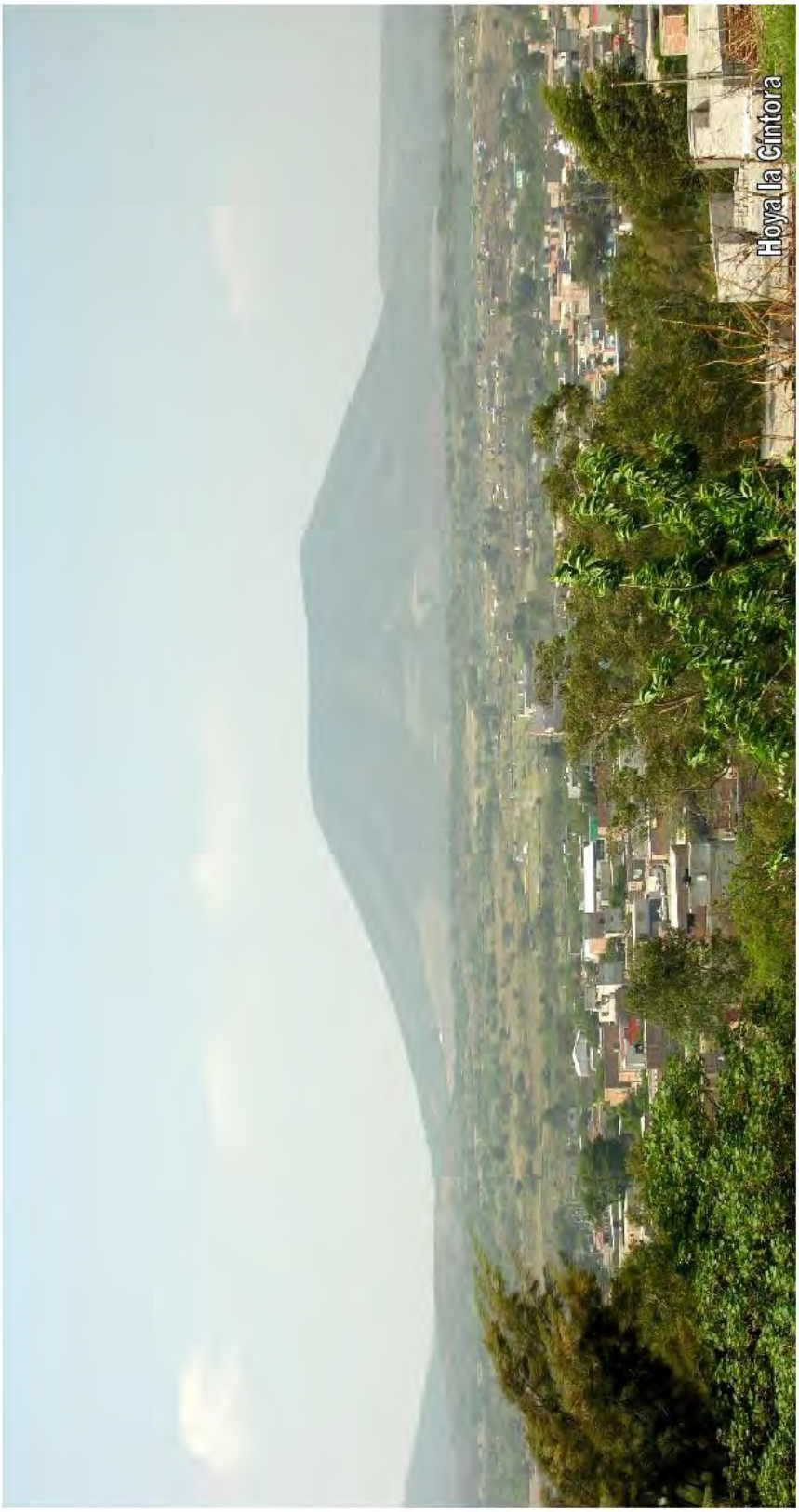
Son, en su mayoría de forma circular, los cuales presentan un borde formado por depósitos piroclásticos, compuestos de cenizas y brechas con espesores de 20 a100 m. Estos varían de entre 400 m y 3,000 m de diámetro y profundidades mayores a los200 m, con elevación promedio de 1,720msnm. Murphy (1982), divide los depósitos piroclásticos de Valle de Santiago dentro de cinco grupos, basándose en el tipo de depósito y localización: 1) depósitos de cenizas y escorias, 2) piroclastos silícicos del Maar Estrada, 3) piroclastos basálticos del Maar Álvarez, 4) depósitos piroclásticos basálticos del Maar Yuriria y 5) depósitos de oleadas de grano fino. En esta clasificación, a pesar de ser bastante general, no existen depósitos de cráteres como Hoya La Cíntora y Hoya La Alberca, por mencionar algunos, los cuáles no son vinculados en ninguno de los grupos definidos arriba, ya que dicha clasificación es comparativa. La edad de K-Ar más antigua asociada a la actividad de los maars es 1.2 Ma.

Las polaridades magnéticas normales sugieren que la actividad volcánica se desarrolló predominantemente durante el crón de Brunhes, lo que indica edades más jóvenes a 0.78 Ma. El lineamiento de Valle de Santiago forma parte de un conjunto regional en el sector norte del EN que incluye la zona de falla de Querétaro-Taxco (QTFZ).



Mapa de Valle de Santiago (tomado de Puente-Solís, 2004)

La región de Valle de Santiago del campo volcánico de Michoacán-Guanajuato (CVMG), se caracteriza por un lineamiento norte – sur, de 20maars en una zona de 50 km x 7 km, con 13 de ellos en una subzona de14 km x 6 km. Este lineamiento parece estar asociado a una zona de debilidad cortical o fractura, orientada oblicua al patrón estructural del Eje Neovolcánico (Uribe-Cifuentes y Urrutia-Fucugauchi, 1999). De los muchos conos cineríticos que presenta dicho campo volcánico, veinte de las veintidos (22) encontrados, hicieron erupción en un área de 350 km2 en alineación NNW-SSE, trece de ellos se presentan en una pequeña franja de 78 km2, a los cuáles Murphy (1982) define como el Grupo Valle de Santiago. Los cráteres de Valle de Santiago son considerados maares, como resultado de la erupción freática o freato-magmática, construido por debajo del relieve general del terreno circundante, donde la roca encajonante se muestra infra-yaciendo a los depósitos piroclásticos

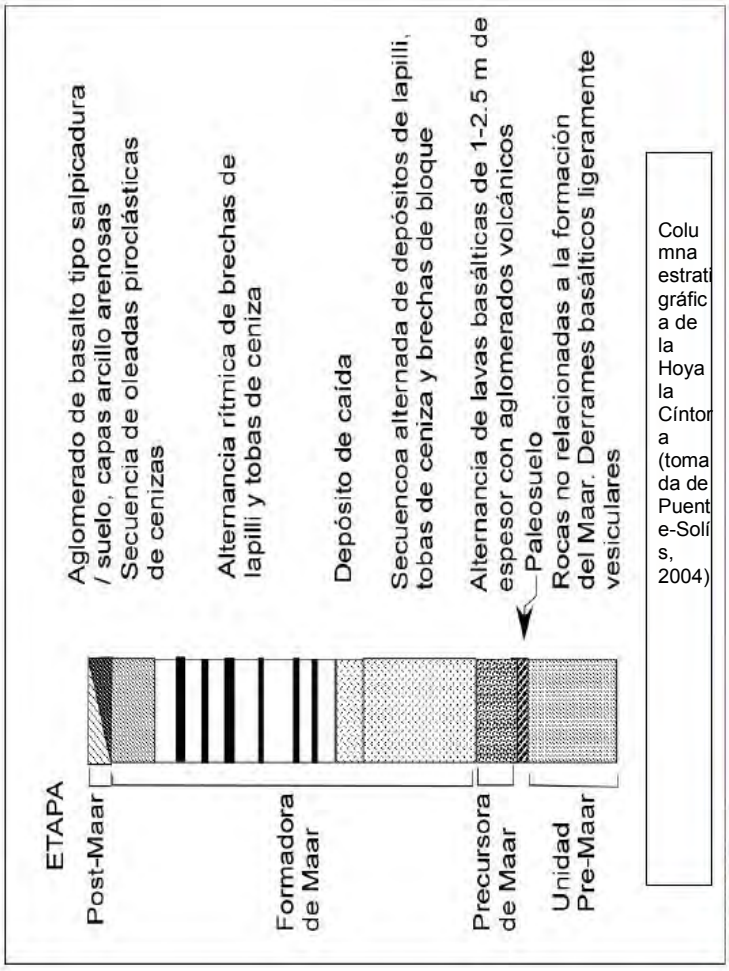


Puente-Solís (2004), asume, que las primeras explosiones aumentaron la fragmentación del substrato rocoso, facilitando el flujo y, por consiguiente, el aporte de agua al sistema magma-agua, logrando una mezcla óptima hacia el final de la etapa formadora de maar, reflejándose en erupciones más explosivas lo que también expresa mayor aporte de material juvenil. La historia eruptiva del maar, la Hoya La Cíntora varía desde actividad efusiva, explosiva seca o estromboliana, hasta freato magmática, intercalada con actividad estromboliana, presentando un comportamiento diferente a la del

modelo tradicional, el cual señala, que conforme el maar evoluciona, se produce un cono de abatimiento del nivel freático, disminuyendo la mezcla magma-agua, produciendo alfinal un cono cinerítico o un lago de lava, para el caso de magmas basálticos (Puente-Solís, 2004). Este maar (Cráter) fue construido por erupciones freato magmáticas de varias intensidades, reflejando la estrecha relación existente de un antiguo acuífero con material magmático, manifestándose en la variabilidad de sus depósitos de brechas, tobas y oleadas piroclásticas.

Este cráter se encuentra relleno parcialmente de sedimentos provenientes delas paredes y bordes que lo conforman; en su interior, se encuentra un lago de carácter intermitente, cuya existencia depende de la época de lluvias. La Hoya La Cíntora es interpretado por Puente-Solís (2004) como un cráter de explosión del tipo maar de edad Pleistoceno, producido en un periodo relativamente corto, del orden de algunos días, semanas o a lo más, meses, en el cual estuvieron implicados diferentes estilos de volcanismo.

Estos lineamientos NNW-SSE intersectan los patrones estructurales más jóvenes ENE-WSW representados por la falla Chapala-Tula (Uribe-Cifuentes y Urrutia-Fucugauchi, 1999). De los cráteres antes mencionados, La Hoya La Cíntora y la Hoya Rincón de Parangueo son los más visitados y estudiados, por lo que dichas hoyas se describirán a continuación. La Hoya la Cíntora La Hoya La Cíntora es uno delos varios cráteres de explosión (maares) que conforman el Campo Volcánico de Valle de Santiago, se localiza en la parte central del Eje Neovolcánico (EN), dentro del campo volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). El acceso a La Hoya La Cíntora puede hacerse a partir de la ciudad de Salamanca, por la carretera federal número 43 (con rumbo a Moroleón, 3 km) después de pasar la ciudad de Valle de Santiago, se encuentra una desviación de terracería hacia el oeste, al pie del cerro La Batea; siguiendo por esta vía, a los 2.5 km se encuentra el cráter La Hoya La Cíntora (Puente-Solís, 2004). La Hoya La Cíntora es un cráter de explosión de forma circular, elongado hacia el SW, con diámetro de hasta 2,030 m, y profundidad de180 m, presenta flujos de lava en la parte basal, brechas y depósitos de oleadas en su parte superior, presentándose este fondo, como es característico en volcanes de este tipo, debajo del nivel general del suelo.



Columna estratigráfica de la Hoya la Cíntora (toma da de Puente-Solís, 2004)

Estratigrafía del cráter La Hoya La Cíntora

La Hoya La Cíntora, es un cráter de explosión de edad Pleistoceno. Estratigráficamente Puente-Solís (2004), establece cuatro secuencias eruptivas que representan las diferentes etapas evolutivas de dicho cráter: 1) Etapa precursora de maar (Unidad pre- maar), formada por derrames basálticos de moderados a ligeramente vesiculares, de color gris oscuro, con color de intemperismo gris claro presentando manchas rojizas de óxidos de fierro y por paleosuelos. 2) Etapa precursora de maar, caracterizada por la alternancia de lavas basálticas de 1-2.5 m de espesor, con aglomerados volcánicos de entre 3-10 m de espesor. 3) Etapa formadora de maar, conformada por oleadas de cenizas, brecha de explosión heterolitológica de pequeños bloques (15-20cm), depósitos de lapilli muy grueso (3-5 cm), depósito piroclástico de caída de escorias juveniles y4) Etapa post-maar, constituido por capas arcillo-arenosas formadoras de suelo y sobre éste un depósito de basalto escoriáceo. La Hoya La Cíntora y las demás estructuras en el Campo Volcánico de Valle de Santiago deben estar relacionadas a una zona de debilidad cortical o una zona de fallas pre-existentes extendidas por 50 km en una dirección NNW (Murphy, 1982). El control estructural así como la proporción magma-agua, no son los únicos factores que controlan la morfología y las características físicas de una estructura hidro-volcánica en particular, también influyen factores como el substrato rocoso, el tipo y nivel del acuífero, y las propiedades del magma (Shon, 1996).

Hoya Rincón de Parangueo

Túnel Hoya Rincón de Parangueo

Tanto en el interior como en el exterior de La Hoya del Rincón del Parangueo se encuentran Pinturas rupestres, desafortunadamente, en muy mal estado de conservación. También se pueden encontrar infinidad de cavernas que apenas han sido exploradas. Hay petroglifos en algunas de ellas. La Hoya del Rincón de Parangueo es considerado un lago-cráter enigmático. El agua que llega a tener el cráter en época de lluvias es de un alto contenido en salitre motivo por el cual no es utilizada para riego. Su pH es elevado entre 9.5 y 9.8; conductividad (K25) de 5-6 mScm-1 y de 70 a80 mScm-1. Desde el punto de vista de la flora, La Hoya Rincón de Parangueo, constituye uno de los pocos enclaves naturales de bosque tropical caducifolio en especial por su emplazamiento dentro de un cráter. En cuanto a la cubierta vegetal en la zona de playa, en los suelos alcalinos hay manchones de Distichlis spicata (pasto salado) y de Suaeda mexicana (romerito). Asimismo, al interior del lago existen comunidades de algas verdes, agrupadas y expuestas a los vientos, por lo que constantemente se observan en diferenteposición. Árboles frecuentes en las laderas son: Albizia plurijuga, Bursera diversifolia, B.palmeri, B. penicillata, Cedrela dugesii, Ceibaaesculifolia, Conzattia multiflora, Ehretiaviscosa, Euphorbia tanquahuete, Lysilomadivaricata, Manihot caudata, Myriocarpabrachystachys, Prosopis laevigata, Sennapolyantha, Stenocereus queretaroensis yZapoteca Formosa (Carranza-González, 2005).

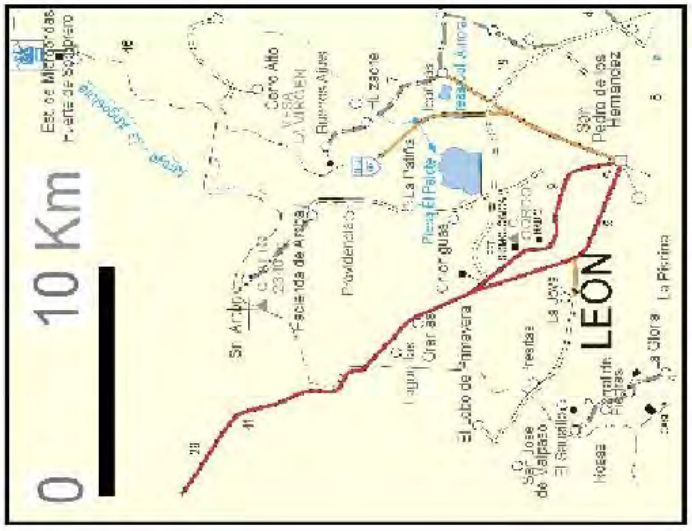
Panorámica Hoya Rincón de Parangueo

Se trata de uno de los muchos lagos-cráter (nombrados localmente como “hoyas”) que se localizan al norte del lago de Yuriria en Guanajuato. Esta región forma parte del conjunto de siete lagos-cráter, declarado como Área Natural Protegida (ANP) del estado de Guanajuato en la categoría de “monumento natural” en 1997. La Hoya del Rincón de Parangueo tiene una altitud de 2,075 msnm se puede llegar a él a través de un túnel de 300 metros de largo escavado en la roca el cual conduce al lago salado que se encuentra en su interior.

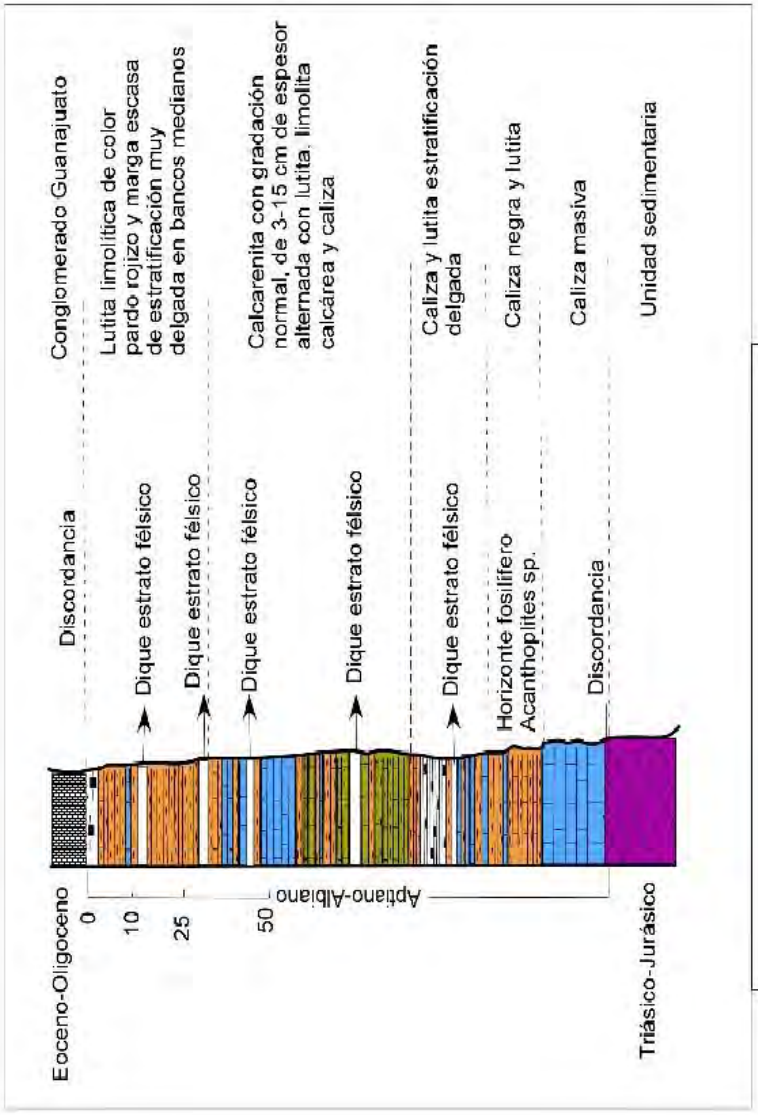
Yacimiento paleontológico La Perlita
Rocas sedimentarias de la secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos)

En la Sierra de Guanajuato, en las localidades de León, San Felipe, Bernalejo y Arperos, están presentes varias unidades estratigráficas de naturaleza diversa. Una de ellas es llamada secuencia volcano-sedimentaria(Formación Arperos), que corresponde a una secuencia de rocas sedimentarias constituidas principalmente por pelitas y psamitas y en menor cantidad, horizontes calcáreos.

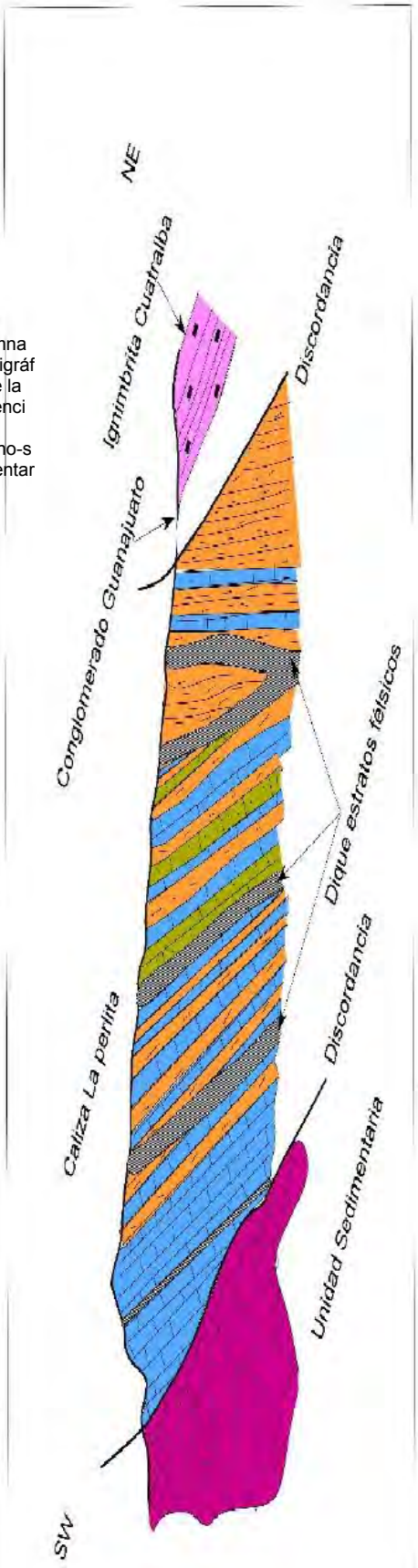
La secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos) se encuentra aflorando en diversos sitios de la Sierra de Guanajuato, constituyendo el llamado "basamento" (Quintero-Legorreta, 1992).



Mapa de ubicación del Yacimiento Paleontológico La Perlita



Columna estratigráfica de la secuencia volcano-sedimentaria



Sección geológica secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos)

El tercer miembro, o intermedio está constituido por rocas carbonatadas que llagan a constituir bancos gruesos con alternancia de rocas pelíticas. Gradualmente hacia la cima de la secuencia aumenta el contenido de material terrígeno fino, de estratos gruesos definiéndose así, el cuarto miembro, en el cual están presentes algunos horizontes calcáreos, que desaparecen completamente hacia la cima, donde predominan las rocas clásticas.

Las rocas que constituyen este miembro se encuentran deformadas formando pliegues isoclinales, cuyo tamaño es del orden de las decenas de metros. El quinto miembro (miembro superior) está constituido por grauvacas verdes, limolitas laminadas y lutitas negras , observándose también algunos estratos calcáreos. La secuencia volcano-sedimentaria subyace en discordancia angular bajo la Caliza La Perlita y con rocas volcánicas cenozoicas.

Quintero-Legorreta (1992),subdivide a la secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos) en cinco miembros, que presentan notables diferencias litológicas, los cuales pueden observarse en los cortes de la carretera León-San Felipe:

Litología

Miembro inferior, está constituido por lutita silícea y pedernal, al igual que, por material volcánico tobáceo y rocas calcáreas. Descansa concordantemente sobre la Ofiolita Barbosa, constituyendo la base de la secuencia sedimentaria.

En transición y estratigráficamente hacia arriba, se define el segundo miembro, el cual presenta una mayor abundancia de arenisca (grauvaca) y Una disminución de pedernal y lutita silícea respecto al miembro inferior.

Dichos afloramientos son explotados en las canteras denominadas La Perlita y San. Ignacio. En la Sierra de Guanajuato, la Caliza La Perlita aflora en los lugares antes mencionados y al oriente de Bernalejo, rancho ubicado a 3 km al oriente de Comanja.

Litología y espesor

La Caliza La Perlita está constituida litológicamente por caliza, calcarenita y algunos horizontes de lutita limolítica inter-estratificados. En la base de la secuencia se observa una caliza masiva que descansa discordantemente sobre la secuencia volcano-sedimentaria. Dicha caliza al microscopio, está constituida por oolitos, pellets y bioclastos, embebidos en una matriz micrítica (Quintero-Legorreta, 1992). De acuerdo con la clasificación de Folk(1968), la roca es una oomicrita, debido al predominio de oolitos sobre los intraclastos. En otros casos, la roca corresponde a unaintraespatita, por el predominio de los intraclastos sobre los oolitos y por el cementante espático (Quintero-Legorreta, 1992). Martínez-Reyes (1992), describe a La Caliza La Perlita como una unidad representada por una secuencia discordante de 80 m de espesor, constituida por un banco arrecifal que yace bajo una serie bien estratificada de caliza y lutita en la parte inferior, calcarenita y caliza en la parte media y limolita roja en la parte superior. Arriba de la caliza masiva se presenta una alternancia de caliza arcillosa de color negro y lutitas, en dicha alternancia se han identificado fósiles de invertebrados constituidos por cefalópodos (amonites), braquiópodos y en segundo termino por lamelibranquios, gasterópodos, equinodermos y corales (Chiodi,1988).

La Caliza La Perlita se encuentra constituida por una secuencia calcáreo-arenosa con algunos horizontes de lutita limolítica que aflora en las cercanías del rancho La Perlita, al oriente de Comanja, en un paraje denominado Puerto Blanco (Quintero-Legorreta, 1992). Martínez-Reyes (1992), señala que la Caliza La Perlita se encuentra representada por dos afloramientos calcáreos pequeños, que se encuentran en la parte noroccidental de la Sierra de Guanajuato.

La Caliza Perlita presenta una edad del Berriasiano -Turoniano. Corona-Chávez (1988), menciona el hallazgo de Nannoconusdolomiticus en el mismo sitio antes mencionado, comprendiendo una edad entre el Titoniano y el Valanginiano. Quintero -Legorreta (1992), indica una posible correlación con las formaciones Huayacocotla del Sinemuriano -Caloviano; Tepexic del Caloviano; Santiago del Caloviano-Oxfordiano; Tamán

del Kimeridgiano -Titoniano y Pimenta del Titoniano -Berriasiano. En las cercanías de la localidad de Arperos, (Dávila–Alcocer y Martínez-Reyes, 1987) fecharon la secuencia Volcano – sedimentaria tomando en cuenta varias especies de radiolarios:Tañarla elegantísima, Tañarla pulcra, Tañarla cónica, Novixitus sp., Achaeodictyomitra sp. Y Pseudodictyomitra sp.), encontrados en rocas calcáreas.

Caliza La Perlita

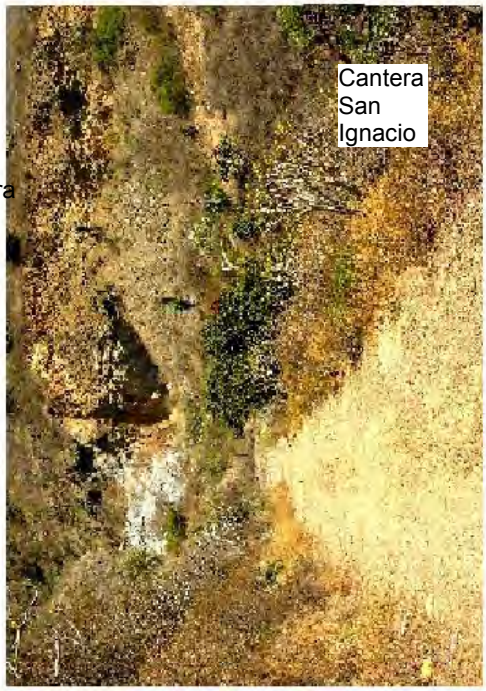
Pliegues en la secuencia volcano-sedimentaria (Formación Arperos)

Secuencia calcáreo-arenosa La Perlita

Se trata de nueve amonites encontrados en facies calcáreo-silíceas. Los géneros y especies identificados son: Eohypoturrilites gr. mantelli SHARPE, Pseudouhligella sp., Salaziceras gracilicostata SCHOLZ, Salaziceras n.sp.,Eutrephoceras (?) sp. ind., gr. clementinumd'ORB (Chiodi, 1988), dichos amonites corresponden en edad al Vraconiano. Se presentan en diversos tamaños de 23 a 39 mm de longitud. Exhibe una concha biconvexa irregular en donde la valva braquial se presenta más plana, es decir, menos abombada que la valva peduncular. El gancho está cubierto por un foramen redondo a ovalado de tamaño mediano.

Las placas deltidales son difícilmente visibles. La Caliza La Perlita representa la extensión de la plataforma mexicana de facies carbonatadas hacia el oeste durante el Albiano Superior. El contacto entre la caliza La Perlita y la secuencia volcano- sedimentaria, representa una discontinuidad situada en la base calcárea. Chiodi (1988), considera que dicha discordancia tiene una importancia regional ya que esta, muestra la relación entre el dominio cordillerano del margen pacífico y el dominio de la plataforma nerítica.

Cantera La Perlita



Cantera San Ignacio

De acuerdo con el material recolectado (coral y amonite) por Quintero-Legorreta (1992), el coral pertenece a los géneros Peplosmilia y Pleiosmilia sp., cuyo alcance estratigráfico en la escala de tiempo geológico va desde el Jurásico hasta la parte media del Cretácico. El Amonite recolectado, fue Identificado como Acanthohoplites sp., cuya edad corresponde al Aptiano Superior-Albiano Inferior.

Bivalvos, Gasterópodos y Braquiópodos

Edad y correlación

Es importante mencionar que en la localidad conocida como Puerto Blanco, el espesor de la caliza La Perlita es de 164 m, mientras que al oriente de Bernalejo no se pudo medir el espesor, debido a que la secuencia se encuentra incompleta Las relaciones estratigráficas de la Caliza La Perlita con la secuencia volcano-sedimentaria es que la primera, yace sobre la segunda en discordancia angular y erosional. En el paraje de Puerto Blanco la unidad basal de caliza masiva desaparec lateralmente y en su lugar se presenta una alternancia de caliza y calcarenita con un conglomerado oligomíctico en la base, el cual descansa en discordancia angular sobre la secuencia volcano-sedimentaria. El conglomerado está compuesto principalmente por clastos sub-redondeados de cuarzo lechoso del tamaño de la arena gruesa, aunque existen algunos fragmentos mayores que el tamaño de los guijarros, siendo la matriz calcárea.

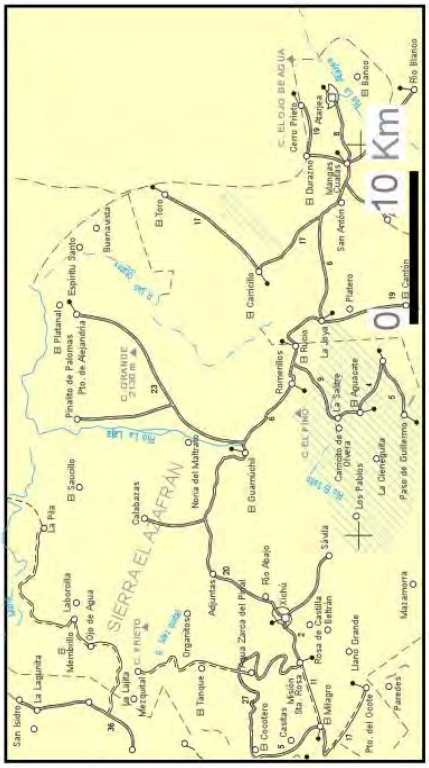
Ambiente de depósito

La Caliza La Perlita se depositó Sobre altos topográficos submarinos cercanos a la costa, lugar favorable para el depósito arrecifal, modificándose después a profundidades neríticas donde recibió el aporte de material clástico fino y arenoso del litoral.
Se deduce, entonces que el ambiente sedimentario, es para las condiciones iniciales, de energía alta en una barrera litoral posiblemente arrecifal, variando después a niveles neríticos.

.

ANTICLINAL DEL CERRO DE LA YESCA

La estructura geológica denominada anticlinal de Cerro de la yesca, se localiza en la parte noreste del estado de Guanajuato, en el municipio de Xichú. El anticlinal Cerro de la yesca recibe este nombre debido a que el cerro del mismo nombre se localiza en flanco oeste de dicho anticlinal. En algunas cartas geológicas ha sido nombrado como anticlinal Espíritu Santo.



Mapa de Localización del área de estudio

Sierra Gorda de Guanajuato

SIMBOLOGIA

Qhoal	Cuaternario-Aluvión
TplB	Plioceno-Basalto
Teo(?)	Eoceno-Conglomerado Polimíctico
Tpa Gd-D	Paleoceno-Granodiorita-Diorita
Sk	Skarn
Kapce Cz-Lu	Cretácico Med. Fm.El Doctor, Fm.El Abra
JtLu-Ar	Jurásico Sup. Fm.Las Tráncas

Falla inversa

Anticlinal recumbente

Sinclinal recumbente

Falla Sinestral

Falla Dextral

0 3 Km

Imagen landsat del Anticlinal Cerro de la yesca

Estratigrafía

Jurásico Superior (Formación Trancas)

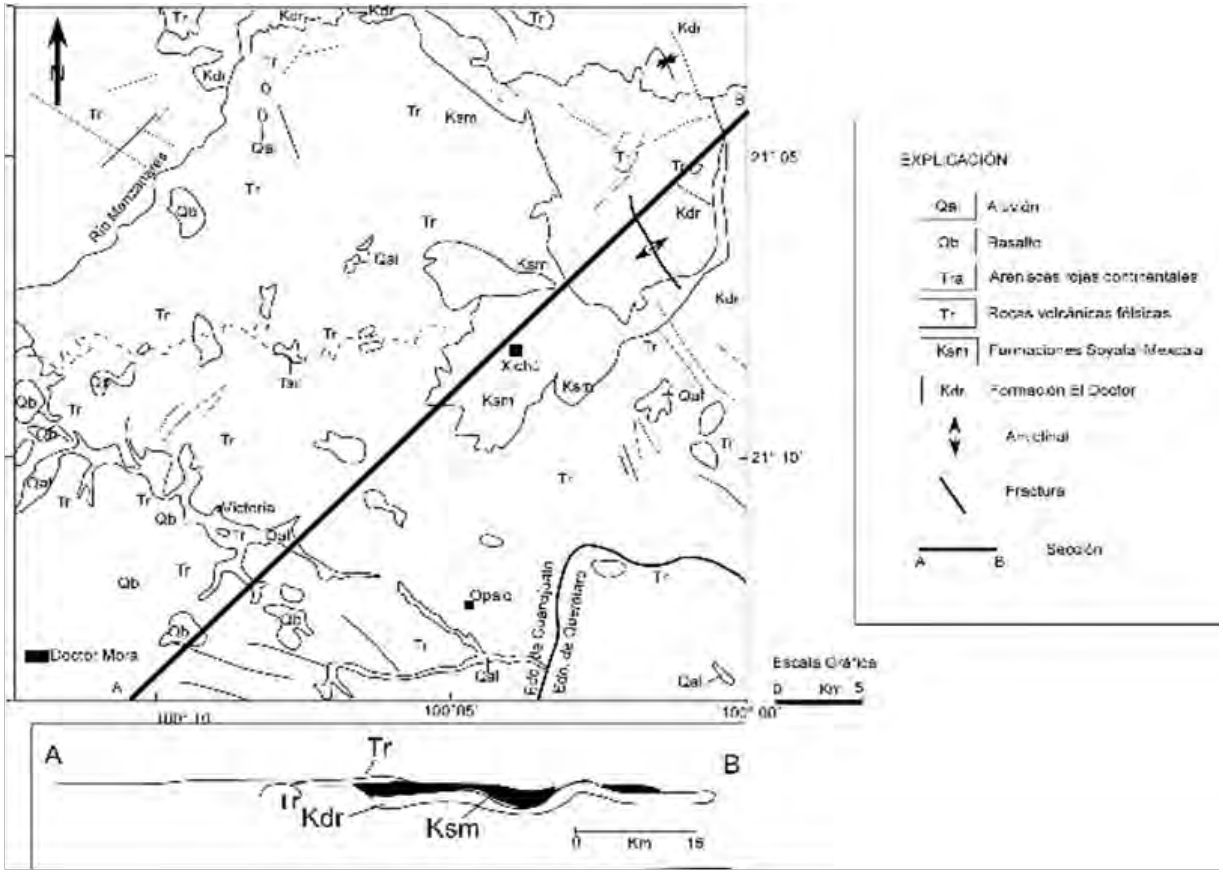
Corresponde a las rocas más antiguas que afloran en la Sierra Gorda de Guanajuato, estas son del Jurásico superior al Cretácico inferior y subyacen a las formaciones El Abra y El Doctor. Se les encuentra en el anticlinorio de el Cerro de la Yesca, El Piñón y Bonanza (Lazcano-Sahagún, 1996).

Pliegues

Formación El Doctor, está constituida por calizas arrecifales y dolomitas interestratificadas en bancos gruesos hacia la base y delgados hacia la cima con lentes de pedernal y horizontes de lutita que alcanzan un espesor de más de 1000 m. Dicha formación cubre concordantemente a la Formación Trancas y a su vez está subyaciendo a la Formación Soyatal-Mexcala.

Formación Soyatal-Mexcala, se presenta como una secuencia de calizas interestratificadas con lutitas calcáreas y areniscas.

Mapa geológico del área



Características tectónicas y estructurales

El noreste del estado de Guanajuato, pertenece a la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental y forma parte de la Sierra Gorda que se caracteriza por estructuras compresivas como anticlinales, sinclinales y cabalgamientos generalmente orientados Noroeste-Sureste. De acuerdo con Lazcano-Sahagún (1986), el patrón estructural de la sierra Gorda se encuentra representados por dos estilos de deformación, uno de rocas calcáreo-arcillosas y arcillo-arenosas de estratificación delgada (formaciones Soyatal-Mexcala y Trancas), el otro en rocas calcáreas de estratificación mediana a gruesa (Formación El Abra y el Doctor).

Unidad sedimentaria

Calizas de la Formación Trancas

Los restos fósiles en las calizas El Abra son principalmente rudistas aunque Bonet en 1983, reporta otra fauna: *Toucasia texana (Roemer), Eoradiiolites aff. Eoradiolites quadratus (Hilla9, E. cf. Davidsoni (Hill), Caprina (sphaerucaprina) occidentales (Conrad), Caprinula cf. Anguis (Roemer).*

Entre los lamelibranquios se reportan *Pecten cf. Bonellensis kuiller, Pecten sp., Lima wacoensis (Roemer), Chondronta cf., y C. munsoni (Hill).*

Los gasterópodos incluyen *Tronchus, Cerithium, Turritella, Actaeonella y Nerinea. Braquiópodos: Kingenia cf. Wacoensis (Roemer*). Coogan en 1973, reporta *Radiolites abraensis (Coogan), Sauvagesia texana (Roemer), Caprinuloidea multitubifera (Palmer)* y el género *Mexicaprina, Pecten roemeri (Hill) y Stromatoporoid parkeria shaerica (Carpenter*).

Tobas riolíticas terciarias

El segundo tipo de deformación consiste de estructuras de anticlinales amplios y sinclinales con abundantes fracturas y dislocamientos locales, así como fallas normales de poca y mediana extensión. Algunos anticlinales presentan en sus flancos fallas inversas (cabalgaduras). Estas fallas se presentan paralelas a los pliegues anticlinales y sinclinales (NW-SE) invirtiendo la secuencia estratigráfica del cretácico. Las rocas del anticlinal del cerro de la Yesca pertenecen a la plataforma Valles-San Luis Potosí, la cual a fines del Cretácico y parte del Terciario estuvo sujetos a esfuerzos tectónicos de la Orogenia Laramide que ocasiono gran cantidad de pliegues, fracturas y fallas.

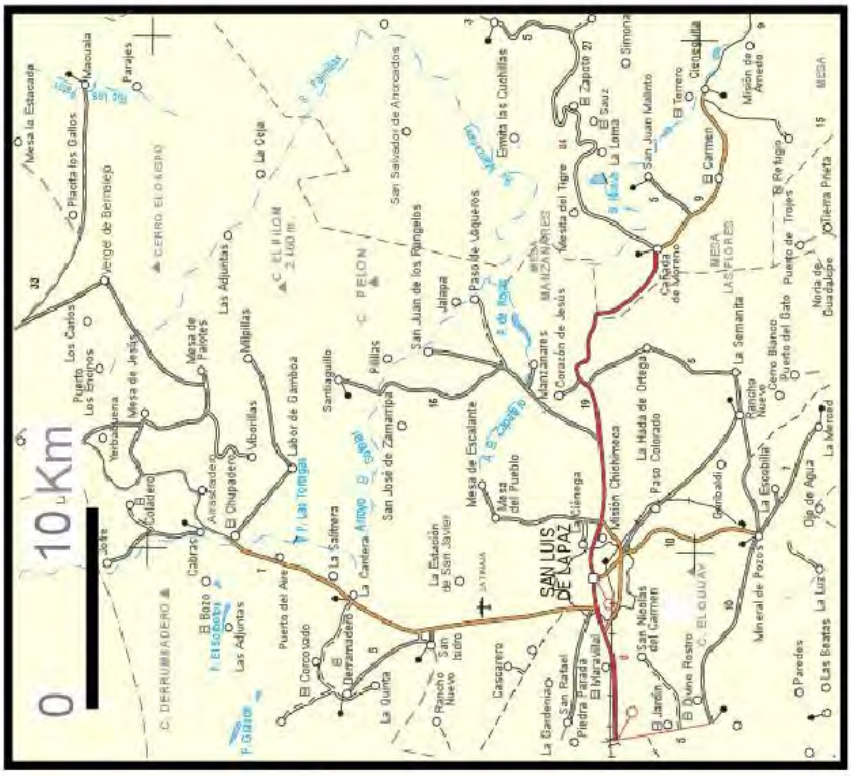
Unidad Volcánica

FORMAS EROSIVAS: LA RANA Y LA LEONA

FORMAS EROSIVAS: LA RANA Y LA LEONA

En los cerros que rodean la ciudad de Guanajuato existen formas erosivas que los antiguos pobladores dieron nombres según el animal o cosa al cual se asemejan.
El paraje de la rana y la leona se ubica dentro del Distrito Minero de Guanajuato, en un espacio natural cuya riqueza histórico-cultural es única. Situado al occidente de la Sierra de Guanajuato se erigen estos monumentos naturales, originados por el efecto de la meteorización física.
Para llegar al paraje en donde se observa la rana, se parte del barrio de Pastita en la ciudad de Guanajuato hacia la panorámica, de ahí se camina unos 100 m rumbo al camino que nos lleva al poblado del Cubo, y ahí en el Cerro El Meco se observa La Rana.

Para acceder al paraje en donde se observa La Leona es partiendo de la Presa de la Olla en la ciudad de Guanajuato hacia el poblado de El Cubo.



Mapa de ubicación

Ciudad de Guanajuato-Distrito minero de Guanajuato

Distinto a los pueblos del Valle de México y del México central, no pudieron ser sometidos por los españoles por dos razones importantes de acuerdo con Rionda-Ramírez (2002): eran un conjunto de grupos étnicos distintos, no constituían una única nación, y por otra, no existía una jerarquía bien delimitada y común de todas las naciones, sino un conjunto de caciques o señores por horda, lo que significa que la caída de unos no significaba la perdición de los otros.

Los Chichimecas, como bárbaros, no tenían tal organización jerarquizada. Entre los principales grupos que los constituían estaban:
los guamares, guachichiles,guanabales, guajabanas, zanzas y copuces,por citar los principales (Rionda-Ramírez,1997).

El chichimeca no es una sola nación sino un conjunto de naciones distintas. No existe una jerarquía u organización política entre ellos, como es el caso de los grupos mesoamericanos. Más bien se identifica con éste nombre un nivel de desarrollo cultural muy bajo, casi troglodita (Rionda-Ramírez, 1998). Estas Naciones nómadas otras humantes transitaban territorios que iban desde los actuales territorios estatales de Zacatecas y San Luís Potosí, a estados como Jalisco, Guanajuato, Querétaro e Hidalgo. Eran aguerridos guerreros, y peleaban contra quienes se cruzaran en su camino.

De acuerdo con Marmolejo (1969-1973), el origen de Guanajuato fue anterior a la época de la conquista de México, remontándose al año de1446, siendo el actual barrio de pastita el sitio exacto que ocupaba entonces la aldea de Quanaxhuato.

Los chichimecas abandonaron sus hogares una vez que comenzaron a sentir el yugo de la conquista. Al no querer soportar dicho yugo se retiraron a los montes para hacer la guerra a los invasores, procurando no dejar vestigios de sus habitaciones.

Chichimeca era el nombre que los mexicanos le daban a las naciones que habitaban parte del Altiplano Mexicano y deriva de dos vocablos nahuas: chichimetl (persona de bajo linaje), y el locativo “co” que denota lugar o procedencia. Chichimeco, lugar donde habitan personas de bajo linaje (Rionda-Ramírez, 2002). Al norte del estado de Guanajuato se encontraba el aguerrido chichimeca, indígena enjuto y ñengo, de baja estatura, similar o quizá un poco más bajo al tarasco de aproximadamente 1.60 metros (Cook; op. cit., 137), que se movilizaba en pequeños grupos o bandos unidos por lazos de consanguinidad (hordas) (Rionda-Ramírez, 2002).

El Distrito Minero de Guanajuato

La historia de la ciudad de Guanajuato se remonta a la época precolombina, se llamaba Mo-o-ti, que significa “lugar de metales”. Posteriormente los aztecas le dieron el nombre de Paxtitlan, que en castellano quiere decir “lugar de la paja”.
Su nombre actual deriva de los vocablos quanax y huato del idioma purépecha. El nombre significa “Lugar o cerro de ranas”. Le dieron este nombre debido a que a los antiguos purépechas les pareció que los cerros de alrededor de la ciudad tenían forma de ranas (Díaz-Berrio, 2005).
Durante el siglo XV la ciudad era un bosque poco accesible con pocas miradas de los toltecas y de los aztecas en sus peregrinaciones o la rápida visita de los chichimecas en busca de su casa. En el siglo XVI los chichimecas fijaron sus ojos en una montaña con peñascos que semejaba la figura de una rana, animal que era uno de los que ellos adoraban y sentían superstición.
Pese a ser nómadas se establecen enderredor del peñasco. Fue durante la época colonial que el lugar donde se establecieron los chichimecas alcanzó un gran desarrollo debido a la explotación de sus yacimientos de oro y plata, estableciéndose así el Real de Minas, Guanajuato (Díaz-Berrio, 2005).

El Conglomerado Guanajuato

Aflora principalmente en el Distrito de Guanajuato. Ferrusquia-Villafranca (1987), encontró fauna perteneciente a roedores endémicos en la localidad de Marfil asignándole una edad del Eoceno.

Formación Losero

Informalmente Guiza (1949) le asigna el nombre de tobas “loseros” a un horizonte delgado de 5 a 25 m de espesor, situado estratigráficamente entre el Conglomerado Guanajuato y la Riolita Bufa. Esta Formación aflora en las inmediaciones de la ciudad de Guanajuato. Es una roca de color verdoso a rojo y crema constituida por capas laminares delgadas formadas por fragmentos menores de 2 mm, de forma angular, de cuarzo, feldespato, líticos y vidrio.

Sobreyace de manera concordante al Conglomerado Guanajuato, subyaciendo a la Riolita Bufa. La edad de esta unidad está dada por su posición estratigráfica entre el Conglomerado Guanajuato (Eoceno medio-tardío) y la Riolita Bufa fechada en 37.6±3.0 Ma. Gross (1975) lo sitúa en el Eoceno tardío.

Unidades geológicas que caracterizan el paisaje de La Rana y La Leona

Las unidades geológicas que caracterizan el paisaje de la Rana y la Leona esta formado por diversas litologías las cuales corresponden a la cubierta volcánica y sedimentaria de la región (Conglomerado Guanajuato, Formación Losero, Riolita Bufa y Conglomerado calderones).

Conglomerado Guanajuato

Corresponde a una secuencia de color ocre constituido por conglomerados, areniscas y limolitas. Edwards (1956) estima un espesor de 1,500 m y un máximo probable de 2,000 m.

Esta secuencia sedimentaria fuere conocida y descrita por varios autores desde principios de siglo, siendo Edwards(1955) quien lo definió como Conglomerado Guanajuato, separándolo en dos miembros informales.

Conglomerado Guanajuato

Panorámica de la ciudad de Guanajuato

Riolita Bufa .

La riolita Bufa aflora exclusivamente en el Distrito Minero de Guanajuato, adelgazándose hacia el N, NE y E, desapareciendo en lo que constituyen la secuencia de la Sierra. Dicha secuencia volcánica se encuentra constituida de flujos piroclásticos riolíticos, bien soldados de color rosa a crema con fenocristales de cuarzo y sanidino en una matriz desvitrificada. Contiene fragmentos de pómez y líticos rojizos de 1 a 3 cm. Su espesor es de 360 m (Randall, 1994). La Riolita Bufa sobreyace discordantemente a la Formación Losero o al Conglomerado Guanajuato y subyace discordantemente a la Formación Calderones.

Gross (1975) determinó por el método de K/Ar una edad de37 ±3.0 Ma, lo que la coloca en el Eoceno tardío casi en el límite con el Oligoceno

Formación Calderones

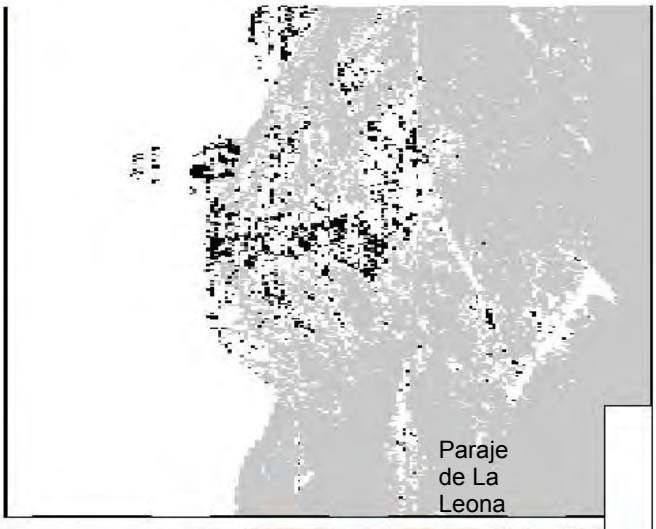
Echegoyén-Sánchez, et al. (1970), nombran como Formación Calderones a una secuencia de areniscas, conglomerados, brechas y tobas de composición andesítica. Se trata de una secuencia de color verde azuloso que consiste de conglomerados con fragmentos de rocas volcánicas y del basamento mesozoico, estratos de areniscas fina con matriz limolítica.

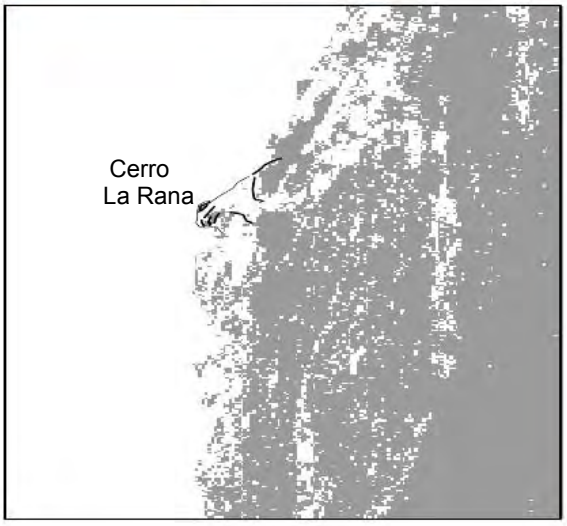
Sobreyace discordantemente a la Riolita Bufa, al Conglomerado Guanajuato o directamente al basamento Mesozoico. Su edad está dada por su posición estratigráfica entre la Riolita Bufa (37.0 ±3.0 Ma) y la Andesita Cedro (32.9±1.6 Ma).

Rocas en forma de Ranas y Leones:
Rocas que por la acción del viento y e lagua fueron labradas dando origen a diversas formas que en este caso se asemejan a animales como ranas, y leones. Entre las formas menores se citan: Taffonis: Corresponden a pequeño huecos que se encuentran en las paredes verticales de algunas rocas formada por intemperismo .Canales: corresponden a pequeñas depresiones circulares o alargadas que aparecen en algunas superficies rocosas en las que el agua de lluvia queda almacenada.
El paisaje de la Rana y la Leona no sólo son interesantes desde el punto vista geológico sino que además, se combinan aspectos de gran interés ecológico y cultural. Es una Zona representativa del ecosistema terrestre, representado por la vegetación de regiones florísticas xerofítica mexicana y mesoamericana de montaña.
Entre las especies arbóreas más comunes se encuentran: encino (Quercus rugosa), laurelillo (Quercuslaurina) y colorado (sideroxyla).También hay gran cantidad de matorrales, entre ellos: varaduz (Eysenhardtia polystachya) y chichote(Bursera fagaroides). Otro de los aspectos importantes a resaltar es el legado histórico cultural que representa ya que en los alrededores de la zona se localizan varias unidades mineras destacando entre ellas El Cubo. Una compañía que se constituyó como talen 1905. La singularidad del paisaje dela Rana y la Leona radica en su belleza natural, histórica y cultural.

Características del paisaje de la Rana y la Leona
El paraje de la Rana y la Leona se integra en la gran unidad geomorfológica de la Sierra de Guanajuato. Constituyen un rasgo morfológico originado por agentes exógenos como el viento y el agua, los cuales actuaron sobre la roca riolítica, denominada informalmente por Echegoyén-Sánchez et al. (1970) como Riolita Bufa y en las rocas volcano-sedimentarias (Conglomerado Guanajuato y Formación Calderones). Durante el Cuaternario la red fluvial se desarrolla definitivamente, rebajando la topografía y las arenas resultantes de la meteorización, a lo largo de millones de años, fueron llevadas por las aguas y el viento, dejando al descubierto las unidades geológicas antes mencionadas.

Las formas de modelado que constituyen el paisaje de la Rana y la Leona son de dos tipos: formas mayores y formas menores. Las formas mayores están determinadas por el tipo de litología entre ellas se encuentran: Bloques sobrepuestos: Como su nombre lo indica consisten de bloques de piedra, uno encima de otro, ambos separados y que se mantienen en equilibrio por su propio peso.
Bolas: Corresponden a grandes rocas de forma esférica que se encuentran al pie de los cerros y que dominan casi todo el paisaje del lugar.

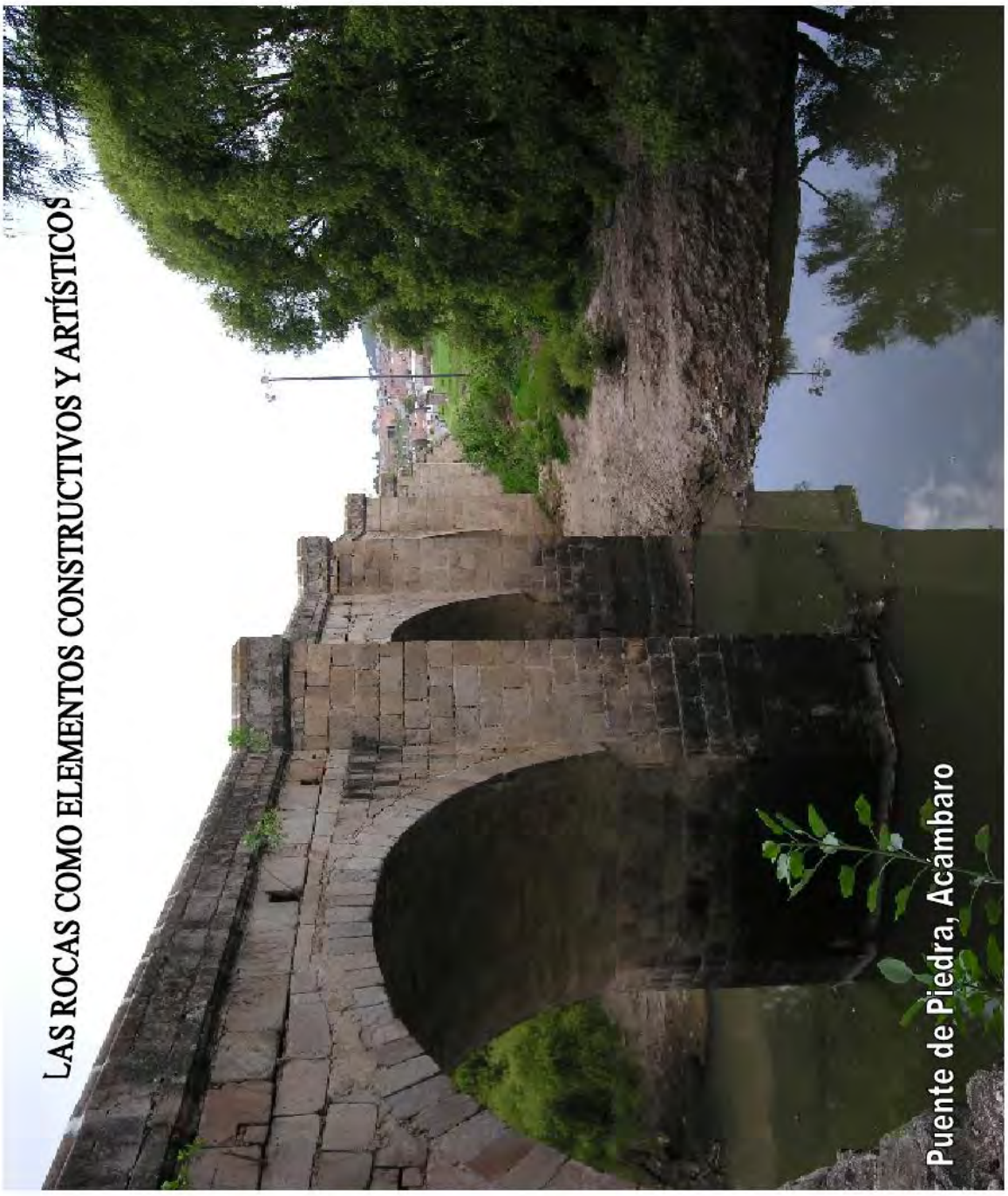




EL LEGADO CULTURAL DE LA GEOLOGÍA

Ex convento de San Agustín, Yuriria

La estratégica situación geográfica del estado de Guanajuato originó que diversas y sucesivas civilizaciones se asentaran en ella desde la más remota antigüedad. En la antigüedad, Guanajuato fue una región de tránsito y enlace entre tres áreas culturales: el centro, norte y occidente de México (Kirchoff,1967). La historia del estado de Guanajuato comienza con el florecimiento de la cultura Chupícuaro, los cuales establecieron relaciones culturales con contemporáneos de la cuenca de México (Castañeda-López, et al., 2007). Chupícuaro fue una aldea que se desarrolló cerca del río Lerma, durante el Preclásico Tardío y desapareció hacia el año 300d.c. (Ávila-Aldapa, 2002). Con el tiempo, los Chupícuaros, fueron influenciados en la agricultura, la confección de armas y en la forma de gobierno teocrático (en manos de los sacerdotes) por los Teotihuacanos. Con la decadencia del mundo teocrático, tomaron fuerza los pueblos tolteca-chichimecas. Los toltecas no rebasaron a la cultura teotihuacana, pero la igualaron en escultura y a portaron nuevos elementos como los avances en metalurgia y orfebrería Por su parte, los chichimecas eran guerreros y sus costumbres eran muy diferentes a las de los toltecas, por lo que se desarrollaron entre ellos grandes conflictos. Al desintegrarse el señorío tolteca, el territorio de Guanajuato cayó definitivamente en manos de los pueblos cazadores-recolectores. Entre éstos grupos estaban los pames,guamares, guachichiles y zacatecos.



Entre las variadas piezas líticas talladas destacan por su belleza: navajillas prismáticas, raspadores, manos de metate, metates, martillos, hachas, piedras labradas y artefactos misceláneos en piedra pómez y arenisca. Son numerosos los hallazgos de estas piezas líticas en el arroyo El Cobre, El Sauz, barranca Agua Nacida, Cerro Mesa Ojo de Agua, Cerro Grande Picachos y Cerro Peralta. También se han encontrado buenos ejemplares en las excavaciones de “Plazuelas”, “Cañada de la Virgen”, “Peralta” y “El Cóporo” (Castañeda-López, 2007). Durante los años 600-900 d.c., fueron los afloramientos rocosos de toba riolítica de “Plazuelas” en Pénjamo sobre las que aquellos grupos prehispánicos realizaron sus manifestaciones artísticas (petrograbados). Las manifestaciones pictóricas se realizaban fundamentalmente en la toba riolítica y basalto Se trata de pinturas Mural manufacturadas con diseños geométricos enrojo, amarillo-naranja y negro sobre un preparado ocre, que según el estudio de Ramón Zárraga, están compuestos de óxido de hierro (rojo), mezcla de óxido de hierro y cantera amarilla molida (amarillo-naranja) y carbono (negro) (Castañeda-López, et al.,2007).

Los guachichiles (nombre mexica que quiere decir "cabezas pintadas de rojo o carmesí"), eran los dueños de la mayor parte de la gran chichimeca y su territorio fue llamado guachichilia: desde Saltillo (en el norte) hasta San Felipe (en el Sur) y desde la división de la Sierra Madre Oriental hasta la ciudad de Zacatecas (http://www.guanajuato.gob.mx). El estado de Guanajuato se encuentra lleno de monumentos que demuestran la habilidad constructiva de sus habitantes que labraron la historia esculpiendo piedras y construyendo edificios que perduran hasta hoy en día.

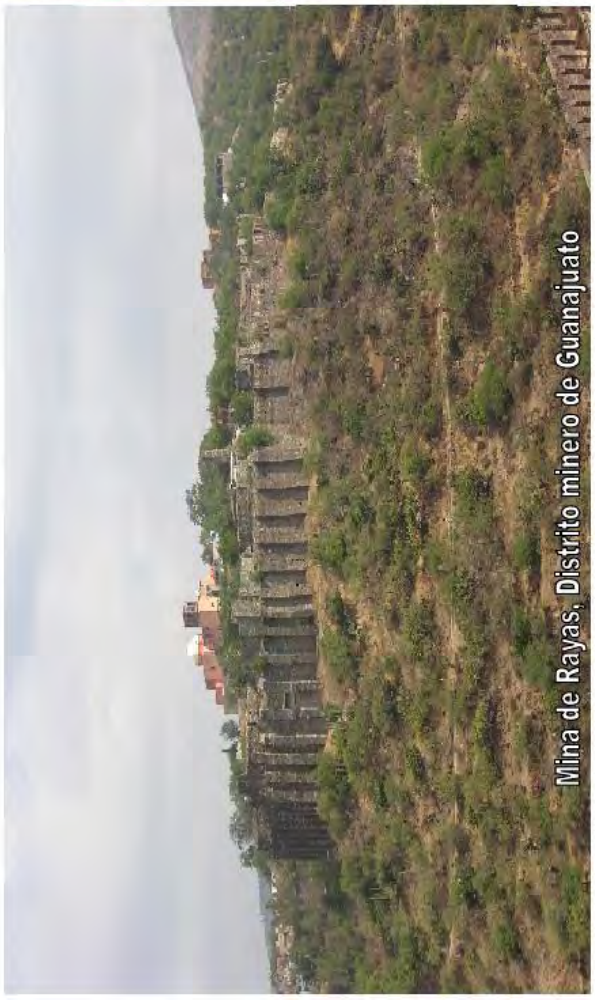
Al igual que ocurre en otras regiones del centro y sur de México, la toba riolítica, diorita, basalto, y andesita fueron las piedras predominantes en la construcción de los edificios y monumentos de los pueblos prehispánicos de Guanajuato.

De igual manera la piedra pómez constituyó un material para la edificación de muros. Ejemplo de ello son las zonas arqueológicas de “Plazuelas”, “Cañada de la Virgen”, “Peralta” y “El Cóporo” (Castañeda -López, et al., 2007). La presencia de fibras de pastos en los edificios prehispánicos permiten suponer que se usaron techumbres(vernáculas) orgánicas como hoy en día se pueden apreciar en la comunidad de San Isidro de la Cañada de la Virgen, en San Miguel Allende, en donde las casas presentan techos orgánicos tradicionales utilizando pastos, horcones y toba riolítica.

Monumentos prehispánicos

Manifestaciones de éste arte las encontramos por ejemplo en la zona arqueológica “Cañada de la Virgen” (San Miguel Allende), “Plazuelas” (Pénjamo) y “Peralta” (Abasolo). Es importante mencionar que el caolín fue uno de los materiales empleados para la manufactura de la cerámica llamada blanco levantado, el cual se ha relacionado a contextos domésticos, rituales y funerarios (Castañeda-López, et al., 2007). Las primeras manifestaciones de la habilidad constructiva de los habitantes prehispánicos de Guanajuato son los centros ceremoniales, edificios, canchas para el juego de pelota, plazas, calzadas y pirámides formadas por grandes losas de piedra de toba riolítica o basalto extraídas de afloramientos rocosos aledaños al lugar y que sirvieron como banco de material para sus construcciones y para tallar en ellas diversos símbolos mágico-religiosos. De igual manera, las escalinatas que conforman los edificios están conformados por bloques rectangulares de riolita y basalto finamente tallados (Castañeda-López, et al., 2007). Las construcciones se realizaban bajo dos elementos básicos: montículo y patio hundido. Los materiales utilizados para la construcción fueron el basalto, cantera y arcilla. La arcilla se utilizaba como mortero. La mezcla de fibras vegetales y arcilla en algunos casos endurecidos al fuego, se utilizaba en los aplanados de los muros y en los pisos, esta técnica se le conoce como bajareque (Castañeda-López, et al., 2007).

El Cuartón


Mina de Rayas, Distrito minero de Guanajuato

San Dieguiño, Guanajuato capital

Materiales utilizados en Las construcciones del siglo XIX en la ciudad de Guanajuato Con la llegada de los peninsulares a Guanajuato, al igual que en todo México, se comenzaron a construir iglesias, conventos, esculturas, puentes, acueductos y hospitales. Muchos de ellos, se encuentran en un estado de conservación espectacular, otros, desgraciadamente, casi nada queda de ellos o desaparecieron para siempre. La arquitectura del siglo XIX en Guanajuato capital fue fundamentalmente de estilo neoclásico, la abundancia de excelente material, obtenido de los cerros que limitan a la propia ciudad favoreció la adaptación de dicho estilo arquitectónico. De acuerdo con Alcocer(1983), los materiales empleados en la ciudad de Guanajuato, durante gran parte del siglo XIX, fueron el cuartón (roca arenisca de color verde, denominada Formación Losero) y la cantera (de color rosa, probablemente perteneciente a la Riolita Bufa), fueron empleados en muros, pavimentos, enlosados, embanquetados, escaleras, marcos, silerías, columnas, pilares, arcos, bóvedas, pilastras y esculturas, además de otros usos en la construcción, ornamentación y trabajos mineros. El cuartón, predominó en la construcción durante todo el siglo XIX, mientras que la cantera rosa compartió con el cuartón su uso a principios de dicho siglo y en la primera década del siglo XX. Esto debido a que el cuartón, es decir, material de construcción extraída de los Loseros era muy estimado por su consistencia y por la variedad de sus matices.

Una bella muestra de ello, son los templos del Hospital (siglo XVI), de Guadalupe y de San Francisco (siglo XVIII), ermitas, la Fuente Taurina(construida para conmemorar la primera corrida de toros en la Nueva España en el siglo XVI), el acueducto del siglo XVI y un bellísimo puente conocido como “El Puente de Piedra, destacando también una obra denominada la Pila, todos estos en el municipio de Acámbaro los cuales han sido considerados por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) como Joyas Arquitectónicas. Uno de los factores que debió influir para la construcción de estos extraordinarios monumentos fue sin duda, la accesibilidad del material utilizado para su construcción. La mayor parte de las riolitas utilizados en Acámbaro, proceden de labores cercanas a la población. Acámbaro, es un claro ejemplo del empleo de las rocas de los afloramientos más próximos en la construcción de los edificios y monumentos durante el periodo virreinal.
Del conjunto monumental de Acámbaro, es sin duda el acueducto del siglo XVI, el Puente de Piedra y la Pila los monumentos más significativos en cuanto al uso de la cantera rosa. El acueducto del siglo XVI que, sorprendentemente se conserva casi íntegro, fue construido por el fraile franciscano Antonio de Bermul en 1528.Consiste de una arcada (38 arcos) continuada por muros, un arco tendido sobre el arroyo y dos cajas de agua que protegen los cambios rápidos de nivel del agua. La arquería es de pilares de sección cuadrada y arcos de medio punto. Los arcos y muros están llenos de leyendas trabajadas en piedra, estuco o mediante líneas incisas en los aplanados y acentuados con piedrecitas incrustadas en los surcos.

La piedra tallada llamada “sillar” fue poco usada en las construcciones, en la ciudad de Guanajuato, debido a lo elevado de su costo, más sin embargo, se aplicaba en obras de ingeniería como diques de presas y en puentes. El uso más frecuente que encontró la piedra tallada durante el siglo XIX en la ciudad de Guanajuato fue sin duda, el decorativo, muestra de ello son los pedestales, pilares, chapeado de fachadas y basamentos que se observan en la mayoría de los monumentos y casas en dicha ciudad. Como ejemplo cabe resaltar la casa Rul, localizada en la Plaza de La Paz, en donde el chapeado de fachada se observa en la cantera, cuartón y a veces este último, combinado con la pizarra. Otros ejemplos son el Templo de Nuestra Señora de Loreto, Portada del Panteón Municipal, Teatro Juárez, Palacio Legislativo, Escuela Normal en el Paseo de la Presa, entre otros.
El material más utilizado en patios y corredores al igual que en las huellas de escaleras y para los embanquetados fue la losa de cuartón. Otro material empleado en Guanajuato fue el tezontle, trayéndose este del municipio de Valle de Santiago. Dicho material muy ligero, se utilizó en la construcción de las bóvedas planas de los corredores de la Alhóndiga de Granaditas, en la cúpula de la Compañía y en las bóvedas de algunos puentes en combinación con el cuartón. El tiempo nos ha dejado excelentes ejemplos de utilización de la cantera rosa y el basalto como elemento fundamental de la construcción de obras públicas monumentales en el estado de Guanajuato y que aún, siguen mostrando toda su magnificencia inalterable al paso de los siglos

Acueducto del siglo XVI

Escultura religiosa de la Virgen de Guadalupe en el Puente de Piedra, Acámbaro

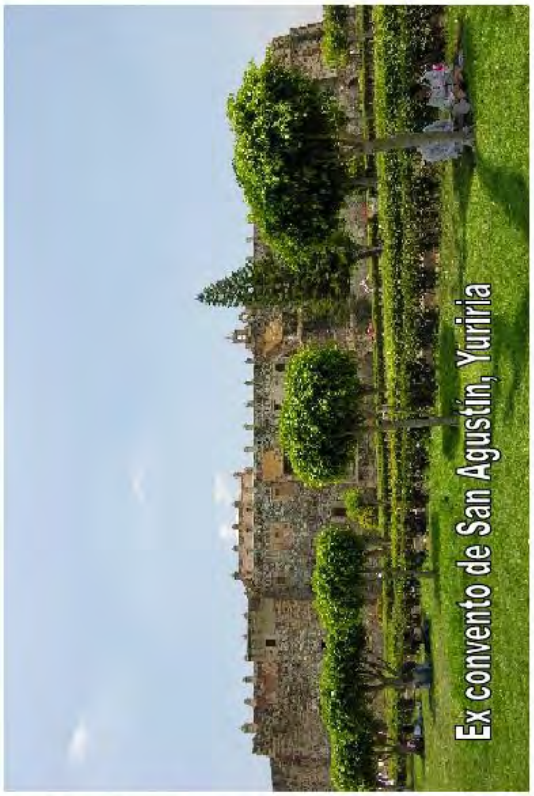
El arco sobre el arroyo describe amplio semicírculo y se apoya en las rocosas laderas. Está conformado por toscas dovelas, en el cual descansa el muro. En la parte central del tramo se puede observar una hornacina calada por sus cuatro costados y que debió cobijar una imagen religiosa. Aguas abajo, se observan otros tres arcos y un muro los cuales continúan el ducto. Al terminar el muro se observan unas paredes y un vano de puerta, hechos para protección de esa parte del canal ya pocos pasos un monumento formado por un pedestal y una pirámide truncada que tiene incrustadas pequeñas lápidas, como medallones (Rojas, 1967). El Puente de Piedra o Puente Colonial, fue una de las primeras obras hidráulicas realizadas en México durante la conquista. Es una obra monumental de nueve arcos de forma ojival de medio punto, uno de los arcos se encuentra adornado con una escultura del señor San José. Su estilo es neoclásico y forma un conjunto armónico con cuatro bellas esculturas de cantera (dos encada uno de sus extremos). Su construcción se le atribuye al insigne arquitecto guanajuatense Francisco Eduardo Tres Guerras, y fue construido para cruzar el Río Lerma en 1750 por acuerdo del Cabildo Catedral de Valladolid. Este puente es llamado también de “los pilones” debido, a que los comerciantes daban una pequeñísima parte de lo que ganaban (pilón) para la construcción del puente. Este conjunto armónico con los cuatro monumentos a sus entradas confortan a los transeuntes y dan protección a la estructura arquitectónica sobre las aguas y sus crecientes.

Otra obra de cantera rosa es el Puente de la Laja o Puente Tresguerras, edificado también sobre el río Lerma. Este Puente se localiza en el municipio de Celaya, fue construido por Francisco Eduardo Tresguerras con la finalidad de facilitar el libre tránsito a todos los viajeros. El único medio de comunicación entre los Reales de Minas de Guanajuato, Zacatecas, San Luís, Ciudad de Guadalajara, Ciudad de México y Puerto de Veracruz, durante la época del virreinato era el camino Real cuyo tráfico era muy intenso y además había que cruzar el Río de la laja, el cual en ese entonces contaba con un vado natural. Para los viajeros y habitante del lugar cruzar el río era peligroso sobre todo en época de grandes precipitaciones pluviales. Con base en ello, en 1803 se solicita al virrey Don José Iturrigara y la construcción de un puente sobre el río de la Laja, el cual fue inaugurado el 15 de agosto de 1809 (Rojas, 1967). Es un monumento majestuoso sostenido por enormes pilares de madera recubiertos de cantera, adornado por pilares decorativos formados por pequeños fragmentos de piedra y tepalcates, demarcando el Camino Real, de igual manera presenta remates como decoración y un andador adoquinado con columnas neoclásicas. Dos pillastras de cantera adornan el camino antes de llegar al puente.

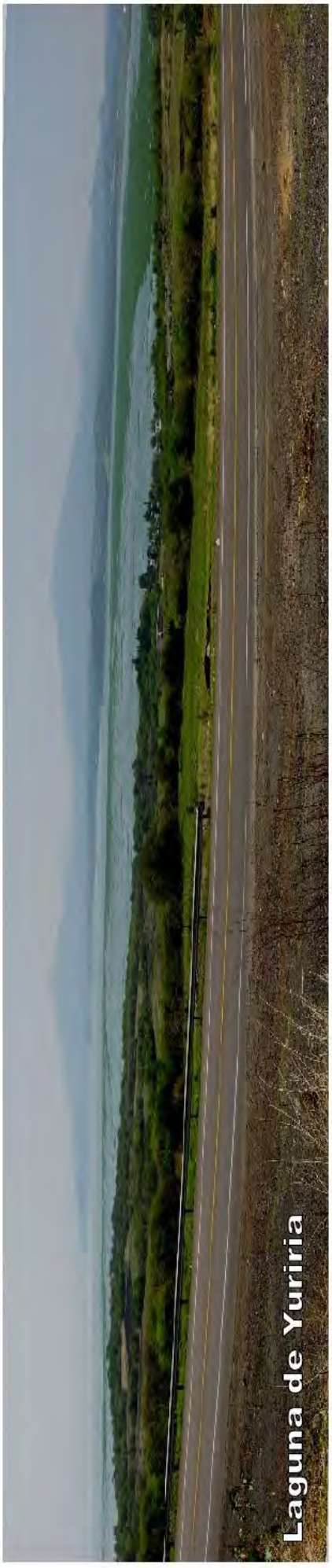
Tanto el acueducto del siglo XVI como el Puente de Piedra y la Pila están realizados totalmente en cantera rosa. Conscientes durante el periodo virreinal de la importancia de disponer de una buena comunicación sobre el río Lerma, erigieron en el municipio de Salvatierra el Puente de Batanes, una obra majestuosa que datade1652. Construido por Fray Andrés de San Miguel quien fue uno de los hombres de ciencia más notables de su tiempo, insigne matemático, geógrafo, hidrógrafo y astrónomo su gran capacidad y notable conocimientos sobre hidráulica fueron el soporte para la, buena culminación de una obra que ha resistido por incontables ocasiones los fuertes embates del caudaloso Lerma (Rojas, 1967). El Puente de Batanes, fue por tres siglos un importante medio de comunicación entre las provincias de Guanajuato y Michoacán. De una gran solidez, este singular monumento ha sido fiel testigo de la historia de esta noble ciudad prácticamente desde su fundación (Rojas, 1967). Es una joya colonial constituida por dos torreones flanqueando sus extremos, esto tenían como finalidad el cobro por derecho de peaje en beneficio de la orden los Carmelitas Descalzos. Sobrio en su concepción, el Puente de Batanes presenta catorce ojos, dieciséis estribos y dos corta-aguas, originalmente sus medidas se especificaron en cinco varas de ancho por doscientas catorce de largo, es todo de piedra y conserva en gran medida el emboque y carácter que sólo conceden el tiempo y la historia.

Los pedestales, son gruesos pilares en los que descansan enormes perillones y pequeñas esculturas figurativas que representan el estilo básico del convento franciscano. Del lado derecho e izquierdo de la entrada del puente se pueden observar numerosas esculturas religiosas como la Virgen de Guadalupe de Tepeyac y de San Francisco, mientras que del otro lado se observa a la Virgen y a San José con el niño en brazos (Rojas, 1967). La Pila, constituye una obra de humor y fantasía salida de la vena artística que creó monumentos en Acámbaro durante la segunda mitad del siglo XVIII. Consiste de una pila circular que llaman “del águila” o también “delos toritos”, hoy visible en el jardín del Nigromante, situado en la zona que perteneció al atrio del convento franciscano. Se trata de una obra de carácter popular que reúne estampas de vida y formas emblemáticas y decorativas del medio ambiente que reinó en la localidad en el siglo XVIII (Rojas, 1967). La Pila, consiste en un tambor cilíndrico de cantera, cuya superficie externa exhibe relieves, unos de figuras historiadas y otros de fantasías barrocas. La ornamentación está distribuida por dieciséis (16) tableros que representan: Azotaina; Salto o arreo del toro; Cogida por toro; Cabezas humanas con Vírgula; Mujeres que riñen a un hombre; Mascarón antropomorfo; Motivos vegetales; Delfines, Peces y plumas, Guardamalletas y Flores de Lis, alternados en entrantes y salientes, dando idea clara de las formas que se quisieron representar en la piedra. El humor, sentimiento humano de la vida está presente en los relieves historiados que ocupan cuatro de los tableros (Azotaina, Salto o arreo del toro, Cogida por toro y Mujeres que riñen), (Rojas, 1967).

El Lago es una maravilla de ingeniería y uno de los principales atractivos culturales de esta localidad de Guanajuato. La laguna de Yuriria presenta una vegetación acuática y sub- acuática homogénea. La vegetación característica de la laguna es “tular”. Los elementos dominantes son Typha domingensis y Scirpus californicus, plantas que miden de 0.6 a 2.5 m de altura. El tular se desarrolla desde los márgenes de la laguna hasta los sectores más profundos (2 m). Su diversidad florística consta de 47especies incluidas en 34 géneros pertenecientes a 25 familias de acuerdo con (Ramos-Ventura y Novelo-Retana, 1993).



Este lago artificial se ha considerado como obra extraordinaria para su época. Es uno de los mayores depósitos hidráulicos del Estado, con una superficie de 97 km2, profundidad media de2.60 m y capacidad de 225 millones de m3 (Izaguirre, et al., 1979). Cuando dispone de agua cuenta con varias islas, entre las que destacan la Isla de San Pedro, así como el Fuerte y las Cabras, dos islas que juntas forman el fuerte Liceaga, el cual sirvió al General Liceaga para hacerle frente a Agustín de Iturbide durante los cuarenta días de resistencia en la lucha por la independencia.



Otra impresionante muestra de la ingeniería virreinal en cantera son: el Templo y Ex Convento de San Agustín en el municipio de Yuriria. Considerado como una auténtica joya colonial, constituye un monasterio Agustino. Su construcción se inició el 1 de noviembre de 1550 y se inauguró el jueves de Corpus de 1559. Su bellísimo conjunto se enmarca en un impresionante espacio abierto que magnifica una gran fortaleza medieval. Para la construcción de este magnífico edificio fue encomendado en 1548 a Fray Diego de Chávez y Alvarado, comisionado de los Agustinos a construir una iglesia y monasterio, concluido en 1559. Entre otra de las primeras obras hidráulicas construidas durante la época virreinal es, el lago de Yuriria, localizado en el municipio del mismo nombre, a una altitud de1750 msnm. Yuriria es un término que deriva de la palabra purépecha Yuririapúndaro que significa “lago de sangre” (Ramos-Ventura y Novelo-Retana, 1993). La laguna de Yuriria fue construida en 1552, por Fray Diego de Chávez con finalidad de servir como vaso regulador delas aguas del Río Lerma y para irrigar los fértiles campos agrícolas del poblado de Yuriria. Fray Diego hizo construir un canal para desviar las aguas del río hacia el vaso y un bordo para contenerlas, a este bordo se le denominó Taramatacheo (Guzmán, 1985).

MINERAL DE LA LUZ

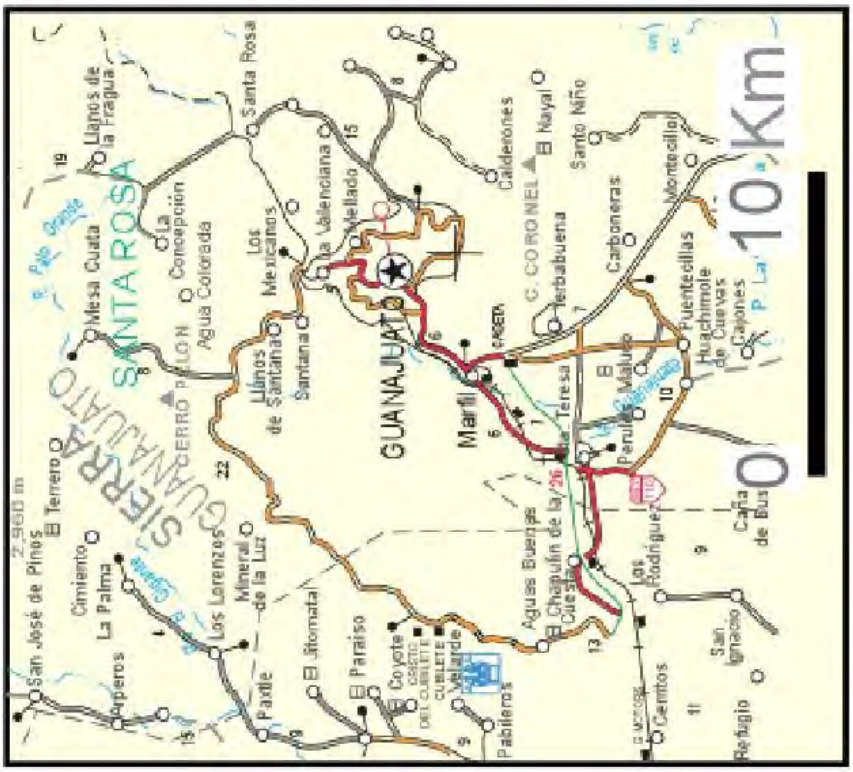
Mina de Bolañitos

MINERAL DE LA LUZ

El poblado de Mineral de La Luz, se fue formando muy lentamente a través de casi tres siglos, desde el descubrimiento del socavón de San Bernabé por los españoles en 1548 (Jáuregui,1976).

En el siglo XVIII Don Joseph de Villaseñor en su libro Theatro Americano, menciona la región como integrante del Real del Realejo pero no fue hasta la bonanza (1843-1859) que se configuró como Municipio y Distrito de La Luz. El Mineral de La Luz se encuentra enclavado en lo más abrupto de la Sierra de Guanajuato. Se localiza 13 km al noroeste de la ciudad de Guanajuato.

Al concluirse las bonanzas delas minas La Luz y San José de los Muchachos sobrevino una época de decadencia no solo para ambas, sino para todas las minas de Guanajuato entre los años 1860 y 1865.



Desgraciadamente esta obra colosal no correspondió a las esperanzas de los interesados ya que ese rico yacimiento se cortó a los 419 m de profundidad con leyes muy bajas (Orozco, 1921). La asunción y Anexas fue una de las pocas compañías que siempre estuvo a manos de empresarios nacionales.

Mapa de ubicación del Mineral de La Luz

La familia guanajuatense Rocha, tuvo los derechos del grupo minero La Asunción o Santa Úrsula desde 1868 mediante un contrato de avío.

El señor Pérez Gálvez siendo ya accionista de la Mina de La Luz emprendió juntamente con otros capitalistas la monumental obra de la apertura del tiro de La asunción de Navarra, que tiene un diámetro de 7.50 m y alcanzó una profundidad de 430 m.

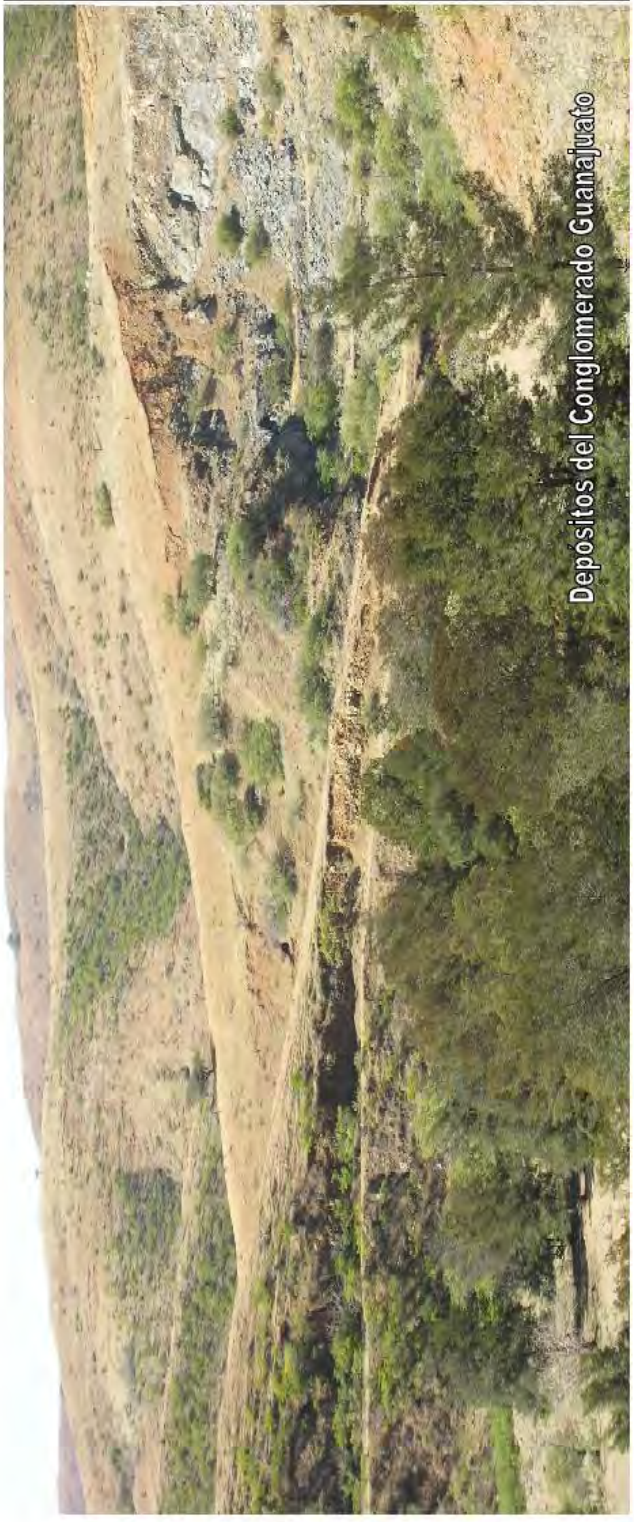
A mediados del siglo pasado se contaban en el Distrito de La Luz entre 20 y 24 minerales.

Con base en ello los estudios geológicos indican que los depósitos minerales se extiende por 10 kilómetros en donde se hayan un gran número de obras mineras entre las que destacan por su fama y bonanza: Mina de La Luz, Mina de San José de los Muchachos, la Mina La Asunción de Navarra, Socavón de San Bernabé y Socavón de San Cayetano.
Las dos primeras dieron resultados fabulosos originando un enorme interés a toda la región haciéndose a causa de ello, numerosos denuncios. Estas minas dieron una gran bonanza entre los años de 1840 a 1859.

Para la ejecución de sus trabajos tenía malacates de vapor, instalación de molienda para los minerales, al igual que un dínamo que proporcionaba luz para 100lámparas eléctricas, una amplia dotación de herramientas y contaba con amplias y magníficas oficinas y casas-habitación. El ingeniero inglés Carlos K.Furber, pensó en la idea de abrir un socavón en las inmediaciones del Río de Santa Ana con el Arroyo de El Puertecito, con la finalidad de explorar las vetas de esa región. En 1862 una compañía integrada por accionistas mexicanos y extranjeros, emprendió la apertura del socavón de San Cayetano o Tajo de las Adjuntas, iniciándose en junio de 1862 los trabajos preparatorios para la ejecución de una obra considerada como una de las más importantes que se han realizado en el Distrito Minero de Guanajuato(Antúnez, 1964). El socavón de San Cayetano se inicia en la margen izquierda del Río de Santa Ana, su portal tiene una acotación de 2,025.50 msnm. Pasa debajo de las minas de Buenos Aires, San Antonio, San Cayetano y El Diamante (Antúnez, 1964). Tiene una longitud de 3,140m, sin incluirse en ella la de los laboríos secundarios, los cuales tienen una extensión adicional de3,540 m, o sea que el desarrollo total de todas las labores mineras conectadas con este túnel es de6,680 m.

El socavón de San Bernabé fue la primera obra de mina hecha en el Distrito Minero de Guanajuato y cuya altura absoluta de su portal es de 2,100 msnm, este túnel fue comunicado con los laboríos de la Mina de La Luz por medio del pozo denominado de San Mateo, la longitud total del túnel es de 1,220 m. La Mina de San Bernabé se localiza aproximadamente a 20 km al noroeste de la ciudad de Guanajuato, en el poblado denominado Mineral de La Luz Su nombre se debe al descubrimiento de la veta de San Bernabé que corresponde al grupo de vetas del Sistema denominado de La Luz. Dicho descubrimiento fue efectuado por un grupo de mineros y arrieros cerca del cerro del Cubilete en el año de 1548, año del Señor de San Bernabé (Marmolejo, 1967). Algunos de los mineros se quedaron allí para explotar el yacimiento que posteriormente denunciaron en Yuririapúndaro (Marmolejo, 1967). Esta mina trabajó con actividad durante un largo periodo de tiempo en donde se hicieron numerosas e importantes obras de exploración. En el grupo de vetas de La Luz abunda el oro nativo asociado a minerales argentíferos.

Las vetas del Distrito minero de La Luz son de tipo epitermal.
Los depósitos epitermales son aquellos en los que la mineralización ocurrió dentro de1,000 a 2000 m de profundidad desde la superficie terrestre y se depositó a partir de fluidos hidrotermales calientes. Los fluidos se estiman en el rango desde <100ºC hasta unos320ºC.
Los depósitos epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au,Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Bi.
La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos.



Las rocas que atravesó el Socavón de San Cayetano a lo largo de su recorrido, fueron en los primeros metros, el conglomerado Guanajuato, posteriormente granito intemperizado y por ultimo granito inalterado material que por su dureza contribuyó a crear una de las muchas dificultades que se experimentaron durante la ejecución de esta obra.
Con el socavón se cortaron en un tramo de más de 1,700 m diversas vetas que no rendían cantidades apreciables de mineral y sus leyes no eran de importancia (Antúnez, 1964).

El sistema de Vetas de la Luz, se encuentran a cinco o seis kilómetros al alto de la Veta Madre, en el intervalo de ambas, se encuentran las vetas La Joya o Pabellón, El Puertecito y Melladito las cuales Han sido objeto de exploraciones formales y que han dado resultados muy satisfactorios (Orozco, 1921). Las vetas de La Luz han sido Estudiadas por prominentes ingenieros Guanajuatenses como Don Ponciano Aguilar que las clasificó en cuatro sistemas principales: 1. Vetas naturales, presentan rumbos de N-S a NW20° SE o NW 25° SE, con echados de 50°a 60° al SW. Este tipo de vetas es el que caracteriza a la antigua mina de La Luz, en la que se labró el socavón de San Bernabé.2. Vetas contranaturales, corren paralelamente a las anteriores pero con echados contrarios.3. Vetas naturales con rumbos entreNW30°SE a NW50° SE con inclinación al SW de 60° a 65°.Ejemplo de ello, es la veta delPuertecito.4. Vetas contranaturales con rumbos entre NW45° SE a NW 50° se con echado de 60° al NE, como la veta de La Joya o Pabellón.

La veta de La Luz, puede seguirse desde la desembocadura del socavón del mismo nombre pasando por los fundos de La Luz, San José de los Muchachos, Santa Clara, El Refugio, San Vicente, La Trinidad y Remedios hasta Jesús María, abarcando una longitud de2,400 metros con un rumbo medio deNW20° SE y una inclinaron de 60° a70° al SW.

Los de “baja sulfuración” son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración”, los cuales son más oxidados y ácidos.

Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre. En los de alta sulfuración el azufre se presenta como S4+ en forma de SO2(oxidado) y en los de baja sulfuración como S-2 en forma de H2S(reducido).

Los fluidos de baja sulfuración (BS) son una mezcla de aguas-lluvias (aguas meteóricas) que han percolado a sub-superficie y aguas magmáticas (derivadas de una fuente de roca fundida a mayor profundidad en la tierra) que han ascendido hacia la superficie. Los metales preciosos han sido transportados en solución como iones complejos (en general bi-sulfurados a niveles epitermales; clorurados a niveles más profundos)y para fluidos de baja sulfuración la precipitación de metales ocurre cuando el fluido hierve al acercarse a la superficie (ebullición).

Mientras que, los fluidos de alta sulfuración (AS) se derivan principalmente de una fuente magmática y depositan metales preciosos cerca de la superficie cuando el fluido se enfría o se diluye, mezclándose con aguas meteóricas.

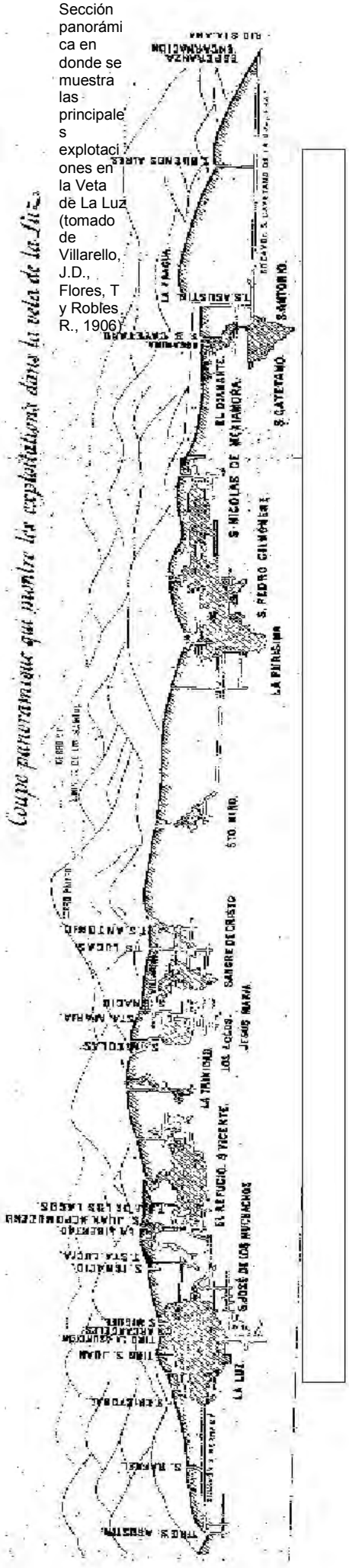
Los metales preciosos en solución derivan directamente del magma o pueden ser lixiviados de las rocas volcánicas huéspedes a medida que los fluidos circulan a través de ellas.

Sobresalen también, la polibasita, lamiargirita, la estefanita, la freibergita y cerca de la superficie en la zona de alteración, el bromuro de plata y oro nativo.

Al bajo de la Veta La Luz, como a unos tres o cuatro kilómetros se encuentra la Veta de Melladito o del Rosario que fue labrada con éxito durante largo tiempo en las minas que llevan estos nombres, y recientemente la Mina de Bolañitos.

En 1904, la compañía de nombre The Guanajuato Reduction and Mines Company poseía los fundos mineros pertenecientes a los de la Veta Madre y el de La Luz, haciendo un total de 500 pertenencias (Orozco, 1921). Con el alza del valor de la plata en 1919, dicha compañía decidió emprender trabajos en el Distrito minero de La Luz.

La estructura de esta veta y en general la de todas las de éste grupo se caracterizan por: presentar un aspecto brechiforme en la zona de mayor potencia, abundando la presencia de geodas recubiertas por calcita y cuarzo. En zonas de menor potencia predomina la estructura bandeada y la disposición simétrica de las bandas. El oro nativo, por lo general, es invisible a simple vista, se encuentra asociado a todos los minerales argentíferos y sus partículas solamente son visibles en la zona de alteración y en las vetas ricas de la región (Puertecito y de La Joya).
Como minerales asociados al oro y la plata sobresalen las piritas, blenda, galena y rara vez sulfuros de Antimonio y antimonio nativo.
El Mineral argentífero predominante es la pirargirita que hacia el SE, se encuentra asociado con la argentita.



Sección panorámica en donde se muestra las principales explotaciones en la Veta de La Luz (tomado de Villarello, J.D., Flores, T y Robles, R., 1906)