

***Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes
Octubre del 2012***



Deposito de sedimentos lacustrinos del lago del Poás sobre el piso del cráter eyectados por la erupción freática del volcán Poás el 27 de octubre del 2012 a las 5:57 p.m. (Foto: J. Soto, 28 oct. 2012).

Geoffroy Avar, Javier Pacheco, María Martínez, Eliécer Duarte, Jorge Brenes

**Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
OVSICORI-UNA**

I_ Volcán Turrialba

La actividad del volcán Turrialba se mantuvo en octubre a un nivel bajo tanto en términos de la sismicidad volcánica y volcano-tectónica como de la emisión de gases a través de las fumarolas y la pluma, y mediante difusión a través del suelo. Las desfavorables condiciones meteorológicas imperantes en estos días contribuyen a subvalorar los flujos de gases.

I_1 V.Turrialba: Sismología

La sismicidad en el volcán Turrialba se mantiene con bajos niveles tanto la sismicidad volcánica como la volcano-tectónica (Fig.1). El número de eventos registrados y la amplitud de los mismos sigue manteniéndose con valores bajos. Muchos eventos sísmicos registrados pasan desapercibidos debido a que su amplitud es cercana al ruido sísmico de fondo.

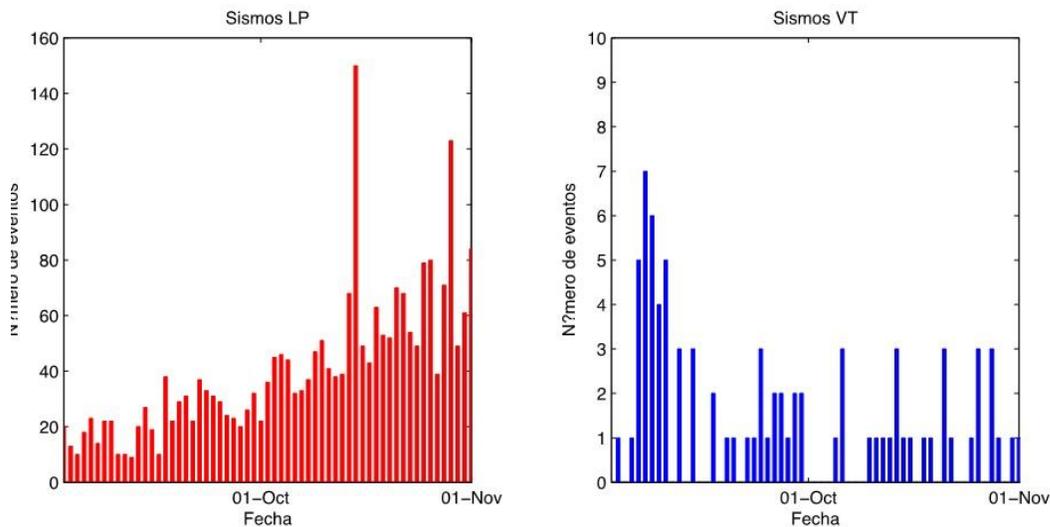


Figura 1: Número de sismos diarios registrados por la red sísmica en el volcán Turrialba desde el 1 de setiembre al 31 de octubre, 2012. A la izquierda aparecen los sismos de bajo período y a la derecha los sismos volcano-tectónicos.

Los sismos volcánicos han aumentado en número desde inicios del setiembre, pasando de menos de 20 eventos diarios a más de 50, con un máximo de 150 eventos el día 13 de octubre, y más de 100 el 14, cuando se registran secuencias de pequeños eventos volcánicos en sucesión estrecha (Fig.2). Estos sismos tienen un contenido de frecuencia amplio y alto, además su amplitud es apenas mayor que el ruido sísmico de fondo. Estas características los ubican muy superficiales, probablemente se producen cercanos a la boca de las fumarolas activas y deben estar relacionadas con incrementos en la tasa de desgasificación. Sin embargo, debido a la alta nubosidad y lluvias persistentes de la época, no se pudo realizar una adecuada correlación visual utilizando la estación DOAS o cámara web.

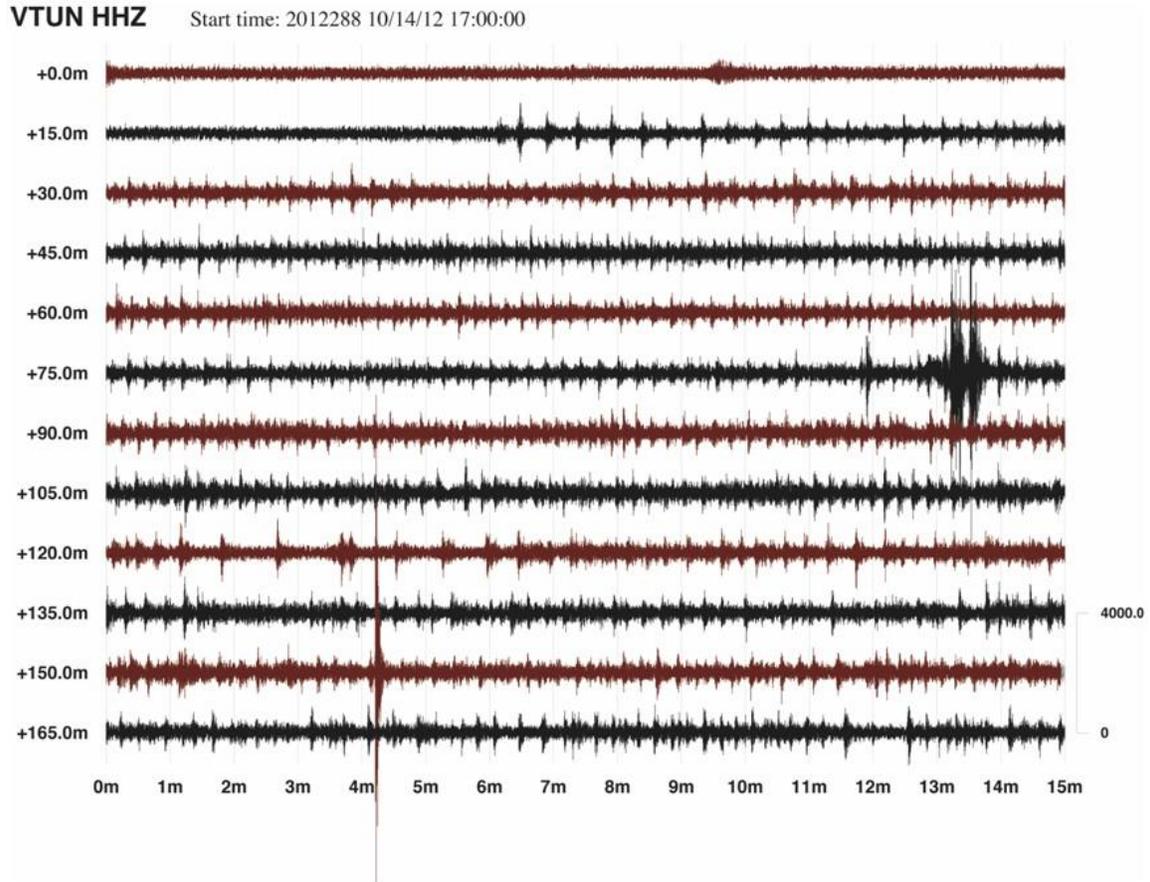


Figura 2. Registro sísmico en la estación VTUN donde se muestran los pequeños sismos volcánicos que ocurren en sucesión estrecha, probablemente asociados a desgasificación

Por otro lado, los sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Turrialba se incrementaron inicialmente después del sismo de Nicoya del 5 de setiembre, 2012, pero rápidamente regresaron a los bajos niveles que se venían registrando desde agosto.

I_2 V.Turrialba: Deformación

No hay información nueva en deformación para el volcán Turrialba.

I_3 V.Turrialba: Geoquímica

I_3.1 Evolución térmica de las zonas activas

Las condiciones climáticas desfavorables no permitieron realizar buenas mediciones de temperatura directas con termocupla o en forma remota con ayuda de cámara infrarroja FLIR SC660 (Fig.3).

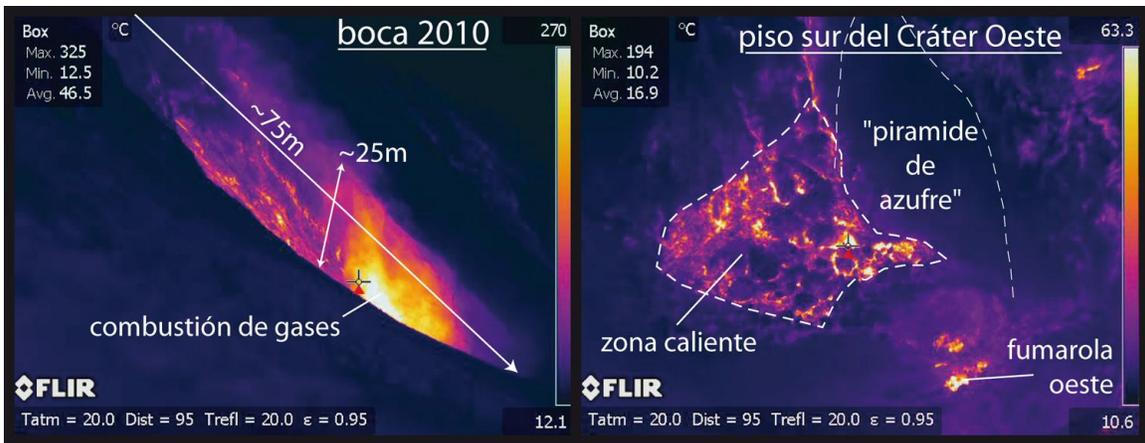


Figura 3: Imágenes térmicas de la temperatura aparente en la boca fumarólica 2010 y en el piso sur al fondo del Cráter Oeste donde se encuentra la “pirámide de azufre”. Las temperaturas indicadas son subvaloradas debido a sustancial absorción de la radiación infrarroja por parte de la niebla. (Fotos: G.Avard, 27 oct. 2012)

I_3.2 Sistema hidrotermal

La actividad hidrotermal y la emisión difusa de los gases dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno a través del suelo en la cima del volcán Turrialba se mantuvo relativamente baja (Fig.4), a pesar de una importante incertidumbre introducida en las mediciones debido a las condiciones climáticas desfavorables y típicas de este mes.

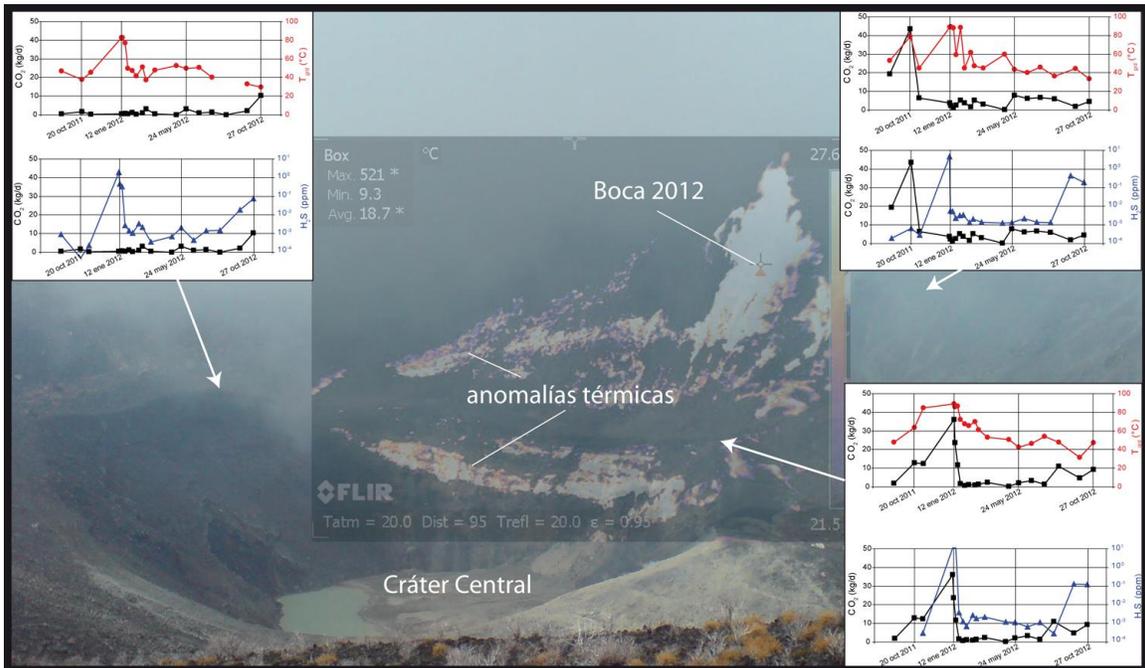


Figura 4: Vista del sector suroeste del Cráter Central e imagen térmica FLIR SC660 correspondiente. La tendencia reciente seguida por los flujos de CO_2 (curvas negras) y de H_2S (curvas azules) así como la temperatura del suelo (a 10cm de profundidad, curvas rojas), están representados para 3 sitios de medición entre agosto 2011 y el fin de octubre 2012. (Fotos: G.Avard, 27 oct. 2012)

I_4 V.Turrialba: Pluma de gases

El flujo de SO₂ emitido por el volcán Turrialba, medido por una estación mini-DOAS permanente de la Red Global NOVAC (*Galle et al*, 2010) ubicada en La Central, 2.2 km al suroeste del Cráter Oeste, muestra una disminución sostenida desde la mitad de agosto del 2012, variando desde 500-800 toneladas por día hasta ~200 toneladas por día (Fig.5). Parte de este cambio puede corresponder a las dificultades de medir un buen flujo debido al clima lluvioso y nublado en esta época del año. Una incertidumbre importante es introducida en las mediciones por la presencia de neblina y las incertidumbres sobre las condiciones de viento o la altura de la pluma. El flujo promedio de SO₂ medido durante la segunda mitad del 2012 es sustancialmente menor que el medido en los últimos 4 años: 1) Periodo marzo-julio 2009 con un pico de emisión de hasta 2500 ton/día seguido por un flujo de 1484±1034 ton/día entre julio y diciembre 2009; 2) Periodo abril-agosto 2010 un promedio de 702±721 ton/día; con picos máximos de ca. 6000 ton/día en abril 2010; 3) Periodos marzo-setiembre 2011 y abril-julio 2012, 635±621 ton/día y 364±299 ton/día, respectivamente (*Conde*, 2012).

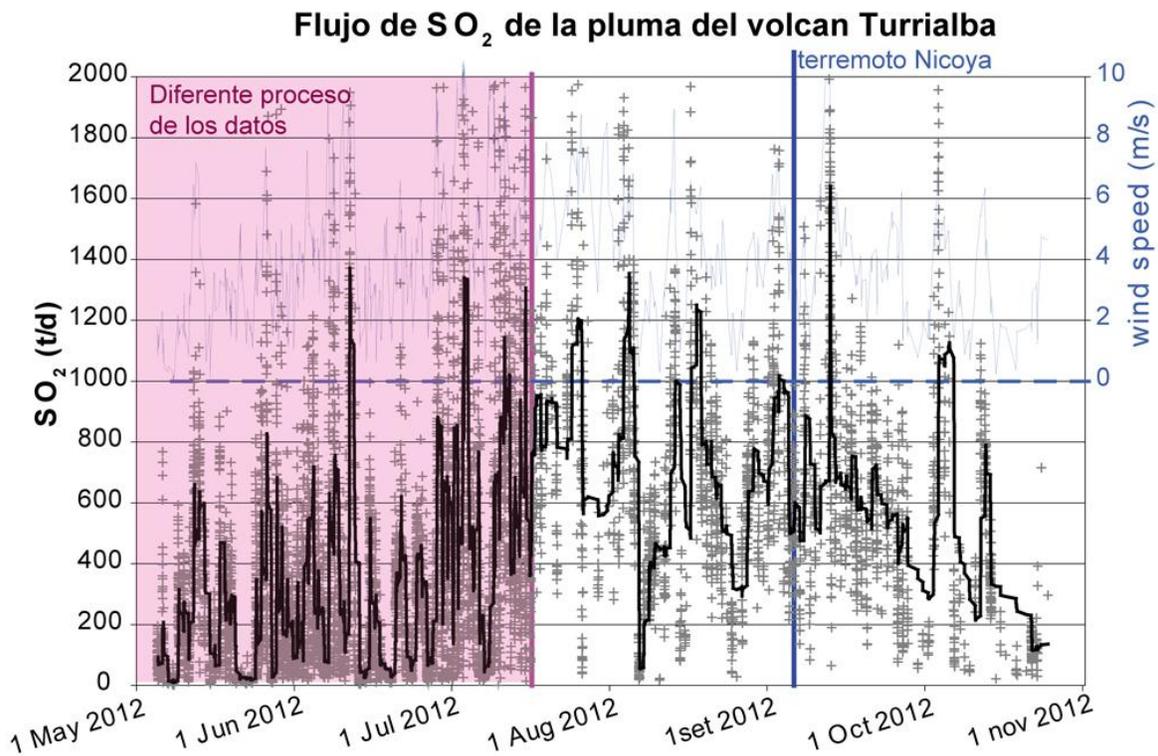


Figura 5: Flujo de SO₂ medido en la estación mini-DOAS permanente de NOVAC ubicada en La Central (curva negra) y correlación con la velocidad del viento utilizada por el cálculo (curva azul). El cuadro rojo corresponde a flujos de SO₂ calculados con un método diferente de procesamiento de los datos. La línea azul denota la fecha de ocurrencia del terremoto de Nicoya del 5 de setiembre del 2012 (Mw 7.6).

La disminución general observada en el flujo de SO₂ con el detector UV miniDoas es congruente con la disminución en la masa de SO₂ emitida por el volcán detectada vía remota por los instrumentos OMI del satélite AURA de la NASA. La masa de SO₂ diaria detectada está en el orden de 100 toneladas por día a lo sumo (Figs. 6 y 7).

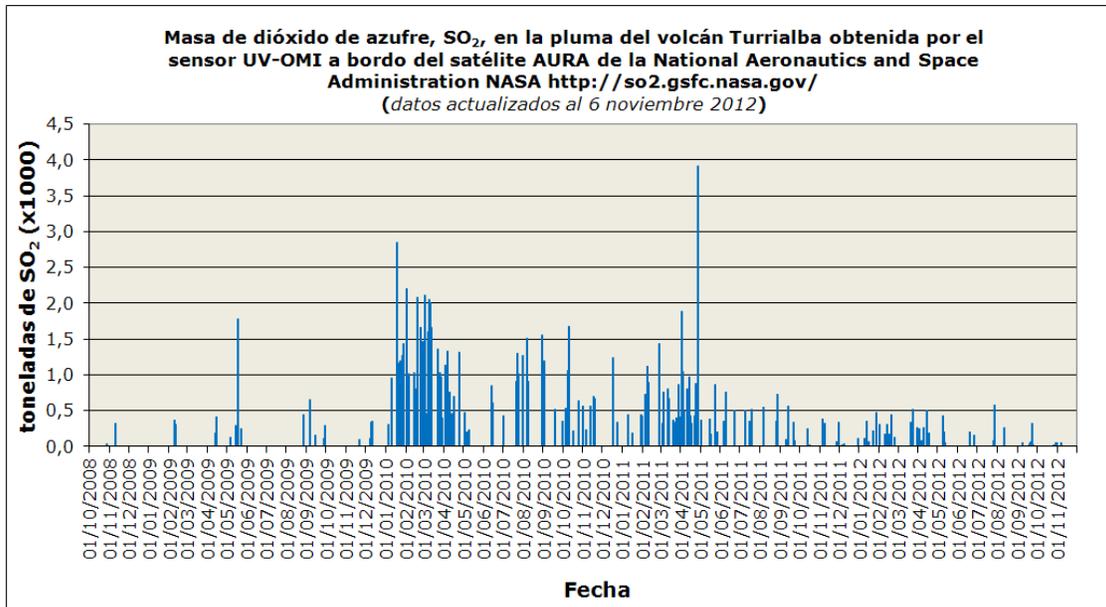


Figura 6: Masa de SO₂ en la pluma del volcán Turrialba inferida del análisis de imágenes del sensor UV-OMI a bordo del satélite AURA de la NASA entre octubre del 2008 y el 6 noviembre del 2012. Los datos de masa de SO₂ corresponden al total de SO₂ detectado por el instrumento OMI cuando el satélite sobrevuela la región de América Central entre las 18:00-19:00 UTC. La información no está corregida respecto al nivel “de fondo” de SO₂ ni filtrada para remover “ruido” de fondo. Fuente: <http://so2.gsfc.nasa.gov/>

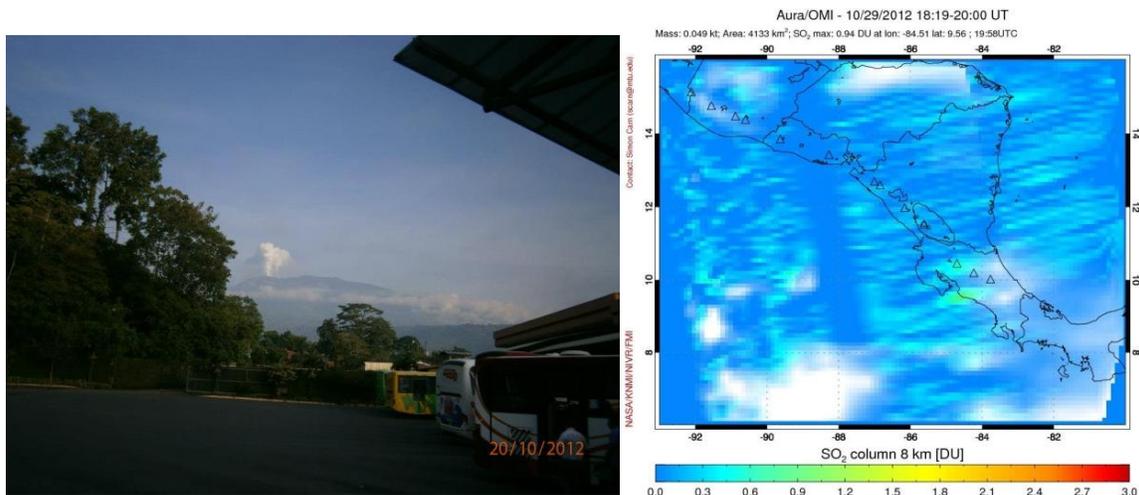


Figura 7: Pluma del volcán Turrialba: A la izquierda vista del Turrialba desde la central de buses Transtusa en el centro de Turrialba el 20 octubre 2012, foto de Alejandro Calderón Aguilar. A la derecha en color verde amarillo pluma de SO₂ detectada por el sensor UV-OMI a bordo del satélite AURA de la NASA el 29 de octubre del 2012. La pluma de gas se mueve en dirección oeste hacia Tres Ríos, Palmichal, La Candelaria, Herradura y sobre el océano Pacífico. Fuente: <http://so2.gsfc.nasa.gov/>

II_ Volcán Irazú

Luego de la perturbación en la actividad sísmica del volcán Irazú generada por el sismo de Nicoya del 5 de setiembre, 2012, los niveles de sismicidad volcano-tectónica volvieron a la normalidad, presentándose pequeños enjambres esporádicos de sismos de pequeña magnitud.

II_1 V.Irazú: Sismología

Luego de la perturbación en la actividad sísmica del volcán Irazú generada por el sismo de Nicoya del 5 de setiembre, 2012, los niveles de sismicidad volcano-tectónica volvieron a la normalidad, presentándose pequeños enjambres esporádicos (Fig.8) de sismos de pequeña magnitud.

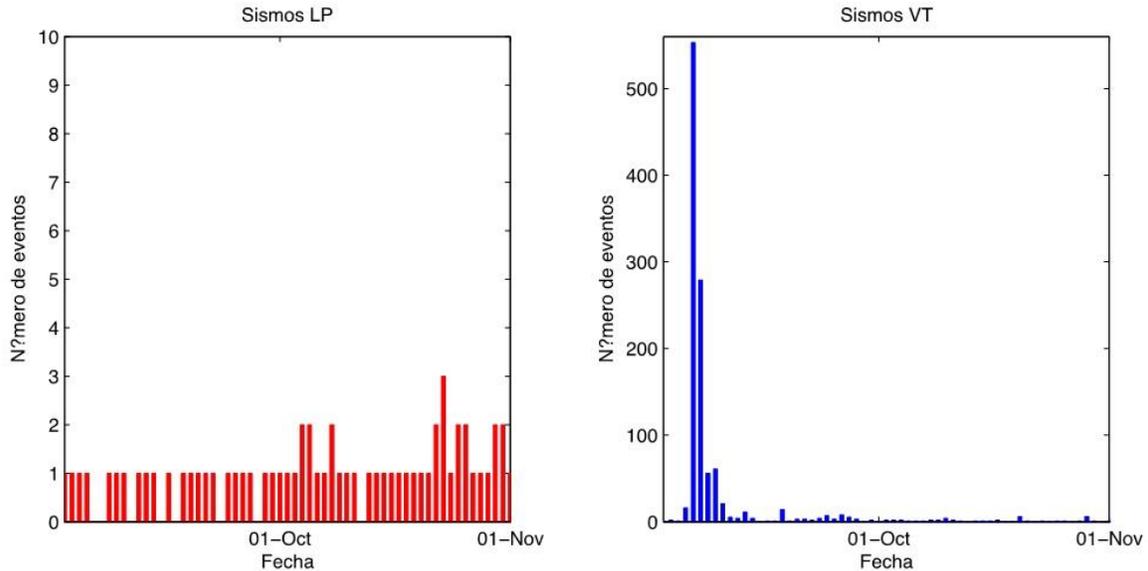


Figura 8: Número de sismos LP registrados entre el 1 de setiembre y el 31 de octubre, 2012 (izquierda) y número de sismos VT registrados durante el mismo período (derecha).

Los sismos LP muestran cambios leves desde mediados de octubre (Fig.8). Se observan más eventos LP de baja amplitud intercalados entre los eventos de mayor amplitud. Estos eventos de menor amplitud son producidos por la misma fuente, como se puede observar en la Figura 9 que muestra el espectro y espectrograma de un sismo LP (Fig.9a), dos sismos LP que difieren por un factor de 10 en amplitud (Fig.9b), el primero con 2 micrones/seg de amplitud máxima y el segundo con 20 micrones/seg. También se muestra la sobreposición de ambos sismos, con el pequeño escalado por un factor de 3 (Fig.9c). En este caso puede verse que la primera parte, de mayor frecuencia, son iguales en fase y amplitud entre ambos sismogramas pero la parte posterior de frecuencias más bajas difieren en amplitud pero mantienen la misma fase a través de casi todo el sismograma. Esto significa que la función que excita la resonancia en el conducto es el mismo para ambos eventos, solo difieren en amplitud, sin embargo, solo se requiere de aumentar la fuente en un factor de 3 para producir un evento volcánico con una amplitud 10 veces mayor.

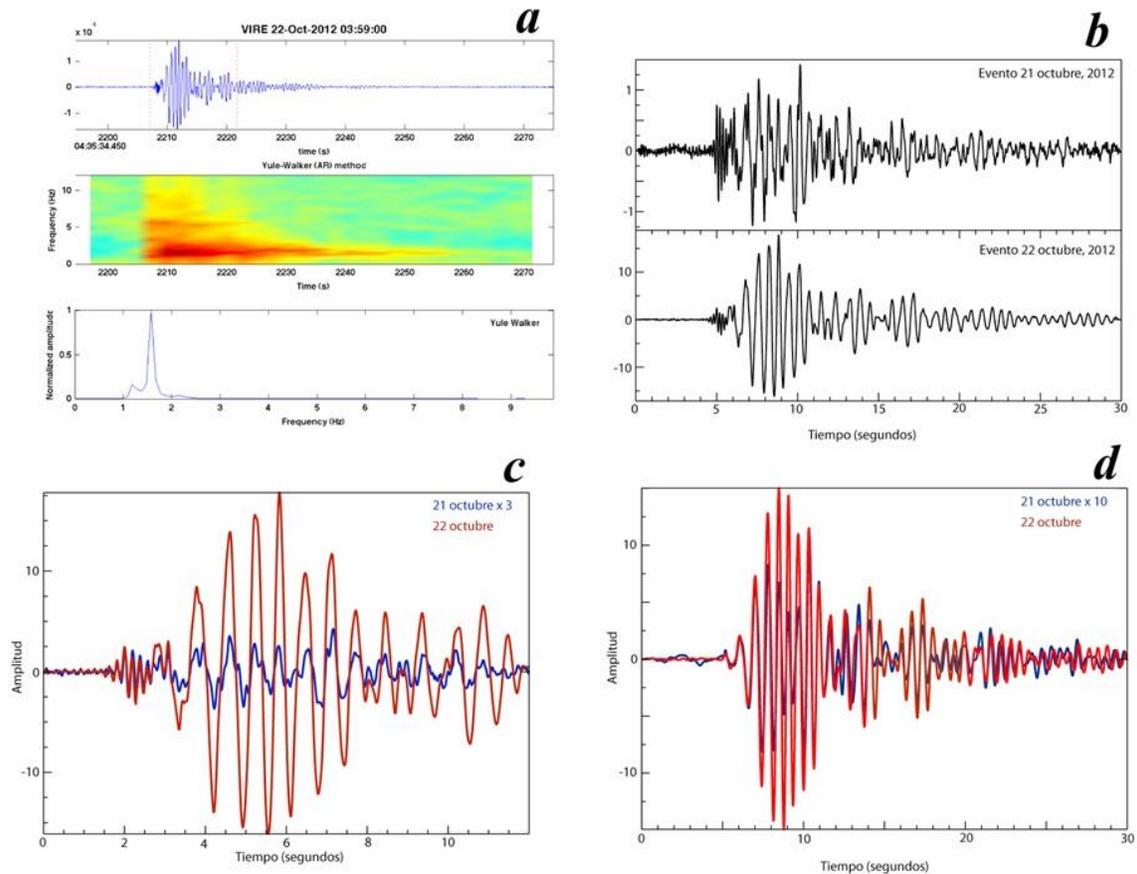


Figura 9: a) Sismograma de un evento LP (superior) con su espectrograma (medio) y espectro (inferior). b) Comparación entre un evento pequeño (arriba) y otro más grande (abajo). c) Superposición de ambos eventos, con el evento pequeño multiplicado por 3. d) Superposición de ambos eventos, filtrados entre 10 segundos y 2 hz, con la señal sísmica más pequeña amplificada por un factor de 10.

Por otro lado, la superposición de los dos eventos filtrados entre 0.5 y 10 segundos, multiplicando la señal sísmica pequeña por un factor de 10, muestra nuevamente que tanto la fuente como su ubicación es la misma, al menos durante los primeros 3 segundos ambos sismogramas son iguales en fase y amplitud. La fase se mantiene durante los primeros 5 segundos, no así la amplitud, lo que significa que la trayectoria entre el evento volcánico y la estación no varían. La coherencia se pierde después de los 15 segundos.

Luego del sismo de Nicoya del 5 de setiembre se nota una corta perturbación en la amplitud de los eventos (Fig.10), comportamiento similar al mostrado en junio. Los sismos de gran amplitud son precedidos por sismos de muy pequeña amplitud, mostrando una conservación la energía. Esta perturbación en las amplitudes vuelve a ocurrir a mediados de octubre, produciéndose también una disminución entre los tiempos de ocurrencia entre un sismo y el siguiente.

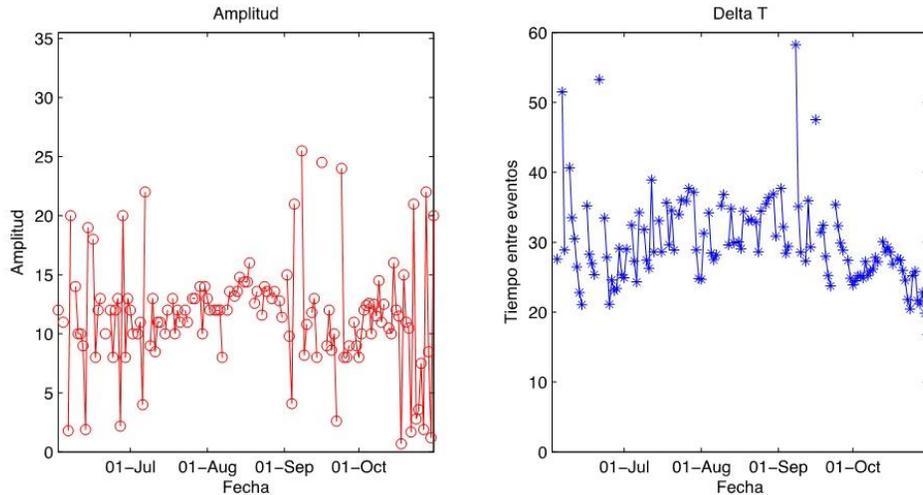


Figura 10: a) Serie temporal con el tamaño del sismo LP (en micrones/segundo). b) Tiempo de diferencia entre eventos LP seguidos

II_2 V.Irazú: Deformación

No hay información nueva en deformación para el volcán Irazú.

II_3 V.Irazú: Observaciones en el Cráter Principal

No hay nueva observación para el Cráter Principal del volcán Irazú.

III_ Volcán Poás

Desde el 2006 y hasta el presente el volcán Poás se encuentra dentro de un ciclo de actividad freática con erupciones de esporádicas. A partir del 8 de agosto y hasta principios de octubre del 2012 no se registraron erupciones freáticas y disminuyó el número de sismos volcánicos registrados diariamente, el lago ácido presentó celdas de convección vigorosas y permanentes desde junio-julio. Diez erupciones freáticas moderadas ocurrieron entre el 3 y el 31 de octubre. Las erupciones freáticas iniciales presentaron pequeñas amplitudes las cuales se incrementaron hasta que se registró la de mayor amplitud el sábado 27 de octubre a las 5:57 p.m. El criptodomo mantuvo una actividad hidrotermal relativamente baja con temperaturas de las fumarolas por debajo de los 200°C.

III_1 V.Poás: Sismología

A partir del 8 de agosto se dejaron de registrar erupciones freáticas y disminuyó el número de sismos volcánicos registrados diariamente. La actividad freática vuelve a registrarse nuevamente en octubre, con al menos 10 erupciones reconocidas en los registros sísmicos (Fig.11). El 3 de octubre se produce una pequeña erupción freática (9 micrones /segundo; Fig.12a), precedida y seguida por lo que parece ser un par de burbujas de gas grandes que reventaron en la superficie del lago ultraácido.

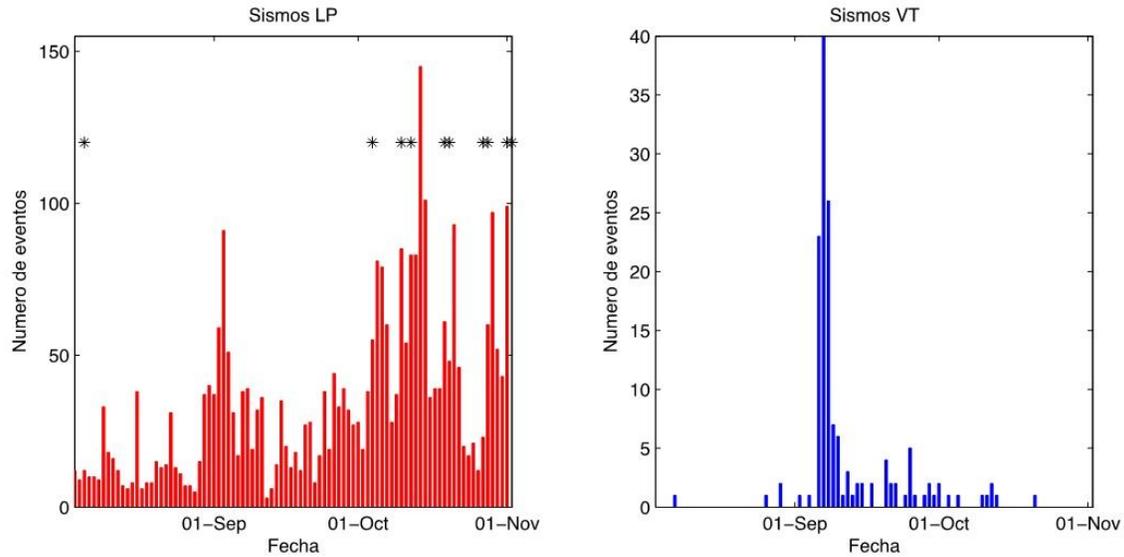


Figura 11: a) Número de sismos LP registrados en el volcán Poás desde el 1 de agosto al 31 de octubre, 2012. Asteriscos indican las erupciones freáticas registradas. b) Número de sismos VT registrados en el volcán Poás entre el 1 de agosto y el 31 de octubre, 2012.

Los registros sísmicos de erupciones freáticas en el volcán Poas, se caracterizan por dos fases claramente distinguibles; una fase inicial de baja frecuencia (entre 1 y 3 Hz, en ocasiones monocromática) asociado a la descompresión y ascenso del gas, y una segunda fase de mayor frecuencia asociada a la caída del material eyectado del lago sobre la superficie del mismo. La ausencia de la fase de alta frecuencia en el evento del 3 de octubre indica poco material arrojado por la erupción. Para el 18 de octubre se produce una erupción freática más energética a las 2:02 a.m. (Fig.12b) que vuelve a perturbar el lago, removiendo la capa de azufre fundido que se había estado acumulando en su superficie. Ese mismo día, alrededor de las 8 a.m. se constató visualmente la ocurrencia de esta erupción freática, a través de la observación de un depósito de agua y materiales del lago ricos en azufre en el borde sur-suroeste del lago, así como un depósito de partículas granuladas salinas (<1 mm de diámetro) sobre la superficie de la vegetación, suelo, e infraestructura en sitios como el parqueo y el edificio para visitantes, el Sendero Sombrilla de Pobre y el área del Mirador para visitantes.

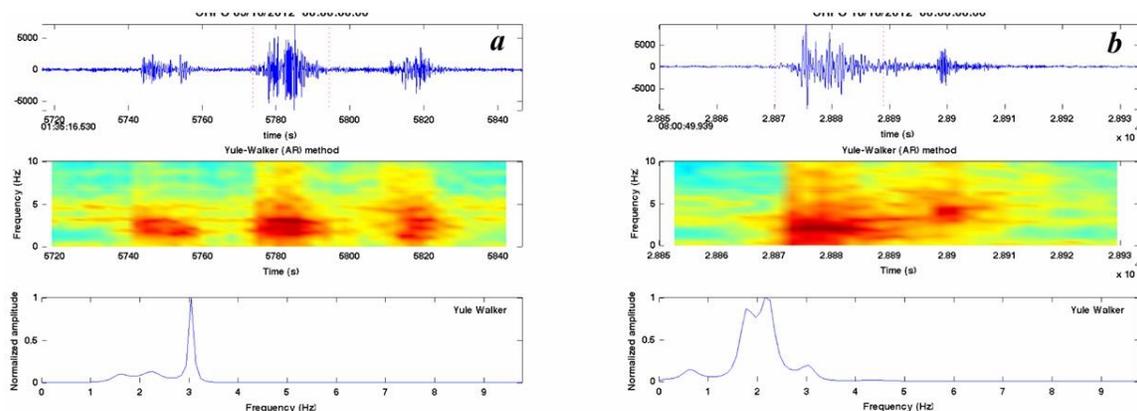


Figura 12: a) Registros sísmicos de la estación CRPO (arriba) de 3 eventos de desgasificación ocurridos el 3 de octubre, espectrograma (centro) y espectro (abajo). b) Erupción freática del 18 de octubre, registro sísmico (arriba), espectrograma (centro) y espectro (abajo).

El sábado 27 de octubre hubo dos erupciones freáticas, una moderada a las 11:20 a.m. y otra más energética a las 5:57 p.m. Esta última alcanzó una amplitud en el registro sísmico de hasta 40 micrones/segundo, arrojando materiales (agua, sedimentos lacustrinos ricos en azufre, fragmentos rocosos, y un spray de partículas salinas fuera del lago (Fig.13).

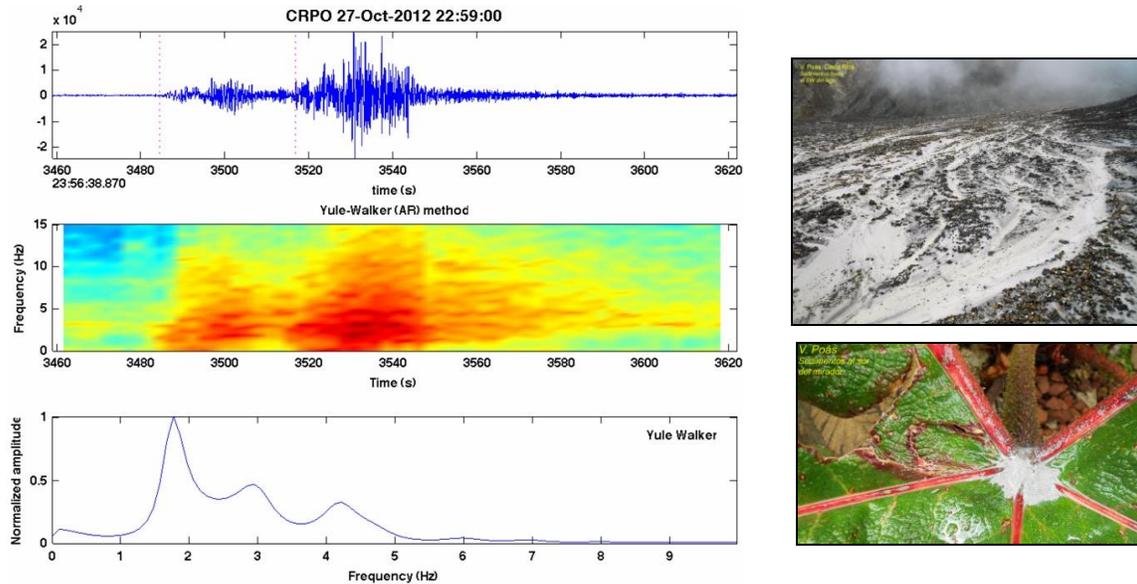


Figura 13: Izquierda: Registro sísmico (arriba) de la erupción freática más importante de octubre, espectrograma (centro) y espectro (abajo). Derecha: fotos del depósito sobre el Playón y en hoja de “sombriilla de pobre” 100m al sur del mirador (Fotos: E.Duarte, 29 oct. 2012)

III_2 V.Poás: Deformación

No hay información nueva en deformación para el volcán Poás.

III_3 V.Poás: El criptodomo

III_3.1 Mediciones geoquímicas

Imágenes térmicas con una cámara termográfica FLIR SC660 muestran un gradiente de la temperatura aparente en las fumarolas del criptodomo entre $\sim 95^{\circ}\text{C}$ para las fumarolas cerca del lago hasta $> 150^{\circ}\text{C}$ para las fumarolas cerca de la parte alta del criptodomo. La fuerte absorción de la radiación infrarroja por los vapores, gases y neblina no ha permitido buenas mediciones en la zona central más caliente del criptodomo hasta la fecha. En general, la temperatura continua disminuyendo en forma sostenida (Fig.14).

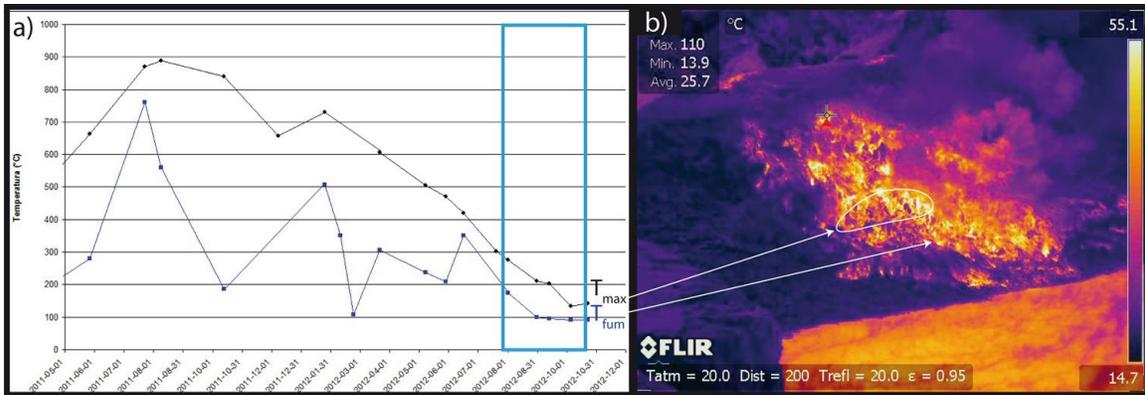


Figura 14: a) Evolución de la temperatura de fumarolas en el criptodomo: Máximas lecturas (línea negra) y lecturas más una fumarola en la parte baja del criptodomo (línea azul) a través de medición directa con termocupla de superaleación (Fuente: OVISCORI-UNA). B) Imagen térmica FLIR SC600 de temperaturas aparentes del criptodomo el 23 de octubre del 2012 (Foto: G.Avard)

III_3.2 Otras observaciones

La “caverna” en el criptodomo descrita en el boletín de agosto del 2012 presenta una acumulación de agua con fumarolas subacuáticas, las cuales producen un calentamiento del agua atrapada (74°C el 5 de octubre, 94°C el 23 de octubre, 83°C el 29 de octubre).

Gracias a la cámara termográfica FLIR SC660 se observa que la Fumarola Norte ubicada en la parte inferior noreste de la terraza este del cráter, que estuvo muy activa en el periodo 2003-2007, aún existe pero con una salida muy difusa de vapores y calor. La temperatura FLIR aparente de esta fumarola residual medida remotamente desde el Mirador desde una distancia de aprox. 900 metros registró ~57°C, mientras que la medición directa con una termocupla registró alrededor de 70°C (Fig.15). La Fumarola Norte registró temperaturas más altas en su periodo más activo señalando una predominancia de condiciones más monofásicas (predominio de volátiles): 116°C en marzo 2003, 124°C en abril y un máximo de 203°C en mayo-junio del 2005 (Martínez, 2008).

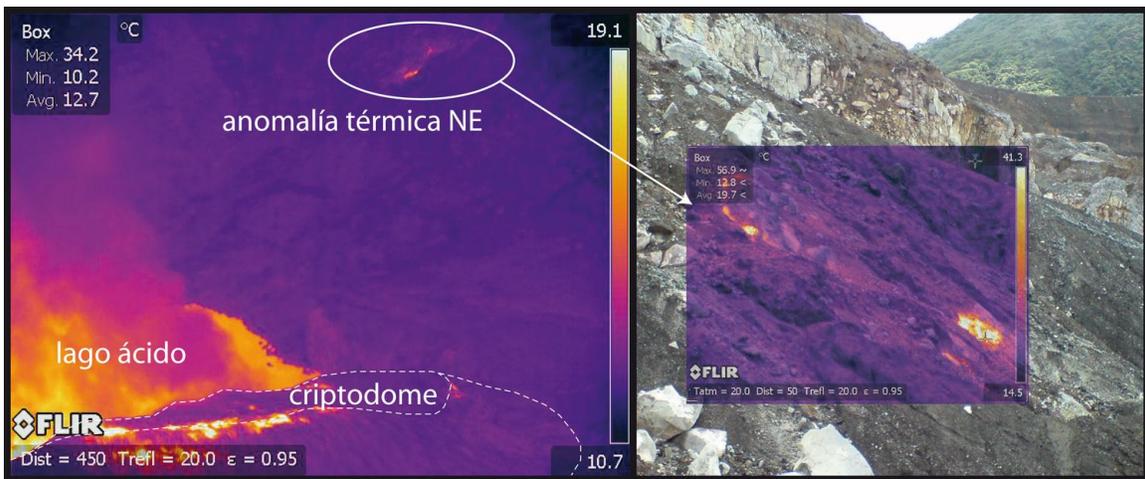


Figura 15: Vista del cráter activo desde el Mirador en el borde sur. La Fumarola Norte que estuvo muy activa en el periodo 2003-2007 en la terraza este del cráter tiene una temperatura 50cm de profundidad de ~70°C. (Fotos FLIR SC660: G.Avard, 23 oct. 2012)

III_4 V.Poás: El lago ultra ácido del cráter activo

III_4.1 Mediciones geoquímicas

La temperatura del lago se mantiene relativamente alta (~51°C) con una tendencia a un calentamiento lento (Fig.16a). La fuerte evaporación que resulta de esta temperatura considerable mantiene al lago con un nivel bajo a pesar de las fuertes lluvias en esta época del año. Otra observación particular es que se observa un exceso de sulfuro de hidrógeno, H₂S, disuelto en el agua del lago, lo cual es poco común para un lago ultraácido como el del Poás (Fig.16b).

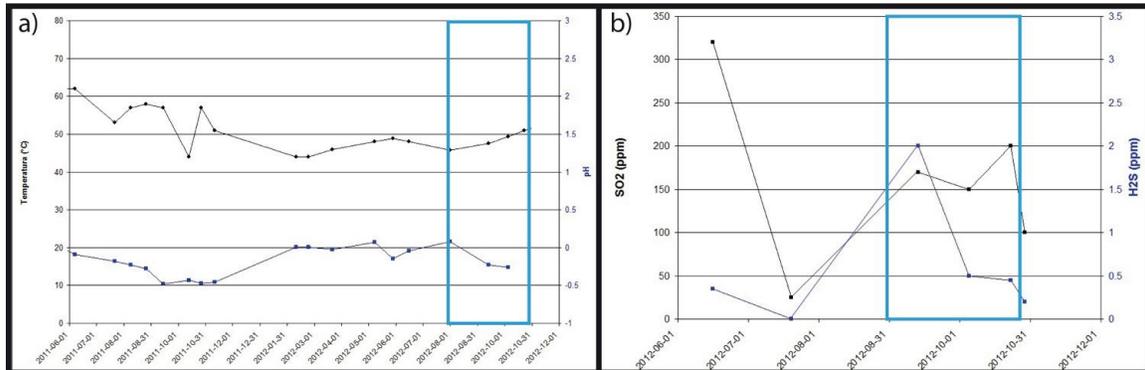


Figura 16: a) Evolución de la temperatura (curva negra) y del pH (curva azul) desde junio del 2011. B) Evolución de la concentración de SO₂ (negro) y H₂S (azul) disueltos en exceso en el lago desde junio del 2012 (la solubilidad de los gases no está corregida por temperatura y fuerza iónica). Ventanas azules: periodo entre las dos erupciones freáticas del 30 de julio y del 27 de octubre 2012. (Fuente: OVSICORI-UNA)

III_4.2 Otras observaciones

Desde junio-julio del 2012 se notaron celdas de convección muy activas y permanentes (boletín de julio del 2012) capaces de generar oleaje y efervescencia importante en el lago (boletín de setiembre del 2012 y Fig.17a). Entre el 16-17 de octubre esta actividad disminuyó rápidamente, observándose una acumulación de abundante cantidad de azufre fundido que cubría ~95% de la superficie del lago al 20 de octubre (Fig.17b). Durante el mismo periodo, erupciones freáticas han venido ocurriendo, la mayor de ellas el 27 de octubre a las 5:57 p.m. (erupción moderada, Fig.13).

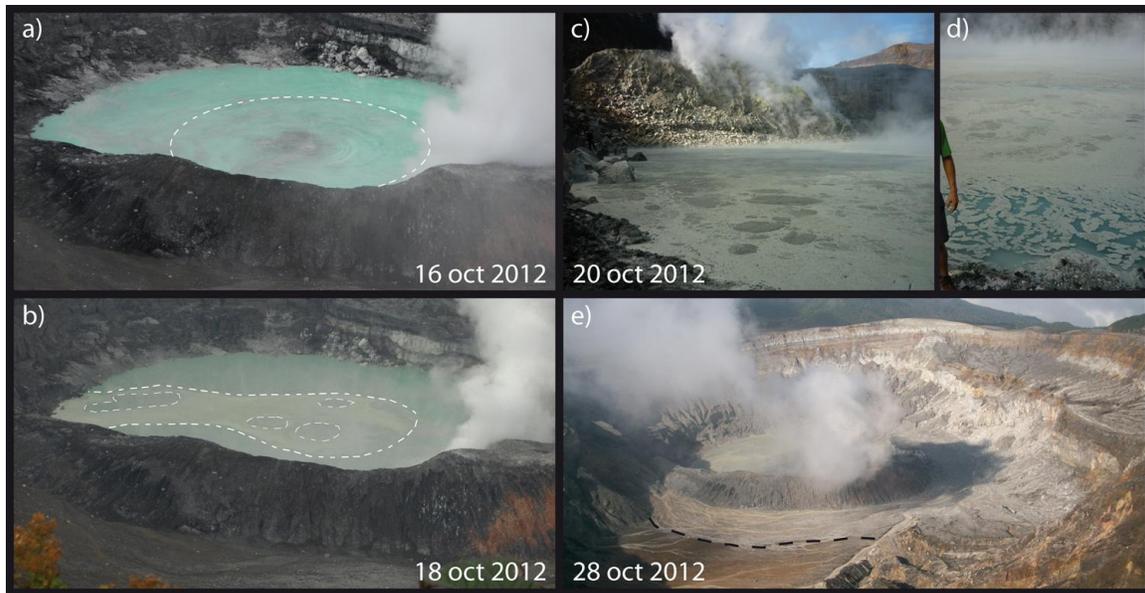


Figura 17: a) Vista desde El Mirador el 16 de octubre (Foto: G.Avard). b) Misma vista el 18 de octubre (Foto: María Martínez. c) y d) azufre elemental y sedimentos ricos en piritas flotando en la superficie del lago el 20 de octubre (Foto: J. García). e) Materiales del lago depositados en los alrededores del lago ácido por la erupción del 27 de octubre a las 5:57 p.m. (Foto: Jackeline Soto, 28 oct. 2012).

IV_ Volcán Arenal

Durante el mes de octubre, las estaciones sísmicas en los alrededores del volcán Arenal no registraron sismicidad relevante asociada con el volcán Arenal. Caídas de rocas fueron reportadas.

IV_1 V.Arenal: Sismología

Durante el mes de octubre, las estaciones sísmicas en los alrededores del volcán Arenal no registraron sismicidad relevante asociada con el volcán Arenal.

IV_2 V.Arenal: Deformación

No hay información nueva en deformación para el volcán Arenal.

IV_3 V.Arenal: Geoquímica: Depositación total ácida (húmeda + seca)

No hay nueva información sobre depositación ácida para el volcán Arenal

IV_4 V.Arenal: Otras observaciones

El 26 octubre se visitó el Arenal y aunque las condiciones de nubosidad en la mitad superior del edificio volcánico no permitieron evaluar la situación, no se logró determinar y confirmar derrumbes recientes de materiales reportados por pobladores (Fig.18).

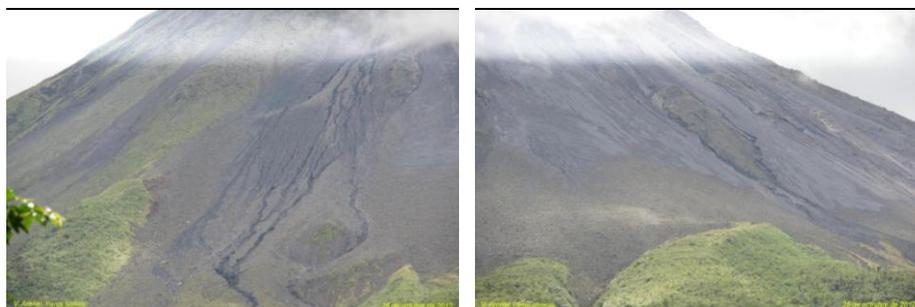


Figura 18: Paredes noreste y noroeste del volcán Arenal el 26 de octubre del 2012 (Fotos: E.Duarte)

V_ Volcán Rincón de la Vieja

En octubre, el Rincón de la Vieja tenía una actividad sísmica dominada por tremores y eventos de muy baja amplitud. Se registró una pequeña erupción freática el 17 de octubre. La sismicidad volcano-tectónica regresó a los bajos niveles que había estado presentando antes del sismo de Nicoya del 5 de setiembre.

V_1 V.Rincón de la Vieja: Sismología

La sismicidad de octubre en el Rincón de la Vieja estuvo dominada por tremores de muy baja amplitud y baja frecuencia (Fig.19). Esporádicamente se registran eventos de baja frecuencia y muy baja amplitud y solo se registró una pequeña erupción freática el 17 de octubre (Fig.20). Por otro lado, la sismicidad volcano-tectónica regresó a los bajos niveles que había estado presentando antes del sismo de Nicoya del 5 de setiembre.

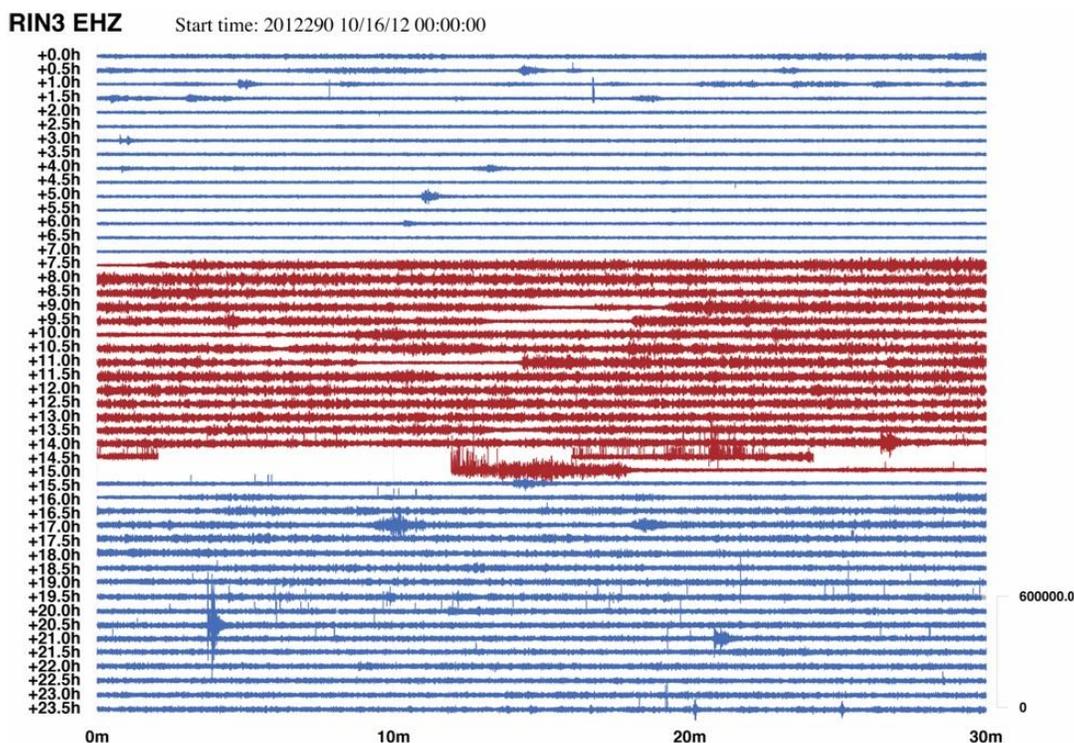


Figura 19: Registro de la estación de período corto, RIN3, del día 16 de octubre mostrando un episodio de tremor (en rojo) de muy baja amplitud y baja frecuencia.

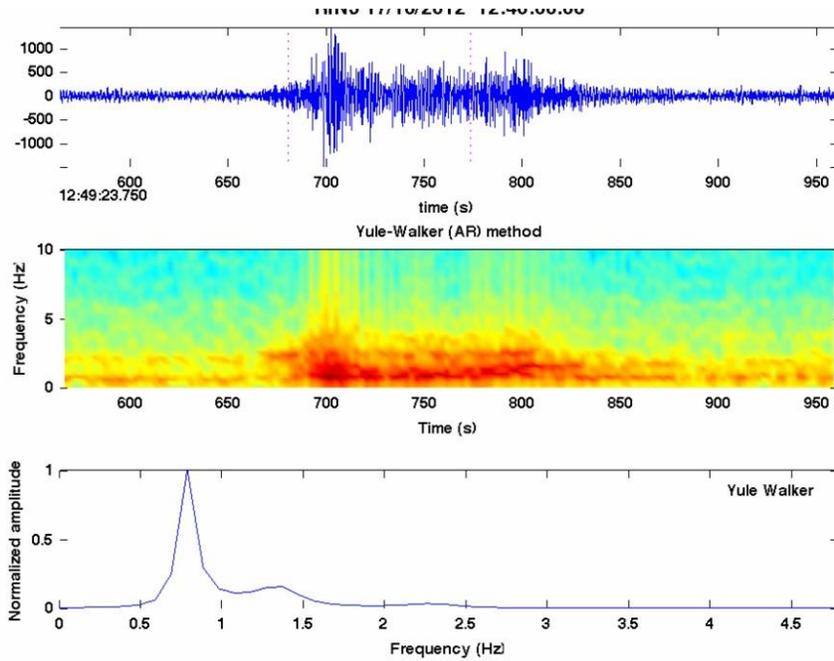


Figura 20: Registro sísmico de la erupción freática del 17 de octubre a las 6:40 a.m. hora local (arriba), espectrograma (centro) y espectro (abajo).

V_2 V.Rincón de la Vieja: Deformación

No hay información nueva en deformación para el volcán Rincón de la Vieja.

V_3 V.Rincón de la Vieja: Geoquímica

No hay información nueva en geoquímica para el volcán Rincón de la Vieja.

V_4 V.Rincón de la Vieja: Otras observaciones

No hay observación nueva para el volcán Rincón de la Vieja

Reconocimientos:

Se agradece a los funcionarios del Sistema de Conservación de 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.

Referencia:

- Conde, V. 2012. Application of DOAS for studies of evolving volcanic activity in central America. Thesis for the degree of Licentiate of Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg Sweden.
- Galle, B., Johansson, M., Rivera, C., Zhang, Y., Kihlman, M., Kern, C., Lehmann, T., Platt, U., Arellano, S., Hidalgo, S. 2010. Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change (NOVAC)-A global network for volcanic gas monitoring: Network layout and instrument description. *J. Geoph. Res.* Vol 115 doi 10.1029/2009JD011823.
- Martínez, M. 2008. Geochemical evolution of the acid crater lake of Poás Volcano (Costa Rica): Insights into volcanic-hydrothermal processes. *Ph.D. thesis*, University of Utrecht, the Netherlands.

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>