Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ingeniería
División de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
Proyecto PAPIME PE-102120

Manual de Campo con modelos 3D y videos región de Peña de Bernal y San Joaquín Querétaro

Mayumy Amparo Cabrera Ramírez
Luis Andrés Salinas Omassi
Luis Bruno Garduño Castro

AGRADECIMIENTOS

A la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (**DGAPA**) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por facilitar los recursos presupuestales para contar con el material que se incluye en esta guía, a través del proyecto **PAPIME PE 102120** “DISEÑO DE MANUALES DE CAMPO Y DE LABORATORIO INCORPORANDO FOTOGRAMETRÍA, MODELADO 3D Y REALIDAD AUMENTADA EN LA WEB PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOLOGÍA GENERAL EN LAS INGENIERÍAS: GEOLÓGICA, GEOFÍSICA, MINAS Y METALURGIA, PETROLERA, CIVIL, GEOMÁTICA Y AMBIENTAL”.

Contenido

INTRODUCCIÓN 4

Área de estudio 6

Clima 6

Relieve 7

ROCAS QUE AFLORAN EN EL ÁREA DE ESTUDIO **9**

Formación Tamaulipas superior 10

Formación El Doctor 10

Peña de Bernal 12

FICHAS DESCRIPTIVAS DE AFLORAMIENTOS 1**3**

Gruta Los Herrera 14

Plegamiento en camino a casa de máquinas de la CFE 18

Peña de Bernal 20

VISITA NUESTROS MODELOS 3D **23**

Peña de Bernal 24

Dacitas 24

Pliegue anticlinal 25

Deslave 25

VISITA NUETROS VIDEOS **26**

Peña de Bernal 27

Plegamiento en la Sierra Gorda de Querétaro 27

Referencias **29**

Afloramiento de calizas pertenecientes a la Formación Tamaulipas Superior en la entrada al túnel de casa de máquinas de la CFE de la presa hidroeléctrica de Zimapán.

INTRODUCCIÓN

Este manual de campo de la región de Peña de Bernal y San Joaquín Querétaro, fue realizado como una herramienta de apoyo para la enseñanza de los materiales sólidos de origen natural que componen nuestro planeta, incorporando el uso de nuevas tecnologías como modelos tridimensionales fotorrealistas y videos de la zona de estudio. Con este guía se ofrece a los estudiantes y profesores la posibilidad de observar y estudiar de forma remota y virtual algunos lugares donde afloran las rocas sedimentarias que constituyen la Sierra Gorda de Querétaro, entre las que se encuentran la Formación el Doctor, la Formación Tamaulipas Superior, y las rocas ígneas que constituyen el Monolito de Peña de Bernal así como los modelos 3D de los afloramientos de donde se obtuvieron.

Esta guía puede aprovecharse para desarrollar cursos a distancia, que actualmente se imparten en la Facultad de Ingeniería y en la Facultad de Ciencias UNAM, de igual forma busca dar la oportunidad a todos los alumnos que estudian carreras relacionadas con Ciencias de la Tierra y carreras afines, poder tener acceso a muestras de mano, de rocas y afloramientos a partir de modelos tridimensionales; tiene el propósito de ser un medio de apoyo al impartir clase por parte de los profesores y al mismo tiempo ser atractivo y útil al momento de estudiar de forma remota y autodidacta.

Los modelos de los afloramientos de esta guía cuentan con una ficha descriptiva que contiene información para su clasificación y estudio. Cada ficha descriptiva incluida en este catálogo contiene la puerta de acceso al modelo 3D, escaneando el código QR y la posible visita a los videos de la zona mediante los códigos QR y enlaces que se encuentran en el respectivo capítulo.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio (Figura 1) se encuentra en el estado de Querétaro en las poblaciones de San Joaquín y Peña de Bernal.

Figura 1. Área de estudio

CLIMA

El 51% de la superficie del estado presenta clima seco y semiseco localizado en la región centro; el 24.3% presenta clima cálido subhúmedo en la región de la Sierra Madre Oriental; el 23% presenta clima templado subhúmedo localizado en la región sur, centro y noreste; el 1% presenta clima cálido húmedo hacia el noreste y el restante 0.7% presenta clima templado húmedo al noreste de estado (Figura 2).

La temperatura media anual del estado es de 18°C, la temperatura máxima promedio es de **28°C** y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de **6°C** durante el mes de enero.

La precipitación media estatal es de **570 mm** anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre.

La agricultura es de gran importancia para el estado, en donde sobresale el cultivo de maíz, alfalfa, cebolla, lechuga, sorgo, forrajes, frijol, cebada y col, entre otros productos; esta se desarrolla principalmente en las regiones de clima seco y semiseco, pero requiere de riego.

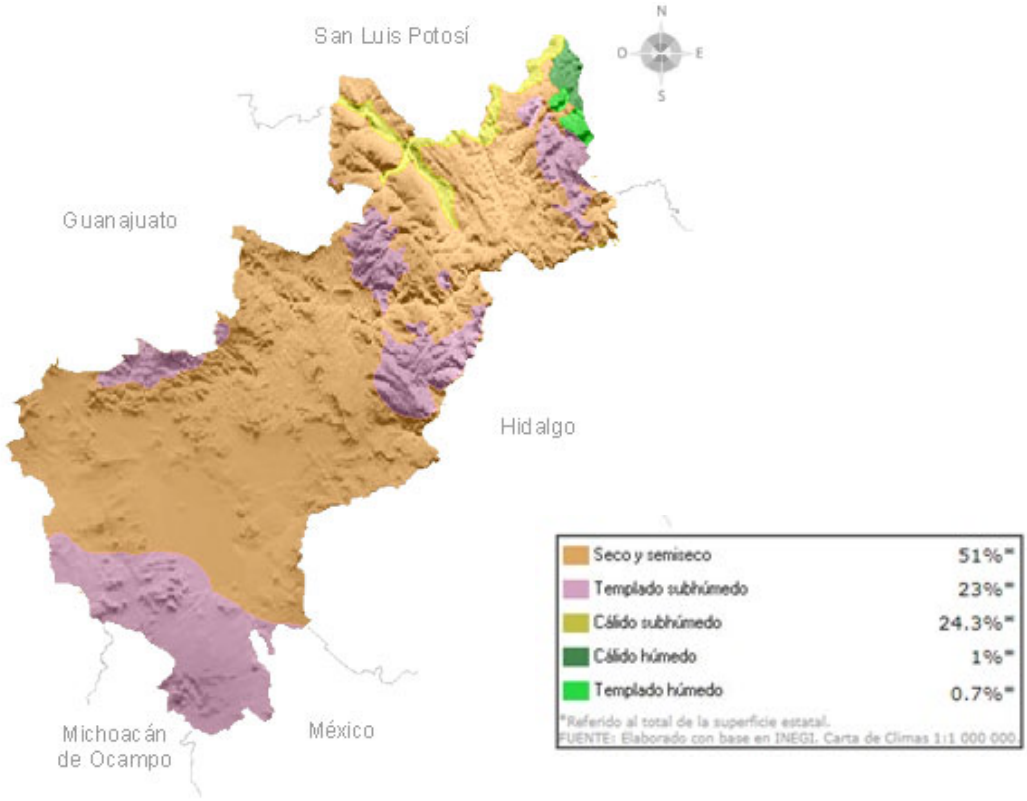


Figura 2. Clima en el estado de Querétaro

Tomado de
http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/clima.aspx?tema=me&e=22

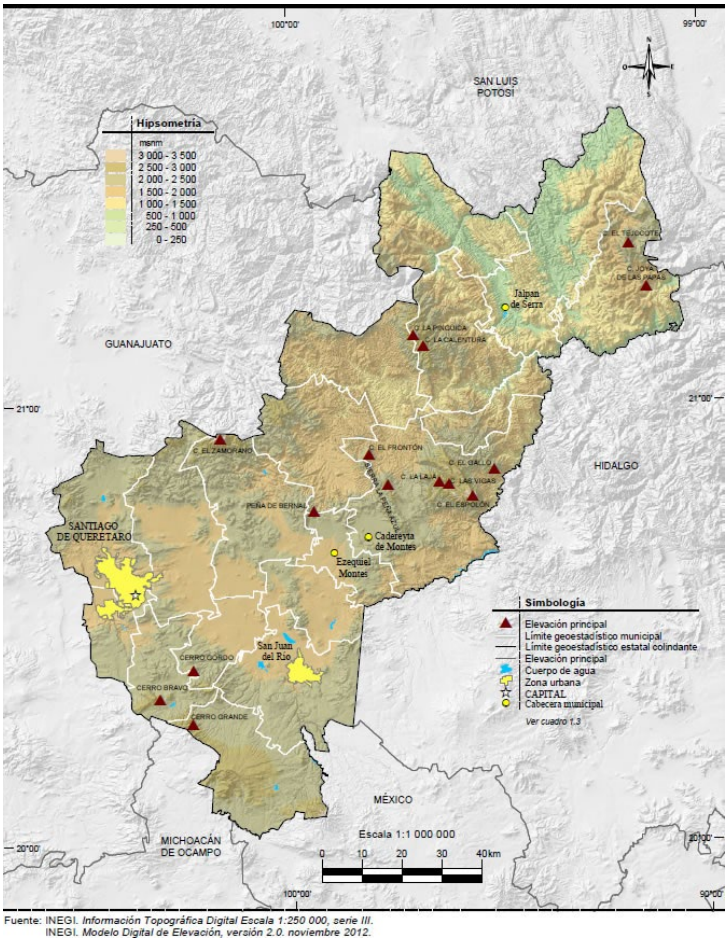
Relieve

La superficie estatal forma parte de las provincias: Sierra Madre Oriental, Mesa Central y Eje Neovolcánico (Figura 3).

La zona nororiental la conforman sierras con altitudes de 2 720 metros sobre el nivel del mar (msnm) como el cerro el Tejocote, en donde se tienen admirables paisajes como en Pinal de Amoles; también se han desarrollado cañones como Jalpan de Serra, con una altura mínima de 200 metros.

En el centro norte del estado continúa la presencia de sierras con forma de meseta en donde se encuentra el cerro El Zamorano, que es la máxima altitud con 3 340 msnm.

En la parte central hay dos sierras separadas por llanuras en las que se encuentran San Juan del Río y Ezequiel Montes.



Fuente: INEGI. *Información Topográfica Digital Escala 1:250 000, serie III.*
INEGI. *Modelo Digital de Elevación, versión 2.0. noviembre 2012.*

Figura 3. Relieve en Querétaro

Tomado de

http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=22

Vuelo con dron en afloramiento de calizas pertenecientes a la Formación Tamaulipas Superior en camino a casa de máquinas de CFE de la presa Zimapán.

ROCAS QUE AFLORAN EN EL ÁREA

En el oriente del Estado de Querétaro convergen dos provincias fisiográficas la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental.

De manera particular en la región de El Doctor y San Joaquín; se encuentran aflorando una secuencia Mesozoica; conformada por tres formaciones de origen marino, separados tanto por contactos transicionales normales, discordancias y rasgos estructurales (Figura 4). La formación Las Trancas del Jurásico tardío constituida por una alternancia de calizas, lutitas y areniscas, la formación El Doctor del Cretácico temprano que son calizas de plataforma, la Formación Tamaulipas de la misma edad pero de ambiente de cuenca y la Formación Soyatal del Cretácico tardío constituida por una secuencia de lutitas y margas, coronando a esta secuencia aflora la formación El Morro del Eoceno-Oligoceno; constituida por conglomerados cementados y silicificados.

En la población de Bernal aflora el intrusivo conocido como La Peña de Bernal, que es una roca ígnea-leucocrática que intrusiona a rocas sedimentarias marinas del Mesozoico y se ha malinterpretado como un plutón del Eoceno o de una edad más antigua. Los estudios de Aguirre, et al. (2013) señalan que La Peña de Bernal es un domo dacítico con SiO2 = 67% en peso.

Aguirre (2006) señala que dicho domo no se limita a la Peña de Bernal, sino que se trata de un cuerpo semi-lenticular alargado de 6x4 km, orientado al N40E en su eje mayor, con la Peña en el extremo sur. El cuerpo completo de Peña de Bernal incluye tres tapones que afloran en un área de ~ 3.5 × 1.5 km.

Formación Tamaulipas Superior

La formación se encuentra ampliamente distribuida en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas, Puebla, Veracruz y Nuevo León (Santamaría et al., 1991). Se ha reportado en la Sierra de Tamaulipas, San Carlos y la Sierra Madre Oriental. En la cuenca de Tampico-Misantla en la porción sur de la Península de Tamaulipas, en la Cuenca de Burgos, al sureste de la Cuenca de Sabinas, al oriente de la Cuenca de la Mesa Central y al Norte de la Cuenca Zongolica (PEMEX,1988).

Formación El Doctor

Fue descrita por Wilson en 1955 en la ranchería El Doctor, localizada en el camino Cadereyta-San Joaquín. El banco El Doctor es un afloramiento de calizas de plataforma de aguas someras que consisten en micritas y calizas bioclásticas de

textura gruesa, así como una serie de promontorios irregulares que probablemente corresponden a biohermas, mientras que los canees que se formaron entre ellas fueron rellenados por detritos de carbonatos (Suter, 1987).

El espesor medido por diversos autores es de 1,500 a 2,000 metros, aunque en la región de El Doctor, San Joaquín y la Presa de Zimapán, no se ha corroborado debido a la existencia de cobijaduras. Descansa concordantemente sobre la formación Trancas y subyace a la formación Soyatal (CFE,1996).

A la formación El Doctor se le asigna una edad de Albiano-Cenomaniano debido a la presencia de fósiles como Globigerina planispira, Radiolitoides mexicanis (Mulleried). Cabe mencionar a la formación El Doctor es empleado en un sentido restringido, de tal manera que solamente reciben ese nombre las rocas del banco calcáreo que está situado entre el frente de la cabalgadura El Doctor y la Presa de Zimapán.

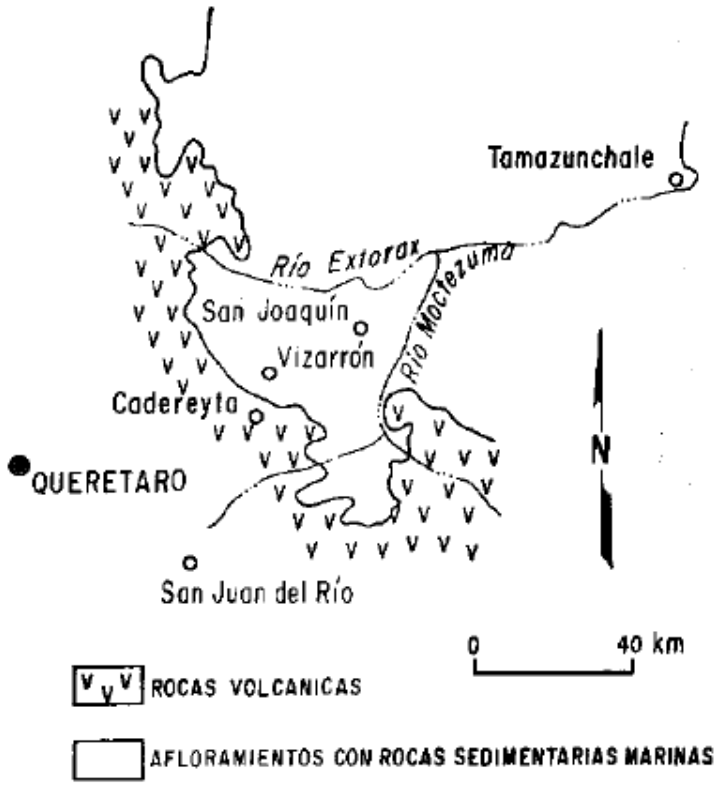


Figura 4. Tipos de roca aflorando en el área de estudio

Peña de Bernal

Según Aguirre Díaz (2006) la Peña de Bernal es un domo volcánico endógeno de composición dacítica (SiO2=67 wt%) con una edad 40Ar-39Ar en plagioclasa de 7.8 +/- 0.3 Ma. El domo completo no se limita a la Peña de Bernal, sino que se trata de un cuerpo semi-lenticular alargado de 6x4 km, orientado al N40E en su eje mayor, con la Peña en el extremo sur, la Peña mide 433 m desde su base, y cubre un área de 4.8 km^2. El domo intrusiona sedimentos terrígenos-carbonatados Jurásicos de la Formación Trancas y calizas Turonianas de la Formación Soyatal.

Ambas unidades están intensamente plegadas, especialmente Trancas. La Formación Trancas presenta metamorfismo regional de bajo grado que formó filitas con segregaciones de sílice amorfo y calcita. No se observan efectos importantes de metamorfismo de contacto causado por la intrusión del domo, salvo un ligero cocimiento y una leve alteración hidrotermal en las filitas en el contacto con el domo. El domo se encuentra intensamente fracturado en sus márgenes, sin llegar a estar brechado, y la filita encajonante se presenta cizallada e incluso con estrías en la zona de contacto, lo que indica que el domo se emplazó relativamente frío y prácticamente sólido (forcefully injected). La Peña de Bernal presenta foliación de domo, semivertical en su parte interna y más inclinada en los márgenes (55°), aparentemente no-concéntrica, y más bien paralela (Aguirre Díaz, 2006).

Vista panorámica de calizas plegadas sobre el camino a casa de máquinas de CFE de la presa hidroeléctrica de Zimapán.

FICHAS DESCRIPTIVAS DE AFLORAMIENTOS

Gruta Los Herrera

El acceso al área de la práctica se logra por la autopista México-Querétaro; en la población de San Juan del Río se incorpora a la carretera federal No. 120, San Juan del Río-Jalpa de Sierra; posteriormente en el kilómetro 97 pasando el poblado de Vizarrón; se encuentra la desviación que se dirige a los poblados de El Doctor, Maconí y San Joaquín (Figura 5) pertenecientes al estado de Querétaro más adelante se encuentra la entrada a la Gruta Los Herrera (Figura 6).

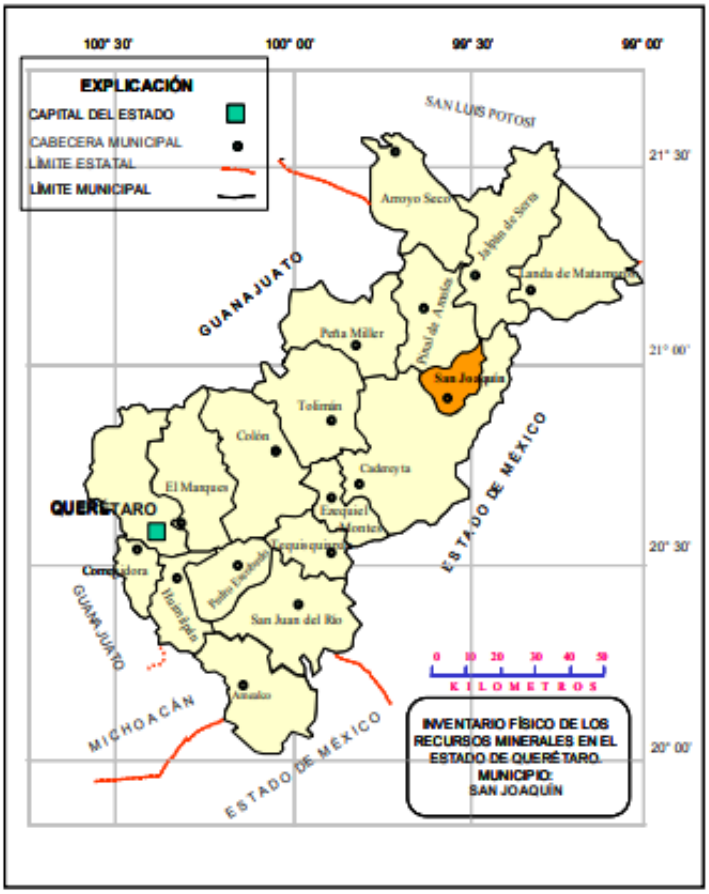


Figura 5 Localización del Municipio de San Joaquín en el estado de Querétaro

La zona visitada se encuentra en la porción sur de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, en la subprovincia del Carso Huasteco (INEGI, 1886). Los rasgos fisiográficos correspondientes a la Sierra Madre Oriental consisten en un conjunto de sierras alargadas formadas principalmente por rocas carbonatadas (formaciones El Doctor y Tamaulipas), separados por amplios valles desarrollados en lutitas y areniscas (formaciones Soyatal y Las Trancas) dispuestas en estratos plegados, los cuales dan origen a sinclinales y anticlinales con orientación NW-SE. La sierra de mayor importancia es El Doctor por su elevación; formando un relieve sumamente abrupto que en las cercanías del río Moctezuma, en donde se llegan a presentar cañones de más de 1,000 metros de profundidad.

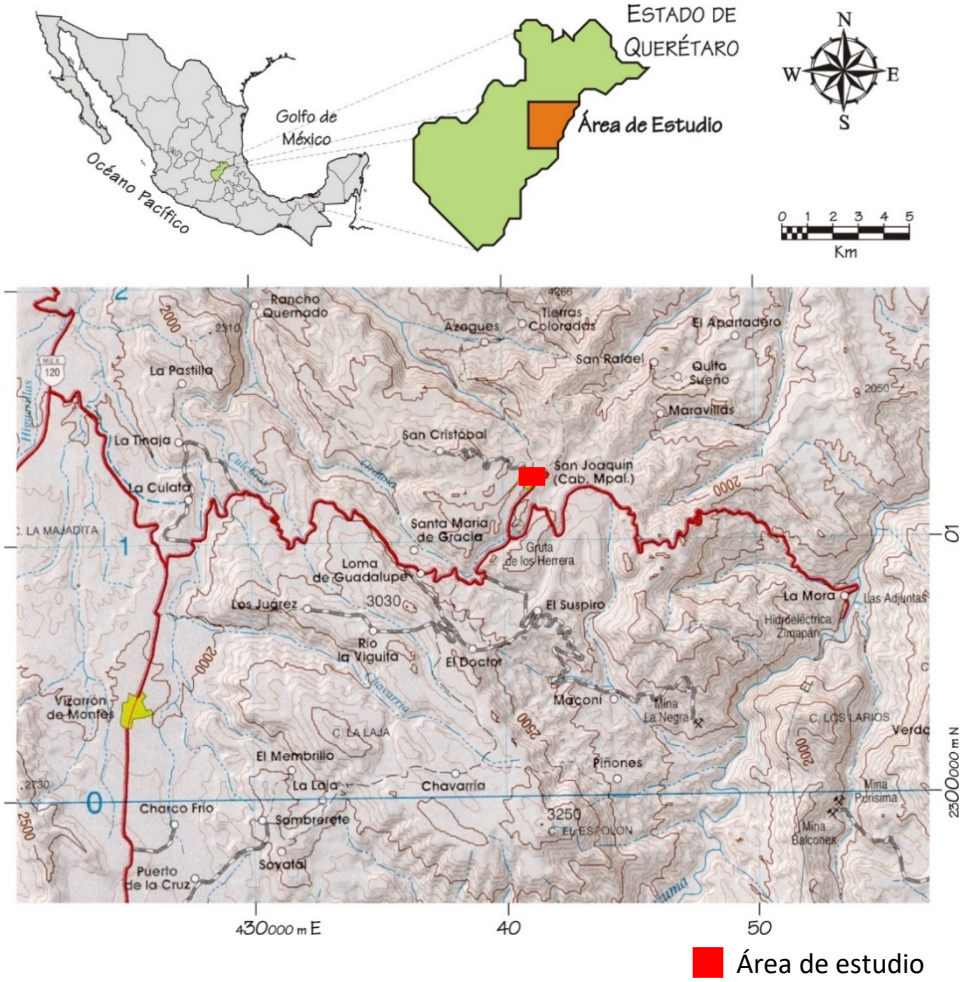


Figura 6. Localización de las Grutas Los Herrera en el poblado de San Joaquín, Querétaro

El clima de la región es variable debido a las diferencias de elevación, el clima templado se encuentra por encima de los 2,200 msnm, en la sierra El Doctor y San Joaquín, en donde la temperatura media anual es menor a los 20°C con presencia de lluvias abundantes en la región. El otro clima es subtropical se relaciona con el cauce del río Moctezuma; donde se presentan temperaturas superiores a los 24°C. En la región visitada se presenta la temporada de lluvias de junio a septiembre; con presencia de bancos de neblina en la zona de El Doctor y San Joaquín.

El municipio San Joaquín forma parte de la denominada Sierra Gorda, la cual se promociona como un destino turístico, propio para los que gustan del bosque, montaña y visita a ruinas arqueológicas. Por esta razón el mayor flujo de visitantes arriban por la autopista México-Querétaro, siguiendo los señalamientos a la “Sierra Gorda”

Fisiografía

De acuerdo a INEGI (1986), el municipio San Joaquín forma parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental y en su totalidad queda comprendido dentro de la subprovincia Carso Huasteco. El Carso Huasteco limita al norte con las Subprovincias, Sierras y Llanuras Occidentales y Gran Sierra Plegada; y abarca desde Ciudad Valles, San Luis Potosí, hasta las inmediaciones de Teziutlán, Puebla. Es también una sierra plegada, pero se diferencía de la denominada así porque presenta rasgos de un carso mayor en toda su extensión y un fuerte grado de disección –inclusive desarrollo de cañones- por la acción de los importantes ríos que fluyen en ella. Esta región cárstica es una de las más extensas del país y en ella dominan rocas calizas que al ser disueltas por el agua originan pozos, dolinas y grutas, como las que se encuentran en las inmediaciones de la cabecera municipal San Joaquín.

Los ríos más importantes que surcan esta región son: el Moctezuma, que tiene su origen en la provincia del Eje Neovolcánico, entra al Carso huasteco formando el límite entre Zimapán, Hidalgo y los municipios queretanos de Cadereyta y San Joaquín. En esta región el río Moctezuma forma un profundo y amplio cañón, cuyo piso está a 200 msnm, mientras que las paredes se elevan hasta los 1 800 msnm.

Gruta Los Herrera

San Joaquín, Querétaro

Ubicación:
El municipio de San Joaquín se localiza a 135 km de la ciudad de Santiago de Querétaro. Las Grutas de los Herrera se encuentran a tan solo 1.5 km antes de la cabecera municipal del Municipio de San Joaquín,

Clima:
Templado cálido, con temperatura media anual de 16.7°C, siendo el mes de junio el más caluroso y los meses de enero y febrero los más fríos. El período de lluvias es el verano, con una precipitación pluvial media anual de 287.4 mm.

Geología:
Las grutas los Herrera fueron recorridas en su totalidad en 1978 por los espeleólogos norteamericanos Roy Jameson y Paty Mottes, se encuentran ubicadas en el Municipio de San Joaquín, Querétaro; en este municipio afloran la Formación Las Trancas y la Formación El doctor. De la formación las Trancas afloran dos franjas de esta unidad, que lo cruzan de noroeste a sureste, la Formación el Doctor aflora ampliamente en el municipio, siguiendo las franjas NW-SE, que forman La Cabalgadura El Doctor, el Anticlinorio del Pinón y el Sinclinal de El Aguacate, se distinguen 4 facies de esta formación y la facies San Joaquín se compone de caliza de cuenca color gris oscuro de estratificación gruesa con nódulos de pedernal negro.

Relaciones estratigráficas

La Formación El Doctor, sobreyace concordantemente y por cabalgadura a la Formación Las Trancas del Jurásico Superior y subyace concordantemente a la Formación Soyatal-Mexcala

Fisiografía: El municipio San Joaquín forma parte de la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental y en su totalidad queda comprendido dentro de la subprovincia Carso Huasteco. El Carso Huasteco limita al norte con las Subprovincias, Sierras y Llanuras Occidentales y Gran Sierra Plegada; y abarca desde Ciudad Valles, San Luis Potosí, hasta las inmediaciones de Teziutlán, Puebla (INEGI, 1986)

Referencias:

- Carrillo, M. M. y Suter, M., 1982, Libro Guía de la Excursión Geológica a la Región de Zimapán y áreas circundantes, Estados de Hidalgo y Querétaro: Sociedad Geológica Mexicana, IV Convención Geológica Nacional, p. 8-11.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1986. Síntesis geográfica, nomenclatura y anexo cartográfico del estado de Querétaro. Anexo cartográfico con 13 mapas escala 1:50 000, 143 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, 1998, Cuaderno Estadístico Municipal, San Joaquín, Estado de Querétaro.
- Servicio Geológico Mexicano. 2007. Inventario Físico de los recursos minerales del Municipio de San Joaquín, Querétaro

Pliegues sobre el camino a casa de máquinas

En la figura 7 se observa la localización del área de estudio, se toma el camino de Vizarrón de Montes pasando este poblado, en el kilómetro 97 se encuentra la desviación que se dirige a los poblados de El Doctor, Maconí y San Joaquín pertenecientes al estado de Querétaro más adelante se encuentra la desviación a casa de máquinas de la CFE de la presa hidroeléctrica de Zimapán.

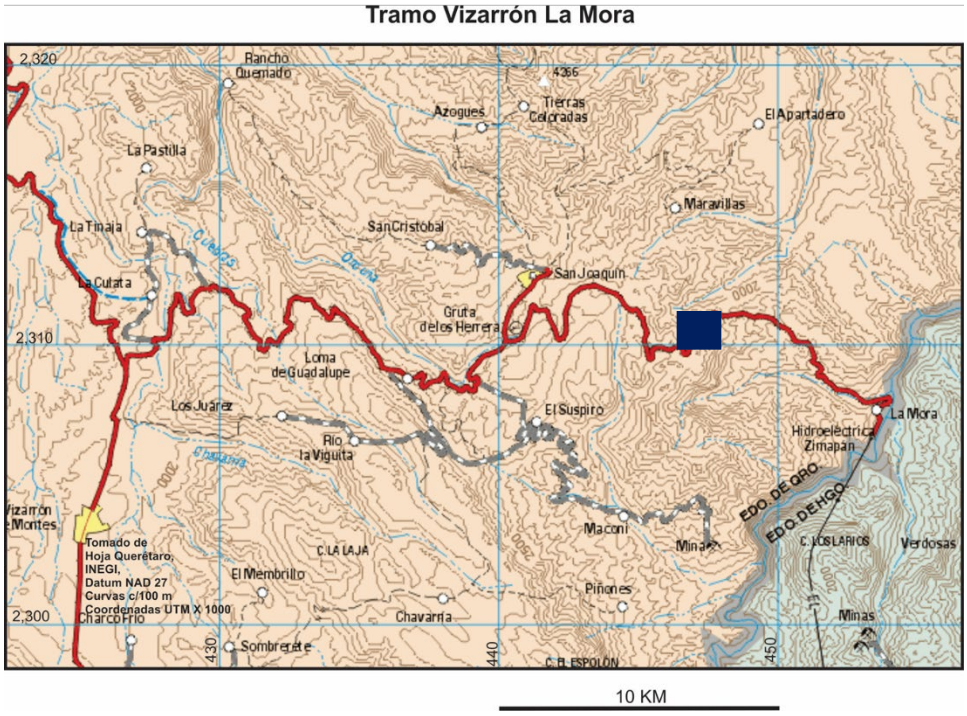


Figura 7. Localización de afloramiento de pliegue anticlinal sobre el camino a la casa de máquinas de CFE de la presa hidroeléctrica de Zimapán-

Pliegue

Casa de máquinas de CFE de la presa hidroeléctrica de Zimapán

Ubicación:
En el estado de Querétaro, a 57 km. de la capital, se encuentra un pequeño pueblo llamado Bernal, que pertenece al municipio de Ezequiel Montes. Aquí es donde se encuentra la peña de Bernal, un monolito de una altura en su punto máximo de 433 m., con una altitud de 2515 m. sobre el nivel del mar.

Clima:
Templado cálido, con temperatura media anual de 16.7°C, siendo el mes de junio el más caluroso y los meses de enero y febrero los más fríos. El período de lluvias es el verano, con una precipitación pluvial media anual de 287.4 mm.

Geología:

En la Sierra Madre Oriental, el Jurásico Superior y el Neocomiano estan constituidos por calizas, margas y lutitas apizarradas de la Formación Las Trancas, la cual subyace a las formaciones calcáreas de la trilogía Cenomaniano (Formaciones El Abra, Tamabra y Tamaulipas Superior).

La Formacion Tamaulipas Superior, atribuida al Albiano-Cenomaniano, en esta área consiste esencialmente de calizas con estratos con espesores de entre 10 y 30 cm y mas escasos bancos gruesos a masivos, de textura brechoide a arenosa hacia la base (Carrillo y Monroy, 1988)

La formación se encuentra ampliamente distribuida en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas, Puebla, Veracruz y Nuevo León (Santamaría et al., 1991). Se ha reportado en la Sierra de Tamaulipas, San Carlos y la Sierra Madre Oriental. En la cuenca de Tampico-Misantla en la porción sur de la Península de Tamaulipas, en la Cuenca de Burgos, al sureste de la Cuenca de Sabinas, al oriente de la Cuenca de la Mesa Central y al Norte de la Cuenca Zongolica (PEMEX,1988).

Fisiografía:
Según Carrillo y Monroy, 1988, en el oriente del Estado de Querétaro convergen dos provincias fisiográficas: la Mesa Central y la Sierra Madre Oriental. La primera se caracteriza, en el sector vecino a San Antonio Bernal, por un conjunto de sierras con un relieve no mayor que 500 m desarrollado en rocas marinas cretácicas, supra e infrayaciendo en discordancia angular a rocas marinas jurásicas y al Cenozoico continental, respectivamente. La segunda es un conjunto de altas sierras paralelas con más de 2 km de relieve de una secuencia continua de rocasmarinas que representan desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior, junto con la secuencia cenozoica continental discordante

Referencias:
Carrillo M. M. y Monroy A. E. 1988. Resumen de la geología del área de San Antonio Bernal,
Estado de Querétaro. Revista del Instituto de Geología. Vol. 7 Núm 1. Universidad Nacional Autónoma de México

Peña de Bernal

Peña de Bernal se localiza a 50 km al NE de la Cd. de Querétaro. Es una estructura con morfología de un pico sobresaliente de aprox. 400 m de altura. El área de estudio se muestra en la figura 8.

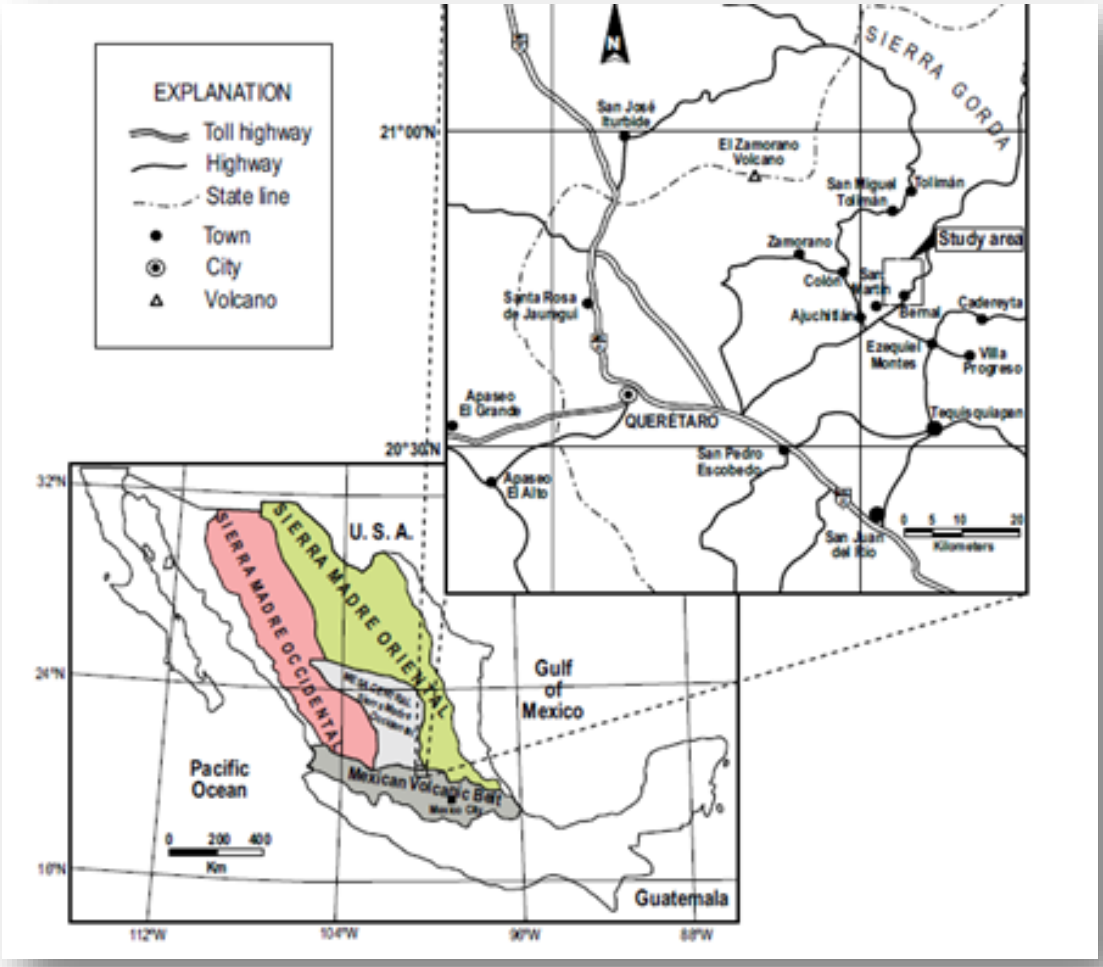


Figura 8. Localización de Peña de Bernal con respecto a las provincias geológicas de México Tomado de Aguirre-Díaz et al.,2013

El cuerpo completo de Peña de Bernal incluye tres domos que afloran en un área de 4.8 km^2. El pico de Peña de Bernal es el mayor de los 3, los otros 2 son: “La

Tortuga", en la porción suroccidental del pico principal y el "Domo Norte" en la porción noreste del pico principal (Figura 9) (Aguirre-Díaz *et al.*,2013).

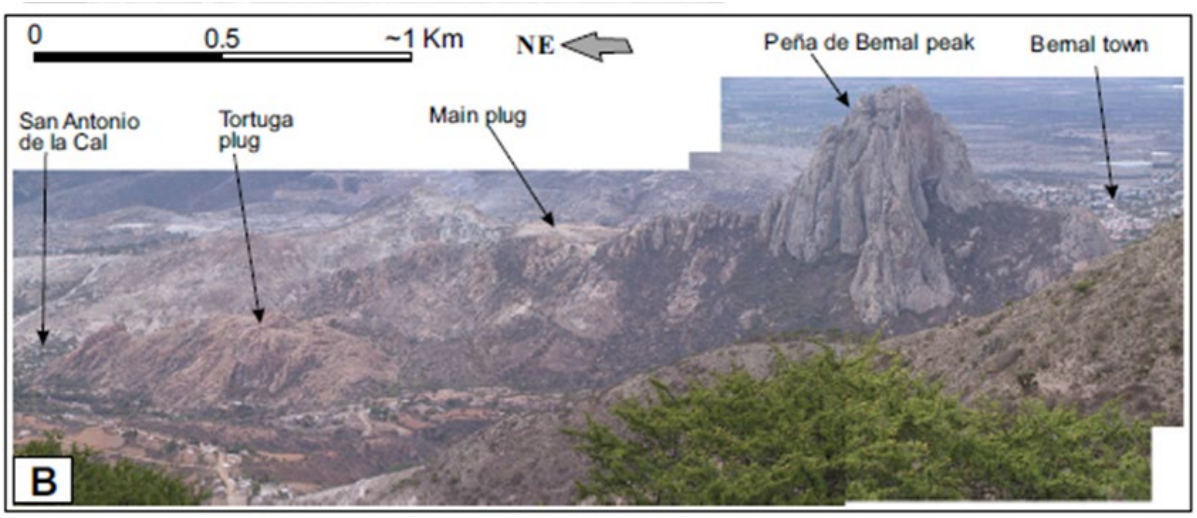


Figura 9. Vista panorámica hacia el este de Peña de Bernal desde la cima del volcán San Martín. Tomado de Aguirre-Díaz *et al.*,2013

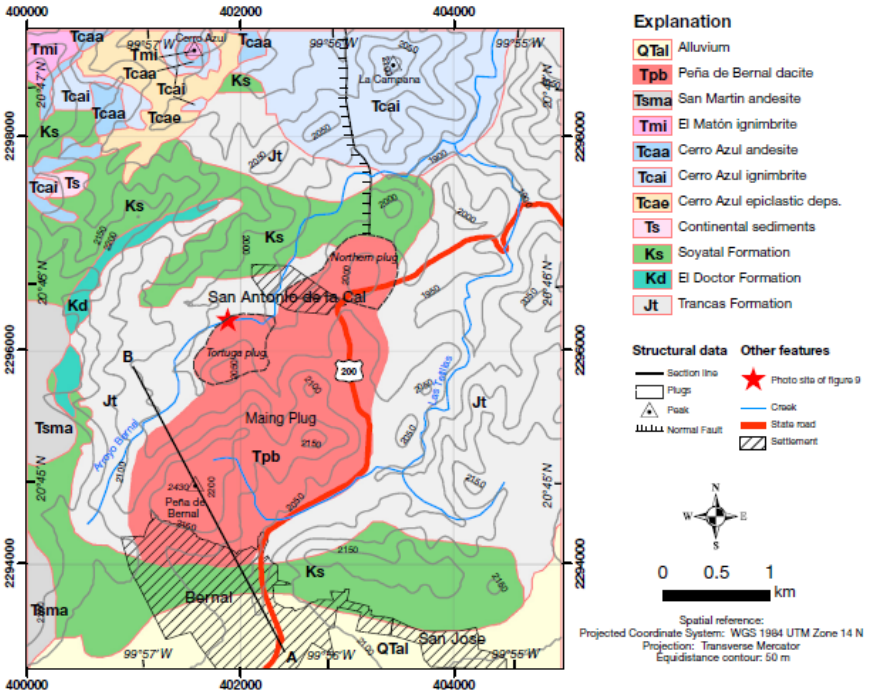


Figura 10. Geología del área. Tomado de Aguirre-Díaz *et al.*,2013

Peña de Bernal

Bernal, Querétaro

Ubicación:

En el estado de Querétaro, a 57 km. de la capital, se encuentra un pequeño pueblo llamado Bernal, que pertenece al municipio de Ezequiel Montes. Aquí es donde se encuentra la peña de Bernal, un monolito de una altura en su punto máximo de 433 m., con una altitud de 2515 m. sobre el nivel del mar.

Clima:

Templado cálido, con temperatura media anual de 16.7°C, siendo el mes de junio el más caluroso y los meses de enero y febrero los más fríos. El período de lluvias es el verano, con una precipitación pluvial media anual de 287.4 mm.

Geología:

La peña de Bernal es una roca ígnea-leucocrática que intrusiona a rocas sedimentarias marinas del Mesozoico y se ha malinterpretado como un plutón del Eoceno o de una edad más antigua. Los estudios de Aguirre, et al. (2013) señalan que La Peña de Bernal es un domo dacítico con SiO2 = 67% en peso.

Aguirre (2006) señala que dicho domo no se limita a la Peña de Bernal, sino que se trata de un cuerpo semi-lenticular alargado de 6x4 km, orientado al N40E en su eje mayor, con la Peña en el extremo sur. El cuerpo completo de Peña de Bernal incluye tres tapones que afloran en un área de ~ 3.5 × 1.5 km. La textura de la roca es porfirítica, casi holocristalina, con un ensamblaje mineral de piroxeno, hornblenda, biotita, plagioclasa y cuarzo, además de apatita y circón accesorios.

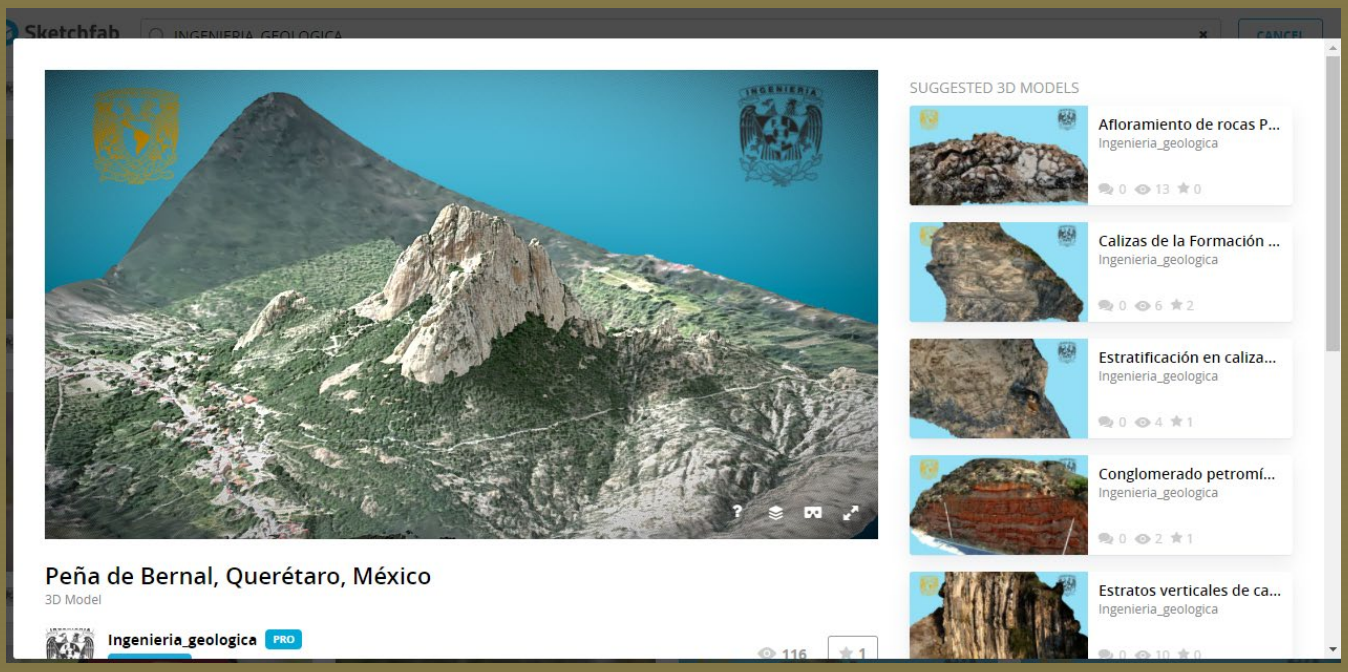
Con los estudios de Aguirre, et al. (2013), la Universidad de Brest, Francia, fechó la Peña por el método K-Ar, obteniendo una edad de 8,7 ± 0,2 Ma, corrigiendo así a los estudios de Aguirre (2006), quién lo fechó con una edad 40Ar-39Ar en plagioclasa de 7.8 +/- 0.3Ma. . La edad de meseta 40Ar-39Ar obtenida en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) en Ensenada, México, arrojó también 8,7 ± 0,2 Ma en plagioclasa separada. Por tanto, 8,7 ± 0,2 Ma debe ser la edad de la dacita de Peña de Bernal.

Fisiografía:

Peña de Bernal está ubicada al oriente del Estado de Querétaro, donde de acuerdo con Aguirre et al., 1998 convergen tres provincias geológicas principales: el Mioceno-Cinturón Volcánico Cuaternario Mexicano, la Sierra Madre Occidental del Tercio Medio secuenciada por ignimbrita, y el cinturón de pliegue de la Sierra Madre Oriental, Sector Gorda (Aguirre-Díaz et al., 2013). Carrillo y Monroy (1988), señalan que son dos provincias fisiográficas la que convergen: la Mesa Central caracterizada por un conjunto de sierras de rocas cretácicas en discordancia angular a rocas Jurásicas y al Cenozoico; y la Sierra Madre Oriental con rocas que representan desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior.

Referencias:

- Aguirre-Díaz, G. (2006). La Peña de Bernal, Querétaro; un domo dacítico del mioceno tardío. *Geos;* 26(1), p. 161-162.
- Aguirre-Díaz, G., Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Labarthe-Hernández, G., López-Martínez, M., Bellon, H., Nieto-Obregón, J. (2013). Geologic setting of the Peña de Bernal Natural Monument, Querétaro, México: An endogenous volcanic dome. *Geosphere;* 9 (3): 557–571. doi: https://doi.org/10.1130/GES00843.1
- Carrillo-Martínez, M., Monroy-Audelo, E. (1988). Resumen de la geología del área de San Antonio Bernal, Estado de Querétaro. *Instituto de Geología UNAM;* 7 (1), p.119-122.



Modelo 3D de Peña de Bernal

VISITA LOS MODELOS 3D EN NUESTRO SITIO Ingenieria_geologica en www.sketchfab.com O EN LOS SIGUIENTES ENLACES:

Peña de Bernal

https://sketchfab.com/3d-models/pena-de-bernal-queretaro-mexico-08671264a0c4437eb561c694b4ca9b5b

Afloramiento de dacitas en Peña de Bernal

https://sketchfab.com/3d-models/afloramiento-de-rocas-pena-de-bernal-queretaro-a9d729bbb8ca4353b15588f878ce9655

Pliegue anticlinal recostado

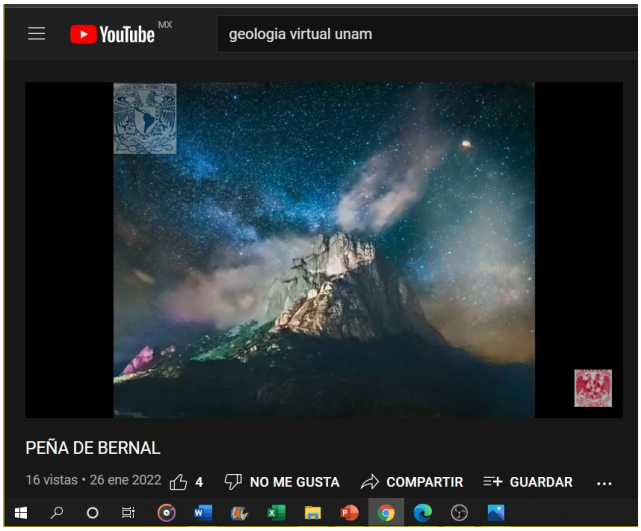
https://sketchfab.com/3d-models/pliegue-d219e402961f49ae8fb6e6ea52fa4985

Deslave

https://sketchfab.com/3d-models/deslave-d1f5ae195d4548538680c427b3a21829

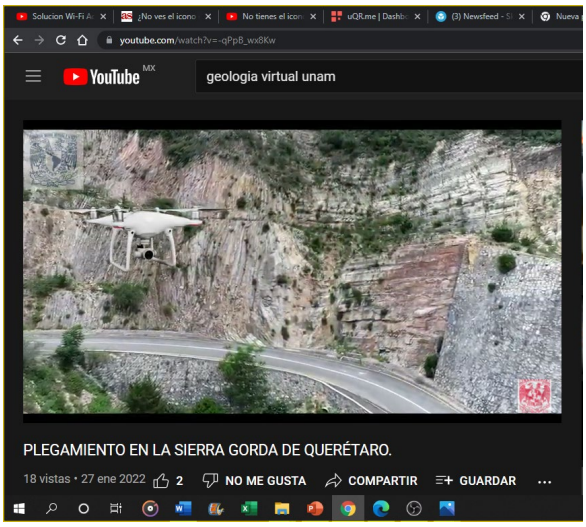
VISITA NUETROS VIDEOS EN LOS SIGUIENTES ENLACES:

Peña de Bernal



https://www.youtube.com/watch?v=y79TKzF0Q-c

Plegamiento en la Sierra Gorda de Querétaro



https://www.youtube.com/watch?v=-qPpB_wx8Kw

Referencias

- Aguirre-Díaz, G. (2006). La Peña de Bernal, Querétaro; un domo dacítico del mioceno tardío. *Geos;* 26(1), p. 161-162.
- Aguirre-Díaz, G., Aguillón-Robles, A., Tristán-González, M., Labarthe-Hernández, G., López-Martínez, M., Bellon, H., Nieto-Obregón, J. (2013). Geologic setting of the Peña de Bernal Natural Monument, Querétaro, México: An endogenous volcanic dome. *Geosphere;* 9 (3): 557–571. doi: https://doi.org/10.1130/GES00843.1
- Carrillo-Martínez, M., Monroy-Audelo, E. (1988). Resumen de la geología del área de San Antonio Bernal, Estado de Querétaro. *Instituto de Geología UNAM;* 7 (1), p.119-122.
- Comisión Federal de Electricidad, 1996. Ingeniería Geológica del Proyecto Hidroeléctrico Zimapán, estados de Querétaro e Hidalgo. Superintendencia de Estudios Zona Golfo.
- Eguíluz de Antuñano S., Aranda García M., Marte R., 2000. Tectónica de la Sierra Madre Oriental, México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LIII, No.1 p. 1-26.
- Instituto Nacional de Geografía, Estadística e Informática (INEGI), 1986. Síntesis geográfica del estado de Querétaro. Secretaria de Programación y Presupuesto, Primera Edición.
- Suter, M. 1987. Structural traverse across the Sierra Madre Oriental fold-thrust belt in east-central Mexico. Geological Society of American Bulletin. Vol. 98 p. 249-264.