



Investigador del  
Observatorio  
Vulcanológico y  
Sismológico de Costa  
Rica (OVSICORI),  
Universidad Nacional  
(eduarte@una.cr)

## Tres años de actividad freato-magmática intermitente del volcán Turrialba: desde la apertura del conducto a las consecuencias socio- económicas

..... || **Eliécer Duarte González** .....

**E**l 29 de octubre de 2014 el volcán Turrialba arrancó con el actual periodo freato-magmático para dar paso a los cambios más drásticos que se hayan presentado en unos 150 años. Este ensayo resume los hechos más relevantes de estos 36 meses, las modalidades eruptivas y algunas consecuencias.

Antes de iniciar este periodo de actividad aumentada el volcán presentó cambios como antecedentes. Hubo algunos enjambres sísmicos que se dieron desde 1996 (Barboza *et al.*, 2000). A mitad de 2005 hubo cambios en el patrón exhalativo y ya para los primeros meses de 2007 los efectos de afectación por gases, en la vegetación eran notorios. En mayo y julio de ese mismo año enjambres sísmicos produjeron agrietamientos en la cima del volcán y efectos que llegaron hasta unos 3 km a partir de la cima. Cuatro erupciones principales (una por año) sobresalen en los años subsiguientes a partir de enero 2010 hasta mayo de 2013 para culminar con la “voladura del tapón” durante los últimos días de octubre 2014.



Volver al índice

El volcán Turrialba (10,03 N, 83,77 E, 3 340 msnm) se localiza en el extremo sureste del arco volcánico mesoamericano. En su cima se observan tres cráteres alineados de noreste a suroeste, el que se encuentra más al oeste ha mantenido actividad gaseosa, aumentada desde mitad del 2005. Este es un estratovolcán basalto-andesítico de la Cordillera Volcánica Central, ubicado a unos 40 km al este-noreste de la capital San José, y a unos 15 km al noroeste de la ciudad de Turrialba.

Existen trabajos geológicos, aislados e incompletos sobre el volcán Turrialba (Reagan, 1987; Reagan *et al.*, 2006). El mapeo preliminar que se realizó a finales de la década de 1980, muestra lo más superficial de las estructuras principales como flujos de lava y nubes ardientes. También se aportan algunos análisis petrológicos de productos colectados en la cima y alrededores que caracterizan a este volcán como altamente explosivo. Se ofrece una interpretación estratigráfica de los últimos 3 500 años y se aportan generalidades de los últimos 9 000 años.

El último periodo eruptivo magmático ensanchó el cráter oeste el cual concentra la mayor parte de la actividad fumarólica en los últimos años. Su enorme caldera está abierta hacia el noreste y posee una dimensión de 2 200 m en dirección noreste-suroeste y entre 500 a 800 m en dirección noroeste-sureste. Se ubican en esta cima tres cráteres principales, uno al este ocupado por un cuerpo de agua intermitente, somero y de unos 100

m de diámetro, un cráter central en cuyas paredes se observa actividad fumarólica (también posee un lago intermitente gracias a las abundantes precipitaciones de la región). En el borde norte se notan algunas terrazas cavadas por antiguos vecinos de la región que explotaron las acumulaciones de azufre con fines farmacéuticos, y finalmente, al oeste se muestra el cráter asociado a la actividad magmática más reciente ocurrida entre 1864 y 1866. En el fondo y alrededores de este cráter se manifiestan salidas importantes de gas y vapor y su fondo está siendo colmatado por materiales que se desprenden desde sus empinadas paredes.

El pasado eruptivo del Turrialba está marcado por eventos poderosos de lavas, piroclastos y cenizas las cuales han alcanzado cientos de kilómetros, al ser llevadas por los vientos en dirección oeste.

Debido a las características geoquímicas y petrológicas aunadas a un régimen climático lluvioso, este volcán ha presentado actividad freática y freato-magmática en su pasado histórico y prehistórico que lo coloca en similares condiciones para el presente y el futuro.

El último ciclo magmático, ocurrido hace casi 150 años produjo materiales que afectaron severamente el Valle Central. El período eruptivo más importante se produjo en febrero de 1866, teniéndose reportes de caída de ceniza en sitios tan distantes como el suroeste de Nicaragua. Posterior a este período, hubo reportes de actividad fumarólica menor en 1899, 1920, 1957, 1969, 1971 y desde 1980 hasta

el presente. El volcán ha mantenido hasta la actualidad, actividad freato-magmática aumentada después de octubre de 2014, cuando las erupciones se tornan más frecuentes, con mayores volúmenes de materiales y más lesivas.

El potencial explosivo del Turrialba, su ubicación geográfica, altura y factores meteorológicos hacen de este uno de los volcanes que generan mayor amenaza para la región más poblada y desarrollada del país: el Valle Central (Duarte 1990).

La actividad freato-magmática que se describe en este ensayo es la más severa del *último* siglo y medio con antecedentes discretos de 4 erupciones principales como siguen: en enero 2010 se generaron erupciones desde una abertura formada al suroeste del cráter activo (Duarte *et al.*, 2010). Durante el periodo lluvioso del 2011 se produjo la apertura de un boquete en el fondo del cráter oeste. En enero 2012 se formó una boca en la pared externa, del cráter oeste; con emisión de lapilli, piroclastos y ceniza preexistente (Duarte, 2012). Finalmente, el 21 de mayo de 2013 se produjo la salida sostenida de material fino, por varias horas, simultáneamente desde las bocas 2010 y 2012 sin efectos mayores (Duarte, 2013).

Si bien durante estas erupciones, exceptuando el 2011, se realizaron operativos de emergencia, no hubo muertos ni heridos, aunque sí evacuados. El impacto en la agricultura y vegetación natural ha sido variable en los distintos eventos, aunque el proceso de afectación por

acidificación se ha sostenido a lo largo de los años mencionados.

Los registros sísmicos, de deformación, observaciones físicas y gases permiten concluir que estas erupciones no corresponden a una nueva actividad magmática sino a una acumulación superficial de gases, que aumentan la presión hasta romper la superficie y formar las aberturas. Las intrusiones magmáticas se comienzan a registrar a partir del periodo propuesto en este artículo por lo que el tema adquiere relevancia.

**L**a metodología se basa en información recopilada por más de 30 años de labores en vigilancia volcánica por parte de grupos de investigación multidisciplinaria sostenida desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica de la Universidad Nacional (OVSICORI-UNA). Durante décadas se ha recopilado información de cambios físicos provocados por diversos elementos de la cambiante actividad volcánica. Este material ha quedado registrado en mapas, notas de campo, fotografías, videos, y otros medios. De igual modo se ha documentado la información precedera que procede de los distintos eventos freáticos recientes: sus características geológicas, geomorfológicas, geoquímicas, así como su distribución. En los casos que corresponde, se han tomado muestras de material de caída distintas del punto de origen, así como se han realizado mediciones *in situ* de parámetros como temperatura, gases, espesor de



**Figura 1.** Fondo de caldera y cráter oeste con salida de ceniza (2 de noviembre 2014).

capas de materiales proximales, así como su descripción granulométrica.

**D**urante los últimos 3 años la actividad freato-magmática ha generado tanto cambios en la geomorfología de la cima y flancos como impacto agudo en los alrededores del macizo y comunidades vecinas.

La actividad inicial se da en octubre 2014. Las erupciones que desbloquearon el conducto del cráter oeste se sucedieron al filo de la medianoche del 29 de octubre y depositaron el grueso de los materiales en los alrededores del cráter ensanchado. Tal actividad se vio acompañada de tremor intenso y sismos volcano-tectónicos. Las columnas de sedimentos y materiales finos pre-existentes probablemente alcanzaron varios miles de metros sobre la cima a

juzgar por el depósito de tales productos a docenas de kilómetros dentro del Valle Central, en dirección oeste.

En al menos los 2 días siguientes se produjeron otras erupciones menores. Las primeras diseminaron capas de lodo y sedimentos hacia el este (dentro de la caldera volcánica) alcanzando hasta 3 m en el borde mismo del cráter oeste y un relleno similar en el vecino cráter central. Oleadas de lodo, en el fondo de la caldera, alcanzaron unos 300 m, en la horizontal, con espesores de unos 40 cm. Algunos de los bloques de gran tamaño se encontraron a unos 200 m de la boca humeante con tamaños arriba de los 2,4 m; algunos de estos provenían del fondo del cráter y otros de las altas paredes de la caldera desprendidos por las sacudidas de las erupciones (**Figura 1**).



**Figura 2.** Ceniza y piroclastos tapizan los alrededores de los cráteres central y oeste (diciembre 2015).

El cráter se ensanchó en todas direcciones, pero al menos su borde este perdió unos 25 m de altura y migró unos 30 m hacia el cráter central. Durante los primeros días se pudo observar una depresión (en forma de cráter) en el lado este del fondo, debajo de donde se había formado la boca de enero 2012; tal depresión desapareció meses después producto de la intensa actividad en todo el cráter oeste. Durante estos 3 años la actividad se ha concentrado en este cráter oeste y el ensanchamiento parece ahora estar limitado a las paredes rocosas que conforman un profundo cilindro de más de 100 m de profundidad y unos 100 m de diámetro.

Luego se dio una alternancia de actividad eruptiva entre el 2014 y 2017. Una vez que el conducto quedó abierto hubo altibajos en las emisiones. Por largos períodos

se mantenía la exhalación de gases y vapor para combinarse con períodos prolongados de emanación de cenizas. En innumerables ocasiones hubo acompañamiento de fragmentos incandescentes que a veces alcanzaron los flancos, principalmente al sur y sureste, debido a la forma de la abertura principal. Durante

los meses secos del 2015, episodios de ceniza cubrieron la zona vecina al volcán, hacia el sur, suroeste y oeste, alcanzando a veces hasta muchas comunidades del Valle Central. En los meses lluviosos de ese mismo año, el patrón cambiante de actividad se mantuvo ensanchando el cráter en distintas direcciones y aportando partículas en direcciones caprichosas según la dirección del viento (**Figura 2**).

Durante el periodo seco del 2016 se repiten condiciones similares a las del año anterior. De nuevo hay cierres del aeropuerto internacional Juan Santamaría y zonas similares vuelven a ser afectadas por gases y cenizas. Dos periodos agudos de producción abundante de ceniza se producen este año: entre abril y mayo (**Figuras 3 y 4**) y luego en octubre cuando cortinas enormes se desplazan en direcciones variables para



**Figura 3.** Erupción de ceniza tomada desde La Central (20 de mayo de 2016).

producir afectación y preocupación a nivel local y regional.

A finales del 2016 y primeros días del 2017 es cuando se producen las últimas salidas más significativas de cenizas, pero principalmente de grandes segmentos de lava semi-fundida que se depositan en los alrededores del cráter activo. Luego de esto hay muchos meses de reducción de las emisiones de ceniza, predominando la salida de gas y vapor, acompañados por las noches, con un espectáculo de incandescencia sostenido por varios meses. Entre setiembre y octubre de 2017 se produce una salida tímida de pequeños volúmenes de ceniza que se llega a

depositar en las vecindades del macizo.

Por lo tanto, los periodos de calma y reactivación se han repetido durante estos 3 años sin un patrón definido. En setiembre de 2015 se registró salida casi sostenida por más de 40 días y el patrón fue similar en octubre de 2016. La única variante entre el periodo seco y el lluvioso es el cambio de dirección del viento siendo la distribución de mate-

riales finos mucho más homogénea en casi todos los puntos cardinales.

La actividad sísmica en forma de enjambres a veces correlaciona con la salida de ceniza y otros piroclastos, aunque también se dieron prolongados periodos



**Figura 4.** Depósito de ceniza hacia el oeste del volcán (20 de mayo 2016).



**Figura 5.** Devastación total de vegetación en flancos oeste y noroeste (15 febrero 2017).

de salida pasiva de cenizas sin mayor estruendo en la boca ni alteración del sismograma. En días de abundante salida de ceniza los sismos volcano-tectónicos ascendieron a cientos y las bandas de tremor se sostuvieron, en algunos periodos, por varios días sin ceder.

**E**sta actividad volcánica tuvo sus consecuencias. Los veranos de 2015 y 2016 fueron especialmente prolíficos en producción de partículas que generaban severos daños en la agricultura y ganadería, y en general en la rutina de las comunidades ubicadas al oeste y suroeste del volcán. Y es que en los meses secos no solo el desplazamiento de esas cenizas es mayor, sino que es más visible, aumentando la ansiedad de vecinos y autoridades

llamadas a atender la emergencia. También es en los meses secos cuando se da la mayor afectación de la ceniza en la navegación aérea y por lo tanto su impacto en la economía nacional. El cierre de aeropuertos no solo tiene el impacto directo en las operaciones, sino que genera una percepción negativa en el turista internacional.

Durante los meses lluviosos los

efectos no fueron menores. La adherencia de partículas finas es más eficaz causando lesiones profundas en repastos y cultivos comerciales. Los montos depositados en la cima y flancos empinados del volcán también eran blanco fácil de la erosión y el arrastre con traslado de materiales hasta largas distancias. Cauces grises, de los drenajes principales, eran comunes hacia la ciudad de Turrialba y comunidades aledañas como también lo eran hacia las planicies del norte hasta alcanzar ciudades como Guápiles y otras comunidades vecinas. En el borde oeste del cráter activo el engrosamiento de la superficie alcanzó poco más de 4 m (a enero 2017), a unos 3 km hacia el oeste (cerca de La Silvia) el espesor alcanzó hasta 20 cm y así continua en disminución según la

distancia sea mayor a partir del punto de emanación. El tapizado del “callejón de aniquilamiento” es uno de los efectos más lesivos para el edificio volcánico, la superficie endu- recida promueve la escorrentía y reduce las posibi- lidades de regen- eración natural a corto plazo. La con- solidación de esta zona estéril puede quedar fijada de ese modo hasta por décadas (Fernández, 1987).

Los efectos erosivos en los cauces principales hacia el oeste son dramáticos si tomamos en cuenta que en algunos tra- mos los cauces profundizaron entre 4 y 10 metros. El efecto de relleno por materia- les orgánicos es también notable en las quebradas y ríos encañonados donde en algunos puntos enormes troncos y ramas formaron auténticas represas (**Figura 5**).

Algo que sí ha sido constante, tan- to en periodos secos como lluviosos, es la acidificación. En ambos casos la afectación en las zonas de interés comercial, así como en los bosques vírgenes es visible durante todo el año. Cuando la dirección temporal del viento cambia se ven parches de ter- reno en recuperación. Aunado a esto se debe mencionar otra consecuencia temporal de la actividad alternada y es que las fuentes



**Figura 6.** Espesor de ceniza a unos 300 m oeste del cráter activo.

de agua se ven contaminadas impactan- do principalmente sus aplicaciones en la ganadería. Este es un tema a contemplar en los planes futuros de las instituciones encargadas del manejo de emergencias y atención a comunidades. Del mismo modo se debe anotar como efectos directos los cortes de fluido eléctrico en la región — por acumulación de ceniza en las redes de distribución y en otros componentes— así como el impacto de proyectiles y cenizas en los equipos científicos de monitoreo volcá- nico (**Figura 6**).

Durante los últimos días de diciem- bre 2016 y primeros de enero 2017 este volcán presentó una emanación singular de material pastoso y semi-plástico, que pareciera coincidir con el material más profundo hasta ese entonces producido. El conducto abierto a profundidad tendrí- a la capacidad de producir una descom- presión dosificada del sistema sin eventos



traumáticos. Esto se refuerza con unos 10 meses de actividad explosiva casi nula y con la salida débil y apenas esporádica de bajos volúmenes de ceniza. El descenso significativo de la sismicidad (comparada con años anteriores) genera la esperanza de que lentamente el volcán retorne a un estado de equilibrio que podría sentar las bases para que las autoridades responsables visualicen una eventual reapertura del Parque Nacional Volcán Turrialba.

Mientras tanto la salida de gases magmáticos puede mantener montos de acidificación lesivos para las áreas circundantes, por lo que el mejor uso de las tierras alrededor de este macizo debería ser para regeneración natural y conservación.

## Referencias

- Barboza, V., Fernández, E., Martínez, M., Duarte, E., Van der Laat, R., E., Marino, T., Hernández, E., Valdés, J., Sáenz, R., and Malavassi, E. (2000). Volcán Turrialba: Sismicidad, Geoquímica, Deformación y nuevas fumarolas indican incrementos en la actividad. (Resumen) Los retos y propuestas de la investigación en el III milenio. (CONINVES). Memoria, Editorial UNED. pp. 78.
- Duarte E. (2013). *Reconocimiento de las erupciones del 21 de mayo de 2013. Volcán Turrialba.* (Informe de campo del 24-25 de mayo de 2013). OVSICORI-UNA.
- Duarte, E. (1990). Algunos aspectos del riesgo volcánico en el Volcán Turrialba. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional: Heredia.
- Duarte, E. (2012). Incandescencia en 3 puntos simultáneos del Volcán Turrialba. Informe de campo: 2-3 de febrero de 2012. <http://www.ovsicori.una.ac.cr>
- Duarte, E., et al. (2010). Reconocimiento de Materiales y cambios físicos por erupciones freáticas en la Cima del V. Turrialba. Informe de campo. <http://www/htdocs/vulcanologia/informeDeCampo/2010/InfcampoTurrifreaticas15ene2010.pdf>
- Fernández, E. (1987). Caracterización química de la precipitación en el área adyacente al volcán Turrialba. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional: Heredia.
- OVSICORI-UNA. (2013). *Volcán Turrialba: Erupción de Cenizas Terminada. 22 de mayo 2013.* (<http://www.ovsicori.una.ac.cr/pdf/2012/turrialba18012012.pdf>)
- Reagan, M. K. (1987). Turrialba volcano. Costa Rica. Magmatism at the southeast terminus of the Central American arc. (Ph. D. dissertation): Santa Cruz University of California, 216p.
- Reagan, M., Duarte, E., Soto, G. & Fernandez, E. (2006). The eruptive history of Turrialba volcano, Costa Rica and potential hazard from future eruptions. *Geol. Soc. of America*, S.P., 412: 235-253.
- Soto, G. (1988). Geología y Volcanología del Volcán Turrialba, Costa Rica. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica.