

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



Vista aérea de la laguna cratérica del volcán Rincón de la Vieja. Al fondo se aprecia la laguna Jilgueros. Foto tomada por Federico Chavarría Kopper el 10 de agosto del 2014.

*Elaborado por:*

Dr. Maarten de Moor, Dr. Javier Pacheco, Dr. Geoffroy Avaré, Ing. Cyril Muller, Msc. Enrique Hernández R., Dra. Dulce Vargas, Dra. María Martínez

*Con contribuciones de:*

M.Sc Federico Chavarría Kopper, Dra. Milena Berrocal, Lic. Jorge Brenes

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

## ***Resumen del estado actual de los volcanes***

### **V. Turrialba:**

La sismicidad en el volcán Turrialba muestra una disminución paulatina y leve desde julio de este año. Por lo demás, la sismicidad se mantiene sin variaciones importantes durante todo este año 2014. El flujo de SO<sub>2</sub> se mantiene en valores bajos a moderados entre 400 y 1000 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. La deformación determinada por medio de InSAR y EDM, muestra un movimiento de contracción relativo entre el cráter este y oeste de algunos centímetros entre el 2013 y el 2014.

### **V. Irazú:**

El número de sismos de baja frecuencia que se registran diariamente en el volcán Irazú se ha incrementado levemente en los últimos meses. Sin embargo, la actividad se mantiene baja, tanto en sismos volcánicos como volcano-tectónicos. La emisión de gases consiste en desgasificación difusa en el flanco norte, con temperaturas menores al punto de ebullición, y con composiciones típicas de los gases hidrotermales de un volcán en período de reposo. La deformación 2013-2014 medida por InSAR, muestra un hundimiento menor de la parte superior del volcán.

### **V. Poás:**

Durante los meses de julio y agosto la sismicidad volcánica disminuyó en el volcán Poás. Esto también se reflejó en el número de erupciones freáticas que se pueden identificar en los registros sísmicos principalmente entre principios de julio y mediados de agosto. La sismicidad volcano-tectónica sigue ocurriendo de forma aislada, con pequeños sismos bajo la cima del volcán. La temperatura de las fumarolas del domo se mantiene alta y ha mostrado un aumento desde ~junio de 300°C a 650°C. El flujo de SO<sub>2</sub> en agosto era de ~200 toneladas por día, el cual está por encima del promedio. Los gases emitidos actualmente por el volcán Poás son de composición magmática. A nivel geodésico, el volcán no muestra deformaciones importantes entre 2013 y 2014.

### **V. Arenal:**

No se registra sismicidad asociada a este volcán. Las últimas mediciones de gases indicaron que el flujo de SO<sub>2</sub> está por debajo del nivel de detección (flujo de <0.2 toneladas por día y concentraciones < 5ppm). Los gases son de composición hidrotermal pero con temperaturas altas de hasta 400°C. 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 sismicidad se mantiene baja en el Rincón de la Vieja. En la última medición del flujo de SO<sub>2</sub> se registraron ~70 toneladas por día. La temperatura de las fumarolas era de ~90°C y la del lago ácido era de ~29°C. Los gases tienen composición entre hidrotermal y magmática.

## 1. Volcán Turrialba

### 1.1 V. Turrialba: Sismología

Luego de un leve incremento de la sismicidad volcánica a principios de julio, el volcán Turrialba ha mostrado un decrecimiento paulatino de la sismicidad (Fig. 1). El número de eventos con carácter volcánico disminuyó de menos de 200 eventos diarios a menos de 100. Los sismos que se registran siguen teniendo un carácter superficial, de amplio espectro de frecuencias, característico de sismicidad atribuida al movimiento de fluidos hidrotermales a través de grietas y conductos.

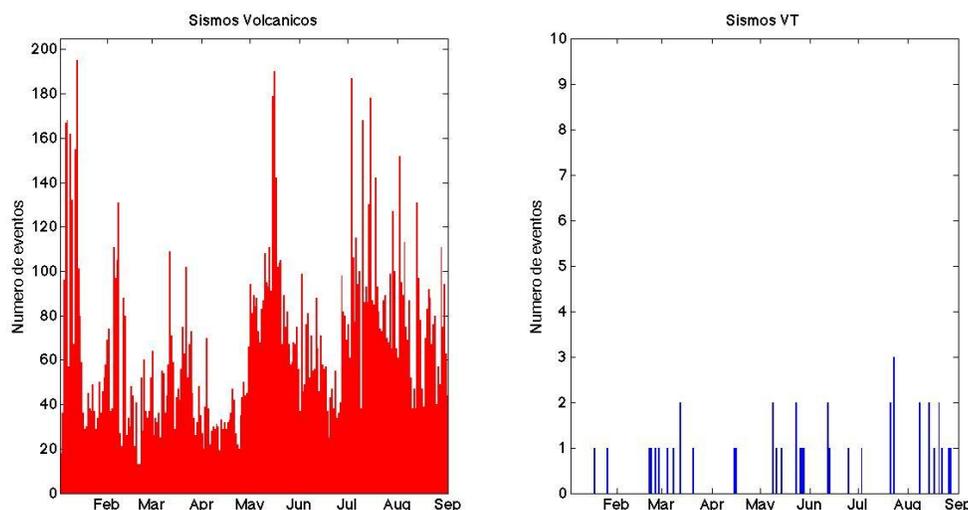


Figura 1. Número de sismos volcánicos por día contabilizados desde inicios del 2014 hasta el presente (izquierda). Número de sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Turrialba desde inicios del 2014 hasta el presente (derecha).

La sismicidad volcano-tectónica se mantiene con pocos eventos diarios y sin ocurrencia de enjambres importantes (Fig 1). La mayoría de los sismos se ubican hacia el noreste del cráter activo, con epicentro en los Bajos de Bonilla, y bajo la cúspide del volcán. Aquéllos bajo la cúspide con profundidades que van entre el nivel del mar y la superficie, los más distantes se ubican entre los 5 km y la superficie (Fig. 14). El mayor sismo se registró bajo la cima, ligeramente hacia el sur, el día 25 de agosto. Para este sismo se calculó una magnitud de 2.1 y una profundidad de 1 km bajo el nivel del mar.

Durante el mes de agosto se registraron varios sismos del tipo tornillo, con altas frecuencias (mayores a 15 hz) y rápido decaimiento de las amplitudes en la coda (altos valores de Q). La figura 2 muestra el sismo de tipo tornillo de mayor amplitud registrado en agosto. Para este evento se realizó un modelado con un algoritmo auto-regresivo para determinar las frecuencias dominantes y el decaimiento de las ondas, los cuales proporcionan información sobre la fuente de estos eventos (Lesage, 2008; 2009).

En general, la sismicidad se ha mantenido muy similar durante todo el año 2014; ocasionales sismos híbridos presentan las mayores amplitudes (Fig 3), sismos de amplio espectro son los más comunes (Fig 3) y pequeños temblores, de corta duración, amplio espectro y muy infrecuentes.

En general, no se notan cambios importantes en la actividad sísmica del volcán Turrialba. Los sismos volcánicos se concentran dentro del sistema hidrotermal, con excepción de unos pocos sismos volcano-tectónicos más profundos que ocurren bajo la cima del volcán.

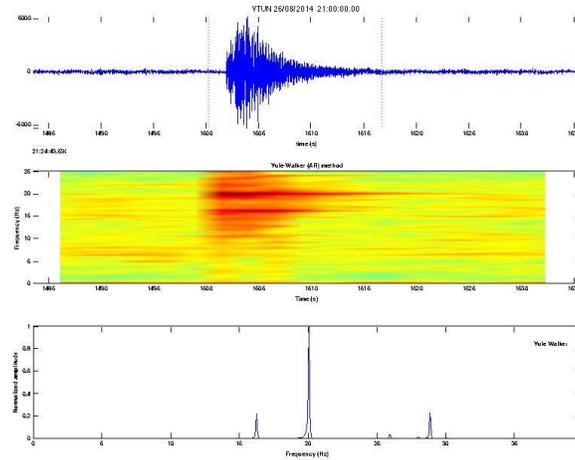


Figura 2. Sismograma (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo) del mayor sismo tipo tornillo registrado en agosto (izquierda).

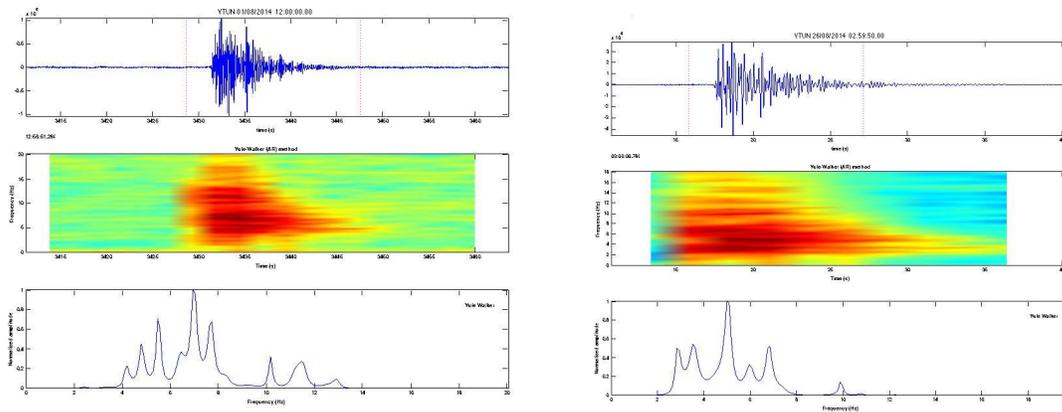


Figura 3. Sismograma (arriba), espectrograma (centro), espectro de frecuencias (abajo) para un sismo híbrido de gran amplitud (izquierda). Sismograma (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo) para uno de los sismos volcánicos más comunes en el volcán Turrialba (derecha).

## 1.2 V. Turrialba: Gases

### 1.2.1 Flujo de gas

El flujo de  $\text{SO}_2$  se mantiene en valores bajos a moderados entre 400 y 1000 toneladas por día comparado con el máximo de  $\sim 3500$  toneladas por día en 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 4-5 septiembre (Fig.4). Los resultados obtenidos indican que el flujo de  $\text{SO}_2$  era de  $457 \pm 290$  toneladas/día, similar al flujo medido en julio (Fig. 4), pero las condiciones del viento el 4-5 septiembre no permitieron medir la pluma entera por lo que el flujo de  $\text{SO}_2$  podría

haber sido mayor a 500 toneladas/día. Las mediciones con FLYSPEC/DOAS móvil sugieren que el flujo de gas magmático ha disminuido desde principios del 2014. Los datos de las estaciones DOAS permanentes (Fig. 5), ubicados en La Silvia y La Central, concuerdan en general con las mediciones del DOAS móvil.

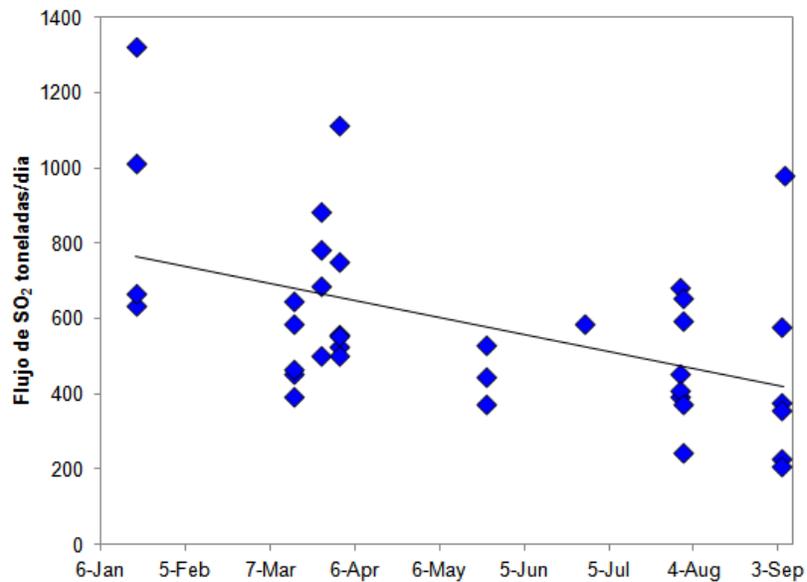


Figura 4. Comparación del flujo de SO<sub>2</sub> inferido para la pluma de gases del volcán Turrialba en julio 2014 con los meses anteriores. Mediciones realizados con transectos de DOAS y FLYSPEC portátil.

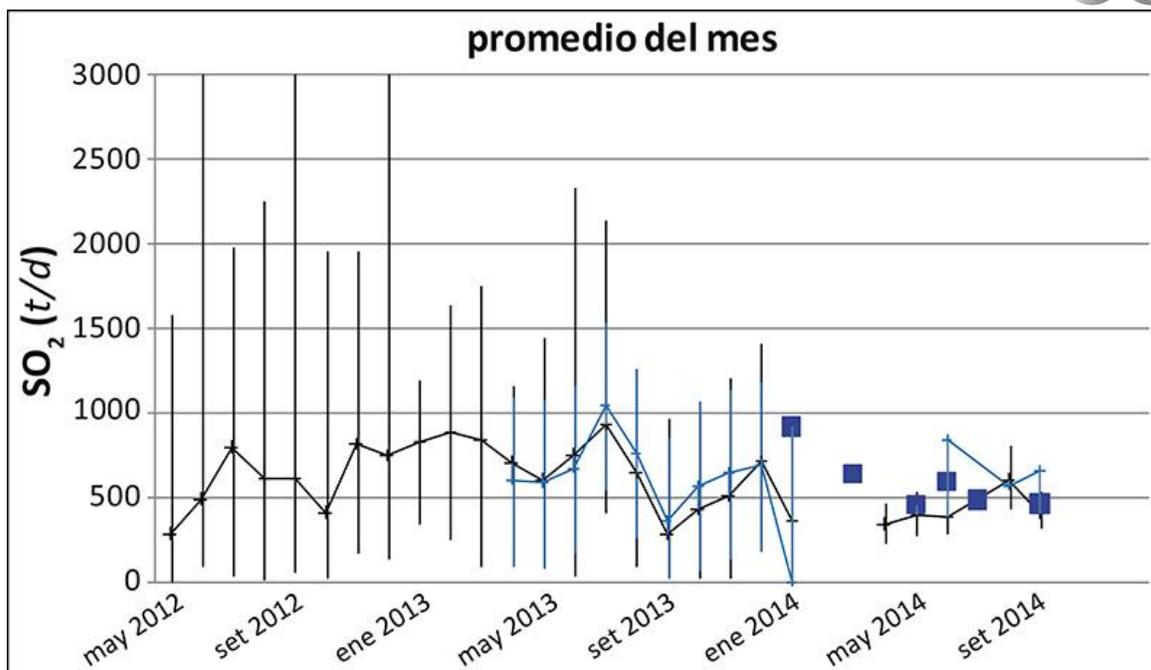


Figura 5. Evolución del flujo de gas de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Turrialba. Medición a partir de estaciones DOAS permanentes en la Central (negro) y La Silvia (azul), y a partir de transectos con DOAS portátil y FlySpec (cuadrados azules).

### 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 la estación permanente MultiGAS ubicada en el borde oeste del Cráter Oeste se presentan en la Figura 6. Los datos muestran que las razones de CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub>, y H<sub>2</sub>O/SO<sub>2</sub> se han mantenido relativamente estables desde finales de mayo. El valor promedio de CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> para agosto era 2.8, comparado con 2.4 para junio y julio. El valor promedio de H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub> para agosto era 0.4, comparado con 0.3 para junio y julio. Estas composiciones son típicas de gases magmáticos en el arco volcánico costarricense.

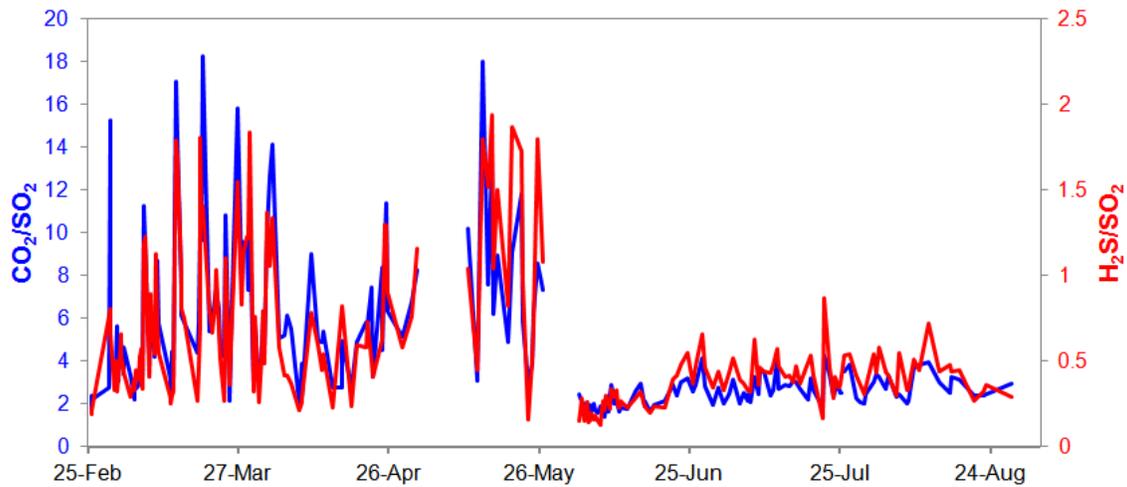


Figura 6. Composiciones de la pluma del Turrialba medido con el sistema MultiGAS permanente.

### 1.2.3 Temperatura de los gases emitidos

La temperatura de las Bocas 2010 y 2011 se mantiene por debajo de los 500°C con una tendencia decreciente. Al inicio de septiembre se registró un aumento de temperatura en la Boca 2012, la cual sobrepasó los 650°C según las mediciones remotas hechas con ayuda de un termógrafo FLIR SC660 (Fig. 7).

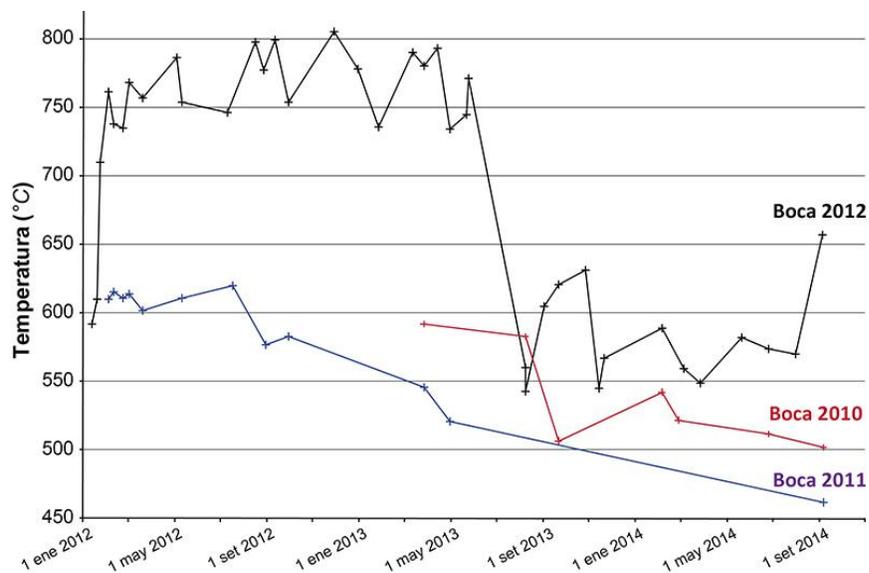


Figura 7. Temperatura de las bocas 2010, 2011, y 2012 en el volcán Turrialba desde 2012.

### 1.2.4 Flujo de gases difusos a través del suelo

La serie de mediciones del flujo de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S que difunden a través del suelo en el Cráter Central no mostró anomalías (Fig.8)

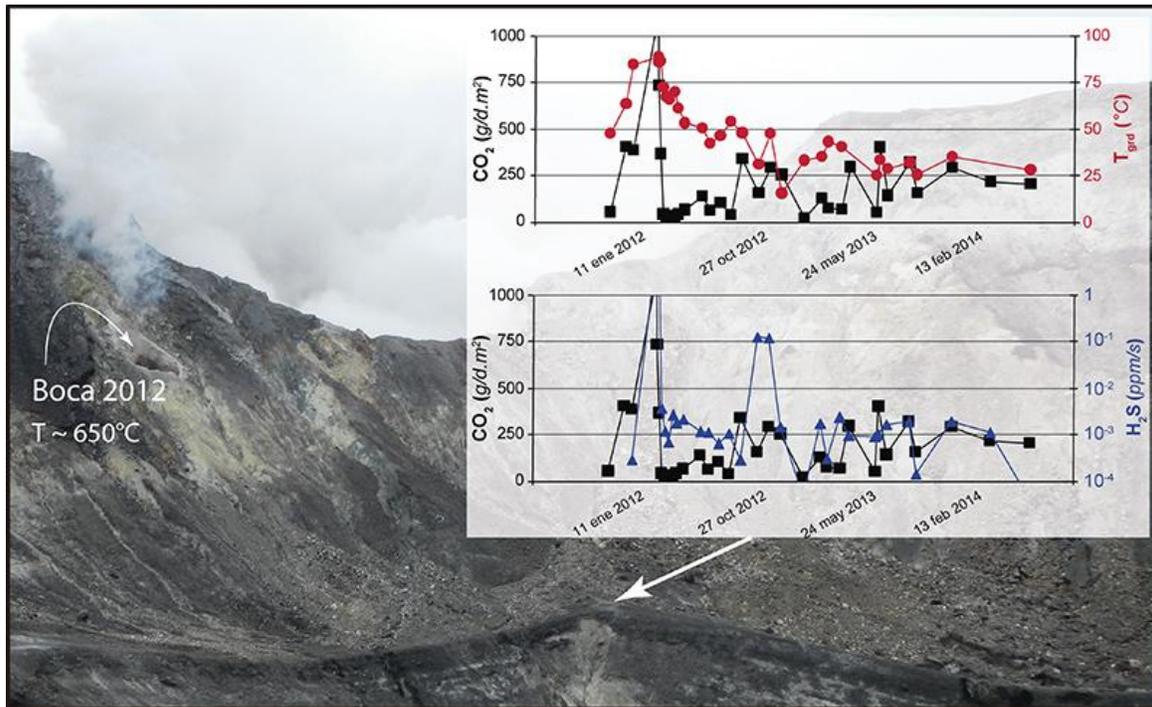


Figura 8. Evolución del Flujo de CO<sub>2</sub> (en negro), de H<sub>2</sub>S (en azul) y de la temperatura a 10 cm de profundidad (en rojo) que difunden a través del suelo en el Cráter Central (Foto: G.Avard el 4-09-2014)

### 1.3 V. Turrialba: Deformación

Los datos de deformación en el volcán son de tipo InSAR (Interferometric Synthetic Aperture Radar) y distancia electrónica (EDM). Los datos InSAR fueron adquiridos por el proyecto UAVSAR del Jet Propulsion Laboratory de la NASA entre el 8 de marzo del 2013 y el 10 de abril del 2014 desde un avión no tripulado. La longitud de onda utilizada es de tipo L ( $\lambda = 24$  cm). El azimut de la línea de vuelo es de 120° grados y el ángulo de incidencia de la onda varía entre 25° y 66°. Las mediciones de EDM fueron registradas directamente por el grupo de geodesia del OVSICORI a lo largo de los años con una estación total Leica TM30. La precisión de las distancias después de las correcciones de temperatura, presión y humedad es de 1mm + 1ppm (1 mm/km).

Los datos InSAR (Fig. 9) muestran una prolongación de la línea de vista (LOS) entre el equipo en el avión y la superficie del suelo. Considerando que el volcán está en el borde exterior de la línea SAR el ángulo es relativamente oblicuo y el cambio observado de LOS puede ser interpretado como un hundimiento o como un movimiento al NE del cono somital del volcán. Esta variación es de unos centímetros en 14 meses. En la cumbre se

detecta un gradiente agudo de la fase SAR entre los cráteres activos en el oeste y el cráter oeste. Esta segunda observación indica un movimiento más rápido de la parte SW de la cumbre. Más investigación es necesaria para determinar el movimiento 3D de esta señal.

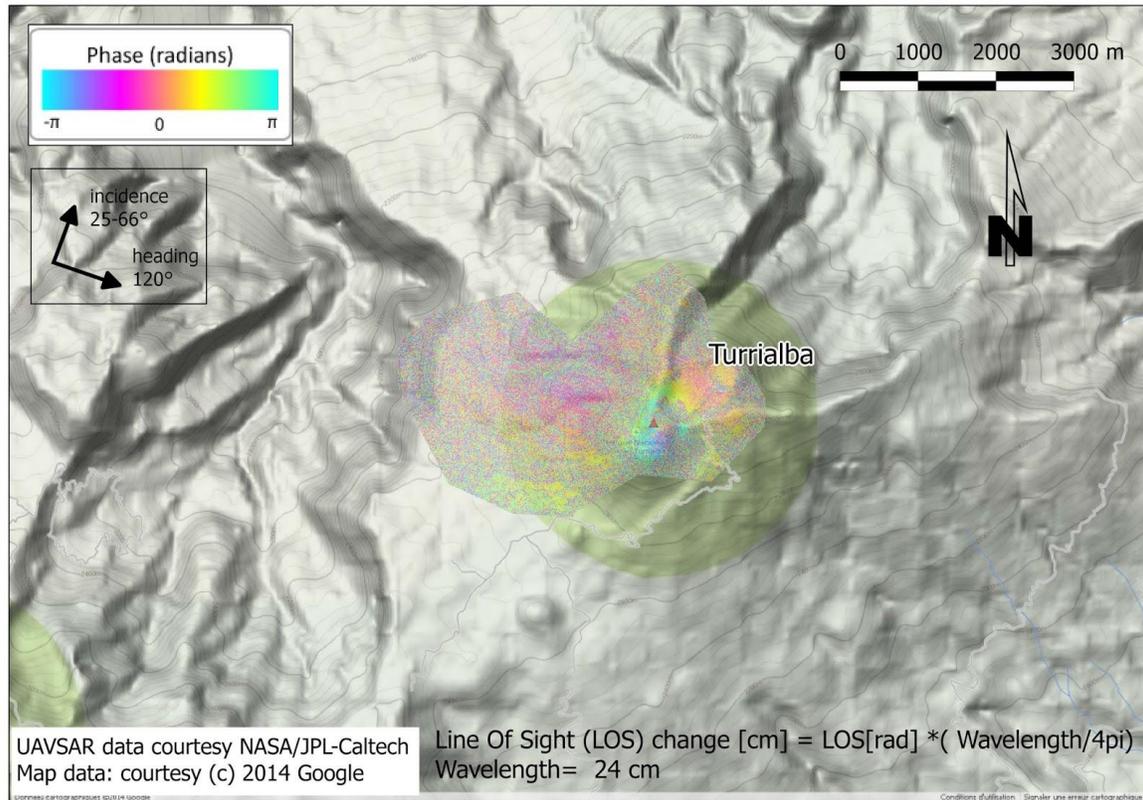


Figura 9. InSAR del volcán Turrialba entre 8 marzo de 2013 y el 10 abril de 2014

La red de mediciones EDM en la cumbre del volcán Turrialba (Fig. 10) nos permite monitorear la deformación cortical del edificio volcánico, cumbre y cráteres.

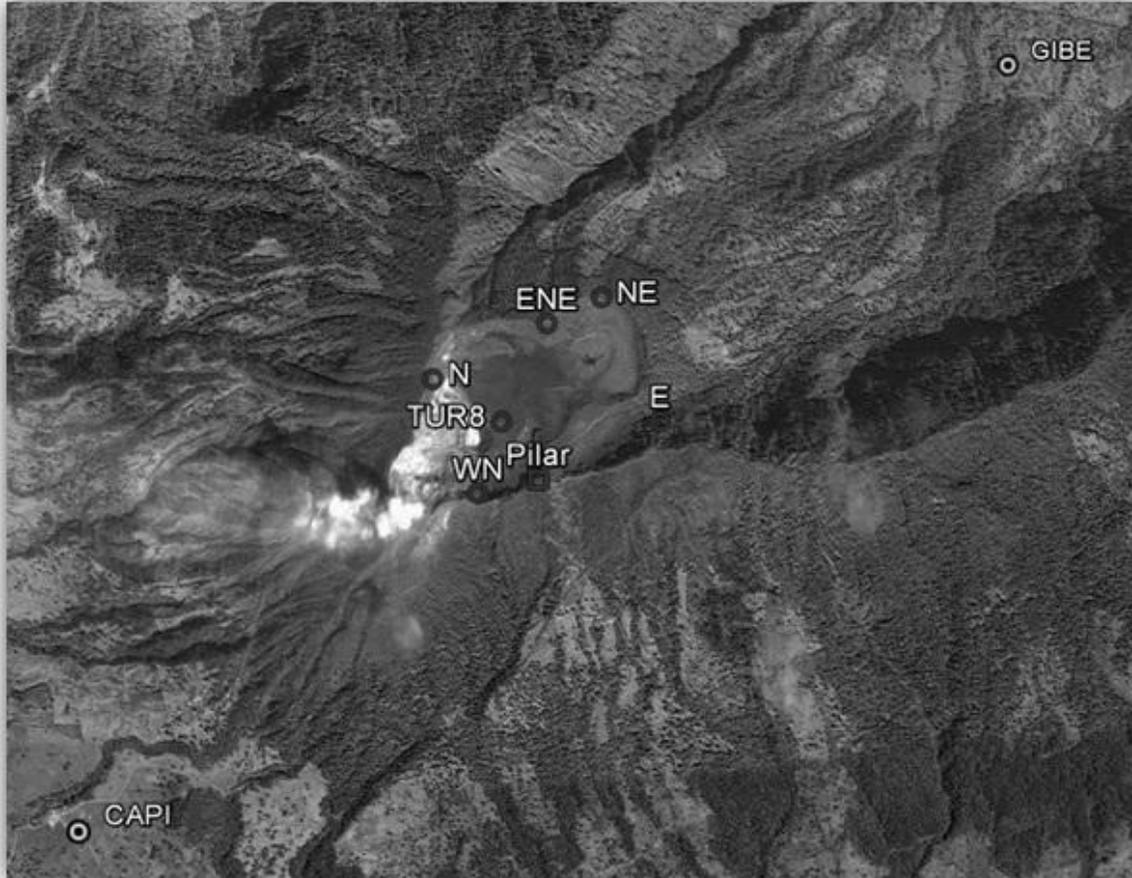


Figura 10: Red geodésica del volcán Turrialba, año 2014. Los círculos oscuros representan reflectores de la red EDM medidos desde el monumento Pilar. Los círculos claros son estaciones GPS permanentes (CAPI y GIBE).

Después de la tendencia de contracción general de todas las líneas (~2-3 centímetros) que generó el sismo de Nicoya del 5 de septiembre del 2012, para el año 2014 se registra una tendencia también de contracción constante (menor a 1 cm) a excepción de la línea E que para inicios del 2013 presenta una expansión de ~2 cm (Fig. 11).

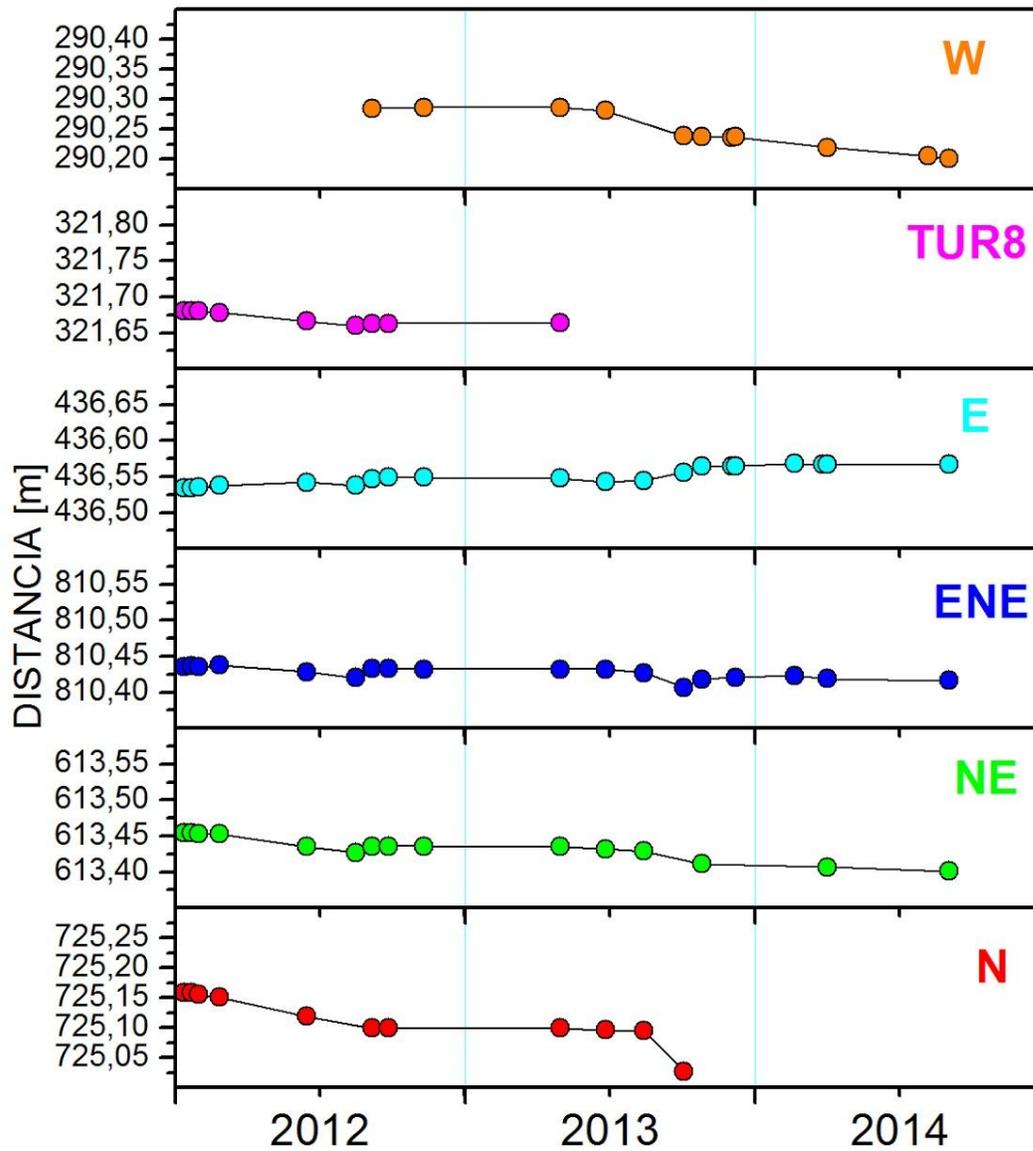


Figura 11: Longitudes de las líneas EDM de la red mostrada en la Fig. 10, durante el período 2012-2014.

## 2. Volcán Irazú

### 2.1 V.Irazú: Sismología

Los sismos volcánicos de baja frecuencia que se registran dentro del sistema hidrotermal del volcán Irazú se continúan registrando con un promedio de 2-3 sismos por día. Estos eventos mantienen amplitudes que varían entre 0.1 y 3 micrones ( $10^{-6}$  metros/segundo) en una estación sísmica ubicada a 5 km de distancia del cráter activo (Fig. 12), o entre 2 y 25 micrones en una estación sísmica ubicada en la cima. Desde mediados de abril de este año se notó un ligero incremento en la frecuencia con que ocurren estos sismos. A partir de julio cesó el incremento y desde entonces se mantiene un periodo casi constante de 10 horas entre eventos.

Durante los meses de julio y principalmente en agosto se han registrado con mayor frecuencia la ocurrencia de 2 ó 3 sismos de baja frecuencia seguidos, separados por pocos segundos (Fig. 13). Generalmente estos sismos que ocurren en grupos son de baja amplitud, los de mayor amplitud ocurren mayormente aislados.

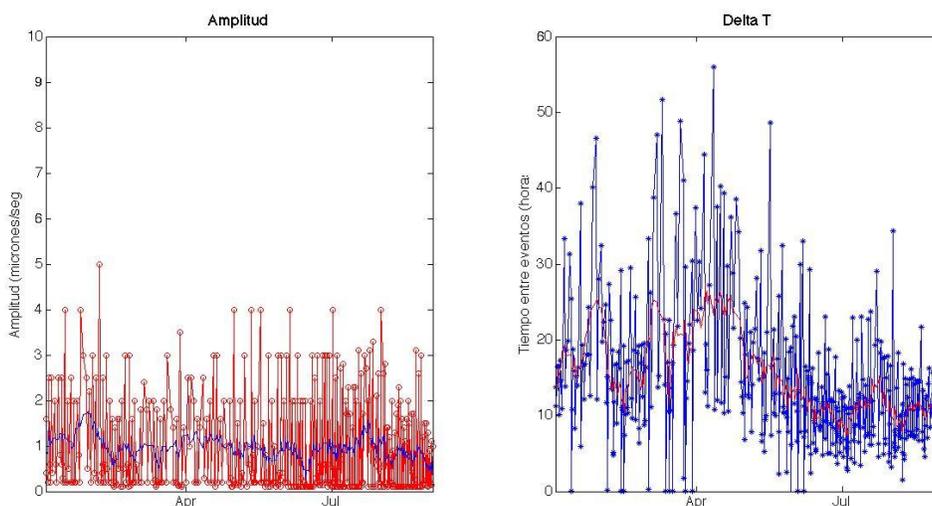


Figura 12. Amplitud medida de los sismos de baja frecuencia en una estación sísmica ubicada a 5 km del cráter activo del volcán Irazú (izquierda), la línea azul muestra un promedio corrido. Tiempo entre dos eventos seguidos, la línea roja muestra un promedio corrido (derecha).

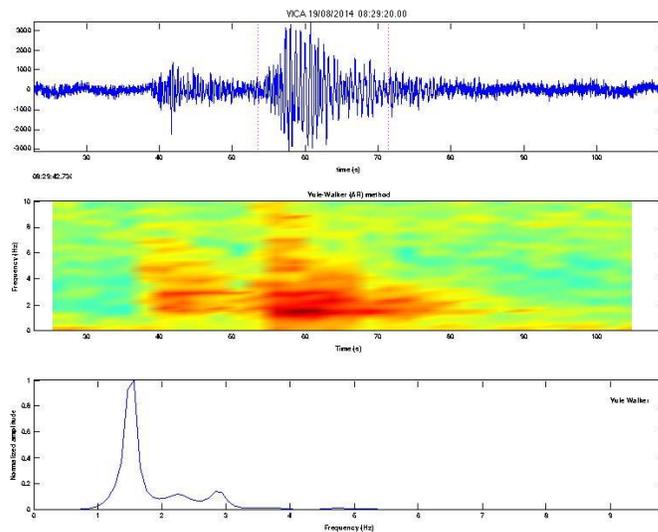


Figura 13. La figura muestra el sismograma (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo) de 3 sismos de baja frecuencia que ocurren durante un corto intervalo de tiempo, mostrando un sismograma que asemeja a un temblor de corta duración.

La actividad volcano-tectónica en el volcán Irazú se mantiene baja, con pocos sismos aislados, la mayoría lejos del cráter activo (Fig. 14). Sin embargo, se logran registrar con frecuencia pequeños sismos volcano-tectónicos, muy superficiales, bajo el cráter activo. Estos eventos sólo se registran en estaciones sísmicas ubicadas cerca del cráter, por lo que no pueden ser localizados con precisión. El mayor sismo volcano-tectónico asociado al volcán Irazú que se registró en agosto alcanzó una magnitud de 1.0.

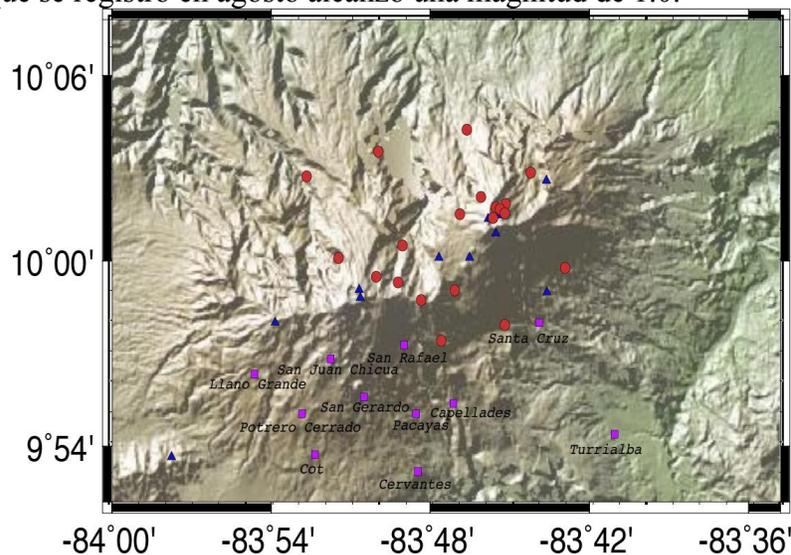


Figura 14. El mapa muestra los sismos volcano-tectónicos (puntos rojos) localizados entre los volcanes Irazú y Turrialba durante el mes de agosto. En el mapa se muestran las estaciones sísmicas (triángulos azules) utilizadas para localizar los eventos y los poblados más importantes (cuadrados violetas).

Además de los sismos volcano-tectónicos y de baja frecuencia, el día 12 de agosto a las 19:25 (GMT) se registró un evento que no es de origen volcánico, pero ocurrió muy cerca de la cima del volcán. Este pequeño evento no se registra fuera del macizo del volcán. La forma de las ondas sísmicas registradas, las frecuencias dominantes, la gran amplitud de la señal en las estaciones sísmicas de la cumbre y la rápida atenuación de las ondas con la distancia permiten concluir que se trató de un deslizamiento de tierra de pequeñas dimensiones. En una visita a la zona de turistas del parque nacional volcán Irazú no se encontró ningún deslizamiento fresco, reciente, por lo que se presume que el deslizamiento ocurrió al norte del cráter activo, una zona de altas pendientes, y frecuentes deslizamientos como el que aparece en la Fig 15.

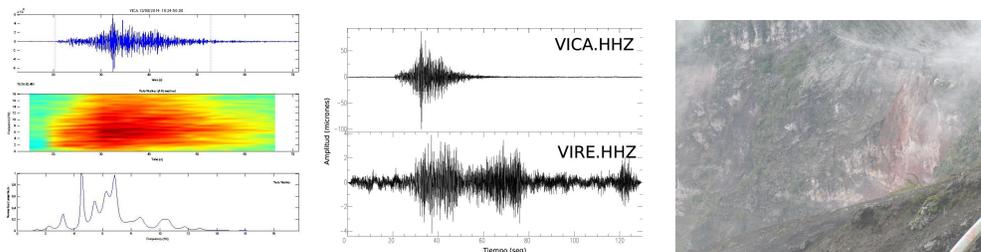


Figura 15. (Izquierda) Evento sísmico registrado en la estación sísmica ubicada en la cima del volcán Irazú; se muestra el sismograma (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo). (Centro) Sismogramas en dos estaciones, la superior en la cima del volcán y la inferior a 5 km de distancia de la cima. (Derecha) Foto de un deslizamiento antiguo en la parte norte del volcán, que se muestra a modo de ejemplo (Foto tomada por Milena Berrocal el 25 de agosto 2014).

## 2.2 V. Irazú: Gases

Las últimas mediciones de gases en el Irazú se realizaron el 23 mayo. Los gases son emitidos por la desgasificación difusa de la ladera norte (N 9.9884° W83.8509°) del volcán. Se midieron 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 CO<sub>2</sub> (~35%) y H<sub>2</sub>O (~65%) y poco azufre en la forma de H<sub>2</sub>S (<1%), su composición es comparable con la composición de los gases medidos en la cueva de la ladera norte en noviembre de 2013.

## 2.3 V. Irazú: Deformación

Los datos InSAR disponibles en el volcán comprenden el periodo entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014 (Fig 16). El azimut del avión era de 300° grados (NW) y el ángulo de incidencia varía entre 25° y 66° grados. Por su posición en medio de la banda de adquisición, las ondas reflejadas sobre el volcán tienen un valor medio del ángulo de incidencia de ~45°. El movimiento observado está por debajo del nivel de detección, aunque es posible observar áreas de tamaño pequeño que podrían indicar zonas de deslizamiento ubicadas en la parte NW de la cumbre.

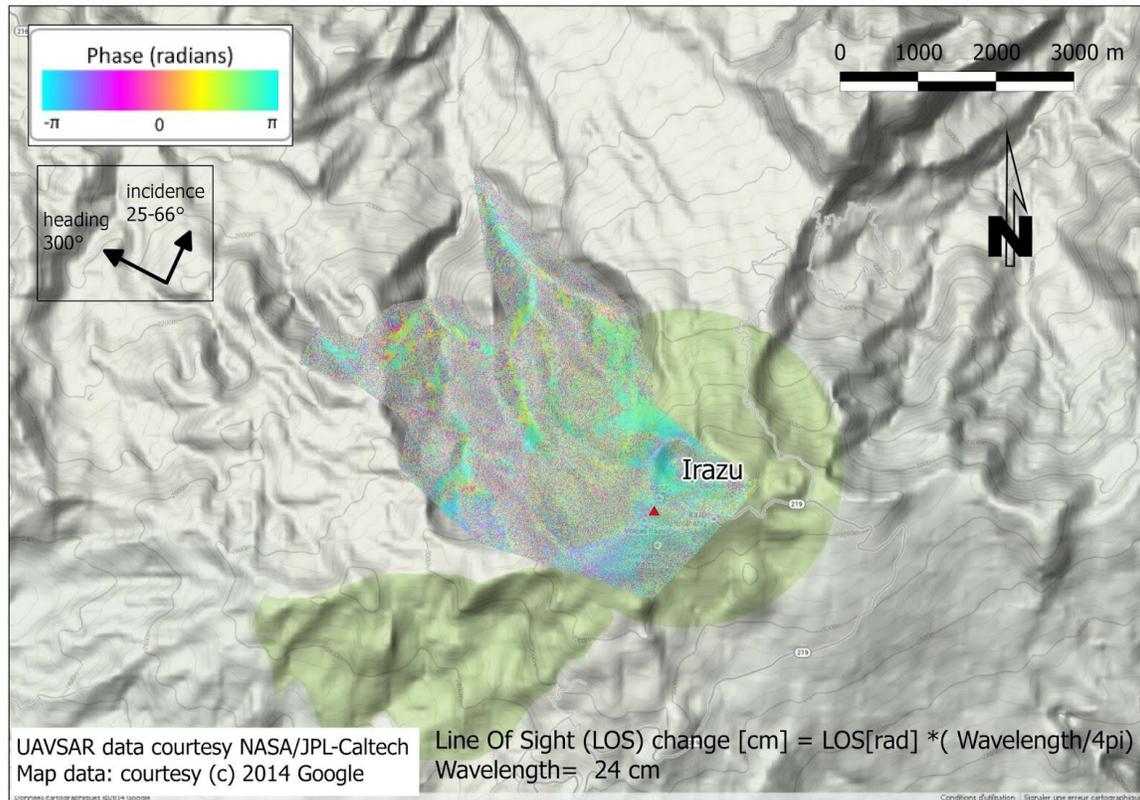


Figura 16. InSAR del volcán Irazú entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014.

### 3. Volcán Poás

#### 3.1 V.Poás: Sismología

Entre julio y finales de agosto la sismicidad volcánica que se registra en el volcán Poás disminuyó considerablemente. Entre fines de febrero y finales de junio la sismicidad se mostró fluctuante con valores entre 50 y más de 300 sismos diarios, sin embargo a fines de junio, al igual que enero y parte de febrero, la sismicidad decayó a menos de 50 sismos diarios (Fig.17). Estos valores se incrementaron hacia fines de agosto. La baja actividad sísmica coincidió con un menor número de erupciones freáticas, tanto las identificadas en los registros sísmicos (las de mayor tamaño) como las observadas en la cámara web. A fines de agosto se vuelve a incrementar el número de erupciones freáticas, aunque su número es muy inferior a las observadas en mayo o junio. La mayor erupción freática registrada durante este mes ocurrió el 27 de agosto y registró una altura de columna de más de 200 metros (Fig. 18 y Fig. 19). Esta erupción freática en realidad consiste de 4 erupciones que ocurren en un corto intervalo de tiempo, por lo que se superponen en el sismograma y en las imágenes.

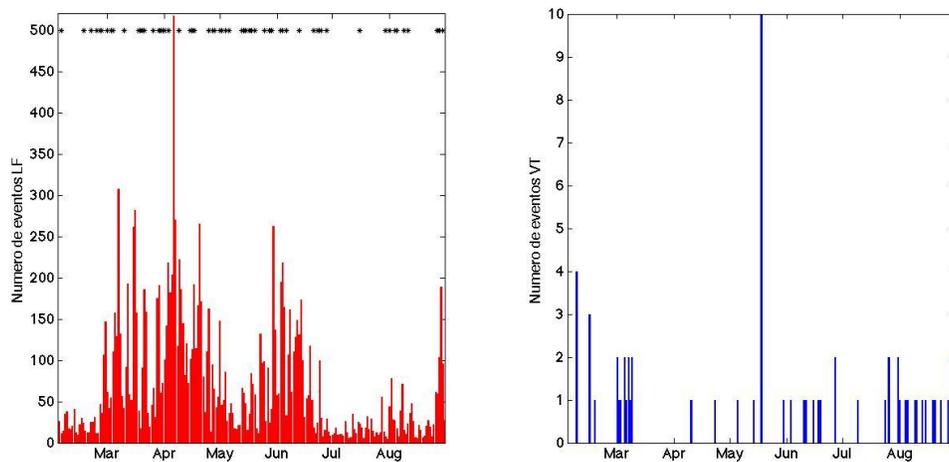


Figura 17. Número de eventos sísmicos volcánicos registrados en el volcán Poás desde febrero del 2014 hasta finales de agosto (barras rojas), los asteriscos muestran las erupciones freáticas registradas en las estaciones sísmicas (izquierda). Número de sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Poás y registrados desde febrero 2014 hasta fines de agosto (derecha).

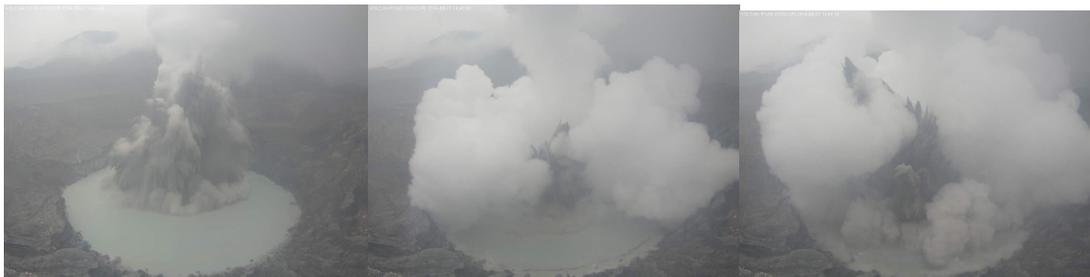


Figura 18. Tres fases de la erupción freática del 27 de agosto captadas por la cámara web del OVSICORI.

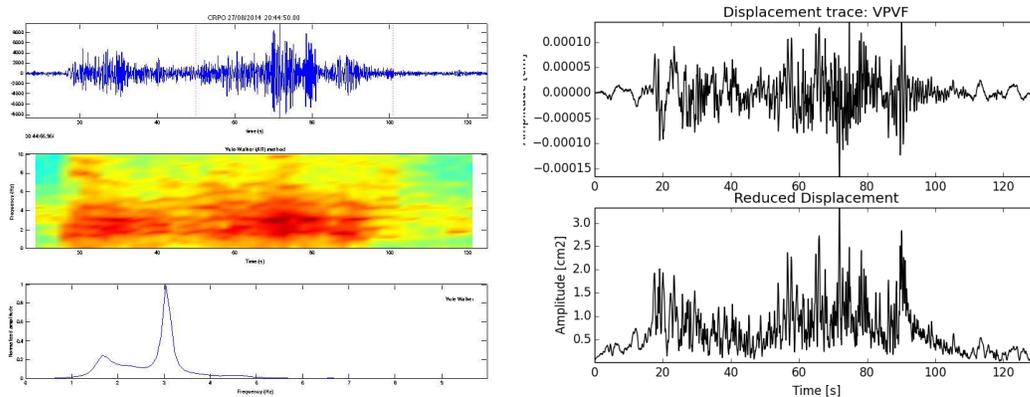


Figura 19. Izquierda: Sismograma, registro de velocidad del suelo (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo). Derecha: sismograma, registro del desplazamiento del suelo (arriba) y desplazamiento reducido (abajo).

Otra erupción freática importante ocurrió durante la noche del 3 de agosto a las 10:18 pm. El registro sísmico de esta explosión se muestra en la Figura 20. Aunque no se cuenta con imagen de esta explosión, fue posible observar residuos de este evento en las imágenes de la mañana siguiente de la cámara del Poás.

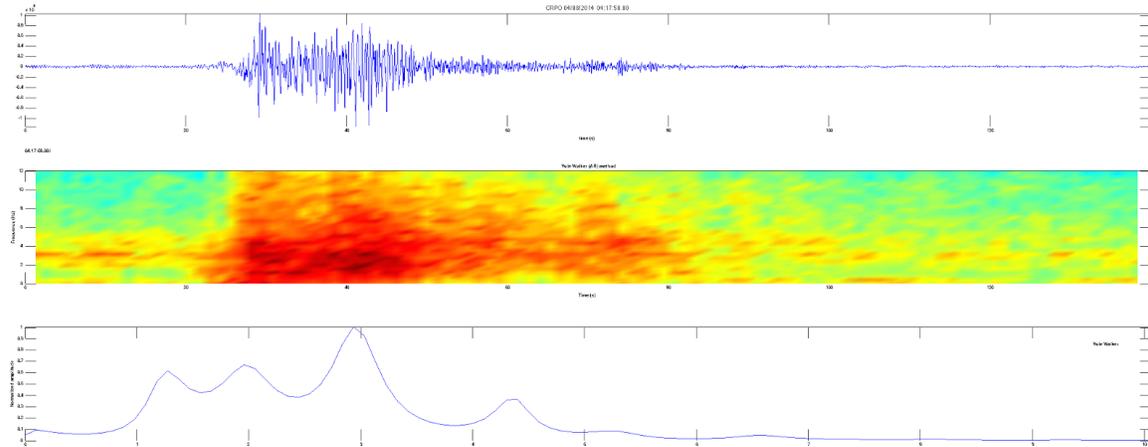


Figura 20. (Arriba) Sismograma de la explosión freática del 3 de agosto 10:18 pm (hora local). (Centro) Espectrograma indicando la variación de frecuencias de la señal sísmica en el tiempo. (Abajo) Espectro de frecuencias.

En la Figura 21 se muestra una comparación de la energía de las dos erupciones freáticas más significativas del mes de agosto con la energía de la mayor erupción freática registrada durante el 2014 (2 de junio). Puede observarse que la explosión del 3 de agosto tiene un comienzo más energético que la explosión del día 27, pero es mayor la acumulación de energía liberada por la secuencia de explosiones del 27 de agosto.

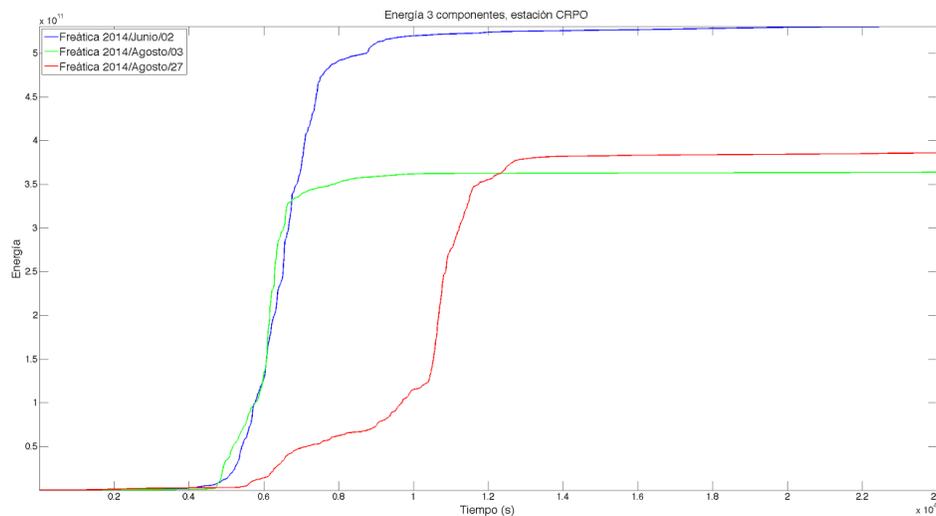


Figura 21. Energía de los registros sísmicos de las explosiones del 3 y 27 de agosto en verde y rojo, respectivamente. En azul se muestra la energía de la explosión freática del 2 de junio del 2014, la mayor explosión ocurrida en lo que va del año.

La sismicidad volcánica está dominada por pequeños eventos volcánicos de baja frecuencia y otros eventos híbridos, algunos de ellos con grandes amplitudes.

Se registraron varios sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Poás (Figura 22). Los eventos ocurren de manera aislada, no se registran enjambres importantes. El mayor sismo se registró el 28 de agosto con una magnitud de 2.2 y se ubicó a 5 km al noroeste del cráter activo. La mayoría de los sismos volcano-tectónicos son de muy pequeña magnitud y se ubican superficialmente bajo el cráter activo.

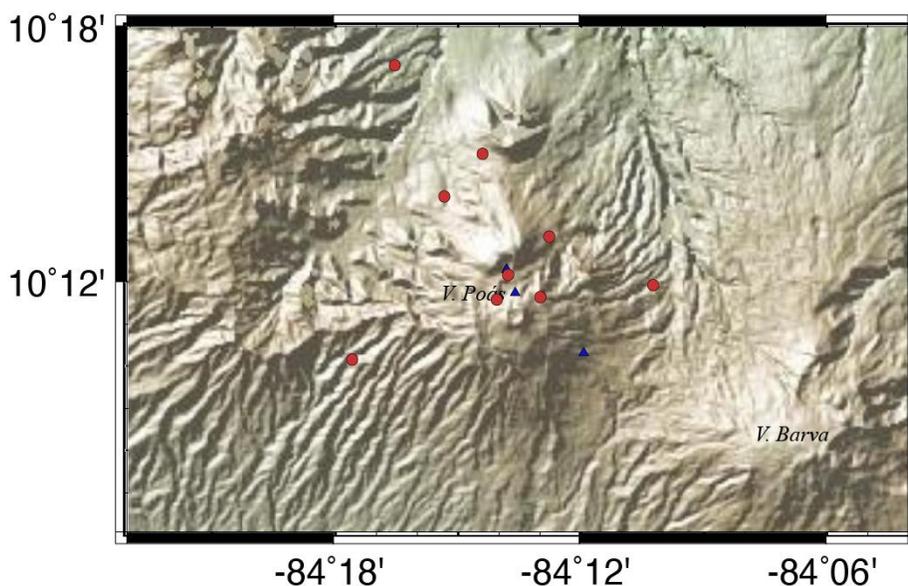


Figura 22. Mapa mostrando los sismos volcano-tectónicos ocurridos durante el mes de agosto y susceptibles a localización (puntos rojos). Se muestran las estaciones sísmicas utilizadas (triángulos azules).

### 3.3 V.Poás: El lago ultra ácido

En los últimos meses el lago ácido del Poás ha mostrado algunas fluctuaciones (Fig. 23): La razón  $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^-$  ha variado significativamente, el pH ha disminuido, y el nivel del lago ha subido  $\sim 2$  m. Estas observaciones son consistentes con la entrada de más gases magmáticos en el sistema hidrotermal superficial combinado con la entrada de más agua meteórica en el lago durante la época lluviosa. En general, todas las mediciones realizadas en 2014 son consistentes con un periodo de alta actividad:  $\text{pH} < 0$ , temperatura  $\sim 45^\circ\text{C}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}^- > 50$ , y un nivel bajo del lago.

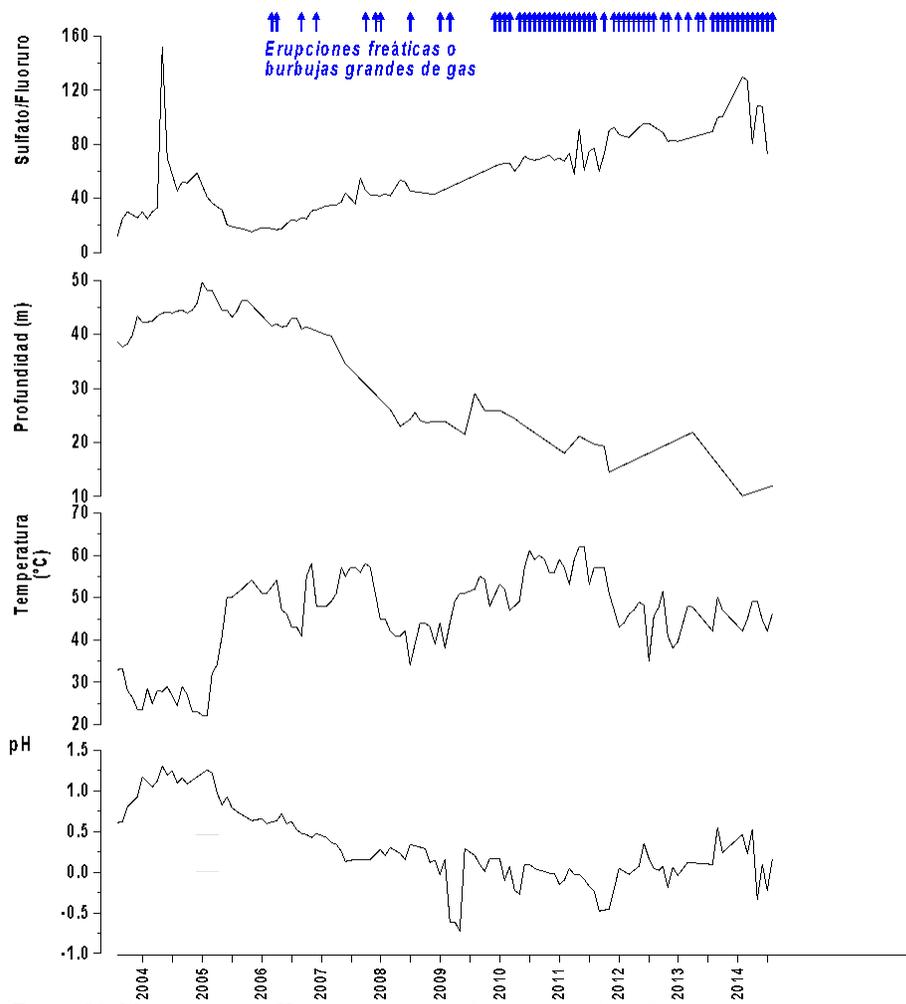


Figura 23. Mediciones de pH, temperatura, profundidad y sulfato fluoruro del lago ácido del volcán Poás desde 2004.

### 3.3 V.Poás: Gases

#### 3.3.1 Mediciones térmicas

Se confirma el calentamiento del “domo” observado el mes pasado con temperaturas arriba de los 600°C el 26 de agosto (Fig. 24). El lago se mantiene a una temperatura alta por arriba de los 45°C y con un pH de ~0, a pesar del aumento en el nivel del lago.

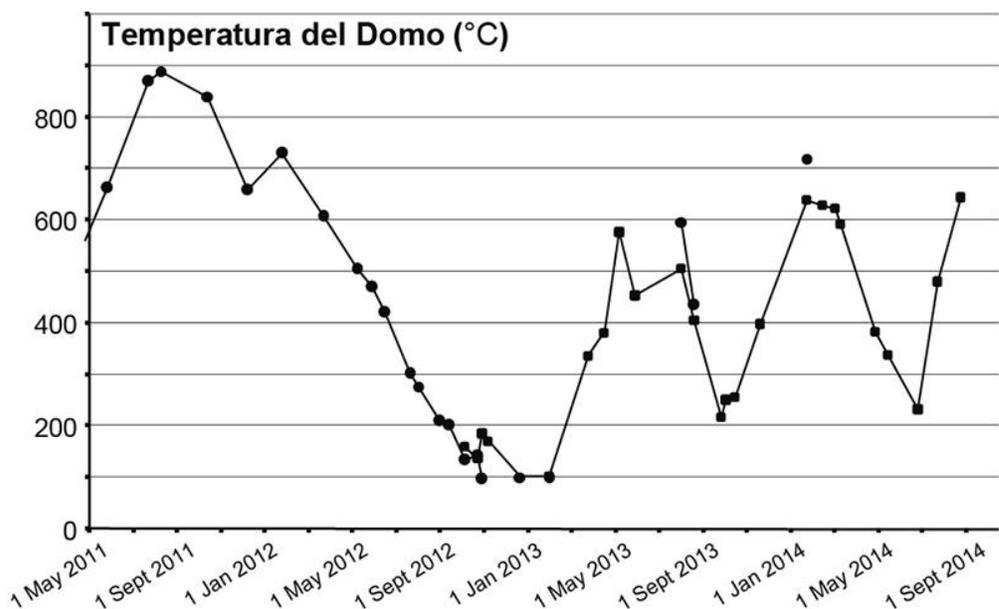


Figura 24. Evolución de la temperatura del “domo” desde mayo del 2011.

### 3.3.2 Flujo de gas

El flujo de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Poás fue medido en trayectos a lo largo del borde oeste del cráter activo con un DOAS portátil el 28 de agosto, un día después de una erupción freática importante (Fig. 18) arrojando un valor promedio de ~215 toneladas de SO<sub>2</sub> por día (Fig. 25). Este valor es más alto que los valores medidos por DOAS/FLYSPEC en los meses anteriores (enero a junio) de 2014 (promedio de 130 toneladas/día; Fig. 25). El aumento significativo en el flujo de SO<sub>2</sub> coincide con un aumento abrupto en la acidez del lago (pH negativo; Fig. 23) y en las razones de volátiles disueltos en el lago SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup>>5, sugiriendo la entrada de más gases magmáticos al sistema hidrotermal superficial.

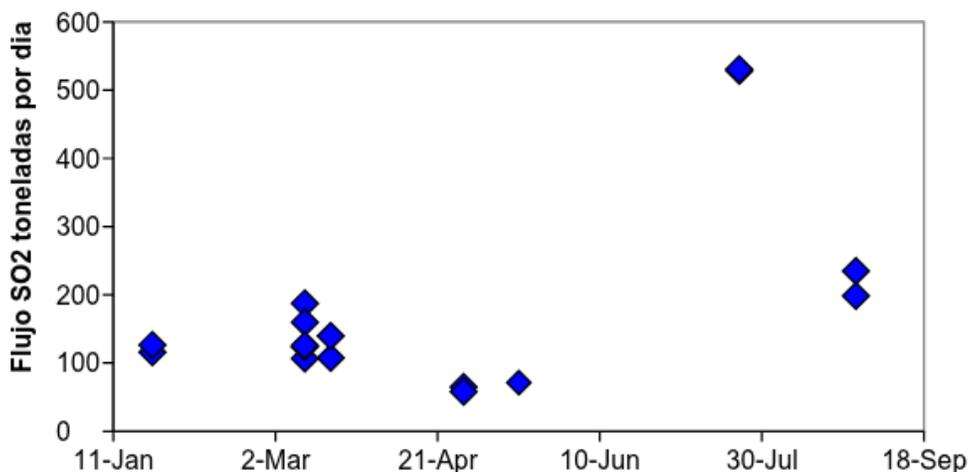


Figura 25. Flujos de SO<sub>2</sub> del volcán Poás en el 2014. Mediciones realizadas con transectos de DOAS y FLYSPEC portátil.

### 3.3.3 Composición de los gases

Las emisiones de gases en el volcán Poás se mantienen con composiciones magmáticas. Los resultados de la estación permanente fija MultiGAS en el Poás se presentan en la Figura 26. Los datos muestran cambios insignificantes en las razones de los gases  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  desde abril del 2014.

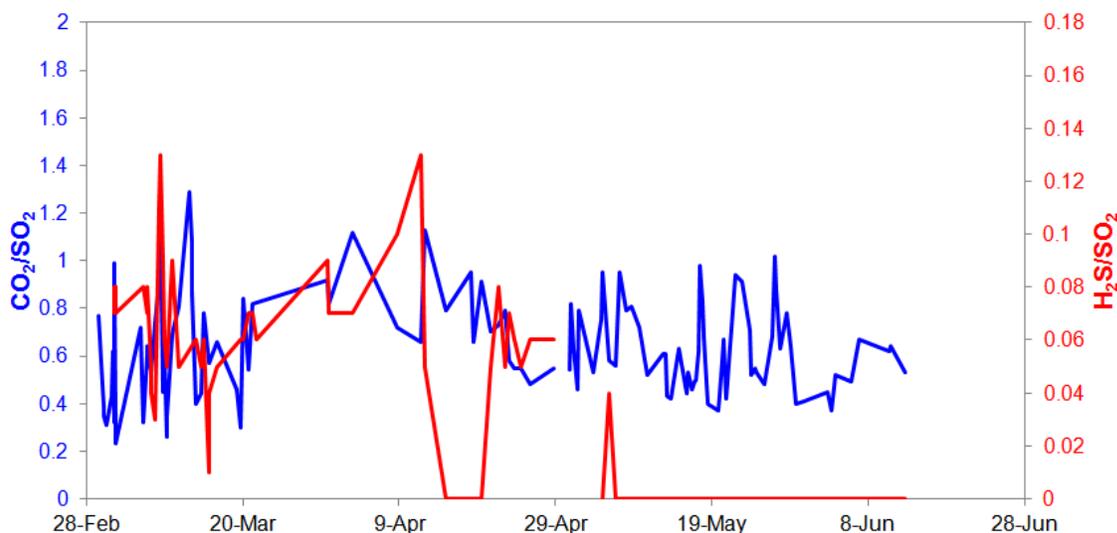


Figura 26. Datos de la estación MultiGAS fija ubicada en el borde oeste del cráter hasta el 29 de abril y después en el cráter cerca del lago ácido.

La última medición con MultiGAS portátil se logró el 23 de julio, y los resultados indican que el cociente  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  en la pluma del lago es 0.7 y en la pluma de las fumarolas del "domo" es 0.2. Estos valores son indicadores de un aporte magmático en las emisiones de los gases del volcán Poás.

### 3.4 V.Poás: Deformación

La deformación de la cima del volcán entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014 fue menor a 5 cm y se localiza en el borde del cráter activo y en un área a 2 km al oeste del mismo cráter donde la pendiente se acentúa (Fig. 27). Estos movimientos relativos están probablemente asociados a inestabilidades locales.

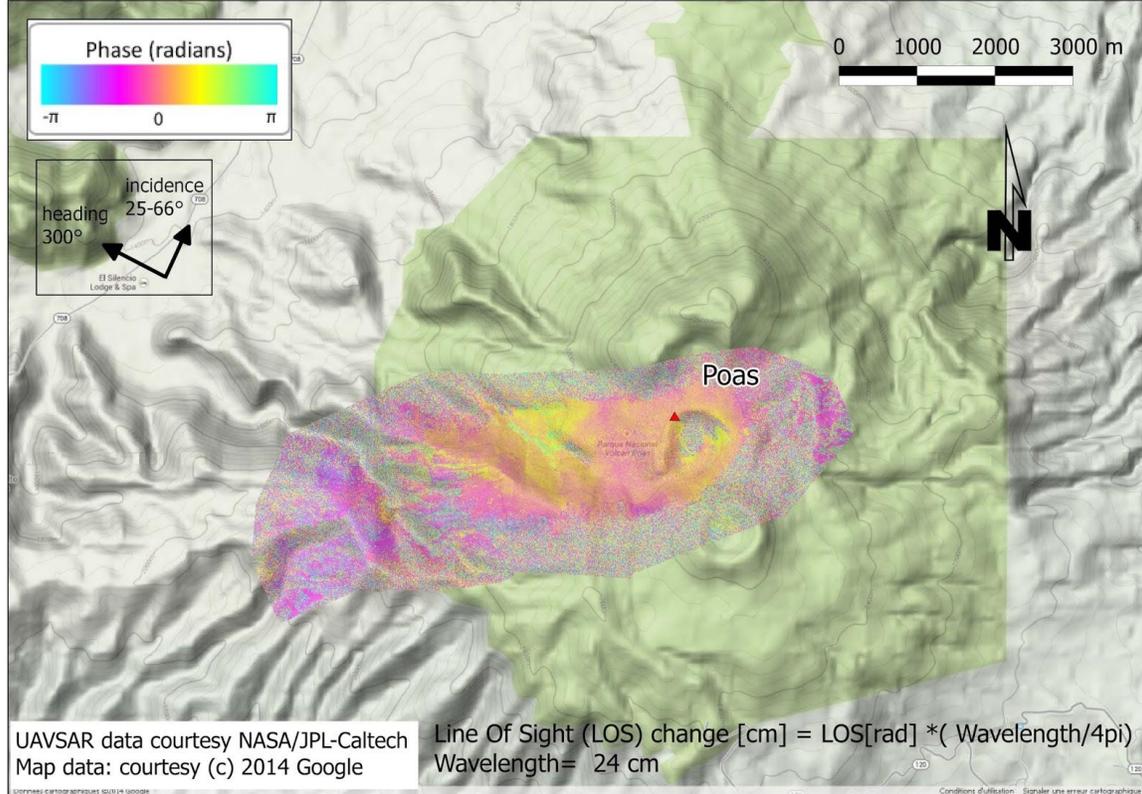


Figura 27. InSAR del volcán Poás entre 8 de marzo 2013 y el 5 de mayo 2014.

Con respecto a las líneas de EDM (Figs. 28 y 29) después del evento sísmico del 5 de septiembre del 2012 la tendencia general en todas las distancias es de contracción (~1 cm-2 cm), sólo afectadas por una expansión a finales e inicios del 2013 que está en el rango de 1 cm hasta los 3 cm; posterior a esto, la tendencia de contracción observada a lo largo de los años continúa durante 2014 aunque de manera menos marcada (cambios menores a los 0,5 cm) .

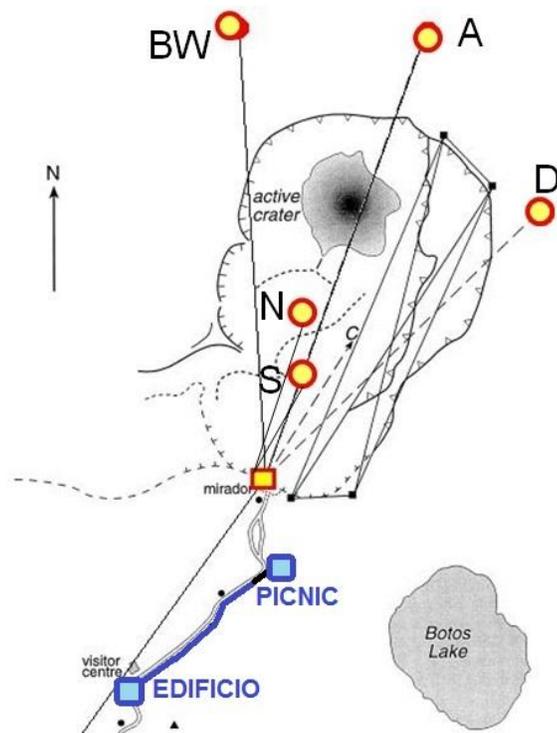


Figura 28. Red geodésica del volcán Poás. Puntos rojos, representan los reflectores EDM medidos desde el monumento Pilar, cuadro rojo.

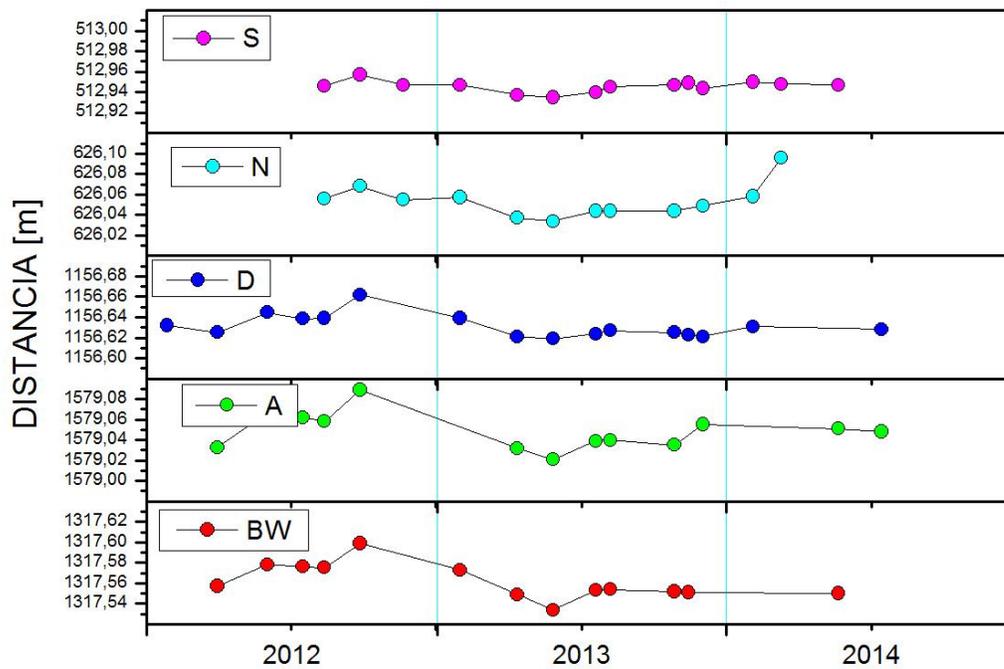


Figura 29. Longitud de las líneas EDM, observadas desde el monumento Pilar en la cima del volcán Poás, a los reflectores S, N, D, A y BW

## 4. Volcán Arenal

### 4.1 V. Arenal: Sismología

En el mes de agosto se logró localizar 4 sismos de origen tectónico, con magnitudes menores a 2 en las cercanías del volcán Arenal. Por su ubicación y características, estos sismos no están asociados a la actividad del volcán Arenal, probablemente se debe a actividad en fallas locales. Por otro lado, no se registra actividad sísmica importante en este volcán desde el 2011.

### 4.2 V. Arenal: Gases

Las últimas mediciones de gases en el volcán Arenal se realizaron en abril del 2014. Las temperaturas más altas encontradas alcanzaron 419°C en la parte este del cráter C. Las mediciones de MultiGAS móvil no detectaron la presencia de SO<sub>2</sub> pero detectaron emisiones de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y H<sub>2</sub>O. Esta campaña de mediciones permitió definir que el volcán Arenal emite ~98% H<sub>2</sub>O, ~2% CO<sub>2</sub> y ~0.005% H<sub>2</sub>S. En concordancia con las mediciones de MultiGAS, los transectos y escaneos con DOAS y FLYSPEC no detectaron emisiones de SO<sub>2</sub>. Estos datos de gases indican que el volcán Arenal está en un estado de reposo y la desgasificación es débil y con composición hidrotermal. Probablemente, las temperaturas altas se deben al calor residual de las rocas en el conducto. Los volátiles disueltos en la fuente termal Tabacón son consistentes con esta interpretación, las razones SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Cl<sup>-</sup> son relativamente altas e indican una disminución en la entrada de volátiles magmáticos desde ~2007.

### 4.3 V. Arenal: Deformaciones

El volcán se ha mantenido con una subsidencia continua desde hace décadas (Ebmeier et al. 2010; Mora et al. 2013, Muller et al. 2014). El InSAR (Fig. 30) entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014, muestra un patrón de deformación similar a Muller et al. (2014). La deformación se caracteriza por un hundimiento gradual desde la base del volcán (1cm/año) hasta la cima (~10-15cm/año). Un ciclo completo de color en el InSAR corresponde a un desplazamiento relativo de unos 12 cm, en este caso desde el borde suroeste del InSAR hasta la cima se observa un ciclo completo en aproximadamente un año. La parte noroeste muestra un comportamiento más complejo ya ilustrado por Muller et al. 2014. Además de estas observaciones se puede observar un círculo de color morado rodeado por color azul que corresponde a la forma y a la localización del cráter C e indica que el cráter está probablemente hundiéndose más rápidamente (2-3 cm/año) que el resto del edificio volcánico.

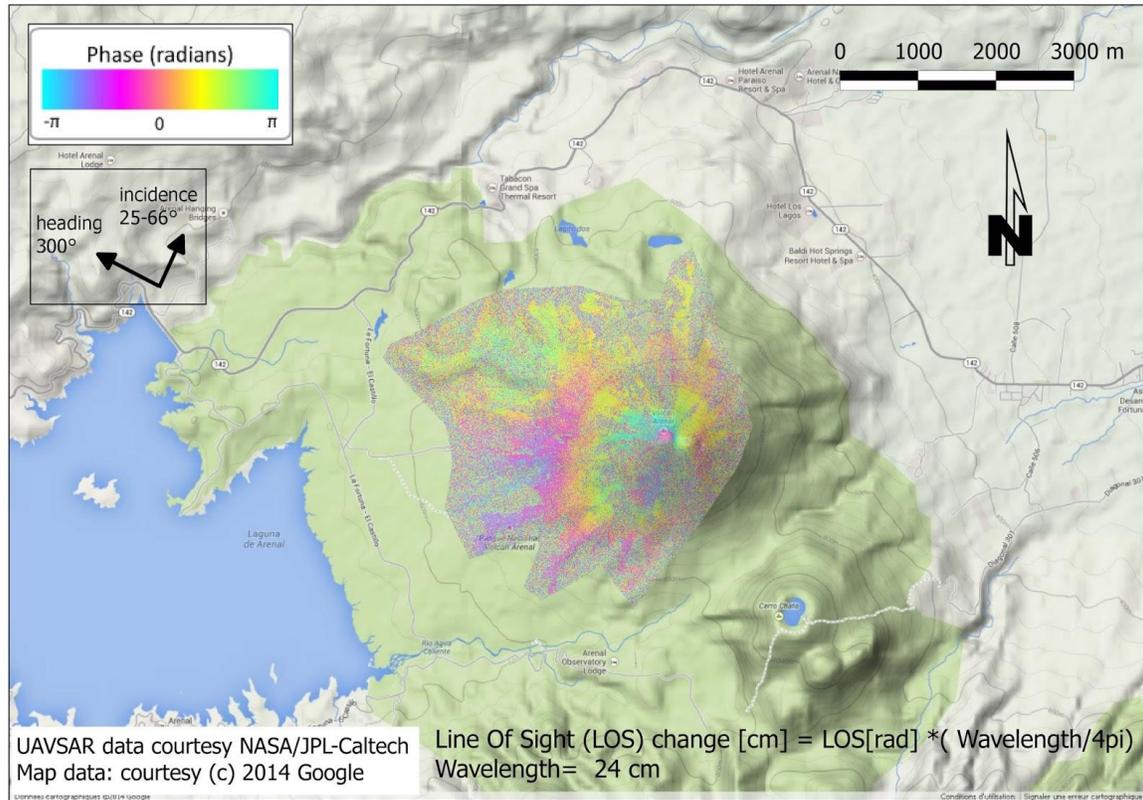


Figura 30. InSAR del volcán Arenal entre 8 de marzo 2013 y el 5 de mayo 2014.

## 5. Volcán Rincón de la Vieja

### 5.1 V. Rincón de la Vieja: Sismología

Durante el mes de agosto se registraron 7 sismos volcano-tectónicos, el mayor con una magnitud de 1.4. Estos sismos se ubican hacia el suroeste del volcán, por lo que deben estar relacionados con la actividad geotérmica de la zona y no con la actividad del volcán.

### 5.2 V. Rincón de la Vieja: Gases

Las últimas mediciones de gases en el volcán Rincón de la Vieja se realizaron en abril de 2014. La temperatura de las fumarolas se midió con una cámara FLIR y era de  $\sim 90^{\circ}\text{C}$ , mientras que la del lago ácido era de  $\sim 29^{\circ}\text{C}$ . Se midió un flujo total de  $\text{SO}_2$  de  $\sim 70$  toneladas por día con FLYSPEC, y razones de  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  entre 3 y 10 con MultiGAS móvil, indicando desgasificación moderada con composición entre hidrotermal y magmática

### *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 las personas que ayudaron con las mediciones de campo y de laboratorio presentados en esta publicación.

### *Bibliografía*

Ebmeier, S. K., Biggs, J., Mather, T. A., Wadge, G., & Amelung, F., 2010. Steady downslope movement on the western flank of Arenal volcano, Costa Rica, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 11.

Conde, V., Bedemeyer, S., Duarte, E., Pacheco, J., Miranda, S., Galle, B., Hansteen, T.H., 2013 SO<sub>2</sub> 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.

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.

Mora, M. M., Lesage, P., Albino, F., Soto, G. J., & Alvarado, G. E., 2013. Continuous subsidence associated with the long-lasting eruption of Arenal Volcano (Costa Rica) observed by dry-tilt stations, *The Geological Society of America*.

Muller, C., del Potro, R., Biggs, J., Gottsmann, J., Ebmeier, S. K., Guillaume, S., Cattin, P.-H., & Van der Laat, R., 2014. Integrated velocity field from ground and satellite geodetic monitoring: application on Arenal volcano, *Geophys. J. Int* (manuscript in review).

*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](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](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](mailto:ovsicori@una.cr)

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

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