Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes
Noviembre del 2012

Volcán Poás: Vista del lado norte del criptodomo, y una mancha de sedimentos ricos en azufre elemental movilizados por las celdas de convección en el lago caliente y ácido del Cráter Principal. Ejemplo de vida pillada por el ambiente inhóspito del cráter del Poás
(Fotos: G.Avard, 6 y 4 de nov. 2012)

Geoffroy Avard, Javier Pacheco, María Martínez, Jorge Brenes

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica
OVSICORI-UNA

I_ Volcán Turrialba

La sismicidad de noviembre se caracteriza por eventos de muy baja amplitud, tanto los híbridos como los sismos volcánicos de alta frecuencia. Los sismos volcánicos y los tectónicos, son superficiales y de baja amplitud. Esta característica muestra que la actividad sísmica está dominada por el sistema hidrotermal y la expulsión de gases a través de las bocas fumarólicas 2010, 2011 y 2012. La temperatura de la boca 2012 se mantiene a valores altos mientras el flujo de SO_2 a través de la pluma de gases se mantiene a valores bajos.

I_1 V.Turrialba: Sismología

La Figura 1a muestra la sismicidad volcánica registrada entre el 1 de octubre y el 30 de noviembre, 2012. Octubre mostró un incremento en la sismicidad al pasar de menos de 50 eventos diarios a inicios del mes, a cerca de 100 eventos diarios en la segunda parte del mes. Sin embargo, en el transcurso de noviembre la actividad ha venido disminuyendo hasta regresar a niveles de menos de 50 sismos volcánicos diarios para el final de noviembre.

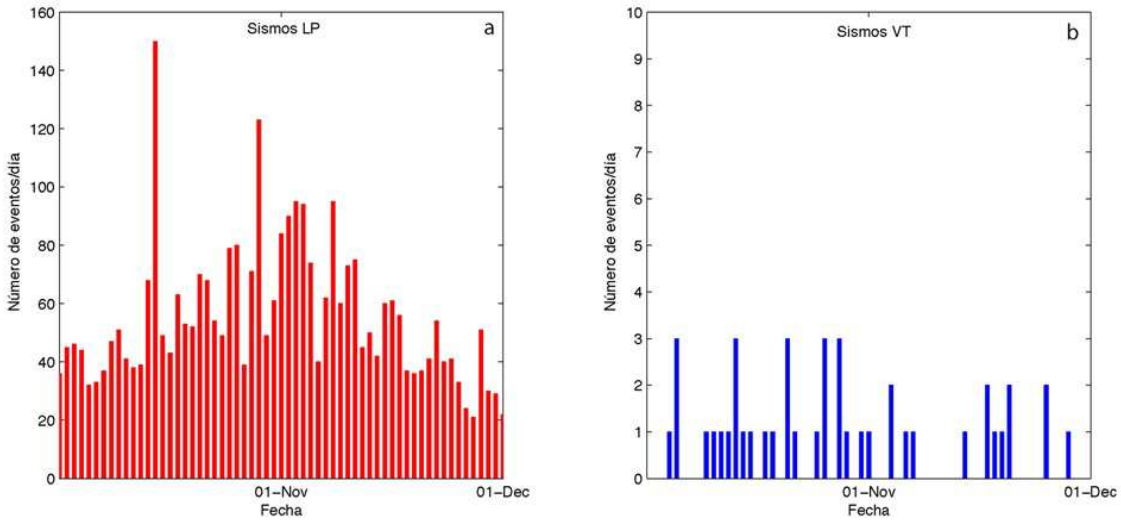

Figura 1: Sismos diarios registrados en el volcán Turrialba. a) Número de sismos volcánicos tipo LP. b) Número de sismos volcano-tectónicos.

La sismicidad de noviembre se caracteriza por eventos de muy baja amplitud, tanto los híbridos como los sismos volcánicos de alta frecuencia. Los sismos LP con amplitudes que sobrepasan el ruido de fondo son escasos (Fig.2). Se registran pequeños episodios de tremor de alta frecuencia y corta duración (menor a 50 segundos) y enjambres de pequeños sismos; eventos que apenas sobresalen el ruido de fondo y se atenúan rápidamente (Fig.3).

La sismicidad volcano-tectónica es escasa. Los sismos volcano-tectónicos reportados son aquellos que se han podido localizar. La mayoría de los eventos se ubican dentro de la cúspide del volcán, a menos de 1 km bajo el Cráter Oeste.

Los sismos, tanto volcánicos como tectónicos, son superficiales y de baja amplitud. Esta característica muestra que la actividad está dominada por la dinámica del sistema hidrotermal y la expulsión de gases a través de las bocas fumarólicas 2010, 2011 y 2012.

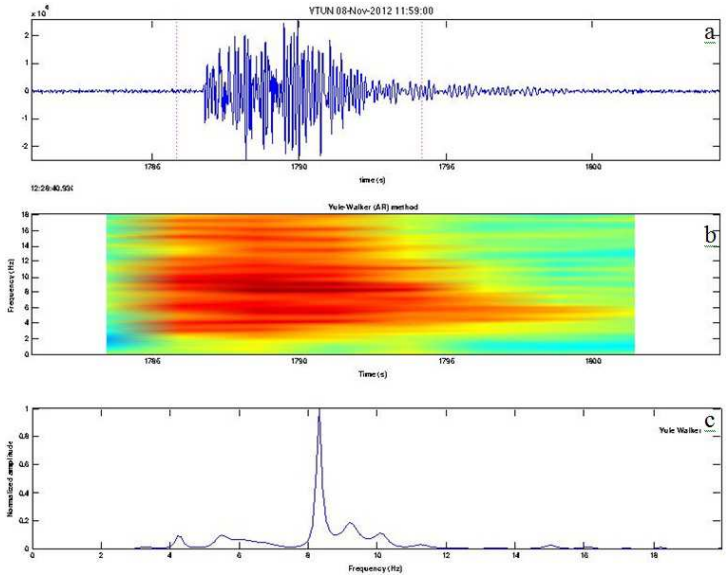

Figura 2: a) Sismograma de un evento LP registrado en la estación VTUN. b) Espectrograma. c) Espectro de frecuencias: La frecuencia dominante del sismo es de 8.3 Hz.

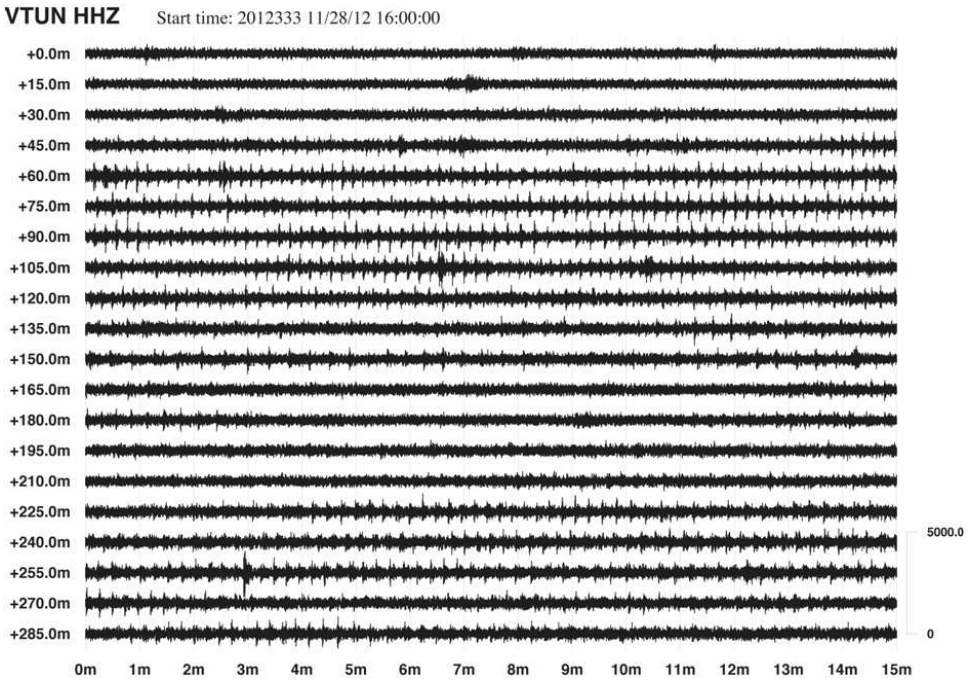

Figura 3: Sismograma del día 28 de noviembre, 2012, de la estación VTUN, ubicada al norte del Cráter Central.

I_2 V.Turrialba: Deformación

No hay nuevos datos de deformación para el volcán Turrialba.

I_3 V.Turrialba: Geoquímica

I_3.1 Evolución térmica de las zonas activas

La boca fumarólica 2012 se mantiene aún a temperaturas altas (805°C el 27 de noviembre, Fig.4a), debido a la salida de gases magmáticos altamente oxidantes en combustión resultando en emisión de flamas e incandescencia notoria durante las noches por medio de la cámara web del OVSICORI-UNA ubicada en la cima del volcán Turrialba.

I_3.2 Sistema hidrotermal

A pesar de las condiciones meteorológicas predominantes, que dificultan las mediciones en el campo, la actividad hidrotermal en el Cráter Central parece mantenerse a un nivel bajo con un flujo moderado de CO_2 y H_2S difundiendo a través del suelo (Fig.4b).

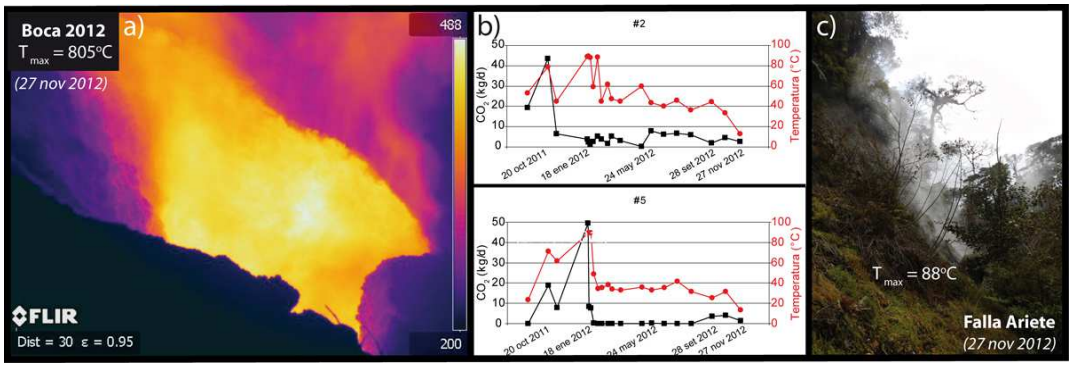

Figura 4: a) Termograma de la Boca Fumarólica 2012. b) Evolución del flujo de CO_2 y de la temperatura del suelo en 2 sitios en el sector oeste del Cráter Central. c) Fumarolas de baja temperatura de la Falla Ariete (Fotos: G.Avard, 27 nov. 2012).

La actividad hidrotermal en la Falla Ariete (Fig.4c) se mantiene con temperaturas que corresponden al punto de ebullición del agua a esta altura (88°C el 27 de noviembre).

I_4 V.Turrialba: Pluma de gases

El flujo de SO_2 en la pluma se mantiene a un nivel bajo, alrededor de 600 toneladas por día, con fluctuaciones importantes debidas a las incertidumbres introducidas por las características de la pluma y las condiciones cambiantes del tiempo como la fuerza y dirección del viento (Fig.5).

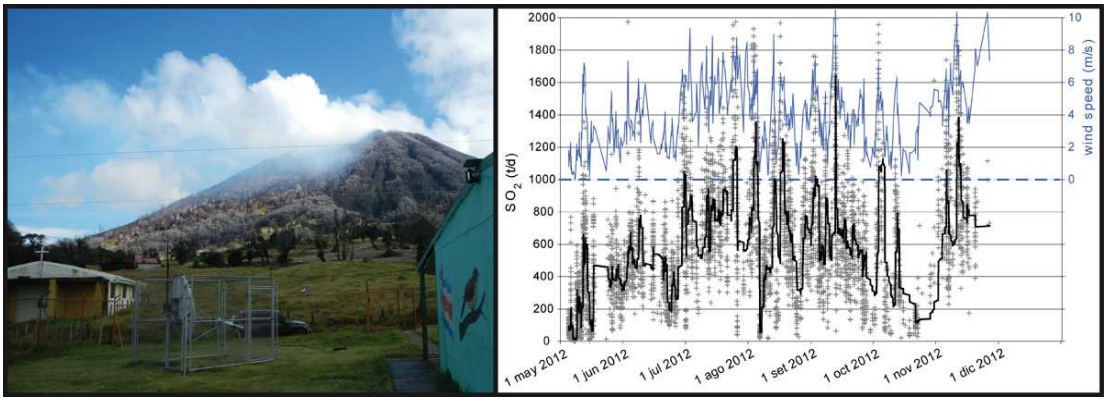

Figura 5: Mediciones del flujo de SO_2 en la pluma de gases del volcán Turrialba (curva negra) gracias ala estación mini DOAS permanente de NOVAC ubicada en la Escuela de La Central y valores de la velocidad del viento usado para el cálculo del flujo de SO_2 a partir de modelos atmosféricos globales de NOAA.

I_5 V.Turrialba: Otras observaciones

Las precipitaciones importantes en esta época del año generaron un aumento en el nivel de escorrentía a través de los drenajes en el Cráter Central lo que conllevó al arrastre de materiales rocosos de diferentes tamaños desde las partes superiores del cráter con pronunciada pendiente, hacia el fondo más plano del cráter. Este proceso normal de remoción y erosión de las paredes de los cráteres es aún más visible en las zonas alteradas por la actividad hidrotermal como el lado noroeste del Cráter Central.

II_ Volcán Irazú

En noviembre se nota una disminución de la sismicidad volcano-tectónica, aunque se llegaron a registrar pequeños enjambres de 2 o 3 sismos seguidos en un corto intervalo de tiempo.

II_1 V.Irazú: Sismología

En el mes de noviembre se nota una disminución general de la sismicidad volcano-tectónica en el volcán Irazú. Luego del sismo del 5 de setiembre 2012 de magnitud Mw 7.4 en Nicoya, Guanacaste, se llegaron a registrar más de 500 sismos diarios en el volcán Irazú. Para octubre, 2012, la sismicidad decayó considerablemente, sin embargo se estuvo registrando prácticamente un sismo al día. Para noviembre 2012, la sismicidad decayó marcadamente, aunque se llegaron a registrar pequeños enjambres de 2 o 3 sismos seguidos en un corto intervalo de tiempo (Fig.6b).

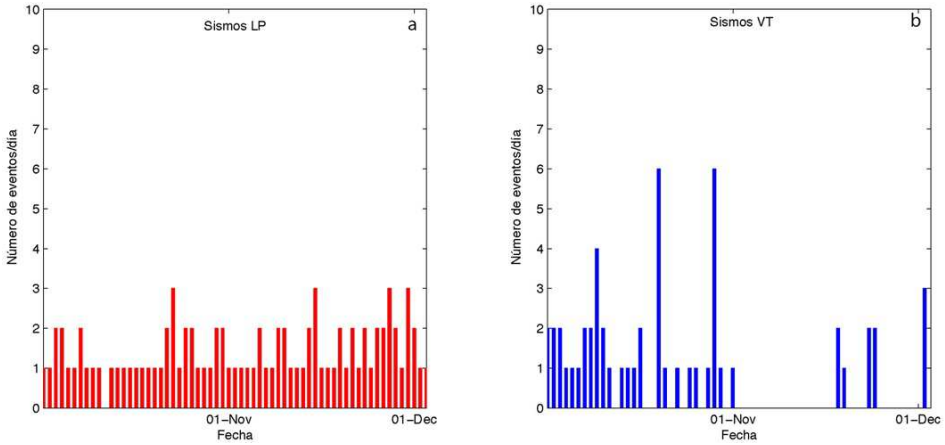

Figura 6: a) Sismicidad volcánica tipo LP. b) Sismicidad volcano-tectónica.

Los sismos volcánicos, sismos tipo LP, se siguen presentando regularmente (Fig.6a). Sin embargo, en noviembre se observa un incremento en el número de sismos al aumentar la frecuencia de ocurrencia de los mismos. Entre junio y octubre de este año el intervalo de tiempo entre eventos tenía un promedio de entre 25 y 30 horas, mientras que entre octubre y noviembre se nota una disminución gradual de este intervalo de tiempo, pasando de aproximadamente 30 horas entre eventos a un promedio menor de 18 horas (Fig.7b). Entre julio y setiembre la amplitud de los sismos se mantuvo muy constante entre 10 y 15 micrones/segundo (medidos en la estación VIRE, ubicada en las cercanías del Cerro Cabeza de Vaca). Esta amplitud empezó a variar drásticamente entre octubre y noviembre, presentándose eventos con amplitudes menores a 1 micrón/segundo hasta eventos de más de 30 micrones/segundo (Fig.7a). Entre el 31 de octubre y el 9 de noviembre no se pudo medir la amplitud debido a problemas instrumentales, por lo que en el gráfico se muestra un valor de cero para esos días.

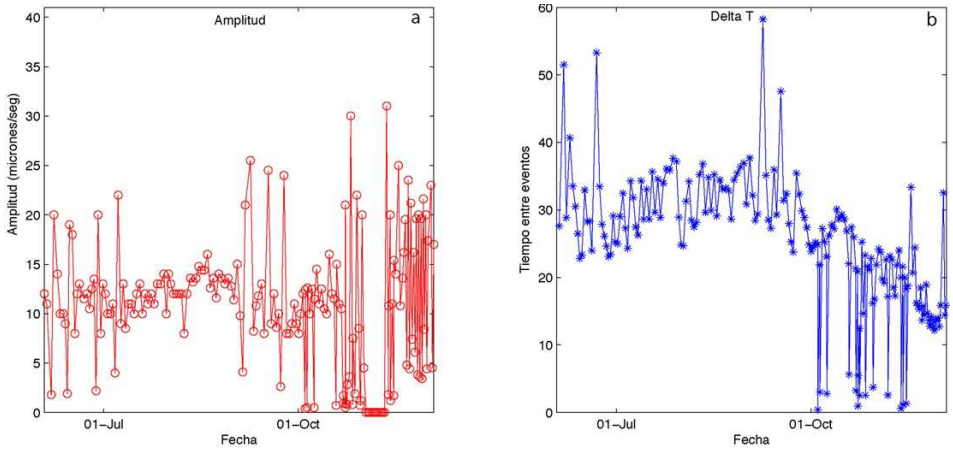

Figura 7: a) Amplitud máxima medida de los sismos LP en la estación VIRE en función del tiempo, entre junio y diciembre, 2012. b) Intervalo de tiempo entre eventos LP en función del tiempo.

II_2 V.Irazú: Deformación

No hay nuevos datos de deformación para el volcán Irazú.

II_3 V.Irazú: Geoquímica de las fuentes termales

En noviembre las fuentes termales en el lado norte del macizo registraron temperaturas y pH´s con valores similares a los observados a finales de julio.

II_4 V.Irazú: Observaciones en el Cráter Principal

Por las condiciones lluviosas, agua de lluvia se acumuló en el sector de Playa Hermosa (22 nov. 2012).

III_ Volcán Poás

La sismicidad volcano-tectónica en el Poás se mantiene en un nivel similar a lo registrado durante este año, excepto en el mes de setiembre cuando de observó un incremento debido al sismo de Nicoya del 5 de setiembre. La actividad sísmica se concentra cercana a la superficie. En noviembre se registraron 3 erupciones freáticas pequeñas y una de tamaño moderado. El nivel del lago aumentó más de 3m en un lapso de tiempo muy corto debido a las altas precipitaciones pluviales. La actividad hidrotermal en el cráter activo en general se mantuvo baja.

III_1 V.Poás: Sismología

Comparado con el mes de octubre, la sismicidad volcánica de noviembre en general disminuyó, pasando de cerca de 100 sismos diarios a menos de 20 (Fig.8a). La sismicidad volcano-tectónica se mantiene en niveles similares a los registrados durante todo el año, excepto por el mes de setiembre cuando se mostró un incremento debido al sismo de Nicoya del 5 de setiembre (Fig.8b).

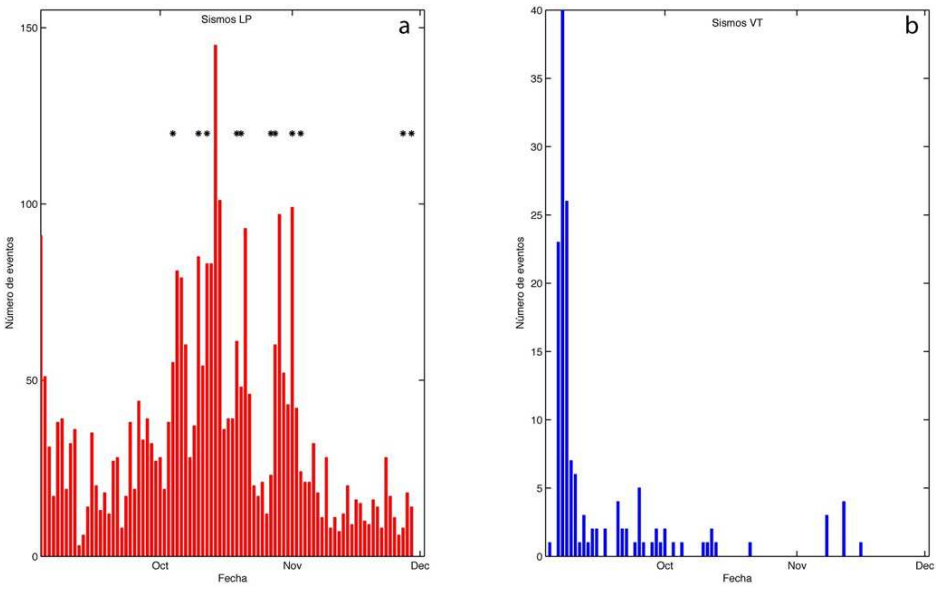

Figura 8: Sismicidad registrada entre setiembre y diciembre del 2012. a) Número de sismos volcánicos diarios (barras rojas), erupciones freáticas (asteriscos). b) Número de sismos volcano-tectónicos (barras azules).

Toda la actividad sísmica es de baja amplitud y se concentra cercana a la superficie, por lo que las causas se atribuyen al dinamismo del sistema hidrotermal.

En noviembre se registraron 3 erupciones freáticas pequeñas y una de tamaño moderado, esta última ocurrió el 26 de noviembre a las 15 horas (Fig.9). No hay reportes visuales de estaserupciones.

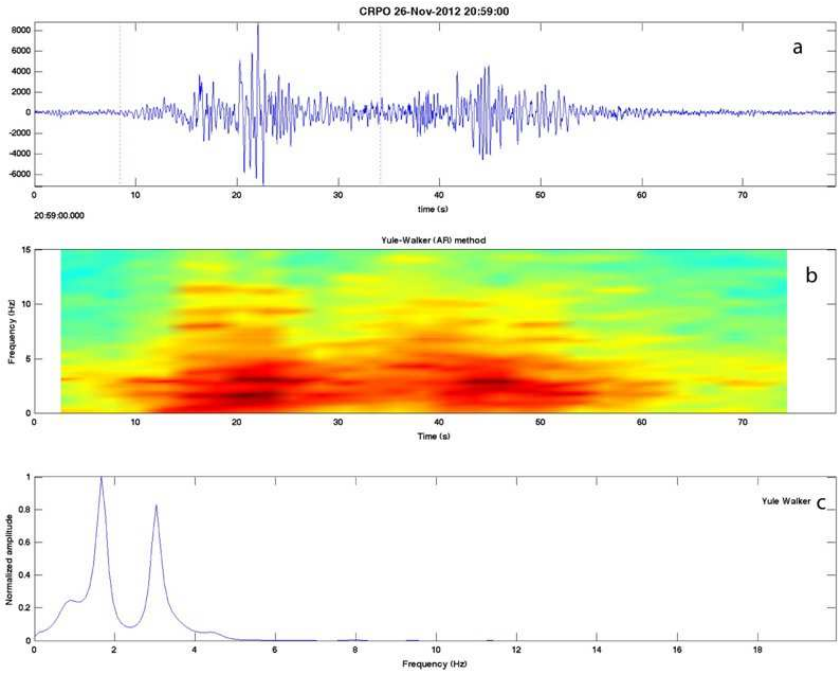

Figura 9: Erupción freática del 26 de noviembre, 2012.
a) Registro sísmico, b) Espectrograma, c) Espectro de frecuencias.

III_2 V.Poás: Deformación

No hay nuevos datos de deformación para el volcán Poás.

III_3 V.Poás: El criptodomo

III_3.1 Mediciones geoquímicas

La cámara térmica FLIR SC660 permitió medir en forma remota una temperatura máxima de 170°C en la parte alta del criptodomo el 6 de noviembre.

III_3.2 Otras observaciones

Entre el 6 y el 28 de noviembre las fuertes lluvias generaron una erosión importante de las zonas alteradas por la actividad hidrotermal (las fumarolas) cambiando las condiciones de la superficie del lado norte del criptodomo de maneja significativa. La parte alta ha perdido mucho material por arrastre y las fumarolas de la parte intermedia y baja se encontraron cubiertas con el material movilizado (Figs.10a y 10b). Como resultado, la actividad fumarólica en el lado norte del criptodomo se ha visto disminuida

el 28 de noviembre con temperaturas máximas de 85°C, medidas a distancia con la cámara térmica FLIR SC660.

Figura 10: a) Vista general desde el borde norte del cráter el 6 nov. 2012 mostrando el nivel del lago el 28 nov 2012 (línea blanca) y zonas notables (líneas amarillas). b) El lado norte del criptodomo el 28 de nov. 2012 (termograma y imagen visible). c) Cambio del nivel del lago entre el 6 y el 28 nov. 2012 con marcadores en amarillo y blanco. (Fotos: G.Avard).

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

III_4.1 Mediciones geoquímicas:

Las frecuentes variaciones en las propiedades físico-químicas del lago ultra-ácido del volcán Poás reflejan el dinamismo del sistema magmático-hidrotermal que subyace debajo del cráter activo del Poás y la influencia de factores externos como las condiciones meteorológicas.

Entre finales del año 2003 y principios del 2005 (octubre 2003-febrero 2005) el lago del Poás mostró una disminución drástica en la actividad fumarólica subacuática, un nivel record del nivel del lago el cual inclusive se desbordó por el piso del fondo del cráter en el sector este, así como una reducción en la temperatura, la acidez (pH´s relativamente altos) y un bajo contenido de especies químicas derivadas de la hidrólisis de volátiles magmáticos tales como los gases azufrados y clorados (Martínez, 2008). Más tarde entre marzo del 2005 hasta el presente, el Poás ha estado en una fase caracterizada por un alto flujo de volátiles magmáticos, circulación de fluidos hidrotermales y calor a través del lago y del criptodomo, así como la ocurrencia esporádica de erupciones freáticas en el lago. Este periodo de actividad freática esporádica pero persistente se refleja muy bien en los perfiles geoquímicos registrados desde el año 2005 hasta el presente: un incremento sostenido en la acidez del lago ácido (pH cada vez más bajo), temperaturas consistentemente alrededor de 45°C, un incremento sostenido en las razones SO_4^{2-}/Cl^-. Además, dentro de este período freático se ha observado un exceso de dióxido de azufre disuelto en las aguas del lago ácido (i.e. valores altos de la razón SO_2/H_2S) luego de registrarse razones mínimas entre finales del 2003 y principios del 2005 (Fig. 11). Valores altos de la razón SO_2/H_2S en las aguas del lago sugiere un incremento en la tasa de inyección de volátiles frescos ricos en especies gaseosas azufradas hacia el lago a través de fumarolas subacuáticas.

Las condiciones del lago en noviembre mostraron las siguientes tendencias: La temperatura cambió de más de 46°C el 6 de noviembre a casi 41°C el 28 de noviembre, y el pH de -0.29 a 0.70 entre las mismas fechas. Las lluvias fuertes en los días que transcurrieron entre estas dos mediciones son la causa principal de la dilución y enfriamiento temporal del lago.

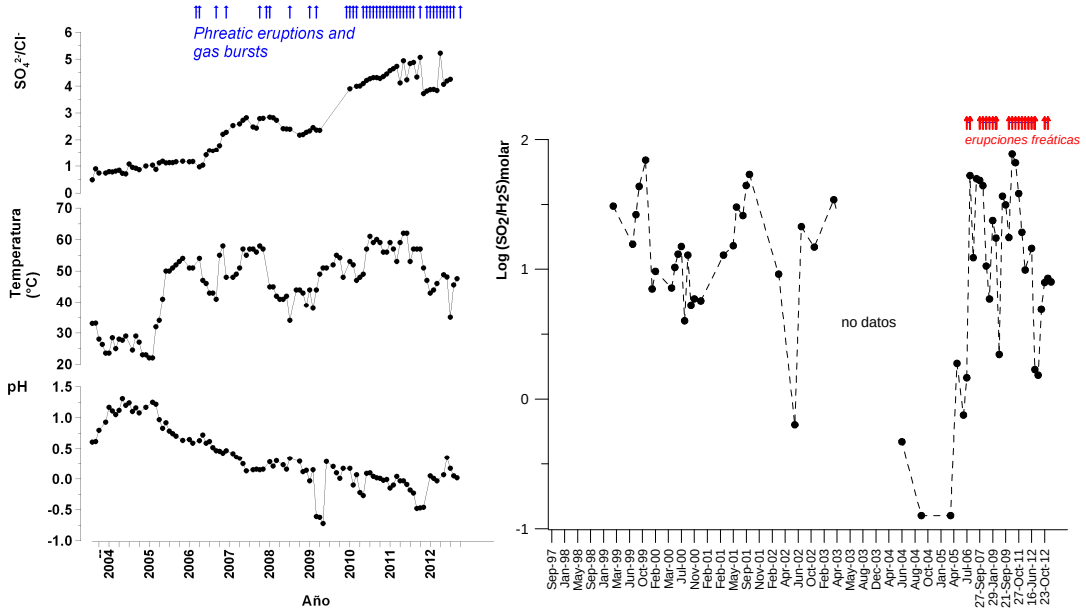

Figura 11: A la izquierda: Serie de tiempo de parámetros geoquímicos monitoreados en el lago ácido del Poás: Concentraciones de sulfato normalizadas respecto a cloruro; temperatura; y pH (grado de acidez). A la derecha: Razón molar de SO2/H2S de fumarolas subacuáticas inferida de la medición in situ del exceso de gases azufrados disueltos en el ácido del Poás usando el método de tubo de detección de gas (Takano, 2008). Las flechas en la parte superior de las figuras denotan los meses en que se observaron erupciones freáticas. Datos: Programa de Vigilancia Volcánica-Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

III_4.2 Otras observaciones

El lago tenía una coloración entre verde lechosa y turquesa el 16 de noviembre (Fig.12) con celdas de convección muy activas al inicio del mes (el 3 de noviembre se podía contar 3 celdas permanentes y hasta 7 celdas intermitentes). Los guardaparques notaron olas en el lago generadas por la actividad convectiva vigorosa la semana del 12-16 de noviembre. Tal actividad aparecía mucho más moderada el 28 de noviembre con celdas de convección muy discretas.

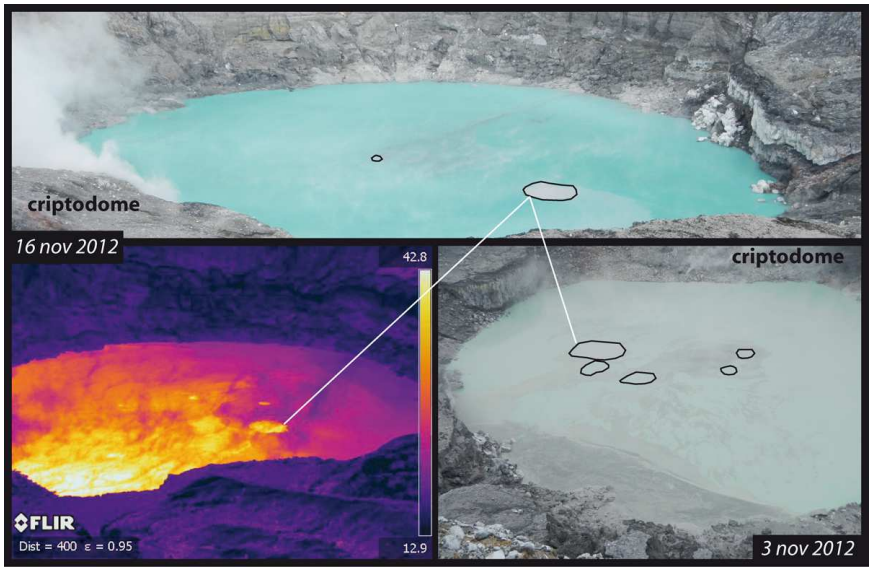

Figura 12: Observación de celdas de convección permanentes e intermitentes el 3 y el 16 nov. 2012 en el lago del Cráter Principal. Notar el cambio de color (imágenes visibles), y la diferencia de temperatura entre las celdas y las zonas más oscuras del lago (termograma). (Fotos: G.Avard).

Entre el 4 y el 28 de noviembre, el nivel del lago subió rápidamente más de 3m como consecuencia de un fuerte desequilibrio entre el aporte de agua por las lluvias torrenciales de noviembre y la tasa de evaporación (Fig.10a y 10c).

IV_ Volcán Arenal

Aparte de un pequeño deslizamiento el 6 de noviembre reportado por los vecinos y registrado por la estación sísmica VAVL del OVSICORI-UNA, no se registró sismicidad relevante asociada al volcán Arenal en noviembre. La acidez de la depositación total (húmeda+seca) en los alrededores del volcán Arenal continua mostrando una marcada tendencia a disminuir hasta alcanzar en noviembre 2012 valores de pH típicos de regiones libres de acidificación ambiental producida por emisión natural o antropogénica de componentes ácidos hacia la atmósfera, i.e. pH´s igual o mayor a 5.6.

IV_1 V.Arenal: Sismología

El 6 de noviembre 2012, a las 11:31 de la mañana, vecinos del lado norte del volcán reportaron caída de material desde la cúspide del volcán hasta la zona boscosa. La figura 13 muestra el registro sísmico producido por este deslizamiento. La estación sísmica se ubica del lado sur del volcán, por lo que la señal se muestra bastante atenuada, sin embargo, a juzgar por la amplitud de la señal y su corta duración, el desprendimiento fue de pequeño volumen, razón por la cual no se le dio mucha importancia al hecho.

Aparte de este pequeño deslizamiento, durante el mes de noviembre no se registró sismicidad relevante asociada al volcán Arenal.

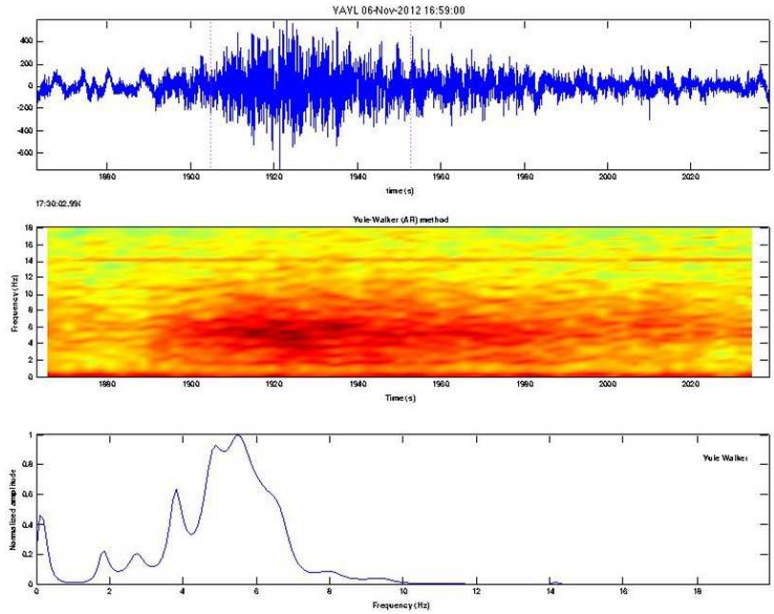

Figura 13: Registro de la avalancha de rocas registrada el 6 de noviembre a las 11:31 am.

IV_2 V.Arenal: Deformación

No hay datos nuevos de deformación para el volcán Arenal.

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

La acidez de la depositación total en los alrededores del volcán Arenal continua mostrando una tendencia sostenida a disminuir (pH cada vez mayor) (Fig.14). Este cambio en la acidez de la depositación total es el resultado de la reducción gradual y sostenida en la tasa de emisión de volátiles magmáticos, y el cese de emisión de lava y cenizas, observaciones también congruentes con la drástica disminución en la actividad sísmica-volcánica del Arenal, especialmente en los últimos 2 años. La depositación total (húmeda+seca) recolectada en las cercanías del volcán Arenal ha alcanzado en noviembre 2012 valores de pH típicos de regiones libres de acidificación ambiental producida por emisión natural o antropogénica de componentes ácidos hacia la atmósfera, i.e. pH´s ≥ a 5.6, luego de haberse registrado por más de 40 años depositación total ácida (pH≤5.6).

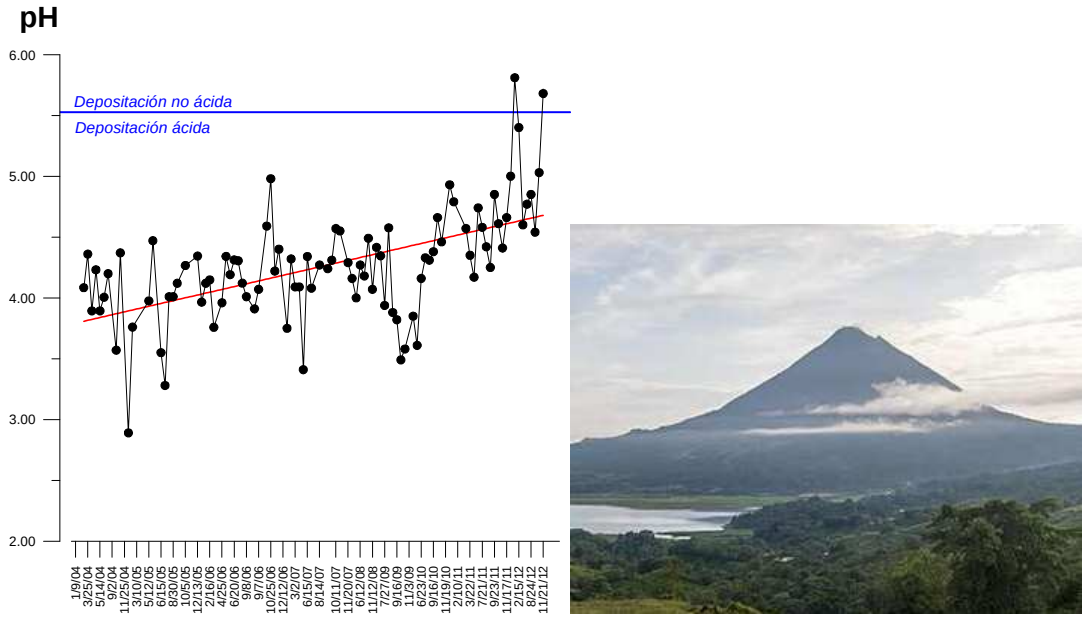

Figura 14: pH (acidez) de la depositación total ácida [húmeda (lluvia) y seca] recolectada en la estación de muestreo Caseta C, ubicada aprox.1.9 km al oeste del Cráter C del volcán Arenal. Valores de pH≤5.6 corresponden a depositación ácida (línea azul). La línea roja es la tendencia promedio del pH en el tiempo. El Arenal no ha hecho más que emitir vapores en los últimos 2 años. Datos: Programa de Vigilancia Volcánica - Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

V_ Volcán Rincón de la Vieja

Durante el mes de noviembre no se registraron señales sísmicas relevantes provenientes del volcán Rincón de la Vieja.

V_1 V.Rincón de la Vieja: Sismología

Durante el mes de noviembre no se registraron señales sísmicas relevantes provenientes del volcán Rincón de la Vieja.

V_2 V.Rincón de la Vieja: Deformación

No hay datos nuevos de 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 nuevas del 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. También se agradece de especial manera a Sebastián Miranda Brenes, a Vladimir Conde Jacobo, y al Dr. Bo Galle por su invaluable apoyo en la reinstauración de la estación mini-Doas de NOVAC en la Escuela La Central al oeste del 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

Referencias

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.

Takano, B., Kuno, A., Ohsawa, S., Kawakami, H. **2008**. Aqueous sulfur speciation possibly linked to sublimnic volcanic gas-water interaction during a quiescent period at Yugama crater lake, Kusatsu–Shirane volcano, Central Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res*. Vol. 178(2): 145-168. DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2008.06.038.

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