



**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**  
**ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGÍA**  
**RED SISMOLÓGICA NACIONAL (RSN)**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CIENCIAS GEOLÓGICAS (CICG)**

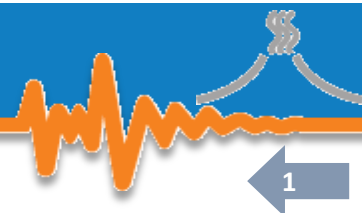
**INFORME SOBRE LA ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES ACTIVOS DE COSTA RICA**



Fotografía: Marvin Picado, PNVT.  
Erupción del volcán Turrialba el 21/5/2013

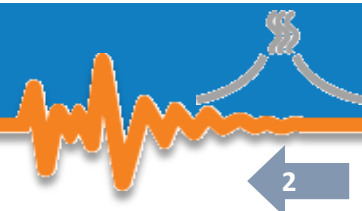
**MAYO 2013**

**Gino González-Illama, Raúl Mora-Amador, Mauricio Mora, Carlos Ramírez Umaña,  
Waldo Taylor & Yemerith Alpízar Segura.**  
Colaboraron: Diego Freni & Fabián Valverde



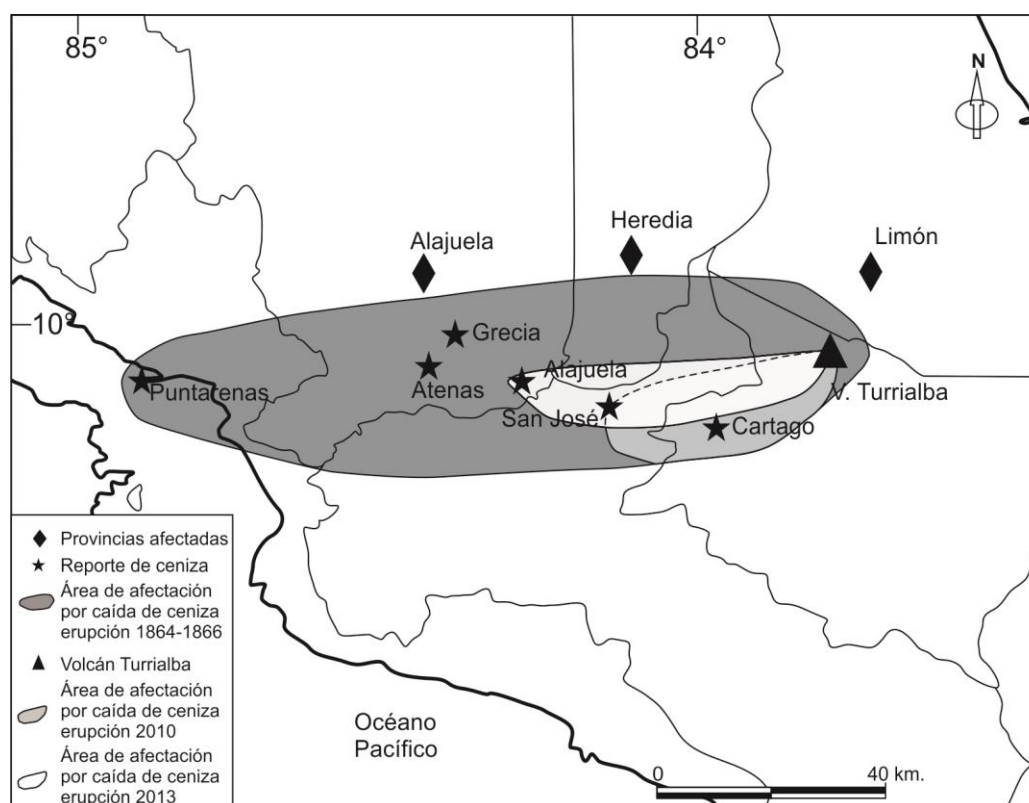
## CONTENIDO

I.	Volcán Turrialba.....	2
•	Erupción freática del 21 de mayo del 2013.....	3
II.	Volcán Irazú .....	7
•	Laguna .....	7
III.	Volcán Poás.....	9
•	Lago .....	9
•	Fumarolas .....	9
•	Erupción del 8 de mayo .....	10
IV.	Volcán Rincón de la Vieja .....	13
V.	Referencias .....	14



## I. Volcán Turrialba

Históricamente se conoce actividad del volcán Turrialba desde el año 1723, cuando en ese entonces, el volcán Irazú estaba en erupción. Tras una ausencia de documentación o escritos, nuevos reportes de actividad del Turrialba aparecen en 1846, donde se describen actividad fumarólica y erupciones freáticas hasta que en agosto de 1864, el Turrialba entra en un periodo de erupciones magmáticas que se prolongó hasta 1866, provocando caída de ceniza en Cartago, San José e inclusive Puntarenas. Luego el volcán entra en un periodo de calma por casi 140 años (González et al., en prensa).



**Figura 1. Mapa de caída de ceniza de las erupciones que ocurrieron en 1864-1866 (gris oscuro), 2010 (gris claro) y 2013 (blanco); Modificado a partir de González et al, (en prensa).**

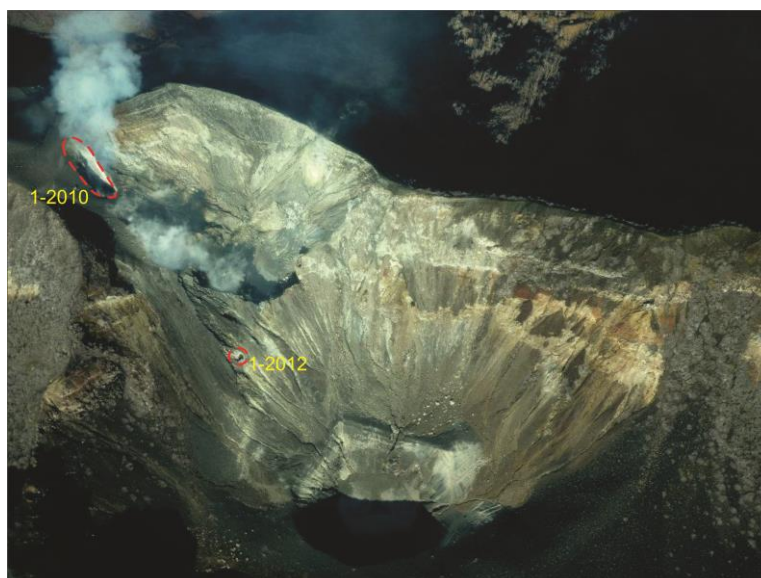
En junio del 2005, la actividad fumarólica y la temperatura aumentaron considerablemente provocando la muerte de vegetación en la ladera Oeste del volcán (Hilton et al., 2010). En el año 2007, aparecen nuevas fumarolas a temperaturas  $>100$  °C, acompañadas de una sismicidad máxima de  $\sim 100$  microsismos diarios y por primera vez se observa una pluma de gas elevarse por más de 1 km de altura (Mora & Rojas, 2007).

El 5 de enero del 2010, luego de 143 años, el volcán Turrialba inicia un periodo de erupciones freáticas, la cual genera una boca intra-cratérica ( $\sim 125$  m de longitud con una elongación Noroeste-Sureste) que se le nombró *Boquete 2010* (Figura 2), esta boca ha aumentado su tamaño hasta la actualidad, y emite gran cantidad de gases ácidos como  $\text{SO}_2$ , HCl, HF. En aquel momento, la ceniza expulsada llegó a unos 40 km de distancia del volcán, cubriendo un área de  $500 \text{ km}^2$  aproximadamente (Figura 1; González et al., en prensa).

Nuevamente, el 12 de enero del 2012 ocurre una erupción freática pero en la pared Este del Cráter Noroeste, formando un nuevo boquete, con liberación de ceniza y gases a altas temperaturas (Figura 2). Esta



erupción fue precedida por un extraordinario flujo de azufre, ocasionado por un sobrecalentamiento en el sistema hidrotermal del volcán. Durante esa erupción, la ceniza eruptada fue muy poca y cayó en los alrededores del Parque Nacional volcán Turrialba.



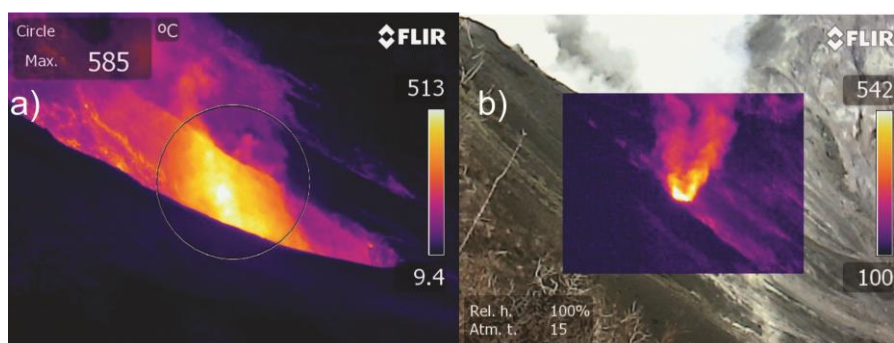
**Figura 2. Fotografía aérea donde se muestran en líneas rojas punteadas los boquetes formados en 2010 y 2012 (fotografía de Gino González).**

#### Erupción freática del 21 de mayo del 2013

A eso de las 9:30 a.m. se recibió una llamada por parte de los guardaparques del Parque Nacional Volcán Turrialba, reportando salida de ceniza. El equipo de vulcanología de la Red Sismológica Nacional, procede a visitar la cima del volcán para recabar información al respecto.

Se constató que estaba saliendo ceniza de los Boquetes formados durante enero en los años 2010 y 2012, los cuales se ubican en el cráter Noroeste del volcán Turrialba (ver foto de portada).

Mediciones con las cámaras térmicas indican un incremento de temperatura en más de 200 °C en el Boquete 2010 y 100 °C en el Boquete 2012 (Figura 3), con respecto a las medidas en abril del presente año.



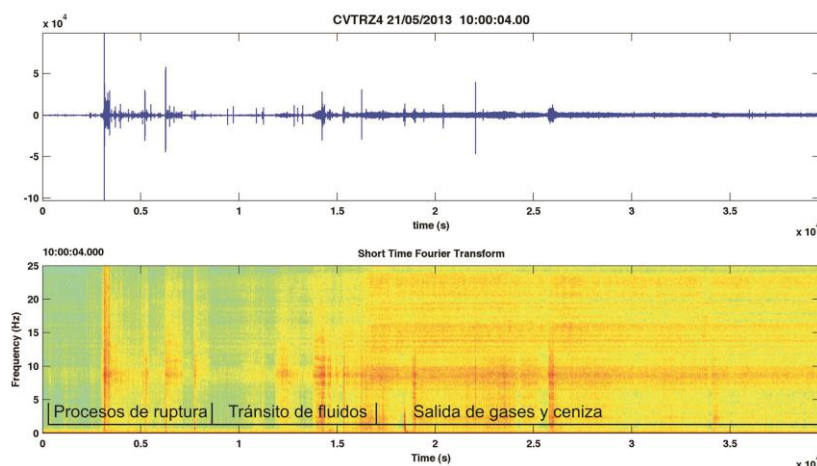
**Figura 3. Imágenes térmicas de los boquetes, a) Boquete 2010 y b) Boquete 2012 (fotografías de Carlos Ramírez).**

Además, los Boquetes incrementaron sus dimensiones, producto de la erupción que expulsó parte de los materiales inconsolidados que conforman las paredes internas de los Boquetes.



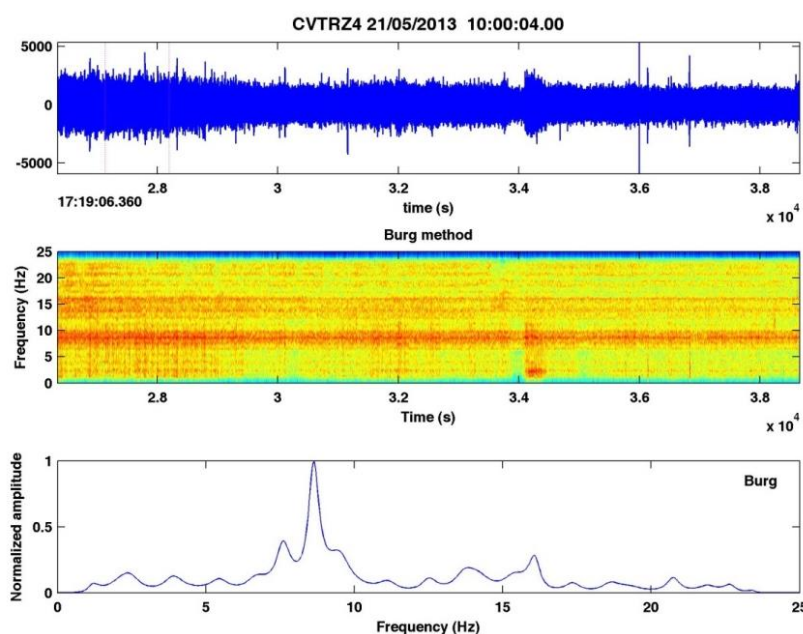
## SISMICIDAD

A las 4:33 a.m. del día 21 de mayo se registran los primeros eventos de tipo híbrido (señal que combina un proceso de ruptura con circulación de fluidos concomitante) lo cual marca el inicio de la descompresión del sistema hidrotermal (Figura 4).



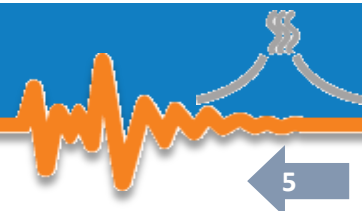
**Figura 4. Registro sísmico de los procesos de ruptura y consecuente emisión de ceniza ocurrida el día 21 de mayo de 2013. Arriba: Forma de onda. Abajo: Espectrograma de frecuencia con base en la Transformada de Fourier.**

Paulatinamente las señales híbridas se hacen más frecuentes hasta que, a partir de las 4:52 a.m. y hasta las 4:57 a.m. ocurre el proceso de apertura de conductos principal lo cual generó las señales híbridas de mayor amplitud. A partir de este momento la cantidad de estas señales se incrementa y se acompañan de tremor de baja amplitud hasta las 6:00 a.m. en que los procesos de ruptura empiezan a cesar para dar paso a la descompresión del sistema y la consecuente emisión de ceniza. La emisión de cenizas se acompañó de un tremor con una frecuencia principal alrededor de los 8,6 Hz y un sobretono a los 16 Hz (Figura 5).



**Figura 5. Análisis de un segmento del tremor que acompañó la emisión de gases y cenizas. Arriba: Forma de onda. Centro: Espectrograma de frecuencia con base en el método autorregresivo de Burg. Abajo: Espectro de frecuencias con base en el método autorregresivo de Burg.**





## CENIZA

La erupción produjo salida de ceniza en ambos Boquetes (bocas intra-cratéricas que se formaron con las erupciones freáticas de enero del 2010 y del 2012), lo que sugiere una conexión de la fractura principal o un conducto común. La columna eruptiva alcanzó más de un kilómetro sobre el borde del cráter. La ceniza eruptada cayó en distintas partes de San José e inclusive en Canoas de Alajuela (~50 km del volcán), por lo que se constata que la dirección predominante de la ceniza fue hacia el Oeste. En la figura 1, se puede comparar la extensión de la caída de ceniza de las erupciones de 1864-1866 (3 400km<sup>2</sup>), 2010 (500 km<sup>2</sup>) y 2013 (450 km<sup>2</sup>).

Se recolectó ceniza en distintos puntos del volcán para determinar espesores (Figura 6) y así determinar el volumen de ceniza eruptada. En las cercanías del Boquete 2010 y del 2012 se estimó un volumen de 350 m<sup>3</sup> sin contar la ceniza que se dispersó hacia el oeste del volcán por la fuerza y dirección del viento. Este volumen equivale a la carga de 35 vagonetas.



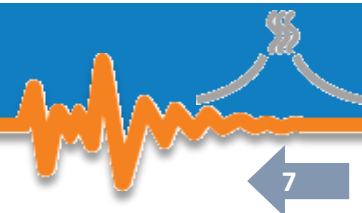
**Figura 6. Espesor de ceniza eruptada el 21 de mayo en las cercanías del Boquete 2010 (fotografía de Gino González).**

Las erupciones volcánicas se pueden clasificar en freáticas o magmáticas. Para determinar qué tipo de erupción ocurrió, se debe analizar la ceniza expulsada. Estos análisis se realizaron en la Escuela Centroamericana de Geología, utilizando microscopio polarizante y binoculares. Se determinó que la ceniza eruptada no es juvenil (Figura 7), es decir corresponde a materiales expulsados por el volcán en erupciones anteriores, por lo que este evento se puede catalogar como de tipo freática, similar a la ocurrida en el año 2010 y 2012.



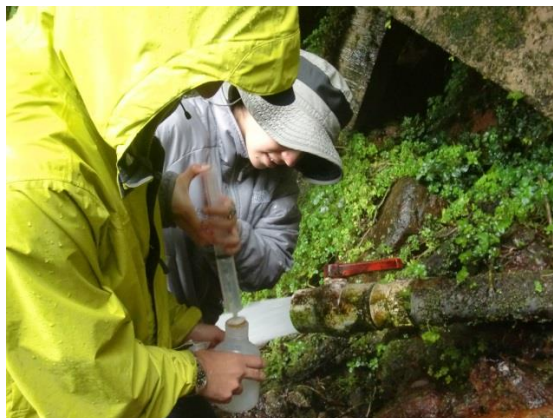
**Figura 7. Análisis de las cenizas eruptadas el 21 de mayo del 2013, a) Ceniza en microscopio en la cual se observan los líticos redondeados y de diferente composición debido al transporte, b) Los vulcanólogos Gerardo Carrasco (UNAM, México) y Joan Martí (Universidad de Barcelona, España) analizando la ceniza expulsada.**

Esta erupción posiblemente ocurre por una sobre presión que ejercen los gases magmáticos sobre las rocas, que posteriormente abren fracturas, y con ello el ascenso de estos gases acompañados de ceniza no juvenil que sube por un conducto o fractura común, que finalmente conecta con los Boquetes 2010 y 2012, provocando la liberación de ceniza y gran cantidad de gases ácidos a la atmósfera, que luego fue acarreado por los vientos con una dirección predominante hacia el Oeste.



## II. Volcán Irazú

En visita al volcán Irazú se constató que se está formando nuevamente el lago. Se han dado reportes de pobladores que viven en las zonas alrededor del volcán Irazú, perciben fuerte gases azufrados. Esto se debe a que la dirección de los vientos (dirección Oeste) acarrea los gases ácidos como el Dióxido de Azufre, producidos de la fuerte desgasificación del volcán Turrialba, ubicado a unos 10 km del Irazú. Esto ha sido reportado por pobladores de Santa Rosa y San Rafael de Oreamuno, Cot, Tierra Blanca de Cartago. Asimismo en estas comunidades, se tomaron muestras de agua de distintas nacientes para determinar posibles variaciones en la composición química y cuál sería su relación con la actividad volcánica (Figura 8).



**Figura 8. Muestreo de la naciente de Birris de Oreamuno de Cartago para su posterior análisis químico.**

### Laguna

Es común observar un lago cratérico en el volcán Irazú. Su nivel y color es fluctuante a través del tiempo y durante los últimos años se ha venido observando un considerable descenso en el mismo hasta secarse. Este lago mayoritariamente está influenciado por las lluvias y en los últimos meses esta ha sido escasa. Pero durante este mes las constantes lluvias han generado que se formen algunos charcos en el fondo del cráter activo, pero que no cubren totalmente el fondo y no sobrepasan el metro de profundidad (Figura 9).



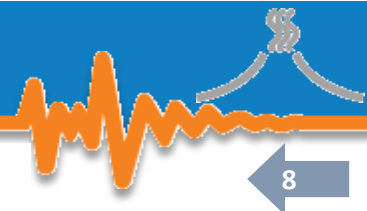
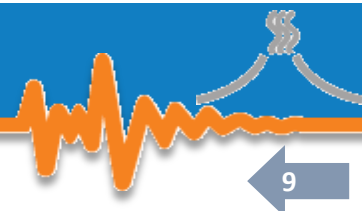


Figura 9. Cráter activo del volcán Irazú, en el cual el fondo del cráter continúa seco (Fotografía de Lourdes Gómez Quesada).



### III. Volcán Poás

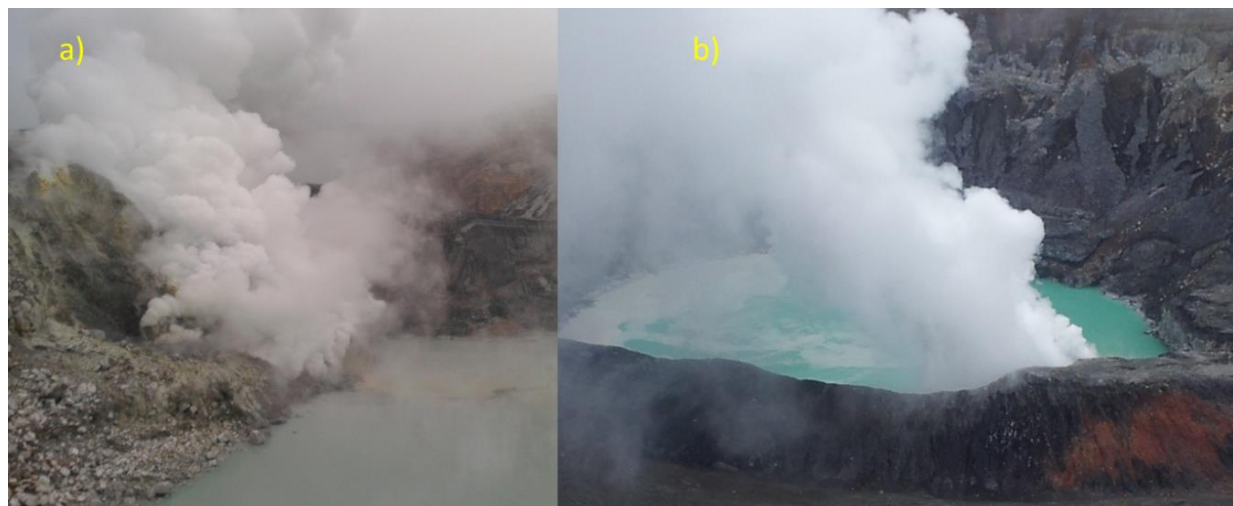
El volcán Poás se visitó en varias ocasiones en el mes. Durante estas visitas se logró recolectar muestras de la Laguna Caliente, para su análisis químico, y además obtener imágenes térmicas tanto del lago ácido como del Domo. Los principales cambios que se han presentado durante este periodo son descensos en el nivel de la Laguna Caliente y variaciones significativas en su temperatura. En la estructura del Domo, aumentó considerablemente la temperatura, tal es así, que desde inicios de este mes muestra incandescencia. Asimismo, el día 8 de mayo ocurrió una erupción freática en el Domo, cuando varios compañeros se encontraban a pocos metros de la explosión.

En cuanto a la sismicidad volcánica, hubo un aumento importante en la actividad sísmica entre el 5 y 11 de mayo, como indicio de signos de mayor actividad freática.

#### Lago

Durante los meses previos el lago se ha mantenido a una temperatura promedio de 45 °C y un pH=0. El color de la Laguna Caliente varió significativamente ya que a inicios del mes de mayo era de color turquesa y a finales del mes de mayo, su coloración fue verde esmeralda (Figura 10). En el centro y Sureste del lago continua con celdas convectivas. Desde finales del mes de abril apareció una pluma de azufre flotando en el costado Sur del lago, colindando con el Domo (Figura 11). El lago disminuyó su nivel en 75 cm, perdiendo aproximadamente unos 50 000 m<sup>3</sup> de agua.

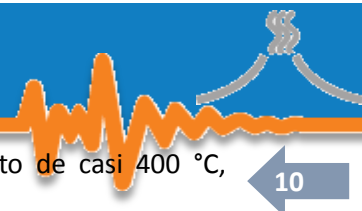
El día 28 de mayo, los guardaparque Diego Nuñez y Catalina Quesada reportaron una erupción freática a eso de las 11:30 a.m.



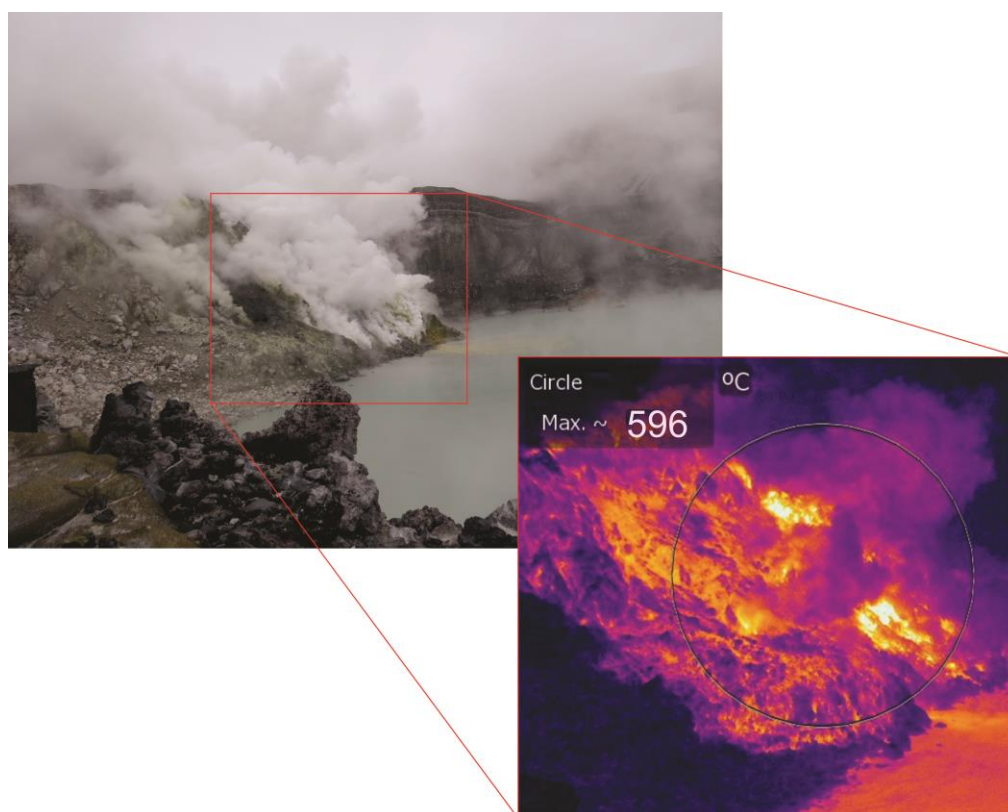
**Figura 10. Cambios de coloración de la Laguna Caliente del volcán Poás, a) Fotografía tomada el 8 de mayo por Gino González, b) Fotografía tomada el 30 de mayo por Mario Porras.**

#### Fumarolas

A partir del mes de mayo, se da un aumento significativo en la emisión de gases junto con un aumento en la temperatura de las fumarolas ubicadas en el Domo. Tal es así, que en las noches se observa incandescencia, Esto se da por una reacción exotérmica (liberación de calor) entre los gases ácidos magmáticos y el oxígeno presente en el aire. Este fenómeno se había dado en agosto del 2011. Esto concuerda con un aumento en la



temperatura del Domo, el cual pasó de 270 °C a 655 °C, esto representa un aumento de casi 400 °C, reflejando un sobrecalentamiento en el sistema del volcán.



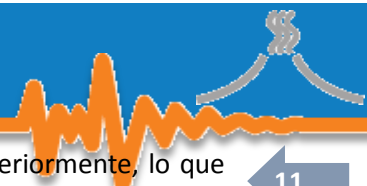
**Figura 11. Imagen térmica del domo. Fotografías de Raúl Mora Amador & Carlos Ramírez Umaña.**

### Erupción del 8 de mayo

En visita nocturna al fondo del cráter para constatar si se observaba incandescencia en el domo, miembros de la Red Sismológica Nacional y Guarda parques presenciaron una erupción en el Domo. A eso de las 5:35 pm, se descendió a la Laguna Caliente para recolectar una muestra de agua. Mientras se tomaba la muestra se generó una erupción desde el Domo y se observó la salida de bloques de hasta 50 cm, a una distancia cercana a los 15 metros desde el Domo hacia el lago.

Seguidamente ocurrió una explosión del azufre que alzó una llama de color rosa-naranja de por lo menos 40 metros de alto y 10 metros de ancho que superaba los 700 °C (Figura 12), con una extensión de 50 metros, que posteriormente comenzó a ensancharse y extenderse por la superficie del lago quemando el azufre en suspensión. Esta combustión duró unos 30 segundos, oscureciendo la pluma de gases y posteriormente las fumarolas incrementaron su emisión de gases ácidos. Ninguno de los compañeros que se encontraban en la orilla de la laguna sufrió lesiones o quemaduras.

Al fenómeno ocurrido se le conoce como erupción freática, su génesis se debe a la presencia de gases ácidos magmáticos que generan una sobrepresión en el sistema, lo que conlleva a una explosión y con ello la liberación de la presión (no hay presencia de material fundido magma o lava, solo gases ácidos, y rocas preexistentes en el sitio). Por lo general estas erupciones ocurren dentro de la Laguna Caliente pero esta erupción freática ocurrió en el Domo. Esta erupción generó la formación de una nueva boca intracraterica en



el Domo (Figura 13), por lo que se considera que este tipo de eventos han ocurrido anteriormente, lo que explicaría la formación de otras bocas intra-cratéricas.

11

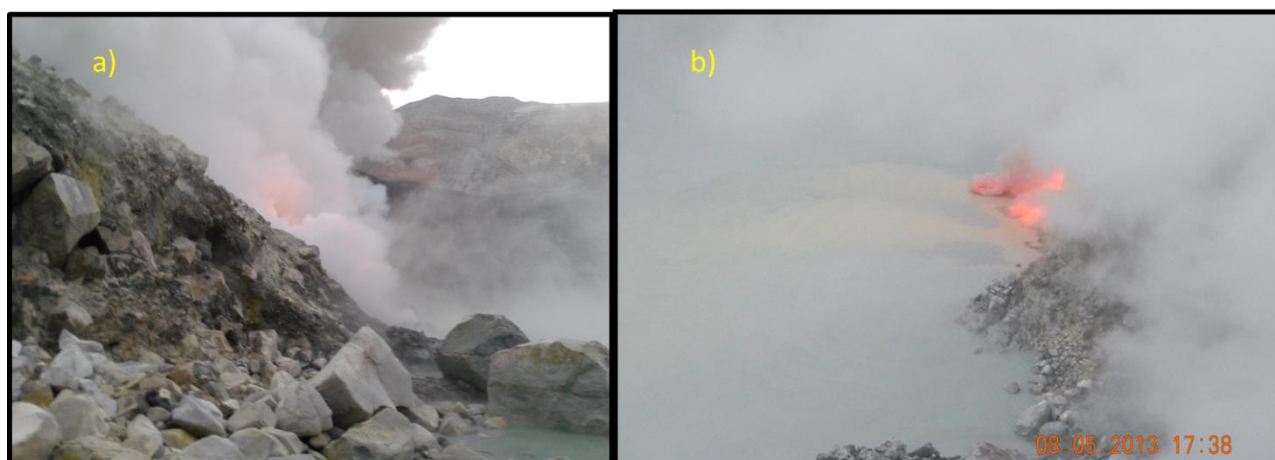


Figura 12. Erupción freática del 8 de mayo, a) Inicio de la explosión tomada desde el fondo del lago (Fotografía de Gino González), b) Azufre entrando en la Laguna Caliente (Fotografía de Yemerith Alpízar).



Figura 13. Sectores del Domo afectadas por erupciones freáticas (Fotografía de Raúl Mora Amador).

## SISMICIDAD

Estas erupciones han sido percibidas por las estaciones sísmicas ubicadas en el volcán. Durante este mes el número de explosiones freáticas aumentó significativamente, con al menos 13 eventos, en comparación con los meses anteriores en los que el número máximo alcanzado había sido 7 eventos. Estas explosiones tienen un contenido de frecuencias entre los 1 y 5 Hz, de los cuales sobresalen dos máximos a 1,7 Hz y 3,4 Hz los cuales tienen que ver con procesos de resonancia asociados a la explosión (Figura 14), como la ocurrida el 28 de mayo. La actividad volcano-tectónica, por su parte, fue muy baja con sólo 2 eventos registrados.



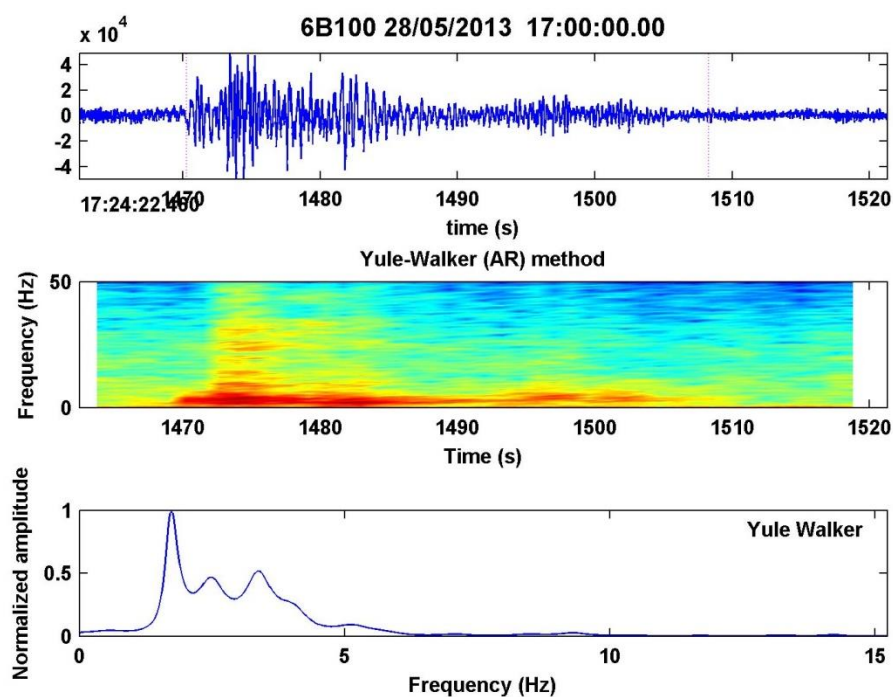
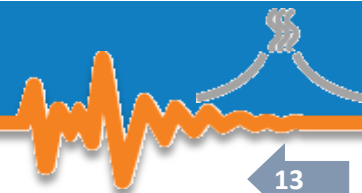


Figura 14. Señal sísmica en la estación VPS5 de la explosión freática ocurrida el 28 de mayo a las 11:24 a.m. en el volcán Poás y que fue reportada por los guardaparques. Arriba: Forma de onda. Al centro: Espectrograma de frecuencia con base en el método autorregresivo Yule- Waker. Abajo: Espectro de frecuencias basado en el método autorregresivo Yule- Waker.



#### IV. Volcán Rincón de la Vieja

A finales del mes de abril, el volcán Rincón de la Vieja mostró cambios importante en las señales sísmicas que se mantuvieron hasta finales del mes de Mayo del 2013. Los cambios más importantes fueron el aumento de la amplitud de las señales de baja frecuencia ( $< 3$  Hz) que están relacionados con movimientos de fluidos e hidrofracturación (señales tipo híbridos y VLF), y la aparición de eventos volcano tectónicos que indican un posible aumento de la presión del sistema hidrotermal y magmático (Figura 15).

También se observaron señales del tipo híbrido que pueden estar asociadas a la hidrofracturación y al movimiento de los fluidos en la chimenea y/o la cámara magmática, debido a que aún no se ha podido determinar la profundidad de la fuente (Figura 16).

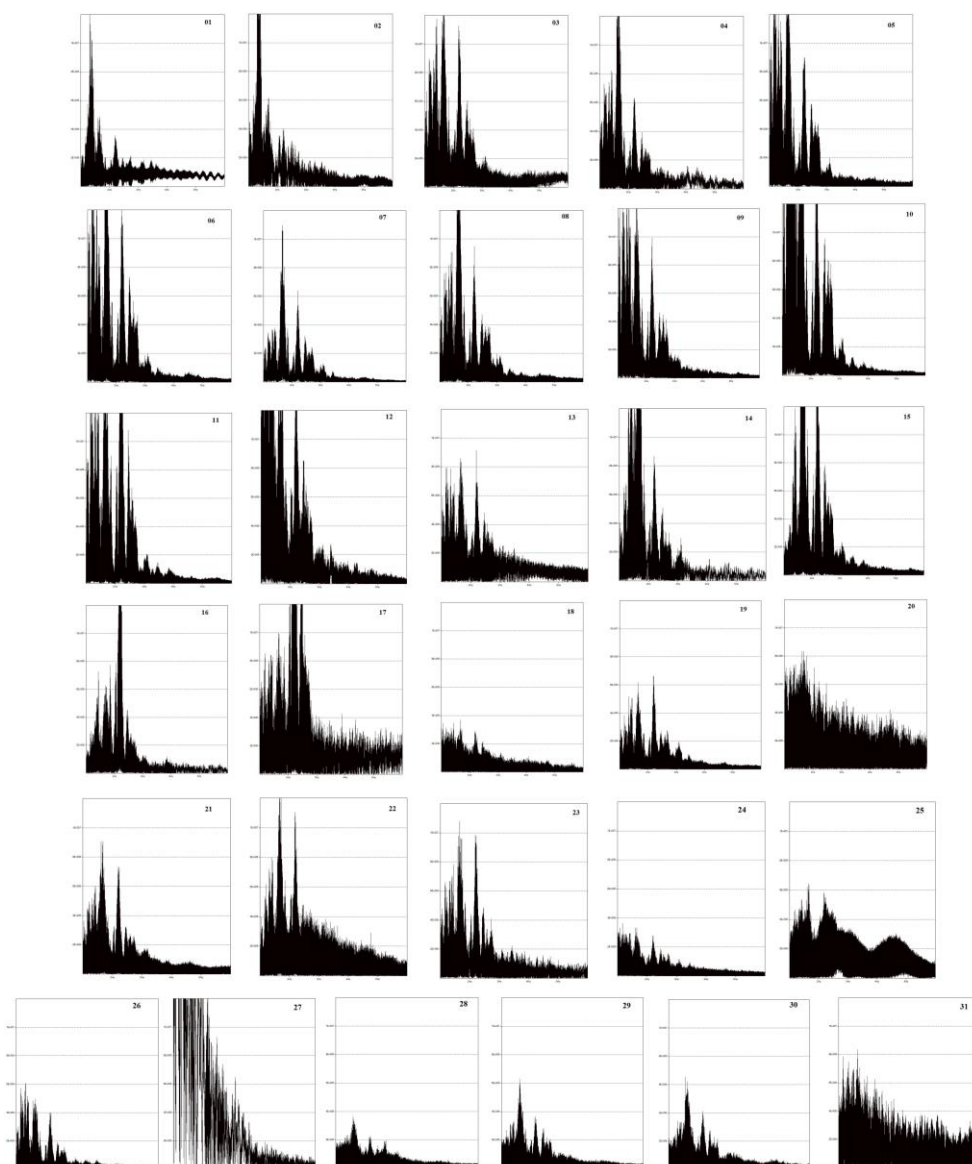
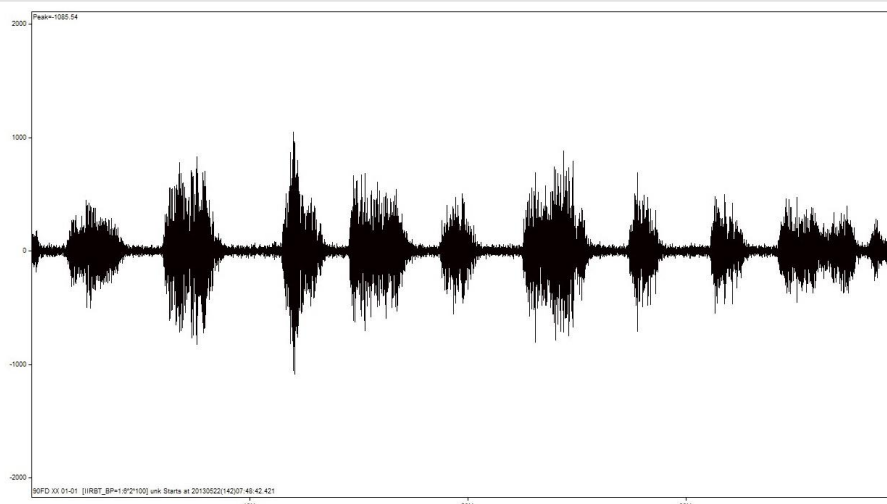


Figura 15. Espectros diarios (24 horas de duración) registrados en el volcán Rincón de la Vieja durante el mes de mayo de 2013.



**Figura 16. Eventos del tipo híbridos registrados el 22 de mayo en el volcán Rincón de la Vieja.**

Estos eventos híbridos tienen bajas frecuencias y pueden durar desde unos pocos segundos a 2 o 3 minutos y se presentan en intervalos de unos 5 minutos. Esto podría coincidir con las celdas convectivas observadas en abril. Otro tipo de señales que aumentó en cantidad fueron los registros de tremor de baja frecuencia ( $< 2$  Hz). Se estima que puede tener una fuente más profunda que los eventos híbridos y aparecen de mayor cantidad unas horas antes que los eventos híbridos.

En cuanto a los eventos volcano-tectónicos, asociados a los cambios de esfuerzos que rompen parte de la corteza, estos aumentaron también en cantidad durante el último mes, y su origen se encuentra a unos 5 km de profundidad por debajo del cráter.

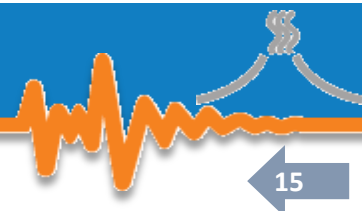
En las próximas semanas se visitará el cráter activo del Rincón de la Vieja para la toma de muestras del lago, medición de temperaturas y recolección de equipo de medición continua.

## V. Referencias

GONZÁLEZ, G., MORA-AMADOR, R., RAMIREZ, C., ROUWET, D., PICADO, C. & MORA, R. 2013: Actividad histórica y evaluación de la amenaza del volcán Turrialba, Costa Rica.- Rev. Geol. Amér. Central (en prensa).

HILTON, D., RAMIREZ, C., MORA-AMADOR, R., FISHER, T., FÜRI, E., BARRY, P. & SHAW, A., 2010: Monitoring of temporal and spatial variations in fumarole helium and carbon dioxide characteristics at Poás and Turrialba volcanoes, Costa Rica (2001-2009).- Geoch. Jour. 44: 431-440.

MORA, R. & ROJAS, W., 2007: Reporte de actividad sísmica y volcánica del volcán Turrialba.- 8 págs. RSN UCR-ICE [Informe interno].



Para contacto o aclaraciones pueden comunicarse a:

Tel: 2253-8407

Correo electrónico: [ginovolcanico@gmail.com](mailto:ginovolcanico@gmail.com) (8309-8689)

[raulvolcanes@yahoo.com.mx](mailto:raulvolcanes@yahoo.com.mx) (88805495)

Para más información puede acceder a las siguientes páginas

WEBSITE: <http://www.rsn.ucr.ac.cr/>

FACEBOOK: <http://www.facebook.com/RSN.CR>

TWITTER: <https://twitter.com/RSNcostarica>

**AGRADECIMIENTOS:** Gracias a los compañeros guarda parques por la ayuda, en especial a Diego Núñez Salmerón, Catalina Quesada, Reina Ilima, Marvin Picado, Mario Porras, Lourdes Gómez Quesada y los vulcanólogos Gerardo Carrasco y Joan Martí.