

Origen y distribución de las cavernas de México

RAMÓN ESPINASA PERÑA

Las cuevas que existen en México pueden separarse en dos grupos importantes, de acuerdo a su origen: volcánico —formadas durante el emplazamiento de derrames de lava de tipo pahoehoe—, y kárstico —cuando el agua disuelve la roca caliza a lo largo de fracturas, excavando drenajes y conductos subterráneos. Estas últimas son las más importantes en número y dimensiones. Hace 65 millones de años, durante el periodo Cretácico, la mayor parte de nuestro país se encontraba sumergido bajo el mar, formando una serie de cuencas profundas y plataformas limitadas por arrecifes de rudistas.

Así, en prácticamente todo el territorio nacional se depositaron —hasta en varios kilómetros de espesor— sedimentos asociados a esta gran cadena de arrecifes, formados principalmente por carbonato de calcio procedente de las conchas de los rudistas, moluscos y otros organismos marinos. A principios del Terciario estos sedimentos, transformados en roca caliza, fueron plegados y rotos para formar la Sierra Madre Oriental, las Sierras Morelos-Guerrero, las Sierras orientales de Oaxaca y las Sierras de Chiapas. Mientras tanto, el depósito de sedimentos carbonatados continuó en lo que hoy es la Península de Yucatán, y aún sigue en el Caribe.

Desde que las rocas calizas estuvieron expuestas a la erosión subaérea, el agua ha empezado a disolver y erosionar para trazar su cauce subterráneo.

El agua de lluvia absorbe bióxido de carbono de la atmósfera y de los suelos, reaccionando para formar ácido carbónico. El mineral calcita, carbonato de calcio, de que está formada la roca caliza, se disuelve en esta solución levemente ácida, de manera que al penetrar el agua ensancha las fracturas de la roca. Cuando un sistema de fisuras atraviesa un macizo calcáreo, poniendo en comunicación puntos en la superficie a distinta altura, puede establecerse una circulación hídrica, lo que impide la sobresaturación y establece un patrón de conductos que se ensanchan preferentemente, es decir: nace una caverna.

Una vez que el conducto es lo suficientemente grande para que pueda

establecerse un flujo turbulento, la disolución progresará en forma acelerada, aumentando aún más el diámetro, aunque el flujo turbulento no es imprescindible para la formación de cuevas. Si el agua fluye con la necesaria velocidad para transportar partículas, la erosión mecánica puede tomar un papel preponderante en la modelación de la galería.

Para que se establezca circulación a lo largo del sistema de fisuras que atraviesa un macizo calcáreo, es necesaria la presencia de un cierto gradiente entre el punto (o puntos) de absorción de agua y el lugar de su emisión en un manantial o resurgencia. En caso contrario, se desarrollará un acuífero fracturado, usualmente saturado en carbonato de calcio, aunque pueden desarrollarse pequeñas cavidades de disolución.

En la zona de absorción el agua tiende a buscar el camino (o sistema de fisuras) que le permita bajar lo más rápidamente posible hasta el nivel de la resurgencia. Se trata de la zona vadosa, en la que predomina la erosión, lo que produce la excavación de galerías en forma de cañón, separadas por cascadas.



Galería principal. Cueva de la Iglesia. Tepoztlán.

Foto: Ramón Espinasa

Este tipo de cavidades presenta un desarrollo principalmente vertical, aunque pueden desarrollarse galerías subhorizontales. Alcanzado el nivel de la resurgencia, el agua se encuentra a presión y seguirá —según se lo permita el grado de fracturamiento de la roca— el camino más corto, lo que puede provocar que el agua se hunda a profundidades de varios cientos de metros antes de volver a la superficie en la resurgencia, aunque frecuentemente tienden a formarse casi horizontales. Es la zona freática, donde predomina la disolución. Los conductos, totalmente inundados, adquirirán secciones con tendencia a lo circular.

Simultáneamente al desarrollo de un sistema de cavernas, la erosión en la superficie también progresa, lo que da por resultado un abatimiento del nivel freático y, en forma paralela, el descubrimiento de nuevos sistemas de fisuras que permiten establecer otro patrón de drenaje, más directo, hacia



Sierra Negra. Xaltegoxtli, Puebla

la antigua resurgencia, e incluso hacia nuevas resurgencias. Las galerías previamente establecidas quedan, así, abandonadas por el agua en su busca de un camino de descenso cada vez más rápido y directo, mientras se desa-

rrollan nuevas galerías a un nivel inferior. El agua saturada en carbonato de calcio, que a través de una fisura llega a estas galerías abandonadas por el agua, pierde —hacia la atmósfera de la caverna— el bióxido de carbono, depositando simultáneamente la calca disuelta. Así se forman estalactitas —colgantes—, estalagmitas —ascendentes—, cortinajes, columnas, piletas y demás formaciones que hacen la delicia de los turistas. Se dice entonces que esa galería es fósil.

En México se han encontrado cavernas de este tipo en casi todos los afloramientos de caliza investigados. Al norte de Monterrey el clima es sumamente seco, lo que ha impedido el desarrollo de cavernas actualmente activas. Sin embargo, se ha hallado un gran número de inmensas cavidades de origen freático —actualmente fósiles—, como la Gruta de García y la Gruta de Bustamante, remanentes de un antiguo sistema de drenaje kárstico probablemente activo durante el Terciario.

En la Sierra Madre Oriental, a la altura de Ciudad Victoria, se encuentran dos de las cavernas más importantes de México. El Sistema Purificación, que con 80 km de galerías exploradas es la

¿QUÉ ES LA ESPELEOLOGÍA?

El término espeleología se deriva de las palabras griegas *spélaion*, caverna y *logos*, tratado; se define formalmente como la ciencia que estudia las cuevas desde un punto de vista topográfico, geológico y biológico.

Se sabe de trabajos espeleológicos importantes realizados desde el siglo XVIII (en Alemania), pero no fue sino hasta finales del siglo pasado, gracias al austriaco Schmidt (navegación de los ríos subterráneos de Reka y Pinka, cerca de Trieste) y más que nada al francés Edouard-Auguste Martel, cuya labor desde 1883 y durante más de cincuenta años fue ejemplar, que se elevó la espeleología al rango de disciplina científica. Martel y sus contemporáneos usaban pesadas escaleras de cuerda y peldaños de madera para bajar tiros verticales. En 1931 Robert de Joly (también francés) diseñó las escalas electrón de cable de acero delgado y peldaños de aluminio mucho más ligeras y transportables.

Poco a poco la espeleología empezó a adoptar las técnicas y el equipo que se usaban en el alpinismo, desde el punto de vista deportivo y ambas disciplinas cada vez mostraban tener más en común. Sólo hasta años recientes se han abierto las puertas de las cuevas, pasadizos secretos que conducen a muchos rincones, nunca imaginados, de nuestro mundo. Se han explorado alrededor de 40 cuevas de más de un kilómetro de profundidad, 32 de más de 40 km de longitud, 6 de más de 100 km de longitud y una de más de 500 kilómetros de longitud (*Mammoth Cave System*). De cualquier manera, sin temor a exagerar puede decirse que aún falta la mayor parte por explorar. ¿Y quién quiere ser el que lleve la luz por primera vez a esos tímidos ambientes y sea el primero en admirar tan caprichosa belleza, y contribuya con un descubrimiento más, revelando la forma y extensión de nuevas porciones del mundo?

Ruth Diamant

cavidad más larga del país, y la Cueva del Tecolote, que con 32 km ocupa el cuarto lugar. En ambas, una serie de arroyos de origen vadoso intersectaron y reactivaron galerías freáticas fósiles, probablemente terciarias.

Más al sur, las evidencias de un desarrollo kárstico terciario disminuyen, pues han sido destruidas y/o modificadas extensamente por el actual desarrollo kárstico. Mientras, entre Ciudad Valles, Tamazunchale y Jalpan todo el drenaje es subterráneo, y se han catalogado varios cientos de cavidades; destacan el Sótano de las Golondrinas —con un tiro vertical único de 371 m— y el Sótano de Trinidad, que tiene más de 800 m de desarrollo vertical.

En la porción sur de la Sierra Madre Oriental, el espesor de las rocas calizas disminuye notablemente. No obstante, ahí se encuentra uno de los sistemas de drenaje subterráneo más extensos del mundo, formado por el Sistema Cuetzalan —33 km de largo—, el Sistema San Andrés —11 km—, y otras cavidades de varios kilómetros de longitud, formadas casi exclusivamente por procesos vadosos en una capa de caliza de menos de 100 m de espesor.

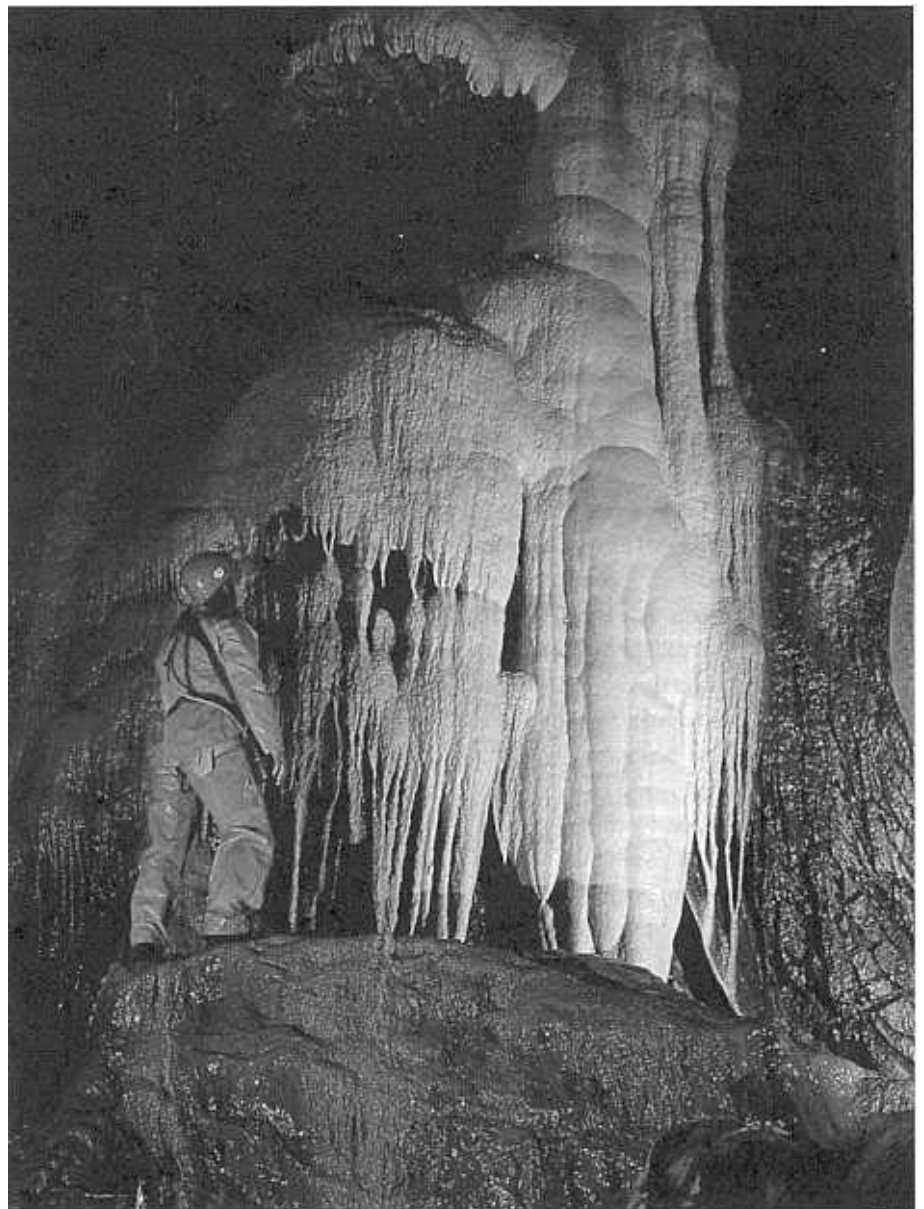
Al sur del eje neovolcánico están las Sierras Orientales de Oaxaca, formando la región más lluviosa del país. La abundancia de agua ha favorecido el desarrollo de cavidades; la gran altura de las sierras por encima de los valles ha permitido el desarrollo vertical de las cuevas. Las cavernas más profundas del país se encuentran en esta región; destacan el Sistema Huatla —con 1 475 m es la cuarta cavidad del mundo en profundidad; sus 56 km la convierten en la segunda más larga del país—; el Sistema Cheve, que posee 1 386 m de profundidad explorados, pero con un potencial comprobado hasta la resurgencia de 2 600 —cualidad que lo que sitúa como el sistema hidrológico conocido más profundo del mundo—, y otras cavidades de más de 1 000 m de desnivel. En las Sierras de Morelos-

Guerrero, aunque de dimensiones más modestas, existen formas kársticas de consideración. Sobresalen los cursos subterráneos de los ríos Chontacoatlán y San Jerónimo, ambos de más de 5 km de longitud, y el cauce fósil de éste último, representado por la Gruta de Cacahuamilpa.

En las Sierras de Chiapas se han hallado también grandes cavidades, cuyo desarrollo se ve favorecido por las intensas lluvias. Destaca a este respecto el Sumidero Yochib, cuya exploración fue especialmente ardua por el gran

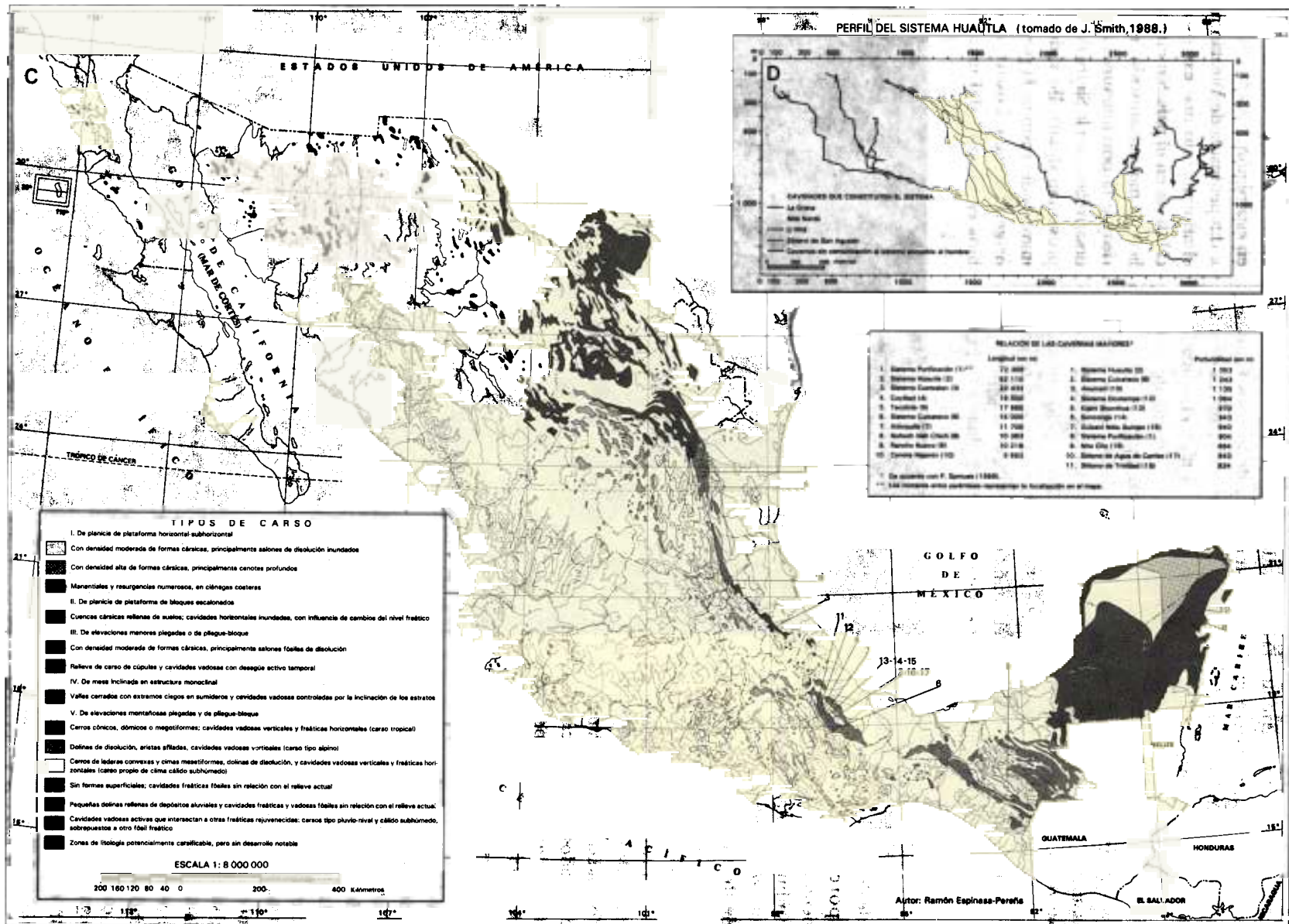
caudal que fluye por ella; en buena medida, las dificultades de acceso han inhibido las exploraciones de cavernas en esta región.

La península de Yucatán representa el afloramiento más extenso de rocas calcáreas en el país. Sin embargo el relieve es muy escaso y sólo existen lomeríos en la porción sur. Las cavidades desarrolladas en la Sierra de Bolonchán presentan desarrollo vadoso, pero la mayoría del resto de la península es de origen freático. Los frecuentes cambios en el nivel del mar durante el



Salón CH.C.C.H. Aclalá, Guerrero

Foto: Ramón Espinosa



LA ESPELEOLOGÍA EN MÉXICO

México es un paraíso para el espeleólogo; alrededor del 20% del territorio nacional es propicio para la formación de cuevas. Se ha explorado mucho durante las dos últimas décadas, pero dada la gran superficie con potencial para encontrar cuevas de dimensiones importantes todavía hay mucho por hacer.

Un gran precursor de la espeleología mexicana fue el español Federico Bonet. Él estudio la carrera de ciencias y en México fue catedrático del IPN e investigador del Instituto de Geología de la UNAM. Junto con Bolívar y Pieltain realizó gran cantidad de investigaciones bioespeleológicas; publicó trabajos sobre su labor en la sierra de El Abra, en la sierra de Xilitla y en Cacahuamilpa. Otro gran pionero fue Jorge de Urquijo, fundador del Grupo Espeleológico Mexicano (GEM) e impulsor de gran cantidad de exploraciones, entre las que destaca la del Pozo Meléndez, en las cercanías de Taxco, Guerrero. Esta fue la primera cavidad de más de 200 m de profundidad explorada por mexicanos; para ello se usaron técnicas muy rudimentarias.

Uno de los lugares más famosos en México es el Sótano de las Golondrinas, en la huasteca potosina, en medio de una selva húmeda alta y cafetales. Es el tiro volado más profundo del mundo, con 371 m. ¡Cabrían dentro de este abismo tres torres latinoamericanas con todo y antena, una encima de la otra! No lejos de allí, está la Hoya de las Guaguas (cotorras) cuyo tiro de entrada es de más de 100 m y termina en uno de los salones subterráneos más grandes del mundo (en total tiene poco más de 400 m de profundidad). México se ha vuelto famoso en el ámbito espeleológico internacional por sus numerosos abismos, extraordinariamente bellos y profundos.

Durante la última década, año con año durante la época de secas, México ha recibido numerosas expediciones espeleológicas de muy diversos países: Estados Unidos, Canadá (Quebec), Francia, Bélgica, Italia, Inglaterra, España y aun Australia. El mayor esfuerzo por recopilar reportes de todas estas expediciones lo han hecho miembros de la *Association for Mexican Caves Studies* (AMCS), de Austin, Texas; a través de sus boletines y *News Letters* anuales. La Sociedad Mexicana de Exploraciones Subterráneas ha comenzado un nuevo esfuerzo para que el registro de los trabajos realizados se haga, al menos también, en México y, últimamente, ha contado con la cooperación de muchos grupos de varios países, incluyendo a la AMCS.

Ruth Diamant



Sierra Negra, Xaltégoxtli, Puebla.

Cuaternario, sucesivamente han inundado y secado estas cavidades; entre los resultados de este fenómeno está el colapsamiento de las partes superficiales del techo de las cavidades, dando origen a los famosos y abundantes cenotes. Con técnicas de buceo, en la costa de Quintana Roo se han explorado algunos cenotes actualmente inundados, encontrándose formaciones estalactíticas y hasta restos arqueológicos, pruebas de que las cavidades estuvieron secas en épocas relativamente recientes. Destaca el Sistema Nohoch-Nah-Chich, que con más de 20 km de longitud es la mayor caverna inundada explorada en el mundo.

Vale anotar que las cavernas volcánicas se forman durante el emplazamiento de grandes coladas de lava basáltica, por enfriamiento de las superficies externas de la corriente de lava. La rígida costra que cubre a la lava una vez enfriada protege el calor de la interior, que sigue escurriendo. Al terminar la erupción, los conductos así formados quedan vacíos. Casi siempre, las entradas a este tipo de cavidades son colapsos del techo y siguen la pendiente del derrame original, por lo que el espesor del techo es pequeño. Por desgracia, la exploración y estudio de este tipo de cavidades en México ha sido prácticamente nula.

El mayor sistema de cavidades volcánicas conocido se encuentra en el derrame del volcán Suchiooc, en la Sierra Chichinautzin —sur de la ciudad de México—, en donde se han encontrado varios tubos de lava de hasta 3 km de longitud y 200 m de desnivel. Este tipo de cuevas se conoce en prácticamente todas las regiones volcánicas de México, destacando el Eje Neovolcánico. ●

Ramón Espinasa Pereña: Instituto de Geografía, UNAM.

Ruth Diamant: Departamento de Física, UAM.