



Problemas de cavernas, investigados en algunos municipios del Estado de México

Contenido

Agradecimientos	2
Presentación	2
Introducción	3
Definición	3
Metodología de trabajo	5
Casos de estudio y evaluación	5
Municipio de Otumba	5
Antecedentes	5
Descripción de la localidad evaluada	5
Localidad 1: cavernas de Oxtotipac	6
Recomendaciones para la prevención del riesgo	8
Municipio de San Martín de las Pirámides	8
Antecedentes	8
Descripción de la localidad visitada	8
Localidad 2: zona de cavernas	8
Recomendaciones para la prevención del riesgo	12
Conclusiones	14
Bibliografía	15



Agradecimientos

Se hace un agradecimiento a la colaboración desinteresada del personal de las unidades municipales de Protección Civil de Otumba y San Martín de las Pirámides.

Presentación

El presente trabajo forma parte de la serie de Cuadernos de Investigación que publica el Gobierno del Estado de México, a través de la Dirección General de Protección Civil. El objetivo primordial es promover y desarrollar, permanentemente, la investigación científica en materia de protección civil.

El contenido de este Cuaderno de Investigación se ha destinado a difundir los conceptos fundamentales y los riesgos que representan las zonas de cavernas al ser invadidas en su parte superior o superficial por algunos sectores de población en ciertas localidades del Estado de México.

Aquí se resumen aquellos estudios de evaluación de campo, realizados por personal técnico especializado, de la Dirección General de Protección Civil, los cuales se consideraron de interés general para la población, autoridades estatales y municipales preocupadas por este tema. Dichos estudios se han llevado a cabo en los años de 2002 y 2003, luego de realizar reuniones de trabajo con autoridades de los municipios involucrados con este tipo de riesgo, a partir de lo cual se tuvo conocimiento de esta problemática.

Se identificaron diversos sitios susceptibles de investigación y atención que forman parte de este problema, en los que se realizó una evaluación técnica de campo, con el fin de que las autoridades correspondientes establezcan los criterios y disposiciones legales que permitan dar una solución adecuada a dicha problemática, ya que estas zonas representan un alto riesgo para la población asentada en las mismas.



Introducción

Los estudios de evaluación técnica incluidos son un esfuerzo realizado por el Gobierno del Estado de México a través de la Dirección General de Protección Civil, para mitigar, en lo posible el impacto del riesgo que representan las zonas con cavernas, aunque aún falta mucho por investigar, ya que existen otras localidades con el mismo tipo de riesgo geológico. Cabe señalar que las áreas evaluadas y presentadas en este Cuaderno de Investigación, se ubican en las inmediaciones de estructuras volcánicas.

Es importante señalar que las cavernas, se originan en su mayor parte, al fluir un derrame de lava por un terreno de pendiente moderada, dando lugar a lo que se conoce como un tubo de lava o caverna de origen volcánico.

Debido a que cada una de estas zonas representa un alto riesgo para la seguridad de las personas, sus bienes y el entorno, se propuso una serie de recomendaciones para la solución y mitigación de cada problema específico.

Definición

Existe ambigüedad en la definición de los términos cueva, caverna o gruta; por ello, en la actualidad no hay consenso dentro de la comunidad científica, así que estos términos se usan indistintamente como sinónimos.

En el presente Cuaderno de Investigación se utiliza la definición propuesta en el ⁽¹⁾Diccionario de Datos de la Unidad de Informática Espacial (UNIGEO), dependiente del Instituto de Geografía (IGEOGRAF) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM); y esta es:

Cueva: del latín cavea. Cavidad subterránea.

Caverna: del latín caverne. Lugar hueco en las rocas, en las montañas, bajo la tierra. El término caverna o gruta se usa para designar una cavidad natural de forma más o menos irregular que se extiende principalmente en sentido horizontal, constando a veces de una sucesión de oquedades comunicadas entre sí por pasos estrechos.

Con base en lo anterior, se entiende que una cueva es una cavidad subterránea, la cual puede ser natural (hecha por la naturaleza, llámese caverna o gruta) o artificial (hecha por el ser humano, llámese túnel).

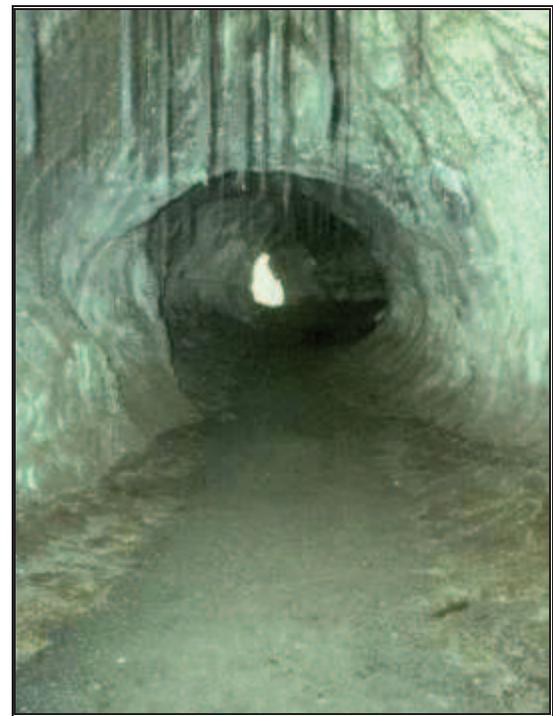
Los tubos de lava o tubos volcánicos, son galerías formadas en el interior de un derrame de lava mientras este fluye.

En términos generales, puede decirse que la formación de los túneles de lava o cavernas, se da cuando entran en fase de emisión de lava las estructuras volcánicas con características efusivas, tal es el caso de los volcanes basálticos de

la zona del valle de México, en los que al salir y fluir pendiente abajo la roca líquida a temperaturas promedio de $1\ 050^{\circ}\text{C}$ se va formando una costra superficial solidificada, mientras continúa fluyendo el material lávico por la parte inferior de la misma.

Al cesar el flujo de lava desde la “boca” de emisión, el último material fluye hasta la parte inferior, dejando un hueco o túnel o caverna (fotos 1 y 2), que en muchas ocasiones se colapsa por efecto de enfriamiento o por procesos de intemperismo, e incluso por sismos. Éste es el mecanismo común en la mayoría de los derrames de lava basáltica, lo que permite que ésta alcance hasta varios cientos de metros en longitud, dependiendo de las pendientes del terreno por donde fluye.

Fotos 1 y 2. Se muestran dos ejemplos de cavernas o tubos de lava donde las pendientes son suaves, de tal manera que las personas pueden penetrar y caminar sin dificultad. Cuando estas tienen suficiente antigüedad, pueden desarrollar estalactitas por efecto del escurrimiento de agua meteórica, de la parte superficial.



Por otro lado, dependiendo del tiempo que esté activo el tubo, adquirirá mayores dimensiones internas y complejidad morfológica, pudiendo formar una sola galería o verdaderos laberintos de redes interconectadas, con dimensiones desde unos pocos metros hasta cientos de ellos con diversas alturas.

En los tubos con antigüedad de varios miles de años, generalmente se desarrollan estalactitas en su interior, por efecto del escurrimiento continuo del agua meteórica proveniente de la parte superficial.

Es muy común que dentro de las cavernas, puedan observarse raíces colgando, ya que los arbustos que crecen encima de ellas, tienen raíces muy largas que penetran por las fisuras y fracturas existentes hasta aparecer en los techos internos de las mismas.



Metodología de trabajo

Para realizar los trabajos de investigación que se consideraron en el presente documento, se tomaron aspectos como, la utilización de equipo de medición in situ; esto es, brújula, cinta, un sistema de posicionamiento global portátil (GPS), mapas topográficos y geológicos a escala 1:50 000 y una cámara digital para tomar imágenes en campo.

Por otro lado, en el lugar de trabajo se procedió a identificar cada uno de los sitios en el mapa respectivo, a qué jurisdicción municipal correspondían (paraje, barrio, colonia, delegación, etc.); tomar nota de su entorno, de la infraestructura y casas-habitación asentadas y cualquier otro rasgo presente en la zona motivo de investigación. Adicionalmente se inquirió a los residentes locales, para obtener mayor información de la zona sobre la problemática específica de los últimos 50 años, pues es relevante para el presente y el futuro.

Una vez conjuntada toda la información de campo se procedió a integrarla, ordenarla, procesarla y plasmarla en un documento técnico que incluye: un mapa donde se localiza la zona trabajada, fotografías con los detalles más significativos del área investigada, descripción e interpretación de la misma y una serie de recomendaciones para la prevención del riesgo, que es lo que, finalmente, solucionará o mitigará, en lo posible, el efecto del fenómeno particular.

Esta última fase de recomendaciones de prevención del riesgo está dirigida tanto a entidades municipales como estatales y federales, pues son las que finalmente podrán actuar, puesto que son las encargadas de llevar a cabo funciones específicas con equipo y personal especializado.

Casos de estudio y evaluación

A continuación se presentan los trabajos de evaluación de campo que la Subdirección de Investigación, Asesoría y Promoción, dependiente de la Dirección General de Protección Civil, ha realizado en diversas localidades del territorio estatal.

Debido a que en cada una de estas zonas representa un alto riesgo para la seguridad de las personas, sus bienes y el entorno, se propusieron una serie de recomendaciones para la solución y mitigación de cada problema específico.

Municipio de Otumba

Antecedentes

El municipio de Otumba se localiza en la parte noreste del territorio estatal, aproximadamente a 103.5 km de la capital del Estado de México.

Descripción de la localidad evaluada

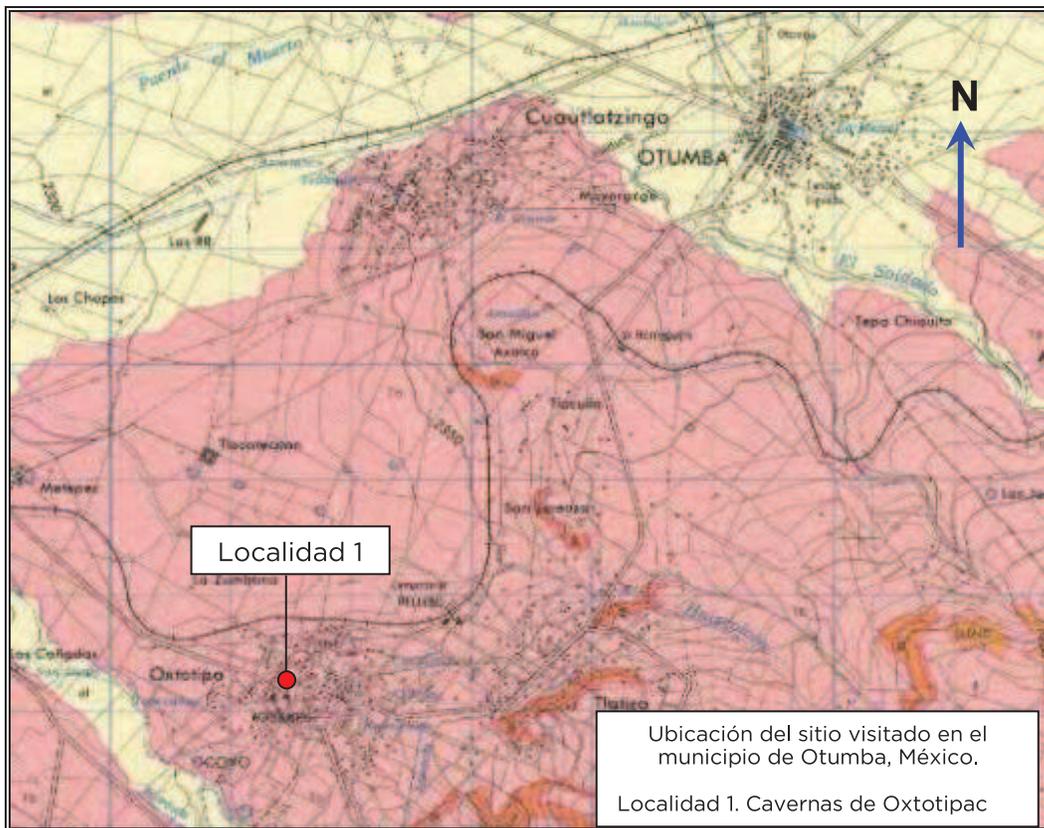
El área (plano 1), está caracterizada por la presencia de rocas volcánicas escoriáceas (tezontle), cuyo centro de emisión más próximo se encuentra en el volcán Xaltepec, ubicado a 5.3 km al sureste del sitio evaluado.

Localidad 1: ⁽²⁾cavernas de Oxtotipac

Ubicación: 6.00 km al SW de la cabecera municipal de Otumba

Localización: latitud: 19 39' 20.1" N
 longitud: 98 47' 31.5" W
 altitud: 2 393 msnm

La caverna principal (foto 3) se ubica a 30 metros al norte de la iglesia de Oxtotipac y a unos cuantos metros del camino de acceso, cuya entrada se encuentra desprotegida y carente de una señalización de advertencia, localizada en la coordenada geográfica: latitud norte 19 39' 20.1" y longitud oeste 98 47' 31.5".



Plano 1. Localidad visitada en el municipio de Otumba, México.

La orientación general de esta caverna es oriente-poniente, con una longitud aproximada de 200 metros; comprende desde el jagüey hasta la delegación del poblado, con un posible espesor del cielo de la caverna hasta la superficie de 1.50 metros.



Foto 3. Entrada de la caverna principal. Al fondo se observa la delegación de este poblado.

Existe otra caverna al noreste de la principal, localizada en la coordenada: latitud norte 19 39' 23.9" y longitud oeste 98 47' 33.2"; está conformada también por tezontle, con una orientación de la entrada de la galería hacia el norte y una longitud aproximada de 80 metros, magnitud evidenciada por una serie de colapsos que dejan al descubierto la traza de la misma (foto 4).



Foto 4. Colapso del terreno que deja al descubierto la traza de la galería.

Asimismo, es posible observar aproximadamente a 50 metros al oriente de esta



última, la traza de una galería colapsada con un ancho aproximado de 80 metros y un posible colapso de cuatro a cinco metros, con una orientación general norte-sur y cuya ubicación se encuentra en la coordenada geográfica: latitud norte 19 39' 26.7" y longitud oeste 98 47' 28.7".

Con base en lo anterior se hacen las siguientes

Recomendaciones para la prevención del riesgo:

1. Construir un cerco de protección alrededor de la entrada de la caverna principal; asimismo, colocar un grupo de señales que adviertan del riesgo a la población y a vehículos.
2. Extraer los desechos de basura que se están arrojando en la entrada de la caverna principal, ya que esto representa un foco de infecciones para la comunidad.
3. Realizar un levantamiento topográfico de las cavernas, con el objeto de definir la extensión de las galerías y su posible continuidad por debajo de las fincas establecidas, lo que permitirá establecer un perímetro de riesgo geológico, pues este tipo de terreno es susceptible a colapsarse.
4. Evitar construir fincas con más de una planta y en el mejor de los casos, evitar construir dentro del perímetro de riesgo geológico.

Municipio de San Martín de Las Pirámides

Antecedentes

El municipio de San Martín de las Pirámides, se localiza en la parte noreste del territorio estatal, aproximadamente a 93 km de la capital del Estado de México.

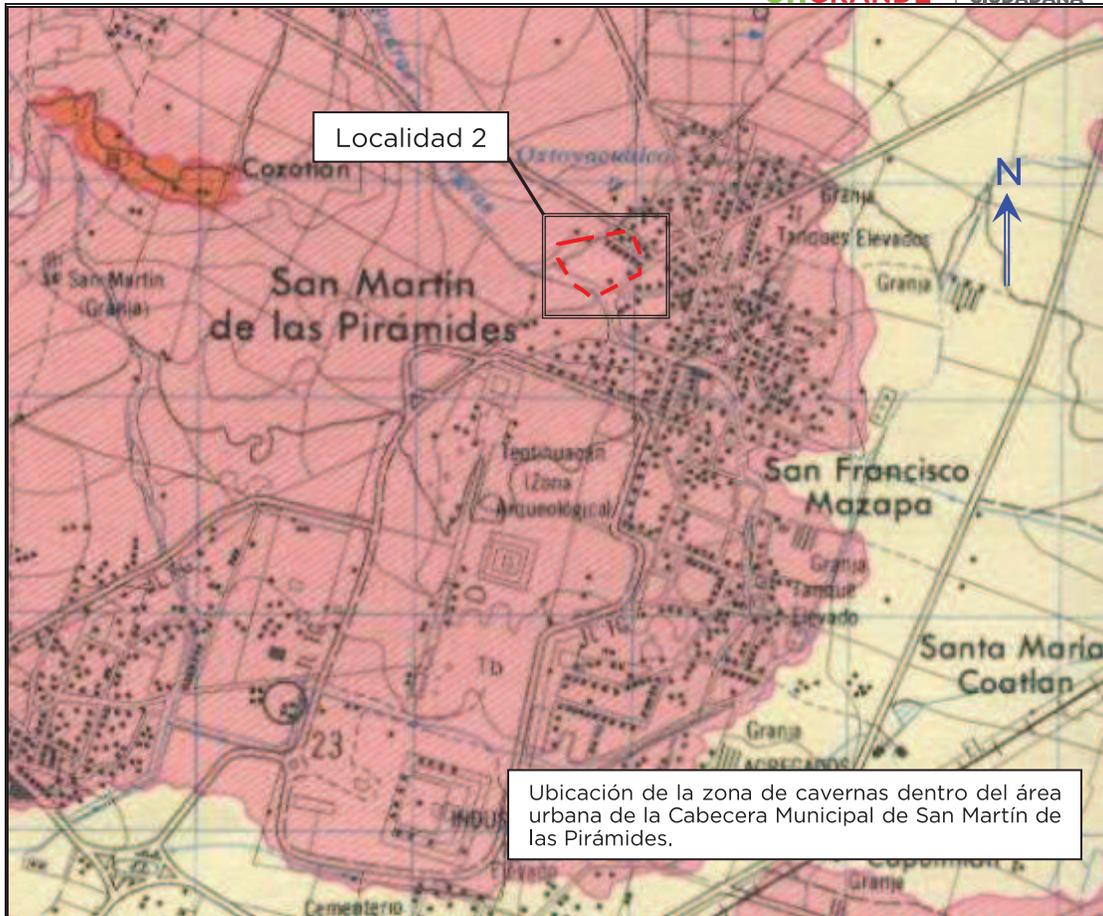
Descripción de la localidad visitada

El sitio de cavernas evaluado dentro de esta jurisdicción municipal, se ubica dentro del área urbana de la cabecera municipal (plano 2); el material lávico que dio lugar a las mismas, provino del volcán Maninal, distante 4.5 km al poniente de esta localidad.

Localidad 2: ⁽³⁾zona de cavernas

Ubicación: aproximadamente a 0.4 km al noroeste de la Presidencia Municipal de San Martín de las Pirámides

Localización: latitud: 19 42' 29.6" N
 longitud: 98 50' 17.1" W
 altitud: 2 326 msnm



Plano 2. Localización del área estudiada en el municipio de San Martín de las Pirámides, México.

Esta zona está caracterizada por una serie de cavernas conformadas principalmente por rocas volcánicas de tipo escoriáceo (tezontle), la cual se delimita mediante manifestaciones en superficie y a través de comentarios del coordinador de protección civil municipal, de la siguiente manera (figura 1):

- Al norte hasta las inmediaciones de la calle Oztoyohualco.
- Al sur hasta las inmediaciones de la calle Tuxpan.
- Al oriente hasta las inmediaciones de la calle Justo Sierra.
- Al poniente hasta las inmediaciones de la calle La Paz.

La caverna principal (foto 5) se localiza aproximadamente a 300 metros al noroeste de la presidencia municipal y a unos cinco metros del límite norte de una construcción en obra negra (foto 6). Se ubica en el traspatio de la misma obra en proceso, la cual se localiza en la esquina de las calles Adolfo López Mateos y 11 de Noviembre. Dicha caverna se encuentra conformada en una brecha de escoria volcánica (tezontle) con una orientación de la galería N20°E, una longitud aproximada de 100 metros y un espesor del cielo, de la caverna hasta la superficie, de 0.5 a 1.5 metros.

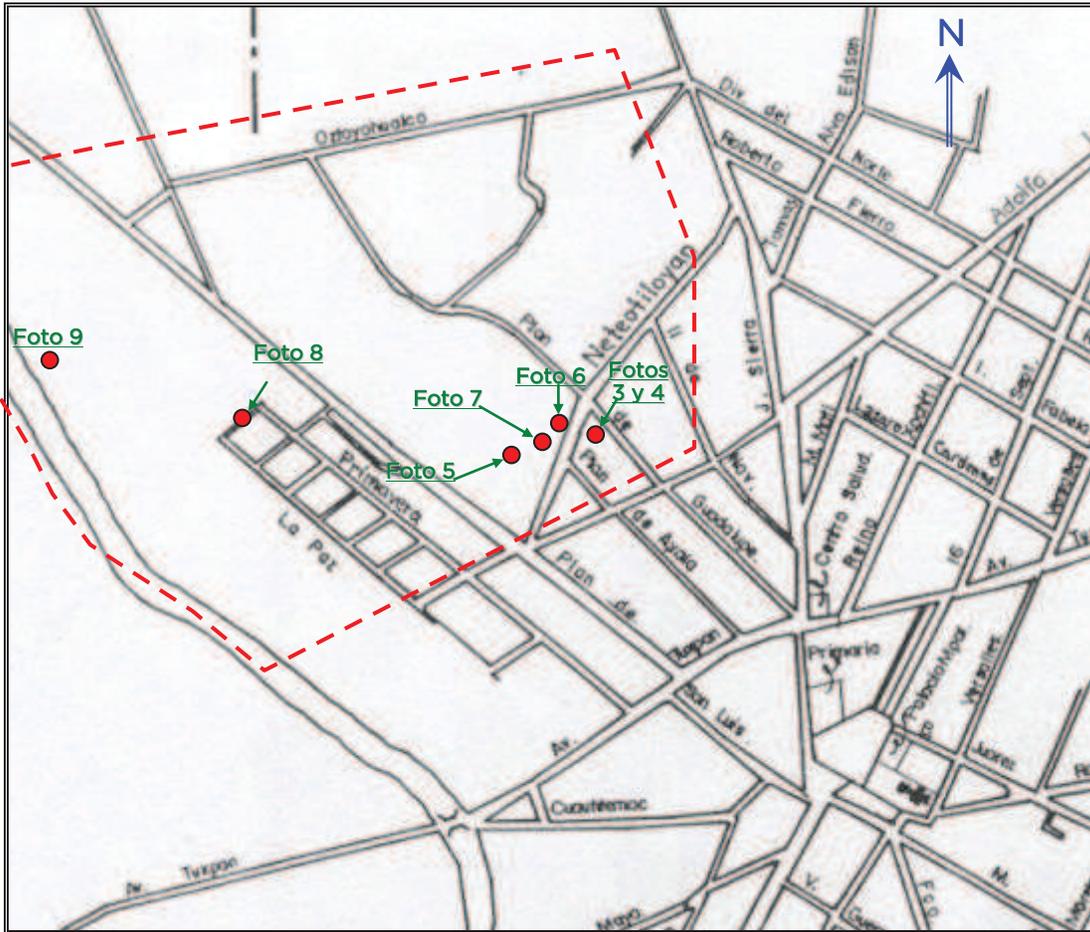


Figura 1. Ubicación de la zona de cavernas (línea roja segmentada), presente en el área urbana de la cabecera municipal de San Martín de las Pirámides. Los puntos en rojo simbolizan los sitios más representativos de riesgo.



Fotos 5 y 6. Estas imágenes muestran un panorama general de la entrada de la caverna principal.

Partiendo de esta caverna en dirección $S60^{\circ}W$, aproximadamente a 150 metros, se encuentra el punto donde personal de Protección Civil del municipio de

Atizapán de Zaragoza realizó el año pasado un sondeo con geo-radar; determinando la existencia de otra caverna bajo la calle Plan de Guadalupe casi esquina Adolfo López Mateos, lugar que actualmente se encuentra cubierto por el trazo de la misma calle y algunas fincas bien establecidas (foto 7).



Foto 7. Ubicación del sitio donde personal de Protección Civil del municipio de Atizapán de Zaragoza, realizó sondeos.

Cabe mencionar que algunas de estas cavernas presentan colapsos de entre dos a cinco metros de longitud (foto 8), afectando superficies de entre 20 a 100 m² y sobre las cuales se encuentran edificadas una serie de viviendas (foto 9).



Foto 8. Obsérvese el desnivel que presenta este punto del terreno en particular, el cual es producto del colapso del cielo de una caverna de la zona.



Foto 9. Entrada de una caverna, donde sobre el cielo de la misma, se edificó la vivienda.

Asimismo, se menciona que cerca del límite oeste de esta zona de cavernas, específicamente sobre la calle Primavera, se encuentran las instalaciones de la clínica del ISSEMyM que fue inaugurada en 1995 (foto 10). A un costado de la misma se encuentra la tienda de LICONSA, por lo que existe la posibilidad de que estas dos construcciones estén edificadas sobre la traza de alguna de estas cavernas. Lo anterior se deduce porque a unos 100 metros al noroeste de estas

construcciones se observó la traza de una caverna colapsada (foto 11), la cual afectó una superficie de unos 30 metros de diámetro con un desnivel del terreno de aproximadamente un metro.



La primera imagen muestra las instalaciones de la clínica del ISSEMyM, ubicada sobre la calle Primavera, en tanto que la segunda muestra la relativa proximidad de la traza de una de estas cavernas respecto a las construcciones.

Bajo estas premisas se hacen las siguientes

Recomendaciones para la prevención del riesgo:

1. Será necesario que el ayuntamiento realice un levantamiento topográfico de las cavernas con el objeto de definir la extensión de las galerías y su posible continuidad por debajo de las fincas establecidas. Esto con el fin de elaborar un censo de construcciones y habitantes, así como para establecer un perímetro de riesgo geológico; ya que este tipo de terreno es altamente susceptible a colapsarse.
2. Que el personal de Protección Civil municipal realice un censo cuidadoso de todas las casas-habitación existentes en la zona definida en el croquis de la figura 1, además de realizar el censo total de las personas que habitan en ellas.
3. Una vez realizados los censos, será necesario que Protección Civil municipal, notifique por escrito a los habitantes de este perímetro que se encuentran establecidos en una zona de alto riesgo geológico, ya que existe la posibilidad de colapso de la superficie del terreno.
4. Que Obras Públicas del municipio evite dar permisos para la construcción de fincas con más de una planta, pues a medida que se incremente peso a la superficie del suelo, éste comenzará a desestabilizarse hasta dar origen a nuevos colapsos del terreno.
5. El terreno de las cavernas colapsadas representa una superficie aparentemente estable, pero a medida que sean ocupadas por construcciones nuevas, comenzarán a presentar asentamiento diferencial del terreno, debido a que los materiales que las conforman se encuentran mal consolidados.



6. Asimismo, existe la posibilidad de que estas superficies colapsadas se encuentren sobre alguna otra caverna, pues el proceso volcánico que conformó la zona pudo tener una actividad intermitente, y con el paso de los miles de años estas galerías fueron sobrepuestas unas sobre otras.

7. Por lo que respecta a las construcciones de la Clínica Regional del ISSEMyM y tienda LICONSA, será necesario que sus representantes legales soliciten a la dependencia gubernamental correspondiente, que personal especializado realice un análisis de la memoria de construcción, pues existe la posibilidad de que se omitiera la realización de un estudio geológico del terreno y que ambos edificios se construyeran sobre la traza de alguna de estas cavernas. Esto es necesario debido a que a unos 100 metros al noroeste de estas construcciones se observó la traza de una caverna colapsada.



Conclusiones

Del presente trabajo, se concluye la importancia que tiene el fenómeno de las cavernas y su impacto dentro de ciertos núcleos de población del Estado de México.

Se hace patente la invitación a los municipios involucrados en este tipo de fenómeno para darle seguimiento a esta problemática, ya que si bien las recomendaciones para la prevención del riesgo emitidas en cada caso, deben ser atendidas por cada ayuntamiento mediante sus instancias de Desarrollo Urbano, Obras Públicas, Ecología, Catastro y Protección Civil en la medida de sus posibilidades; también se deberá buscar el apoyo de diferentes dependencias estatales y federales involucradas en cada caso.



Bibliografía

1. Diccionario de Datos de la Unidad de Informática Espacial (UNIGEO), http://www.unigeo.igeograf.unam.mx/unigeo_old2009/
2. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2002. Reporte de la visita de evaluación técnica de campo efectuada el 15 de agosto del 2002, a diversas localidades del municipio de Otumba, México. Reporte Interno, 11 pp.
3. Instituto de Protección Civil del Estado de México, 2003. Reporte de la visita de evaluación técnica de campo, efectuada el 26 de agosto del 2003 a la zona de cavernas, ubicada en la cabecera municipal de San Martín de las Pirámides, México. Reporte Interno, 5 pp.

Autor: José Luis Segura Rojas
Coautor: Esteban Ramos Jiménez

Coordinación de redacción: Blanca Leonor Ocampo
Responsables de redacción: Sofía Sandra San Juan Dávila y Yeydi López Hernández



Eruviel Ávila Villegas
Gobernador Constitucional del Estado de México

Ernesto Javier Nemer Álvarez
Secretario General de Gobierno

Salvador José Neme Sastré
Secretario de Seguridad Ciudadana

José León Arturo Vilchis Esquivel
Director General de Protección Civil

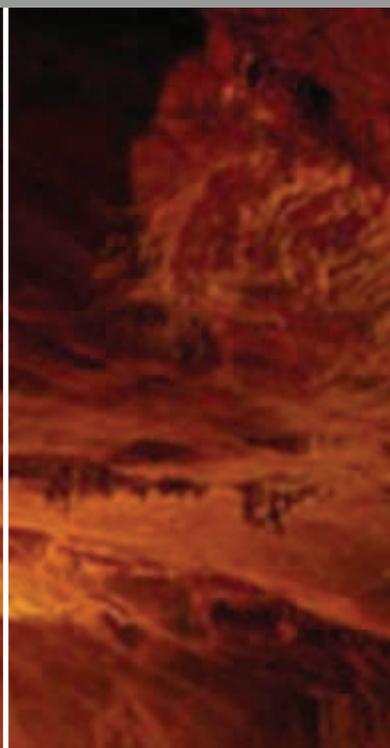
Emilio Gutiérrez González
Director de Programación

Esteban Ramos Jiménez
Subdirector de Programas Especiales



Cuaderno de Investigación

Problemas de cavernas, investigados en algunos municipios del Estado de México



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO

SSC
SECRETARÍA DE SEGURIDAD
CIUDADANA





GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



GOBIERNO QUE TRABAJA Y LOGRA
enGRANDE