

Foto: M.deMoor

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



Dr.M.de Moor (OVSICORI-UNA) muestreando la Boca 2012 en el volcán Turrialba
(Foto: G.Avard, 7 agosto 2013)

Elaborado por:

Dr. Geoffroy Avard, Dr. Maarten de Moor, Dr. Javier Pacheco, Dra. María Martínez,
Lic. Jorge Brenes

Con contribuciones de:

MSc. Federico Chavarría-Kopper

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

I_ Volcán Turrialba

El 19 de agosto se registró la mayor cantidad de sismos volcánicos en el año 2013. A pesar de ello, al comparar en forma global la sismicidad de este mes con los meses anteriores, se nota una disminución general. La tasa de emisión de gases se mantuvieron en niveles parecidos a los meses anteriores, tanto en cuanto volumen y composición. La temperatura de los gases emitidos a través de la Boca 2012 bajó a $\sim 600^{\circ}\text{C}$ desde finales de julio del 2013.

I_1 V.Turrialba: Sismología

El 19 de agosto se registró la mayor cantidad de sismos volcánicos en el año 2013 (Fig.1). A pesar de ello, al comparar la sismicidad de este mes con los meses anteriores, se nota una disminución general. En julio se registraron, en promedio, más de 600 sismos diarios, decayendo a menos de 300 a inicios de agosto y a menos de 50 para el final del mes.

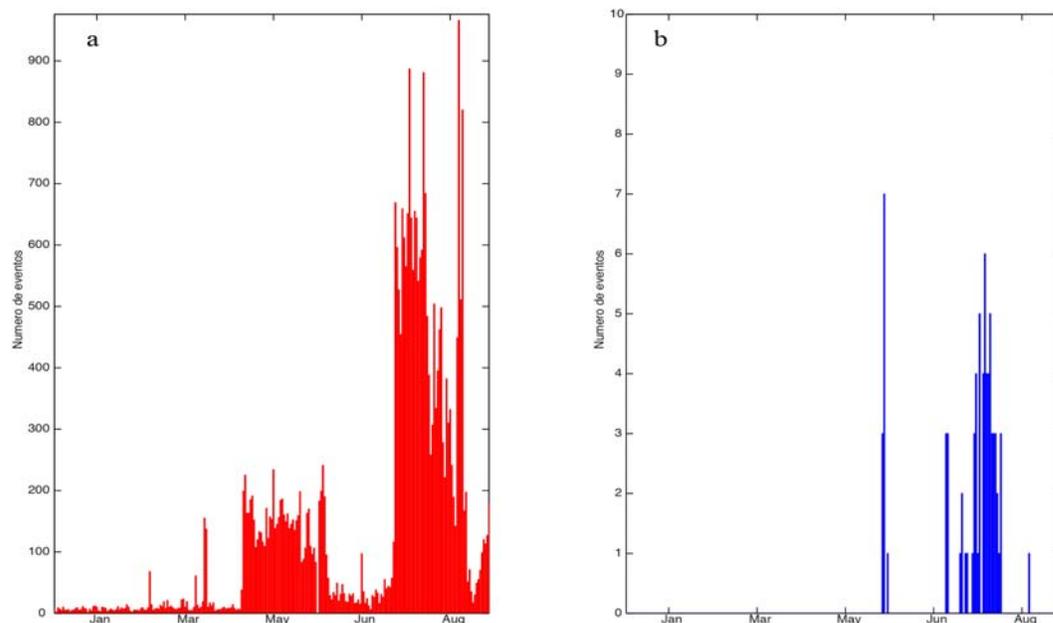


Figura 1: a) Número de sismos volcánicos registrados por día, durante el año 2013. b) Número de sismos de muy baja frecuencia (VLP) registrados por día durante el año 2013.

Durante el mes de agosto, la sismicidad volcánica en el Turrialba se caracteriza por la ocurrencia de tremores frecuentes, de corta duración y baja amplitud (Fig.2). La mayoría de estos tremores distribuyen su energía en una banda de frecuencias comprendida entre 5 y 10 Hz, de manera bastante uniforme. Sin embargo, se registraron varios tremores armónicos (con energía concentrada en frecuencias discretas) como el que se presenta en la Figura 2.

Los sismos de tipo híbrido, superficiales, se siguen registrando, pero en menor cantidad que los registrados durante los meses de junio y julio. Sin embargo, se registran más sismos de baja frecuencia.

En agosto se registran los valores promedio diarios más altos de RSAM (raíz cuadrática media de los valores de amplitud del sismograma) medidos este año, con excepción de un corto período en mayo, cuando se produjo la última descompresión en el volcán (ver boletín de mayo). La mayor contribución al RSAM se debe a los frecuentes tremores.

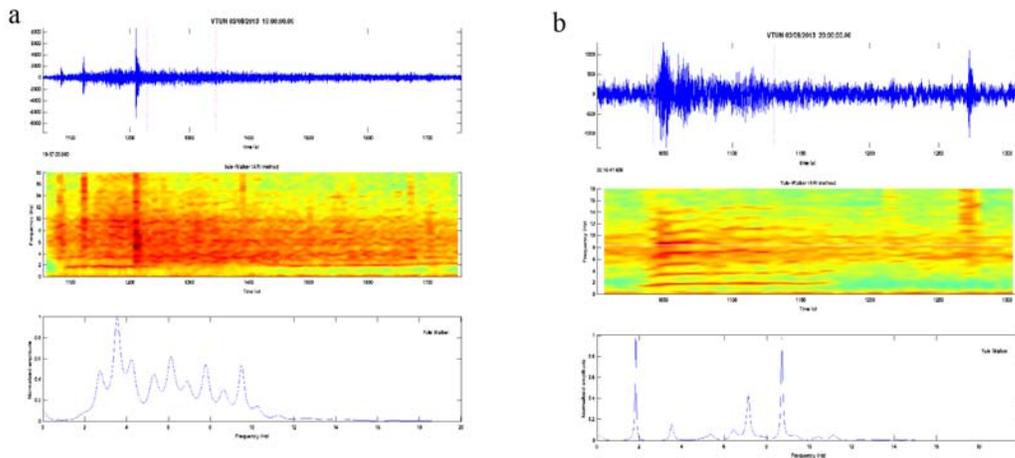


Figura 2: Se muestra el sismograma, espectrograma y espectro de frecuencias (Lesage, 2009) para: a) Tremor con frecuencias entre 5 y 10 Hz. b) Tremor armónico. Ambos tremores se registraron el día 3 de agosto.

Desde finales de junio se han presentando fluctuaciones en los valores medidos de RSAM, probablemente relacionados con una mayor participación del sistema hidrotermal en la generación de la sismicidad. Las fuertes lluvias de los últimos meses han inducido un aumento en la actividad del sistema hidrotermal debido al aumento de la presión de poro en intersticio y grietas dentro del edificio volcánico.

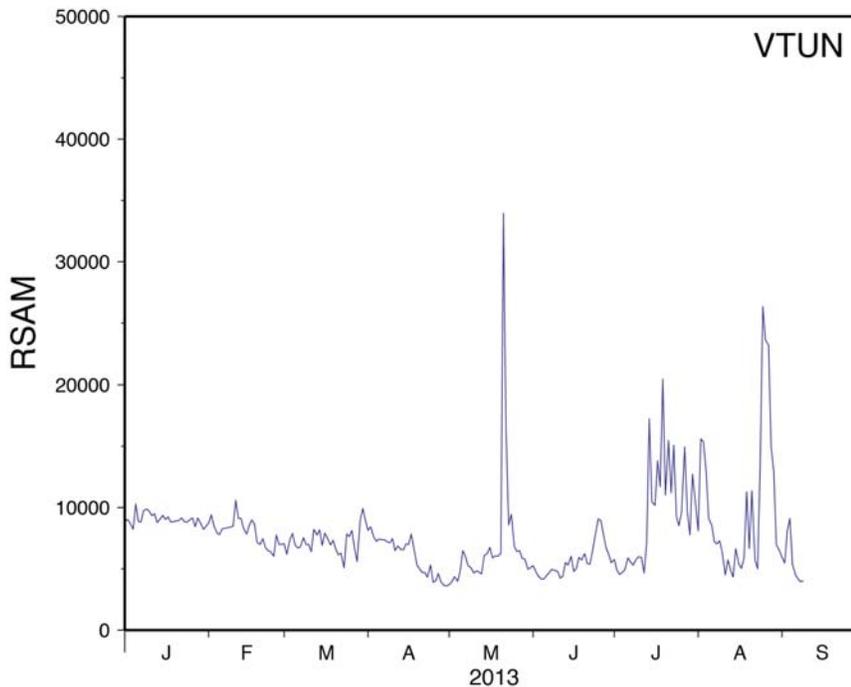


Figura 3: Valores RSAM medidos en la estación sísmica VTUN para el volcán Turrialba. Los promedios son de 10 minutos para sismogramas filtrados entre 3 segundos y 12 Hz.

I_2 V. Turrialba: Deformación

En agosto se empezó 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

Desde el fin de julio del 2013, la Boca 2012 muestra valores de temperaturas alrededor de 600°C sensiblemente más baja que hace año y medio atrás cuando estaba en la cercanía de los 800°C (Fig.4). La temperatura magmática se estima entre 1055 y 1163°C con un error de 70°C a partir de la metodología de *Putirka* [2008] y de la composición del vidrio juvenil (~1% de la ceniza) emitido por el volcán Turrialba el 5 de enero del 2010 [*Reagan et al.*, 2011].

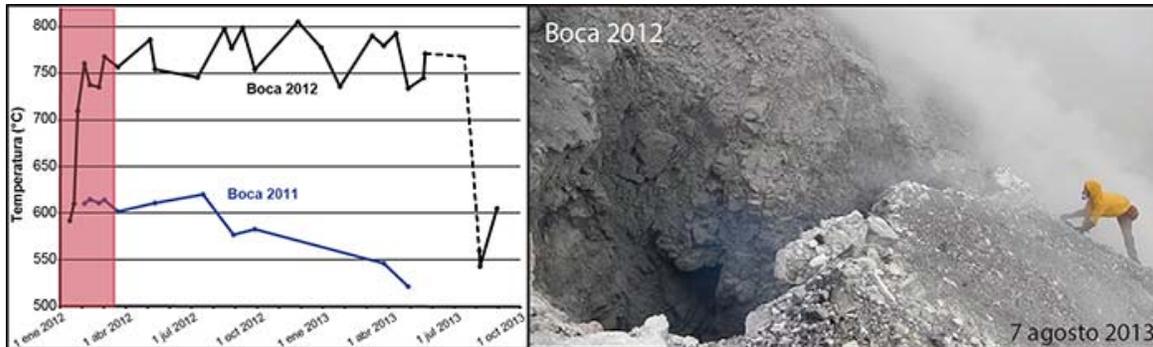


Figura 4: Evolución de la temperatura para la Boca 2012 y la Boca 2011 desde inicios del 2012. Se midieron las temperaturas directamente con una termocupla de superaleación y remotamente con una cámara FLIR SC660 a menos de 15m de distancia. Ala derecha, la Boca 2012 con el Dr. De Moor (OVSICORI-UNA) tomando muestras de gases (Foto: G.Avard)

I_3.2 Monitoreo de los gases

Se repitieron mediciones de la composición de los gases en la pluma del volcán Turrialba gracias a una estación portátil MultiGAS. Estas mediciones muestran que los índices de CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{O}/\text{SO}_2$ se mantienen relativamente constante con valores bajos (Fig.5a y 5b). En comparación, el índice $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ (Fig.5c) estuvo un poco más alto comparado con los meses anteriores (~600°C en agosto comparado con ~800°C en los meses anteriores, Fig.4), lo cual es coincidente con las temperaturas más bajas de los gases observadas en la Boca 2012. El índice S/Cl tiene valores entre 10-100 para las emisiones recientes de gases del Turrialba (Fig.5d), valores que son más altos que los correspondientes para los gases de alta temperatura que se encuentran en los arcos volcánicos (1-10; *Fischer* 2008), lo que sugiere que la fuente de los gases del volcán Turrialba estaría más profunda (i.e. $P \gg 50$ MPa; profundidad $\gg 2$ km; *Burton et al.*, 2007) que la mayoría de los volcanes de subducción en estado de desgasificación sin extrusión.

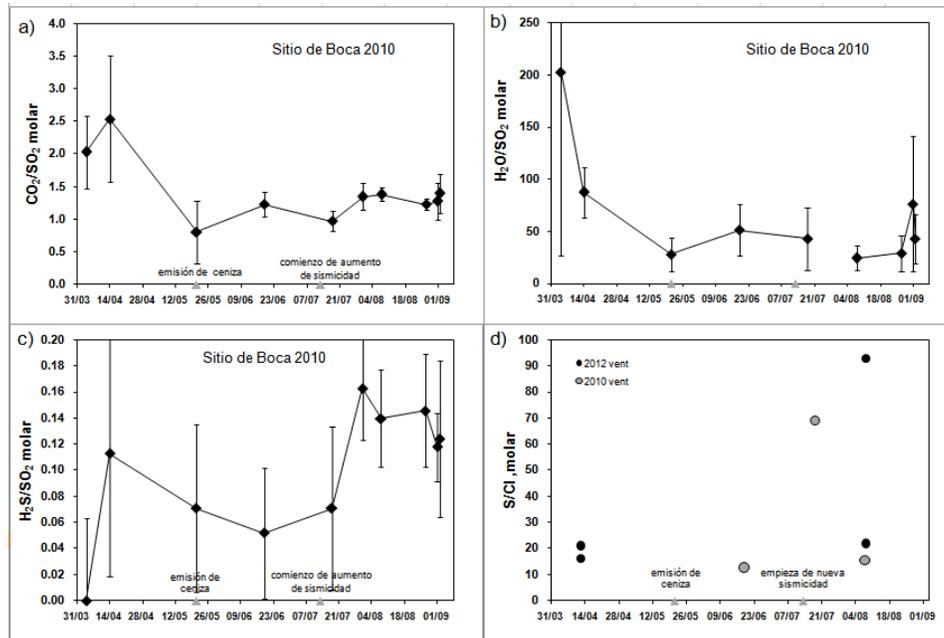


Figura 5: Evolución de varios índices geoquímicos para la pluma del volcán Turrialba desde marzo del 2013 a partir de mediciones in situ gracias a una estación MultiGAS portátil del INGV-Italia a) índice de CO_2/SO_2 , b) índice H_2O/SO_2 , c) índice H_2S/SO_2 , e d) índice S/Cl .

Dos estaciones mini DOAS permanentes alrededor del edificio volcánico permiten una vigilancia continua de las emisiones de SO_2 para el Turrialba (Fig.6a). En agosto del 2013, el flujo fue de $\sim 650 \pm 600$ t/d, valores parecidos a los de agosto del 2012 (Fig.6b). En detalle, las 2 anomalías de bajo flujo (zonas rosadas Fig.6a) observadas a finales de julio se repitieron alrededor del 10 de agosto. El flujo se mantuvo normal el resto del mes (Fig.6c). El 20 de agosto del 2013, los instrumentos del satélite AURA-OMI de la NASA detectaron una masa de dióxido de azufre emitido por el Turrialba dispersándose hacia el oeste sobre la Península de Nicoya y el Océano Pacífico (Fig.6d).

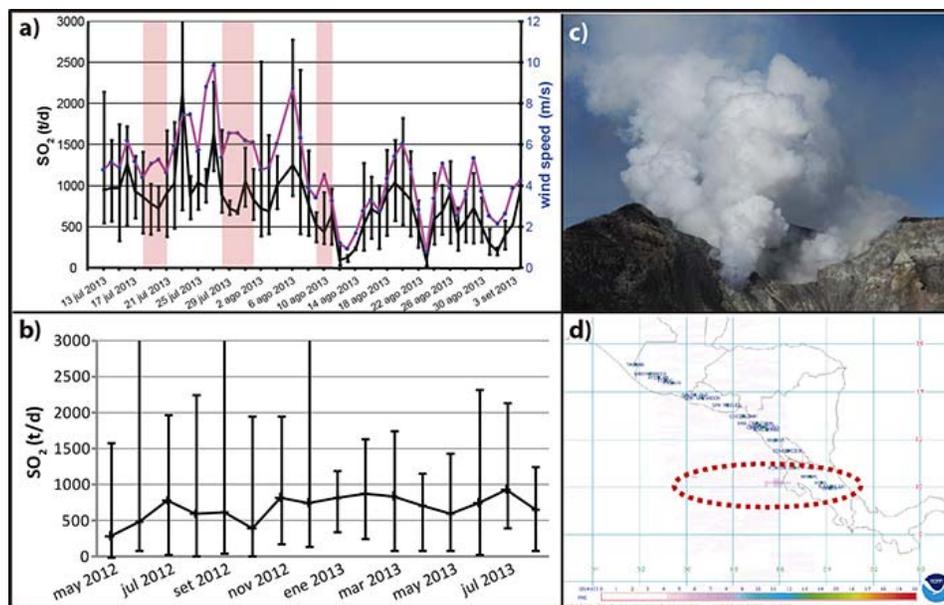


Figura 6: a) Evolución diaria de la emisión de SO_2 del volcán Turrialba medidas por una estación mini DOAS permanente ubicada al sur del edificio. b) Evolución temporal del promedio mensual de la emisión de SO_2 . c) Pluma del volcán el 24 de agosto del 2013 (Foto: G.Avard). d) Pluma de SO_2 detectada por los instrumentos del satélite AURA-OMI de la NASA el 20 de agosto del 2013.

I_4 V.Turrialba: Sistema hidrotermal

Se repitieron los perfiles de medidas de flujos de CO₂ y H₂S que difunden a través del suelo, los cuales no mostraron cambios significativos (Fig.7). A finales de agosto e inicio de setiembre se realizó una campaña de más de 700 puntos de mediciones del flujo de CO₂ y H₂S que difunde en el suelo en los 3 cráteres sumitales del Turrialba con el fin de estimar el flujo total de CO₂ emitido a través de la cima del volcán y mapear las anomalías de flujo de gas y de temperatura en la parte alta del volcán.

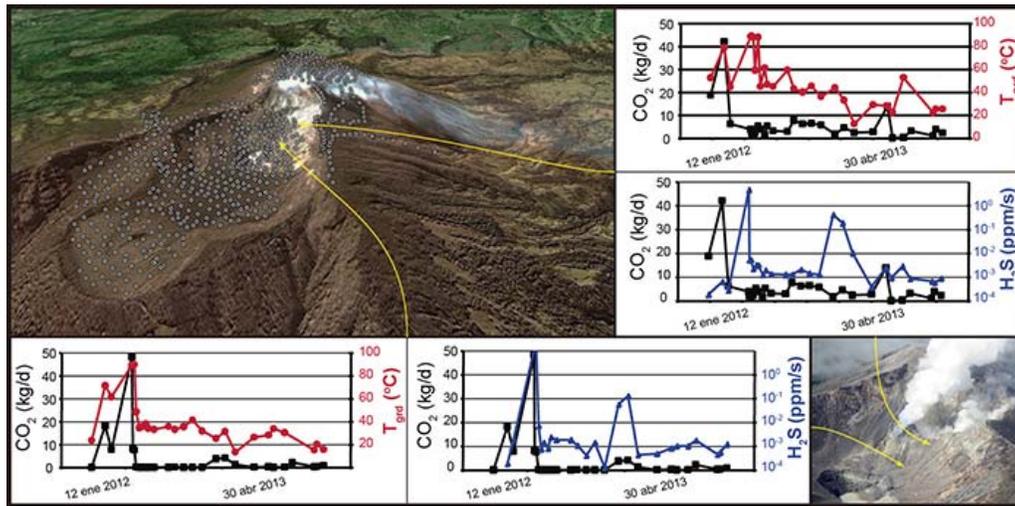


Figura 7: Evolución temporal del flujo de CO₂ y H₂S que difunden en el suelo, y de la temperatura a 10 cm de profundidad de 2 puntos en el Cráter Central desde agosto del 2011. Ubicación de estos 2 puntos sobre una foto aérea (Foto: Federico Chavarría-Kopper, el 24 de agosto del 2013) y sobre una imagen Google Earth donde se visualizan los otros 700 puntos medidos entre fin de agosto e inicio de setiembre 2013.

I_5 V.Turrialba: Otras observaciones

Por primera vez desde la emisión de cenizas del 21 de mayo del 2013, fue posible tener una buena observación de la Boca 2010. Una comparación (Fig.8) con la situación el 19 de marzo no muestra cambios en la topografía tan importantes como los que si han ocurrido en la Boca 2012. El material acumulado al fondo de la Boca se movilizó hacia la parte más baja descubriendo la parte más oculta por la pendiente del conducto. Las temperaturas medidas al inicio de agosto fueron parecidas a las de marzo, alrededor de los 600°C.

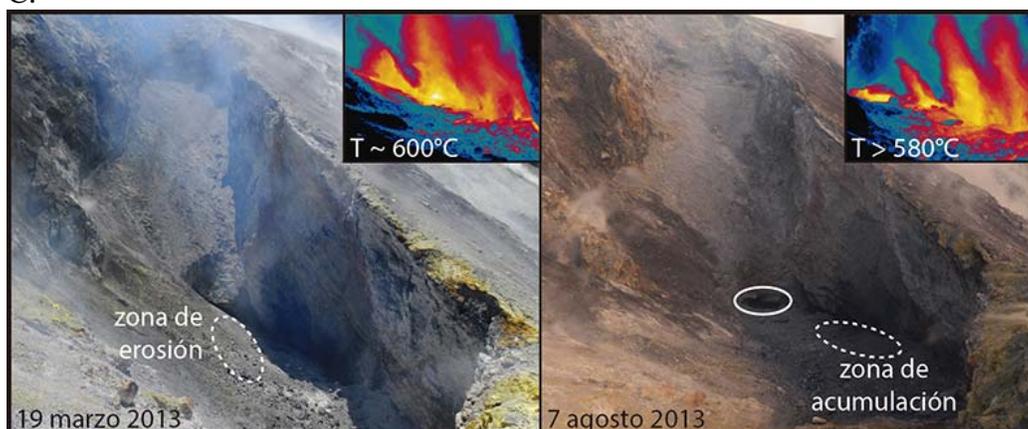


Figura 8: Comparación de fotos en el espectro visible e infrarrojo (gracias a cámara FLIR SC660) de la Boca 2010 el 19 de marzo y el 7 de agosto del 2013 (Fotos: G.Avard).

II_ Volcán Irazú

La actividad volcano-tectónica en el volcán Irazú ha disminuido considerablemente. Los sismos volcánicos de baja frecuencia (LF) se mantienen con una tasa promedio de un sismo diario. El Cráter Principal se mantiene seco desde principios del 2013 condición que no ha permitido la formación de un lago estable.

II_1 V.Irazú: Sismología

La actividad volcano-tectónica en el volcán Irazú ha disminuido considerablemente (Fig.9). Los pocos eventos registrados durante este año han ocurrido de manera aislada, con muy pocos enjambres en enero, mayo y junio. En particular, durante el mes de agosto solo se registraron 4 sismos de muy pequeña magnitud ($M_l < 2.0$).

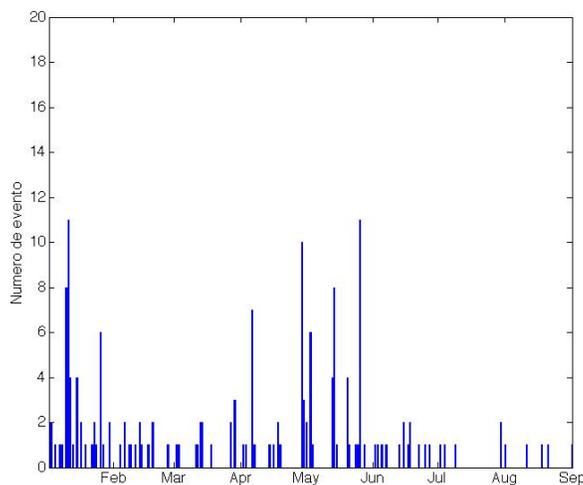


Figura 9: Número de sismos volcano-tectónicos registrados diariamente asociados al volcán Irazú durante el año 2013.

En contraste, los sismos volcánicos de baja frecuencia (LF) se mantienen con una tasa promedio de un sismo diario. En la Figura 10 se muestran las amplitudes medidas en la estación VIRE (ubicada a 5.5 km del cráter activo) y el tiempo entre eventos.

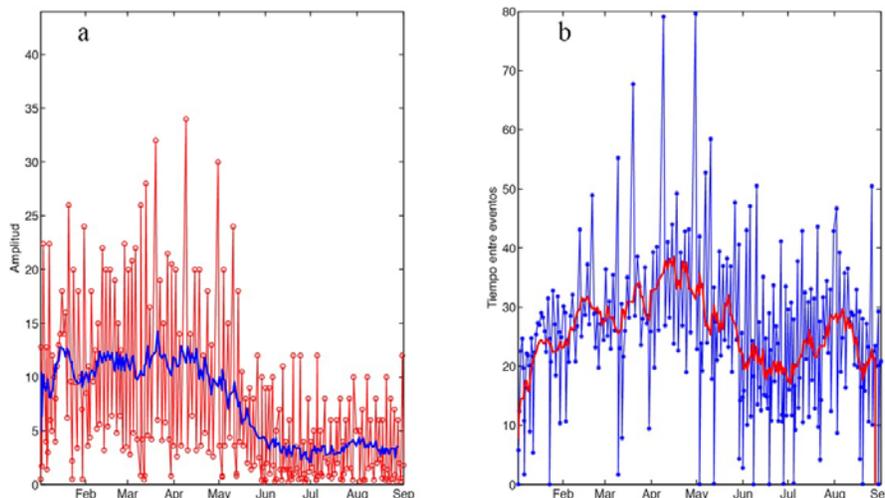


Figura 10: a) Amplitud (en micrones/segundo) de los sismos LF registrados por la estación VIRE. b) Tiempo entre eventos LF. Las líneas azul y roja muestran un promedio corrido de 5 valores.

A partir de junio las amplitudes son en promedio de 5 micrones/segundo, desaparecen las grandes variaciones como consecuencia de la perturbación provocada por el sismo de Nicoya del 5 de setiembre del 2012. Sin embargo, la amplitud promedio actual es casi la mitad de la amplitud promedio medida antes del sismo de Nicoya, por lo que se nota una disminución en la energía disponible. Los tiempos entre eventos continúan fluctuando entre 20 y 40 horas, sin presentar una estabilización del sistema. Como estos sismos son provocados por la dinámica del sistema hidrotermal, es probable que los tiempos entre eventos estén dominados por las filtraciones de agua meteórica dentro del sistema hidrotermal.

II_2 V.Irazú: Observaciones en el Cráter Principal

Desde principios del 2013, el Cráter Principal se encuentra seco (Fig.11) lo que no permite la formación de un lago como en décadas pasadas. No se registraron anomalías térmicas el 23 de agosto del 2013 en el fondo del cráter (medición remota a través de una cámara térmica FLIR SC660).



Figura 11: Foto aérea de los cráteres principales del volcán Irazú el 24 de agosto del 2013 (Foto: Federico Chavarría-Kopper) y vista ampliada del fondo seco del Cráter Principal (el 23 de agosto del 2013 (Foto insertada: G.Avard).

III_ Volcán Poás

El volcán Poás mantiene una actividad sísmica estable, contabilizando menos de 100 sismos de baja frecuencia diarios en lo que va del año de 2013, y menos de 10 erupciones freáticas pequeñas mensuales. La temperatura de las fumarolas se mantiene arriba de los 400°C y los parámetros monitoreados en el lago se mantienen a niveles parecidos al año anterior (nivel, temperatura, pH...).

III_1 V.Poás: Sismología

El volcán Poás mantiene una actividad sísmica estable (Fig.12), contabilizando menos de 100 sismos de baja frecuencia diarios en lo que ha transcurrido del año 2013, y menos de 10 erupciones freáticas mensuales (aquellas que se han podido identificar como tales).

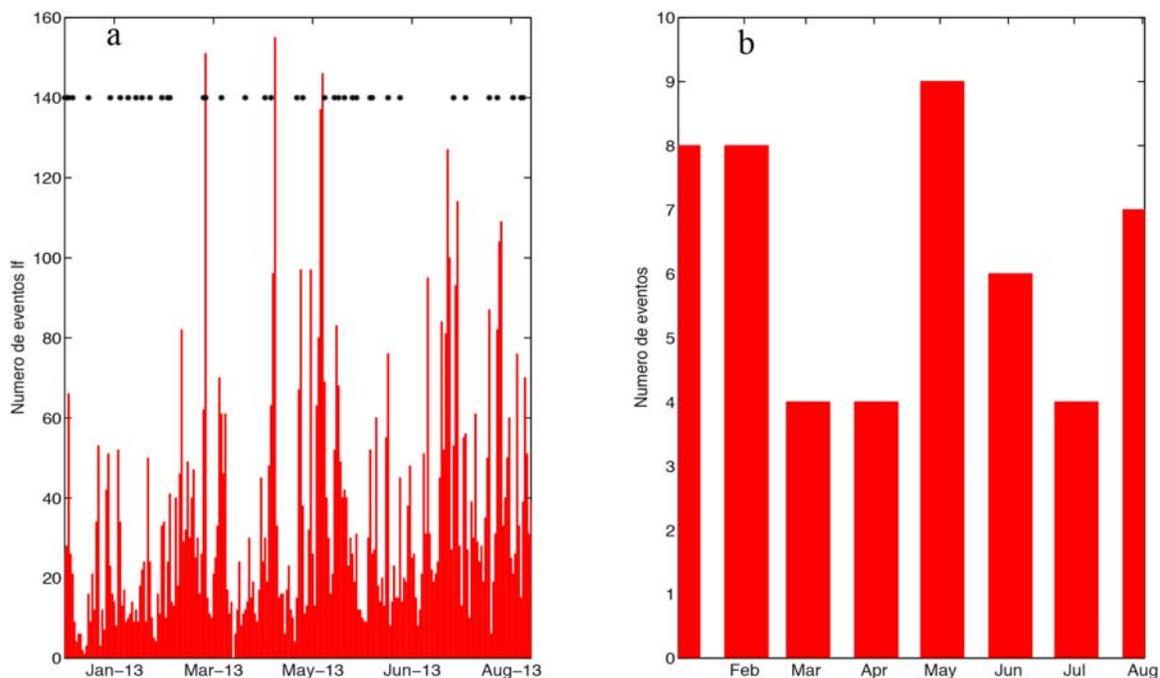


Figura 12: a) Número de eventos de baja frecuencia (LF) registrados diariamente por la estación CRPO, ubicada a 0.5 km del cráter activo. Los asteriscos muestran las erupciones freáticas identificadas sísmicamente. b) Número de erupciones freáticas mensuales identificadas sísmicamente.

Igualmente, la actividad volcano-tectónica se mantiene baja, con sismos de pequeña magnitud, localizados muy superficialmente bajo el cráter activo. Toda la actividad sísmica se concentra muy superficialmente, dentro de la región donde se ubica el sistema hidrotermal.

El día 20 de agosto a las 11:15 am (hora local) se registró una erupción freática, cuyo sismograma se muestra en la Figura 13. Esta erupción fue observada por el Dr. Geoffroy Avarad mientras realizaba mediciones en el volcán. La altura de la columna se estima entre 10 y 15 metros. La amplitud reducida de la señal sísmica, medida en la estación CRPO (a 0.5 km de distancia del centro del cráter activo) fue de 0.3 cm^2 .

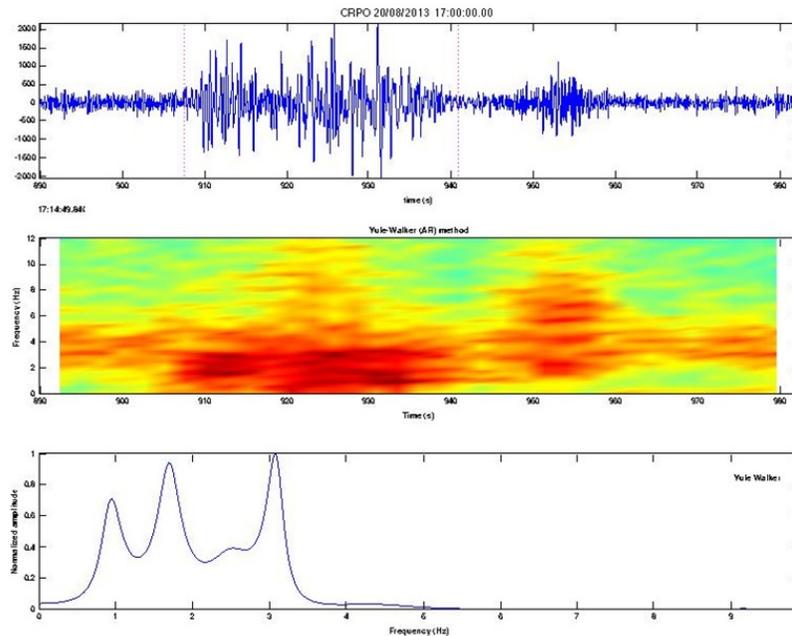


Figura 13: Registro de la erupción freática del 20 de agosto en la estación CRPO.

III_2 V.Poás: El criptodomo

III_2.1 Mediciones geoquímicas

Desde marzo del 2013 se utiliza una estación MultiGAS portátil del INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italia) para probar su potencial en un futuro programa de vigilancia de los gases que se está desarrollando actualmente. La Figura 14 muestra que el índice CO_2/SO_2 está entre 0.3 y 0.9, valores que están mucho más abajo de las valores (1-15) obtenidas a partir de las composiciones medidas en 2003 y publicadas por *Zimmer et al* [2004]. El Flujo de SO_2 medido en marzo del 2013 fue de 124 ± 23 toneladas/día, un valor un poco elevado comparado con los flujos medidos durante periodos de menos actividad con gases con temperaturas más bajas (10-100 toneladas de SO_2 /día; *Martínez* 2008).

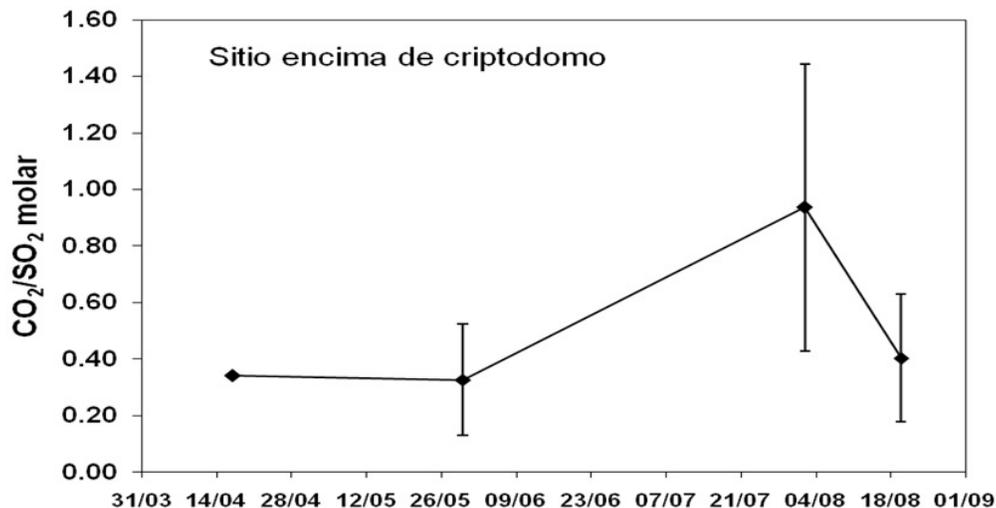


Figura 14: Evolución del índice CO_2/SO_2 en la pluma del volcán Poás desde marzo del 2013

III_2.2 Otras observaciones

La temperatura máxima medida en las fumarolas del criptodomo se mantiene con valores arriba de los 400°C aunque presentó un descenso al fin del mes (el 20 de agosto) que no se puede achacar a condiciones ambientales (Fig.15).

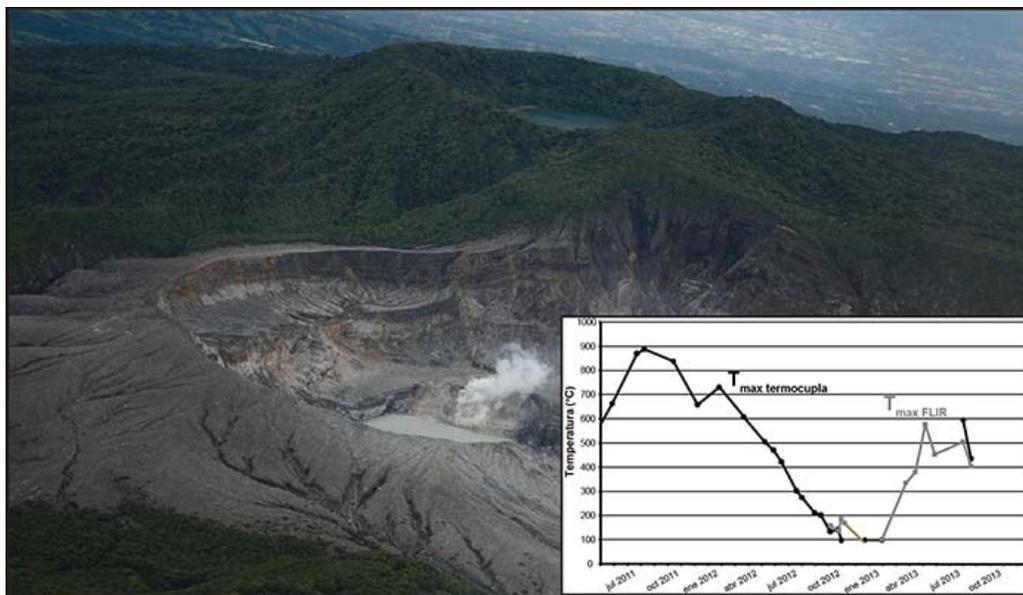


Figura 15: Evolución de la temperatura máxima medida sobre el criptodomo medidas con termocupla y con una cámara FLIR SC660, y foto aérea donde se ve el sector norte activo del criptodomo (Foto: Federico Chavarría-Kopper, el 24 de agosto del 2013)

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

III_3.1 Mediciones geoquímicas

A pesar de una actividad freática esporádica y moderada, la temperatura y el pH del lago se mantienen en valores parecidos a los registrados en el transcurso del año, alrededor de los siguientes valores medidos en condiciones de laboratorio: 42°C (Fig.16), pH= 0.10, y 289 mS/cm, respectivamente (Fig.17).

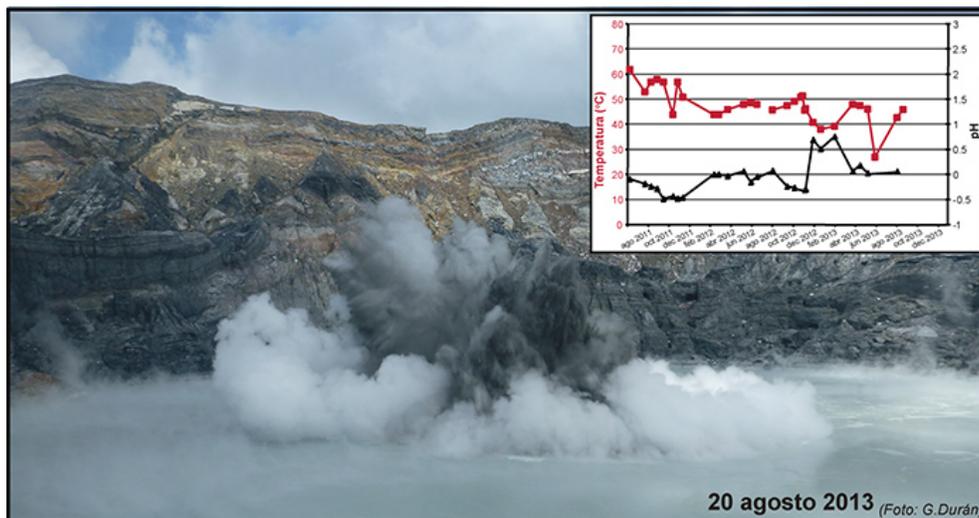


Figura 16: Evolución de la temperatura y del pH (medidos directamente en el campo) del lago del Cráter Principal del volcán Poás durante los 2 últimos años, y foto de una erupción freática el 20 de agosto del 2013 (Foto: Gabriel Durán)

Es interesante notar que entre abril y noviembre del 2011 el lago registró valores de conductividad eléctrica que excedieron los 500 mS/cm, superando el límite de capacidad de medición del potenciómetro que utilizamos para aguas super salinas. Por esta razón en la Figura 17 no se muestran datos de conductividad entre abril-noviembre 2011. Es justo dentro de este periodo cuando se registra un incremento importante en el número de erupciones freáticas en el lago y un alto flujo de calor y gases magmáticos principalmente a través del criptodomo..

El alto flujo de calor a través del criptodomo produjo incandescencia que duró desde julio hasta octubre 2011. La Figura 17 muestra en general un cambio radical en las condiciones del lago del Poás a partir de marzo del 2005: temperaturas hasta de 62°C, conductividad eléctrica superior a 500 mS/cm, potencial eléctrico > 480 mV, y valores de pH negativos tan bajos como pH = -0.72. En marzo del 2005 se observó fuerte actividad convectiva y el transporte a la superficie del lago de grandes cantidades de azufre fundido con inusuales esférulas de azufre ricas en piritas (sulfuros metálicos). Un año más tarde, el 23 de marzo del 2006 se inició un nuevo ciclo de actividad freática en el lago del Poás el cual continua hasta el día de hoy aunque de manera mucho más moderada. Las condiciones físico-químicas actuales del lago indican la influencia de un aporte importante de energía térmica y de volátiles magmáticos desde un cuerpo magmático que parece haber intruído en algún momento a mediados de los años 2000.

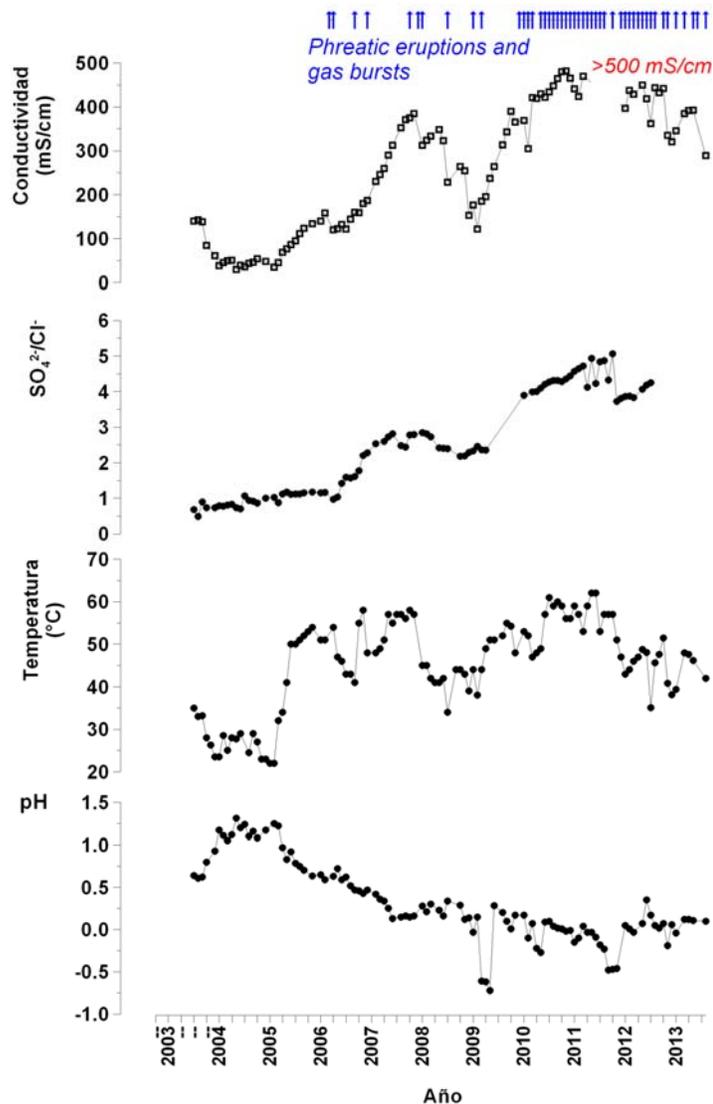


Figura 17: Serie de tiempo de pH_{Lab} (acidez), temperatura, la razón SO_4^{2-}/Cl^- , y conductividad eléctrica σ_{Lab} de las aguas del lago ultraácido del Poás entre enero 2003 y agosto 2013. Los valores de pH y la conductividad eléctrica reportados fueron medidos a temperatura ambiente en el laboratorio ($23 \pm 2^\circ C$). Las flechas azules indican los meses en que se han observado explosiones hidrotermales en el lago. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas" del OVSICORI-UNA.

III_3.2 Otras observaciones

El nivel del lago sigue la misma tendencia que el año pasado y se encuentra un poco más arriba del nivel del mes de agosto del 2012 (Fig.18).

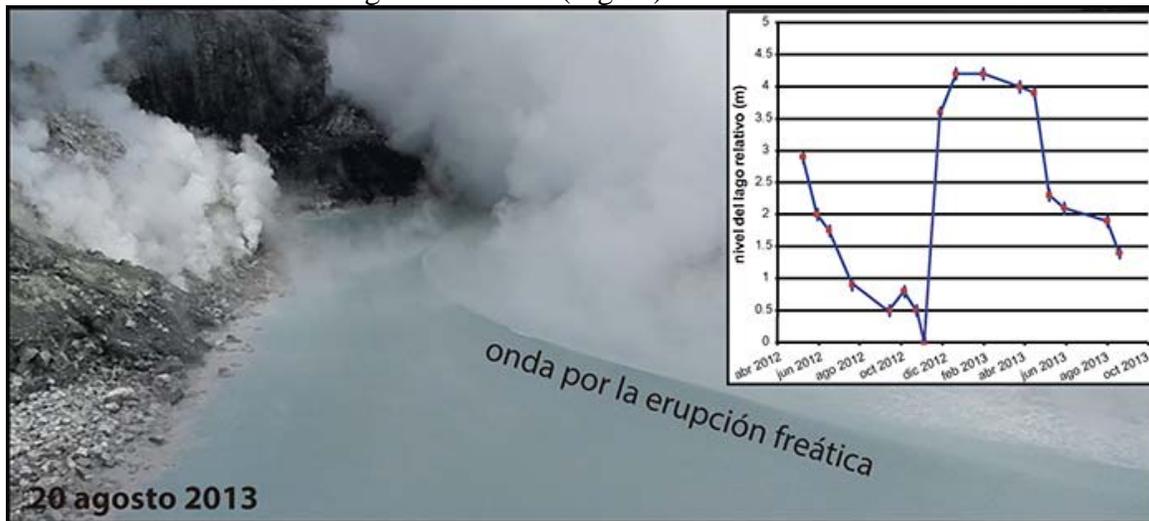


Figura 18: Evolución del nivel relativo del lago del Cráter Principal del Volcán Poás, y foto del tren de ondas generadas por una erupción freática el 20 de agosto del 2013 (Foto: G.Avard)

IV_ Volcán Arenal

Se reportó una pluma notable al inicio de setiembre debido a las condiciones ambientales.

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.19). 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 interactuar 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.

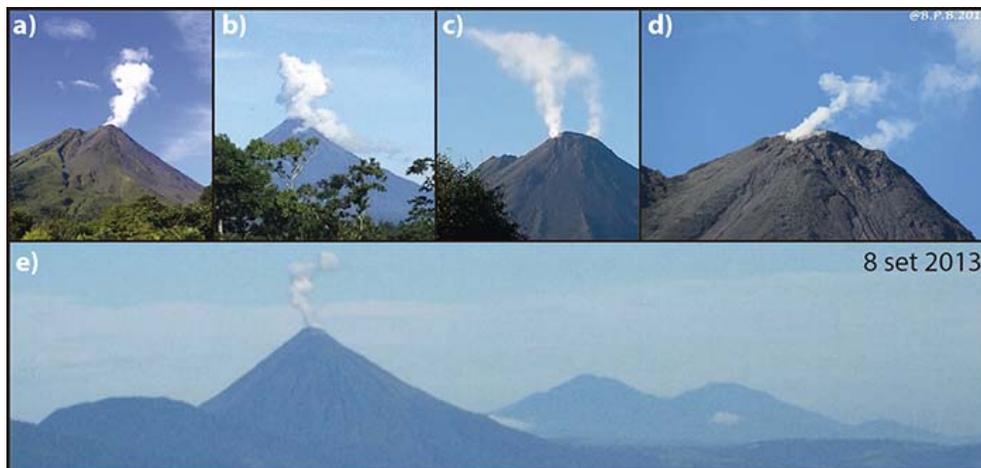


Figura 19: Fotos de la pluma en la cima del volcán Arenal el 8 de setiembre del 2013. a) Vista desde el Hotel Los Lagos a las 6:00 a.m. (crédito: Srta. Ingrid Zamora Cascante), b) Foto desde Caimitos Florencia de San Carlos (crédito: Alina Gamboa), c) El Arenal el 9 de setiembre alrededor de las 6 a.m. 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).

V_ Complejo Platanar-Porvenir

El 4 de agosto, 2013, se registró un pequeño enjambre de sismos tectónicos dentro del edificio volcánico del complejo Platanar-Porvenir, ubicado al noroeste del volcán Poás. Se pudieron localizar 7 sismos con profundidades someras (menos de 10 km) y magnitudes entre 2 y 4, con ubicación hacia el suroeste del volcán Porvenir (Fig.20). El origen de la sismicidad es tectónico por la activación de una falla local.

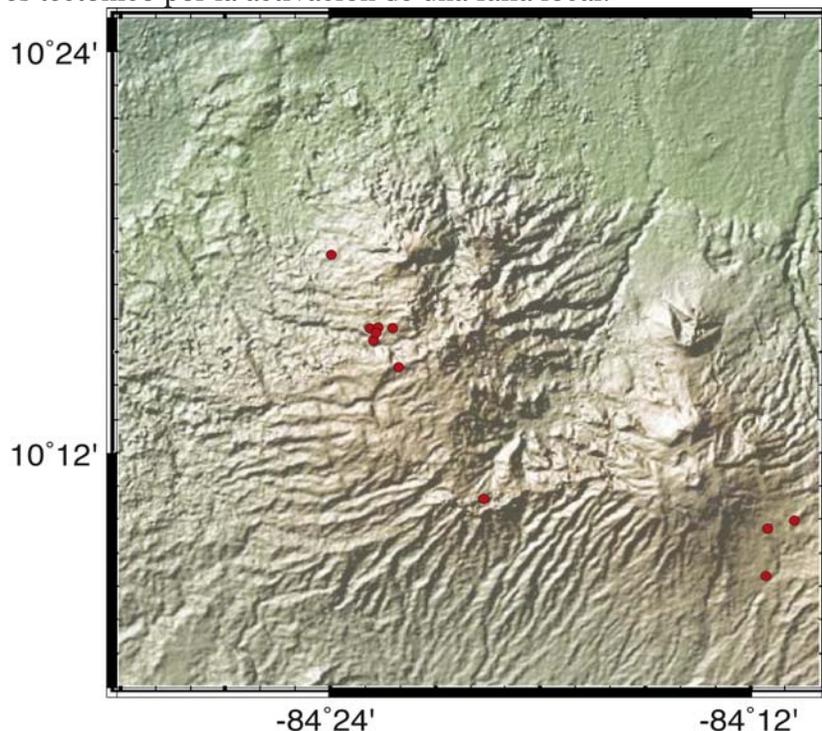


Figura 20: Mapa del complejo Platanar-Porvenir con los sismos localizados durante el mes de agosto, 2013 (puntos rojos).

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.

Bibliografía

- Burton M., Allard P., Mure F., y La Spina A. (2007) Magmatic gas composition reveals the source depth of slug-driven Strombolian explosive activity. *Science*, 317, 5835, 227-230.
- Fischer T.P. (2008) Fluxes of volatiles (H₂O, CO₂, N₂, Cl, F) from arc volcanoes. *Geochem. J.*, 42, 21-38.
- Lesage P. (2009) Interactive Matlab software for the analysis of seismic volcanic signals. *Computers and Geosciences*, 35, 2137-2144.
- Martínez M. (2008) Geochemical evolution of the acid crater lake of Poás volcano (Costa Rica). *Ph.D thesis*, Universiteit Utrecht.
- Putirka K.D. (2008) Thermometers and barometers for volcanic systems. In *Minerals, Inclusions and Volcanic Processes*. Ed. K.D. Putirka and F.J. Tepley, 61-120, *the Mineral. Soc. Of Am.*, Chantilly, Va.
- Reagan M.K., Rowe M.C., Duarte E. y Fernández E. (2011) Juvenile glass fragments in phreatic explosion debris from Turrialba Volcano, Costa Rica. Goldschmidt poster.
- Zimmer M.M., Fischer T.P., Hilton D.R., Alvarado G.E., Sharp Z.D., y Walker J.A. (2004) Nitrogen systematics and gas fluxes of subduction zones: Insights from Costa Rica arc volatiles. *Geochem. Geophys. Geosystems*, 5, 5.

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>