

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA Y ERUPTIVA DEL VOLCÁN TURRIALBA, COSTA RICA OCTUBRE 2015

Dr. Mauricio M. Mora F.

Desde la última erupción ocurrida el 15 de agosto del 2015, la actividad sísmica decayó a niveles comparables a los que se observaban antes de octubre del 2014 (Figura 1). Sin embargo, desde el 10 de octubre de 2015, se registró un aumento en el nivel de actividad sísmica en el volcán. Este incremento observado se reflejó no solo en el aumento de la amplitud de las señales, tal y como lo muestra la figura, sino también en los varios tipos de señales sísmicas, los cuales indicaban cambios significativos en los procesos internos del volcán, principalmente aquellos que se traducen en un incremento en la presión interna.

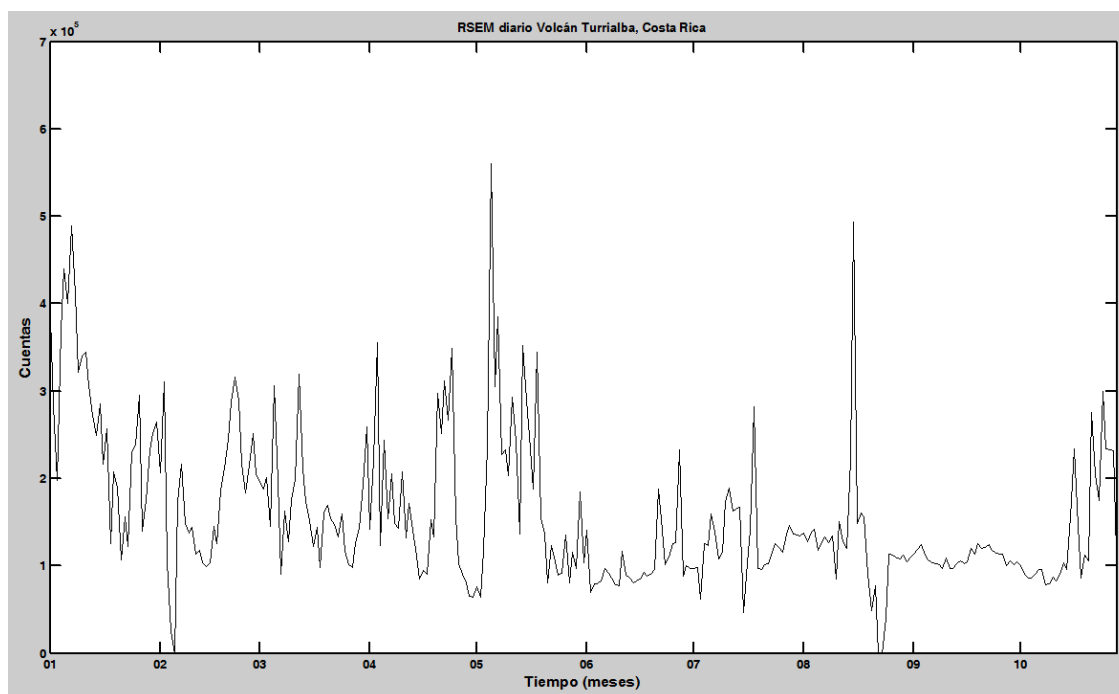


Figura 1. Nivel de actividad sísmica diario con base en el promedio de la amplitud sísmica (RSEM) durante el 2015. Obsérvese el incremento a partir de la segunda mitad del mes de octubre.

A partir del día 10 de octubre empiezan los primeros cambios, con el registro de eventos sismo-volcánicos de tipo VLP (señales de muy baja frecuencia, ver Figura 2). Estos eventos representan movimientos en las cavidades (fracturas) internas, producto del paso de fluidos que se encuentran a muy alta presión. Al mismo tiempo se registran otras señales sismo-volcánicas que reflejan una intensificación de la actividad interna del volcán producto de la presurización del sistema, entre ellas: sismos tipo LP o de baja frecuencia, relacionados con la circulación de fluidos

(Figura 3A), sismos de doble fase (sismos con dos fases de diferente amplitud, Figura 3B), sismos de tipo “tornillo” los cuales reflejan vibraciones armónicas de cavidades producto del paso de la combinación de la ruptura y paso de fluidos por una cavidad (Figura 3C) y tremores de alta frecuencia (vibraciones sostenidas, Figura 3D). El día 13 de octubre ocurrió un pequeño enjambre de eventos volcano-tectónicos, los cuales representan un episodio intenso de ruptura frágil en profundidad. Esta primera fase de actividad culmina con una explosión el 16 de octubre del 2015 a las 05:49 hora local. Luego de esta erupción se da una ligera disminución en los sismos de tipo VLP con un pico de eventos el día 19 y a partir del 21 se da el aumento sostenido de esas señales, lo cual refleja una intensificación en la circulación de fluidos interna a través de fracturas o cavidades que se abren súbitamente por la acumulación de presión (Figura 2).

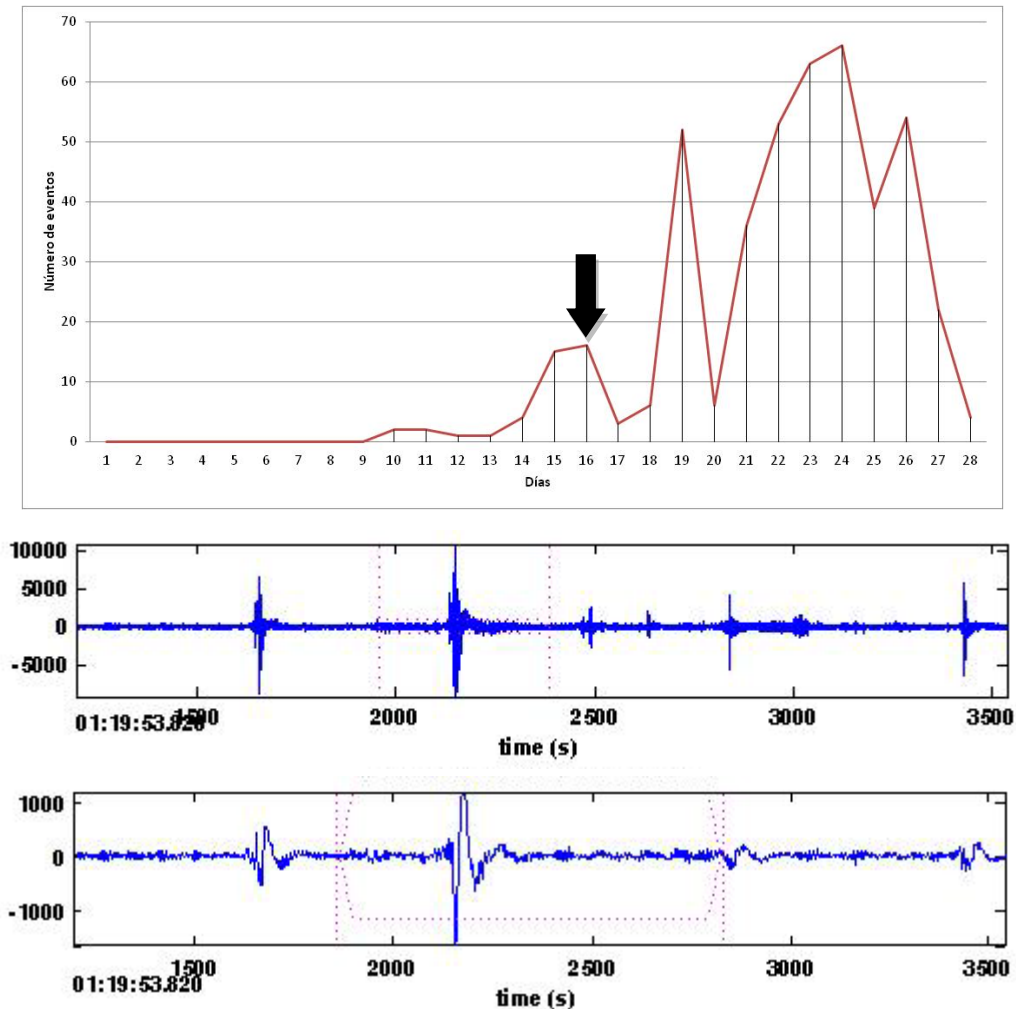


Figura 2. Arriba: Gráfico con el número de sismos VLP (eventos de muy baja frecuencia) registrados durante el mes de octubre de 2015, la flecha negra muestra el inicio de la primera fase de la presente secuencia eruptiva con la explosión del 16 de octubre. En medio y abajo: ejemplos de sismos VLP sin filtrar y filtrados (banda entre los 10-120 s) en donde se observa claramente los pulsos (VLP) de diferente amplitud. Estos eventos fueron registrados el 25 de octubre de 2015 en la estación CVTR de la RSN en el volcán Turrialba.

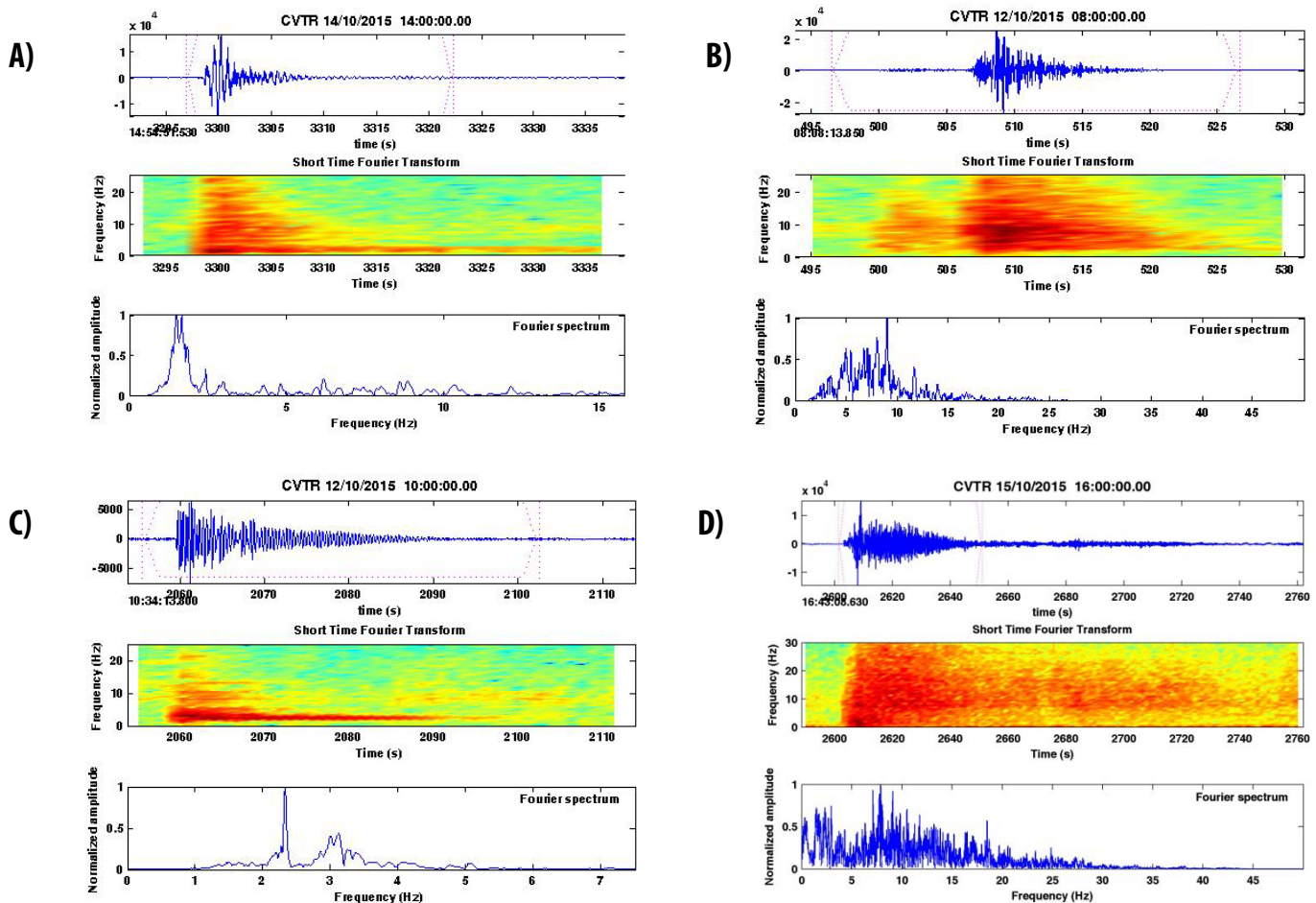


Figura 3. Algunos de los tipos principales de sismos volcánicos registrados previos a la fase eruptiva del 23 al 28 de octubre de 2015. A) Sismo LP o de baja frecuencia, B) Sismo de doble fase, C) sismo tipo “tornillo”, D) tremor de alta frecuencia. En todas se muestra arriba: Forma de onda. Medio: Espectrograma de frecuencia con base en método Yule-Walker. Abajo: Espectro promediado de Fourier. Figura elaborada a partir del programa de Lesage (2009).

A partir de las 11:30 a.m. del 23 de octubre inició la secuencia de erupciones que en general fueron de baja energía si se les compara con las ocurridas en ciclos eruptivos anteriores de octubre de 2014 y del primer semestre del 2015. Las duraciones de estas erupciones oscilaron entre 2 y 13 minutos. Estas erupciones generalmente eran precedidas por un sismo de tipo VLP, lo cual refleja el proceso de presurización y la consecuente salida de gases y material sólido a alta presión, lo cual se refleja con una señal de tremor de alta frecuencia (Figura 4). El tiempo inicio del evento VLP se presentaba en promedio entre 1,5 y 3 minutos antes del tiempo inicio tremor que acompañaba la erupción. Esta diferencia de tiempo relativamente pequeña sugiere que la fuente de las erupciones no sería tan profunda. Si se asume de forma preliminar una velocidad entre unos 100 m/s a 150 m/s para el gas y se tiene que la parte de mayor amplitud de los VLP tarda en promedio de 1 a 2 minutos, es plausible pensar que, si se trata de la apertura de una cavidad, ésta podría tener, muy groseramente, de unos 600 m a 1500 m de longitud. Esto, si se asume que el VLP se genera por expansión de una fisura o cavidad y no la expansión del volumen de un medio poroso (ya sea fisurado o granular). Sin embargo, aun así, en este último caso la fuente no sería muy profunda.

A partir de las 05:00 p.m. del 27 de octubre se constató un cese de la actividad eruptiva, no así de las señales tipo VLP, lo cual refleja que el sistema todavía se encuentra presurizado.

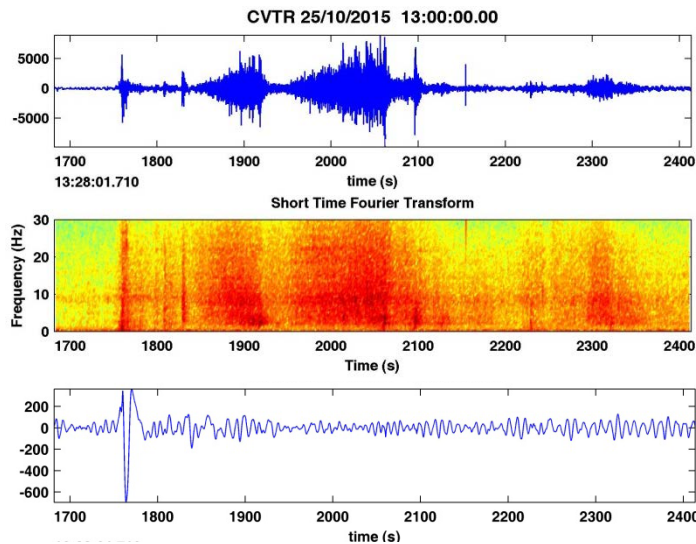


Figura 4. Erupción del 25 de octubre a las 07:30 a.m. y que a su vez generó un pequeño flujo piroclástico que se extendió hasta el cráter Central. A la izquierda se muestra arriba la forma de onda original, al medio el espectrograma de frecuencias, y abajo la forma de onda filtrada donde se observa el pulso VLP producto de la presurización del sistema. A la derecha las imágenes del flujo piroclástico tomadas por medio de la cámara de la RSN (UCR-ICE) ubicada en la cima del volcán Turrialba.

Breve retrospectiva e interpretación de la sismicidad y actividad reciente

Desde 1996, el Turrialba ha mostrado un incremento paulatino en su actividad, el cual se tornó más conspicuo desde el año 2007 y alcanzó un clímax en enero de 2010, cuando ocurre una crisis freática-fumarólica con erupción de ceniza no magmática a través de una nueva boca fumarólica abierta. A partir de esa crisis, el volcán inicia un periodo de actividad hidrotermal intenso, caracterizado por una actividad fumarólica profusa y cambios morfológicos frecuentes producto de la presión del sistema y la fuerte alteración hidrotermal, lo cual propició la erosión y el fracturamiento interno. Lo anterior generó que el sistema se inestabilizara y produjera las subsiguientes crisis freático-fumarólicas entre los años 2011 y 2012. Esta inestabilidad fue generada por el ascenso de nuevo magma, con una continua e intensa desgasificación, por lo que estas crisis conformaron entonces, la primera etapa del lento despertar del volcán Turrialba, en donde se abrió parcialmente el sistema. Se especula que un reservorio magmático se encuentra a profundidades de 4-6 km bajo el volcán.

Los años subsiguientes comprenden la continuación de la desgasificación y parcial ascenso de parte del cuerpo magmático hasta emplazarse a profundidades más someras. Este ascenso hasta la superficie es complejo y puede ocurrir a través de pequeños cuerpos que poco a poco logran abrirse paso, lo que genera una profusa actividad volcano-tectónica y otros tipos de señales, que se ha venido presentando durante los últimos años. Entre la etapa eruptiva del 2014 y la etapa del 2015 se pudo constatar que el pequeño cuerpo de magma habría alcanzado un nivel relativamente somero, lo que propicia dos cosas: 1. Su desgasificación final y explosión, 2. Su interacción con el complejo sistema de acuíferos superficiales (sistema hidrotermal). Lo segundo habría propiciado la alta explosividad de las erupciones generadas principalmente entre marzo y junio del 2015.

En la actual etapa eruptiva habrían podido converger dos procesos: en primera instancia el ascenso magmático que ha sido constatado por los diferentes datos (gases, deformación y sismicidad volcano-tectónica dados a conocer por el OVSICORI-UNA) y las precipitaciones ocurridas durante el mes de octubre. El agua que se infiltra y alimenta sistema hidrotermal, fue calentada y vaporizada, lo cual presurizó el sistema y generó la primera erupción del día 16 de octubre. Esto limpiaría algunos conductos y abriría otros que permiten el ingreso de más agua durante las lluvias subsiguientes, lo cual se refleja en tremores de larga duración que se registraron el día 21, así como el tremor de fondo que prevaleció hasta el inicio de la actividad eruptiva. La rápida vaporización del agua permitiría su salida a presión, pero, al haber conductos abiertos, puede salir de forma pasiva, lo que propicia la vibración de las cavidades y el consecuente tremor volcánico de alta frecuencia. Esto también genera un mayor intercambio térmico entre el cuerpo magmático y el sistema hidrotermal y por ende, le aporta más calor, y explota de manera freatomagmática.

En el contexto anterior, la actividad eruptiva podría ser explicada por medio de dos procesos: 1. La percolación de agua, rápida vaporización, presurización y expansión de volumen del medio fracturado por la interacción directa con una pequeña parte del cuerpo magmático somero (Figura 5, columna izquierda), 2. La percolación de agua y rápida vaporización debido a la alta temperatura y genera presión en el extremo inferior de la cavidad que conecta con la superficie, la posterior apertura súbita y finalmente la salida a presión del gas y arrastre del material sólido fragmentado en el extremo superior de la cavidad (Figura 5 columna derecha). Aunque las erupciones en general fueron de baja energía, sí mostraron cierta explosividad -particularmente a partir del día sábado- por lo que la interacción, quizás al menos con una fracción pequeña de magma es plausible. La ceniza oscura igualmente vista en las columnas eruptivas es sugerente de ello lo mismo que la generación de los pequeños flujos piroclásticos.

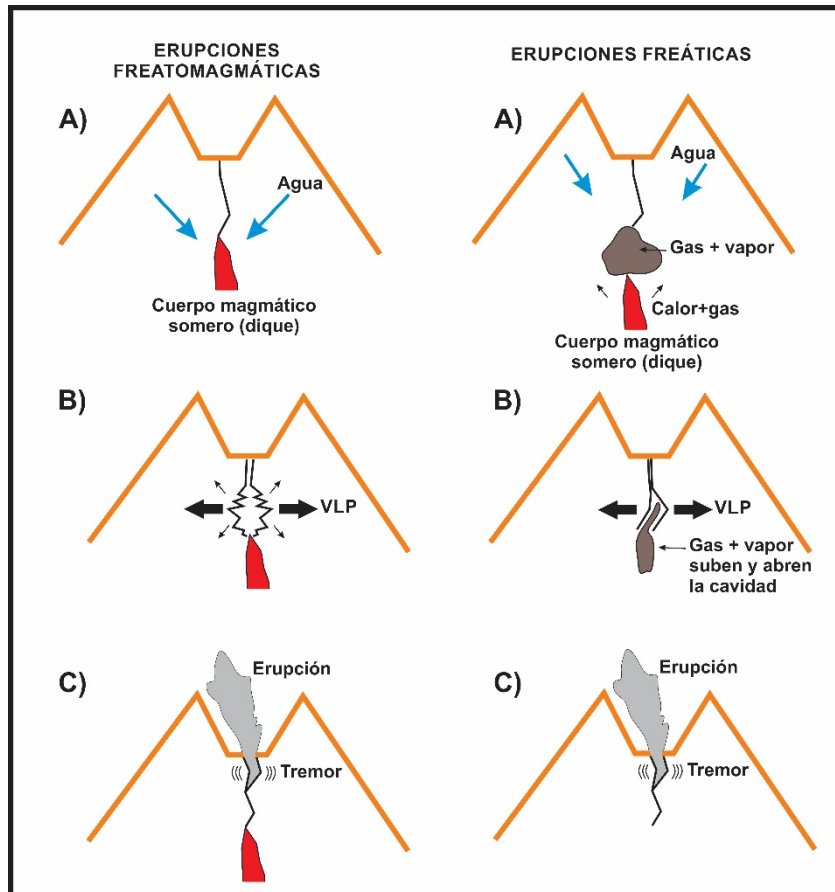


Figura 5. Esquemas que muestran hipótesis de mecanismos de origen de las erupciones del 23 al 27 de octubre de 2015 en el volcán Turrialba y su relación con la sismicidad observada. En ambos escenarios se muestra: A) Incorporación de agua al sistema hidrotermal somero. B) La presurización y expansión del medio o cavidad que genera el sismo tipo VLP. C) La liberación de la presión que genera la consecuente erupción con el arrastre del material fragmentado. Este material, en el caso freatomagmático, contiene magma fragmentado o juvenil y en el caso freático, contiene sólo material pre-existente y alterado por la acción hidrotermal.

Todas las etapas de actividad observadas en el volcán Turrialba reflejan un proceso de normal de reactivación de un volcán que desde su última erupción en el siglo XIX había estado en reposo (excepto fumarolas y leve sismicidad de fondo) y es de esperar nuevos ciclos eruptivos. Es por ello que la RSN se mantiene al tanto de la evolución del volcán y con su monitoreo constante.