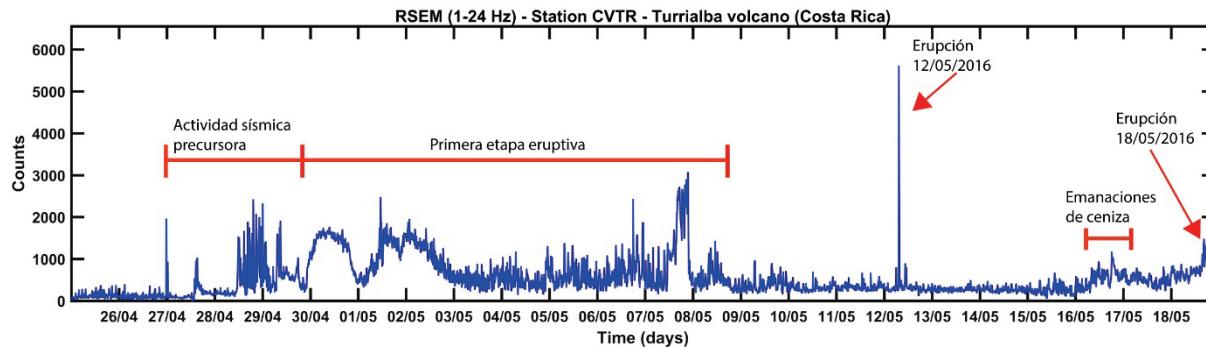


## Informe de avance N°2 sobre la actividad sísmica y eruptiva del volcán Turrialba (Costa Rica): mayo de 2016

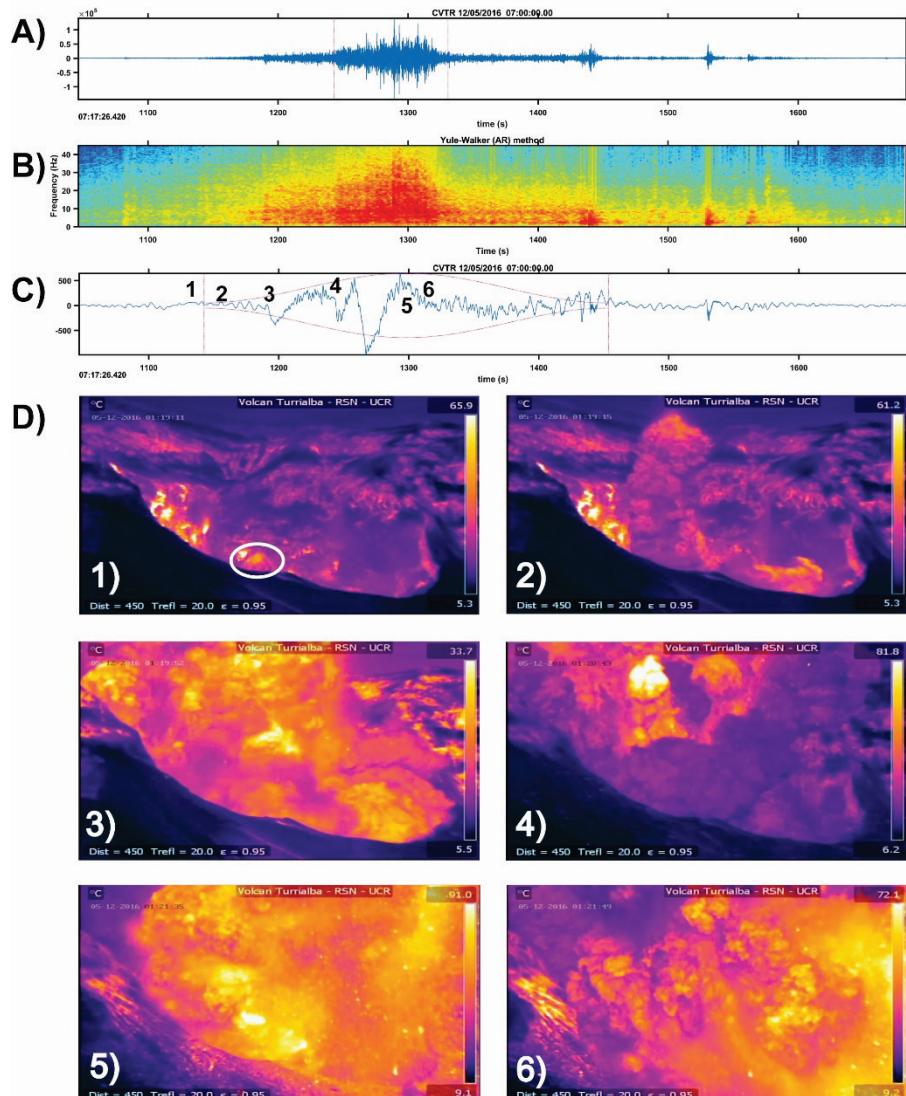
Elaborado por: Dr. Mauricio M. Mora F.

Luego de la actividad eruptiva registrada entre el 30 de abril y el 8 de mayo del 2016 la actividad sísmica se mantuvo a un nivel alto, caracterizado por eventos: de baja frecuencia (LP's), eventos de muy baja frecuencia (VLP's) y volvano-tectónicos (generados por ruptura frágil) muy superficiales (Figura 1).

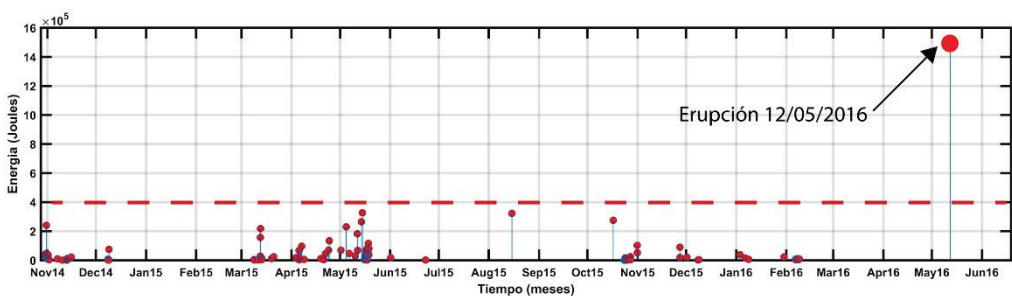


**Figura 1.** Nivel de actividad sísmica con base en el promedio cuadrático de la amplitud sísmica (RSEM) calculado con una ventana móvil de 10 minutos, para el periodo entre el 25 de abril y el 18 de mayo de 2016. Registros de la estación CVTR de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE).

En este contexto, ocurre la erupción del 12 de mayo de 2016 a la 01:19 a.m. la cual generó una columna eruptiva de al menos unos 3 km de altura y proyectó bloques hasta unos 400 a 500 m de distancia del cráter activo según reportes del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI-UNA). Asimismo, generó una corriente de densidad piroclástica que alcanzó casi 500 metros de distancia, en dirección este, hacia el cráter Central y Este. La señal sísmica asociada con esta erupción inició a las 01:18:01 a.m. con un evento tipo LP (largo periodo) seguido de un tremor de baja amplitud (Figura 2). La pluma de ceniza se empieza a observar por encima del borde del cráter activo a las 01:19:11 a.m., lo cual coincide con el primer aumento de amplitud de la señal y el final de un pequeño pulso de muy baja frecuencia (Figura 2D1 y 2D2). Un segundo aumento de la amplitud de la señal ocurre a las 01:19:51 al mismo tiempo que se registra un pulso a muy baja frecuencia de gran amplitud (Figura 2D3). El tercer pulso ocurre a las 01:20:43 marcado por una señal a muy baja frecuencia y el aumento de la amplitud del tremor (Figura 2D4 y 2D5), lo cual corresponde con el inicio del intervalo de mayor explosividad y mayor proyección de balísticos, que se extenderá hasta las 01:21:34, cuando se alcanza el clímax de la erupción e inicia el colapso de la columna eruptiva que generará la corriente de densidad piroclástica (Figura 2D6). La energía sísmica de este evento fue muy superior a las calculadas para las erupciones ocurridas durante el 2015 pero menor a la explosión ocurrida el 31 de octubre de 2014 (Figura 3).

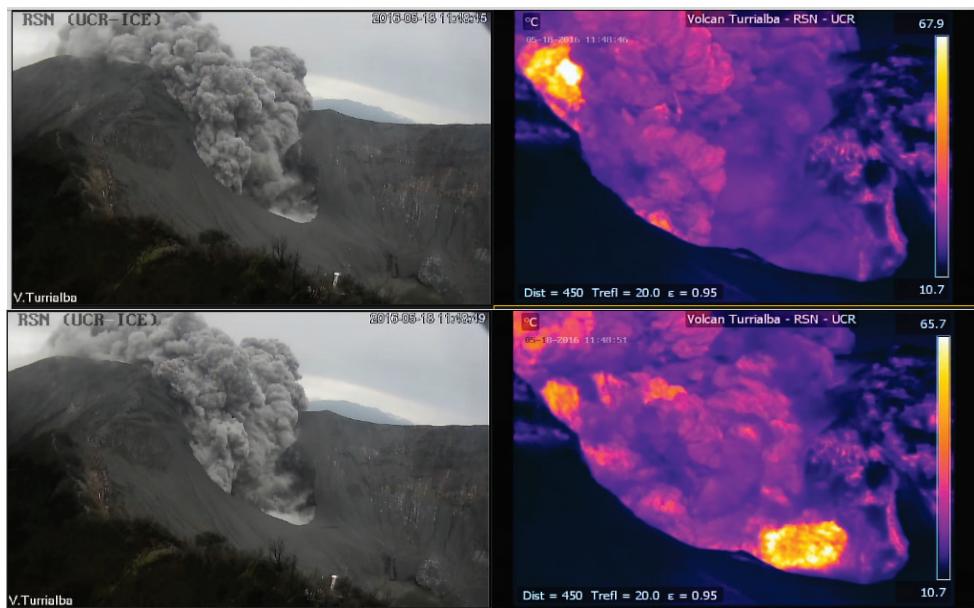


**Figura 2. Erupción del 12 de mayo de 2016 a las 01:19 en el volcán Turrialba. A) Forma de onda (estación CVTR). B) Espectrograma de frecuencias con base en el método de Yule Walker elaborado con una ventana móvil de 2,56 s y un traslape de 1,28 s. C) Forma de onda filtrada en la banda de 10 a 120 s, la numeración corresponde con las imágenes térmicas mostradas en D. D) Imágenes térmicas no corregidas obtenidas con una cámara FLIR A320 de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) ubicada en la cima del volcán Turrialba. La elipse en la primera imagen resalta la pluma eruptiva que viene en ascenso. Las figuras de la señal sísmica fueron elaboradas con el programa de Lesage (2009).**

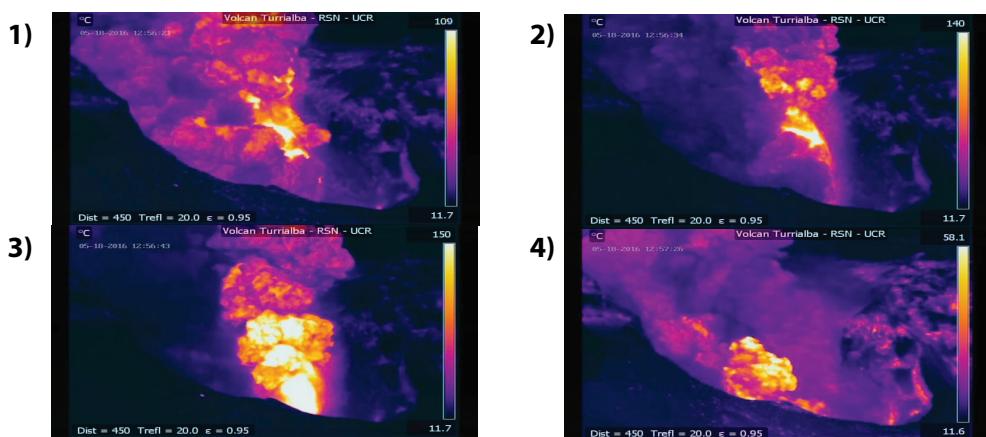


**Figura 3. Energía sísmica de las erupciones registradas en el volcán Turrialba durante el 2015 y 2016. Para el ciclo eruptivo de octubre 2015 se incluyen las más significativas. Para el ciclo eruptivo del 25 de abril a mayo 2016 sólo se incluye la del día 12 de mayo a las 01:19 a.m.**

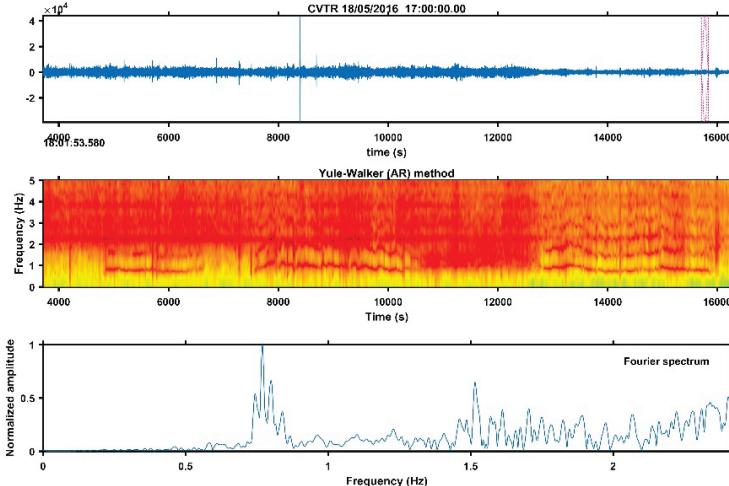
Posterior a la erupción del 12 de mayo de 2016, el nivel de actividad sísmica se mantuvo a un nivel similar al registrado antes de dicha erupción, con algunos picos de tremor como el ocurrido entre el 16 a mediodía y hasta las 09:00 del 17 de mayo, durante el cual se mantuvieron emanaciones de ceniza frecuentes (Figura 1). El 17 de mayo, a partir de las 18:00 horas se registró un incremento en la amplitud y número de eventos VLP's y alrededor de las 23:00 horas del mismo día le siguió un aumento en la amplitud del tremor volcánico con una banda de frecuencia de 2 a 10 Hz. A las 10:20 horas del 18 de mayo empiezan a ocurrir emanaciones intermitentes de ceniza, acompañados por sismos de doble fase. A partir de las 11:04 a.m. inicia la erupción sostenida, con pulsos iniciales no explosivos pero si energéticos. Alrededor de las 11:48 hubo una primera intensificación de la actividad (Figura 4) y a las 12:56 se generó una pequeña explosión que proyectó balísticos cerca del borde este del cráter activo y mantuvo un chorro vertical por una decena de segundos (Figura 5). La erupción se mantuvo de forma sostenida hasta las 14:30 horas cuando la amplitud del tremor disminuyó así como el volumen de descarga de ceniza. El tremor que acompañó la erupción inició como un tremor espasmódico con una banda de 2 a 10 Hz, el cual fue evolucionando hacia una frecuencia dominante a 2,4 Hz. Al final de la erupción se registraron varios episodios de tremor armónico con una frecuencia fundamental de 0,7 Hz no estacionaria (Figura 6).



**Figura 4.** Imágenes de la erupción del 18 de mayo de 2016 que inició a las 11:04 a.m. en el volcán Turrialba. A la izquierda se muestran las imágenes visuales y a la derecha las imágenes (no corregidas) simultáneas de la cámara FLIR A320. Ambas cámaras de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) ubicadas en la cima del volcán Turrialba.



**Figura 5.** Secuencia de imágenes térmicas (no corregidas) de una de las fases de mayor energía de la erupción del 18 de mayo de 2016. Esta fase ocurrió a las 12:56 p.m. Nótese el chorro vertical en las imágenes 2 y 3 así como los bloques depositados en el borde del cráter que se observan en la imagen número 4.



**Figura 6. Segmento de la señal sísmica (a partir de las 18:01 hasta las 15:30) de la erupción del 18 de mayo de 2016 a las 11:04 a.m. en el volcán Turrialba. A) Forma de onda (estación CVTR). B) Espectrograma de frecuencias con base en el método de Yule Walker elaborado con una ventana móvil de 2,56 s y un traslape de 1,28 s. C) Forma de onda filtrada en la banda de 10 a 120 s. La figura fue elaborada con el programa de Lesage (2009).**

## Conclusiones generales

La condición actual del volcán Turrialba es totalmente normal y propia de un volcán que, en estos últimos 17 años pasó de una condición de reposo a una condición activa y, en consecuencia, ha implicado la apertura de conductos y pasos por los cuales el magma ha podido ascender paulatinamente hasta profundidades muy someras (< 1 km) y en las que cuando entra en contacto con el sistema hidrotermal o bien se da la acumulación de gases magnéticos, se genera la actividad eruptiva. En cada ciclo eruptivo el volcán evoluciona, cambia su condición interna hacia la de un sistema cada vez más abierto, por lo que los pequeños cuerpos de magma pueden subir más fácilmente y, en consecuencia, le permite al volcán entrar también más fácilmente en erupción. Por lo anterior, los escenarios esperables son:

1. Que el volcán Turrialba continúe evolucionando hacia una condición totalmente abierta en donde pueda alcanzar el escenario esperable similar al de la última erupción histórica en el siglo XIX, durante la cual generó erupciones mayores (columnas eruptivas de hasta 5 km) y más voluminosas comparadas con las que se han observado hasta el momento. Si se dirige a este escenario, las áreas afectables esperadas más severamente estarían en 2 km a la redonda, y particularmente hacia el oeste, según los escenarios de Soto (2012).
2. Que continúe su actividad en ciclos eruptivos hasta que de nuevo entre en reposo sin que necesariamente llegue a una erupción mayor.

Ninguno de los dos escenarios se puede pronosticar, por lo tanto la auscultación constante, el avance en la investigación y la mejora de los sistemas de monitoreo son fundamentales para entender la dinámica del volcán Turrialba.

Durante la primera etapa del presente ciclo eruptivo (Figura 1) la afectación se concentró en el flanco sur del volcán Turrialba, debido a la dirección predominante de los vientos desde el norte que prevaleció durante esos días. Esta afectación si bien no es frecuente y obedeció a condiciones climáticas particulares, no es ajena a los estudios de amenaza volcánica del Turrialba y, por lo tanto, era un escenario previsto según los mapas de peligro volcánico elaborados por Soto (2012). Las condiciones de viento posteriores retomaron el rumbo habitual y dominante hacia el Suroeste con alguna variabilidad hacia el Oeste e incluso al Noroeste. Esta condición generó, aunado a la altura de la columna y energía, el fuerte impacto en el Valle Central de la erupción del 12 de mayo de 2016. Durante la erupción del 18 de mayo las condiciones de viento prevalecientes hacia el Oeste y Suroeste aunado a la baja energía de la erupción propiciaron una importante descarga de ceniza hacia el sector de La Picada y La Silvia, así como en La Central.

## **Referencias**

Lesage, P. (2009). An interactive MATLAB software for the analysis of seismic volcanic signals. *Computers and Geosciences*, 35 (10), 2137-2144.

Soto G.J. (2012). Preparación de mapas de peligros volcánicos y restricción de uso de la tierra en el volcán Turrialba. Informe final. FUNDEVI. San José, Costa Rica. (p. 186).

## **Agradecimientos**

Se agradece al Geól. Gerardo J. Soto las sugerencias, comentarios y discusiones que, de forma desinteresada, ha compartido y aportado sobre este, y anteriores informes así, como de la actividad eruptiva. De igual manera, se agradece las discusiones y numerosos intercambios de información y experiencias con el Dr. Javier Fco. Pacheco, Dra. María Martínez, Dr. Cyril Müller, Dr. Geoffroy Avard, y Dr. Marteen de Moor del OVSICORI-UNA. Estas discusiones han propiciado un crecimiento científico importante. Sin duda alguna, el aporte del Ing. Luis Fernando Brenes, Jean Paul Calvo y el Geól. Wilfredo Rojas Q. para el mantenimiento de la instrumentación, adquisición de datos y conectividad es fundamental, así como el trabajo de la Geol. María Cristina Araya en el mantenimiento de los sistemas de adquisición de la RSN. Este trabajo está soportado por los proyectos de investigación: "Patrones sísmicos: una ventana a la compresión de la dinámica interna de los volcanes activos de Costa Rica" (Nº113-B4-082) y "Geofísica y geodinámica interna del arco volcánico en Costa Rica" (Nº 113-B5-A00), inscritos en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica. El mantenimiento de la red sísmica a nivel nacional, de la cual las estaciones volcánicas son parte también, es soportado por el proyecto "Vigilancia sísmica de Costa Rica" (Nº113-B5-704) también de la Universidad de Costa Rica.

**Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica de la Escuela Centroamericana de Geología,  
Universidad de Costa Rica, San Pedro de Montes de Oca, San José,  
Apdo. 214-2060, teléfono 2511-4226.  
E-mail: [redsismologica.ecg@ucr.ac.cr](mailto:redsismologica.ecg@ucr.ac.cr).  
Sitio web: <http://www.rsn.ucr.ac.cr/>**