

***Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Setiembre 2014***



Vista aérea del volcán Rincón de la Vieja el 20 de setiembre del 2014.
Foto: Geoffroy Avard.

Elaborado por:

Dr. Maarten de Moor, Dr. Javier Fco. Pacheco Alvarado, Dra. María Martínez Cruz,
Dr. Geoffroy Avard, Ing. Cyril Müller, Dra. Dulce Vargas Bracamontes,
Msc. Enrique Hernández Rodríguez

Con contribuciones de:

Lic. Jorge Brenes Marín, Bach. David Osorno Fallas, Mariela Saborío Soto

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

Resumen del estado actual de los volcanes

V. Turrialba:

La actividad sísmica se mantiene similar desde mayo de este año, con el número de sismos variando entre menos de 50 eventos a más de 100 por día. Se registraron 3 eventos de tipo tornillo y hacia finales del mes se observaron algunos eventos de gran amplitud y alta frecuencia, alcanzando magnitudes mayores de 1. El flujo de SO_2 se mantiene entre valores bajos a moderados, 400 a 1500 toneladas por día comparado con el máximo de ~3500 toneladas por día en el 2009. Las temperaturas más altas (~650°C) y la composición de los gases son estables e indican que los gases todavía son principalmente magmáticos. Una campaña de GPS fue realizada sobre un transecto de 4 puntos desde la base del edificio volcánico hasta la cumbre y los resultados preliminares indican un hundimiento de 2-3 cm/año desde 2011.

V. Irazú:

La sismicidad en el volcán Irazú no presenta grandes variaciones desde junio de este año y el número de sismos de baja frecuencia que se registran se mantiene entre 3 y 4 sismos diarios. La emisión de gases consiste en desgasificación difusa en el flanco norte, con temperaturas menores al punto de ebullición (93°C), y con composiciones típicas de los gases hidrotermales prevalecientes en los volcanes con actividad secundaria durante períodos de reposo. Los últimos datos de deformaciones no muestran movimientos importante.

V. Poás:

El nivel de sismicidad del volcán Poás durante el mes de septiembre es muy similar a la del mes de agosto, con baja sismicidad al inicio del mes y un aumento leve al final. A diferencia de agosto, en setiembre no se distinguen erupciones freáticas en los registros sísmicos. A pesar de que este mes el nivel del lago ha aumentado casi 0.5m, la temperatura y la acidez del lago se mantienen considerablemente altas: 50°C y pH = -0,22, respectivamente. Además, cambios en las proporciones de iones disueltos (sulfato/fluoruro y sulfato/cloruro) indican un aumento en la cantidad del gas dióxido de azufre, SO_2 , disolviéndose en los fluidos hidrotermales que alimentan el lago. Las fumarolas del “domo” continuaron mostrando altas temperaturas con valores de ~640°C. El flujo del gas dióxido de azufre, ~240 toneladas de SO_2 por día en setiembre, es más alto que los valores en los meses anteriores (promedio de 130 toneladas/día entre enero a junio 2014). Las mediciones geodésicas muestran variaciones fuertes de 1-3 cm de contracción y expansión, las cuales podrían ser artefactos sin significado respecto al estado del volcán pero hay que repetir las mediciones para confirmar.

V. Arenal:

No se registra sismicidad asociada a este volcán. Las últimas mediciones de gases realizadas en abril del 2014 indicaron que el flujo de SO_2 está por debajo del nivel de detección (flujo de <0.2 toneladas por día y concentraciones $<5\text{ppm}$). Los vapores que emanan a través del cráter C son de composición hidrotermal. En algunos sitios alrededor y dentro del Cráter C se registran aún temperaturas altas de hasta 400°C debido a rocas dentro del conducto principal que están enfriándose lentamente. Las altas precipitaciones típicas del período agosto-setiembre han generado notorias plumas de vapor de agua como resultado de la interacción de agua de origen meteórico con las rocas calientes. A nivel geodésico, el volcán ha tenido una subsidencia continua de 1 cm en su base y de hasta 10 cm en la cima.

V. Rincón de la Vieja:

La actividad sísmica del volcán Rincón de la Vieja se incrementó notablemente durante el mes de setiembre. Se presentaron varios episodios de tremor y sismos de baja frecuencia. El 17 de setiembre a las 8:48 pm se registró una señal sísmica de gran amplitud asociada a una erupción freática. Los perfiles de varios de los parámetros físico-químicos que se monitorean en el lago ultra-ácido del Rincón de la Vieja muestran en setiembre 2014 un aumento significativo en la acidez (pH más bajo), la temperatura ($39\text{-}45^\circ\text{C}$), la conductividad eléctrica, y en las proporciones sulfato/fluoruro y sulfato/cloruro. Las mediciones de la composición de los gases en la pluma volcánica indican disminuciones dramáticas en las razones de los gases CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ al inicio de las erupciones freáticas actuales. En conjunto estas observaciones indican una reciente inyección de volátiles magmáticos en el sistema hidrotermal que alimenta el lago ultra-ácido.

1.1 V. Turrialba: Sismología

La actividad sísmica del volcán Turrialba se mantiene muy similar a la presentada desde mayo de este año; con pequeñas fluctuaciones en el número de sismos que se registran diariamente, variando entre menos de 50 eventos a más de 100 (Figura 1). En julio se estaban registrando más de 100 eventos diarios y para mediados de setiembre el conteo bajó a menos de 40, volviéndose a recuperar hacia final del mes con más de 100 eventos diarios.

Los eventos dominantes son sismos de alta frecuencia (las mayores amplitudes se concentran entre 2 y 14 Hz), provocados por movimiento de fluidos y apertura o colapso de grietas dentro del sistema hidrotermal, por lo que se localizan superficialmente en la cima del volcán. Hacia finales de setiembre se registran algunos eventos de gran amplitud, alcanzando magnitudes mayores de 1 (Figura 2). Estos sismos de gran amplitud se lograron registrar en estaciones sísmicas ubicadas en la cima del volcán Irazú (a más de 10 km de distancia).

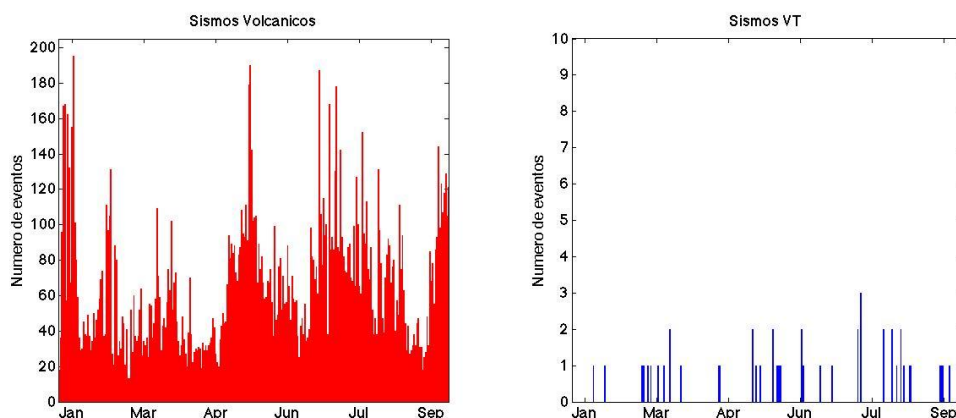


Figura 1. Número de sismos volcánicos por día contabilizados desde inicios del 2014 hasta el presente (izquierda). Número de sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Turrialba desde inicios del 2014 hasta el presente (derecha).

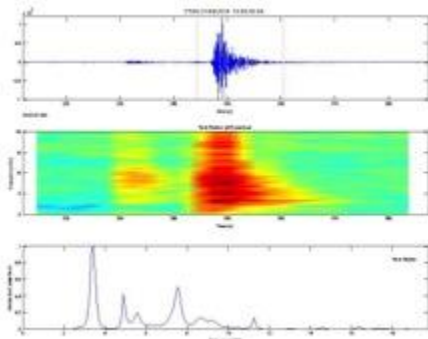


Figura 2. Evento de alta frecuencia y gran amplitud registrado el 21 de setiembre. Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencia. Los espectros se obtuvieron con un algoritmo recursivo (Lesage, 2008; 2009).

Durante este mes se logran registrar 3 eventos de tipo tornillo, dos a principios de setiembre, con frecuencias entre los 15 y 25 Hz y lento decaimiento de las ondas de coda, y uno a fin de mes con frecuencias similares y un decaimiento de la coda más rápido (Figura 3). Este último evento indica una mayor interacción con fluidos de más densidad. También se registró un sismo bastante monocromático (frecuencia de 5 Hz) el día 29 de setiembre (Figura 3).

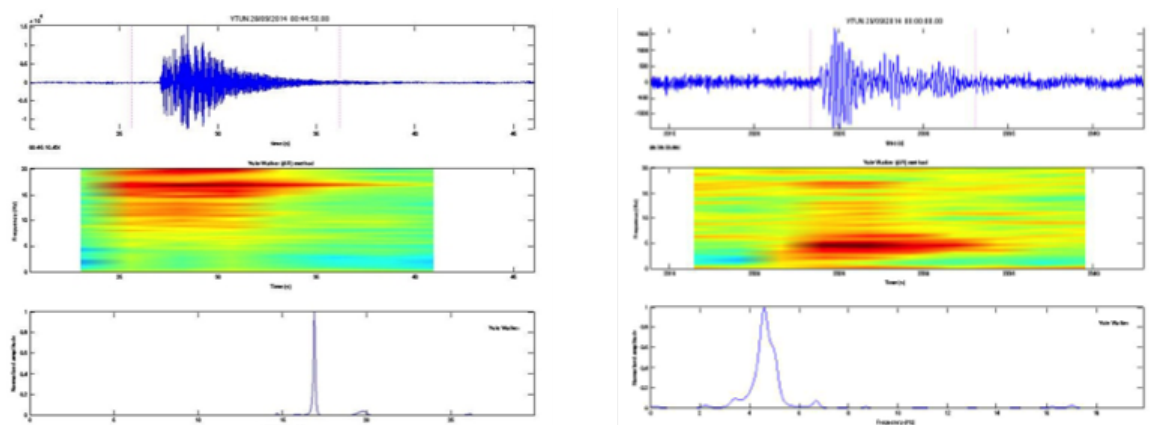


Figura 3. Evento tipo tornillo registrado el día 28 de setiembre (Izquierda). Evento monocromático registrado el 29 de setiembre (Derecha). Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencia. Los espectros se obtuvieron con un algoritmo recursivo (Lesage, 2008; 2009).

La sismicidad volcano-tectónica sigue siendo baja, con sismos aislados que se ubican bajo el cráter activo o en las faldas del volcán (Figuras 1 y 10).

1.2 V. Turrialba: Gases

1.2.1 Flujo de gas

El flujo de SO_2 se mantiene fluctuando entre 400 y 1500 toneladas por día comparado con el máximo de ~3500 toneladas por día estimado en el año 2009 (Conde et al., 2013), indicando una disminución en la desgasificación desde hace 5 años. Las últimas mediciones con FLYSPEC y DOAS móvil en el volcán Turrialba fueron realizadas el 25 septiembre (Fig.4). Los resultados obtenidos indican un flujo de SO_2 de 1333 ± 339 toneladas/día, más alto que el flujo medido desde principios del 2014 (Fig. 4). El promedio por mes, calculado con datos de las estaciones DOAS permanentes (Fig. 5), ubicados en las haciendas La Silvia y La Central, indican alrededor de 400 toneladas por día (Fig. 5). Es probable que las estaciones DOAS permanentes están subestimando el flujo de gas SO_2 debido a que en esta época del año la dirección del viento prevaleciente no es favorable para buenas mediciones de flujo de SO_2 .

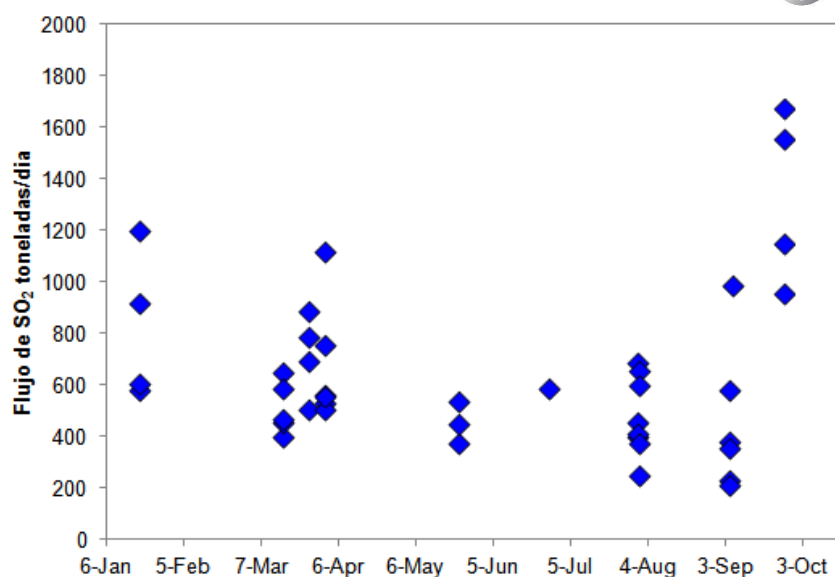


Figura 4. Comparación del flujo de SO_2 inferido para la pluma de gases del volcán Turrialba en septiembre 2014 con los meses anteriores. Mediciones realizadas con transectos de DOAS y FLYSPEC portátil.

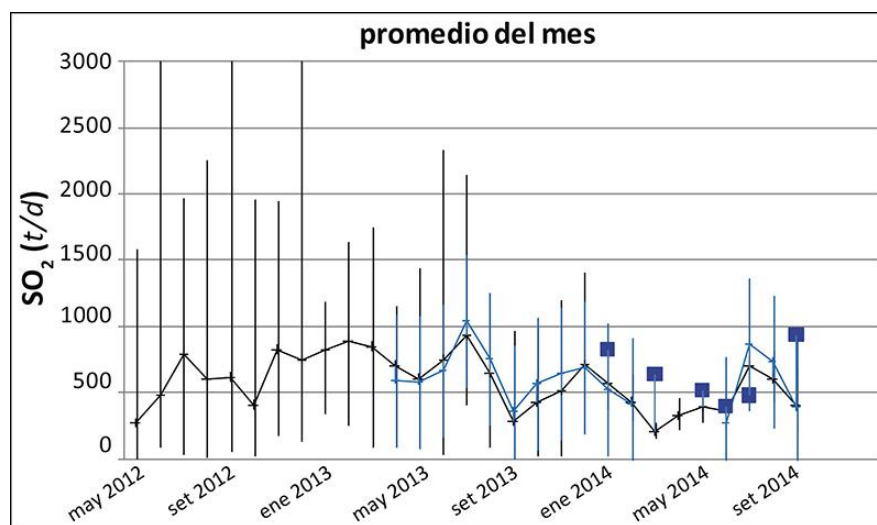


Figura 5: Evolución del flujo de gas de SO_2 emitido por el volcán Turrialba. Medición a partir de estaciones DOAS permanentes en la Hacienda La Central (línea negra) y Hacienda La Silvia (línea azul). Se incluyen los transectos realizados más recientemente con DOAS y FLYSPEC portátil (cuadrados azules).

1.2.2 Composición de los gases

Las emisiones de gases en el volcán Turrialba se mantienen con composiciones magmáticas. Los resultados de la composición de los gases de la pluma del volcán Turrialba inferidos a partir de los datos de una estación MultiGAS portátil se presentan en la Figura 6. Los datos muestran que las razones de CO_2/SO_2 se han mantenido relativamente estables desde finales de mayo, después de fluctuaciones significativas observadas entre el último evento de emisión de cenizas en mayo 2013 y marzo 2014. Las composiciones observadas en el Turrialba son típicas de gases magmáticos en el arco volcánico costarricense.

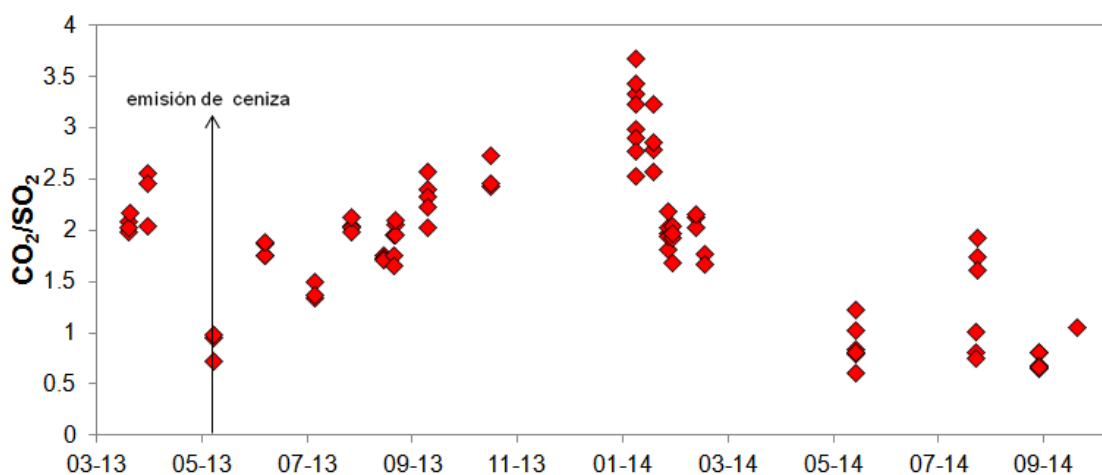


Figura 6. Composiciones de gases en la pluma de la boca fumarólica 2010 del Turrialba medidas con el instrumento MultiGAS portátil.

1.2.3 Temperatura de los gases emitidos

La temperatura de las tres Bocas fumarólicas que se abrieron en el 2010, 2011 y 2012 se mantienen estables alrededor de 500°C , 450°C y 650°C respectivamente (Fig. 7).

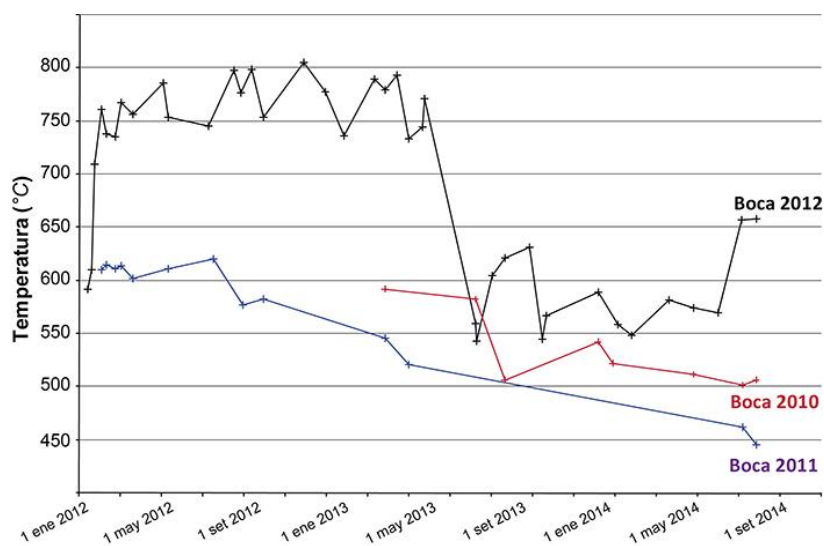


Figura 7. Evolución de la temperatura en las tres Bocas principales 2010, 2011 y 2012.

1.3 V. Turrialba: Deformación

Se realizó una campaña de GPS sobre un transecto de 4 puntos desde la base del edificio volcánico hasta la cumbre. Los resultados preliminares indican un hundimiento de 2-3 cm/año desde el 2011 localizado en la parte sumital relativo a un sitio GPS fijo ubicado a 2 km de la cima (estación VTQU).

2. Volcán Irazú

2.1 V. Irazú: Sismología

La sismicidad en el volcán Irazú no presenta grandes variaciones desde junio de este año. El número de sismos de baja frecuencia (LF) que se registran se mantiene entre 3 y 4 sismos diarios o 1 evento cada 10 horas como promedio (Figura 8).

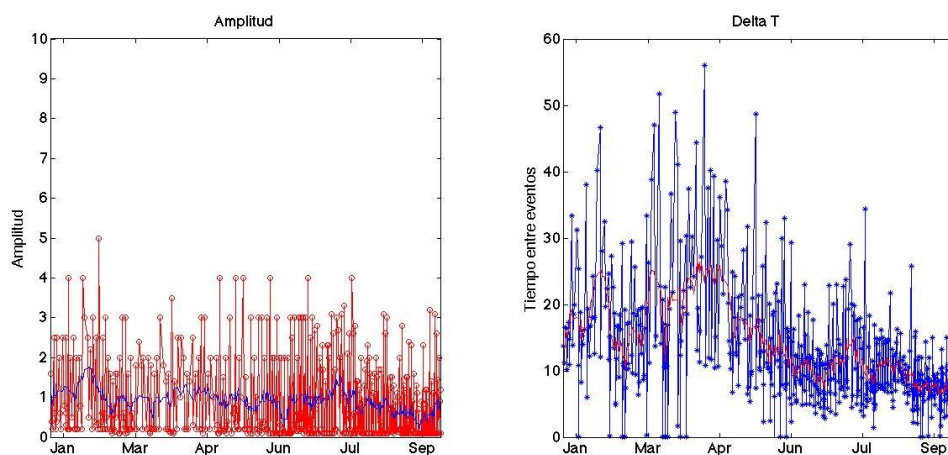


Figura 8. Izquierda: Amplitud medida de los sismos de baja frecuencia en una estación sísmica ubicada a 5 km del cráter activo del volcán Irazú, la línea azul muestra un promedio corrido. Derecha: Tiempo entre dos eventos seguidos, la línea roja muestra un promedio corrido.

Los sismos volcánicos LF de baja amplitud tienden a ocurrir en pares, con tiempos entre eventos bastante cercanos, con pocos segundos de separación, mientras los de mayor amplitud ocurren mayormente aislados o acompañados de un evento de menor amplitud separado por varias decenas de segundos (Figura 9).

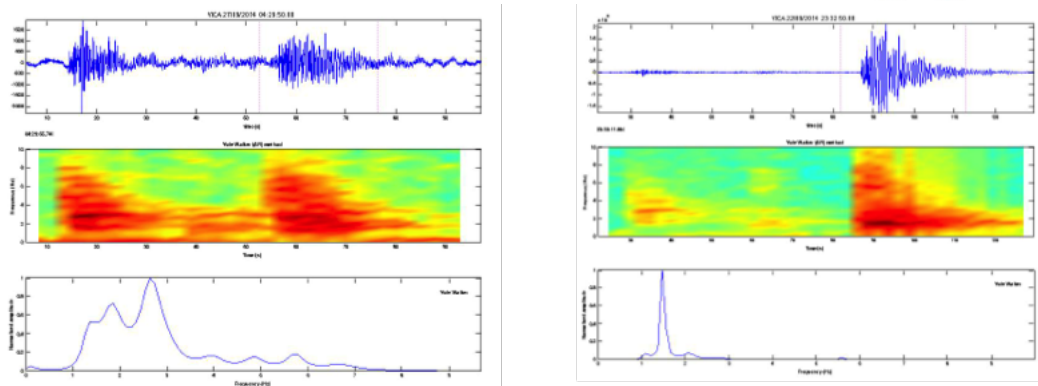


Figura 9. Registro de varios sismos LF pequeños (Izquierda). Registro de un sismo LF de mayor amplitud (Derecha). Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencia. Los espectros se obtuvieron con un algoritmo recursivo (Lesage, 2008; 2009).

La actividad volcano-tectónica se mantiene con sismos infrecuentes y aislados. La mayoría se localizan bajo la cima del volcán, a profundidades muy superficiales, pero de muy baja magnitud, por lo que no pueden ser localizados con precisión. Los sismos de mayor magnitud se localizan en las faldas del volcán, alejados del cráter activo hacia el suroeste (Figura 10).

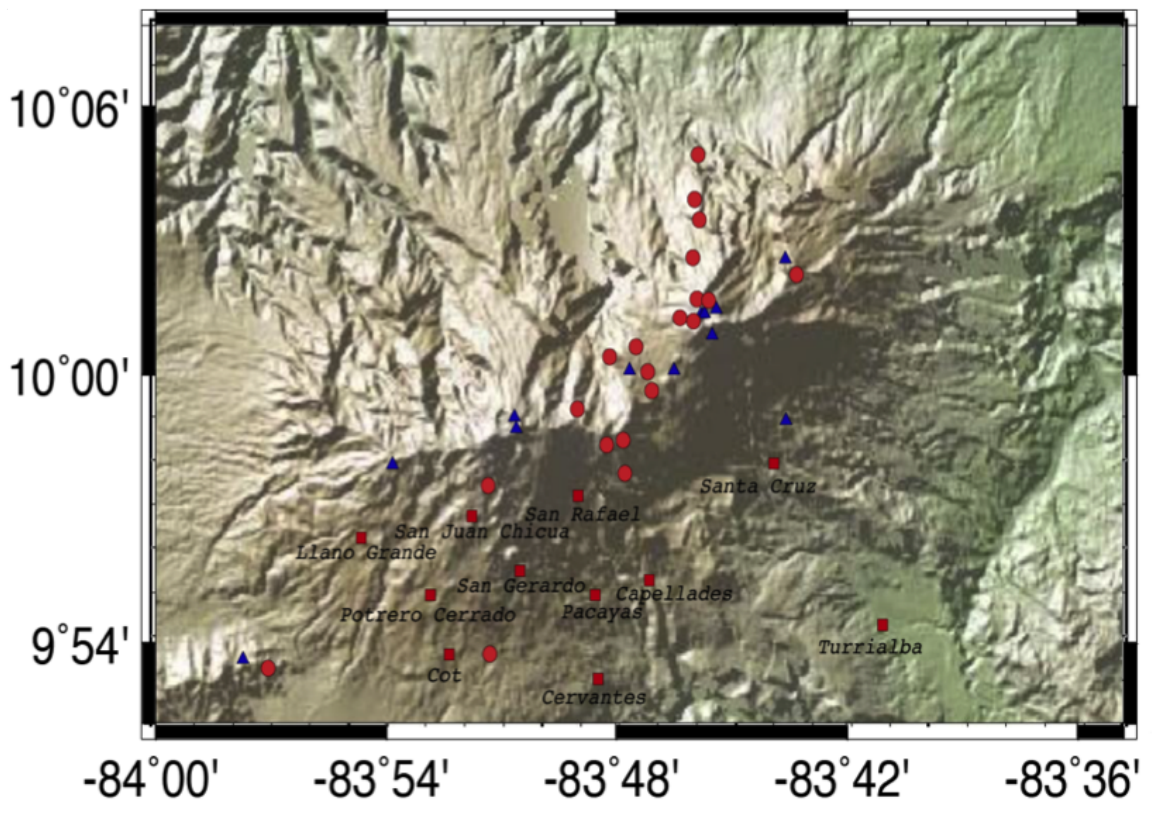


Figura 10. El mapa muestra los sismos volcano-tectónicos (puntos rojos) localizados entre los volcanes Irazú y Turrialba durante el mes de setiembre. Se indican las estaciones sísmicas (triángulos azules) utilizadas para localizar los eventos y los poblados más importantes (cuadrados rojos).

2.2 V. Irazú: Gases

Las últimas mediciones de gases en el Irazú se realizaron el 23 mayo del 2014. Los gases son emitidos en forma de desgasificación difusa en la parte superior de la ladera norte (N 9.9884° W83.8509°) del volcán. Se midieron los gases en dos sitios con un MultiGAS portátil, el primero con una temperatura cerca de 55°C y el segundo con una temperatura cerca de 80°C. Las observaciones indican que el nivel de desgasificación es muy bajo y similar al medido en noviembre del 2013. La composición de los gases es típica de gases hidrotermales de un volcán en período de reposo, con altas concentraciones de CO₂ (~35%) y H₂O (~65%) y poco azufre en la forma de H₂S (<1%). La composición de los gases en la parte alta de la ladera norte del volcán es comparable con la composición de los gases medidos en noviembre del 2013 en la Cueva de los Minerales, esta última también ubicada en la parte alta de la ladera norte del Irazú.

2.3 V. Irazú: Deformación

Los últimos datos de deformaciones no muestran movimientos importantes (InSAR, mayo 2014).

3. Volcán Poás

3.1 V. Poás: Sismología

La sismicidad del volcán Poás durante el mes de septiembre es muy similar a la del mes de agosto, con baja sismicidad al inicio del mes y un aumento leve al final (Figura 11). A diferencia de agosto, en setiembre no se distinguen erupciones freáticas en los registros sísmicos. Igualmente los reportes visuales de erupciones freáticas son escasos, y las pocas erupciones reportadas son eventos muy pequeños que no alcanzan alturas superiores a los 5-10 metros de altura.

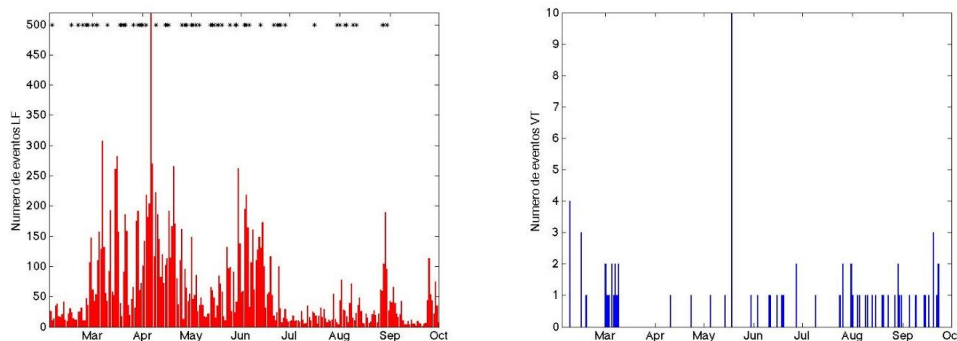


Figura 11. Número de eventos sísmicos volcánicos registrados en el volcán Poás desde febrero del 2014 hasta finales de setiembre (barras rojas), los asteriscos negros muestran las erupciones freáticas registradas en las estaciones sísmicas (Izquierda). Número de sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Poás y registrados desde febrero 2014 hasta fines de setiembre (Derecha).

En los registros sísmicos predominan los eventos de baja frecuencias (LF), algunos de ellos con gran amplitud pero escasos (Figura 12). No se registran tremores volcánicos.

Los sismos tectónicos también son escasos y ocurren de manera aislada (Figura 13), la mayoría de ellos fuera de la región cuspidal del volcán. No se registran sismos VT que se localicen bajo el cráter activo.

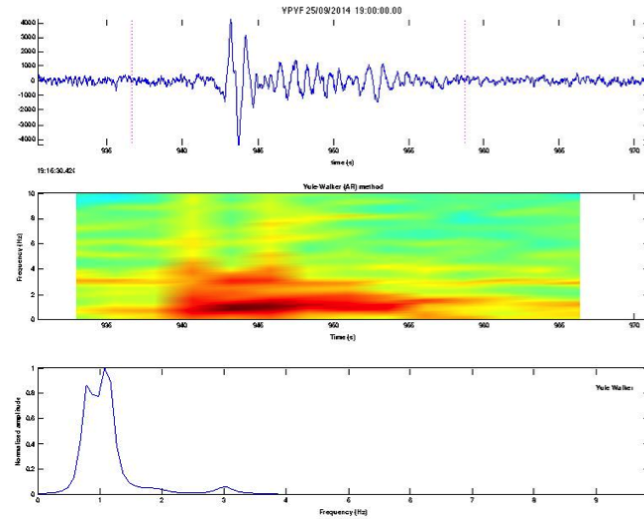


Figura 12. Sismograma de evento de baja frecuencia (LF). Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencia. Los espectros se obtuvieron con un algoritmo recursivo (Lesage, 2008; 2009).

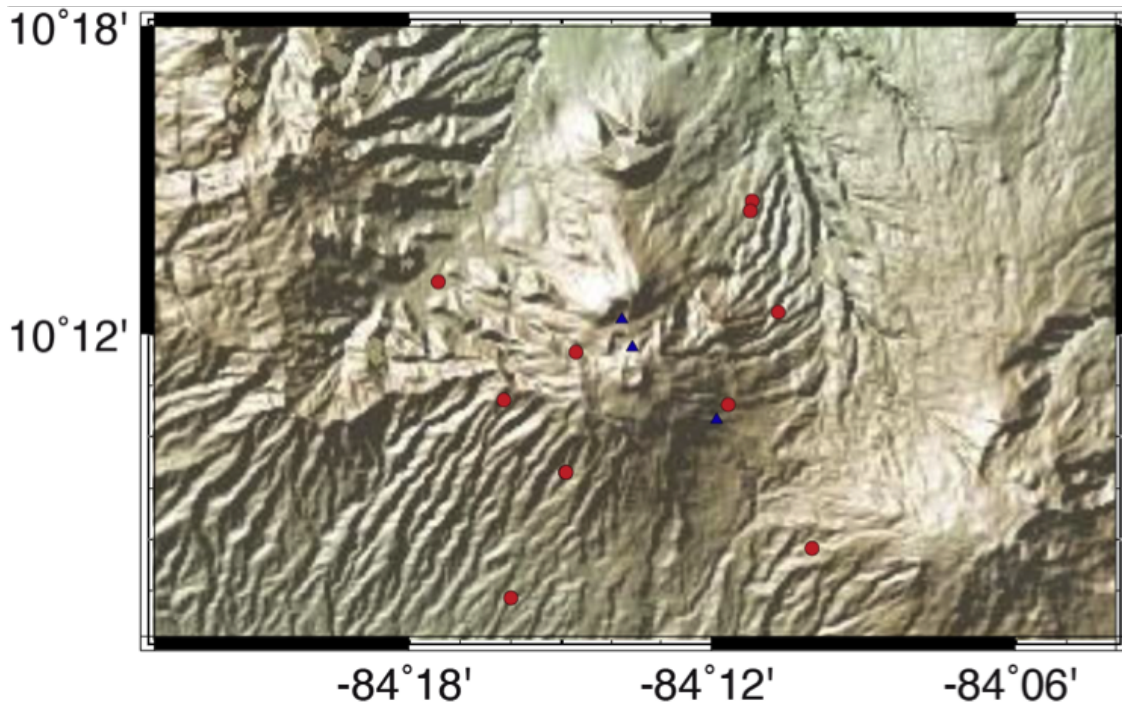


Figura 13. Mapa mostrando los sismos volcano-tectónicos ocurridos durante el mes de setiembre y susceptibles a localización (puntos rojos). Se muestran las estaciones sísmicas utilizadas (triángulos azules).

3.2 V.Poás: El lago ultra ácido

A pesar de que este mes el nivel del lago ha aumentado casi medio metro debido a las altas precipitaciones típicas de la época lluviosa, la temperatura y la acidez del lago se mantienen considerablemente altas: 50°C y pH = -0,22, respectivamente. Además, cambios en las proporciones de iones disueltos (sulfato/fluoruro) derivados de la hidrólisis de componentes magmáticos volátiles (SO₂ y HF) observados a inicios del año 2006 muestran un aumento sistemático en la cantidad de gases azufrados que son inyectados desde el sistema magmático-hidrotermal hacia el lago ácido y las fumarolas del “Domo” del Poás (Figs. 14 y 15).

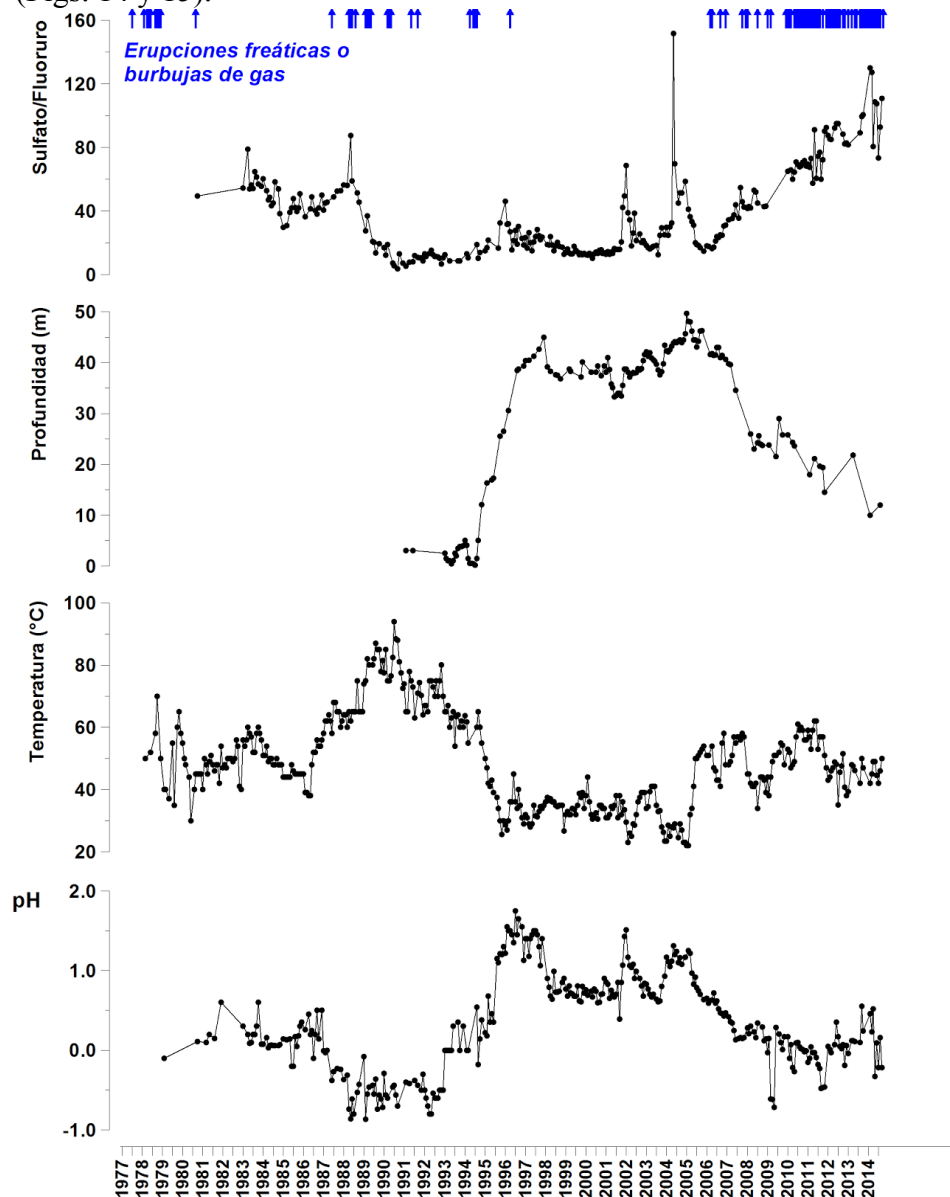


Figura 14. Evolución del pH, temperatura, profundidad, y la razón sulfato/fluoruro del lago ultraácido del Poás: 1978-setiembre 2014.

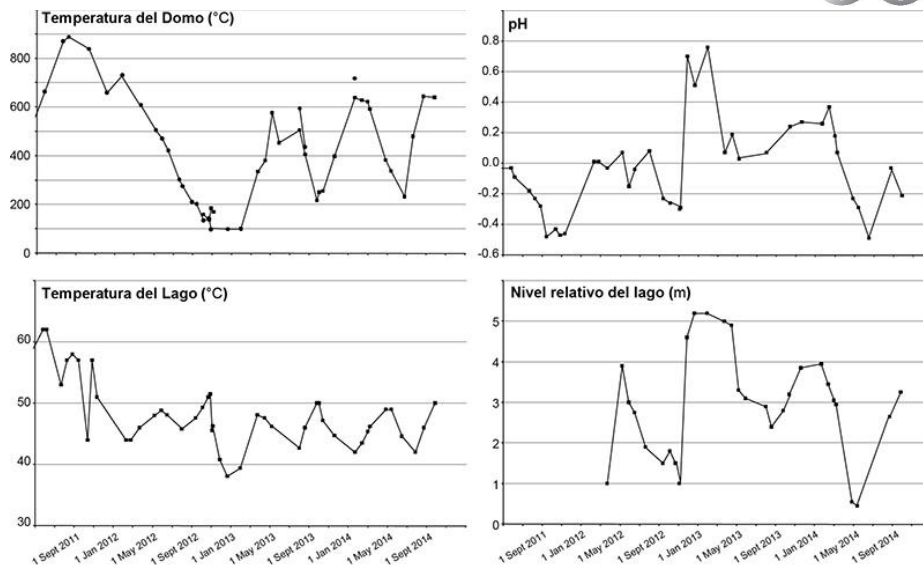


Figura 15. Detalle de la evolución de la temperatura, del pH_{Campo} y del nivel del lago, y evolución de la temperatura de las fumarolas del domo: 2011-2014.

El volcán Poás inició el actual ciclo de actividad freática en marzo del 2006 y el mismo se ha caracterizado por la ocurrencia esporádica de numerosas erupciones la mayoría de ellas con columnas cuya altura no supera los 20-50m. Desde mediados del año 2009 hasta el presente se ha observado un incremento general en la ocurrencia de erupciones freáticas, algunas de ellas bastante energéticas que logran generar columnas de materiales que sobrepasan los 200-300m de altura. Coincidentemente, las fumarolas del Domo del Poás han mostrado temperaturas extremadamente altas entre mediados del 2009 y el presente variando entre más de 300 y hasta los 890°C. En algunos periodos se ha observado una cantidad muy baja de erupciones freáticas pequeñas los que tienden a ser seguidos por la ocurrencia de erupciones freáticas más energéticas. Por ejemplo, entre agosto y setiembre 2014 la cantidad de erupciones freáticas disminuyó drásticamente pero las pocas erupciones fuertes que se han presentado en estos últimos meses han resultado energéticas: 1) El 27 de agosto una erupción de aprox. 200m de altura ocurrió después de 2 semanas de actividad convectiva y freática relativamente baja; 2) Las erupciones freáticas del 8 y el 13 de octubre 2014 ocurrieron en forma similar después de más de un mes de observarse débil actividad convectiva y solo unas muy pocas y débiles erupciones freáticas.

Las erupciones freáticas del Poás consisten en explosiones de vapor a través del lago como resultado de dos posibles mecanismos: 1) La conversión de una fase líquida supercaliente en una fase de vapor en forma súbita y bajo condiciones metaestables debido a la interacción de fluidos con una fuente de calor (magma) a niveles profundos del sistema hidrotermal que subyace bajo el cráter activo del Poás. El vapor supercalentado se expande violentamente conforme alcanza la zona somera del sistema hidrotermal generando las explosiones hidrotermales, también llamadas erupciones freáticas; 2) La liberación repentina de gas y vapor acumulados y compresionados en la parte somera del sistema hidrotermal al superar la presión hidrostática y la presión de poro debido al sellamiento de intersticios y fracturas con fases sólidas como azufre fundido y alunita. Los

productos de estas erupciones contienen gas, vapor de agua, agua del lago ácida e hipersalina, azufre fundido, sedimentos, y fragmentos de roca alterados por la interacción con agua y gas.

3.3 V.Poás: Gases

3.3.1 Mediciones térmicas

En setiembre, las fumarolas del “domo” continuaron mostrando altas temperaturas con valores de $\sim 640^{\circ}\text{C}$, Fig. 15.

3.3.2 Flujo de gas

El flujo de SO_2 emitido por el volcán Poás fue medido en trayectos recorridos a pie a lo largo del borde oeste del cráter activo con un DOAS portátil el 30 de septiembre arrojando un valor promedio de ~ 240 toneladas de SO_2 por día (Fig. 16), similar a los datos de agosto. El flujo de gas SO_2 desde julio ha sido más alto que los valores medidos por DOAS/FLYSPEC en los meses anteriores (enero a junio) del 2014 (promedio de 130 toneladas/día; Fig. 16). El aumento significativo en el flujo de SO_2 coincide con un aumento abrupto en la acidez del lago ($\text{pH} = -0,22$; Figs. 14 y 15) y en las razones de iones de origen magmático disueltos en el lago $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^- > 6$, sugiriendo la entrada de más volátiles ricos en azufre al sistema hidrotermal superficial que alimenta el lago ácido (Fig. 16).

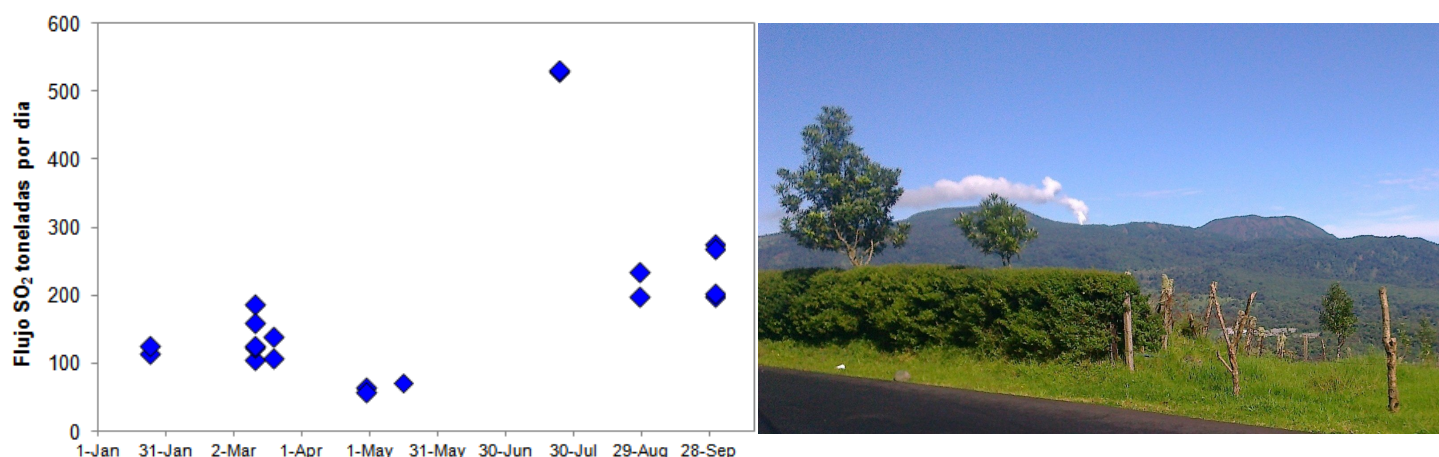


Figura 16. Izquierda: Flujos de SO_2 del volcán Poás en el 2014 estimados a partir de transectos realizados a pie con DOAS y FLYSPEC portátiles a lo largo del borde oeste del cráter activo. Derecha: Pluma del volcán Poás observada desde Varablanca de Sarapiquí el 26 de setiembre del 2014 a las 8:00 a.m. Foto: cortesía de Joel Suire.

3.3.3 Composición de los gases

Las emisiones de gases en el volcán Poás se mantienen con composiciones magmáticas. Los resultados para septiembre de la estación permanente fija MultiGAS en el Poás se presentan en la Figura 17. Los datos muestran un aumento gradual en las razones de los gases CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ desde agosto del 2014. Esta tendencia es congruente con las mediciones más recientes (del 30 de setiembre) realizadas con una estación MultiGAS portátil (Fig. 18) que muestra un aumento en la razón CO_2/SO_2 desde julio 2014.

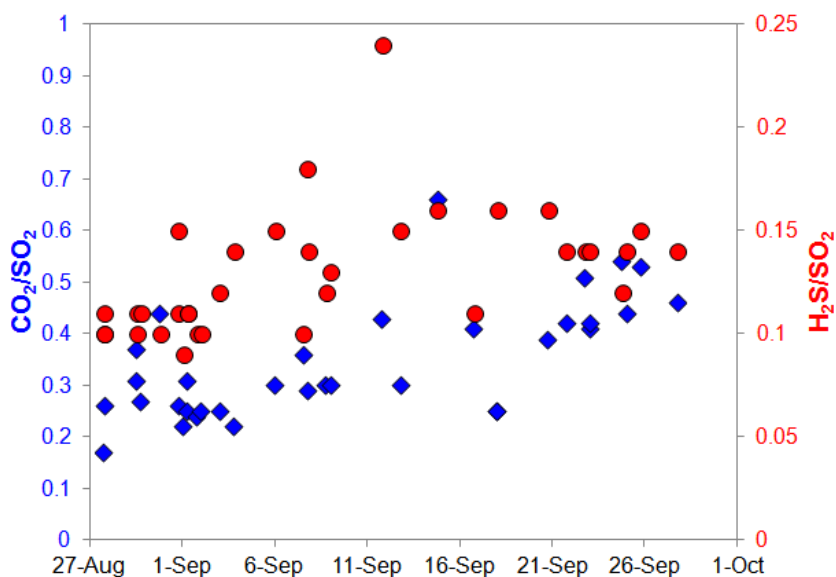


Figura 17. Datos de la estación MultiGAS fija ubicada en el “domo2 del Poás desde el 26 agosto del 2014.

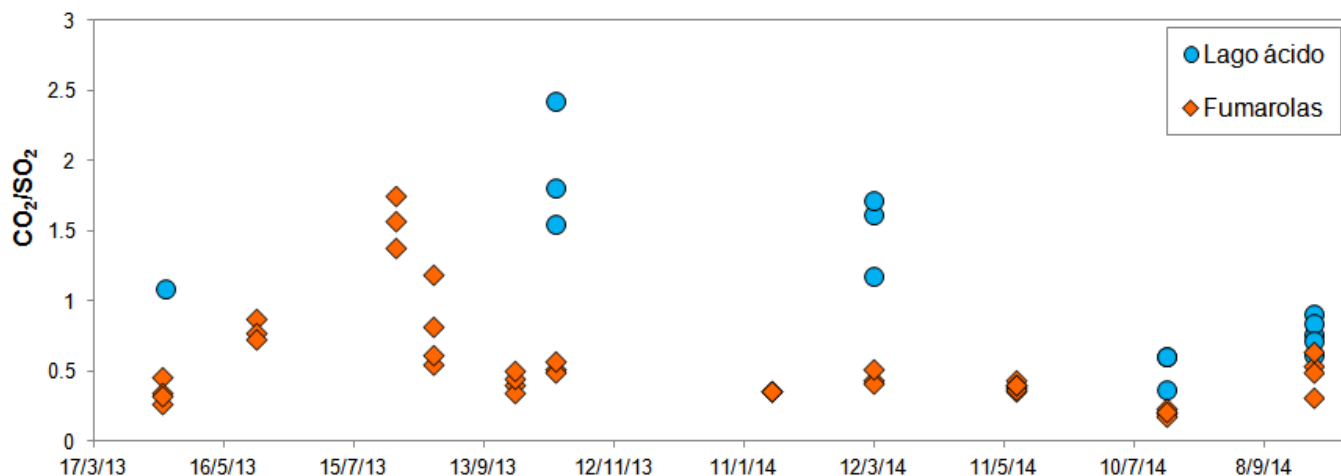


Figura 18. Datos de la estación MultiGAS portátil para las emisiones gaseosas del lago ácido y las fumarolas del “domo”.

3.4 V.Poás: Deformación

Las mediciones de cambios en las distancias entre el sitio de referencia Pilar Mirador y los reflectores S, N, D, A muestran variaciones de 1-3 cm (Figs. 19 y 20). Se observa un incremento significativo en la distancia Pilar Mirador-D (~3 cm en 2 meses). Este incremento parece ocurrir únicamente a lo largo de estos dos sitios y podría ser el resultado de una inestabilidad local en la terraza este o un efecto de refracción en la atmósfera. El reflector N que se localiza sobre el “domo”, se ha movido en dirección al Pilar Mirador (~2 cm en menos de 6 meses) y su posición regresa al valor determinado al inicio del año, lo que podría indicar que la medición de marzo fue irrelevante. Los dos otros sitios observados este mes (A y S) muestran una estabilidad en el tiempo que nos indica que los movimientos de los reflectores N, D podrían ser artefactos sin significado alguno sobre el estado de actividad del volcán.

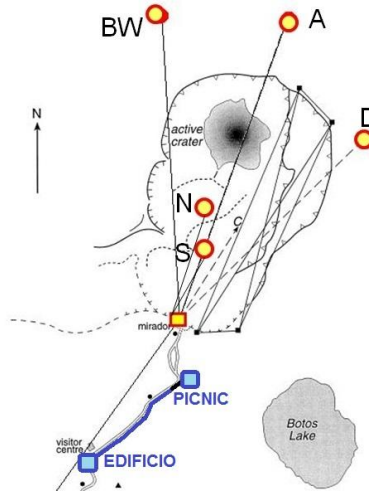


Figura 19. Red geodésica del volcán Poás. Puntos rojo-amarillos representan los reflectores EDM medidos desde el monumento Pilar Mirador, cuadro rojo.

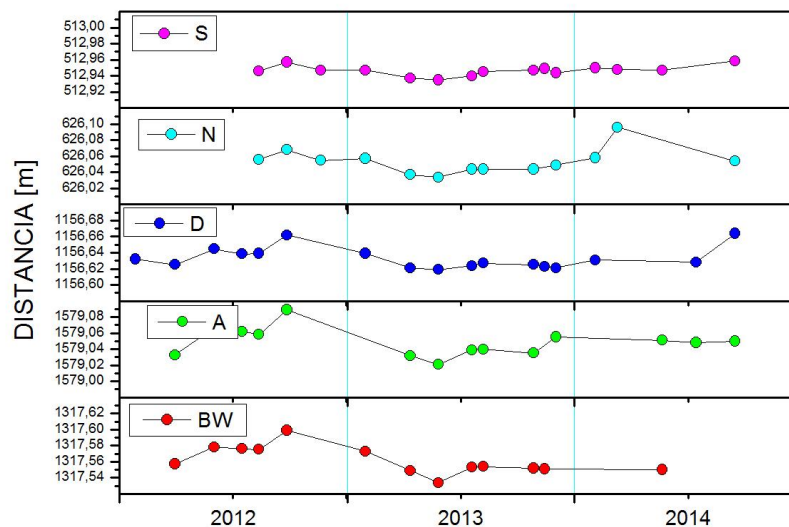


Figura 20. Longitud de las distancias EDM observadas entre el monumento Pilar Mirador, ubicado en el borde sur del cráter activo del Poás, y los reflectores S, N, D, A y BW.

4. Volcán Arenal

4.1 V. Arenal: Sismología

No hay datos sísmicos disponibles para setiembre del 2014 por problemas de índole técnico.

4.2 V. Arenal: Gases

Las últimas mediciones de gases en el volcán Arenal se realizaron en abril del 2014 (OVSICORI-UNA, abril 2014). Las temperaturas más altas encontradas registraron 419°C en la parte este del cráter activo C. Las mediciones de concentraciones de gases con un MultiGAS móvil no detectaron la presencia de SO₂ pero detectaron emisiones de CO₂, H₂S y H₂O. Esta campaña de mediciones permitió definir que el volcán Arenal emite actualmente ~98% H₂O, ~2%CO₂ y ~0.005% H₂S. En concordancia con las mediciones de MultiGAS, los transectos y escaneos con DOAS y FLYSPEC no detectaron emisiones de SO₂. Estos datos de gases indican que el volcán Arenal está en un estado de reposo y la desgasificación es débil y de naturaleza hidrotermal. Probablemente, las temperaturas altas registradas en el cráter activo C se deben al calor residual de las rocas en el conducto principal. Las altas precipitaciones típicas del período agosto-setiembre han generado plumas de vapor de agua en los cráteres C y D como resultado de la interacción de agua de origen meteórico con las rocas del conducto principal que están aún bastante calientes (Fig. 21).



Figura 21. Volcán Arenal el 29 de setiembre del 2014. Plumas de vapor de agua desprendidas de los cráteres C y D generadas por la interacción de agua meteórica con las rocas aún calientes del conducto principal del volcán. Foto: cortesía del Arenal Observatory Lodge de la Fortuna de Arenal.

4.3 V. Arenal: Deformaciones

El volcán Arenal muestra una deformación constante generada por el peso de lava acumulado en su flanco Oeste, desde décadas. Este mes no hubo mediciones de deformación en este volcán.

5. Volcán Rincón de la Vieja

5.1 V. Rincón de la Vieja: Sismología

Durante setiembre se detectó un aumento significativo en la sismicidad del volcán Rincón de la Vieja. A inicios del mes se presentaron varios episodios de tremor y eventos de baja frecuencia asociados con la circulación de fluidos en el sistema hidrotermal. A manera de ejemplo, en la Figura 22 se ilustra uno de estos episodios registrado durante el 5 de setiembre de las 12 a las 18 horas GTM.

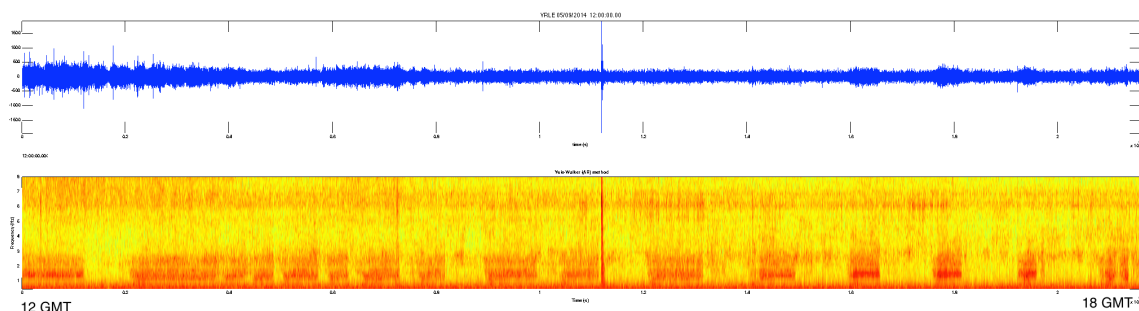


Figura 22. Seis horas de tremor intermitente registrado el 5 de setiembre del 2014 de las 12 a las 18 horas GTM (6 a 12 horas tiempo local) en la estación sísmica VRLE ubicada a aproximadamente 5 km al sur del volcán. Se muestra la señal sísmica (arriba) y el espectrograma de frecuencias calculado mediante el método recursivo de Yule-Walker (abajo).

El 17 de setiembre del 2014 a las 8:48 pm (hora local) se presentó una señal sísmica de gran amplitud asociada a una erupción freática. Este evento tuvo una duración mayor a los 3 minutos y fue seguido por tremor durante aproximadamente una hora. En la Figura 23 se presenta el sismograma de esta explosión y posterior tremor acompañado por su espectrograma, el cual indica la variación de frecuencias en el tiempo.

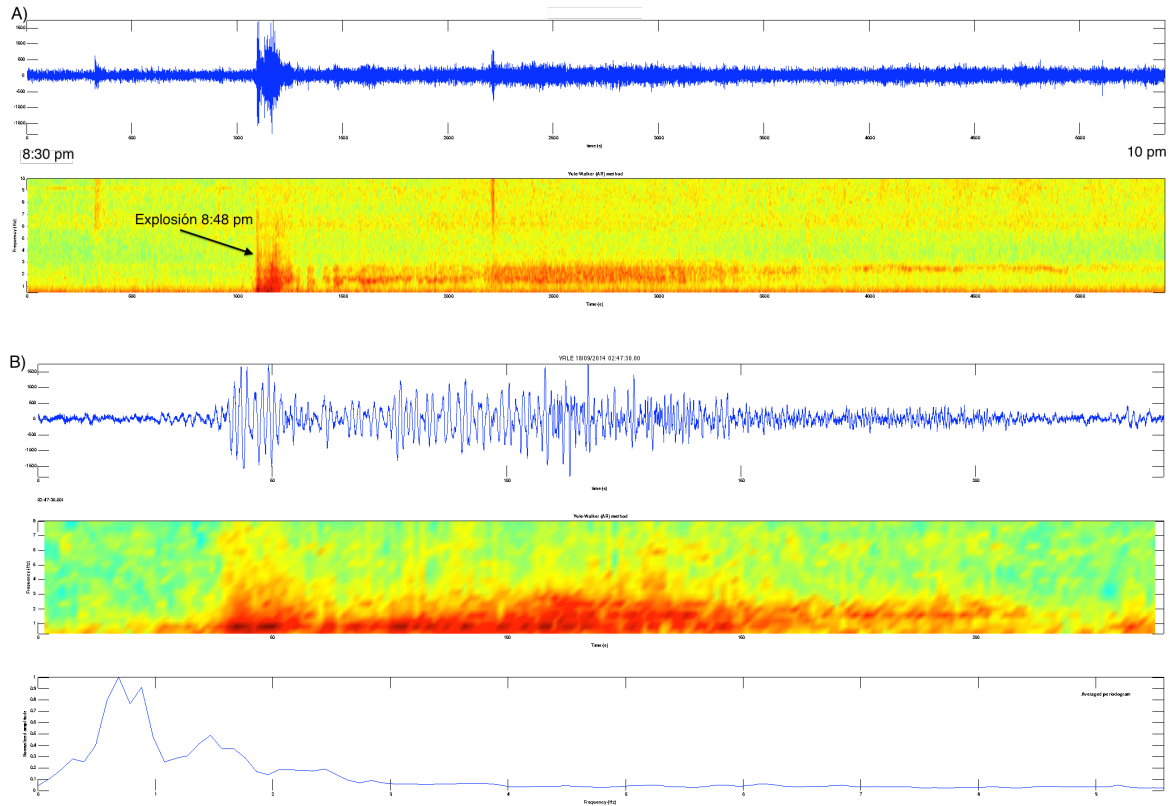


Figura 23. (A) Sismograma de la explosión del 17 de setiembre del 2014 a las 8:48 pm seguido de tremor registrado en la estación VRLE. Se muestra un intervalo de 1.5 horas. (B) Detalle de la explosión freática, se muestra un intervalo de 4 minutos. En A) y B) se muestra primero el sismograma y después el espectrograma mediante el método de Yule-Walker. Para B) en la parte inferior se muestra el espectro promedio de frecuencias.

Después de la erupción freática del 17 de setiembre se tuvo una disminución en la sismicidad que vuelve a incrementarse el 20 de setiembre con la presencia de varios sismos de baja frecuencia y una erupción freática que destaca a las 6:34 am (hora local). Los vecinos del lado norte del volcán notificaron haber visto esta explosión y reportaron que el material eyectado no rebasó las paredes del cráter.

En sobrevuelo realizado durante la mañana del 20 de setiembre, gracias a la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y a la Fuerza Pública de Costa Rica, no se observaron depósitos de material reciente fuera del cráter o en las grietas alrededor, por lo que se considera que el material de la mayor explosión freática ocurrida el 17 de setiembre quedó confinado dentro al cráter activo y sus paredes internas.

A finales de setiembre continuaron presentándose sismos de baja frecuencia y tremor. El 27 de setiembre sobresalen una serie de eventos de baja frecuencia que se van acercando en el tiempo hasta unirse en tremor. Este episodio del día 27 tuvo una duración aproximada de 6 horas, para ilustrarlo en la Figura 24 se muestra el registro sísmico y espectrograma correspondiente a 3 horas de dicho episodio.

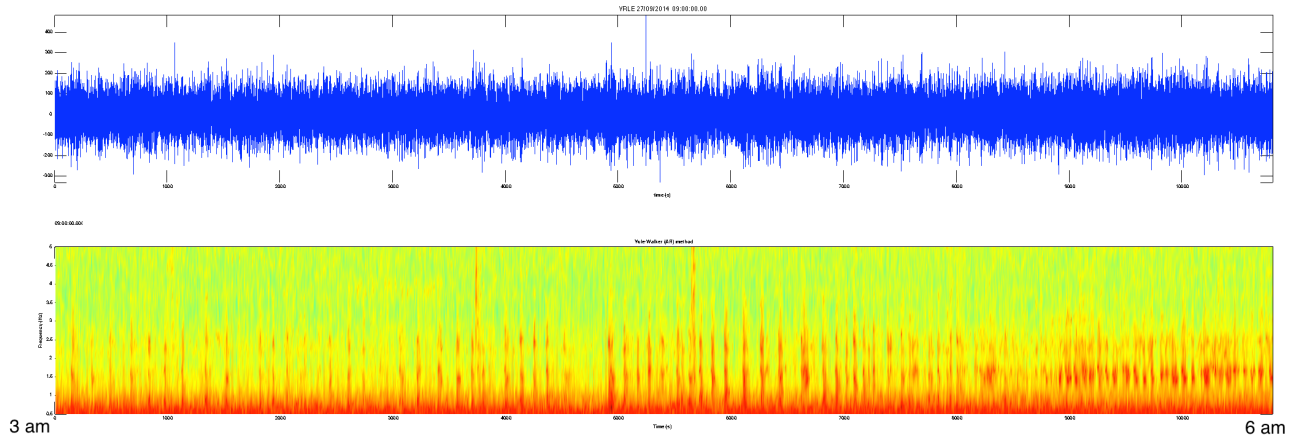


Figura 24. Secuencia de sismos de baja frecuencia acercándose en el tiempo hasta unirse en tremor. Se muestran 3 horas de registro sísmico (arriba, estación VRLE) y espectrograma (abajo) correspondientes al 27 de setiembre del 2014 de las 3 a las 6 am (tiempo local).

5.2 V. Rincón de la Vieja: Gases

El 3 de octubre del 2014 se realizaron mediciones de la composición de gases en la pluma del Rincón de la Vieja con ayuda de un sistema MultiGAS portátil (Fig. 25). Los resultados indican disminuciones dramáticas en las razones de los gases CO_2/SO_2 y $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ desde los meses previos a la ocurrencia de las erupciones freáticas de setiembre 2014. Debido a las condiciones desfavorables del clima, no se realizó mediciones del flujo de SO_2 el 3 octubre 2014. Las últimas mediciones del flujo de SO_2 se realizaron en abril de 2014 y se midió un flujo total promedio de SO_2 de ~70 toneladas por día con FLYSPEC.

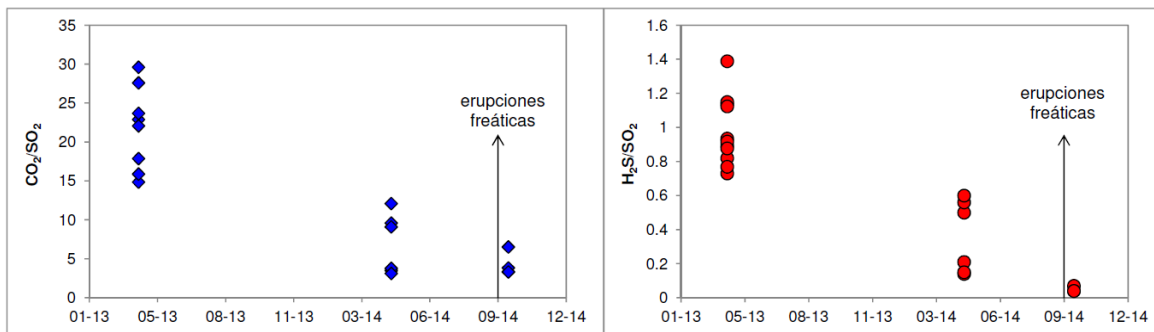


Figura 25. Datos del sistema MultiGAS portátil para la pluma de gases del Rincón de la Vieja.

5.3 V. Rincón de la Vieja: El lago ultra ácido

Los perfiles de varios de los parámetros físico-químicos que se monitorean en el lago ácido del Rincón de la Vieja muestran en setiembre 2014 un aumento significativo en la acidez (pH más bajo), la temperatura, la conductividad eléctrica, y en las proporciones sulfato/fluoruro y sulfato/cloruro (Fig. 26). Se notó un aumento de la temperatura del lago con un valor aparente de alrededor de 45°C medido de manera remota con un termógrafo infrarrojo durante el sobrevuelo realizado el 20 de setiembre. Este aumento fue confirmado con una medición directa posterior de 39°C el 3 de octubre y un pH alrededor de 0.4, comparado con T~30°C y pH~0.45 en abril del 2014.

En general, los parámetros observados en el lago ácido muestran en el periodo 1992-2014 fluctuaciones relacionadas con cambios en el régimen del sistema magmático-hidrotermal del volcán. A partir de mediados del año 2000 y hasta el presente, el lago se torna más ácido y más concentrado en especies originadas de volátiles mágmáticos y de elementos formadores de roca, lo que sugiere una mayor interacción agua-gas-roca en el sistema hidrotermal que subyace en el edificio volcánico. Todas estas observaciones sugieren la inyección de fluidos ricos en volátiles magmáticos desde nivel profundo hacia el sistema hidrotermal que alimenta al lago ácido.

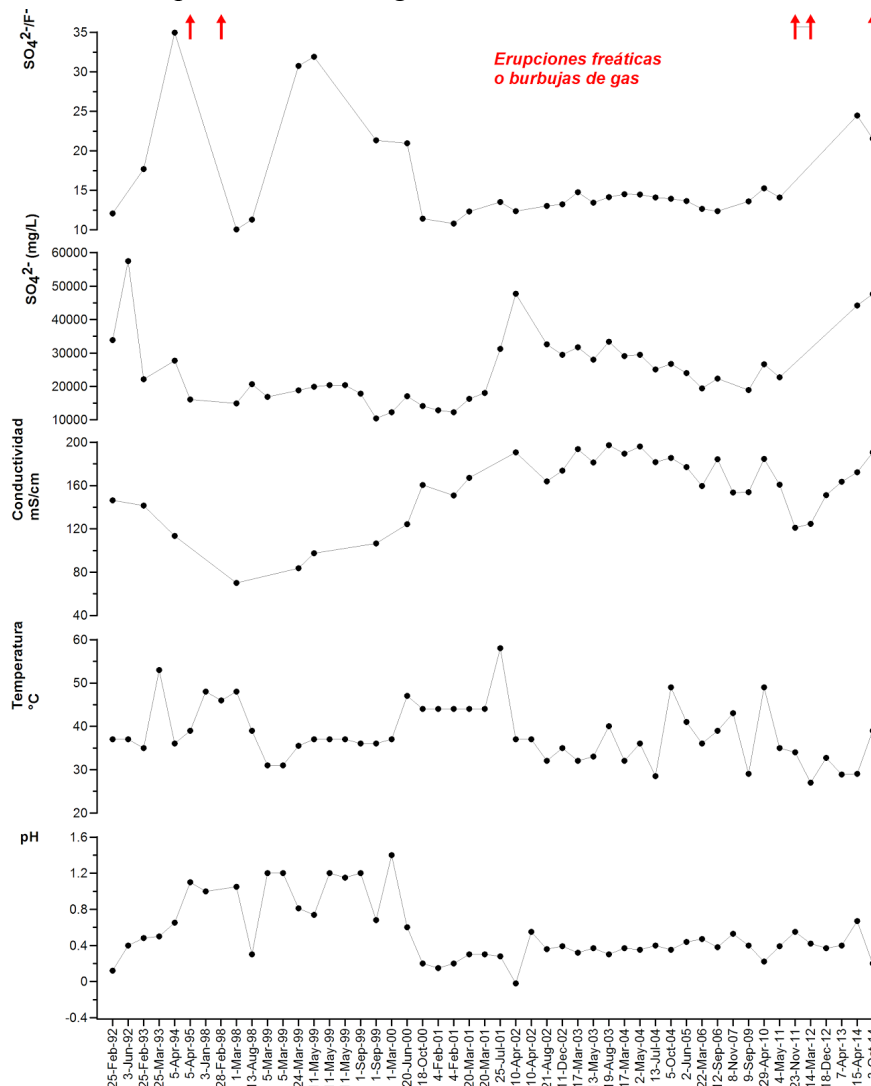


Figura 26. Evolución del pH, temperatura, conductividad, sulfato, y la razón sulfato/fluoruro del lago ultraácido del Rincón de la Vieja: 1992-3 octubre 2014. Las flechas rojas indican periodos con ocurrencia de erupciones freáticas.

Reconocimientos:

Se agradece a los funcionarios del Sistema Nacional de las Áreas de Conservación y de los Parques Nacionales de Costa Rica, así como a todas las personas que ayudaron de una u otra forma con las mediciones de campo y de laboratorio presentados en esta publicación.

Bibliografía

Conde, V., Bedemeyer, S., Duarte, E., Pacheco, J., Miranda, S., Galle, B., Hansteen, T.H., 2013 SO₂ degassing from Turrialba volcano linked to seismic signatures during the period 2008-2012. International Journal of Earth Science, DOI 10.1007/s00531-013-0958-5.

OVSICORI-UNA, abril 2014:

http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=517:estado-de-los-volcanes-abril-2014&id=44:2014&Itemid=73

P. Lesage. Automatic estimation of optimal autoregressive filters for the analysis of volcanic seismic activity. Natural Sciences and Earth System Sciences, 8, 369-376, 2008.

P. Lesage. Interactive Matlab software for the analysis of seismic volcanic signals. Computers and Geosciences, 35, 10, 2137-2144, 2009.

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>