

UN MODELO GEOMORFOLÓGICO PARA ESTIMAR LA EDAD DE VOLCANES MONOGENÉTICOS

Alberto López Santoyo*

RESUMEN

Los conos volcánicos conocidos como conos cineríticos, o más propiamente, conos de escoria, aparecen por lo general en enjambres formando campos de volcanes; son el tipo más pequeño de estas geoformas, y una vez inactivos empiezan a degradarse por erosión si no se toma en cuenta los que pueden ser sepultados por erupciones posteriores de volcanes cercanos. El proceso de degradación es relativamente rápido al principio, pero pierde completo y desaparece del paisaje. Se desarrolló un modelo por computadora para simular la degradación de conos de escoria, y este modelo puede aplicarse para estimar la edad de conos semidegradados en un campo de volcanes. El modelo toma como dato inicial la forma de un cono de escoria definido por medio de un perfil central que a su vez se determina con una secuencia de puntos equidistantes en sentido horizontal. La simulación del proceso de degradación del cono se logra a través de un filtrado de los datos de altura de los puntos mencionados. El filtrado se aplica en forma repetitiva y con ello se obtiene una secuencia de perfiles que corresponden a etapas sucesivas de erosión del cono. Con el fin de aplicar el modelo APRA estimar la edad de conos semidegradados se calculó la variación de la intensidad de llegar a la nivelación total. Este cálculo permitió elaborar la parte de predicción del modelo, que una vez calibrado por lo menos con la datación de un cono perteneciente a un determinado campo de volcanes, se puede utilizar para estimar la edad de otros del mismo campo.

INTRODUCCIÓN

La degradación por erosión de los conos de escoria es un proceso natural que en caso de pequeños volcanes empieza a desarrollarse en cuanto cesa la actividad eruptiva. El proceso mencionado es relativamente rápido al principio, y pierde fuerza gradualmente.

La observación de muchos conos de escoria, en la parte central del país, dio lugar a la idea de elaborar un modelo de simulación que reproduzca la manera como estos volcanes se degradan a través del tiempo hasta llegar eventualmente a desaparecer del paisaje.

CONOS DE ESCORIA

La mayor parte de los pequeños volcanes están constituidos por material fino no consolidado, y se les conoce como conos cineríticos. El término conos de escoria es más adecuado, ya que la mayor parte de esos volcanes contienen abundante

* Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

material más grueso que las cenizas, mezclado con éstas y con arena volcánica. Meras 81978, p 152) los describe así: “explosiones eruptivas continuas de piroclastos producen conos cineríticos, que es una acumulación de forma cónica, con pendiente pronunciada, de material sólido proyectado alrededor del orificio central o cráter” ... “aunque los conos pueden formarse sobre lava, y pueden derramarse lava alrededor de la base, los conos en sí contienen sólo piroclastos. Son el tipo más pequeño de volcanes, que raramente sobrepasan unos cuantos centenares de metros de altura, y pueden aparecer en enjambres formando campos de volcanes.”

Los volcanes pequeños son relativamente homogéneos en su composición, y son monogenéticos, pues cuando cesa su actividad ya no vuelven a reactivarse como acontece en general con los grandes volcanes. Estos últimos son heterogéneos en su composición, pues el material piroclástico se encuentra intercalado con derrames de lava, por lo que se les denomina volcanes estratificados o estrato-volcanes. En ocasiones los estrato-volcanes tienen un cono de escoria como resultado de las últimas erupciones.

Los conos de escoria se forman rápidamente durante el período de actividad del volcán. El “Monte Nuovo”, en Italia, alcanzó una altura de 130 metros en pocos días, en el año 1538. El volcán Bárcena de la isla de San Benedicto, en México, formó un cono de 300 metros, también en unos cuantos días en 1952 (Ollier, 1972, p 28). El Parícutín en el Estado de Michoacán, en México, es otro ejemplo de cono de escoria que se formó rápidamente, en el año 1943, y tuvo un período de actividad de nueve años.

DEGRADACIÓN DE LOS CONOS DE ESCORIA

Cuando cesa la actividad de un volcán, éste empieza a ser lentamente desgastado por la erosión. El proceso es muy lento si se considera tiempo histórico, pero es sumamente breve en la escala de tiempo geológica. No se considera aquí la degradación que pueden sufrir los conos por sepultamiento producido por derrames de lava de volcanes vecinos que pueden aparecer posteriormente.

Algunos volcanes fueron datados indirectamente en un campo de volcanes cercano a la Ciudad de México, por Bloomfield (1975) y las edades encontradas fluctúan entre 8 400 y 40 000 años.

La degradación puede ocurrir de dos maneras. Por inhumación de los flancos del cono, debido a subsecuentes derrames de lava, o por erosión y movimiento de remoción en masa. La degradación de la mayoría de los conos parece suceder principalmente por los últimos procesos mencionados (Wood, 1980, p 137).

Como la erosión es más intensa sobre geoformas con gran amplitud de relieve, que sobre geoformas que presentan un escaso relieve, los conos de escoria jóvenes tienden a ser más afectados por la erosión, que los conos ya semidegradados o en un estado avanzado de desgaste. Por consecuencia, en un

lapso de tiempo determinado, la erosión produce un mayor desgaste sobre un cono joven, que sobre un cono semierosionado.

Los cambios por erosión, en las geoformas, son también mayores en aquellas que presentan una superficie irregular, con fuertes rupturas de pendientes, y son más débiles en relieves uniformes que no presentan cambios bruscos en la forma. Los conos jóvenes tienen un perfil rectilíneo con fuertes rupturas de pendiente, y, por tanto, son más vulnerables a la erosión, que los conos semidegradados cuyo perfil es redondeado, y no presentan ya rupturas de pendiente.

EL MODELO DE SIMULACIÓN

Se elaboró un modelo de computador para simular los cambios en la forma de un cono, correspondientes a etapas sucesivas de la forma de un cono, correspondientes a etapas sucesivas de erosión. La simulación se realiza a través de una secuencia de gráficas, donde cada una representa una etapa de erosión, y muestra el perfil del cono, como si se practicara un corte vertical en su parte central.

Los datos de entrada, para el modelo, definen puntos específicos del perfil de un cono que aún no ha empezado a ser erosionado. Cada punto queda determinado por dos valores: uno que da la distancia horizontal, a partir del extremo izquierdo de la base, y otro que corresponde a la altura con respecto al plano horizontal que pasa por la base.

Para representar el perfil inicial (o sea, de un cono que está ya inactivo y que apenas va a comenzar a ser desgastado por la erosión) se calculan por interpolación entre los puntos-dato, los valores de altura de un número determinado de puntos sucesivos equidistantes.

La primer etapa de erosión se obtiene por medio de una transformación de los datos de altura de todos los puntos equidistantes que representan el perfil inicial. Los valores obtenidos con dicha transformación, pasan a ser los nuevos datos de altura, que, al ser representados gráficamente dan el perfil correspondiente a la primer etapa en el proceso de degradación del cono.

Al aplicar el mismo proceso de transformación a las alturas que corresponden a la primer etapa de erosión, se obtienen los valores para representar la segunda etapa. Cada etapa se alcanza después de aplicar la misma transformación sobre los datos que definen la etapa anterior.

La base esencial del modelo es, por tanto, un proceso repetitivo que consiste en transformar los valores de altura de una etapa x , y los resultados dan los valores de altura de la etapa siguiente. A medida que se avanza en la simulación, decrece la amplitud de relieve, es decir, el desnivel entre la parte más alta y la parte más baja del cono, y, finalmente, el desnivel es nulo y se alcanza la última etapa. La transformación de las alturas es un filtrado que suaviza el perfil sucesivamente.

EL ALGORITMO DE EROSIÓN

La transformación de los valores de altura para obtener las etapas de erosión en la simulación, equivale geoméricamente a considerar una cadena de triángulos uniendo cada terna de puntos, así, el primer triángulo está formado por los puntos 1, 2, y 3. El segundo por los puntos 2, 3, y 4. El tercero por los puntos 3, 4, y 5, y así sucesivamente. Los puntos 2, 3, y 4, son vértices centrales en los tres primeros triángulos, y, por tanto, del segundo punto al penúltimo, todos son vértices centrales en la cadena. En seguida se encuentra el centro de gravedad de cada triángulo, y dicho centro de gravedad queda siempre situado sobre la vertical del vértice central de cada triángulo, ya que los vértices son puntos equidistantes horizontalmente. Por último, se sustituye cada vértice central por el centro de gravedad, que, como se dijo, queda directamente arriba o debajo de dichos vértice. El primer y el último punto del triángulo, por lo cual estos puntos quedan eliminados, y, por tanto, la nueva línea resulta más corta. Esta es una limitación muy importante que requirió ser solucionada en alguna forma.

Para anular el problema de reducción de puntos, se recurrió a un artificio que permite por una parte conservar siempre el total de puntos, y, por otra, resolver la evolución del talud del cono tal como se presenta en la realidad. Dicho artificio consiste en tomar la serie de datos de altura, de los puntos equidistantes, en forma anular y no en forma lineal, en cada etapa. La nueva disposición de los datos tiene como fin poder tomar un punto más en cada extremo del perfil antes de aplicar la transformación de los valores de altura, es decir, se cuentan con dos puntos más, uno en cada extremo, que sirven para extender la cadena de triángulos, y esos mismo puntos son los que se pierden, por lo cual el perfil queda siempre de la misma longitud.

Sustituir los puntos de perfil de cada una etapa x , por los centros de gravedad de la cadena de triángulos, produce un efecto semejante al cambio que se observa en el perfil de dos conos que presentan etapas de erosión diferentes, pero no muy distantes.

Si se considera un elemento convexo del perfil, definido por tres puntos consecutivos, en el triángulo correspondiente el centro de gravedad queda abajo del vértice central, por lo que al sustituir este punto por el centro de gravedad, el elemento resulta abatido o rebajado, lo cual corresponde a desgaste erosivo.

En un elemento cóncavo, también definido sólo por tres puntos consecutivos en el perfil, el centro de gravedad del triángulo correspondiente queda ahora por encima del vértice central, por lo cual en la sustitución de éste punto, el elemento resulta levantado respecto a su posición original, y esto corresponde a depósito o rellenamiento.

Por último, en un elemento rectilíneo, donde tres puntos consecutivos del perfil quedan alineados, el triángulo correspondiente degenera en segmentos de recta,

por lo que el centro de gravedad coincide con el punto central, y al efectuar la sustitución no hay cambio alguno en el elemento. Esto concuerda con el terreno, un elemento rectilíneo es fundamentalmente una sección de transporte de material erosionado de elementos externos, o de elementos adyacentes.

El número de puntos que se elijan para representar el perfil original es arbitrario. Mientras mayor número de puntos se tome el perfil es más detallado, pero el tiempo para transformar los datos de altura aumenta considerablemente, y también el número de etapas que se obtienen.

Durante las primeras etapas de erosión, parte del material desgastado proviene de la parte superior y resbala por el talud externo del cono, o cae dentro del cráter. El material que resbala por el talud externo se acumula y distribuye al pie del cono, y suaviza la ruptura de pendiente que originalmente se encuentra en la base. El que cae dentro del cráter proviene principalmente del mismo talud, y va relleno del cráter, hasta que eventualmente éste desaparece. Al principio hay un doble proceso: de erosión o desgaste, y de depósito o acumulación. El cráter se pierde en parte por estar sujeto a un proceso de relleno, y en parte porque al mismo tiempo el cono sufre un desgaste de arriba hacia abajo. Cuando el cráter ya ha desaparecido, el cono está sujeto a erosión fundamentalmente, y el material removido se acumula y distribuye al pie del edificio volcánico, donde ya la ruptura de pendiente se ha borrado por completo.

Aunque el modelo es universal, el tiempo para la total nivelación del cono es tiempo relativo, pues las condiciones climáticas son muy diferentes para diversos campos de volcanes, y la composición química también. Para encontrar el tiempo de duración del proceso de degradación, se requiere disponer, al menos, de una datación para un cono perteneciente a un determinado campo de volcanes, y, con ese dato calibrar el modelo, es decir, encontrar en la secuencia de perfiles el que más se asemeje al del cono cuya edad se conoce. Después, en base a la edad correspondiente al perfil del modelo, y en función del número total de etapas, calcular el tiempo para la nivelación total.

ESTIMACIÓN DE LA EDAD DE LOS CONOS

Con el fin de encontrar la edad de conos monogenéticos pertenecientes a un determinado campo de volcanes, se elaboró la parte de predicción del modelo en base a la variación de la intensidad de erosión a lo largo de las etapas. La máxima intensidad se tiene al principio al iniciarse la primera etapa, y paulatinamente decrece en forma asintótica con respecto al tiempo. El valor cero para la intensidad de erosión marca el tiempo total requerido para llegar a la nivelación del cono. Tal como se ha descrito en este trabajo el modelo es universal, y el tiempo es tiempo relativo. Para aplicar el modelo en un caso concreto es necesario calibrarlo primero, para lo cual se requiere tener al menos la datación correspondiente a uno de los conos. Una vez calibrado se tendrá tiempo absoluto para el modelo de simulación.

La determinación de la edad para cualquier otro cono del mismo campo se hará por medio de su perfil. El cual se comparará con los de la serie del modelo hasta encontrar el que más coincida. La etapa correspondiente al perfil localizado se llevará al modelo de predicción y ahí se tendrá automáticamente la edad del cono.

REFERENCIAS CITADAS

Bloomfield, K., 1975, A late-Quaternary monogenetic volcano field in central México, Geol. Rundschau, 64, Stuttgart, 476-497.

Davies, J. K., 1973, Statistics and data analysis in Geology, John Wiley & sons, inc., New York.

Mears, B. Jr., 1978, Essentials of geology, D. Van Nostrand Co., New York.

Ollier C., 1972, Volcanoes, The Mit Press, Cambridge.

Wood, C. A., 1980, Morphometric analysis of cinder cone degradation, J. Volcanol. Geother. Res., 8, Amsterdam, 137-160.