

***Boletín de Vulcanología***  
***Estado de los Volcanes de Costa Rica***  
***Mayo 2015***



Foto arriba izquierda: trabajo en el fondo del Cráter Principal del Volcán Irazú el 19 de mayo del 2015. Otras 3 fotos: erupciones del volcán Turrialba el 5 y 6 de mayo del 2015 (Fotos: G.Avard)

*Elaborado por:*

Cyrl Muller, Javier Pacheco, Geoffroy Avard, María Martínez, Maarten de Moor, Enrique Hernández, Monserrat Cascante

*Con contribuciones de:*

David Osorno, Waldo Taylor Castillo, Henriette Bakkar Hindeleh

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

## ***Resumen del estado actual de los volcanes de mayo 2015***

### **Volcán Turrialba:**

En el mes de mayo se contabilizaron 39 erupciones acompañadas de ceniza que no alcanzaron los 500 metros sobre el nivel del cráter y la sismicidad asociada muestra una tendencia a disminuir en este mes. Con respecto a los resultados de GPS muestran que las velocidades horizontales detectan un movimiento radial de expansión con el centro de la extensión al lado oeste de la cumbre. Los valores varían entre algunos milímetros y más de un centímetro. Las velocidades verticales de los sitios muestran un levantamiento significativo entre 1 y 3 centímetros por año, con la excepción de unos sitios que no muestran velocidades verticales significativas. Por último, el flujo de SO<sub>2</sub> alcanzó valores superiores a 2000 t/d entre las erupciones del 11 y del 18 de mayo y al fin del mes el nivel de emisión de SO<sub>2</sub> regresó a valores ~500 t/d. Antes de las erupciones de mayo el CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S tenían picos que representan gases tipo hidrotermal y después de las erupciones de marzo cambiaron a valores muy bajos de CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S/SO<sub>2</sub> que indican razones magmáticas.

### **Volcán Irazú:**

En mayo se registró el mayor enjambre del año. Este enjambre se inició el 25 de mayo y alcanzó la mayor intensidad el 26, además de registrar más de 400 sismos en un día. La mayoría de los sismos registrados en mayo, se localizan hacia el oeste del volcán, y se asocian a un sistema de fallas somero, con orientación NNW-SSE, que puede estar relacionado con el movimiento de reptación que se ha reportado en el lado oeste de la cima del volcán Irazú. Con la técnica GPS se ha detectado una subsidencia de unos 18 cm horizontalmente y 30 cm en la componente vertical en los últimos 4 meses, lo que corresponde a un movimiento de 7 cm por mes.

### **Volcán Poás:**

Desde febrero la sismicidad ha venido bajando hasta ser casi nula durante el mes de mayo. Además, se registraron varios episodios cortos de tremor, los cuales indican actividad dentro del sistema hidrotermal. Existe una diferencia de orientación entre las velocidades GPS indicando que la distancia entre ellas está incrementando. Los parámetros de gases medidos en el lago desde octubre 2014 hasta la fecha indican una disminución en la cantidad de gases magmáticos. Nuevas mediciones con Multi-GAS móvil muestran que CO<sub>2</sub>/SO<sub>2</sub> en los gases del lago han subido hasta valores (6-10) no reportados anteriormente. El 26 de mayo 2015 las fumarolas del “domo” del volcán Poás registraron temperaturas alrededor de los 625 °C.

### **Volcán Arenal:**

No se registra sismicidad relevante para el mes de mayo y las mediciones de SO<sub>2</sub> con DOAS portátil si existe, esta bajo el nivel de detección.

### **Volcán Rincón de la Vieja:**

OVSICORI-UNA y OSIVAM-ICE colocaron un datalogger con sensor de temperatura en la naciente Santuario en Sensoria, aprox. 3.2 km al noreste del volcán, en mayo 2015 esta naciente presenta aguas más ácidas, con mayor contenido de especies iónicas disueltas y condiciones más oxidadas que lo observado en general en los años previos.

## 1. Volcán Turrialba

### 1.1 V. Turrialba: Sismología

Durante el mes de mayo se registraron 39 erupciones acompañadas con salida de ceniza en el volcán Turrialba. Dos de ellas fueron pequeñas exhalaciones provocadas por explosiones. Las erupciones restantes estuvieron acompañadas por tremor volcánico y explosiones. Estos eventos fueron sostenidos por tiempos mayores a 20 minutos, con columnas que no alcanzaron los 500 metros sobre el nivel del cráter, por lo que se consideran erupciones de baja energía.

Tanto los valores de RSAM como el número de sismos registrados por día (Fig. 1) muestran una tendencia a la baja durante el mes de mayo.

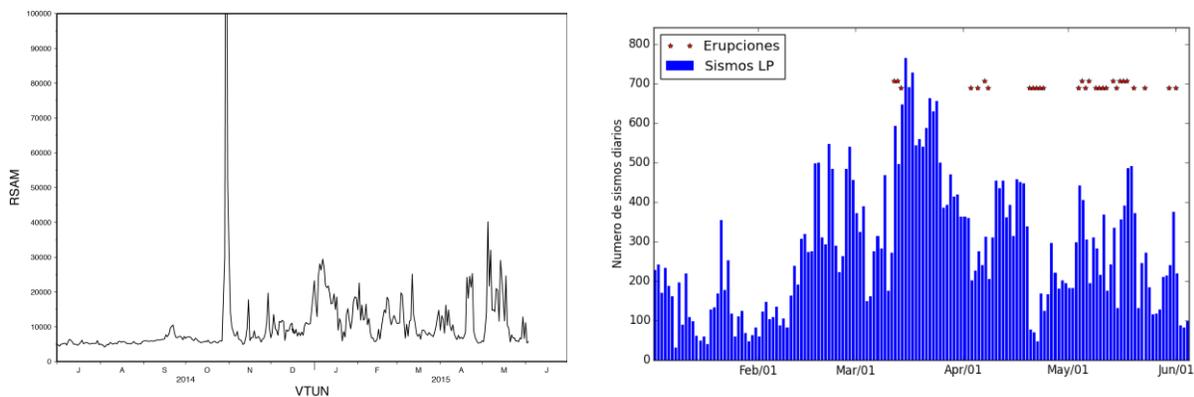


Figura 1. Izquierda: valores RSAM (amplitud promedio diaria de los registros sísmicos en la estación VTUN) entre junio 2014 y junio 2015. Derecha: número de sismos volcánicos registrados diariamente desde enero 2015 hasta junio 2015. Estrellas indican días con registro de erupciones.

Los eventos sísmicos más significativos son tremores de corta duración y amplitud media (algunos acompañados de salida de ceniza, otros armónicos), explosiones y sismos de baja frecuencia del tipo tornillo (Fig. 2).

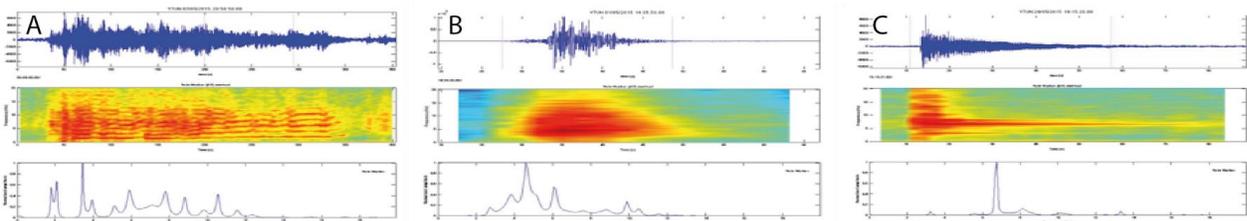


Figura 2. A: Ejemplo de tremor armónico de media amplitud. B: Ejemplo de explosión. C: Ejemplo de sismos de baja frecuencia tipo tornillo. Arriba se muestra el sismograma, al medio el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias.

Los tornillos registrados presentan frecuencias dominantes entre 4 y 10 hz y valores de Q (coeficientes de atenuación de las ondas) entre 20 y 100. Estos valores indican que estos sismos de

baja frecuencia ocurren por el paso de fluidos (agua y gas) por conductos estrechos dentro del sistema hidrotermal y no por movimiento de magma.

Las explosiones de mayor amplitud son acompañadas de salida de rocas y cenizas, sin embargo, la mayoría de las explosiones registradas ocurrieron al interior del volcán, sin mostrar efectos superficiales.

Las erupciones registradas durante mayo se caracterizaron por columnas bajas (no lograron alcanzar más de 500 metros sobre el nivel del cráter), baja energía sísmica, duraciones no mayores de 1 hora y presencia de pequeñas oleadas piroclásticas. Las mayores energías sísmicas se registraron durante las dos primeras explosiones del 1 de mayo y la erupción sostenida del 4 de mayo. A partir del 4 de mayo las erupciones tienden a bajar la energía sísmica asociada (Fig. 3).

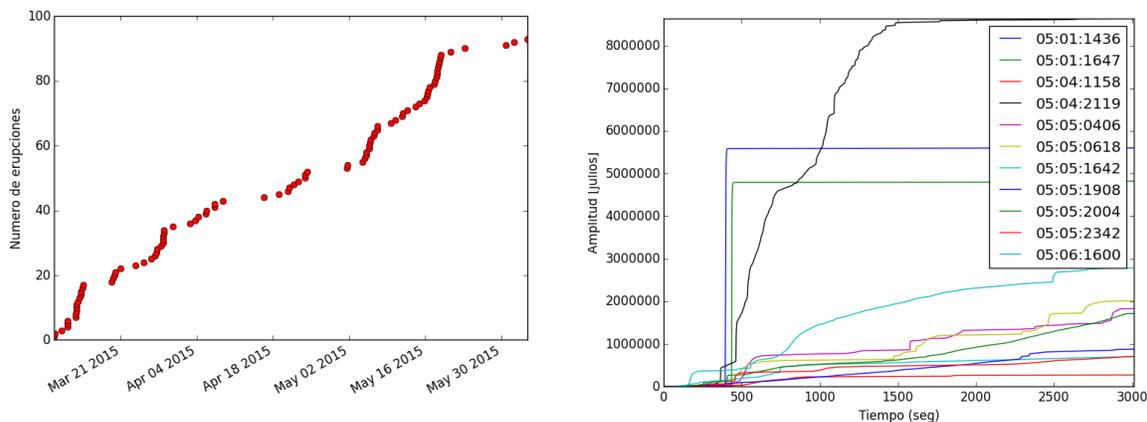


Figura 3. Izquierda: Número acumulado de erupciones registradas desde marzo, 2015. Derecha: Energía sísmica calculada (en julios) para las mayores erupciones registradas durante mayo.

### 1.2 V. Turrialba: Deformación

Las mediciones geodésicas permiten, en vulcanología, medir la deformación cortical y detectar inyecciones de fluidos magmáticos en la corteza superior o procesos superficiales, ejemplo de esto son los deslizamientos y otros procesos gravitacionales. En el volcán Turrialba, están instaladas 6 estaciones GNSS y se encuentran midiendo de forma continua. Estos equipos permiten determinar de forma absoluta los movimientos de la superficie terrestre (norte, este y altura).

Además de estos sitios con estaciones de medición continua, regularmente se procede a realizar campañas de mediciones donde se instalan los equipos durante uno o dos días. Esto permite densificar la red geodésica sin ocupar permanentemente un equipo sobre un sitio. El grupo realizó una campaña de este tipo los días 4 y 5 de junio del 2015 sobre los sitios VTPC, VTNA y VTQU.

Los datos recopilados en esta campaña fueron calculados con el software GAMIT. Al final del proceso, se calcularon velocidades promedio para el periodo entre enero del 2014 y junio del 2015 como se muestra en la figura 4.

Las velocidades horizontales fueron reducidas a un sistema de referencia local a fin de eliminar los efectos tectónicos locales. Este sistema de referencia define que la suma de las velocidades en las cuatro estaciones con más datos (VTTL, VTCA, GIBE, VTGP) es nula. Se probó la misma metodología utilizando todos los sitios, de manera que se obtuvo resultados que no cambiaron significativamente.

Los resultados muestran que las velocidades horizontales detectan un movimiento radial de expansión con el centro de la extensión al lado oeste de la cumbre. Los valores varían entre algunos milímetros y más de un centímetro. Las velocidades verticales de los sitios muestran un levantamiento significativo entre 1 y 3 centímetro por año, con la excepción de VTGP y VTNA, las cuales no muestran velocidades vertical significativas.

Periodo de la velocidades enero 2014 and Mayo 2015

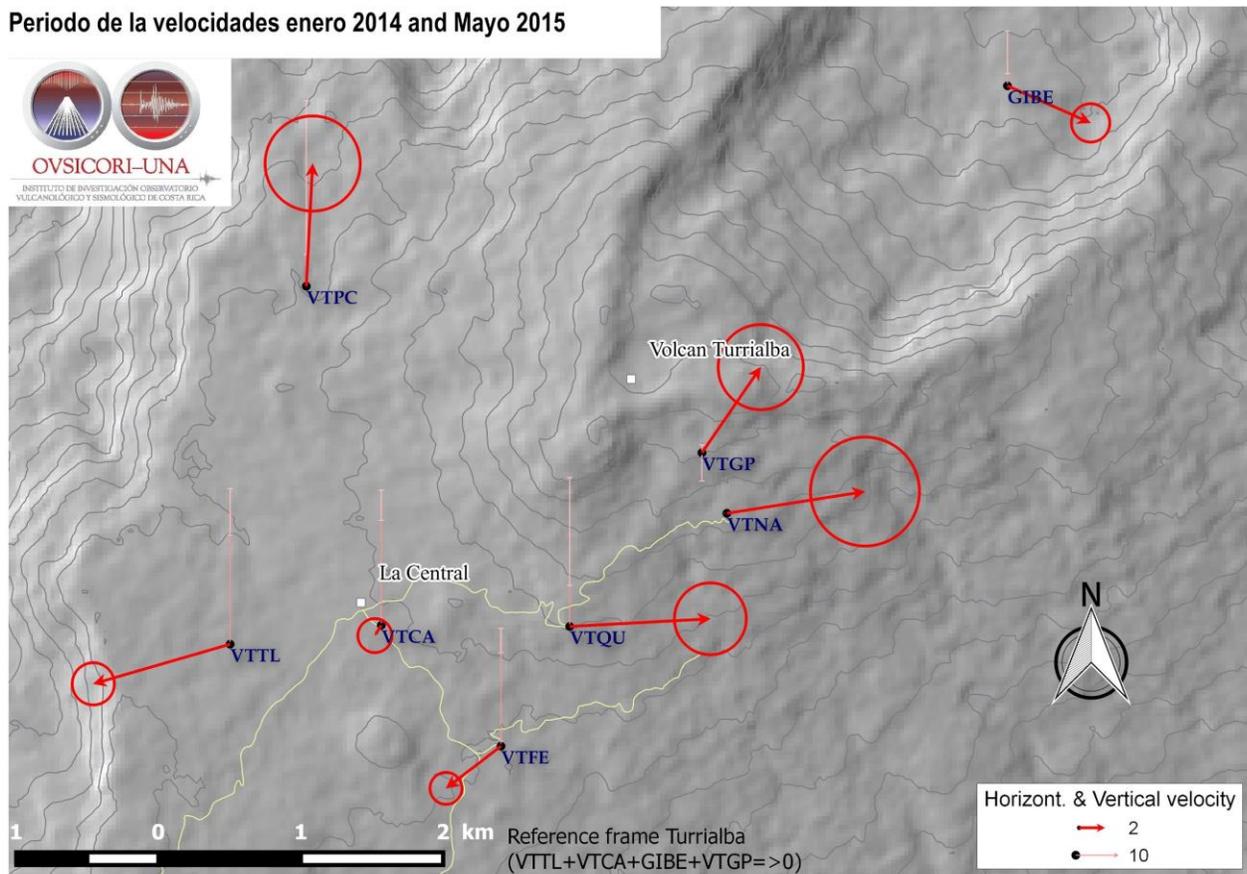


Figura 4: Velocidades promedio de la deformación del volcán Turrialba en el periodo enero 2014 - junio 2015. Los vectores rojos son las velocidades en la componente horizontal; el círculo muestra la precisión de cada vector a un sigma. Los vectores rosados representan las velocidades en la componente vertical con su incertidumbre con un color rosado más claro.

GPS VTCA

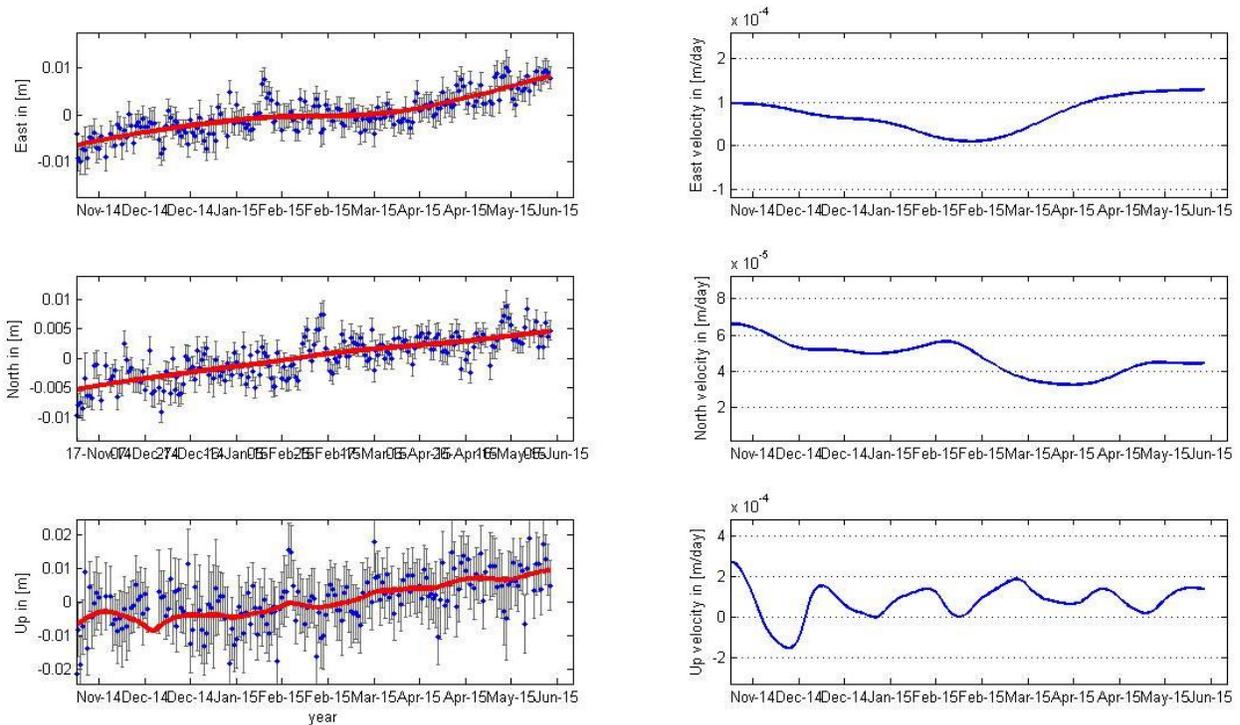


Figura 5: Serie temporal del sitio VTCA. Los gráficos de la columna izquierda muestran la serie de tiempo para la componente este, norte y vertical. Los puntos de color azul muestran las determinaciones diarias, las líneas verticales en color gris son la desviación estándar de cada punto y la línea en color rojo muestra el movimiento suavizado con un filtro de Kalman. La columna de izquierda muestra las velocidades en los mismos componentes.

Las variaciones de velocidades podrían indicar un cambio de la actividad volcánica, sin embargo de momento, se necesitaría más datos para determinar si las variaciones de velocidades que se detecta en VTCA son significativas como se aprecia en la figura 5.

### 1.3 V. Turrialba: Monitoreo de los gases

El flujo de  $\text{SO}_2$  alcanzó valores superiores a 2000 t/d entre las erupciones del 11 y del 18 de mayo (Fig. 6a). Al fin del mes, el nivel de emisión de  $\text{SO}_2$  regresó a valores parecidos a 2014 (~500 t/d) antes de la fase eruptiva que empezó al final de octubre. Esta tendencia de disminución de la emisión de gas se observa desde diciembre del 2014 (Fig. 6b) sin embargo con fluctuaciones potencialmente importantes.

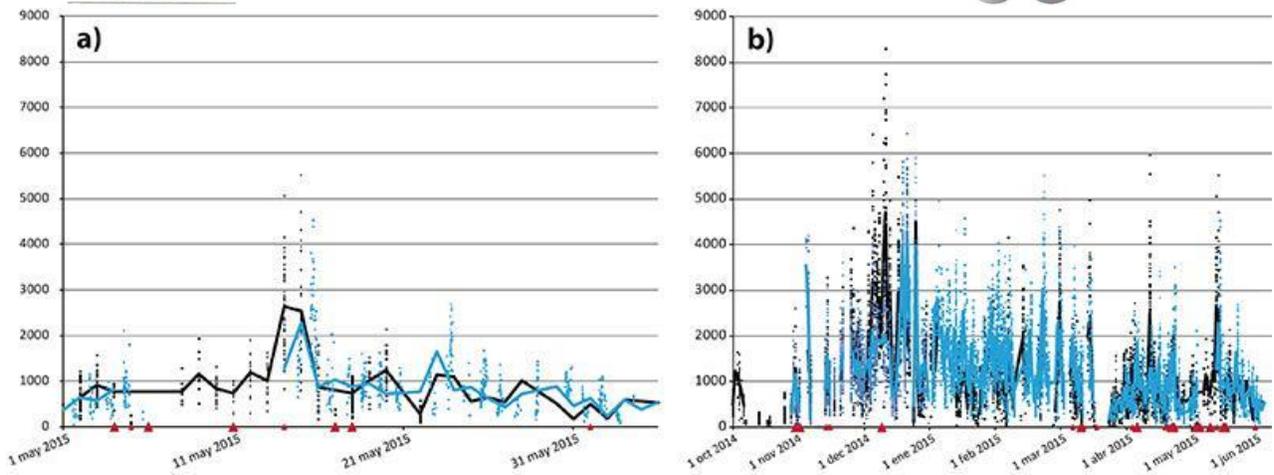


Figura 6. a) Evolución del flujo de SO<sub>2</sub> emitido por el volcán Turrialba en mayo del 2014, y b) evolución desde octubre del 2014. Flujo medido por 2 estaciones DOAS permanentes (en negro y azul). Triángulos rojos: principales emisiones de ceniza.

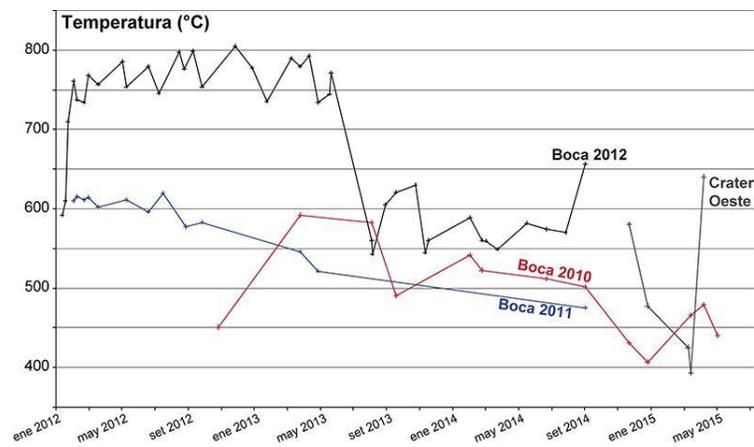


Figura 7. Evolución de la temperatura de los principales puntos calientes del volcán Turrialba. Las Bocas 2011 y 2012 fueron modificadas por la erupción del 29 de octubre del 2014.

Los gases mantienen temperaturas de emisión altas con puntos de salida que superan los 600 °C dentro del cráter oeste activo (Fig. 7). Los puntos calientes principales Boca 2011 y Boca 2012 desaparecieron por los cambios de topografía debidos a las erupciones del fin de octubre del 2014. La Boca 2010 se mantiene activa.

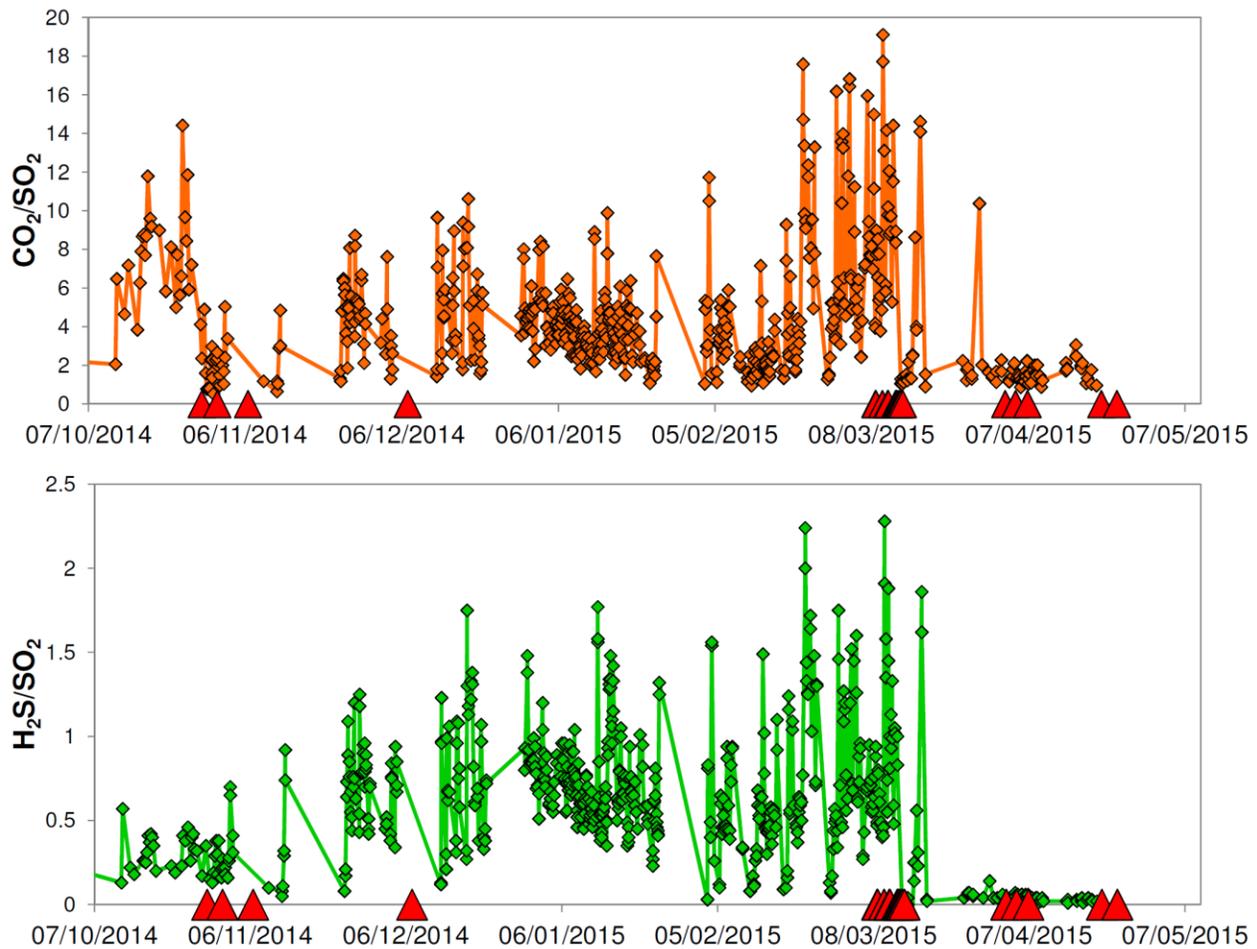


Figura 8. Evolución de la composición de gases ( $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$ ) medido por la estación permanente de MultiGAS ubicado 100 m al oeste de la boca de 2010. Erupciones indicadas con triángulos rojos.

La composición de los gases emitido por el volcán Turrialba han demostrado variaciones importantes en los últimos meses. Antes de la erupción del 29 de octubre 2014 había un pico en  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  que no era acompañado con  $\text{H}_2\text{S}$ , es decir una fuente profunda de gas que podría significar una nueva intrusión de magma en la base del sistema magmático. Antes de las erupciones de mayo se encontraban picos de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$ , que representan gases tipo hidrotermal y podrían ser el sistema hidrotermal secándose. Después de las erupciones de marzo, las composiciones cambiaron drásticamente a valores muy bajos de  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}/\text{SO}_2$  (Fig. 8). Estas razones muy bajas indican gases magmáticos llegando a la superficie sin modificación por fluidos hidrotermales. Aparentemente, los conductos entre el cuerpo superficial de magma y la superficie están abiertos.

## 2. Volcán Irazú

### 2.1 V. Irazú: Sismología

Durante este año 2015 se han presentado varios enjambres sísmicos en el volcán Irazú (Fig. 9), ubicándose principalmente hacia el lado oeste del edificio volcánico. En mayo se registró el mayor enjambre del año. Este enjambre inició el 25 de mayo y alcanzó la mayor intensidad el 26, además de registrar más de 400 sismos en un día. A las 2:50 (hora GMT, 20:50 hora local del día 25) se registró el mayor sismo con una magnitud  $M_l = 4.0$ . Varios de los sismos ocurridos entre el 25 y 26 de mayo fueron sentidos en poblaciones cercanas al volcán.

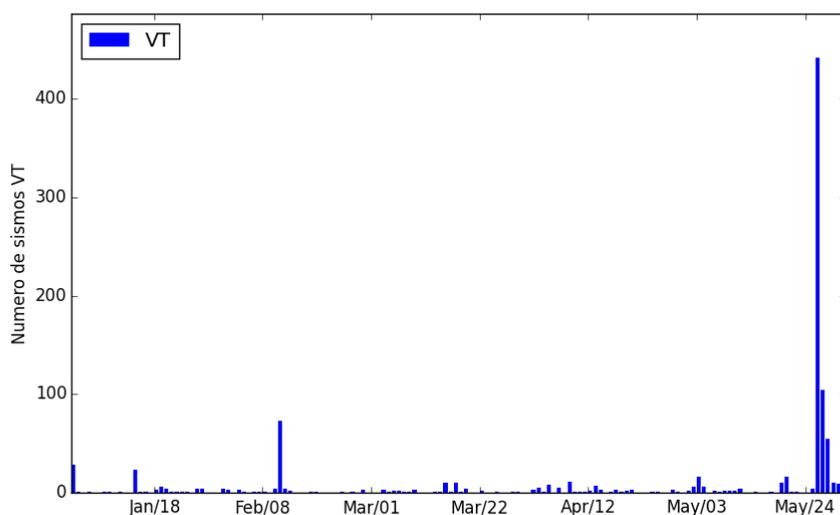


Figura 9. Eventos volcano-tectónicos asociados al volcán Irazú entre enero y junio del 2015.

La mayoría de los sismos registrados en mayo, se localizan hacia el oeste del volcán, y se asocian a un sistema de fallas somero, con orientación NNW-SSE, que puede estar relacionado con el movimiento de reptación que se ha reportado en el lado oeste de la cima del volcán Irazú. Los sismos localizados hasta ahora no logran delinear una falla (Fig. 10) debido a los altos errores en localización que presentan las soluciones. Una relocalización de los eventos podría mejorar la distribución espacial de los sismos. A pesar de ello, la distribución espacial muestra un sistema de fallas somero con sismicidad entre el nivel del mar y 4 km de profundidad sobre un plano de falla bastante vertical y con orientación NNW-SSE. Una solución preliminar arroja un fallamiento lateral derecho con una pequeña componente normal para el evento principal.

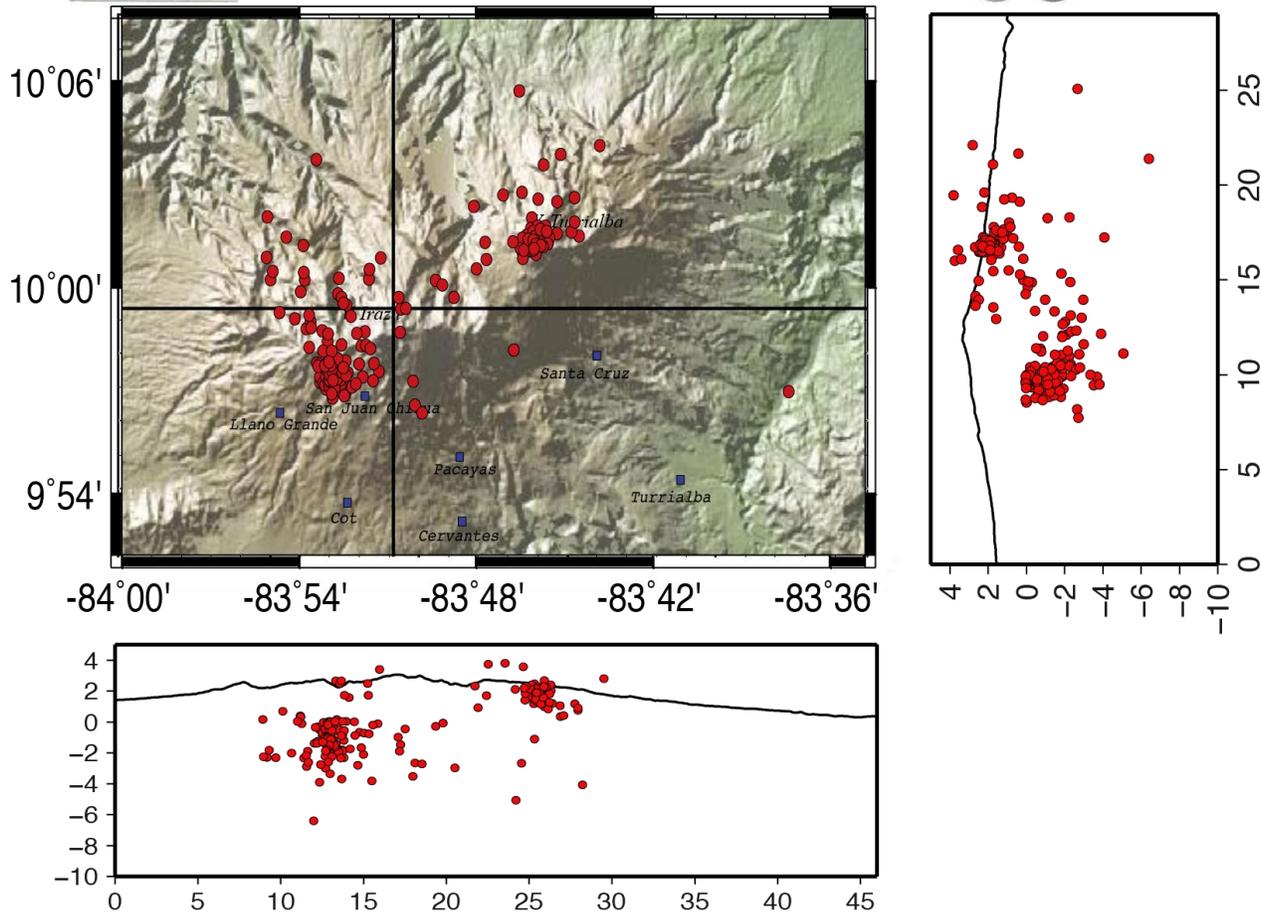


Figura 10. Distribución espacial de los eventos localizados durante el mes de mayo en las inmediaciones de los volcanes Irazú y Turrialba.

Además de los sismos volcano-tectónicos que se han registrado, también se observan en los registros sísmicos pequeñas caídas de roca esporádicas como la que se muestra en la figura 11.

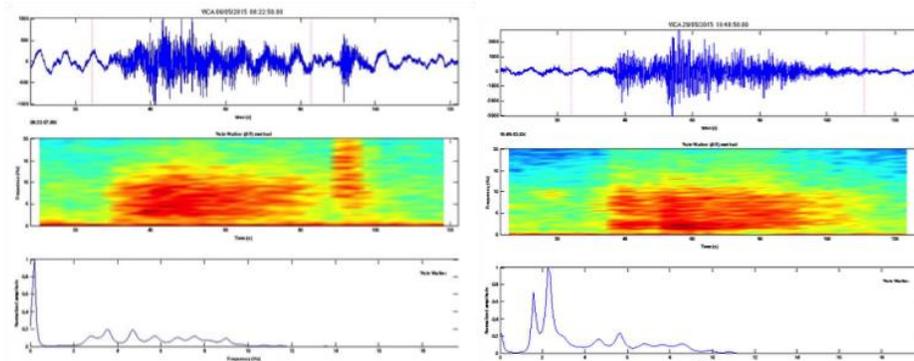


Figura 11. Ejemplos de deslizamientos de roca registrados en la estación VICA ubicada entre el cráter principal y el cráter de la Haya. Izquierda: evento registrado el 5 de mayo. Derecha: evento registrado el 29 de mayo.

## 2.2 V. Irazú: Deformación

Desde el 6 de febrero del 2015 el OVSICORI ha venido midiendo, con la técnica GPS, los sitios VI03, VI65, y el Bunker al lado del cráter activo (Fig. 12). El procesamiento de los datos se realizó con el software GAMIT/GLOBK, y reveló que el sitio VI03 ha tenido una subsidencia de unos 18 cm horizontalmente y 30 cm en la componente vertical en los últimos 4 meses, lo que corresponde a un movimiento de 7cm por mes como se observa en la figura 13. El GPS del Bunker (VIBU) muestra un movimiento hacia el norte-este con un levantamiento ligeramente constante en el mismo periodo. VI65 muestra la misma tendencia, aunque con una precisión menor. De modo que el deslizamiento actual afecta los últimos 250 m de la plataforma oeste de la cumbre y no parece afectar de momento los otros sitios GPS.

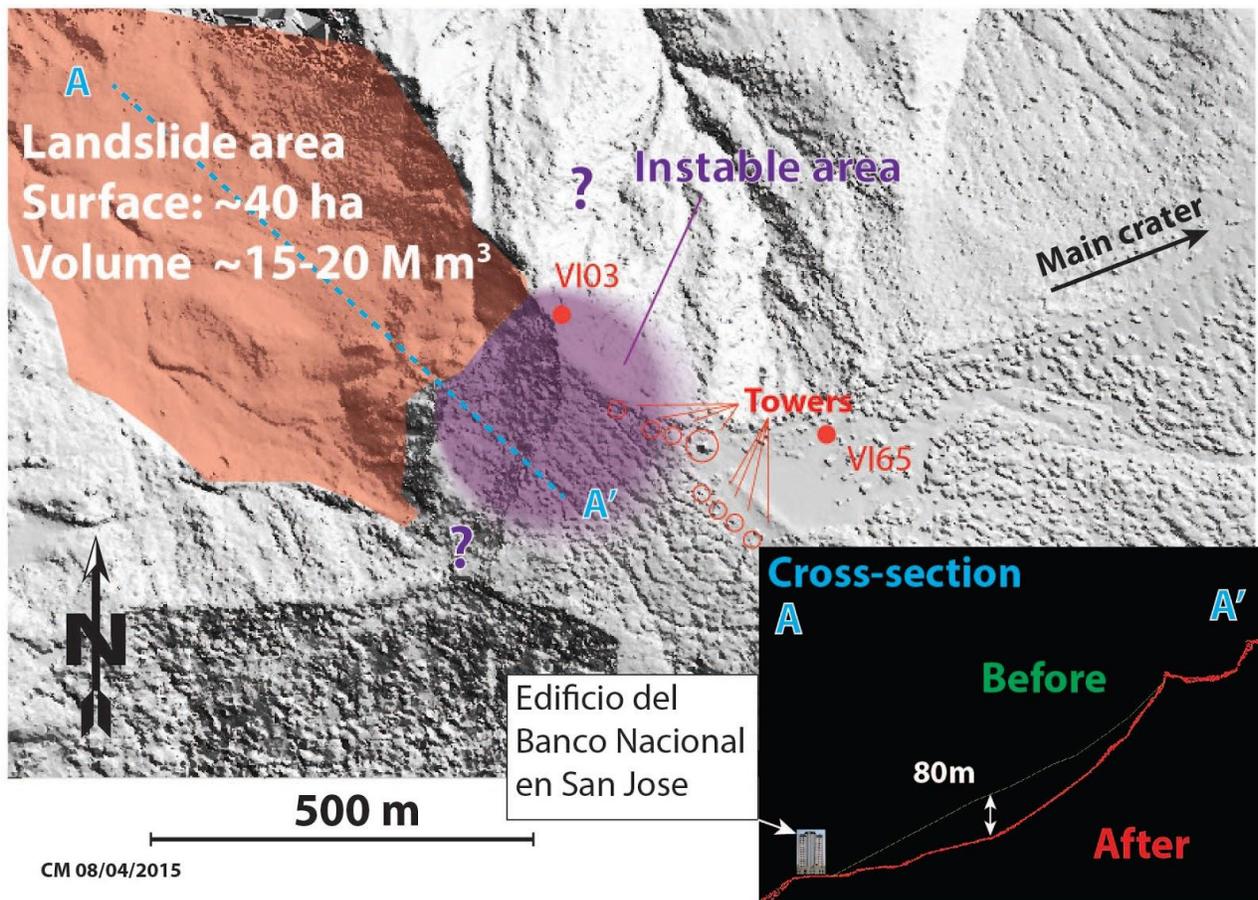


Figura 12. Modelo numérico del terreno y cálculo de volumen y superficie. Los puntos de color rojos son los sitios de mediciones GPS. La figura con fondo negro representa un perfil a lo largo del deslizamiento, en color verde se muestra el perfil del terreno en el año 2004 y en color rojo el perfil del terreno en febrero del 2015. La diferencia de altura entre estas dos fechas alcanzó 80 metros, lo que corresponde al equivalente a la altura del edificio del Banco Nacional en San José.

Se observa una ligera aceleración en la velocidad horizontal en la serie de tiempo de VI03, esto desde finales del mes de mayo en la figura 12. Esta tendencia será monitoreada con toda la atención que se requiere.

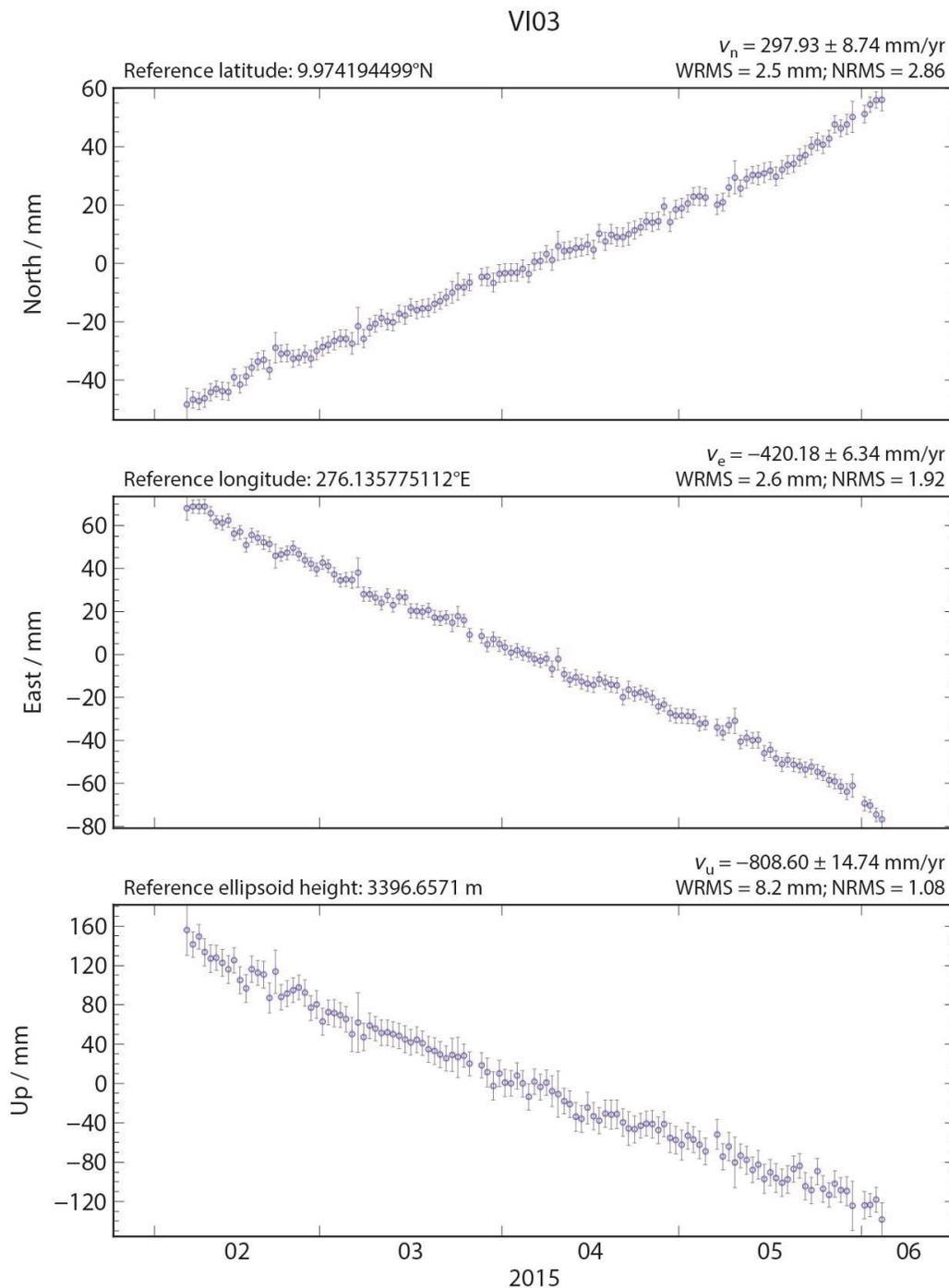


Figura 13. Gráficos de la serie temporal este, norte y altura del sitio VI03 en la parte más activa del deslizamiento. El eje X de cada gráfica es el tiempo en meses. El eje vertical muestra la deformación en mm. Los puntos de color azul muestran las mediciones diarias y las líneas verticales de color gris muestran la precisión de cada medición.

### 2.3 V. Irazú: Deslizamiento

El deslizamiento se encuentra al suroeste del cráter principal del volcán Irazú, en las cercanías de las Antenas instaladas en el volcán Irazú. Tiene una historia registrada mediante fotografías de *google earth* que evidencia un movimiento desde el año 2007 (Fig. 14). En las imágenes satelitales tomadas de *google earth* se evidencia un movimiento rotacional del punto A al punto B (Fig. 14) siendo el punto A el que presenta un mayor desplazamiento en los últimos años.

La problemática presentada en este sitio se relaciona principalmente con la inestabilidad de los taludes que afectan a la infraestructura de las antenas de radio y televisión.

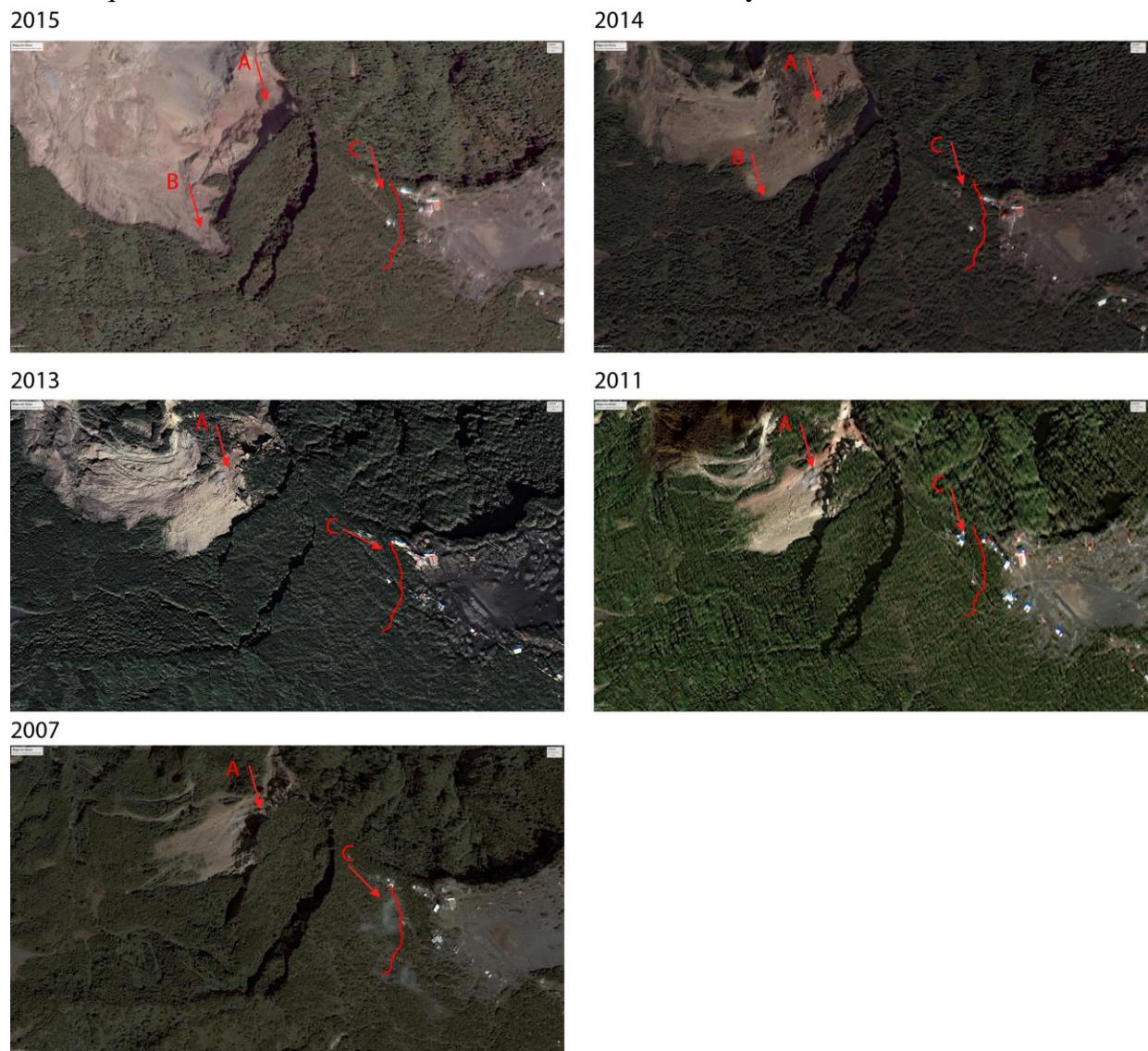


Figura 14. Imágenes históricas tomadas de *google earth* a partir del 2007. A) Punto de mayor rechazo histórico. B) Punto de menor rechazo histórico. C) Mayor rechazo del deslizamiento activo medido en mayo del presente año.

El punto C de la figura 14 indica el inicio del deslizamiento activo y la línea roja representa las fracturas medidas en terreno. Como se puede apreciar el deslizamiento, reconocido en la visita al campo, forma una estructura paralela a los deslizamientos históricos en este sitio. Los materiales afectados por el deslizamiento son depósitos inconsolidados recientes del volcán Irazú.

En los últimos días de mayo se realizó un monitoreo del deslizamiento, se reconocen fracturas paralelas a los deslizamientos históricos de la figura 14 y se interpreta que el punto C de la figura 14 es donde ocurre el mayor rechazo horizontal en el movimiento del deslizamiento, donde se midió hasta 8.3 m de ancho (Fig. 15) y hacia el sur del punto C las fracturas disminuye su ancho presentando los menores rechazos y la profundidad máxima es de 10 m.

Infraestructura de las antenas

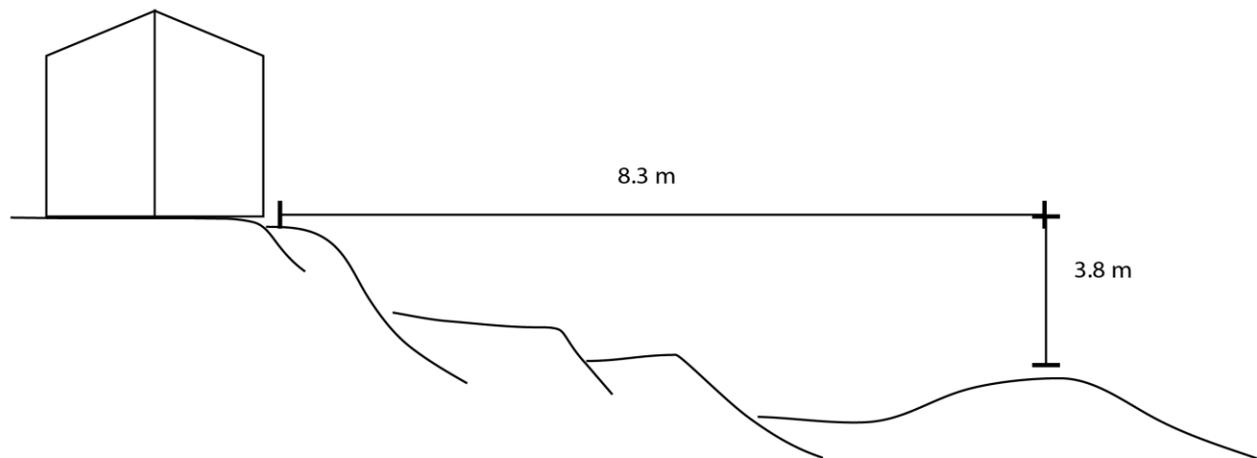


Figura 15. Esquema de la afectación del deslizamiento en la infraestructura cercana.

#### **2.4 V. Irazú: Monitoreo de los gases**

En mayo del 2015 se hizo una campaña de mediciones del flujo de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{S}$  que difunde a través del suelo del volcán Irazú con un enfoque particular sobre el lado norte, el fondo del Cráter Principal y la zona de deslizamientos al oeste. Los resultados preliminares indican emisión débil de gas solamente en la zona norte, no se encontró anomalía de gas ni temperatura significativa al fondo del Cráter Principal (Fig. 16). Los resultados serán presentados con más detalles en un futuro cercano.



Figura 16. Vista desde el fondo del Cráter Principal el 19 de mayo del 2014 y zoom sobre la zona de anomalías térmicas antiguas (Fotos: G.Avard)

### 3. Volcán Poás

#### 3.1 V. Poás: Sismología

La sismicidad que se registra en el volcán Poás ha venido disminuyendo desde octubre del 2014 cuando cesó la actividad freática en la laguna cratérica. El número máximo de eventos se contabilizó en febrero cuando sobrepasó los 50 sismos. Desde entonces, la sismicidad ha venido bajando hasta ser casi nula durante el mes de mayo (Fig. 17).

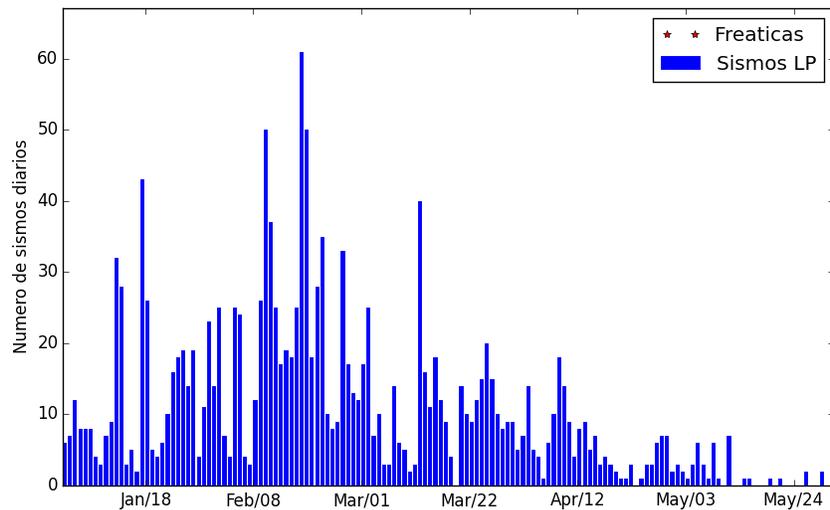


Figura 17. Número de sismos diarios registrados en el volcán Poás desde enero 2015.

Además de pocos sismos volcánicos, se registraron varios episodios cortos de tremor, los cuales indican actividad dentro del sistema hidrotermal al pasar fluidos a través de conductos estrechos. La figura 18 muestra el mayor de estos eventos, registrados en la estación sísmica CRPO el 5 de mayo.

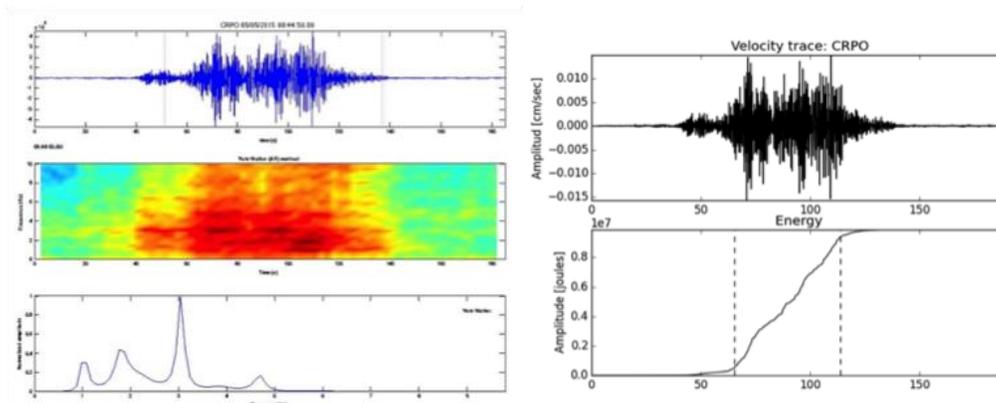


Figura 18. Izquierda: Registro sísmico de un episodio de tremor del día 5 de mayo, 2015. Arriba se muestra el sismograma, al medio el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias. Derecha: Sismograma (arriba) y energía liberada durante el tremor.

### 3.2 V. Poás: Deformación

Desde el mes de noviembre se instalaron dos receptores GPS de medición continua en el volcán Poás. Los sitios en los que se localizan son al sur y al norte del cráter (Fig. 19). El punto de referencia para el cálculo de la velocidad es el sitio ETCG que se encuentra en el campus de la Universidad Nacional en Heredia a 25 km hacia el sureste; VPCR muestra una velocidad de 2 cm/año hacia el noreste, con un levantamiento de 2 cm/año. El sitio VPEV se mueve hacia el noroeste con una velocidad de 1 cm/año y con un levantamiento similar al sitio VPCR. Existe una diferencia de orientación entre las velocidades de estas dos estaciones indicando que la distancia entre los dos sitios se está alargando.

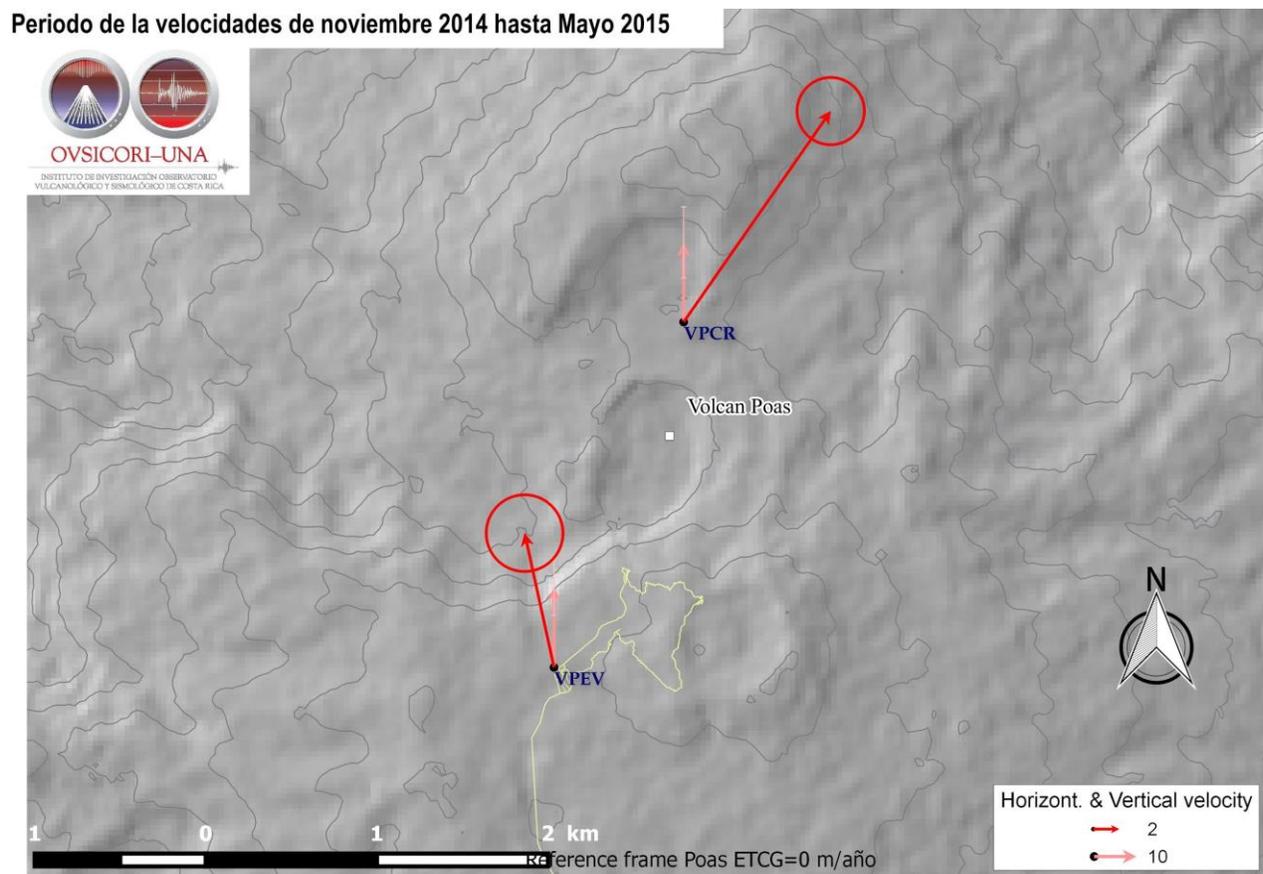


Figura 19. Velocidades promedio de los sitios VPEV y VPCR entre noviembre del 2014 y mayo del 2015. El sitio de referencia a estas velocidades es el punto ETCG. Los vectores en color rojo son las velocidades en la componente horizontal, el círculo muestra la precisión de cada vector a un sigma y los vectores en color rosado representan las velocidades en la componente vertical con su incertidumbre con un color rosado más claro.

Se calculó la variación de la distancia entre los dos sitios durante los últimos 8 meses y como resultado se puede observar que, según las velocidades promedio, la distancia de separación entre

estas estaciones está aumentando generalmente. El alargamiento máximo fue de 8 mm entre diciembre del 2014 y abril del 2015. Desde finales de abril de 2015 a la actualidad, se puede observar que la distancia está reduciéndose ligeramente (Fig. 20).

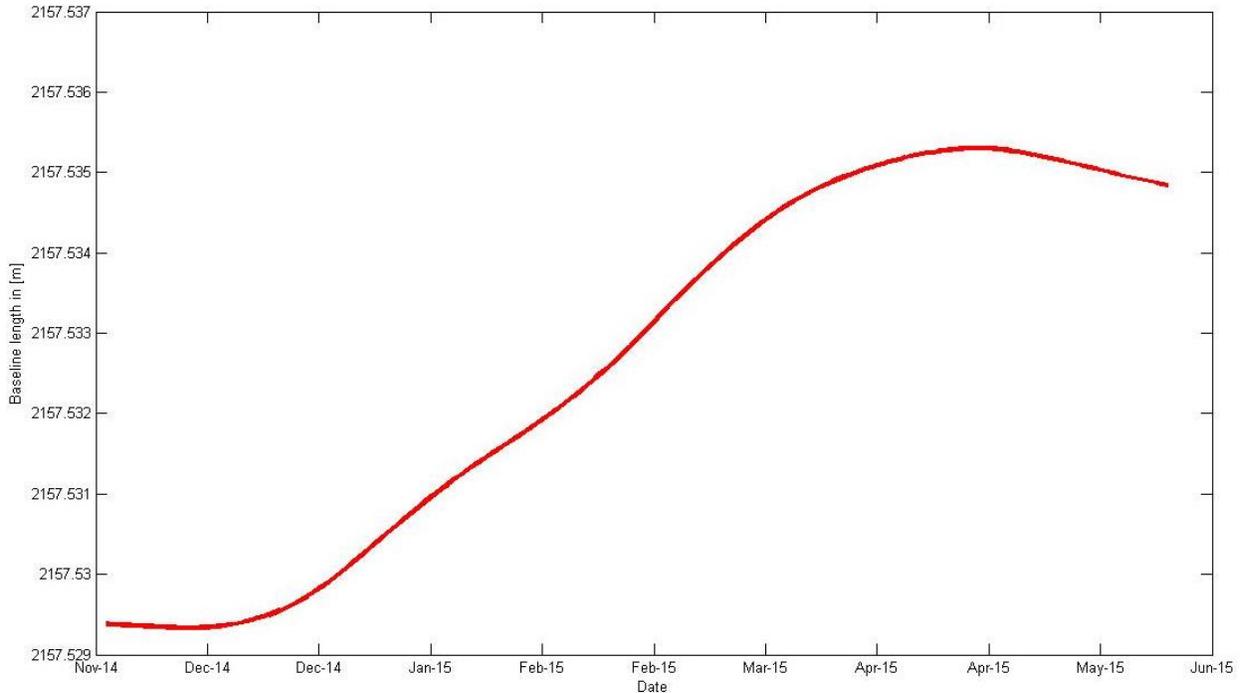


Figura 20. Serie temporal de la línea de base entre VPEV y VPCR.

Tanto las velocidades en la componente vertical así como el alargamiento de la distancia entre los dos sitios indican que podría existir una ligera inflación del volcán Poás.

### 3.3 V. Poás: El lago ultra ácido

Desde la segunda mitad de octubre del 2014 hasta el presente no se han vuelto a observar ni registrar sísmicamente erupciones freáticas en el lago del Poás. El nivel de agua del lago ha ido aumentando en general desde diciembre 2014 hasta el presente (Fig. 21).

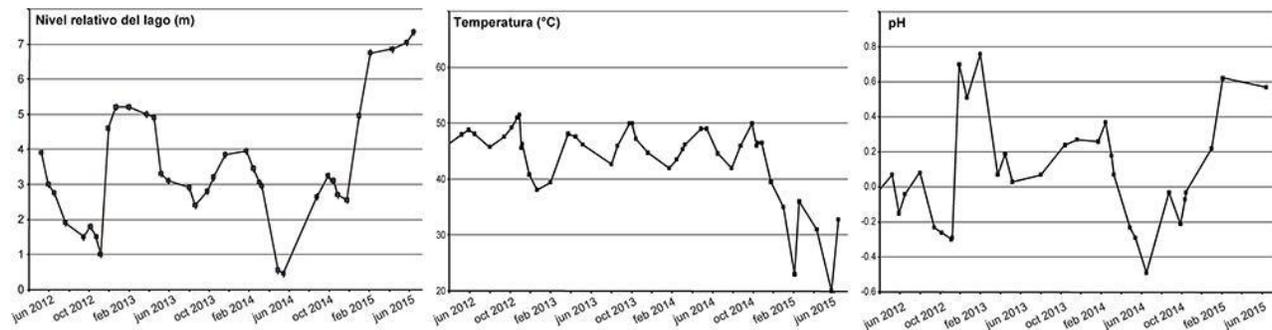


Figura 21. Evolución del nivel, de la temperatura de superficie y del pH del lago, mediciones de campo.

Entre febrero y mayo 2015 el lago ha mostrado características distintivas respecto a los 6 años anteriores: una disminución general de la acidez, temperatura, cantidad de especies iónicas acuosas disueltas en el lago, así como en las razones  $\text{SO}_4^{2-}/\text{F}$  y  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}$ . Ahora en mayo el lago se muestra calmo con temperatura cercana a la ambiente,  $20^\circ\text{C}$ , y un  $\text{pH}=0,62$  (Fig. 22).

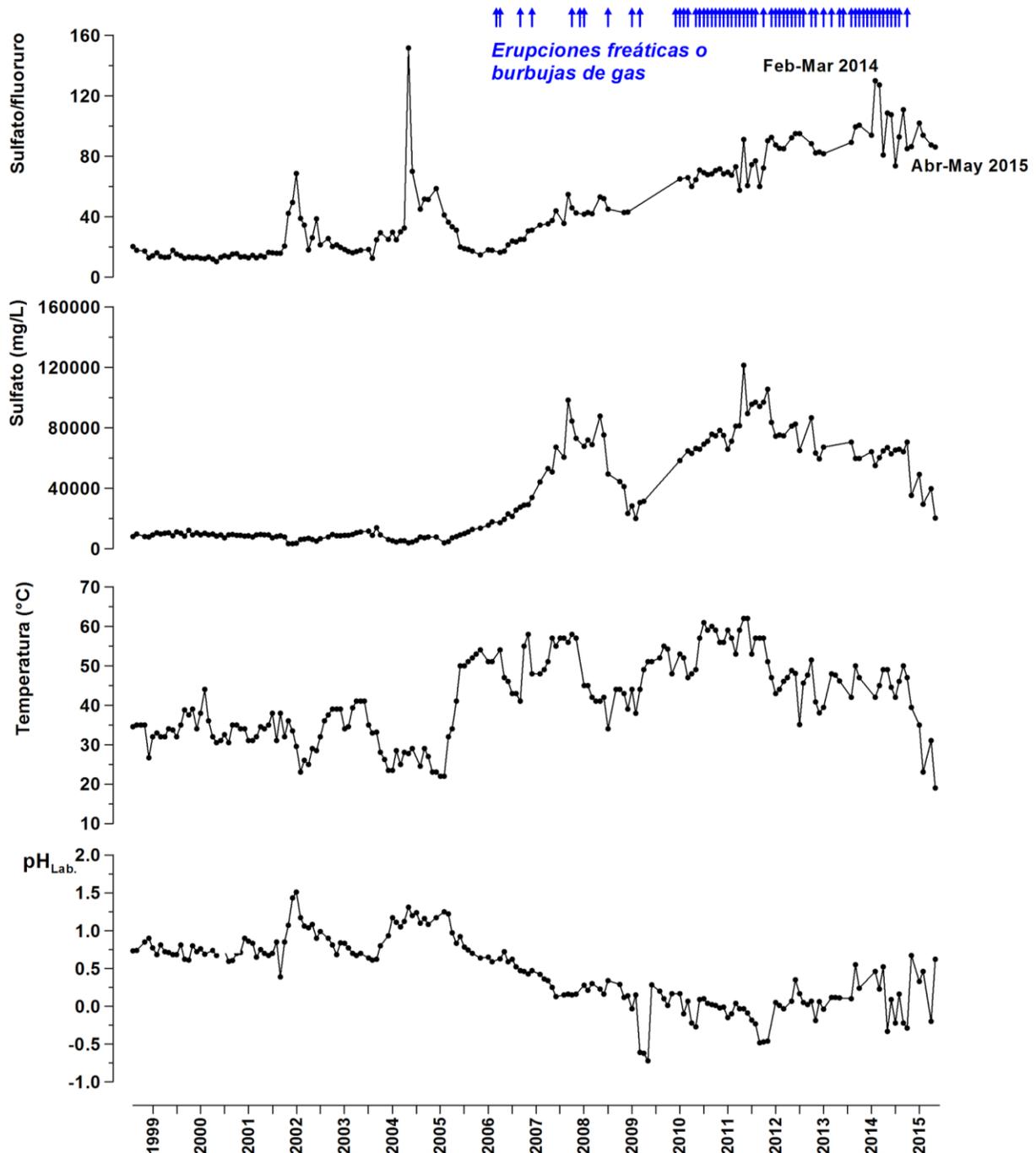


Figura 22. Perfiles de  $\text{pH}_{\text{Lab.}}$ , temperatura y composición química del lago ultraácido del Poás en el periodo 1999-mayo 2015. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

El 28 de mayo 2015 se midió directamente *in situ* en el borde este del lago ácido la concentración de gases dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>, y sulfuro de hidrógeno, H<sub>2</sub>S, disueltos en exceso en el agua del lago. Usualmente desde que implementamos la técnica de medición de gases disueltos con tubos sensibles (Takano, 2008) en marzo 1999, se ha detectado en exceso el SO<sub>2</sub> y en muy pocas ocasiones cantidades ínfimas de H<sub>2</sub>S, <2,5-5 ppm. Sin embargo, en mayo 2015 no se detectó ni siquiera el SO<sub>2</sub>.

Los parámetros medidos en el lago así como el cese de erupciones freáticas desde octubre 2014 hasta la fecha indican en forma conjunta una disminución muy marcada en la cantidad de gases magmáticos y de calor inyectados a través del lago. Por otra parte, los conductos que alimentan las fumarolas que salen a través del “domo”, en el borde sur del lago constituyen en estos momentos la ruta principal de escape de gases y calor.

### 3.4 V. Poás: Monitoreo de los gases

El 26 de mayo 2015 las fumarolas del “domo” del volcán Poás registraron temperaturas alrededor de los 625 °C (Fig. 23). En los sitios donde el “domo” está menos caliente (temperaturas de 200° Celsius o menos) se observa depósitos amarillo brillante de azufre nativo.

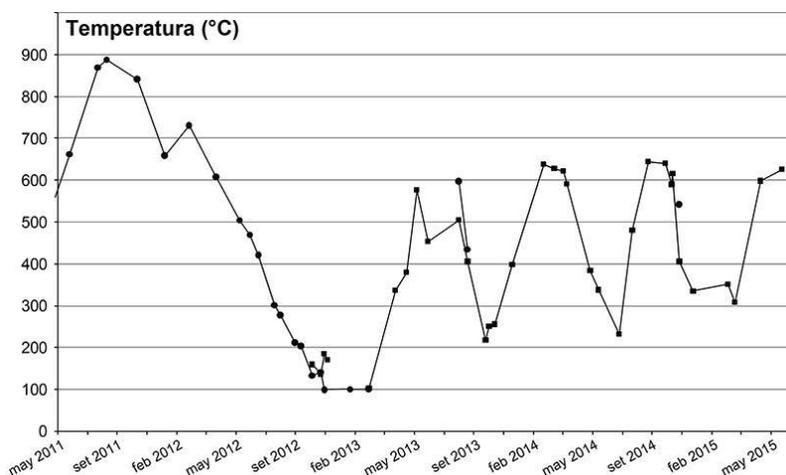


Figura 23. Evolución de la temperatura de las fumarolas del “domo” medidas con termocuple e/o FLIR

El flujo total de dióxido de azufre, SO<sub>2</sub>, medido por transectas con DOAS portátil se encuentra alrededor de 100-110 t/d. La contribución del lago corresponde a ~5% del flujo total (<10 t/d). Corresponde a un flujo bajo en comparación de los meses de actividad alta en 2014 (flujo total ~200 t/d) cuando el lago tiene una contribución mucho más importante. El viento típicamente transporta la pluma de gases y aerosoles hacia el suroeste, en dirección de San Luis-Tacares de Grecia. Sin embargo, a veces la pluma se dirige más bien hacia el este o noreste durante la época lluviosa.

Se reportan cambios importantes en la composición de gas emitido por el lago cratérico del Poás desde el octubre de 2014 (Fig. 24). Nuevas mediciones con Multi-GAS móvil muestran que  $\text{CO}_2/\text{SO}_2$  en los gases del lago ha subido hasta valores (6-10) no encontrados anteriormente. Estos valores altos indican que más azufre se pierde al sistema hidrotermal y se relaciona con un abastecimiento bajo de gas y calor al lago y la desaparición de las erupciones freáticas.

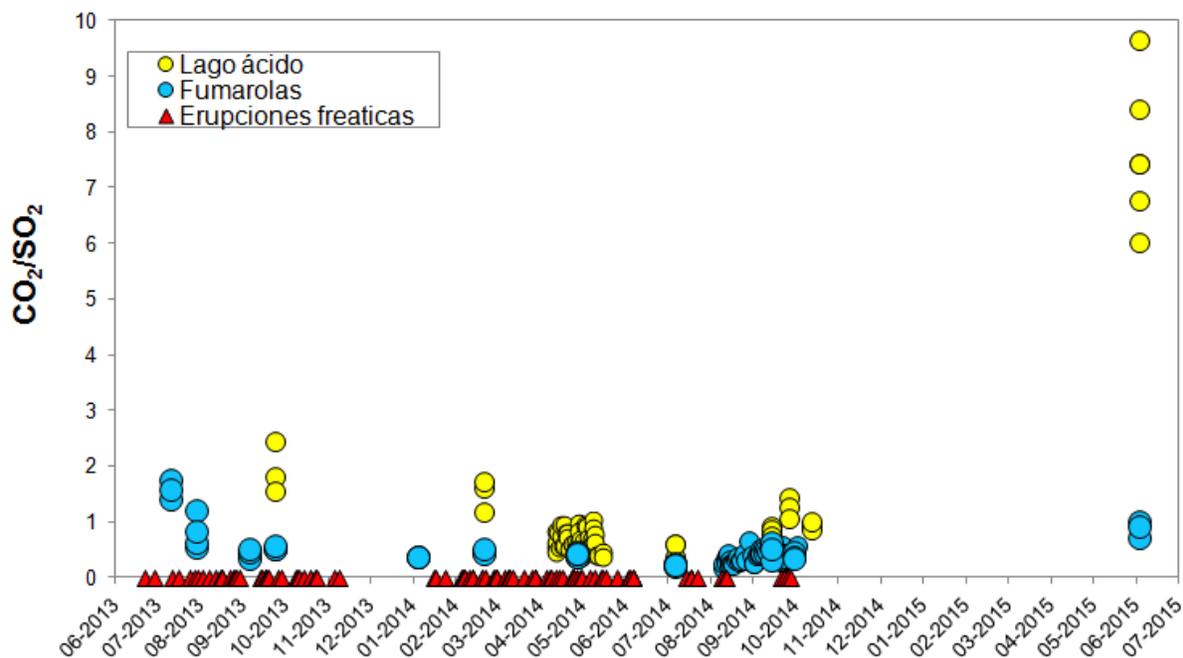


Figura 24. Evolución de las composiciones de gas emitido por las fumarolas y el lago.

## 4. Volcán Arenal

### 4.1 V. Arenal: Sismología

No se registra sismicidad relevante.

### 4.2 V. Arenal: Gases y vapores

El 27 de mayo del 2014 se hicieron 3 transectas con DOAS portátil a fin de medir la posible presencia de  $\text{SO}_2$  emitida por el volcán, pero igual que en abril del 2014, el flujo, si existe, está bajo el nivel de detección.

## 5. Volcán Rincón de la Vieja

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

Durante el mes de mayo no hay sismicidad relevante en el volcán Rincón de la Vieja.

Recapitulando para los meses de marzo y abril 2015, el sismólogo del OSIVAM-ICE, MSc. Waldo Taylor, reportó durante reunión del CAT-CNE del 13 de abril 2015, que durante el periodo febrero-abril 2015 la red de sismógrafos del OSIVAM-ICE ubicada en el volcán Rincón de la Vieja ha registrado en el orden de casi 100 tremores de corta duración y con frecuencias entre los 2 y los 5 Hz.

Taylor también reportó que durante una visita a la cima del Rincón de la Vieja el 9 de abril 2015 lograron escuchar desde el borde del cráter activo burbujeo y sonido de exhalación moderada de gas proveniente del lago. Desafortunadamente las condiciones de neblina densa no permitieron visualizar la situación en el cráter en el momento que se escuchó la exhalación. El lago mostraba un color gris lechoso, azufre fundido flotando, y evaporación notoria a través de su superficie. Taylor y su grupo percibieron olores azufrados y gas de coloración azul dentro del cráter.

### 5.2 V. Rincón de la Vieja: Fuentes Termales flanco norte, Naciente Santuario Sensoria

El 7 de mayo 2015 el OVSICORI-UNA y el OSIVAM-ICE colocaron conjuntamente un datalogger con sensor de temperatura en la naciente Santuario en Sensoria, a aprox. 3.2 km al noreste del volcán, con el fin de monitorear en forma permanente cambios en la temperatura y conductividad eléctrica de esta naciente (Fig. 25). El objetivo es determinar si esta naciente presenta alguna respuesta ante aportes de calor desde el magma hacia el sistema hidrotermal que alimenta a esta naciente. También se quiere establecer si los cambios en el lago ácido y eventos de erupciones freáticas en el lago ultraácido del Rincón de la Vieja coinciden con cambios en la naciente Santuario. Si esto logra establecerse, la naciente Santuario sería un sitio de monitoreo accesible y sensible a inyecciones de gas y calor desde el magma hacia el sistema hidrotermal. Esto también implicaría una conexión hidráulica entre el sistema hidrotermal, el lago ultraácido y la naciente Santuario, aspecto relevante que se persigue determinar.

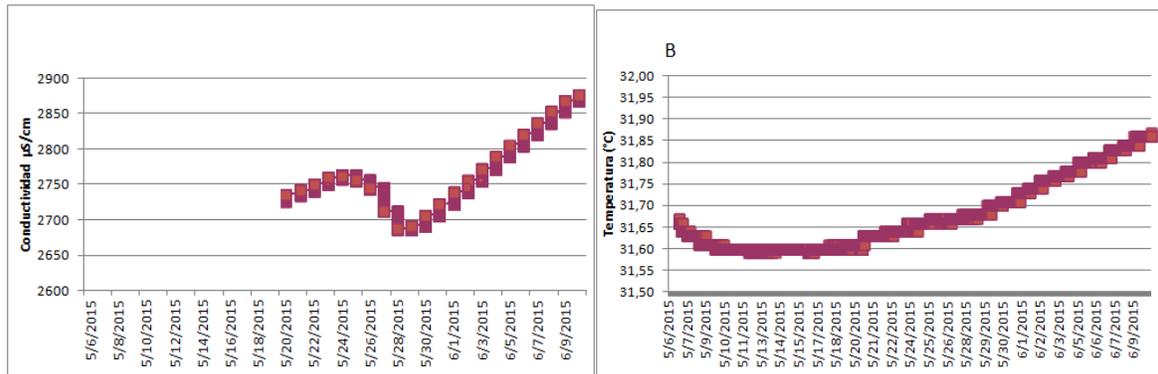


Figura 25. Perfiles de conductividad eléctrica y temperatura de las aguas de la naciente Santuario Sensoria 3,2 km al noreste del volcán Rincón de la Vieja. Datos de temperatura del 7 de mayo al 10 de junio 2015. Datos de conductividad del 20 de mayo al 10 de junio 2015. Información recolectada en forma conjunta por el OVSICORI-UNA y el OSIVAM-ICE con datalogger HOBO del Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas del OVSICORI-UNA. Mapa tomado y adaptado de *Google Earth*.

La temperatura muestra paulatinamente un ínfimo aumento registrándose valores desde los 31,6 °C hasta los 31,9 °C (Fig. 25). Se necesitan más datos para establecer el ámbito de variación normal de la respuesta del sensor por factores diurnos y nocturnos y la influencia de las condiciones atmosféricas. Por otra parte, la conductividad eléctrica muestra algunas fluctuaciones pero en general un aumento significativo entre el 20 de mayo y el 10 de junio 2015 con valores extremos entre los 2686  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 2878  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig. 26). Se estará evaluando con más datos en el futuro cercano para establecer la causa de estas oscilaciones moderadas en la conductividad eléctrica hasta ahora observada.

En la figura 26 se presentan los perfiles de pH, temperatura, conductividad eléctrica y potencial eléctrico de las aguas de la naciente Santuario Sensoria registrados en forma discreta por el OVSICORI-UNA en el período marzo 2004-mayo 2015. De los datos más recientes vale la pena mencionar que entre octubre 2014 y mayo 2015 esta naciente presenta aguas más ácidas, con mayor contenido de especies iónicas disueltas y condiciones más oxidadas que lo observado en general en los años previos.

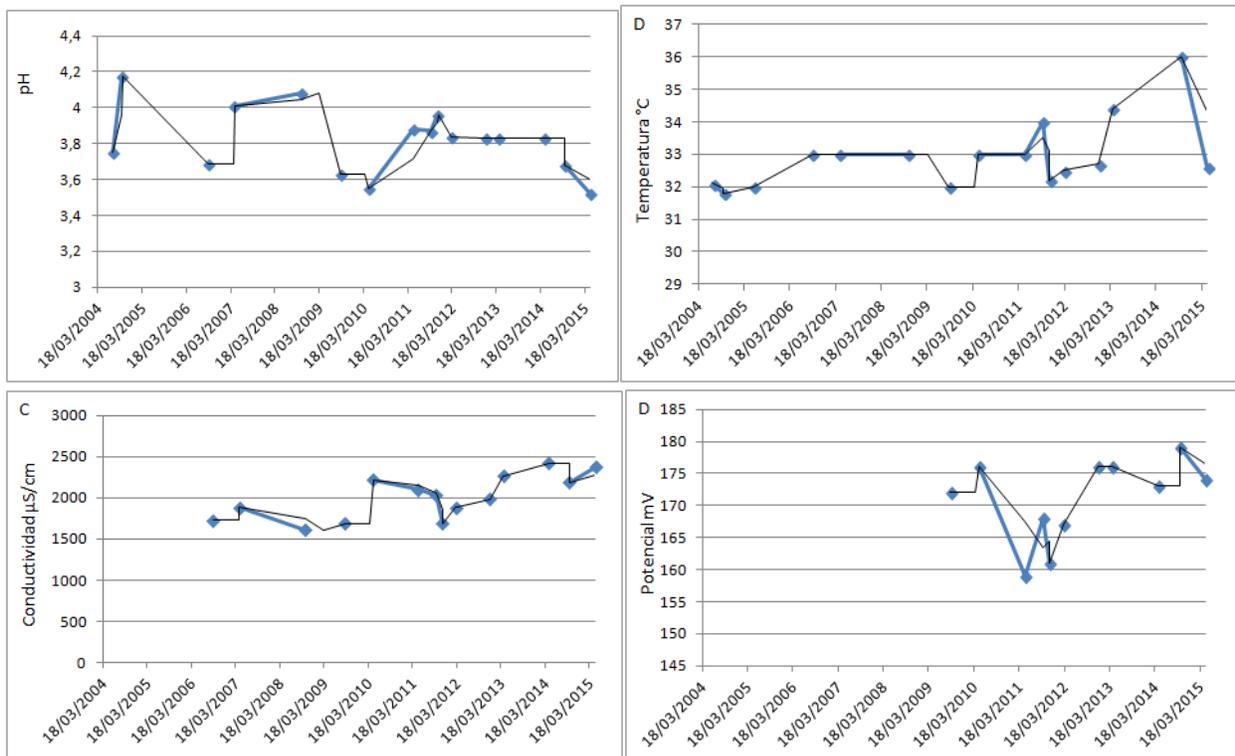


Figura 26. Perfiles de pH, temperatura, conductividad eléctrica y potencial eléctrico de las aguas de la naciente Santuario Sensoria medidos en forma discreta por el OVSICORI-UNA entre marzo 2004 y mayo 2015. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

Estos cambios recientes en las aguas de la naciente Santuario coinciden con una disminución sustantiva en las razones de los gases  $CO_2/SO_2$  y  $H_2S/SO_2$  emitidos a través del cráter activo del Rincón de la Vieja, valores observados ya en octubre 2014 respecto a los meses previos a la ocurrencia de erupciones freáticas en setiembre 2014. Igualmente, las aguas del lago ultra-ácido del Rincón de la Vieja muestran entre setiembre y octubre 2014 un aumento significativo en la acidez (pH más bajo), la temperatura, la cantidad de iones disueltos, así como en las proporciones sulfato/fluoruro y sulfato/cloruro (OVSICORI, 2014).

### **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. Agradecimiento especial a Francisco Arias Ulate, Dagoberto Boniche Medrano, y Carlos Trejos Solano del OSIVAM-ICE por su apoyo en el muestreo y mediciones en el volcán Rincón de la Vieja.

### **Bibliografía**

OVSICORI, 2014. Boletín de Vulcanología: Estado de los volcanes de Costa Rica octubre 2014. [http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&download=554:estado-de-los-volcanes-octubre-2014&id=44:2014&Itemid=73](http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=554:estado-de-los-volcanes-octubre-2014&id=44:2014&Itemid=73) Accesado el 17 junio 2015.

Takano, B., Kuno, A., Ohsawa, S., Kawakami, H. 2008. Aqueous sulfur speciation possibly linked to sub-limnic volcanic gas-water interaction during a quiescent period at Yugama crater lake, Kusatsu-Shirane volcano, Central Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*

*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

Correo electrónico: [ovsicori@una.cr](mailto:ovsicori@una.cr)

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

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