

Diálogos de El Pedregal

Perla Krauze, Marie-Noëlle Guilbaud, Carles Canet y Michel Blancsubé

Perla Krauze: ¿Qué pasaba en la zona antes de la erupción del Xitle, se sabe?

Carles Canet: Las últimas decenas de millones de años han sido de actividad volcánica. En el Valle de México, la zona lacustre es muy distinta a los pedregales, aunque la cuenca en sí es de origen volcánico. Algunos eventos eruptivos del Popocatepetl y del Nevado de Toluca se registran en los sedimentos del antiguo lago. Hay también volcanes más antiguos que el Xitle, como el Yuhualixqui o el Xaltepec, al oriente (en Iztapalapa), que han sido explotados para extraer tezontle y llaman la atención por la coloración rojiza de su interior. El volcán Ajusco es el más antiguo de todos; incluso presenta en la cima algunos indicios de glaciario, correspondiente al último máximo glacial. Hay manantiales termales en el norte de Ciudad de México, en la zona conocida como El Peñón de los Baños, lo cual es una manifestación del calor del subsuelo en esa área.

Un tema de interés geomorfológico investigado en las coladas basálticas, relevante en términos de la conservación, es el de los llamados “tubos de lava”, que son grutas alargadas que se presentan con frecuencia en su interior.

Marie-Noëlle Guilbaud: Justo antes de la erupción del Xitle, que sucedió hacia el siglo III de esta era, vivía mucha gente en las faldas del Ajusco, en el sitio de Cuicuilco, hacia el cual drenaban varios arroyos desde la sierra. Se estima que Cuicuilco llegó a contar con cerca de 20 000 habitantes. Los cuicuilcas tuvieron que emigrar de esta zona, posiblemente debido a la erupción del Xitle.

PK: ¿Cuál es la especificidad del Xitle, en qué se distingue de otros volcanes?

MG: El evento volcánico del Xitle es el último de muchos que, con el paso del tiempo, formaron la Sierra Chichinautzin, la zona montañosa que se cruza al ir de la Ciudad de México a Cuernavaca. Otros volcanes parecidos al Xitle en esta misma sierra son el Pelado, que se ve desde el poblado de Parres (en Tlalpan), y el Teuhtli, que se ve desde Milpa Alta y Xochimilco. En comparación con el Popocatepetl, el Xitle es mucho más pequeño porque es resultado de una sola erupción (el “Popo” ha tenido cientos de erupciones a lo largo de cientos de miles de años). Estos pequeños volcanes de una sola erupción son llamados “monogenéticos”, en comparación con los poligenéticos, que son de varias erupciones. Aunque sean más modestos y menos peligrosos, los volcanes monogenéticos pueden causar muchos problemas cuando entran en erupción cerca de grandes ciudades.

Cuando miramos hacia el pasado geológico, la actividad volcánica ha ocurrido desde hace decenas de millones de años en la parte central de lo que hoy llamamos México, así que vivimos en una zona eminentemente volcánica.

CC: Las rocas volcánicas predominan en esta zona de México.

PK: ¿Qué hay de la cuenca, cómo se formó?

MG: Se cree que la Cuenca de México es producto de procesos tanto volcánicos como tectónicos. Por una parte, el movimiento de las placas tectónicas hizo que en esta zona la corteza terrestre se adelgazara y formara una depresión bordeada por fallas. Por otra parte, la actividad volcánica produjo las cadenas de volcanes circundantes (Sierra Chichinautzin, Sierra de las Cruces, Sierra Nevada, Sierra de Guadalupe), dándole a la cuenca el carácter de endorreica.

Al transcurrir el tiempo, esta depresión o cuenca se rellenó con flujos de lava y otros productos volcánicos (roca fragmentada formada en las erupciones explosivas: pómez, ceniza), además de sedimentos provenientes de los relieves volcánicos. ¡El relleno alcanza más de 3 km de espesor! Sin embargo, esos sedimentos casi no se ven porque vivimos

encima ellos (sólo vemos la parte más superficial en excavaciones para construir edificios); pero se conocen bien gracias a las perforaciones profundas que se han hecho para buscar principalmente agua, que han sido también muy útiles para entender su composición y estructura. El uso de métodos geofísicos (basados en el comportamiento de ondas sísmicas y de campos electromagnéticos) ha permitido modelar con bastante precisión la extensión y la profundidad de los sedimentos en la cuenca.

PK: ¿Qué hay de los lagos? ¿Por qué hay lagos en la zona de la Cantera Oriente?

MG: Los estanques se forman en las depresiones del terreno –artificiales, en este caso–, a las que llegan los escurrimientos de agua desde los alrededores y donde el agua se acumula de manera permanente.

Además de provenir de los ríos y arroyos, el agua llega también desde la base de las coladas de lava. Las lavas son altamente permeables (tienen abundantes fracturas y pequeños hoyos o vesículas), lo que favorece que el agua se filtre a través de ellas. En este sentido, la lava se asemeja a una esponja. El agua es filtrada por la roca y brota como manantiales en los puntos bajos ubicados al frente de las coladas.

Hay abundante agua dentro de los sedimentos de la cuenca, pero es difícil extraerla; de hecho, la extracción excesiva ha causado el hundimiento paulatino de la zona urbana.

Por otra parte, en temporada de lluvias el agua llega en abundancia a la cuenca, pero no se puede infiltrar debido a que el cemento y el asfalto ahora recubren la mayor parte de la ciudad, lo que propicia las inundaciones. En cambio, ¡nunca se observan inundaciones en El Pedregal! Por esto es importante conservarlo.

Aunque la construcción de viviendas, carreteras y, en general, la infraestructura urbana es fundamental para la vida de la gente en las ciudades, también lo son la disponibilidad de agua y la existencia de espacios naturales, pero estos son muy vulnerables frente al desarrollo. En la Ciudad de México, los recursos naturales dependen en gran medida de que cuidemos las zonas de conservación ubicadas hacia el sur, en la Sierra Chichinautzin y sus laderas. Los asentamientos irregulares son una amenaza que los pone en riesgo de desaparecer. Cuidar los espacios naturales significa cuidarnos como personas y como sociedad, ya que somos parte de la naturaleza y dependemos de ella. Es muy importante que la sociedad en su conjunto se dé cuenta de esto y que el desarrollo urbano de la ciudad esté más controlado, para minimizar su impacto negativo sobre la naturaleza. No queremos que nuestros niños y nietos tengan que pelear por agua y aire limpio, ¿o sí?

PK: ¿Qué es la REPSA y cómo la podemos apoyar?

MG: La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) de la UNAM lleva a cabo una labor fundamental en la conservación de un ecosistema que hoy día es relictos, así como en la divulgación de su importancia; sin embargo, su preservación es frágil y constantemente puesta en riesgo por otros intereses. Las personas pueden participar en estos esfuerzos, siguiendo el código de conducta (por ejemplo, no traer perros sin correa, no recolectar plantas ni rocas, controlar la contaminación lumínica, no acceder a las zonas restringidas, eliminar los basureros clandestinos, etcétera). También se puede participar como voluntario en las actividades que organiza, como las jornadas de limpieza o de repoblación con plantas nativas. Debemos hablar con familiares y amigos sobre esta reserva, también por medio de las redes sociales, como un esfuerzo muy efectivo para valorarla y apoyarla. Se sabe que lo que más se valora, más se cuida.

PK: ¿Por qué el tezontle del Xitle es rojo y la lava de El Pedregal es negra?

MG y CC: El color rojo del tezontle es consecuencia de su alteración, más específicamente, de su oxidación con el aire. El tezontle es expulsado por medio de explosiones de un magma rico en gas y se deposita cerca de la fuente, formando un cono. Los fragmentos

calientes y ricos en vesículas (poros originados por burbujas de gas) se oxidan por la circulación de calor y gas dentro del cono, dejando un material de color rojo. El término científico para el tezontle es “escoria basáltica”.

La lava no se forma de esta manera. Es producto de un magma pobre en gas y poco viscoso que fluye desde la boca del volcán. Por lo tanto, no es tan susceptible a sufrir ese fenómeno de oxidación. La ceniza fina (usualmente gris) tampoco se oxida, porque se solidifica al instante de su expulsión al aire, debido al pequeño tamaño de las partículas que lo componen.

PK: ¿Qué tipos de rocas volcánicas se encuentran en El Pedregal?

MG y CC: En El Pedregal se encuentran lavas basálticas de tipo *pahoehoe*. Se trata de una lava muy fluida que, cuando se emite y recubre lentamente el terreno, desarrolla una diversidad muy amplia de formas, como los “cordones”, que son figuras muy bellas producidas por el pliegue de la superficie plástica de la lava. También hay túmulos en forma de pequeños domos que se deben al crecimiento de los flujos de lava por “inflación” interna; como globos que se llenan de lava muy fluida. Hay, además, muchas cuevas, grietas profundas y, a más pequeña escala, vesículas que son cavidades chicas en la lava. Todas estas formas tienen un papel muy importante como soporte de la variedad de líquenes, plantas, hongos y animales que viven en la lava, así como sistema natural recolector de agua.

PK: La lava del Xitle (de El Pedregal) es un basalto, ¿qué quiere decir esto?

MG y CC: El basalto es un tipo de roca volcánica con cierta composición química, rica en hierro y magnesio y relativamente pobre en silicio y aluminio.

El basalto es la roca volcánica más abundante en el planeta Tierra, ya que forma el piso oceánico. Es producto directo de la fusión del manto, una capa interna del globo terrestre. Sin embargo, los basaltos no son especialmente abundantes en México, donde prevalecen las andesitas, rocas más ricas en sílice que, como su nombre indica, se identificaron y reconocieron en los Andes.

Cuando están fundidos (son lava), los basaltos son más calientes que las andesitas (alcanzan más de 1 100 °C) y tienen pocos cristales, son lavas muy fluidas que se alejan distancias largas de su fuente, como la distancia de entre 8 y 9 km que separa al Xitle de El Pedregal. Los más famosos de México son, quizá, los Prismas Basálticos de Huasca, Hidalgo, reconocidos internacionalmente gracias a la designación de la Comarca Minera como Geoparque Mundial de la Unesco.

Marte tiene grandes volcanes basálticos, por ejemplo, el volcán Olympus Mons que es dos veces más alto que el Mauna Loa en Hawái, el volcán más grande de la Tierra. La superficie del Olympus Mons es parecida a la de El Pedregal (sus lavas desarrollan formas similares), excepto, por supuesto, por la vegetación, totalmente inexistente en Marte. La composición de los basaltos de Marte es similar a la de los de la Tierra (por esto les dieron el mismo nombre); sin embargo, hay diferencias, ya que estos planetas se crearon de distinta forma. Por ejemplo, en Marte no hay evidencia de placas tectónicas.

El Pedregal es muy especial porque está inmerso en la mancha urbana de la Ciudad de México y porque representa el último relicto de un ecosistema único que está determinado por la naturaleza geológica del terreno, lo cual le confiere, entre otras peculiaridades, condiciones locales de aridez.

PK: ¿Por qué El Pedregal es importante para la ciudad?

MG y CC:

- Es crucial para captar y filtrar el agua de lluvia y así recargar acuíferos y evitar inundaciones.

- En él se enlazan la geología con la arqueología e historia del poblamiento de la cuenca.
- Es una memoria de riesgos naturales: un recordatorio de amenazas volcánicas en la cuenca.
- Reduce el impacto de terremotos y permite construcciones más seguras ante los sismos, ya que proporciona un sustrato firme.
- Su apreciación contribuye al arte y la cultura, así como a reforzar una identidad propia de la zona, nutre una perspectiva estética y paisajística.
- Sostiene un ecosistema ecológico único; es un foco de alta biodiversidad en cuenca, rico en microambientes que mantienen a una gran diversidad de vegetales, animales y microorganismos.
- Mejora el ambiente y provee áreas de recreación y deporte, así permite reducir inequidad social y económica, creando espacios públicos para todos.

PK: ¿Qué es lo que todavía no sabemos sobre el Xitle?

MG: El Xitle es un pequeño cono de escoria, como miles más que hay en México y, probablemente, como cientos de miles en el mundo. Es, por lo tanto, un tipo de volcán muy común. Sin embargo, tiene particularidades que lo hacen interesante para los científicos. Es muy joven (menos de 1 700 años, un bebé en términos geológicos) y su morfología está bien preservada –no afectada por la erosión ni por la extracción de materiales–, es decir, que vemos los productos (tezontle y lava) casi como fueron emitidos. Lo cual ayuda a entender este tipo de eventos para poder prepararnos mejor para un eventual suceso similar. Además, su composición química (basalto) es peculiar en México, ya que la mayoría de los volcanes es de otra composición. También nos explica por qué tiene formas bastante atípicas en México (las lavas tipo *pahoehoe*) e implica que tiene una evolución diferente a la de los demás.

Algunas de las preguntas que se debaten todavía en los foros científicos son: ¿por qué el magma tiene esta composición?, ¿a qué profundidad se originó el volcán?, ¿fue debido a la subducción de la placa oceánica o tiene otro origen? Otras incógnitas son la abundante cantidad de lava emitida en una sola erupción y la duración de la erupción, cuyas respuestas tienen implicaciones en el conocimiento de los peligros geológicos en caso de que volviera a reproducirse un evento así.

En resumen, a pesar de ser muy común, el Xitle guarda muchos misterios que justifican su estudio desde la vanguardia de las Ciencias de la Tierra.

Michel Blancsubé: ¿Existen otras ciudades en el mundo que tienen “pedregales”? Y, en dado caso, ¿cómo conviven con ellos?

MG: Varias ciudades en el mundo se encuentran en zonas volcánicas activas, como la Ciudad de México, e incluyen pedregales. De estas, conozco bien el caso de la ciudad de Clermont-Ferrand en Auvernia, Francia, que se ubica cerca de una cadena de volcanes parecida a la Sierra Chichinautzin. Esos volcanes son muy conocidos por la población local y nacional. Son protegidos legalmente y no pueden ser minados. Existen cientos de recorridos sobre ellos, así como sitios turísticos visitados por miles de personas cada año. Son, por lo tanto, una fuente económica muy importante y han sido declarados parque natural y parte del patrimonio mundial. Los pedregales que se encuentran dentro de la ciudad misma están más degradados y son menos conocidos, pero hay interés de la alcaldía en proteger y hacer conocer los sitios más importantes (geositios), mediante su inclusión en los planes de desarrollo urbano. Otro ejemplo de acciones y políticas efectivas para la puesta en valor de una zona volcánica periurbana lo encontramos en Olot, Cataluña (España).

Queremos inspirarnos en ellos para proteger y valorar los volcanes de la Sierra Chichinautzin y, a la vez, apoyar a la población de la Ciudad de México para mejorar su calidad de vida y disminuir su vulnerabilidad frente a los riesgos de origen natural.

MG: ¿Cómo se puede llamar la atención de las personas hacia la geología y los volcanes como el Xitle?

CC: En la *geo-interpretación* –conjunto de técnicas y estrategias de la comunicación de la ciencia en áreas naturales–, lo importante es un discurso que atrape la atención de las personas. Por ejemplo, se puede llamar la atención de los visitantes contando la vida de científicos destacados. Debería hacerse una recopilación histórica de los primeros estudios geológicos en México y la vida de sus autores, tales como Alexander von Humboldt, Andrés Manuel del Río, Joseph Bukhart, Ezequiel Ordóñez, Guadalupe Aguilera, etcétera. Hay evidencia de que Ordóñez (1867-1950) observó y describió el Xitle y pasó semanas cerca del Parícutín, volcán michoacano parecido al Xitle, durante su actividad. La erupción del volcán Parícutín ocurrió el 20 de febrero de 1943 y continuó durante un período de 9 años, 11 días y 10 horas. El Jorullo, ubicado también en Michoacán, nació el 29 de septiembre de 1759 y continuó en erupción durante 15 años, hasta 1774. Humboldt (1769-1859) llegó a la cumbre del Jorullo el 19 de septiembre de 1803, dicha expedición le dio fama en los círculos académicos europeos de la época.

Algunas reflexiones adicionales

- Las erupciones volcánicas producen materiales de distintos tipos: rocas variadas en aspecto y composición, además de fluidos (vapor de agua y otros gases como CO₂, H₂S y SO₂). Estos se relacionan con la formación del magma, que es la roca fundida que asciende desde el manto hasta la superficie terrestre. Las rocas pueden emplazarse como coladas de lava, en especial cuando el magma contiene poco gas y es de alta temperatura. Si el magma se sobresatura con gas, suele explotar y producir ceniza –fragmentos muy pequeños de roca que son fácilmente transportados por los vientos. También se emiten fragmentos más grandes, que caen cerca del volcán y reciben diferentes nombres dependiendo de la abundancia y forma de sus vesículas (escoria, pómez, líticos) o de su tamaño (lapilli, bombas). Lo que en México se llama “tezontle” técnicamente son escorias de tamaño lapilli (2-6 cm aprox.) y se usa mucho en la jardinería.
- De manera independiente a las formas que las rocas presentan, existe una variedad de composiciones químicas (basalto, andesita, dacita, riolita) que refleja el camino y la evolución que siguió el magma antes de ser emitido. Se puede decir que cuanto más evoluciona el magma en su trayecto hacia la superficie, su composición se diferencia más del basalto debido a las pérdidas de calor, la formación y extracción de cristales y la mezcla con diversos materiales de la corteza terrestre.
- Una implicación obvia de la naturaleza geológica de esta zona es que en cualquier momento podría “nacer” un nuevo volcán y esto nos puede afectar fuertemente. Vivir en una cuenca rodeada de volcanes conlleva riesgos muy altos. También significa vida, por el agua que recoge y almacena, así como por la multitud de seres vivos que se han adaptado perfectamente a las peculiares condiciones de El Pedregal, con extensas zonas de aridez que alternan con microambientes semihúmedos en las grietas y zonas hundidas de la lava.