

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



El volcán Turrialba visto desde la cima del volcán Irazú. A la izquierda, el volcán Cerro Alto Grande (Foto: G. Avar, 27 oct 2013), y mediciones de distancias por E. Hernández en la cima del volcán Turrialba (Foto: M. de Moor, 27 oct 2013).

Elaborado por:

Dr. Geoffroy Avar, Dr. Maarten de Moor, Dr. Javier Fco. Pacheco Alvarado,
Dra. María Martínez Cruz

Con contribuciones de:

Wendy Sáenz Vargas y Jackeline Soto Cruz

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

Resumen de la actividad para el mes de octubre del 2013

V.Turrialba:

Tanto la sismicidad como los niveles de energía sísmica liberada por el volcán Turrialba se mantuvieron muy constantes durante el mes de octubre, con valores superiores al mes de setiembre, pero menores al mes de julio de este año. Los tremores se presentaron agrupados en períodos cortos que forman bandas de tremor o tremor bandeado. También se registraron 5 sismos volcánicos del tipo tornillo que se atribuyen al paso de fluidos, principalmente agua del sistema hidrotermal, por grietas y su interacción con los gases magmáticos. El flujo de gas SO₂ se mantiene relativamente estable y bajo, la temperatura y el índice CO₂/SO₂ en la Boca 2012 parecen aumentar gradualmente. No se observa nueva actividad profunda que pudiera estar asociada con nuevas intrusiones magmáticas, ni se observa en los patrones sísmicos ascenso de magma. Así, las características de la actividad del volcán Turrialba durante este mes, están principalmente atribuidas a la interacción de gases magmáticos con el sistema hidrotermal somero.

V.Irazú:

El Cráter Principal se mantiene seco, las anomalías térmicas en el flanco norte externo (“Cueva de los Minerales”) se mantienen estables.

V.Poás:

La actividad en el volcán Poás es muy estable con fumarolas a ~200°C en el criptodomo y el lago ultraácido a más de 45°C con un nivel estable y pequeñas erupciones freáticas esporádicas. El actual ciclo de actividad freática que se ha prolongado ya por ca. 8 años (marzo 2006-octubre 2013), se ha caracterizado por explosiones hidrotermales esporádicas y un lago ultraácido con un aumento sistemático y sostenido de la razón SO₄²⁻/F⁻ que indica la inyección de gases magmáticos ricos en especies azufradas (SO₂, H₂S) hacia el lago.

V.Arenal:

La depositación total en las proximidades del volcán Arenal continua siendo de naturaleza ácida (pH≤5.6). El perfil temporal de pH muestra una tendencia de la depositación a ser cada vez menos ácida, siendo consistente con la reducción significativa de la actividad magmática del volcán. La fuente termal Tabacón presenta condiciones estables en los últimos ca. 3 años, a pesar de cambios significativos observados en las propiedades físico-químicas a mediados del año 2010.

I_ Volcán Turrialba

I_1 V.Turrialba: Sismología

Tanto la sismicidad como los niveles de energía sísmica liberada por el volcán Turrialba se mantuvieron muy constantes durante el mes de octubre, con valores superiores al mes de setiembre, pero menores al mes de julio de este año. Las fluctuaciones se deben principalmente a la ocurrencia de episodios de tremor de amplitud moderada.

Durante la mayor parte del mes de octubre se contabilizan menos de 200 sismos diarios. Estos son sismos volcánicos que se pueden reconocer individualmente en los sismogramas (Fig.1). Sin embargo, en 6 ocasiones se registran más de 200 sismos por día, contabilizándose hasta 370 eventos el 2 de octubre, cuando se presentó la mayor actividad

sísmica del mes. El día 2 de octubre se registró el sismo de mayor amplitud, un sismo del tipo VLP (de período largo) con un desplazamiento reducido de 30 cm^2 .

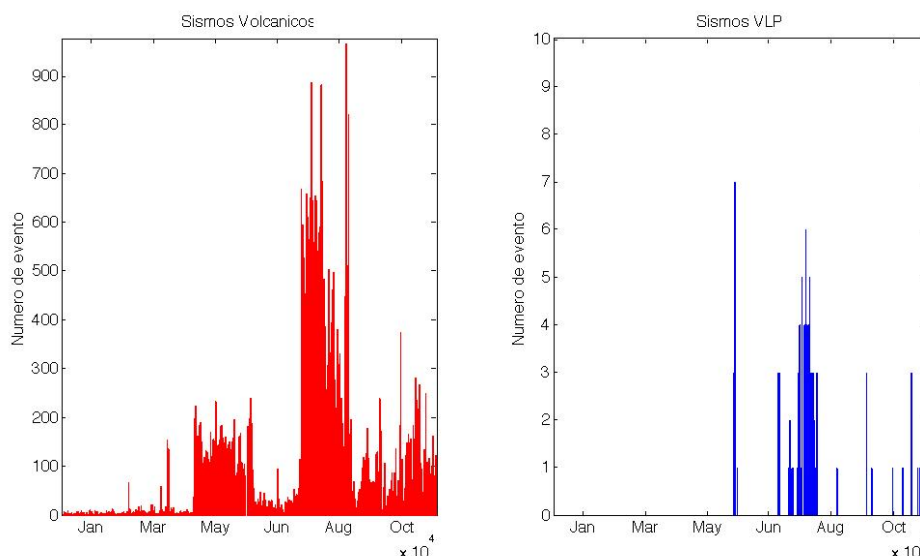


Figura 1. Número de sismos volcánicos registrados durante el año 2013. La figura de la derecha muestra el número de sismos VLP registrados durante el mismo año.

La energía sísmica liberada, medida como la raíz cuadrática media de la amplitud, promediada por día (Fig.2), se mantuvo con valores menores a los alcanzados en junio de este año, pero con fluctuaciones. Estas fluctuaciones se deben a la presencia de sismos y episodios de tremor con amplitud moderada a grande.

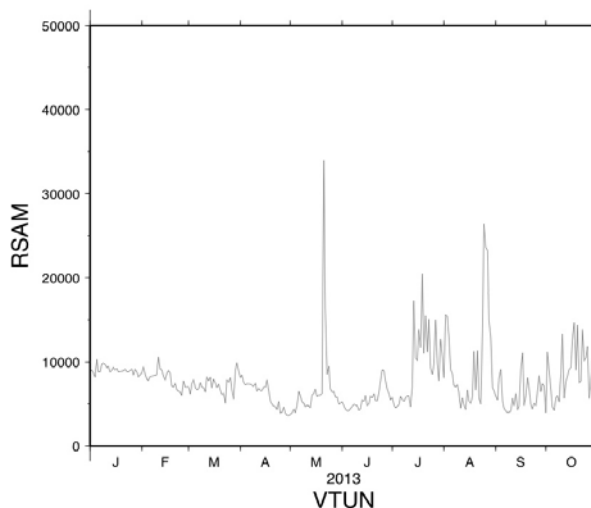


Figura 2. Valores de RSAM medidos en la estación VTUN del volcán Turrialba durante el año 2013.

Los tremores se presentaron agrupados en períodos cortos que forman bandas de tremor o tremor bandedo como lo muestra la Figura 3. La Figura 3 es un sismograma compuesto por 10 días, entre el 10 de octubre y el 20 de octubre. Cada línea en este sismograma representa 2 horas de registro en la estación sísmica VTUN, la cual se encuentra a 0.5 km del cráter activo del volcán.

En el mes de octubre se registraron 5 sismos volcánicos del tipo tornillo. Estos sismos monocromáticos muestran frecuencias de 5.7 Hz y valores de Q , o decaimiento de la señal, menores a 50, por lo que se atribuyen al paso de fluidos, principalmente agua del sistema hidrotermal, por grietas y su interacción con los gases magmáticos.

A inicios de octubre los sismos dominantes son sismos de baja frecuencia (LF) y tremores. Conforme avanza el mes desaparecen los sismos LF, los tremores disminuyen en amplitud y duración, dando paso a tremores y eventos volcánicos de baja amplitud, corta duración y frecuencias dominantes entre 5 y 15 Hz.

Se mantiene el análisis y la interpretación presentados durante los meses precedentes: la actividad sísmica en el volcán Turrialba se confina al sistema hidrotermal. No se observa actividad sísmica profunda asociada a nuevas intrusiones magmáticas, ni se observa en los patrones sísmicos ascenso de magma.

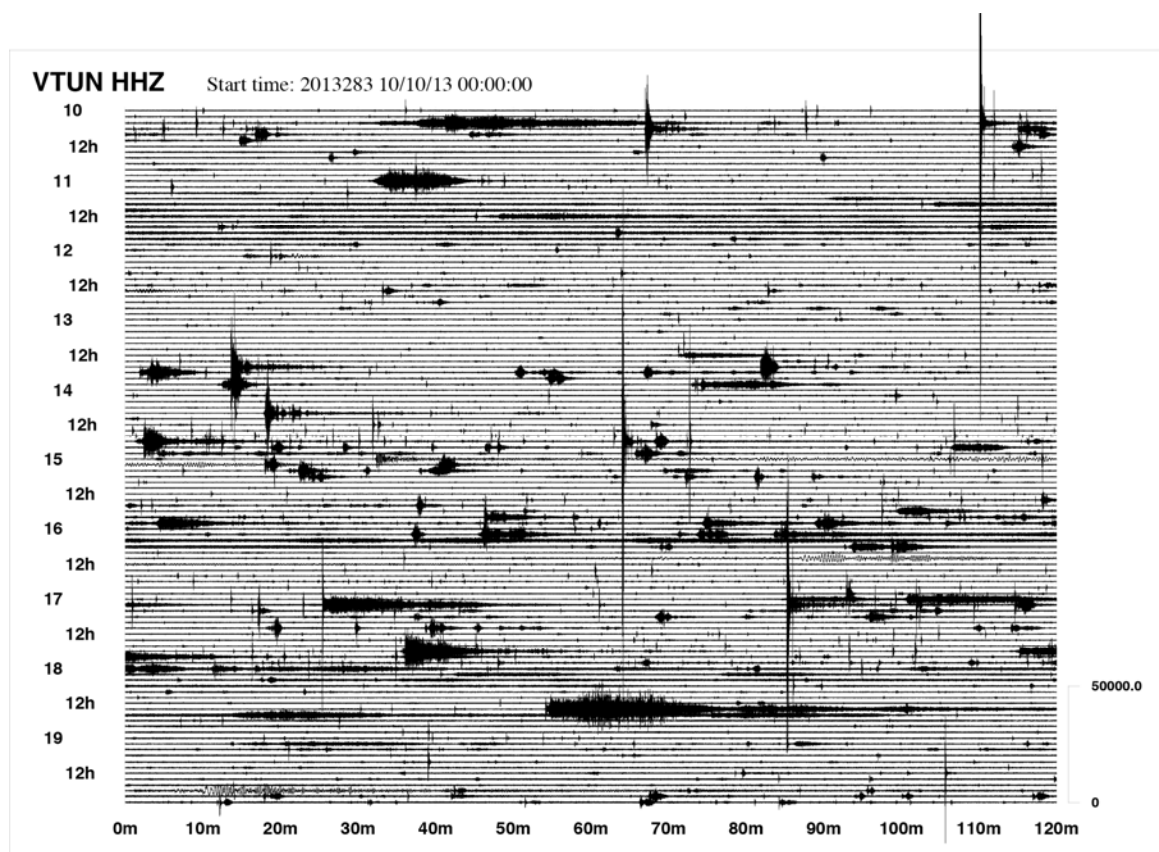


Figura 3. Sismograma del 10 al 20 de octubre, 2013 con varios episodios de tremor bandedado con algunos sismos VLP de gran amplitud.

I_2 V. Turrialba: Deformación

En octubre 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

La temperatura de la Boca 2012 (la cual bajó ~200°C al fin de julio) parece aumentar progresivamente desde entonces (Fig.4).

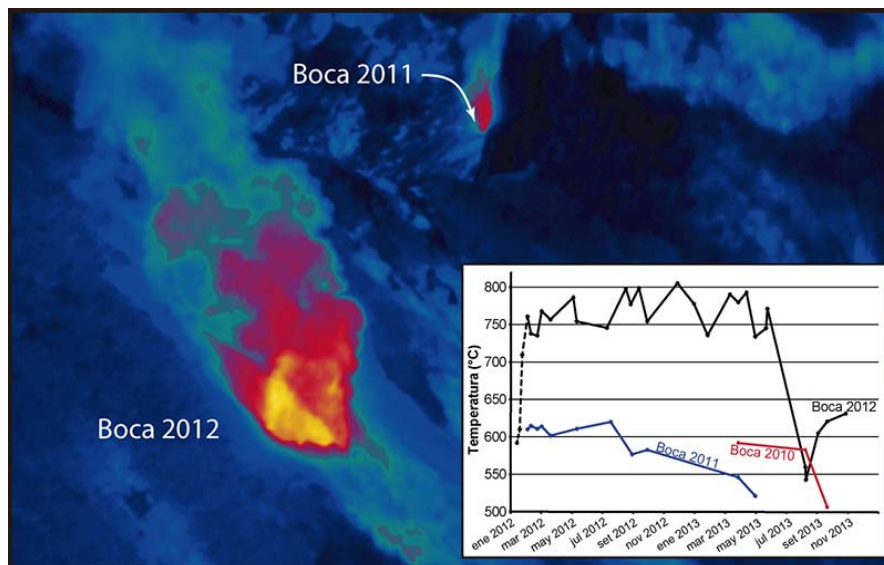


Figura 4. Termograma infrarrojo de la pared este del Cráter Oeste con vista de la Boca 2012 y los gases de la Boca 2011, y evolución de la temperatura para las 3 bocas principales desde el inicio del 2012. Nótese la bajada de 200°C en la Boca 2012 a finales de julio 2013.

I_3.2 Monitoreo de los gases

I_3.2.1 Pluma de gases: Monitoreo remoto

Se encuentra una correlación muy buena entre los datos de flujo de SO₂ medidos en las 2 estaciones mini-DOAS permanentes que monitorean el SO₂ en la pluma del volcán Turrialba (Fig.5). En octubre, el flujo máximo fue de ~1,300 t/d el 28 de octubre y el promedio para el mes fue alrededor de 500 t/d. Estos valores son parecidos a los observados hace un año atrás (~400t/d para el promedio de octubre 2012).

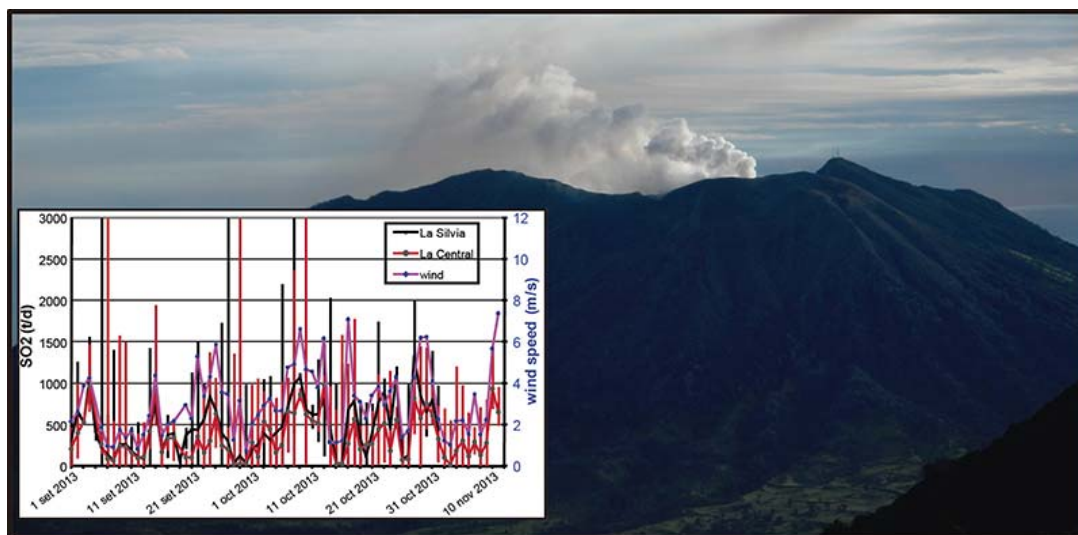


Figura 5. Evolución del flujo de SO₂ monitoreado por 2 estaciones mini-DOAS permanentes y correlación con datos de velocidad del viento usados para el cálculo del flujo. Foto de la pluma desde el volcán Irazú (Foto: G.Avard, 27 oct 2013).

Por otra parte, la masa de gas dióxido de azufre, SO_2 , emitido por el volcán y detectada remotamente por los instrumentos OMI del satélite AURA de la NASA, continúa registrando valores muy bajos en el transcurso del 2013, alrededor de 70 toneladas de SO_2 por día con un máximo de 650 toneladas por día y un mínimo de 2 toneladas por día (Fig.6). Estos valores dependen en gran medida de las condiciones meteorológicas que limitan las mediciones satelitales como la cobertura de nubes y la altura de la pluma volcánica.

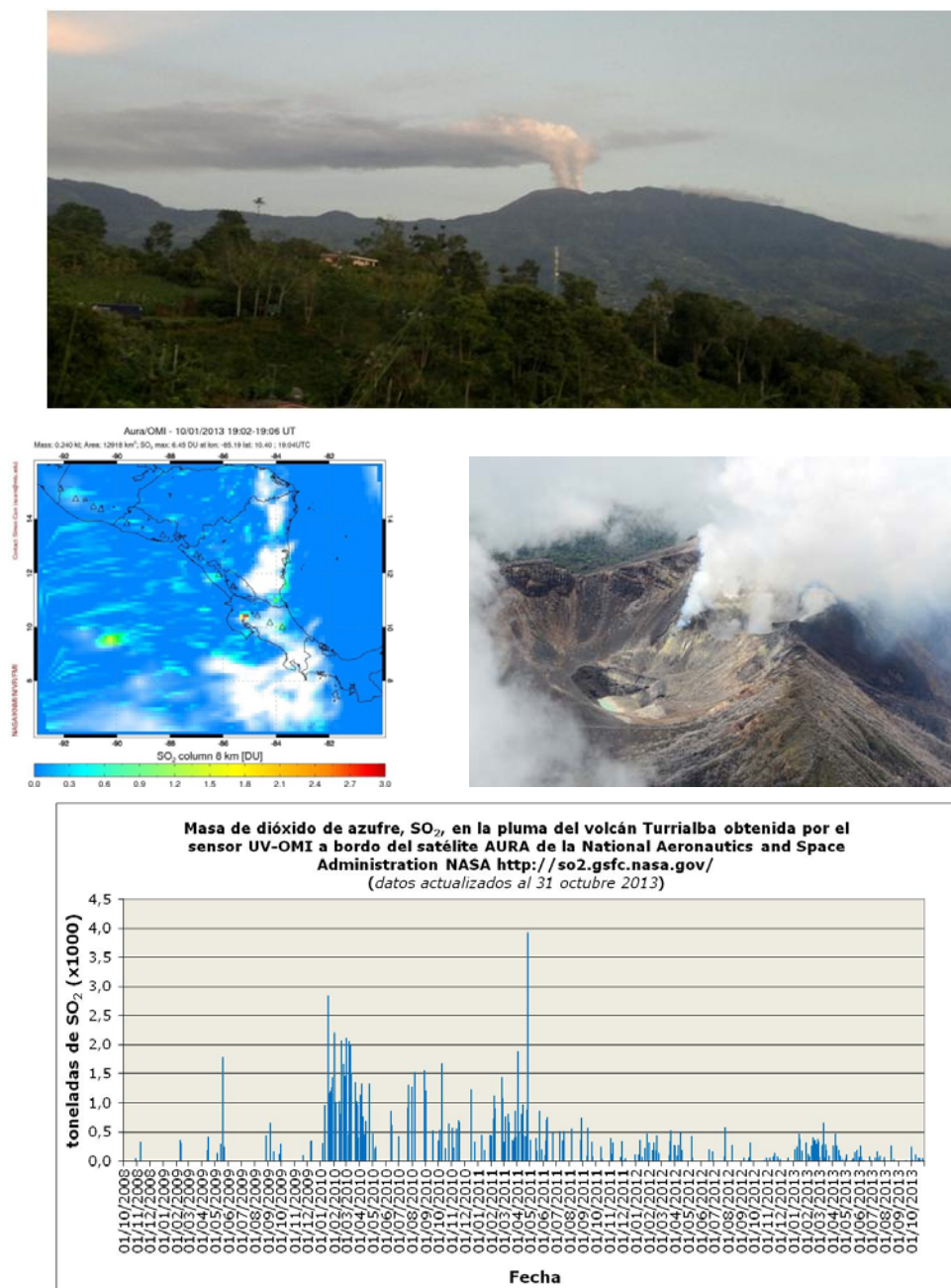
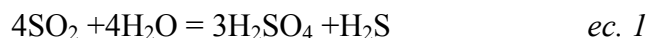


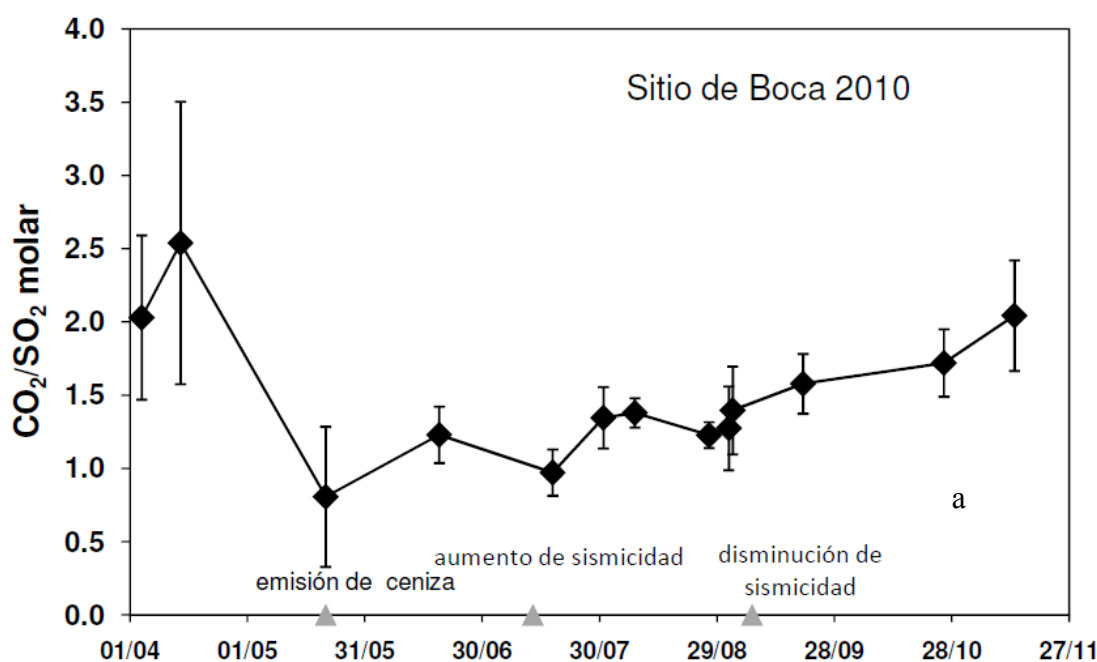
Figura 6. Pluma de dióxido de azufre, SO_2 , emitida por el volcán Turrialba detectada por el sensor UV-OMI a bordo del satélite AURA de la NASA (colores artificiales rojo-amarillo-verde), el 1 octubre del 2013. La pluma de gas se desplaza a una altura entre 3-5 km hacia la Península de Osa y el Océano Pacífico Costa Rica. Imagen satelital: <http://so2.gsfc.nasa.gov/>. El gráfico inferior, la masa de SO_2 en la pluma del Turrialba inferida de las imágenes OMI-AURA de los últimos 6 años. Los datos de masa de SO_2 corresponden al total detectado por el instrumento OMI cuando el satélite AURA sobrevuela la región de América Central entre las 18:00-19:00 UTC. La información no está corregida respecto al nivel "de fondo" de SO_2 atmosférico. Fuente: <http://so2.gsfc.nasa.gov/>

I_3.2.2 Pluma de gases: Monitoreo in situ con sistema MultiGAS

La Figura 7a muestra la evolución de CO_2/SO_2 en la pluma de Turrialba. Esta razón, clave del monitoreo de la composición de los gases, ha aumentado a niveles cerca de los valores observados antes de la última emisión de ceniza en mayo de este año. La razón de $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ aumenta también (Fig.7b). Ambos cambios sugieren que la interacción entre los gases magmáticos y el sistema hidrotermal está aumentando desde la última emisión de ceniza, porque de la reacción entre SO_2 y H_2O se forma H_2S :



La proporción de H_2/SO_2 no ha cambiado desde agosto (Fig.7c), lo que sugiere que las tendencias en CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ no son artefactos instrumentales (por ejemplo el deterioro del sensor de SO_2) sino cambios reales en la composición de la pluma volcánica.



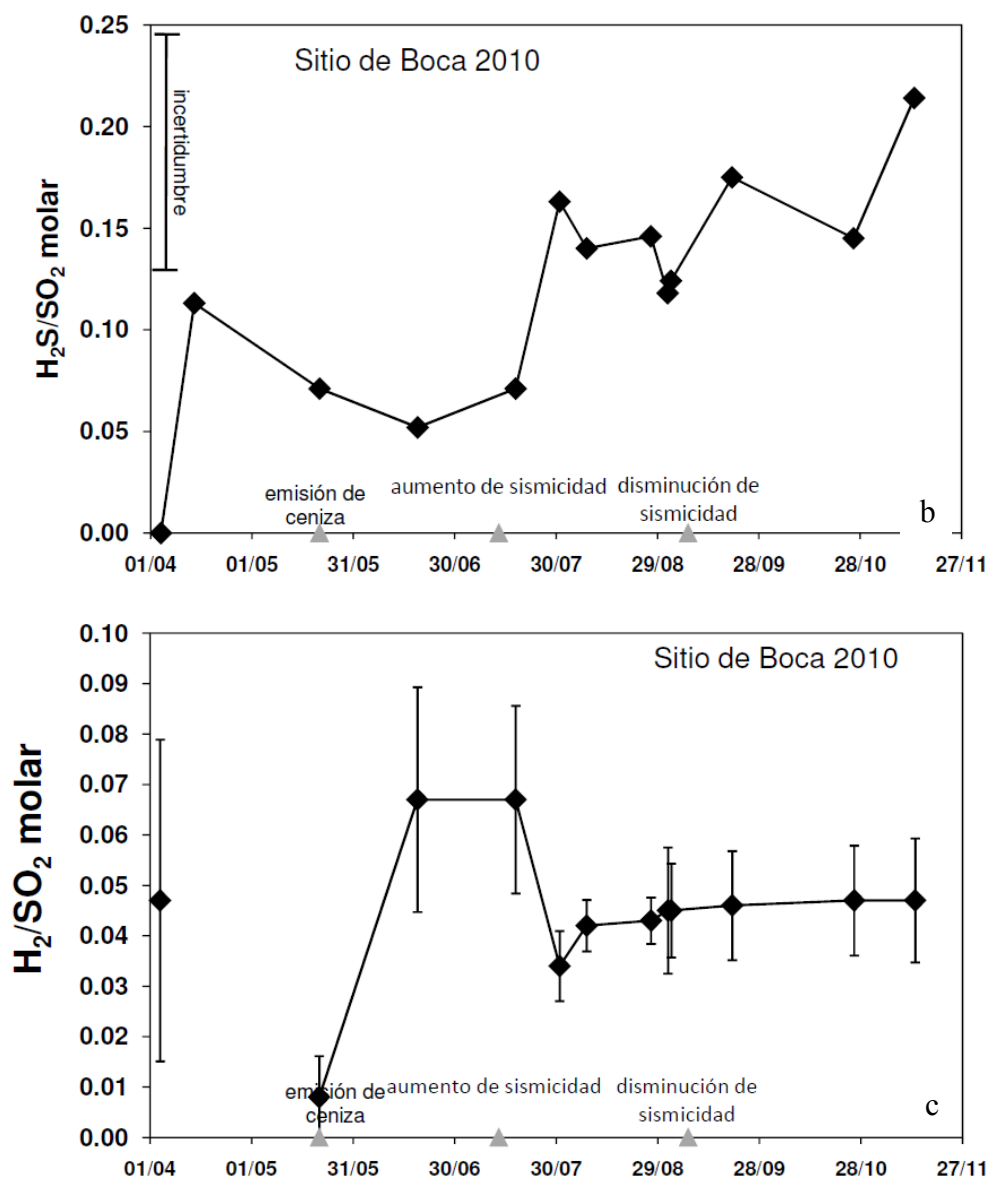


Figura 7. Evolución de índices de gases en la pluma del volcán Turrialba desde marzo del 2014 a partir de mediciones in situ gracias a una estación multigas portátil del INGV: a) CO_2/SO_2 , b) H_2S/SO_2 , y c) H_2/SO_2

1_3.2.3 Gases difusos en los suelos de la cima del Turrialba

El flujo que difunde a través del suelo en la región central de la cima del volcán, muestra un leve aumento para el CO_2 en algunos sitios en el sector este del Cráter Oeste (Fig.8), no así para el flujo de H_2S y tampoco la temperatura del suelo muestra ninguna anomalía a 10 cm de profundidad.

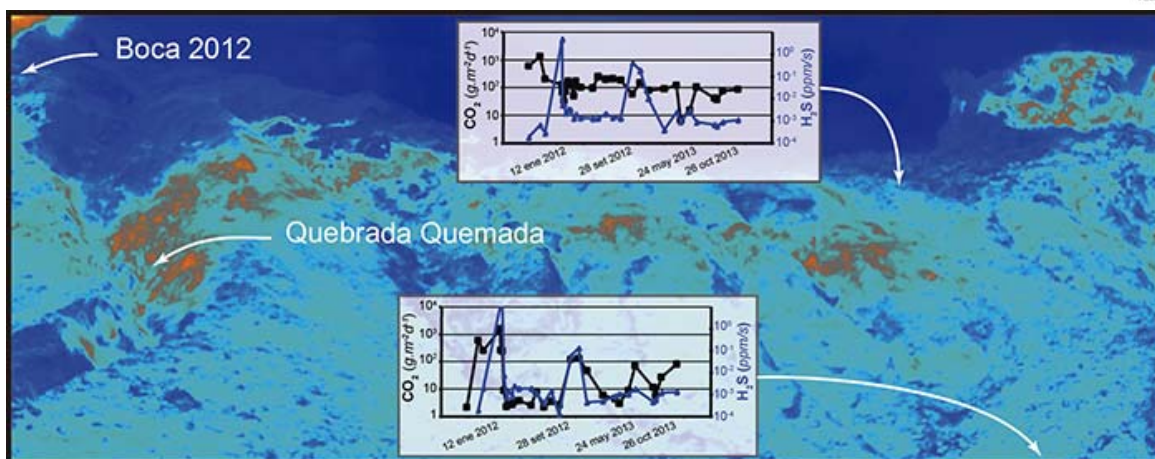


Figura 8. Termograma infrarrojo de la pared este del Cráter Oeste y evolución de los flujos de CO_2 y H_2S que difunden a través del suelo para 2 sitios monitoreados regularmente.

I_3.3 Monitoreo de la depositación total ácida (húmeda + seca)

Los gases y partículas volcánicas son transportados desde la atmósfera hacia la superficie terrestre mediante la depositación húmeda y seca (la lluvia es una de las formas de depositación húmeda) afectando flora y fauna, suelos, cuerpos de agua superficiales, infraestructura, salud humana y animal, actividades económicas, etc. Depositación total ácida con $\text{pH} \leq 5.6$ se ha venido registrando en las inmediaciones del volcán Turrialba desde el año 2007, cuando el volcán despertó luego de casi 150 años de reposo. Aunque el flujo de gases magmáticos emitidos por el volcán hacia la atmósfera se ha mantenido bastante bajo en el 2013 relativo a los altos flujos observados en el 2010-2011, el Turrialba continua emitiendo una cantidad considerable de vapores y gases volcánicos ácidos a la atmósfera, tal y como se observa en los valores de pH (<4) de las lluvias recolectadas en el 2013 en lugares como La Central, La Silvia, la Caseta de Guardaparques, y el Mirador de Visitantes, localizados en las proximidades del volcán (0.5-2.6 km) (Fig.9).

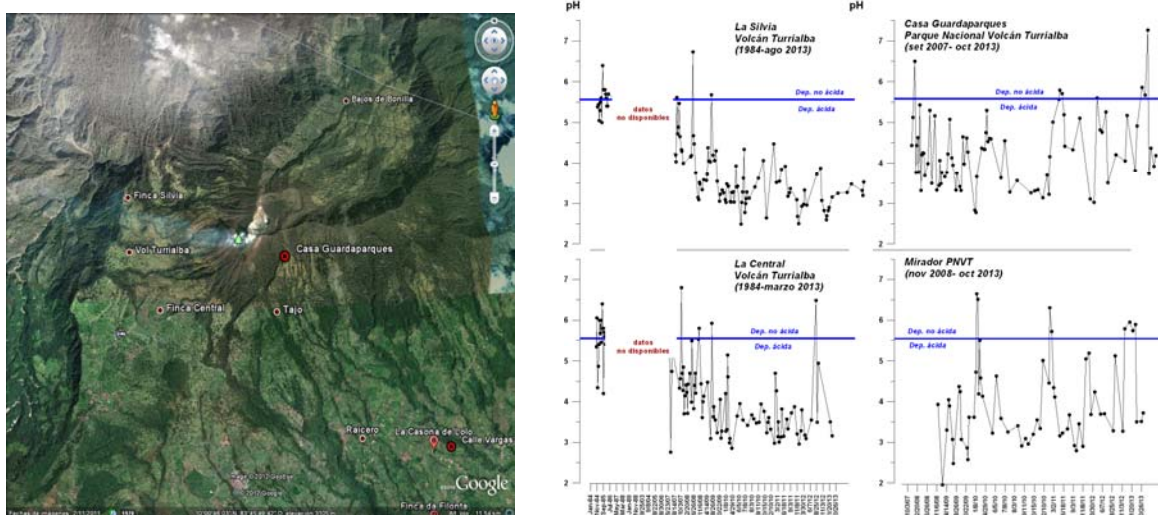


Figura 9. pH (acidez) de la depositación total recolectada en La Central, La Silvia, Mirador de Visitantes y Caseta de Guardaparques, todos sitios ubicados en las inmediaciones del Cráter Oeste del volcán Turrialba. Valores de $\text{pH} \leq 5.6$ corresponden a lluvia ácida (línea azul). Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

I_4 V.Turrialba: Otras observaciones

El borde del Cráter Oeste presenta una erosión importante (Fig.10a y 10b) debida a la desestabilización y meteorización de las estructuras rocosas por la actividad hidrotermal de las fumarolas (Fig.10c) y las lluvias. La meteorización de la roca produce abundantes arcillas en el fondo del cráter lo que permite cierto grado de impermeabilización y la retención de agua de lluvia (Fig.10d).

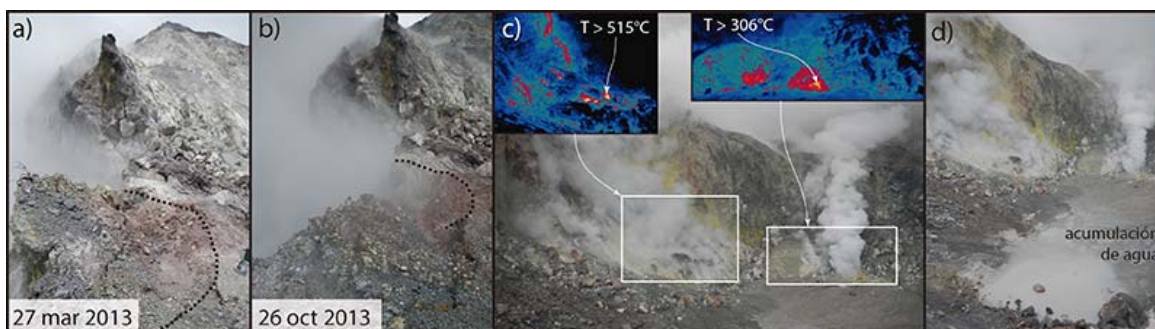


Figura 10. Borde este del Cráter Oeste a) el 27 de marzo y b) el 26 de octubre del 2013. Se nota derrumbes en una parte de la pared. c) Fondo del Cráter Oeste con más de 500°C en el piso de la "Pirámide de azufre" y más de 300°C en la fumarola oeste. d) acumulación somera de agua de lluvia en el fondo del Cráter Oeste (Fotos: G.Avard).

II_ Volcán Irazú

II_1 V.Irazú: Sismología

Los datos procesados serán presentados en el próximo boletín.

II_2 V.Irazú: Actividad hidrotermal

El Cráter Principal se encuentra seco por 8vo mes consecutivo (Fig.11a). Se repitieron mediciones de los gases en la cueva del lado norte donde se encuentran anomalías térmicas y formación de incrustaciones minerales ("Cueva de los Minerales") (Fig.11b). Nosotros medimos en la Cueva de los Minerales concentraciones de CO₂ hasta tres veces mayores que la concentración normal en la atmósfera, y observamos una razón promedio de CO₂/H₂S ~ 15. Los gases son de carácter hidrotermal y las concentraciones de otros gases detectados (e.g. SO₂) fueron muy bajas dentro de la cueva. Se midió temperaturas hasta 87°C a 1m de profundidad en el suelo al lado norte del edificio volcánico.

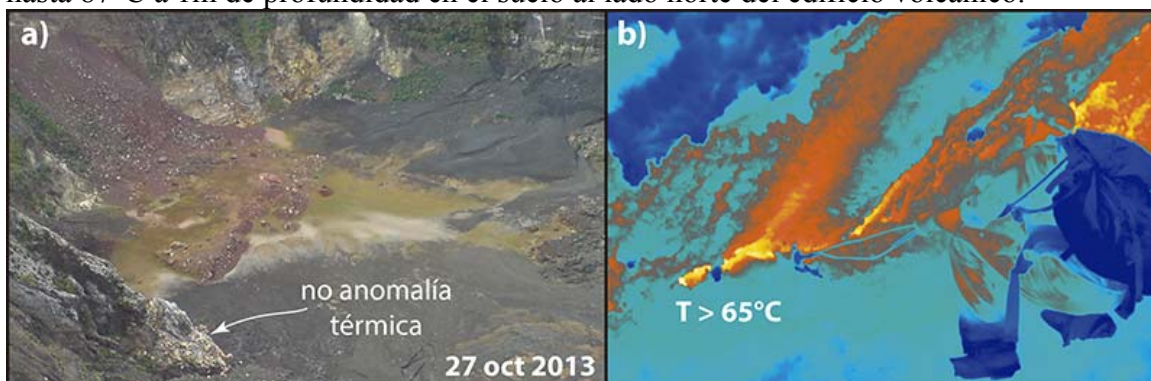


Figura 11. a) Fondo seco del Cráter Principal. b) Termograma infrarrojo del fondo de la cueva norte mostrando anomalías térmicas y flujo de gases. (Fotos: G.Avard).

III_ Volcán Poás

III_1 V.Poás: Sismología

Los datos procesados serán presentados en próximo boletín.

III_2 V.Poás: El criptodomo: Gases monitoreados in situ con el sistema MultiGAS

III_2.1 Mediciones geoquímicas

Las Figuras 12a y 12b muestran la evolución de las proporciones de gases en la pluma fumarólica del volcán Poás. La última medición indica un valor bajo para H_2S/SO_2 y un valor normal para CO_2/SO_2 . El valor bajo de H_2S/SO_2 podría estar relacionado con la observación de un aumento en la cantidad de depósitos de azufre nativo alrededor de las fumarolas. Estos cambios para el volcán Poás son muy diferentes de los cambios observados en el volcán Turrialba, lo que sugiere que no son debidos a artefactos instrumentales sino a cambios reales en la composición de los gases volcánicos.

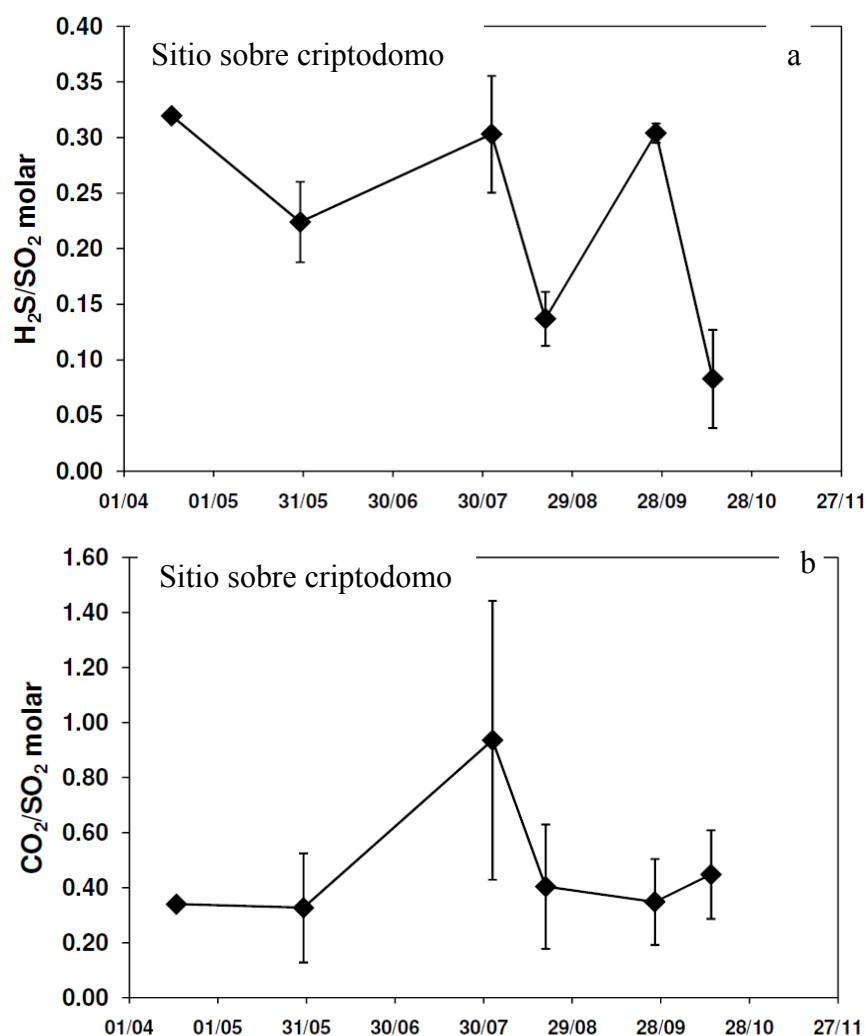


Figura 12. Evolución de índices de gases en la pluma de gases emitida a través del criptodomo del volcán Poás en el periodo marzo-octubre del 2013: a) H_2S/SO_2 , y b) CO_2/SO_2 .

III_2.2 Otras observaciones

La temperatura de las fumarolas del criptodomo se mantuvo en valores inferiores a 300°C en octubre (Fig.13). Se observa un aumento en la cantidad de azufre nativo depositado alrededor de las fumarolas del criptodomo.

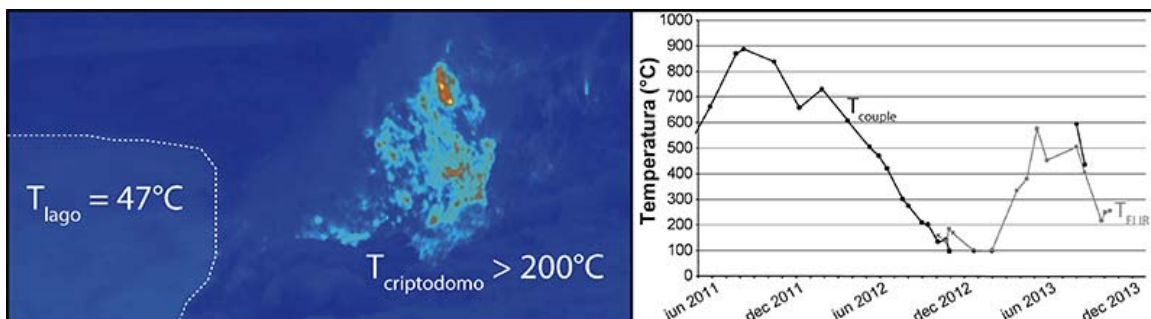


Figura 13. Termograma infrarrojo del lado oeste del criptodomo y evolución de la temperatura máxima medida gracias a una termocupla de superaleación y una cámara FLIR SC660 desde junio del 2011.

III_3 V.Poás: El lago ultra ácido

III_3.1 Mediciones geoquímicas

La temperatura y el pH del lago se mantuvieron estables estos últimos meses con valores alrededor de 47°C y 0.2 el 15 de octubre (Fig.14c).



Figura 14. a) Evolucion del nivel relativo del lago del Poás. b) observacion de azufre elemental flotando el 1 de octubre del 2013. c) Desaparición del azufre elemental después de un aguacero y evolución de la temperatura y del pH del lago (Fotos: G.Avard).

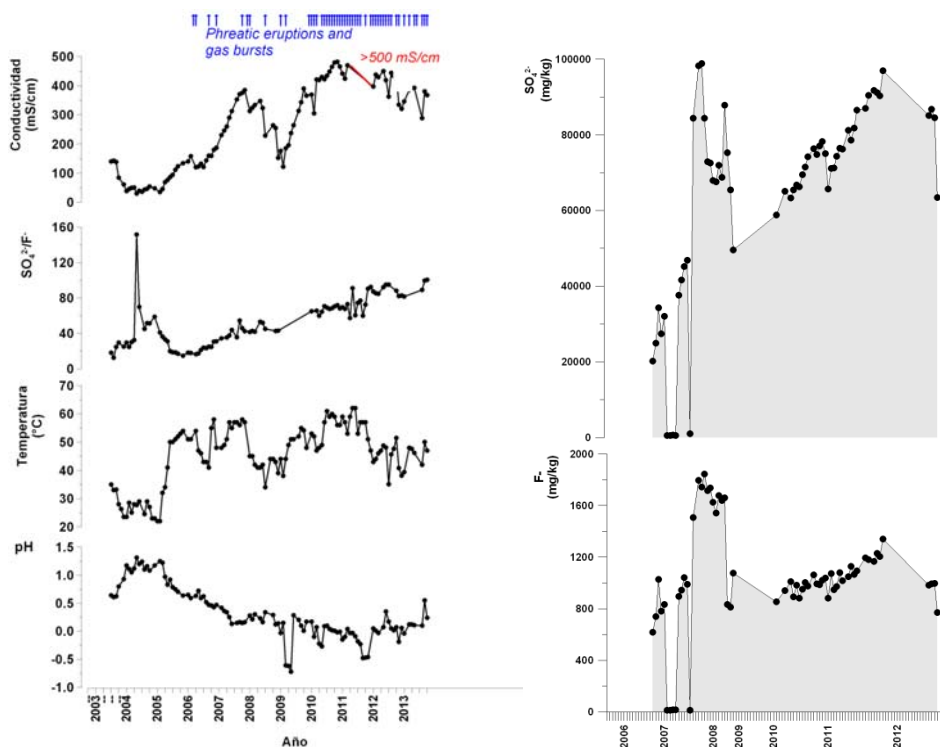


Figura 15. Evolución de la acidez (pH), temperatura, razón $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^-$ conductividad eléctrica y concentraciones de iones fluoruro y sulfato en las aguas del lago ultraácido del Poás. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

El actual ciclo de actividad freática, que inició en marzo 2006, se ha caracterizado por explosiones hidrotermales esporádicas y un lago ultraácido con un aumento sistemático y sostenido de la acidez, y la razón $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^-$ que indica la inyección hacia el lago de gases magmáticos más ricos en especies azufradas (dióxido de azufre-sulfuro de hidrógeno, SO_2 - H_2S) respecto a las especies gaseosas halogenadas (fluoruro de hidrógeno, HF) (Fig. 15).

III_4 V.Poás: Depositación total ácida (húmeda + seca)

En la Figura 16 se muestran los perfiles de pH de la depositación total ácida recolectada en 4 de las estaciones de muestreo de lluvia del OVSICORI-UNA. Muestras con $\text{pHs} \leq 5.6$ corresponden a lluvia ácida. Estos perfiles muestran en general un aumento en la acidificación de la lluvia entre los años 2006-2012 (disminución del pH), lo cual es consistente con la reanudación de la actividad freática en el volcán Poás desde el año 2006 y con el aumento en la desgasificación magmática y el flujo de calor a través de las fumarolas del criptodomo y las fumarolas subacuáticas en el lago hiper-ácido del Poás entre los años 2009-2011. En el transcurso del año 2013, la lluvia en general tiende a ser sustancialmente menos ácida (aumento del pH), lo que refleja una disminución en la liberación de gases y calor a través del cráter activo.

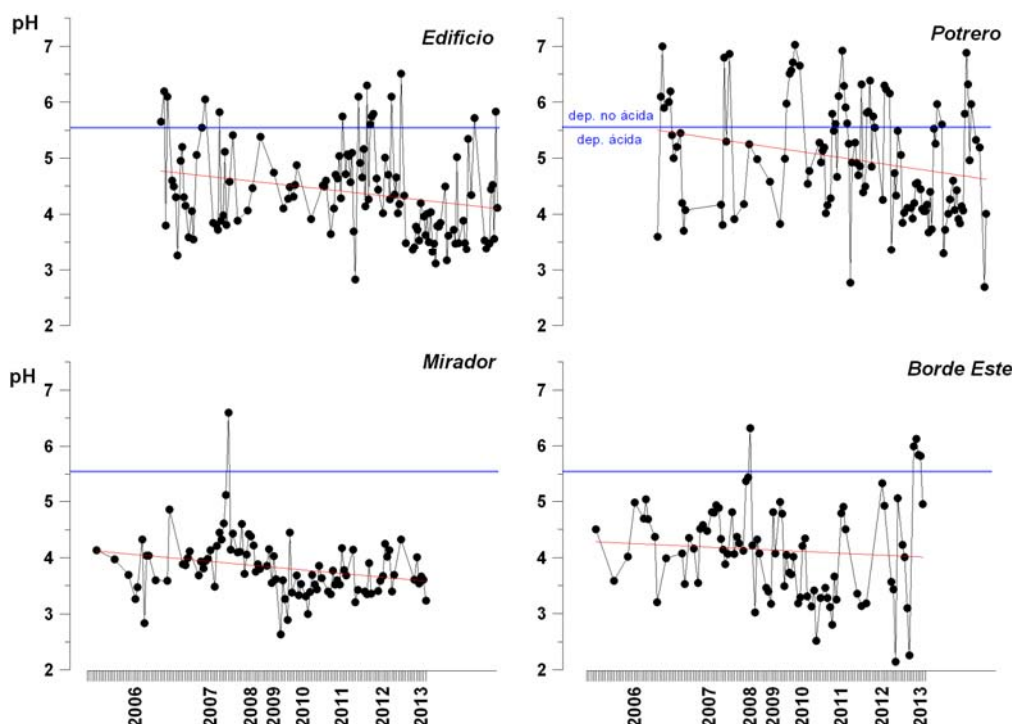


Figura 16. pH (acidez) de la depositación total ácida [húmeda (lluvia) y seca] recolectada en estaciones de muestreo en las inmediaciones del cráter activo del volcán Poás. Valores de $\text{pH} \leq 5.6$ corresponden a lluvia ácida (debajo de línea azul). La línea roja es la tendencia promedio en el tiempo. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

III_5 V.Poás: Otras observaciones

Algunas pequeñas erupciones freáticas fueron observadas, hasta 2 por día el 3 de octubre por ejemplo. El nivel del lago se mantuvo ~1.5m arriba del nivel del año pasado (Fig.14a). Presenta con frecuencia azufre fundido flotando en su superficie (Fig.14b), el cual desaparece con la lluvia (Fig.14c).

IV_ Volcán Arenal

IV_1 V.Arenal: Depositación total ácida (húmeda + seca)

La depositación total [húmeda (lluvia) y seca] recolectada por el OVSICORI-UNA en el sector oeste del Parque Nacional Volcán Arenal, estación Caseta C, continua siendo básicamente de naturaleza ácida ($\text{pH} \leq 5.6$), tal y como se muestra en la figura siguiente (Fig. 17). Sin embargo, a lo largo de los últimos 10 años se observa un perfil de pH que aumenta gradualmente hacia valores de $\text{pH} \leq 5.6$, similares a los de la lluvia en zonas donde no hay acidificación del ambiente por fuentes naturales o antropogénicas. Igualmente, las razones $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ de la depositación indica un menor aporte de volátiles magmáticos halogenados hacia la atmósfera ($\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^- = 1.75$ en mayo 2006, $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^- = 2.4$ en octubre 2013). La disminución sistemática de la acidez y de la concentración de volátiles magmáticos en la depositación total en las inmediaciones del Arenal es consistente con la reducción significativa de la actividad magmática del volcán.

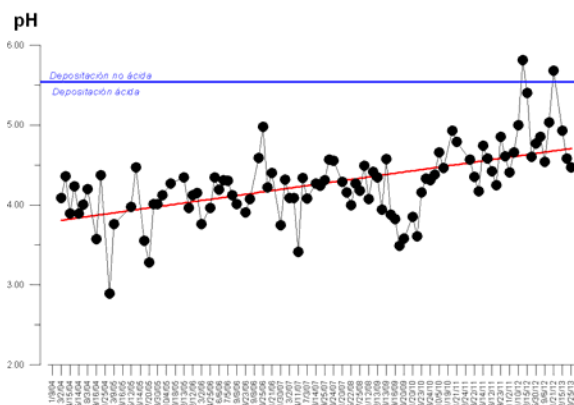
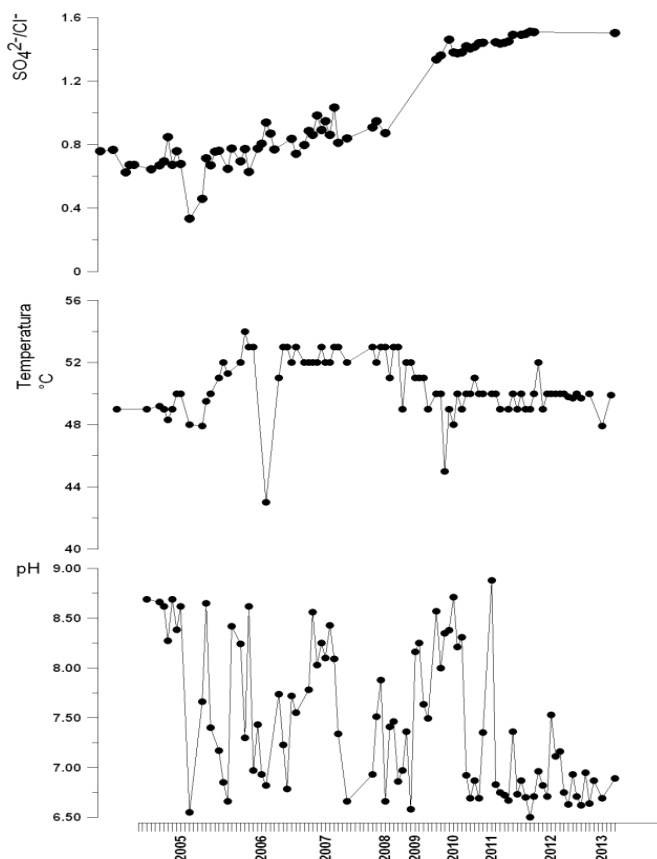


Figura 17. pH (acidez) de la depositación total ácida [húmeda (lluvia) y seca] recolectada en la estación de muestreo Caseta C, ca. 2,5 km al oeste del volcán Arenal. Valores de $pH \leq 5.6$ corresponden a lluvia ácida (debajo de línea azul). La línea roja es la tendencia promedio en el tiempo. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA. Foto del volcán Arenal el 13 noviembre 2013 tomada por personal del hotel Arenal Observatory Lodge.

IV_1 V.Arenal: Fuente Termal Tabacón



La fuente termal Tabacón, ubicada aprox. 3.5 km al norte del volcán Arenal, mostró cambios significativos en las propiedades físico-químicas de sus aguas a mediados del año 2010 manteniéndose las mismas bastante constantes a lo largo de los últimos 3 años (Fig. 18): **1)** Las aguas cambiaron de ser alcalinas ha ser neutras o ligeramente ácidas (pH 's entre 6.5 y 7.0); **2)** La temperatura promedio cayó $3^{\circ}C$ y se mantiene desde entonces estable alrededor de los $50^{\circ}C$; **3)** La razón SO_4^{2-}/Cl^- aumentó un orden de magnitud y tiende también a mantenerse estable.

Figura 18. Evolución de parámetros físico-químicos de las aguas del Río Tabacón, volcán Arenal, en los últimos 10 años. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

Reconocimientos:

Se agradece a los funcionarios del Sistema Nacional de las Áreas de Conservación y los funcionarios de los Parques Nacionales de Costa Rica, así como a las personas que ayudaron con las mediciones, el trabajo de campo y de laboratorio presentado en esta publicación.

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

Área 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

ovsicori@una.cr

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

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