

Óscar Hugo Jiménez*

Interpretación y propuesta de clasificación genética de las cavidades del Cerro de la Estrella, Iztapalapa, D.F.

Una de las características del paisaje del Cerro de la Estrella es la evolución de una serie de cavidades formadas en su superficie y desarrolladas en rocas volcánicas, brechas volcánicas y tefras. La mayoría debe su génesis a fenómenos naturales que se mantienen hasta hoy; sin embargo, algunas han sido afectadas en su evolución natural por la intervención del hombre, por lo cual han sido clasificadas en tres clases según su origen: naturales, artificiales y mixtas. Las de origen natural se deben a procesos geológicos de tipo volcánico, pluvial, fluvial y gravitacional. Las cavidades artificiales se han originado por la actividad humana, y las cavidades mixtas se derivan de un proceso natural alterado por las actividades del hombre. La denominación genética de una cavidad se debe al tipo de roca en que se ha formado; al proceso natural que le dio origen, y al hecho de si ha sido modificada o no por el hombre. Así tenemos cavernas volcánicas, cuevas volcánicas artificiales, cuevas fluviales mixtas, cuevas por erosión diferencial y gravitacional, entre otras. La importancia de clasificar estas cavidades terrestres desde el punto de vista geomorfológico radica en que hasta el momento no habían sido estudiadas según su génesis morfológica, sino únicamente como expresión mitológico cultural y espeleoarqueológica. Una definición geomorfológica es la base para una posterior clasificación con fines antropológicos.

The Cerro de la Estrella is an eroded volcanic cone formed during quaternary times in the southern-central part of the Basin of Mexico. The cone was built up by layers of lava flows and pyroclastics, and since then erosional processes have been acting as landscape shapers. The most evident feature of the volcano's surface is a group of cavities of various sizes and lengths that have been formed by different processes in basaltic flows, volcanic breccias and tephra deposits. Most of the cavities are natural in origin but some of them were carved by recent and precolumbian inhabitants of the region. The cavities vary from holes in the ground, erosional caves and cavernous rock masses, to tunnels running along the center of lava flows, among others. According to their nature, the cavities have been grouped under three simple terms. First, natural cavities formed by natural processes such as pluvial, fluvial, gravitational and volcanic processes. Second, artificial cavities entirely sculpted by ancient and current human activities. Third, the so-called mixed cavities formed by both natural and human processes. These cavities give the volcano's landscape a typical geomorphic shape that could be useful in undertaking a more detailed anthropological classification.

Cerca de la superficie terrestre existen diferentes tipos de cavidades subterráneas y subacuáticas que poseen variadas dimensiones y formas, además de originarse por procesos geológicos diversos. Un grupo de tales cavidades terrestres forma parte del paisaje del Cerro de la Estrella en la Delegación Iztapalapa, Distrito Federal. El análisis de dichas cavidades se inició al realizar un estudio geomorfológico necesario para una investigación geológica más amplia de la

* Laboratorio de Geomorfología y Rayos X. SALAA-INAH.

zona sur de la cuenca de México. El Cerro de la Estrella se encuentra ubicado en la porción central sur de la cuenca de México, donde su cima tiene las coordenadas geográficas aproximadas 19°21' latitud norte y 99°06' longitud oeste con una altitud promedio de 2460 msnm (fig. 1).

El Cerro de la Estrella consiste en un edificio volcánico erosionado y alargado ligeramente en dirección norte-sur, el cual conserva todavía parte de su forma cónica original. En su porción superior presenta pendientes fuertes, las cuales se aligeran hacia su parte media inferior hasta que transitan hacia las planicies de los terrenos circundantes (fig. 2).

La actividad volcánica que originó el Cerro de la Estrella tuvo lugar aparentemente en el Cuaternario inferior (Mooser *et al.*, 1986) y se produjo en varias etapas de emisión, pues presenta una alternancia de diferentes materiales volcánicos de composición básica, entre los que se tienen tefras, brechas volcánicas y flujos de

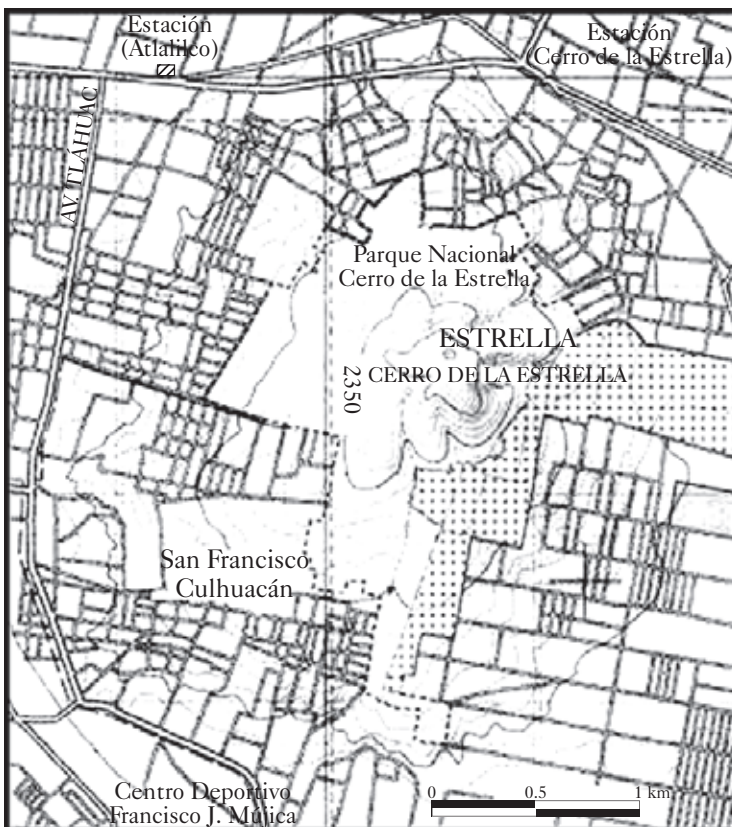
lava. Durante la formación de este aparato volcánico se iniciaron procesos de erosión y depósito que transformaron su red hidrográfica y modelaron su superficie para desarrollar barrancas profundas y abundantes cavidades. También se crearon cavidades subterráneas debido al emplazamiento de diferentes tipos de rocas volcánicas. De esta manera, uno de los rasgos geomorfológicos característicos del Cerro de la Estrella son sus cavidades, originadas tanto a partir de procesos naturales como artificiales.

Objetivos

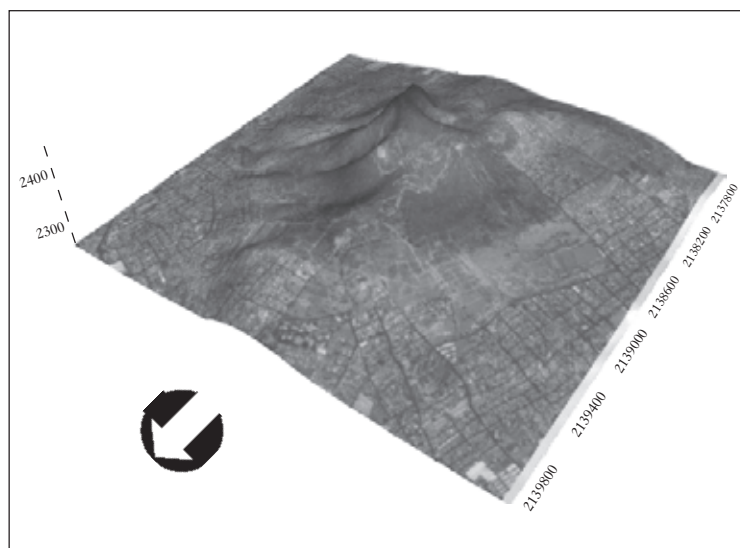
El objetivo de estudiar las cavidades del Cerro de la Estrella consiste en presentar una explicación de su génesis y proponer una clasificación de las mismas, tomando en cuenta su naturaleza, uso y características morfológicas principales. El mejor conocimiento geológico de dichas cavidades permite obtener mayor información sobre el desarrollo geológico del edificio volcánico y, a la vez, proporciona criterios de análisis útiles para investigaciones arqueológicas y antropológicas de la misma área.

Antecedentes

El estudio de los sistemas de cavidades terrestres pertenece tradicionalmente al campo de la espeleología, aunque desde hace tiempo existe un interés creciente por parte de otras disciplinas debido a su importancia geológica (Schmid, 1969; Renault, 1971; Waltham, 1974; Ford, 1976; Bögli, 1980), biológica (Hoffman *et al.*, 1986; Cano y Martínez, 1999), arqueológica y antropológica (Espínasa, 1963; Heyden, 1976, 1983, 1998; García Bárcena y Santamaría, 1982; Limón, 1990; Soruco, 1991; Brady y Veni, 1992; Manza-



● Fig. 1 Área de estudio y topografía del Cerro de la Estrella, Iztapalapa (INEGI, 2001).



● Fig. 2 Vista en tres dimensiones de la morfología general del Cerro de la Estrella, con una altura aproximada de 220 msnm.

nilla, 1994; López Austin, 1995; Medina, 2000; Montero, 2002).

En este contexto, y particularmente desde el punto de vista espeleo-arqueológico, las cavidades del Cerro de la Estrella han sido estudiadas por Montero (2000, 2002) y Montiel (2002). Montero (2002) realizó un registro de aproximadamente 144 cavidades volcánicas y resaltó algunos de sus aspectos biológicos, características volcánicas internas y, sobre todo, evidencias arqueológicas e históricas. También definió once grupos de cuevas de acuerdo con los vestigios e interpretaciones de tipo arqueológico, y obtuvo además la topografía en planta y sección de algunas de ellas. Por su parte, Montiel (2002) logró obtener la topografía de once cuevas principales, lo cual ha permitido tener una mejor idea de los tipos de cavidades del Cerro de la Estrella. Sin embargo, hasta el momento no se conocen estudios sobre la génesis o procesos de formación, ni sobre las similitudes o diferencias de las diferentes cavidades de las rocas volcánicas del Cerro de la Estrella.

Metodología

La metodología consistió en el recorrido geológico de campo y la visita e inspección de las

diferentes cavidades, con especial atención en las de interés arqueológico, principalmente las ya exploradas (Montero 2002; Montiel 2002). En las cavidades se realizaron determinaciones visuales de sus rasgos geomorfológicos y micromorfológicos, se identificaron megascópicamente materiales sedimentarios y rocosos, se estudiaron evidencias de los procesos erosivos y se identificaron los rasgos genéticos de la mayoría de ellas, para finalmente contrastar la intervención humana a partir de vestigios de actividad reciente y antigua. Los vestigios antiguos fueron identificados con la ayuda de los arqueólogos que tuvieron a su

cargo inicialmente las investigaciones arqueológicas.

En este contexto, el término “cavidad” lo utilizamos en forma genérica para referirnos a cualquier tipo de espacio subaéreo o subterráneo sin dimensiones ni formas específicas. El uso del término “cueva”, aunque de utilización frecuente, tiene una connotación muchas veces arbitraria, ya que no todas las cavidades subterráneas son cuevas, ni todas las cuevas son estrictamente subterráneas. En este sentido, Jiménez (en preparación) aporta mayores detalles sobre la problemática de la terminología y la formación de cavidades.

Procesos geomorfológicos que formaron las cavidades terrestres del Cerro de la Estrella

Los procesos geomorfológicos que han intervenido en la génesis de cavidades y la evolución geológica del Cerro de la Estrella corresponden principalmente a procesos naturales de tipo volcánico, fluvial, pluvial y de desgaste de masas. Sin embargo, otros se deben a la intervención humana, es decir, de carácter antropogénico. Los procesos naturales y antropogénicos se han

llevado a cabo de forma independiente y/o de manera simultánea. Expliquemos los procesos naturales identificados y los mecanismos responsables en la génesis de las cavidades naturales del Cerro de la Estrella (fig. 3).

Procesos volcánicos

Son aquellos que se produjeron durante la emisión y movimiento de flujos de lava y piroclastos. Se iniciaron a partir de conductos por donde la lava fundida y los materiales piroclásticos fueron expulsados hacia la superficie del terreno. Durante cada erupción los materiales volcánicos fueron depositados sucesivamente alrededor del conducto principal, y de esta manera se acumularon sucesivamente a su alrededor para conformar el edificio volcánico. En este tipo de efusiones volcánicas el material volcánico brechoide y la lava aprovecharon la inclinación de la pendiente para modificar su movimiento al mismo tiempo que cambiaron su comportamiento plástico de acuerdo con su composición, contenido de gases disueltos y variaciones de temperatura, generando así cambios de viscosidad y esfuerzo cortante. De esta manera se identificaron tres subtipos generales de procesos volcánicos.

En el primero, los flujos de lava durante su movimiento y superposición, empezaron a solidificarse gradualmente desde sus partes exter-

nas hacia las internas, mientras que en su porción nuclear seguía fluyendo el magma. Pero una vez que cesó la alimentación de magma y se drenó completamente la roca fundida restante, quedó un espacio que se convirtió en un conducto o cavidad. Es decir, en las porciones internas de los flujos de lava se originaron conductos y cavidades debido al enfriamiento del material viscoso externo y a la interrupción del aporte de roca fundida, dando lugar a los denominados “túneles de lava” y “lóbulos de drenado” (fig. 4).

El segundo subtipo de proceso se llevó a cabo en el contacto formado entre los depósitos de piroclastos y los derrames de lava. Como en el caso anterior, durante el movimiento del material volcánico se formaron inicialmente costras rígidas, debido al enfriamiento de los contornos externos de dichas masas fluidas. Sin embargo, en el contacto entre la masa de piroclastos y la superficie de los flujos de lava se produjo una fragmentación debido a la fricción generada por el movimiento, originando un material brechoide que eventualmente se integraba al desplazamiento general del flujo, no sin antes comportarse como barrera que impedía su movimiento, y dando lugar, en esos contactos, a la formación de espacios cavernosos (fig. 5).

Un tercer subtipo de proceso volcánico tuvo lugar cuando los flujos de lava se desplazaron cuesta abajo y se inició el enfriamiento de sus contornos superficiales, disminuyendo su capa-

<i>Procesos</i>	<i>Fenómenos</i>	<i>Mecanismos</i>
Volcánico	Erupciones de lavas y piroclastos	Esgurrimiento, enfriamiento, agrietamiento y fragmentación de distintos flujos de lava y piroclastos
Pluvial	Acción hídrica	Escoorrentías o arroyadas, infiltraciones, escurrimientos
Fluvial	Acción hídrica	Socavaciones
Gravitacional	Movimiento de masas	Deslizamientos, desplomes, derrumbes
Eólico	Viento	Desgaste o corrosión

● Fig. 3 Procesos responsables de la formación de cavidades en el Cerro de la Estrella.



● Fig. 4 Caverna volcánica formada durante el enfriamiento de un flujo de lava.



● Fig. 5 Caverna volcánica formada en el contacto entre una brecha volcánica y un flujo de lava en el Cerro de la Estrella.

idad dúctil y generando protuberancias, fragmentación y agrietamiento superficial, hasta dar lugar a formas irregulares y lobuladas conocidas como “túmulos” y “crestas de presión”. Es justamente en esos lugares de promontorios y abombamientos en la superficie de los derrames donde se generaron cavidades de diferentes formas y tamaños (fig. 6). Otras estructuras menores asociadas a este tipo de fenómeno son los llamados “respiraderos”; es decir, conductos que se dirigen hacia la superficie y por donde se alivia la presión de los gases confinados al interior de los flujos de lava.

De esta manera las cavidades volcánicas, generadas ya sea como lóbulos de drenado, túmulos o crestas de presión, e inclusive como conductos de entrada y salida de lava de los derrames individuales, adquirieron formas irregulares y tamaños distintos que no sobrepasaron decenas de metros. Cabe señalar que, una vez formados estos diferentes tipos de cavidades, la acción erosiva natural y humana se ha encargado de modificar su forma y tamaño, a tal grado que convendría estudiar por separado este tipo de modificaciones. Un ejemplo de ellas se encontró en los accesos al interior de cavidades volcánicas que corresponden a los espacios formados por el derrumbe del techo o a los respiraderos de los conductos o cámaras principales (fig. 7).

Asimismo, dentro de las cavidades volcánicas visitadas fue posible identificar los flujos individuales de lava, los contactos entre lavas y brechas volcánicas, las micro-estructuras morfológicas debidas tanto al enfriamiento y a las diferencias de viscosidad como al contenido de gases. Igualmente se observaron estructuras de compresión y brechamiento debidas a los esfuerzos cortantes por el movimiento de la lava y, finalmente,

están presentes además los sistemas de fracturas regulares propias del enfriamiento de las rocas volcánicas (fig. 8), entre otros rasgos de importancia. En resumen, las cavidades volcánicas se encuentran actualmente en las partes bajas frontales y laterales, en los contactos entre diferentes flujos de lava y en los contactos con los depósitos de piroclastos.

Procesos pluviales

El agua de lluvia ha sido un promotor importante de la erosión y modelado de las rocas y cavi-



● Fig. 6 Cavidades en la superficie de una estructura dómica de forma elíptica (túmulo), al sur de la cima del Cerro de la Estrella.



● Fig. 7 Parte de un conjunto de cavidades volcánicas que ha sido expuesta en la superficie por el derrumbe del techo de un flujo de lava.

des volcánicas en el Cerro de la Estrella. Este proceso erosivo se ha producido durante el movimiento superficial y subterráneo del agua, la cual circula en superficie al igual que a través de los poros, grietas y fracturas propias de las rocas volcánicas. Así, durante las lluvias torrenciales, independientemente de la acción erosiva de las gotas que también intervienen en el proceso, el agua circuló de manera horizontal y vertical dando lugar a una “erosión hídrica”, la cual se ha llevado a cabo de dos maneras.

En la primera, al fluir superficialmente a lo largo y ancho de la pendiente original del terre-

no el agua formó las llamadas “escorrentías” o “arroyadas”, por donde mecánicamente se erosiona el relieve de la masa rocosa. Es decir, durante su recorrido superficial, particularmente en los sitios donde no existe cubierta vegetal, el agua arrancó y arrastró tanto el material fino como el grueso, transportándolo hacia las partes bajas. Asimismo, las escorrentías —al bajar por las laderas empinadas— formaron una red de canales o surcos de erosión poco profundos (fig. 9) antes de que sus aguas llegaran a concentrarse en las barrancas o cañadas presentes en las laderas bajas de los pequeños valles del cerro. Con el tiempo los canales se agrandaron hasta transformarse en cavidades sobre la superficie del terreno volcánico.

La segunda manera de erosión hídrica, simultánea a la anterior, es la conocida como “infiltración”. Este es un mecanismo que actúa de manera básicamente vertical, pues el agua percola con mucha facilidad a través de los suelos y las coberturas de rocas piroclásticas hasta lograr llegar al interior y a los límites entre formaciones rocosas. Durante su recorrido, el agua así infiltrada desprendió partículas finas y gruesas de las paredes in-

ternas y externas de la masa rocosa, aprovechando particularmente la inclinación de los estratos para dar lugar a una pérdida de consistencia y cohesión, lo cual ha generado huecos superficiales y subterráneos que se agrandan y profundizan con la repetición del proceso (fig. 10).

Hemos notado que este mecanismo se acelera con la apertura de un orificio pequeño, el cual se amplía con el avance y repetición del fenómeno, hasta formar una cavidad profunda en la superficie del terreno (fig. 11). El tamaño y forma irregular de la cavidad así creada llega a tener varias decenas de centímetros de amplitud y



● Fig. 8 Fracturas y brechas de material volcánico en el interior de una cavidad volcánica del Cerro de la Estrella.

profundidad. De esta manera se dan las condiciones físicas de inestabilidad para que algunas partes de las laderas se derrumben y sean arrasadas cuesta abajo debido a la gravedad. Es por ello que este fenómeno también es parte del proceso de remoción de masas, sobre el cual se hablará más adelante.

En consecuencia, el desgaste mecánico de la masa rocosa funciona simultáneamente en la superficie del terreno y en las paredes internas agrietadas y porosas, para continuar hacia el interior de cavidades más profundas. Este fenómeno resulta muy común en la formación de cavidades con dimensiones de varios metros, presentes en los materiales constituidos por brechas volcánicas del Cerro de la Estrella.

Aquí cabe resaltar otro proceso colateral, y aunque muy localizado es de gran importancia en el origen de algunas cavidades del cerro. Se trata del llamado “escurrimiento”, el cual actúa sobre las paredes o caras expuestas de las laderas desprotegidas de vegetación y constituidas principalmente de tefras. Los depósitos de tefras están constituidos por una alternancia de estratos volcánicos, unos compactos y otros deleznable (fig. 12). Así, mediante el escurrimiento sobre los distintos estratos se genera una erosión hídrica diferencial que se traduce en la generación de cavidades a costa de los estratos menos resistentes, mientras se forman sa-

lientes o terrazas menores a partir de los estratos más resistentes.

Posteriormente, este relieve topográfico de cavidades y salientes expuestas a la intemperie continúa siendo desgastado, aunque de manera lenta, debido a los cambios diarios de temperatura y la actividad mecánica del viento. Dichos fenómenos climáticos exfolian y desmenuzan los estratos hasta hacerlos perder la cohesión de sus partículas, que se desprenden fácilmente por efecto de la gravedad. A partir de los procesos pluviales anteriores se han formado abundantes cavidades menores y abrigos rocosos en las zonas su-

perficiales y en las paredes de las laderas de porciones altas del Cerro de la Estrella.



● Fig. 9 Erosión hídrica formadora de surcos de erosión y, en consecuencia, generadora de cavidades superficiales.



● Fig. 10 Formación de cavidades debido a la infiltración del agua a través de fracturas y contactos entre estratos.

Procesos fluviales

Se trata de la circulación del agua en forma de corrientes a lo largo de afluentes, barrancos y cañadas. El movimiento del agua hacia las partes bajas, además de erosionar el lecho o fondo de los arroyos, produce un fenómeno denominado “socavación”, el cual se refiere a una acción erosiva del agua mediante la cual se crean cavidades a lo largo de las paredes o costados que enmarcan a los afluentes y arroyos principales (fig. 13).

Este proceso erosivo es relativamente intenso en las porciones bajas de las cañadas del Cerro de la Estrella, donde se encuentran

las acumulaciones coluviales, fluviales y piroclásticas depositadas previamente en el lecho y paredes de los barrancos. Muchas de las cavidades se han preservado temporalmente, pero otras han desaparecido debido al carácter intermitente del aporte de agua.

Procesos gravitacionales

Son aquellos procesos donde un determinado volumen de masa rocosa se desprende cuesta abajo por efecto de la gravedad, formando acumulaciones pseudoestratificadas y depósitos caóticos en laderas o al pie de taludes (fig. 14). La remoción de material en masa está muy ligada a los procesos fluviales y pluviales ya mencionados, sobre todo en regiones como ésta, donde se alternan periodos de sequía y humedad. De esta manera, se tienen varios tipos de procesos englobados bajo el nombre de “movimientos de masas”. Un ejemplo de ellos son los deslizamientos fácilmente identificables en las cañadas y laderas de la zona conocida como Barranca de Moctezuma.

Por otra parte, existen desprendimientos de menor tamaño pero más abundantes: los denominados “desplomes” y “derrumbes”. En ellos influye la acción erosiva del agua, que deslava los materiales de tamaños finos y luego labra



● Fig. 11 Formación de oquedades sobre la superficie del terreno. En este caso agrandada por la actividad humana.



● Fig. 12 Desgaste diferencial de estratos alternantes, formación de cavidades, y derrumbe de salientes.



● Fig. 13 Fenómeno de socavación generando una cavidad fluvial en el costado de una barranca.

oquedades y conductos, que con el tiempo se convierten en límites inestables entre porciones de la masa rocosa. Dichos límites inestables también se han formado por la simple circulación de agua entre las fracturas de las rocas. En ambos casos, además, se ha ejercido presión capilar, contracción del material, precipitación de pequeños cristales o, simplemente, la acción de la gravedad. Los desplomes, aunque muy localizados, son frecuentes en las paredes internas de las cavidades ya formadas, al igual que en los paredones de las laderas abruptas del Cerro de la Estrella (fig. 15). Las cavidades formadas por

estos procesos gravitacionales duran poco tiempo, ya que son destruidas conforme avanza y se repite el fenómeno.

Procesos eólicos

Son aquellos donde las partículas de arena y limo levantadas por los vientos tallan la cara o acantilado de una masa rocosa, es decir la desgastan formando oquedades de formas regulares y variadas dimensiones. En el caso del Cerro de la Estrella, este fenómeno de “corrasión” aparentemente no es de grandes proporciones para formar una cavidad de las llamadas “cuevas eólicas”. Más bien este proceso se ha combinado con otros fenómenos de agua corriente y de lluvia para modificar el relieve topográfico. En consecuencia, todos los procesos anteriormente descritos han actuado simultáneamente o de manera individual, en diferentes intensidades, para generar el conjunto de cavidades presentes en el Cerro de la Estrella. Las cavidades son el resultado de la mayor susceptibilidad a la erosión del macizo rocoso debido a su fracturamiento, porosidad, composición litológica, estructura en estratos inclinados, y su exposición

a condiciones climáticas que han facilitado su modelado.

Clasificación de las cavidades terrestres del Cerro de la Estrella

Tal como hemos visto, la gran mayoría de cavidades del Cerro de la Estrella deben su origen a la acción de fenómenos naturales. Sin embargo, algunas han estado sujetas a modelados o han sido completamente generadas por la intervención erosivo-constructiva del hombre. En este



● Fig. 14 Deslizamiento de material en una ladera inestable y génesis de cavidades por procesos gravitacionales.



● Fig. 15 Peñasco desprendido de una ladera del Cerro de la Estrella.

sentido, denominamos proceso “erosivo-constructivo antrópico” a todas aquellas acciones humanas cuyo resultado es la modificación, por destrucción y/o construcción, de la morfología de una cavidad terrestre o un sistema de cavidades. La razón del proceso antropogénico es el uso socio-cultural del espacio.

Dichas manifestaciones humanas pueden ser intencionales o no, y varían significativamente en las escalas temporal y espacial. Varios ejemplos de ellas pueden apreciarse en el Cerro de la Estrella. Las de tipo actual: pequeñas construcciones de cemento, rellenos de basura, oque-

dades labradas en las paredes, desgaste por pisado, pinturas, *graffitis*, petrograbados, entre otras. Y las de tipo antiguo: nichos, pisos, petroglifos, muros, terrazas y elementos arquitectónicos varios. La gran mayoría de las manifestaciones antiguas han sido estudiadas por investigadores como Montero (2002), Wallrath (2002), Pérez (2002), Arana (2003) y Arribalza (2003). A partir de la evolución geomorfológica del paisaje y considerando evidencias antropológicas, proponemos una clasificación genética de las cavidades del Cerro de la Estrella en tres grupos: “cavidades naturales”, “cavidades artificiales”, “cavidades mixtas” (fig. 16).

Cavidades naturales

Definimos como cavidad natural, superficial o subterránea a toda aquella manifestación espacial morfológica desarrollada en el relieve superficial del Cerro de la Estrella, y cuyo origen se debe a la evolución de un proceso geomorfológico particular identificable. Es decir, para que las cavidades puedan ser denominadas naturales, es necesario identificar

el proceso o procesos naturales que les dieron origen (fig. 17).

Cavidades artificiales

Las cavidades artificiales son resultado de las actividades animal, vegetal y humana, pero en esta ocasión las dos primeras no son tomadas en cuenta. Las cavidades generadas por la actividad humana son todas aquellas modeladas o excavadas premeditadamente por habitantes y/o visitantes del cerro, de acuerdo con sus nece-

<i>Cavidades</i>	<i>Origen</i>
Naturales	Evolución de un proceso geomorfológico identificable.
Artificiales	Modelado, alteración o excavación humana de carácter intencional o no intencional.
Mixtas	Combinación de los dos orígenes anteriores.

● Fig. 16 Clasificación general de cavidades en el Cerro de la Estrella en función de su origen.

sidades ambientales y costumbres culturales y religiosas desde tiempos prehispánicos; por ello estas cavidades pueden ser denominadas “antropogénicas” o “artificiales” (fig. 19).

Las principales cavidades artificiales del Cerro de la Estrella se encuentran en los acantilados o paredones rocosos y en los gruesos espesores de depósitos fluviales y/o piroclásticos. En este punto es necesario indicar la posibilidad de que existiera previamente una cavidad natural en el lugar ahora considerado como cavidad artificial, pero cuyas evidencias naturales ya no son identificables porque han sido destruidas. Por lo mismo, es evidente la necesidad de estudiar arqueológicamente y con mayor detalle este tipo particular de cavidades.



● Fig. 18 Cavidad natural originada por los fenómenos de socavación y derrumbe.

Cavidades mixtas

Definimos como cavidades mixtas o combinadas a las que en primer término deben su origen a un proceso natural todavía identificable, mas posteriormente fueron alteradas y/o modificadas por la intervención humana (figs. 20 y 21). En este caso deben encontrarse las evidencias morfológicas naturales y artificiales. Aquí se incluye el caso en el que una cavidad artificial está siendo modificada por fenómenos naturales.

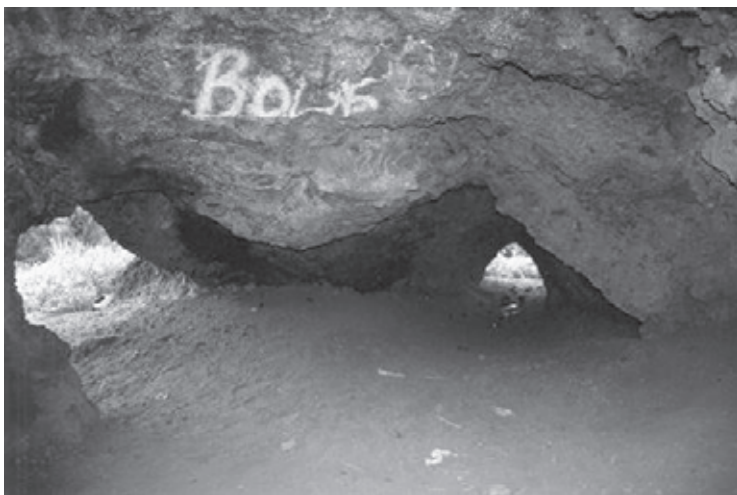
Por último, aplicamos nuestra clasificación genética a los once grupos de cavidades elaborados por Montero (2002). La clasificación se aplica a los grupos de cavidades debido a que no se dispone de un inventario de estas mismas consideradas en su estudio. Nuestro fin es ilustrar la aplicabilidad de la clasificación genética. De esta manera, se definen el tipo de roca, el tipo de proceso natural identificado, y los posibles tipos de cavidades presentes en los grupos definidos previamente con bases arqueológicas (figs. 22 y 23).

Conclusiones

Las cavidades del Cerro de la Estrella se han originado casi en su totalidad de forma natural, aunque existen algunas que han sido intervenidas por el hombre, para



● Fig. 19 Caverna artificial originada por acción antropogénica.



● Fig. 20 Caverna mixta en brecha volcánica como resultado de la acción hídrica y posterior modelado por intervención humana.

dar lugar a las de tipo artificial y mixtas. Todas ellas se han formado en su génesis sobre materiales volcánicos del tipo de lavas, escorias, brechas, y depósitos piroclásticos y fluvio-aluviales.

Las cavernas del grupo natural se deben a los procesos geológicos que han actuado tanto individualmente como en conjunto. Los procesos naturales principales son volcánicos, flu-

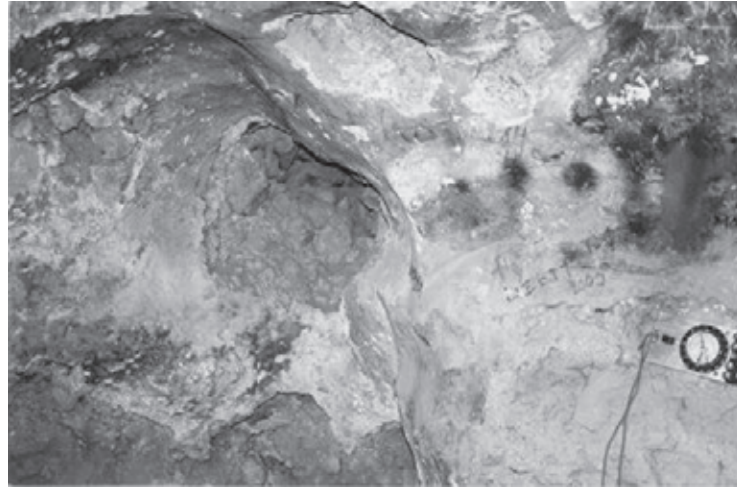
viales, pluviales, de remoción y desgaste de masas y, tal vez, eólicos. En este contexto natural, y por su abundancia, hemos subdividido las cavernas naturales en tres clases generales: volcánicas, fluviales y por erosión diferencial.

En la primera clase se encuentran las formadas en los flujos de lava que durante su emplazamiento y enfriamiento dejaron espacios huecos en sus partes internas y externas. A este tipo de caverna la denominamos “caverna volcánica”. Esta clase de caverna se encuentra principalmente en los frentes de flujos de lava que se extienden en las porciones medias de los costados norte, sur y poniente del Cerro de la Estrella.

A la segunda clase pertenecen las cavernas generadas por la erosión fluvial, es decir, por el socavamiento de las secuencias piroclásticas y epiclásticas expuestas en los costados de las barrancas formadas a lo largo de los arroyos y en las cañadas de las partes media y baja de los alrededores del cerro. Esta clase de cavernas naturales las designamos como “cuevas fluviales”.

La tercera clase natural está constituida por cavernas cuyo origen se debe a la erosión diferencial producida por la acción del intemperismo sobre las secuencias piroclásticas y epiclásticas, las cuales presentan distinta granulometría, consistencia y estratificación variable.

Estas cavernas se encuentran abundantemente alrededor de las porciones elevadas del cerro, donde por la erosión hídrica y/o la remoción de masas se han formado principalmente a lo largo de las pendientes pronunciadas. A estas cavernas las hemos referido genéricamente como “cuevas por erosión diferencial”.

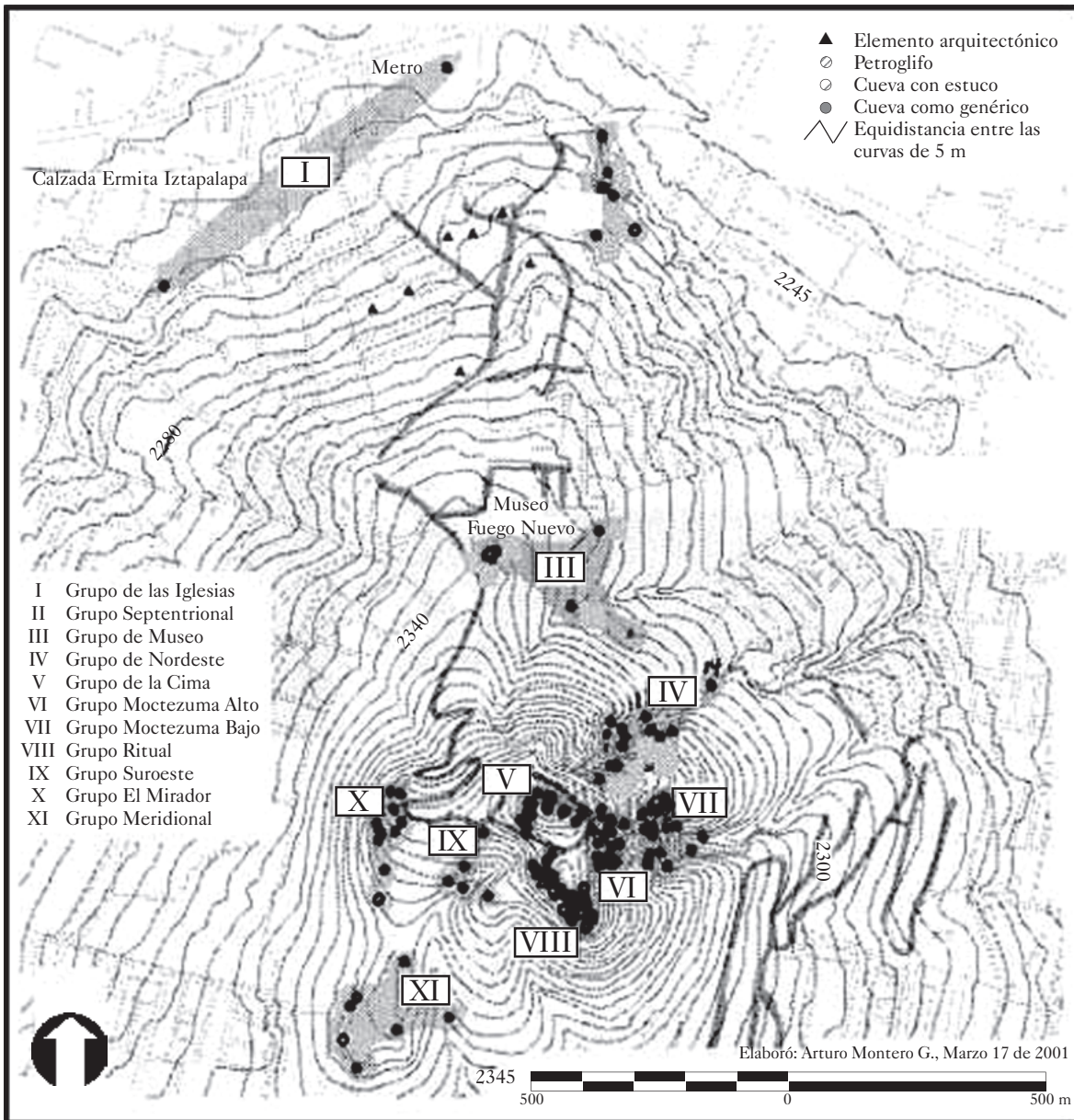


● Fig. 21 Evidencia de intervención humana prehispánica y actual en la cavidad mixta presentada en la fig. 20. El estucado y el *graffiti* son evidentes, al igual que el proceso erosivo natural en curso sobre la pared de la cavidad.

Las cavidades que asignamos al grupo artificial son las formadas por excavaciones humanas, realizadas principalmente en rocas piroclásticas del tipo de brechas volcánicas, escorias volcánicas y tobas de caída libre. Éstas han sido denominadas cavidades “volcánicas artificiales”. Sin embargo, puede tratarse de una “cueva o abrigo volcánico artificial” que se modeló con fines habitacionales, rituales, religiosos, e inclusive astronómicos. El uso de apelativos como abrigo, cueva u observatorio dependería, en todo caso, de su tamaño y forma, y de lograr identificar o no, su carácter artificial y de uso.

El grupo mixto o combinado consiste de cavidades formadas inicialmente por un proceso geológico, pero que posteriormente fueron modeladas o adaptadas por la acción del hombre. En este caso la intervención del hombre actual o antiguo debe ser puesta totalmente en evidencia. De esta manera, se puede tener cualquier tipo de cavidad, sea cueva, abrigo o caverna, por lo que recomendamos agregar a su apelativo un calificativo del proceso natural identificado. Algunos ejemplos de denominación son, “cueva mixta volcánica”, “abrigo mixto fluvial” o “caverna mixta volcánica”.





● Fig. 22 Distribución de los grupos de cuevas registrados por Montero (2002) en el Cerro de la Estrella.

<i>Registro espeloarqueológico (Montero, 2001)</i>	<i>Tipos de rocas</i>	<i>Procesos naturales de formación</i>	<i>Tipos de cavidades naturales</i>	<i>Con registro de petroglifos en algunas cavidades (Montero, 2001)</i>	<i>Tipos de cavidades mixtas</i>
I: Grupo de las Iglesias	Flujo de lava	Volcánico	Caverna volcánica		
II: Grupo Septentrional	Flujo de lava	Volcánico	Caverna volcánica	Vestigios arqueológicos	Caverna mixta volcánica
III: Grupo del Museo	Flujo de lava y brecha volcánica	Volcánico	Caverna volcánica	Vestigios arqueológicos	Cavernas mixtas volcánicas
IV: Grupo Nordeste	Escoria volcánica	Pluvial y Fluvial	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales		
V: Grupo de la Cima	Escoria y brecha volcánicas	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales	Vestigios arqueológicos	Cueva mixta por erosión diferencial y gravitacional
VI: Grupo Moctezuma Alto	Escoria y brecha volcánicas	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales		
VII: Grupo Moctezuma Bajo	Escoria y brecha volcánicas	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales		
VIII: Grupo Ritual	Escoria y brecha volcánicas	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales	Vestigios arqueológicos	Cueva mixta por erosión diferencial y gravitacional
IX: Grupo Suroeste	Escoria y brecha volcánicas	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales		
X: Grupo El Mirador	Brecha volcánica	Pluvial, fluvial y gravitacional	Cuevas fluviales, por erosión diferencial y gravitacionales	Vestigios arqueológicos	Cueva mixta por erosión diferencial y gravitacional
XI: Grupo Meridional	Flujo de lava	Volcánico	Caverna volcánica	Vestigios arqueológicos	Caverna mixta volcánica

● Fig. 23 Clasificación genética y mixta de grupos de cavidades definidas por Montero (2001).

Bibliografía

- Arana, R.
2003. "Programa de Arqueología. Exposición de los participantes del PIACE en el exconvento de Culhuacán, Distrito Federal" (mecanoescrito).
- Arribalza, V.
2003. "Informe técnico de la verificación y registro de petroglifos del Cerro de la Estrella" (mecanoescrito), Archivo Técnico de la Dirección de Estudios Arqueológicos-INAH, México.
- Bögli, A.
1980. *Karst Hydrology and Physical Speleology*, Berlín/ Nueva York, Springer-Verlag.
- Cano Sanatana, Z. y J. Martínez Sánchez
1999. *Las cuevas y sus habitantes*, México, FCE (La Ciencia para Todos, 181).
- Espinasa Ramos, J.
1963. "Las montañas y las cuevas en el pensamiento prehispánico", tesis de maestría, México, ENAH-INAH.

- Ford, T.D.
1976. "The Geology of Caves", en T.D. Ford y C.H.D. Cullingford (eds.), *The Science of Speleology*, Londres, Academic Press, pp. 11-60.
- García-Bárcena, J. y D. Santamaría
1982. *La cueva de Santa Marta, Ocozocuautla, Chiapas. Estratigrafía, cronología y cerámica*, México, INAH (Científica, 111).
- Heyden, D.
1976. "Los ritos de paso en las cuevas", en *Boletín INAH*, época II, núm. 19, pp. 17-26.
- 1983. "Lo sagrado del paisaje", en *Revista Mexicana de Estudios Antropológicos*, t. XXIX, núm.1, pp. 53-65.
- 1998. "Las cuevas de Teotihuacán", en *Arqueología Mexicana*, vol. 6, núm. 34, pp. 18-27.
- Hoffmann, A., J.G. Palacios y J.B. Morales.
1986. *Manual de bioespeleología*, México, Facultad de Ciencias-UNAM.
- INEGI
2001. *Carta topográfica E14A39*, escala 1:50000, México, INEGI.
- Jiménez Salas, O.H.
En preparación. "A propósito de la génesis de cavidades terrestres. Revisión y propuesta terminológica de aplicación antropológica".
- Limón Olvera, S.
1990. *Las cuevas y el mito de origen*, México, INAH (Regiones).
- López Austin, A.
1995. *Tamoanchan y Tlalocan*, México, FCE.
- Manzanilla Naim, L.
1994. "Las cuevas en el mundo mesoamericano", en *Ciencias*, núm. 36, pp. 59-66.
- Medina Jaen, M.
2000. "Las cuevas de Acatzingo-Tepeaca, Puebla", tesis de licenciatura, México, ENAH-INAH.
- Montero García, I.A.
2000. "Las formaciones subterráneas naturales en la historia de México", tesis de maestría, FFyL-UNAM.
- 2002. "El sistema cavernario del Huizachtepetl", en I.A. Montero García (coord.), *Huizachtepetl, geografía sagrada de Iztapalapa*, México, Delegación Iztapalapa-Gobierno del D.F., pp. 171-202.
- Montiel Castro, J.
2002. "Espeleología en el Cerro de la Estrella", en I.A. Montero García (coord.), *Huizachtepetl, geografía sagrada de Iztapalapa*, México, Delegación Iztapalapa-Gobierno del D.F., pp. 23-31.
- Mooser, F., E. Tamez, E. Santoyo, E. Holguín y C. Gutiérrez
1986. *Características geológicas y geotécnicas del valle de México*, México, Departamento del Distrito Federal.
- Pérez Negrete, M.
2002. "El templo del Fuego Nuevo del Huixachtécatl. Un espacio ritual en el Cerro de la Estrella", en I.A. Montero García (coord.), *Huizachtepetl, geografía sagrada de Iztapalapa*, México, Delegación Iztapalapa-Gobierno del D.F., pp. 87-113.
- 2005. "El templo del Fuego Nuevo en el Huixachtécatl (Cerro de la Estrella)", tesis de licenciatura, México, ENAH-INAH.
- Renault, P.
1971. *La formation des cavernes*, París, Presses Universitaires de France (Qué-sais-je, 60).
- Schmid, E.
1969. "Cave Sediments and Prehistory", en D. Brothwell y E. Higgs (eds.), *Science in Archaeology*, Londres, Thames and Hudson, pp. 151-166.
- Soruco Sáenz, E.
1991. "Una cueva ceremonial en Teotihuacán y sus implicaciones astronómicas", en J. Broda *et al.* (eds.), *Arqueoastronomía y etnoastronomía en Mesoamérica*, México, IIA-UNAM, pp. 291-296.
- Wallrath, M.
2002. "Los petroglifos hallados en el Cerro de la Estrella", en I.A. Montero García (coord.), *Huizachtepetl, geografía sagrada de Iztapalapa*, México, Delegación Iztapalapa-Gobierno del D.F., pp. 203-209.
- Waltham, A.C.
1974. *Caves*, Londres, Macmillan.