

Foto: M.deMoor

Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Setiembre 2013



Vista desde el borde norte sobre el Cráter Activo del volcán Poás (Foto: M.deMoor, 3 oct 2013), y los volcanes Irazú y Turrialba desde la torre del OVSICORI-UNA en Heredia (Foto: G.Avard, 25 set 2013)

Elaborado por:

Dr. Geoffroy Avard, Dr. Maarten de Moor, Javier Fco. Pacheco

Con contribuciones de:

MSc. Federico Chavarría-Kopper, M. Hairo Villalobos, Christian Garita

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
Universidad Nacional
OVSICORI-UNA

Resumen de la actividad para el mes de setiembre del 2013

V.Turrialba:

La actividad sísmica del volcán Turrialba presentó fluctuaciones similares a las observadas durante los meses de julio y agosto. Sin embargo, se nota una disminución tanto en la energía sísmica liberada como en el número de eventos registrados. Durante los días 13, 16 y 19 se registraron varias secuencias de temblor sísmico, de corta duración (3-5 min hasta 13 min el día 16). Se vuelven a registrar varios sismos del tipo tornillo con frecuencias que varían entre 6 y 8 Hz. La causa de estos eventos se estima en una interacción entre un gas magmático o vapor de agua y agua del sistema hidrotermal.

Además, se observa un pequeño cambio en la composición de los gases de la pluma entre mayo y setiembre, caracterizado por un aumento de los índices CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$. Los valores del flujo de SO_2 parecen disminuir. Sin embargo, esta disminución puede deberse a importantes cambios de la dirección del viento en esta época del año. La temperatura de la Boca 2012 parece estable alrededor de los 600°C después de su disminución súbita a finales de julio del 2013. La sismicidad muestra un incremento de los temblores, una disminución de los eventos híbridos y la ocurrencia de varios sismos volcano-tectónicos con magnitudes entre 1 y 2, a profundidades abajo del nivel del mar.

V.Irazú:

Los sismos volcánicos, de baja frecuencia (LF), que ocurren bajo el cráter activo del volcán Irazú, se mantienen con características similares a las reportadas en julio y agosto de este año. Desde febrero del 2013 el Cráter Principal se encuentra seco. No se observó anomalías térmicas en el fondo del cráter. La sismicidad de baja frecuencia mantiene tiempos entre eventos menores a 24 horas y amplitudes bajas.

V.Poás:

El número de sismos se mantiene con valores debajo de 100 sismos diarios y las erupciones freáticas debajo de 10 eventos mensuales. En setiembre confirmó la disminución de la temperatura de las fumarolas en el criptodomo con valores de $\sim 250^\circ\text{C}$. El lago se mantiene a $\sim 50^\circ\text{C}$ y se observaron varias pequeñas erupciones freáticas durante el mes.

V.Arenal:

Se registraron temblores monocromáticos (de 3.1 Hz) el 8 de setiembre en relación con la actividad hidrotermal. Mediciones aéreas indican que las temperaturas y concentraciones de gases están bajas ($>180^\circ\text{C}$) y con concentraciones de gases cerca del límite de detección.

I_ Volcán Turrialba

I_1 V.Turrialba: Sismología

En el mes de setiembre la actividad sísmica del volcán Turrialba presentó fluctuaciones similares a las observadas durante los meses de julio y agosto (Fig.1). Sin embargo, se nota una disminución tanto en la energía sísmica liberada, medida por la raíz media cuadrática de la amplitud (RSAM) (Fig.1), como en el número de eventos registrados (Fig.2).

La actividad sísmica se caracterizó por eventos con energías dominantes entre 2 y 10 Hz de frecuencia, tanto los sismos o eventos de corta duración como los tremores o eventos más prolongados. Se registran menos sismos del tipo híbrido, aunque la sismicidad presenta frecuencias altas (mayores a 5 Hz).

Durante los días 13, 16 y 19 se registraron varias secuencias de tremor sísmico (Fig.3). Estos tremores son de corta duración, en general no sobrepasan los 3-5 minutos de duración, con amplitudes que se registran en un amplio espectro de frecuencias entre 2 y 10 Hz (Fig.3d). El día 16 registró un tremor armónico de gran amplitud, con una duración de 13 minutos y frecuencia fundamental de 2 Hz (Fig.3e). Algunos de estos tremores se asocian a un sismo VLP, sin embargo, la cantidad de sismos VLP registrados este mes es mucho menor a la registrada entre junio y agosto de este año.

Se vuelven a registrar varios sismos del tipo tornillo con frecuencias que varían entre 6 y 8 Hz. La Figura 4 muestra dos de estos tornillos registrados en setiembre (el 3 y el 14). Ambos presentan diferente decaimiento, en el sismo del 3 de setiembre se midió un valor de Q de 65, mientras que en el del 14 se calculó un valor de 240. Para estas frecuencias y valores de Q la causa de estos eventos se estima en una interacción entre un gas magmático o vapor de agua y agua del sistema hidrotermal.

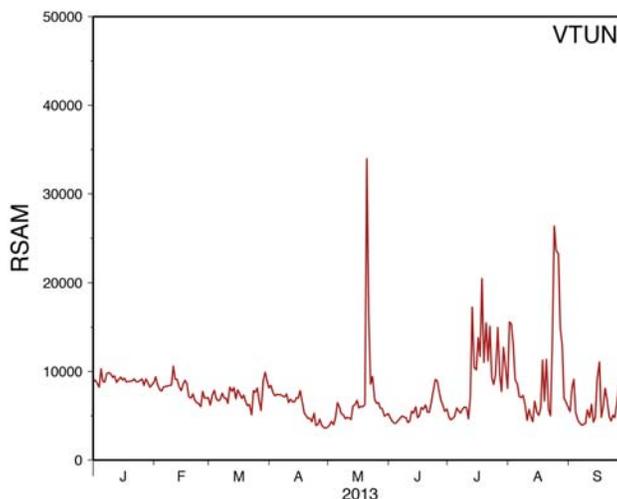


Figura 1. Valores de RSAM medidos en la estación VTUN para el año 2013.

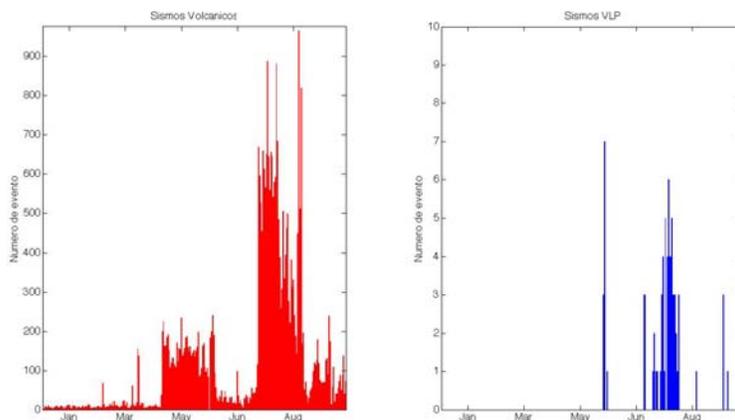


Figura 2. Número de sismos volcánicos (izquierda) y sismos VLP (derecha) registrados durante el año 2013 en el volcán Turrialba.

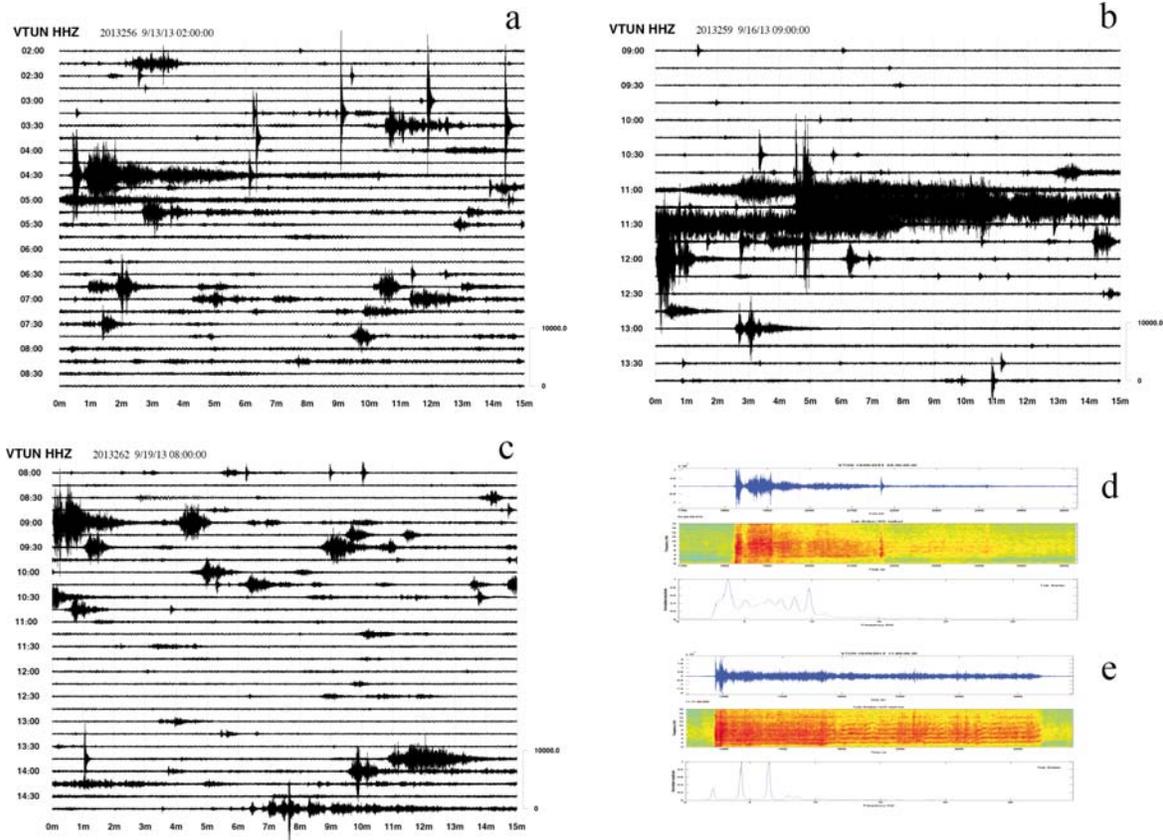


Figura 3. a) Sismograma registrado por la estación VTUN del día 13 de setiembre entre las 2:00 y las 9:00 (hora GMT). b) Sismograma del día 16 de setiembre entre las 9:00 y las 14:00 (hora GMT). c) Sismograma del día 19 de setiembre entre las 8:00 y las 15:00 (hora GMT). d) Registro sísmico y espectrograma del temblor de las 4:30 del día 13 de setiembre. e) Registro sísmico y espectrograma del temblor de las 11:15 del día 16 de setiembre, el mayor temblor registrado en setiembre.

Los sismos volcano-tectónicos siguen siendo escasos, aunque durante este mes se registraron varios que se localizan dentro del edificio volcánico, con profundidades entre el nivel del mar y 2 km de profundidad (Fig.5). El sismo del 3 de setiembre, a las 6:48 hora GMT, alcanzó una magnitud de 2 en la escala de Richter.

La mayor ocurrencia de temblores cortos y un temblor armónico más prolongado, además de la presencia de tornillos de alta frecuencia con lento decaimiento indican una mayor actividad del sistema hidrotermal. Las fuertes lluvias pueden haber contribuido a aumentar las reservas de agua dentro del acuífero, amortiguando la salida de los gases magmáticos y provocando atrapamiento de ondas en las grietas saturadas con agua y gases.

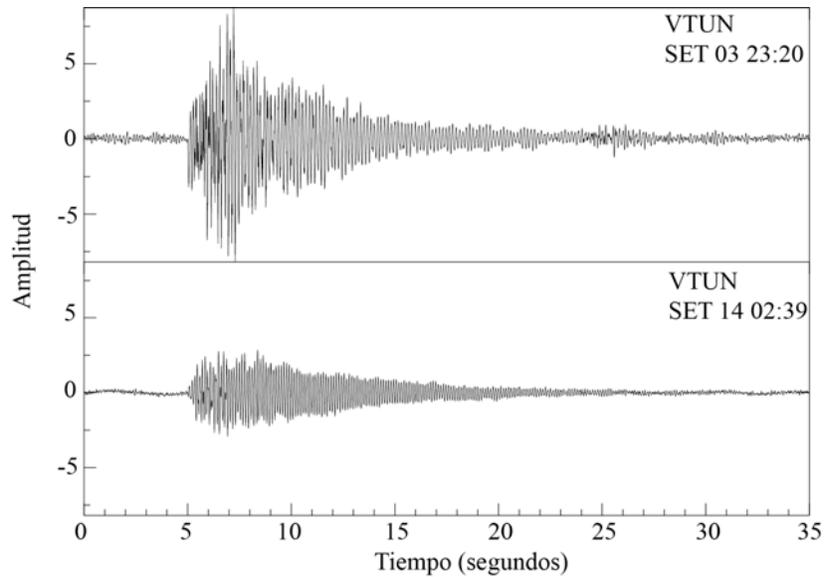


Figura 4. Sismos tipo tornillo registrados durante el mes de setiembre, 2013.

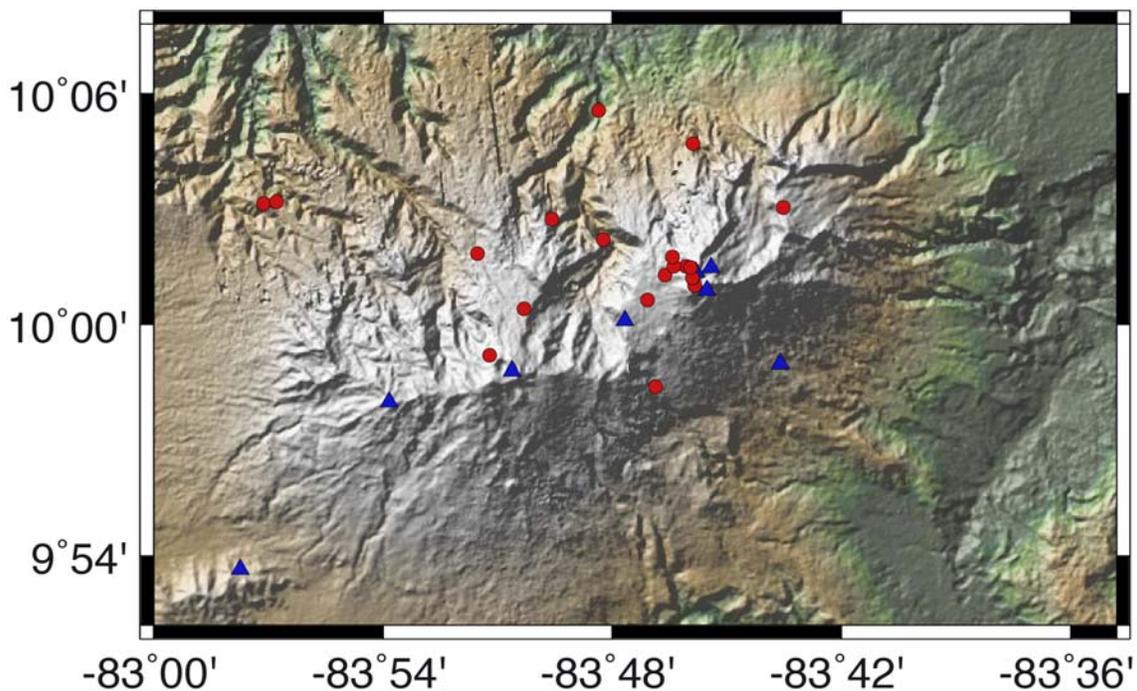


Figura 5. Mapa con la sismicidad volcano-tectónica registrada entre los volcanes Irazú y Turrialba durante el mes de setiembre, 2013.

I_2 V.Turrialba: Deformación

En setiembre se continuó la ampliación de la red de mediciones electrónicas de distancias (EDM) en la parte alta del edificio.

I_3 V.Turrialba: Geoquímica

I_3.1 Evolución térmica de las zonas activas

En setiembre, la temperatura de los gases en la Boca 2012 se mantuvo con valores cercanos a los 600°C (Fig.6), valor estable desde finales de julio del 2013. En la Boca 2010 se midió una temperatura arriba de los 500°C, a pesar de condiciones ambientales desfavorables para realizar una buena medición.

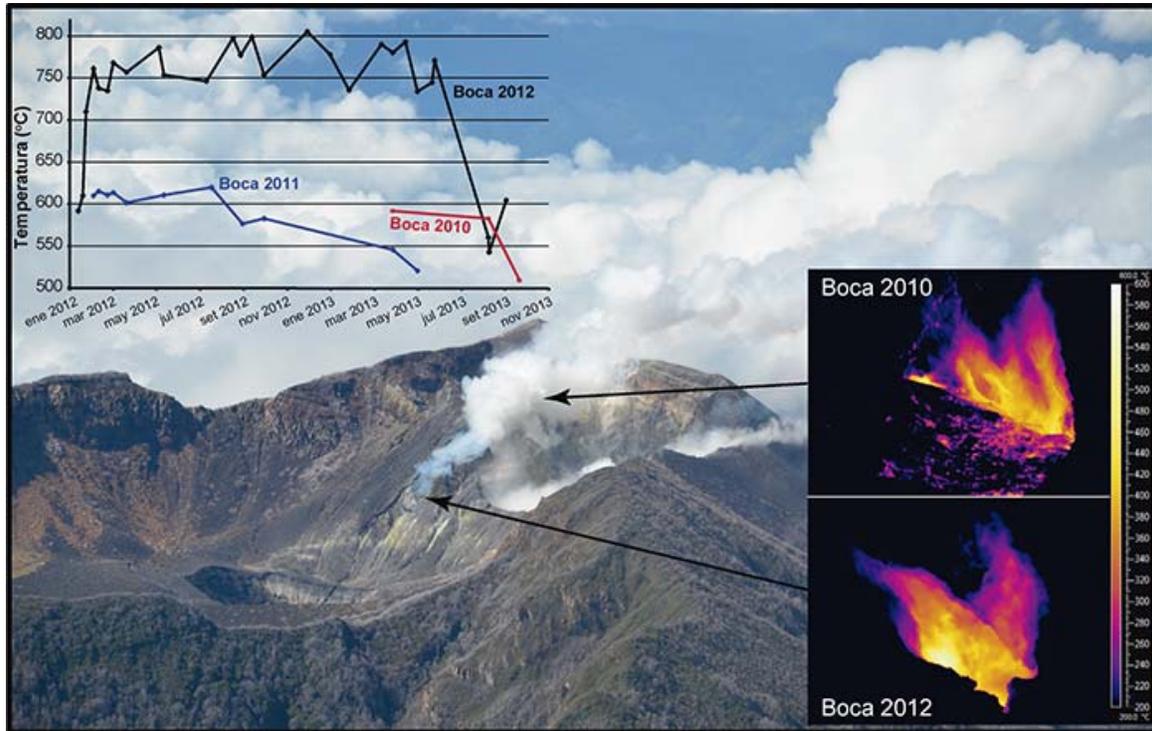


Figura 6. Evolución de la temperatura en las Bocas 2010, 2011 y 2012, imágenes térmicas de la Bocas 2010 y 2012 el 20 de setiembre del 2013 gracias a una cámara térmica FLIR SC660, y foto aérea el 15 de setiembre del 2013 (Foto: F. Chavarría-Kopper)

I_3.2 Monitoreo de los gases

Se repitieron mediciones de las composiciones de gases en la pluma del volcán Turrialba gracias a una estación portátil MultiGAS. Estas mediciones muestran un índice de CO_2/SO_2 en aumento posiblemente continuo desde agosto (Fig.7). Esta tendencia de aumento lento se viene observando desde mayo. La tendencia parece independiente de la actividad sísmica superficial y potencialmente puede estar asociada a cambios profundos en el sistema magmático. El índice de $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ se encuentra un poco más alto en setiembre y agosto, posiblemente debido a cambios en la temperatura de los gases o a una mayor interacción entre los gases magmáticos y el agua meteórica.

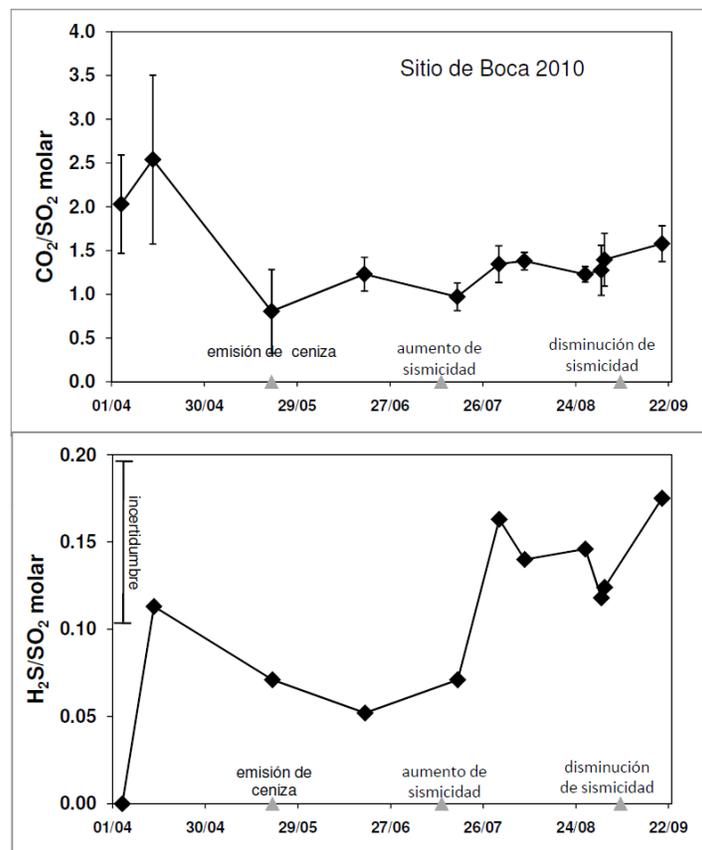


Figura 7. Evolución de CO_2/SO_2 y H_2S/SO_2 para la pluma del volcán Turrialba desde marzo del 2013 a partir de mediciones in situ gracias a una estación MultiGAS portátil del INGV-Italia.

En setiembre se arregló la transmisión de las estaciones mini-DOAS ubicadas alrededor del volcán, por lo que, el OVSICORI-UNA está de nuevo monitoreando en tiempo real el flujo de SO_2 emitido por el volcán Turrialba. Al igual que el año pasado, el flujo presenta valores bajos durante esta temporada (octubre del 2012, agosto y setiembre del 2013, Fig.8a), probablemente por variaciones en la dirección del viento. Efectivamente, la rosa de viento para el mes de setiembre (Fig.8b) presenta una dispersión importante en comparación de la rosa de viento para todo el año (Fig.8c) que puede explicar una medición parcial de los gases responsable por los valores pequeños de flujo.

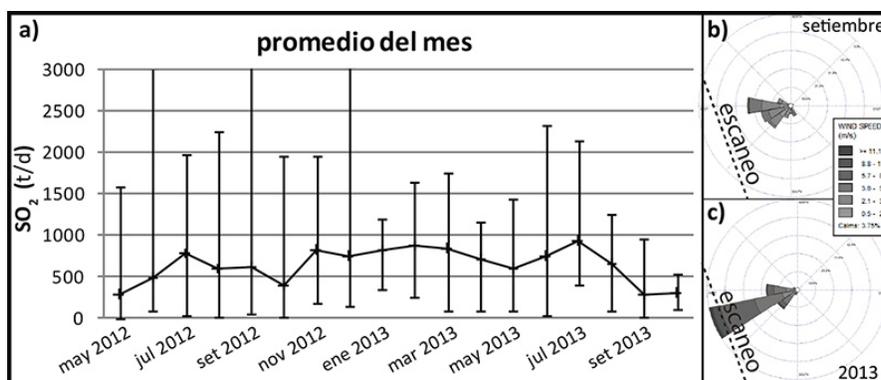


Figura 8. a) Evolución del promedio mensual del flujo de SO_2 para el volcán Turrialba desde mayo del 2012. b) Distribución anual de la dirección y velocidad del viento usado para calcular el flujo a partir del modelo global de NOAA para el mes de setiembre del 2013, y c) para el año 2013. El escaneo representa la dirección de medida por la estación mini-DOAS ubicada en La Central.

II_ Volcán Irazú

II_1 V.Irazú: Sismología

Los sismos volcánicos, de baja frecuencia (LF), que ocurren bajo el cráter activo del volcán Irazú, se mantienen con características similares a las reportadas en julio y agosto de este año (Fig.9). Las amplitudes se mantienen con valores promedio de 5 micrones a 5.5 km del cráter activo y los tiempos entre eventos, aunque muy fluctuantes, presentan un valor promedio de alrededor de 20 horas.

Por otro lado, la sismicidad volcano-tectónica se mantiene con bajos valores (Fig.10). Durante este mes se registraron dos pequeños enjambres sísmicos, que por su magnitud no es posible localizar, pero se estima su ubicación muy cercana al cráter activo.

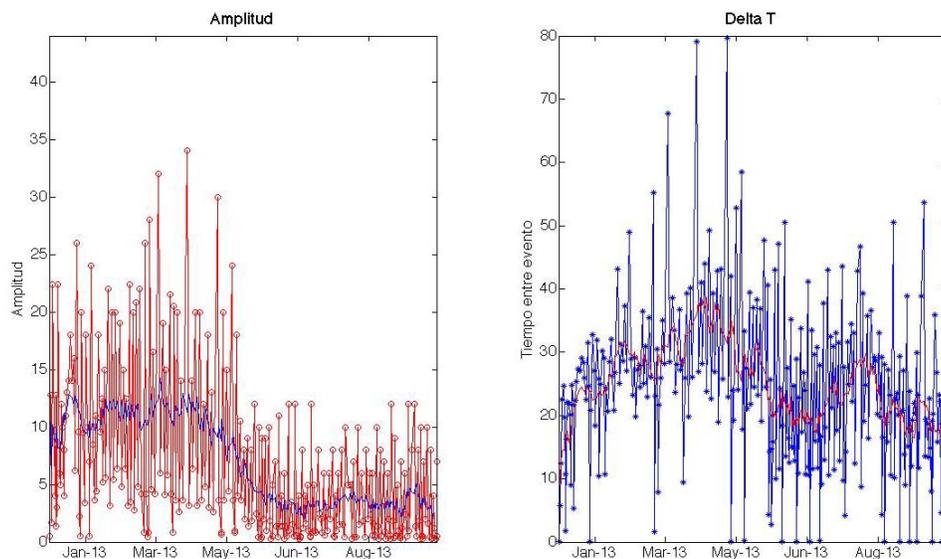


Figura 9. Sismicidad volcánica en el volcán Irazú. a. Amplitud de la señal medida a 5.5 km del cráter activo del volcán Irazú. La línea azul representa un promedio corrido de la amplitud. b. Tiempo entre eventos sísmicos. Línea roja representa el promedio corrido del tiempo entre eventos.

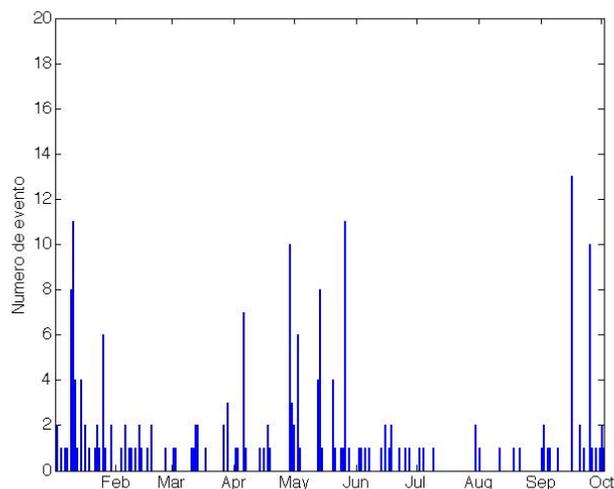


Figura 10. Sismicidad volcano-tectónica registrada dentro del macizo del volcán Irazú durante el 2013.

II_2 V.Irazú: Observaciones en el Cráter Principal

Como se puede observar en la Figura 11, el Cráter Principal del volcán Irazú se mantuvo seco en setiembre y sin anomalía térmica en el fondo. El lago desapareció en febrero del 2013 (boletín sobre el estado de los volcanes de febrero del 2013). Tal evento fue reportado en febrero del 1977 y junio del 1987 por G.Alvarado (informes del ICE), y por el OVSICORI-UNA en abril del 1990, y entre mayo y agosto del 2010 (boletines sobre el estado de los volcanes del OVSCORI-UNA).

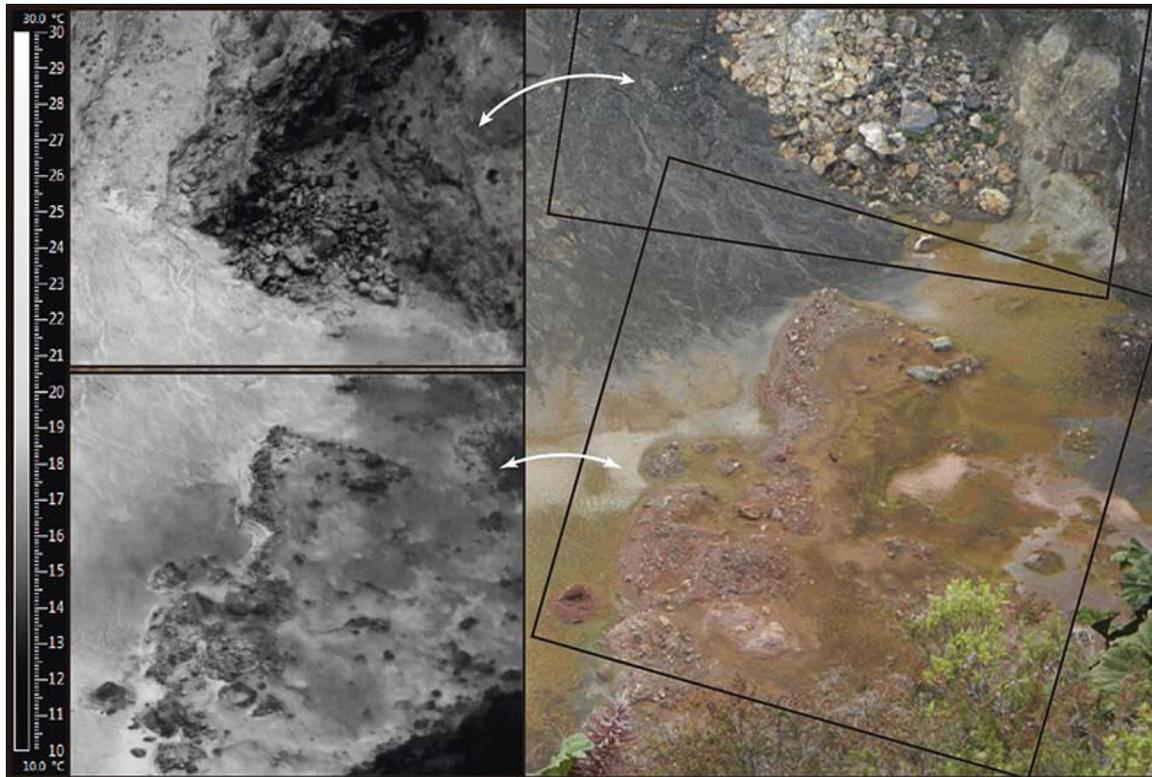


Figura 11. Fondo seco del Cráter Principal del volcán Irazú el 22 de setiembre del 2013 e imágenes térmicas gracias a una cámara FLIR SC660 (Fotos: G.Avard)

III_ Volcán Poás

III_1 V.Poás: Sismología

La sismicidad en el volcán Poás continúa dominada por pequeños eventos sísmicos superficiales de baja frecuencia, erupciones freáticas esporádicas (Fig.12) y baja sismicidad volcano-tectónica (Fig.13). El número de sismos se mantiene con valores debajo de 100 sismos diarios y las erupciones freáticas debajo de 10 eventos mensuales.

Sin embargo durante el mes de setiembre se registraron varios sismos híbridos de gran amplitud como el que se muestra en la Figura 14, y cortos tremores monocromáticos con frecuencias de 2.5 hz.

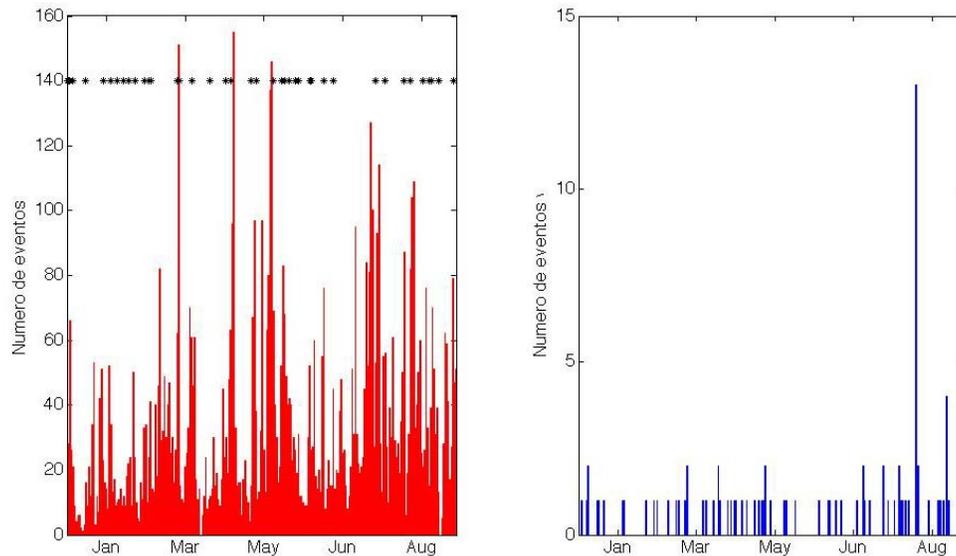


Figura 12. Sismicidad del volcán Poás. Número de eventos sísmicos ocurridos diariamente y número de eventos volcano-tectónicos ocurridos por día. Los asteriscos muestran las erupciones freáticas reconocidas en los sismogramas.

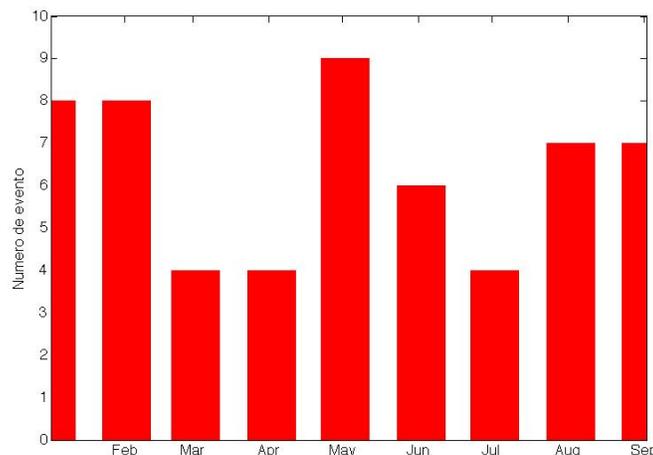


Figura 13. Número de erupciones freáticas mensuales identificadas en los registros sísmicos.

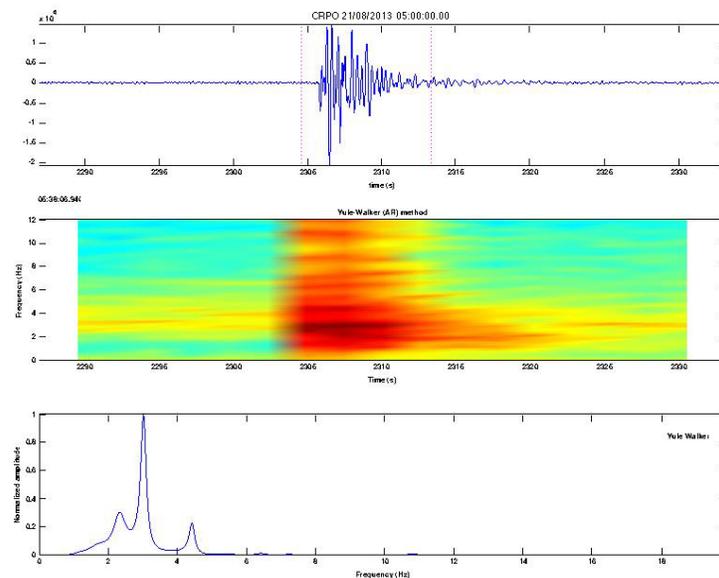


Figura 14. Sismo híbrido de 9 micrones de amplitud, registrado en la estación CRPO, ubicada a 0.5 km de centro de la laguna ácida. Se muestra el registro sísmico (arriba), el espectrograma (medio) y el espectro de frecuencias (abajo). Las frecuencias dominantes se encuentran entre 2 y 4 Hz.

III_2 V.Poás: El criptodomo

III_2.1 Mediciones geoquímicas

Desde abril del 2013, se realizan regularmente mediciones de la composición de los gases en la pluma del volcán Poás gracias a una estación MultiGAS portátil. Hasta la fecha, estas mediciones no muestran cambios significativos en la composición de los gases (Fig.15a). Es importante notar que en general, las mediciones de los gases en el volcán Poás presentan composiciones mucho más heterogéneas que en el volcán Turrialba (Fig.15b), lo que complica la observación de cambios distintos con el tiempo.

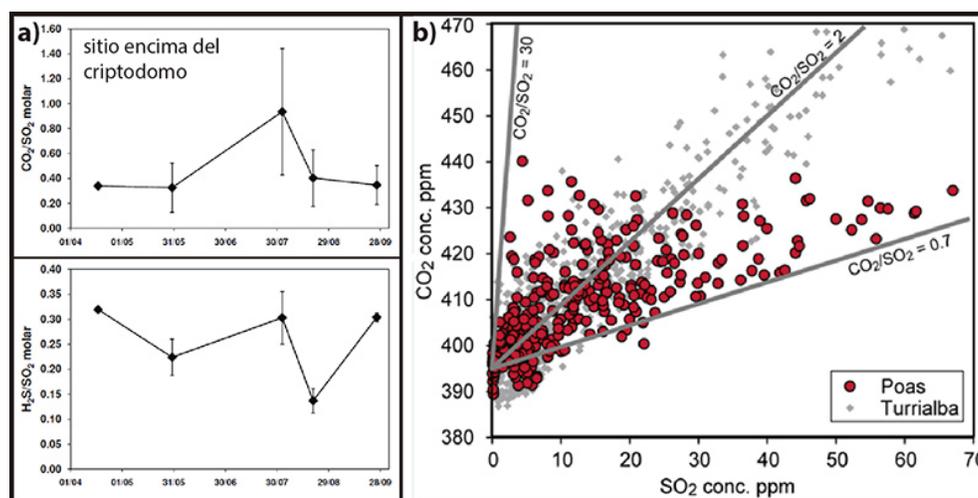


Figura 15. a) Evolución de CO_2/SO_2 y H_2S/SO_2 para la pluma del volcán Poás desde abril del 2013 a partir de mediciones gracias a una estación MultiGAS portátil del INGV-Italia. b) Concentración de CO_2 versus concentración de SO_2 en la pluma de los volcanes Poás (puntos rojos) y Turrialba (puntos gris), con líneas indicando valores constantes del índice CO_2/SO_2 . Nótese la mayor dispersión de las mediciones en el Poás en comparación con el Turrialba, esto debido a la heterogeneidad de la composición de los gases en la pluma del Poás.

La disminución de la temperatura de las fumarolas sobre el criptodomo observada en agosto (boletín sobre el estado de los volcanes de agosto) se confirmó en setiembre-octubre con valores alrededor de los 250°C (Fig.16).

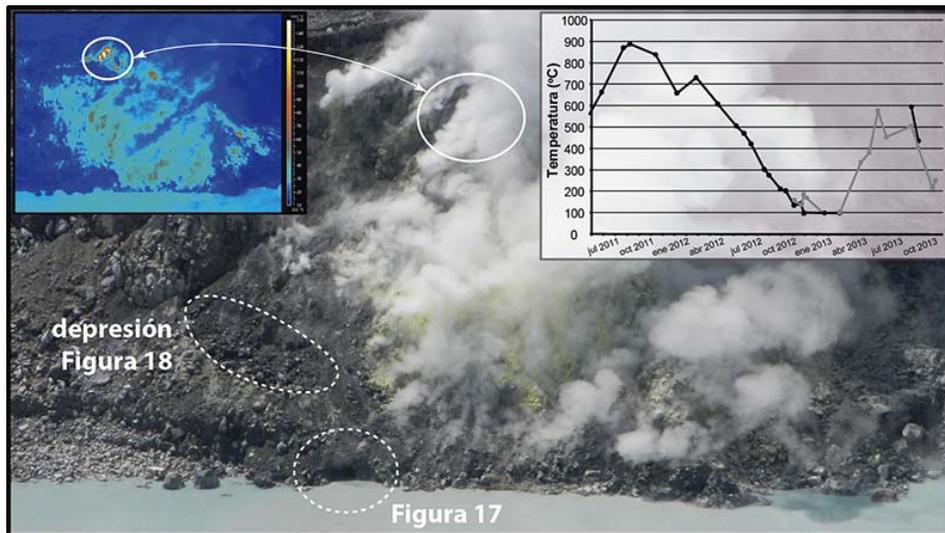


Figura 16. Evolución de la temperatura de las fumarolas sobre el criptodomo y vista en visible e infrarrojo desde el lado norte del cráter (Fotos: G.Avard, 3 oct 2013)

III_2.2 Otras observaciones

Con la disminución de la temperatura de los gases emitidos, se nota un aumento del depósito de azufre (amarillo) sobre la superficie del criptodomo.

III_3 V.Poás: El lago ultra ácido del cráter activo

III_3.1 Mediciones geoquímicas

El nivel del lago fluctúa muy poco desde mayo del 2013 y se mantiene ~1m arriba del nivel del año anterior (Fig.17). La temperatura regresó a valores altos (~50°C) pero parecidos al año pasado.

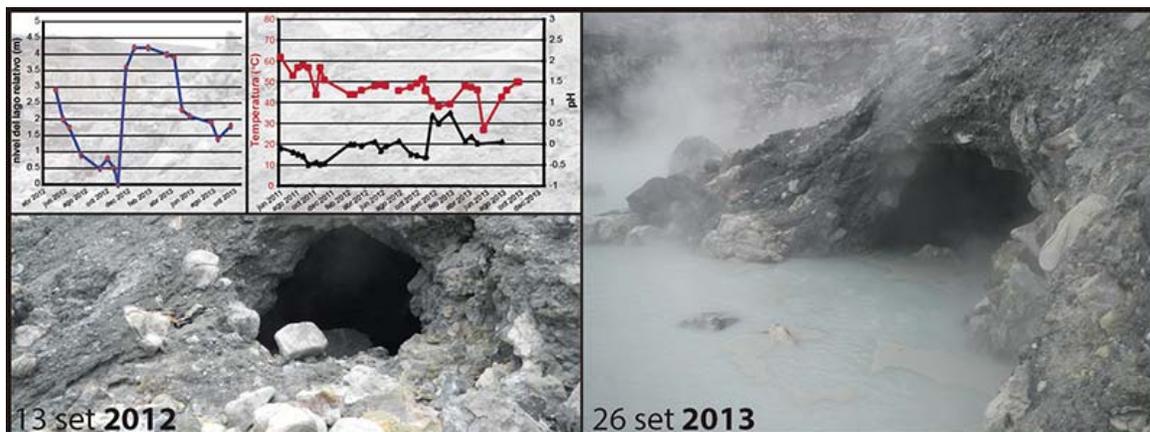


Figura 17. Evolución del nivel, de la temperatura y del pH del lago caliente ultraácido. La comparación de fotos muestra un lago en 2013 arriba de su nivel del año pasado (Fotos: G.Avard)

III_3.2 Otras observaciones

El 14 de setiembre del 2013 se hizo un sobrevuelo del Cráter Principal del volcán Poás a fin de medir la concentración de los gases en la pluma gracias a la estación multiGAS y tomar imágenes térmicas verticalmente sobre el lago y el criptodomo gracias a una cámara térmica FLIR SC660. Las temperaturas máximas medidas sobre el criptodomo registraron alrededor de 120°C lo que fue muy inferior a los valores de campo (250-400°C, *boletín de agosto del 2013* y este *boletín*). Por otro lado, la imagen térmica de la Figura 18 muestra varias celdas de convección en el lago ultraácido del volcán Poás que presentan un aporte de fluidos calientes hacia la superficie del lago con temperatura > 6°C respecto a la temperatura que se registra en las zonas cubiertas con una capa flotante de azufre fundido. La temperatura máxima del lago medida desde la aeronave fue de ~46°C, un valor similar a las mediciones realizada en forma directa con una termocupla de superaleación (Fig.17).

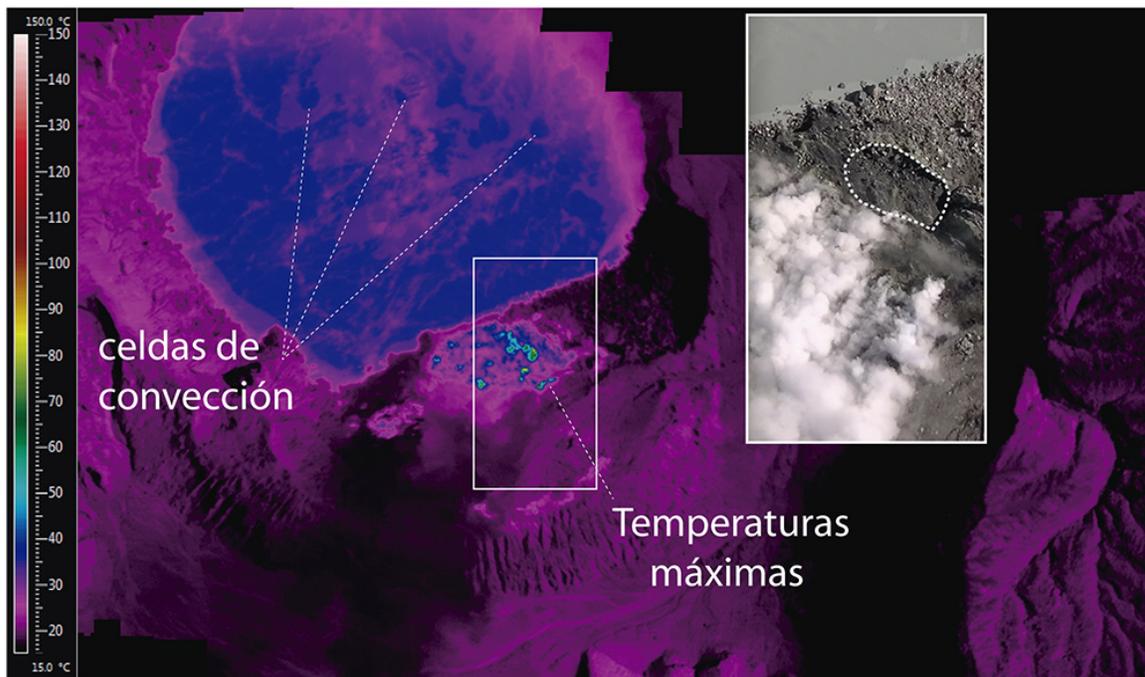


Figura 18. Termograma infrarrojo del lago ultraácido y del criptodomo (en el borde sur del lago) del volcán Poás. La superficie del lago presenta azufre fundido flotante y varias celdas de convección alineadas con dirección cercana a este-oeste. La foto en el visible muestra la depresión formada en el lado norte del criptodomo entre agosto y diciembre del 2011 (*boletines sobre el estado de los volcanes de 2011*).

IV_ Volcán Arenal

IV_2 V.Arenal: Geoquímica

Se realizó un sobrevuelo el día sábado 14 de setiembre del 2013 con el fin de medir las características físico-químicas de los gases emitidos por el volcán Arenal.



Las temperaturas se midieron en forma remota con una cámara infrarroja FLIR-SC660 dirigida verticalmente sobre el cráter del volcán, a una distancia entre ~1000m y ~200m de los puntos de emisión. Las características químicas fueron medidas gracias a una estación multiGAS bombeando los gases por debajo del avión. El avión realizó 6 sobrevuelos sobre y en la pluma del Arenal, y 1 sobrevuelo a través de la pluma del volcán Poás, tal y como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Mapa del sobrevuelo de 14 set 2013 de volcanes Arenal y Poás.

Se midieron bajas concentraciones de CO₂, también los gases H₂S y H₂O fueron detectados por los sensores del multiGAS pero en bajas concentraciones. No se pudo detectar SO₂.

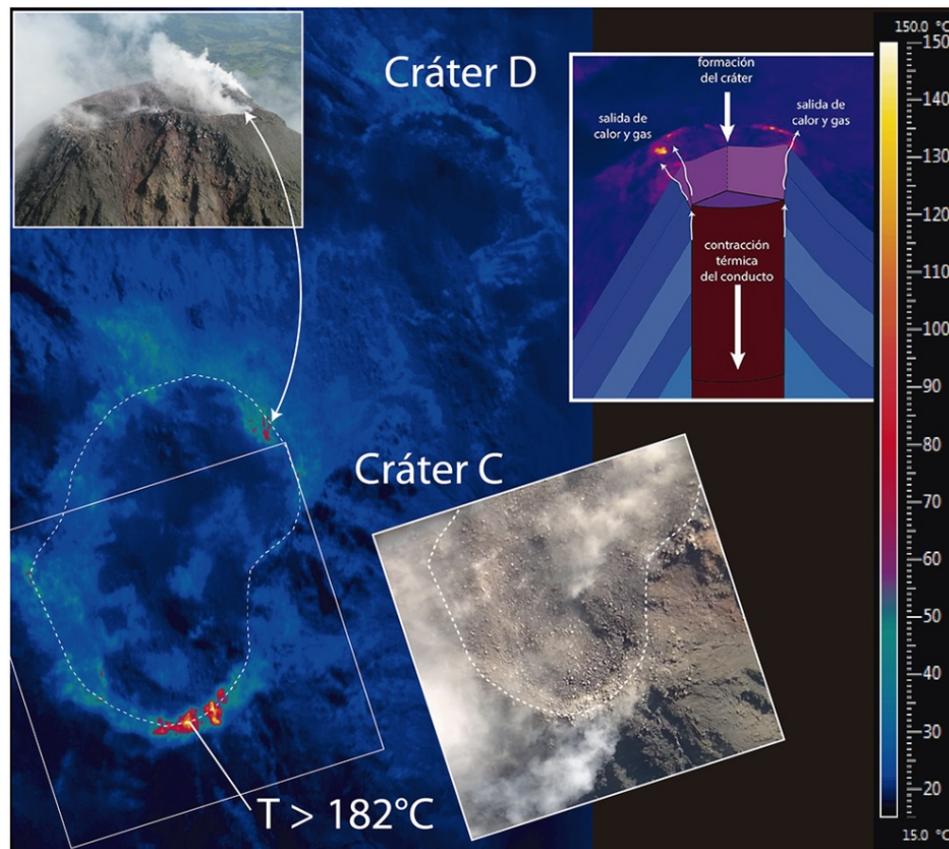


Figura 20. Termograma infrarrojo de los cráteres "C" y "D" del volcán Arenal, comparación con las imágenes en visible, e interpretación como se explicó en el boletín de febrero del 2013.

La cámara infrarroja confirmó la existencia de un anillo de anomalías térmicas (Fig.20) en prácticamente todo el borde del Cráter “C” del volcán Arenal, debido a la presencia de fracturas que demarcan el conducto volcánico principal cómo se explicó en el *boletín de febrero del 2013*. La temperatura aparente más alta registrada en forma remota fue superior a los 182°C.

III_3 V.Arenal: Otras observaciones

El volcán Arenal ha estado con actividad sísmica y fumarólica muy bajas en los últimos 3 años, sin embargo, salida de vapor de agua y algo de gas se ha presentado con frecuencia en el Arenal sobre todo cuando se incrementan las lluvias. Al inicio de setiembre del 2013 se ha notado una pluma de vapor de agua en la cima del volcán Arenal (Cráter C) (Fig.21). Esto es posiblemente causado por la percolación de abundante agua de lluvia por grietas y orificios llegando así a niveles profundos dentro del edificio volcánico, donde el agua se vaporiza al interaccionar con roca u otros materiales calientes. Así, la manifestación de plumas visibles no significa necesariamente un aumento en la emisión de gases magmáticos (< 0.5 toneladas de gas dióxido de azufre, SO₂, al día fue medido en Arenal en abril 2013, cantidad muy baja pero aún suficiente para ser detectada mediante espectrometría ultravioleta remota). Vapor de agua es el gas principal emitido por los volcanes, su condensación se presenta en forma de una pluma o penacho de color blanco como las nubes. Cuando la atmósfera es muy estable, la pluma puede levantarse verticalmente y apreciarse desde largas distancias. La aparición de estas plumas el 8 y el 9 de setiembre 2013 ha sido asociada con tremores monocromáticos (de 3.1 Hz) registrados el 8 de setiembre 2013 por los sismógrafos del OVSICORI-UNA. Este tipo de sismicidad se relaciona con actividad hidrotermal y no actividad magmática.

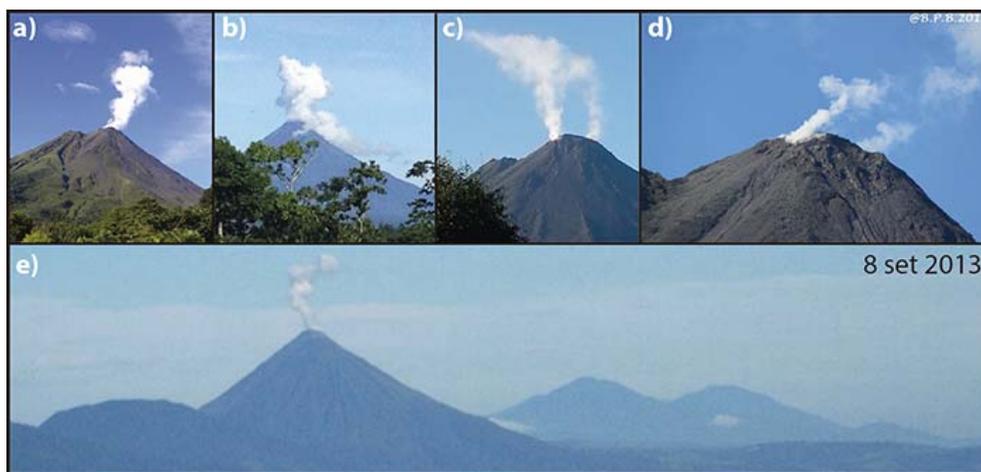


Figura 21. Fotos de la pluma en la cima del volcán Arenal el 8 de setiembre del 2013. a) Vista desde el Hotel Los Lagos a las 6:00 a.m. (crédito: Srta. Ingrid Zamora Cascante), b) Foto desde Caimitos Florencia de San Carlos (crédito: Alina Gamboa). c) El Arenal el 9 de setiembre alrededor de las 6 a.m. visto desde el Hotel Los Lagos mostrando dos plumas en los bordes SE y NE del volcán (crédito Don Róger Rojas Morales). d) Vista ampliada del lado norte de la cima (crédito Beatrice Passot). e) Foto desde Ciudad Quesada (crédito: Marcela Rojas González).

Reconocimientos:

Se agradece a los funcionarios del Sistema de Conservación de los Parques Nacionales de Costa Rica y a las personas que ayudaron con las mediciones y el trabajo de campo y de laboratorio presentado en esta publicación, particularmente al compañero Hairo Villalobos Villalobos quién permitió la conexión de las estaciones mini-DOAS con el OVSICORI-UNA para un monitoreo en tiempo real de los gases emitidos por el volcán Turrialba.

Información previa de los volcanes monitoreados por el OVSICORI-UNA está disponible en las siguientes direcciones electrónicas de INTERNET:

- Boletines periódicos del estado de actividad de los volcanes de Costa Rica:
http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=section&id=3&Itemid=73
- Videos:
http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=55&Itemid=79

Programa de Vigilancia Volcánica
Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
Universidad Nacional
OVSICORI-UNA

Campus Omar Dengo, Heredia

Costa Rica, América Central

Teléfonos: (+506) 2562 4001 (+506) 2261 0611

Fax: (+506) 2261 0303

Website: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/>

Facebook: <http://www.facebook.com/OVSICORI?ref=ts>