

Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Agosto 2015



Erupción del volcán Turrialba del 15 de agosto del 2015 que inició a la 1:47 a.m., luego de más de 9 horas de tremor volcánico registrado por OVSICORI-UNA. Fuente: WebCam del volcán Turrialba ubicada 950 m al sureste del Cráter Oeste administrada por el OVSICORI-UNA y donada por el USAID-OFDA-LAC, EE.UU.

Elaborado por:

Ing. Cyril Muller, Dr. Javier Fco. Pacheco, Dr. Maarten de Moor, Dr. Geoffroy Avard,
Dra. María Martínez, Ing. Ana Lucía Garita, MSc. Enrique Hernández Rodríguez,
MSc. Monserrat Cascante

Con contribuciones de:

MSc. Federico Chavarría Kopper, Wendy Sáenz Vargas, Bach. David Osorno Fallas,
Daniel Rojas, Antonio Mata, Carlos Sánchez, MSc. Hairo Villalobos, Lic. Jorge Brenes,
Bach. Henriette Bakkar, Dr. Mauricio Mora, MSc. Waldo Taylor

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

Resumen del estado actual de los volcanes de agosto 2015

Volcán Turrialba:

Se registra un decaimiento en la actividad sísmica hasta alcanzar menos de 100 eventos diarios hacia el final de agosto, interrumpido por el episodio eruptivo del 15 de agosto. Sismicidad anómala se venía registrando desde el día 13 con episodios de tremor que no se registraban desde junio de este año. También, se registran sismos distales al oeste, norte y sur de la cima con profundidades entre el nivel del mar y 4 km b.n.m.m. Con respecto a la deformación, en las cercanías del volcán está ocurriendo una expansión, las velocidades horizontales tiene dirección sureste. Las velocidades en la componente vertical muestran un levantamiento de entre 2.5 y hasta 27.5 mm aprox., a excepción de VTNA, VTFE y VTCI donde la velocidad vertical es negativa. Las emisiones de SO₂ se mantuvieron entre 500 y 1000 ton/día. A excepción del 14 de agosto, se midió aprox. 3000 ton/día, para el 16 de agosto midió 1300 ton/día. El monitoreo de temperatura en el suelo del Cráter Central y en la falla Ariete fluctuó entre 48.6°C-42°C y 37.7°C-36°C, respectivamente.

Volcán Irazú:

Se registraron 121 sismos volcano-tectónicos (VT) y algunos enjambres sísmicos con menos de 50 eventos diarios, el mayor conteo diario ocurrió el día 19 cuando con 20 sismos. La sismicidad se concentra en la zona de deslizamientos y bajo el cráter activo. Con respecto a la deformación, en el sitio del deslizamiento resalta una tendencia de hundimiento, la máxima velocidad de desplazamiento vertical es -0.71 m/año, los desplazamientos horizontales muestran una dirección Noroeste. Se realizaron cálculos de los volúmenes perdidos, en total se calcula un volumen de 28 millones de metros cúbicos en el que gran mayoría de este volumen colapsó durante el evento del 17 de diciembre 2014 según los registros sísmicos. El colapso de junio de 2015 es relativamente menor con 182000 m³ deslizados.

Volcán Poás:

La sismicidad en el volcán Poás sigue baja, no se registran erupciones freáticas desde octubre del 2014. Los pocos sismos que se registran son de pequeña amplitud y baja frecuencia. Esporádicamente se registran temblores de baja frecuencia y corta duración. El lago ultra ácido presentó una disminución de 0.6m sin aumento de temperatura ni variaciones significativas en la acidez (pH), y el contenido de iones en disolución. En agosto, la temperatura del lago registró alrededor de 31.5°C y el pH medido en condiciones de laboratorio fue de pH=0,28. En el Monitoreo de los gases la temperatura de las fumarolas del domo registra aprox. 350°C. El flujo de SO₂ medido es de 120±50 ton/día. Se ha visto una tendencia de valores más altos de CO₂/SO₂ en las fumarolas, y una diferencia más grande entre la composición de las fumarolas y el gas del lago.

Volcán Arenal:

La temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas del Río Tabacón fluctuaron entre 37°C - 49°C ($\delta T=12^{\circ}C$) y entre 1860-2220 $\mu S/cm$ ($\delta Cond=360\mu S/cm$), respectivamente.

Volcán Rincón de la Vieja:

La actividad sísmica en el volcán Rincón de la Vieja continúa con muy bajos niveles. El día 21 de agosto 2015 se registró una pequeña erupción freática que apenas se distingue del ruido ambiental. La temperatura y la conductividad eléctrica en las aguas de la fuente termal Santuario un aumento desde 31.06°C hasta 32.97°C y desde 2340 $\mu S/cm$ hasta 2637 $\mu S/cm$, respectivamente. En Blue River, el 21 de agosto 2015, la temperatura cambió desde valores inferiores a 60°C hasta valores superiores a 60°C que se mantuvieron hasta el 27 de agosto cuando las temperaturas de nuevo empezaron a registrarse debajo de los 60°C.

1. Volcán Turrialba

1.1 V. Turrialba: Sismología

Desde finales de mayo los valores de RSAM (raíz cuadrática media de la amplitud del registro sísmico, promediado cada 10 minutos) se mantiene en los niveles previos a la actividad que inició en Octubre del 2014 (Fig. 1). Estos valores se relacionan principalmente con el tremor volcánico que desapareció de los registros sísmicos, con excepción del día 15 de agosto (ver figura de portada) cuando se registraron más de 9 horas de tremor asociado al ascenso y escape de una burbuja de gas magmático.

La sismicidad volcánica alcanzó un máximo a mediados de julio, similar al alcanzado en marzo, con más de 700 sismos diarios (Fig. 2). A partir de entonces se empieza a registrar un decaimiento en la actividad hasta alcanzar menos de 100 eventos diarios hacia el final de agosto, este decaimiento se ve interrumpido brevemente por el episodio eruptivo del 15 de agosto.

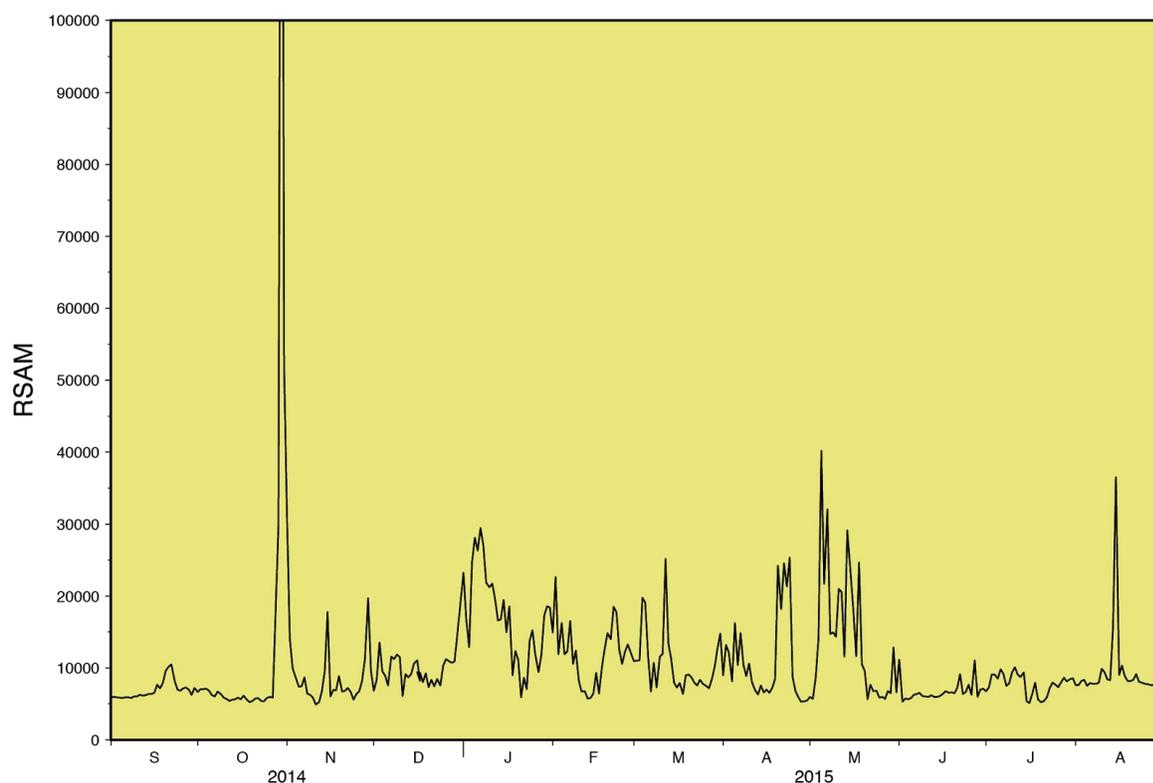


Figura 1. Valores de RSAM (valores promedios de la amplitud sísmica) calculados entre enero y agosto del 2015.

La mayor actividad en el volcán Turrialba se presentó entre el 13 y el 16 de agosto. Sismicidad anómala se venía registrando desde el día 13 con episodios de tremor que no se registraban desde junio de este año. La figura 3 presenta algunos de estos episodios de tremor que finalizaron con el ascenso y escape de una burbuja de gas magmático. La ceniza expulsada durante esta exhalación del volcán se puede atribuir a una pequeña cantidad acumulada en el fondo del cráter que obstruía los conductos. La ceniza fue empujada por la burbuja de gas en su escape a la atmósfera (Fig. 4).

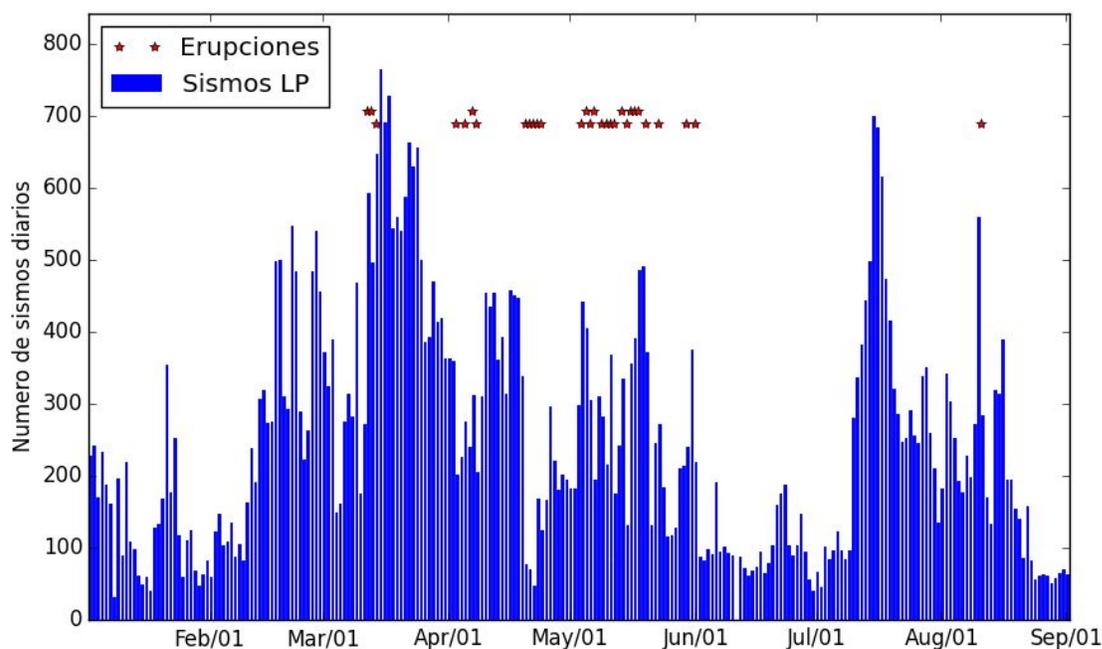


Figura 2. Número de sismos registrados diariamente entre enero y agosto del 2015. Los asteriscos representan las erupciones volcánicas.

La sismicidad volcánica registrada consiste fundamentalmente de actividad superficial dentro del sistema hidrotermal. Aunque se registran algunos eventos con gran amplitud y corta duración, además de varios sismos VLP, que indican movimiento de fluidos viscosos a través de conductos estrechos, la mayoría de los sismos registrados son de alta frecuencia, superficiales y asociados al movimiento de los fluidos en el sistema hidrotermal. Hacia finales de agosto se registra un sismo tipo tornillo de alta frecuencia (> 7 hz).

Lo más relevante en la actividad sísmica del mes de agosto es la continuidad en la ocurrencia de sismos tectónicos distales al volcán Turrialba. La figura 5 muestra un mapa con los eventos tectónicos localizados durante el mes de agosto en la inmediaciones del volcán Turrialba, junto con dos secciones transversales en direcciones E-W y N-S que cortan el cráter activo del Turrialba.

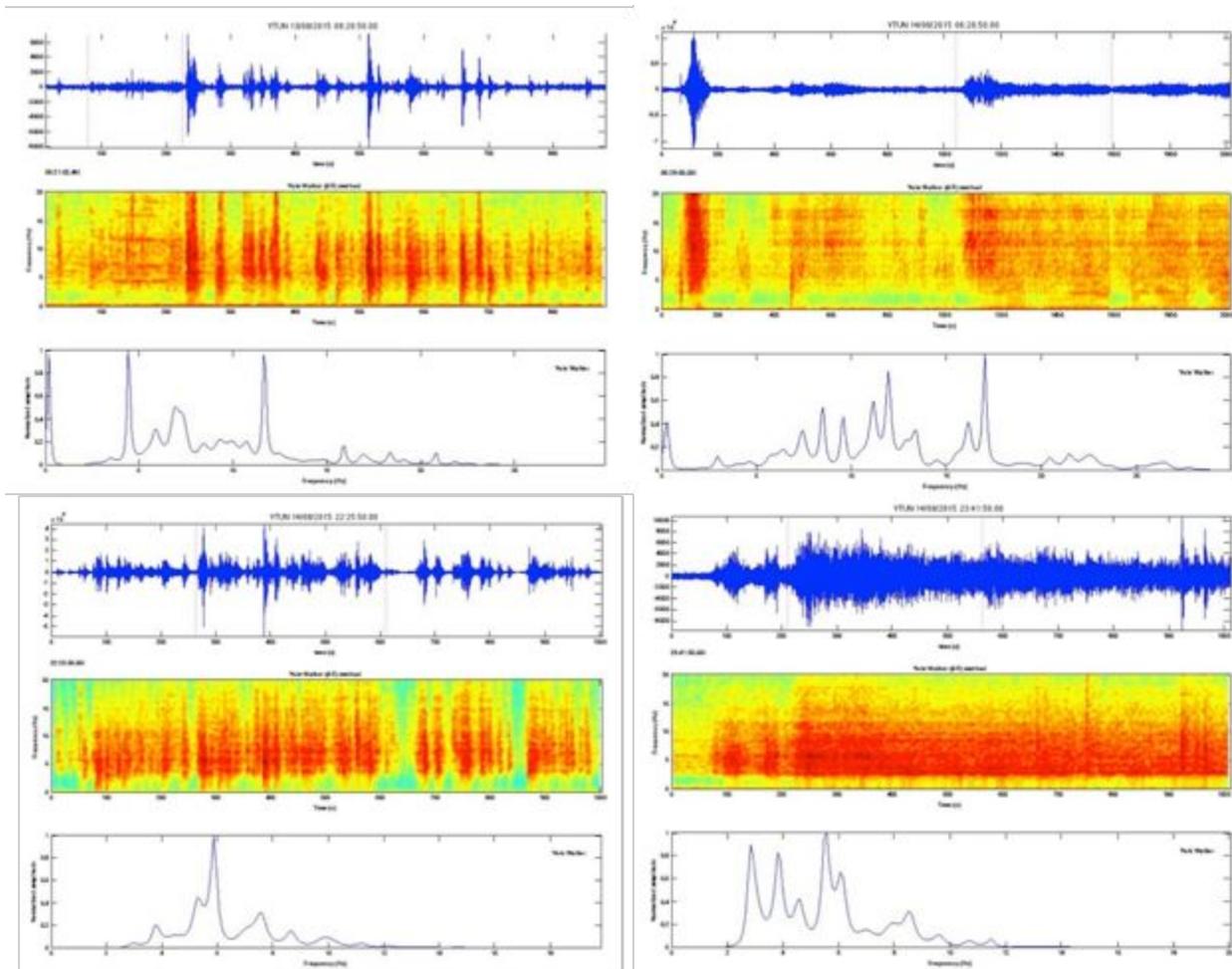


Figura 3. Episodios de tremor previos a la erupción del 15 de agosto. Arriba izquierda: episodio de tremor espasmódico de baja amplitud del día 13 a las 9 (hora GMT). Arriba derecha: episodio de tremor de baja amplitud iniciado por la ocurrencia de un sismo VLP el día 14 a las 6 (hora GMT). Abajo izquierda: episodio de tremor inicial, de baja amplitud, antes de la erupción, registrado el día 14 a las 22 (hora GMT). Abajo derecha: episodio final de tremor, con gran amplitud, previo a la erupción, registrado el día 14 a las 23 horas GMT. En todas las gráficas se muestra el sismograma (arriba), espectrograma (al medio) y el espectro de frecuencias (abajo).

Sismicidad volcano-tectónica se localiza bajo la cima del volcán con profundidades entre 1 km s.n.m.m y 2 km b.n.m.m. Mientras que se registran sismos distales al oeste, norte y sur de la cima con profundidades entre el nivel del mar y 4 km b.n.m.m. El mayor evento de agosto registró una magnitud de 2.8.

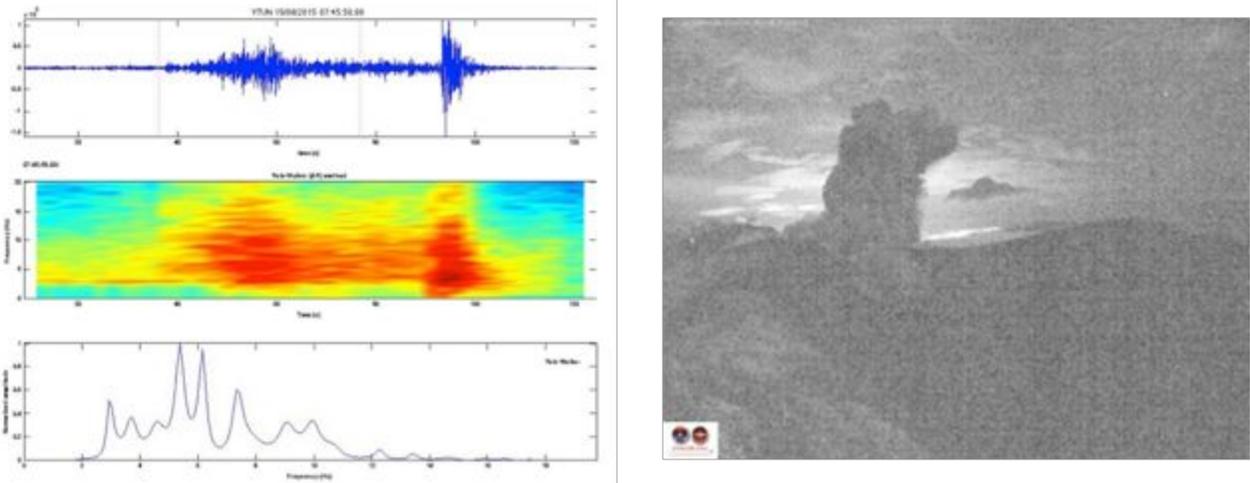


Figura 4. Izquierda: Sismograma (arriba), espectrograma (centro) y espectro de frecuencias (abajo) de la erupción del 15 de agosto a la 1:47 (hora local). Derecha: imagen captada por la cámara del OVSICORI de la erupción.

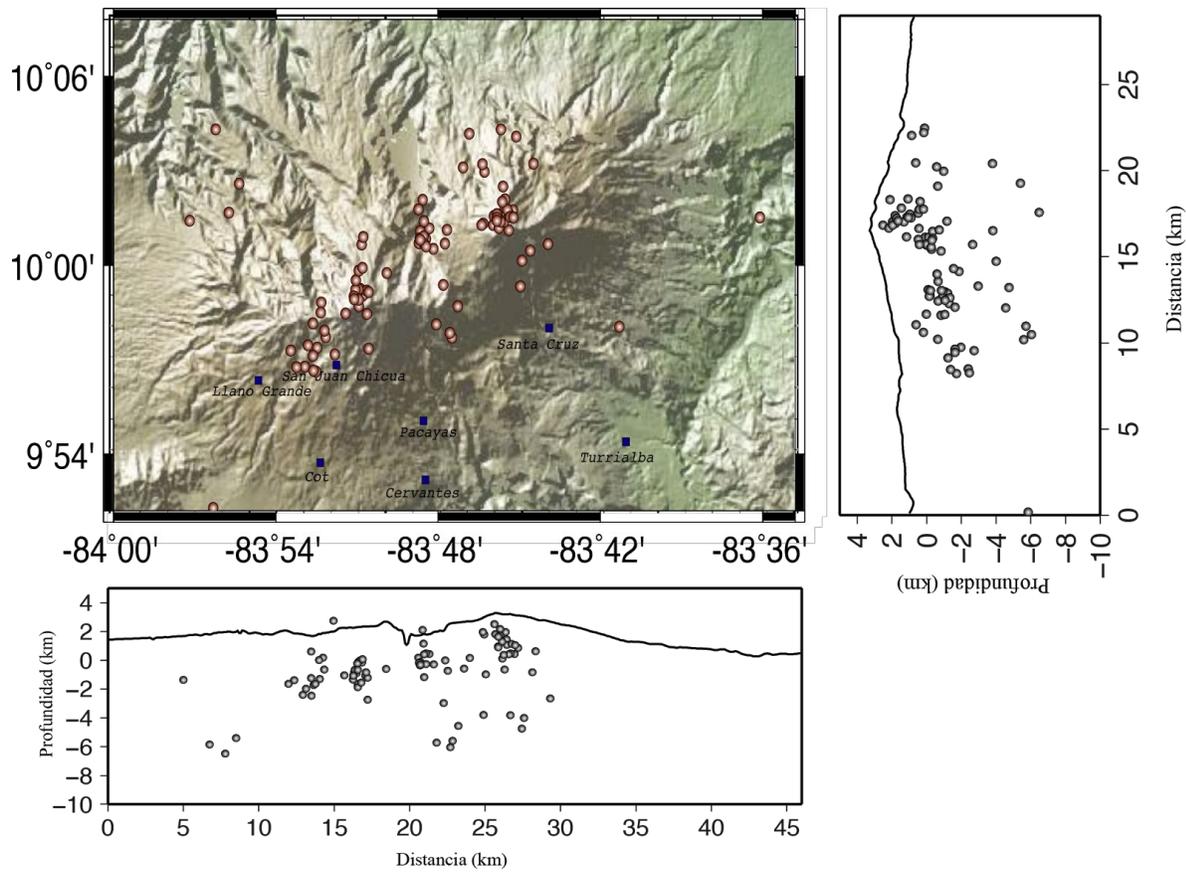


Figura 5. Mapa de la sismicidad tectónica localizada entre los volcanes Irazú y Turrialba durante el mes de agosto, 2015. Secciones transversales cortan el cráter activo del volcán Turrialba.

1.2 V. Turrialba: Deformación

La deformación del volcán Turrialba está siendo monitoreada de forma continua mediante metodología GNSS (Global Navigation Satellite System). Aunado a estas mediciones, el pasado 27 y 28 de agosto se realizó una campaña de medición GNSS sobre puntos pasivos ubicados desde la base del volcán y hasta la cima y cráter. En esta campaña se monumentaron y midieron dos puntos nuevos que no se visualizan en la figura 6. Los datos fueron procesados con el software GAMIT, de manera que se obtuvo como resultado posiciones ajustadas para estos puntos; se calcularon sus velocidades promedio para el periodo de enero del 2014 a setiembre del 2015, y las series temporales en las cuales se utilizó un filtro de Kalman para quitar cualquier posible ruido en ellas. Las velocidades están reducidas a un marco de referencia de los puntos permanentes GIBE, VTCA, VTFE y VTPC.

En el gráfico de la figura 6 se aprecia que en las cercanías del volcán está ocurriendo una expansión, de modo que las velocidades horizontales de las estaciones en general tiene dirección sureste. Las velocidades en la componente vertical muestran un levantamiento de entre 2.5 y hasta 27.5 milímetros aproximadamente para las estaciones VTTL, VTQU, VTPC, VTGP y VTCA, a excepción de los sitios VTNA, VTFE y VTCI donde la velocidad vertical es negativa.

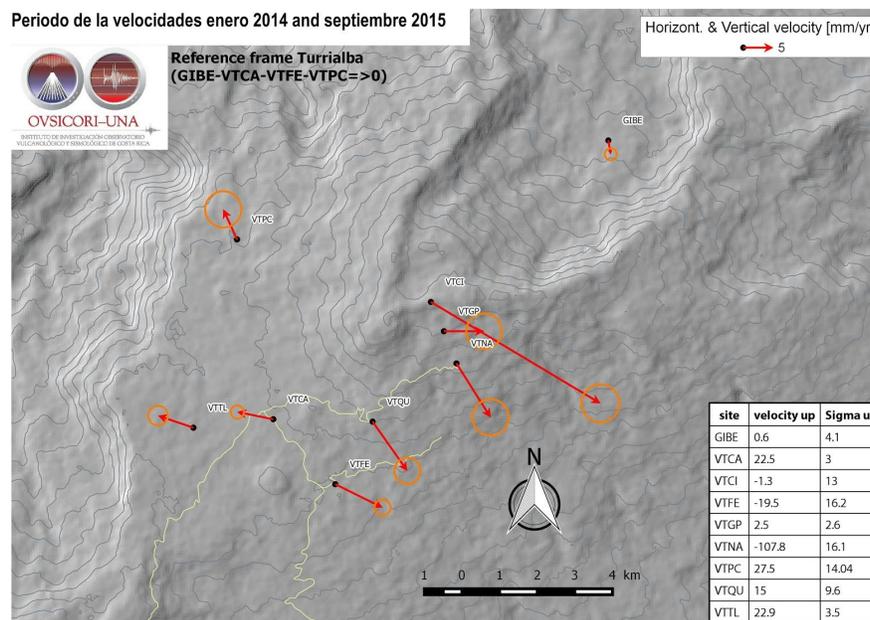


Figura 6. Mapa de las velocidades de los sitios GPS permanente y de campaña por el periodo enero 2014-septiembre 2015 en volcán Turrialba. Las flechas de color rojo representan las velocidades horizontales. Los círculos de color anaranjado muestran la incertidumbre de cada vector (1 sigma). La tabla presenta las velocidades verticales con la incertidumbre para cada sitio.

En la figura 7 al lado izquierdo de las gráficas se aprecia la serie temporal de la estación VTCA para la componente este, norte y altura, además las gráficas de la derecha muestran las velocidades en las mismas componentes en conjunto con la señalización de los días que ocurrió un evento en el volcán como una explosión, una erupción o una exhalación, mostrando la posible influencia que han tenido estos eventos sobre la velocidad de la estación VTCA. El movimiento en los ejes este-oeste y altura quedaron relativamente estables, sin embargo no sucedió así para el eje norte-sur. Los desplazamientos y movimientos de esta estación son relativos y reducidos a la estación RIDC en Zapote, San José. En el mes de agosto, este sitio muestra una fuerte aceleración positiva del movimiento vertical. Lo que es contrastante con los últimos meses donde se veía un decrecimiento de la velocidad vertical. Este movimiento está confirmado en los otros sitios permanentes. Eso podría indicar un ascenso de magma a nivel superficial.

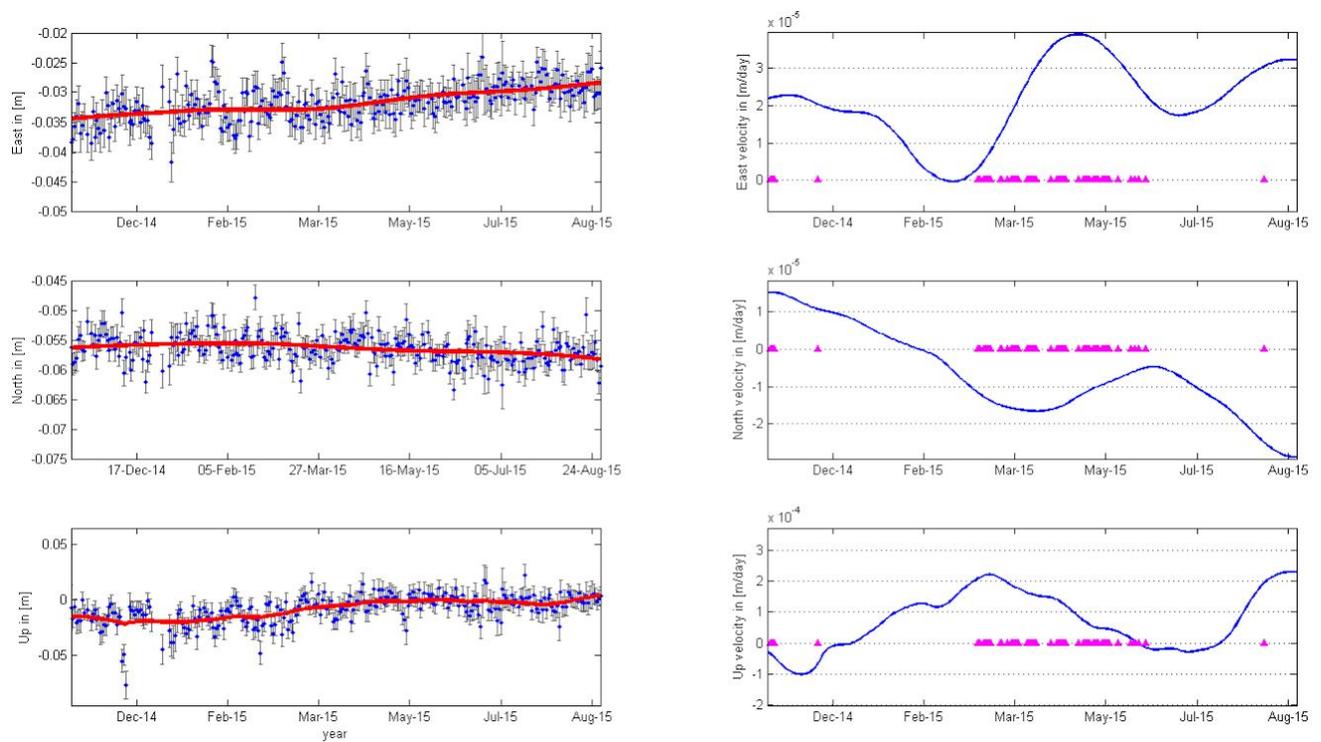


Figura 7. Serie temporal del sitio VTCA relativa al sitio RIDC (Zapote en San José). Los gráficos de la columna izquierda muestran la serie de tiempo para la componente este, norte y vertical. Los puntos de color azul muestran las determinaciones diarias, las líneas verticales en color gris la desviación estándar de cada punto y la línea de color rojo muestra el movimiento suavizado con un filtro de Kalman. La columna derecha muestra las velocidades en los mismos componentes. Los triángulos rosados muestran los días durante los cuales ocurrió una exhalación, una explosión o una erupción.

1.3 V. Turrialba: Monitoreo de los gases

Durante el mes de agosto las emisiones de SO₂ se mantuvieron estables con valores entre 500 y 1000 toneladas por día a excepción del periodo 15 de agosto (Fig. 8). El 14 de agosto se midió un promedio superior a 3000 toneladas por día. El 15 de agosto a las 1:47 am hubo una pequeña emisión de cenizas pero el clima no permitió medir el flujo de SO₂. El 16 de agosto el flujo se mantuvo un poco alto con valores alrededor de 1300 toneladas por día. Después de este periodo las emisiones volvieron a niveles similares a los medidos previos al evento del 15 de agosto.

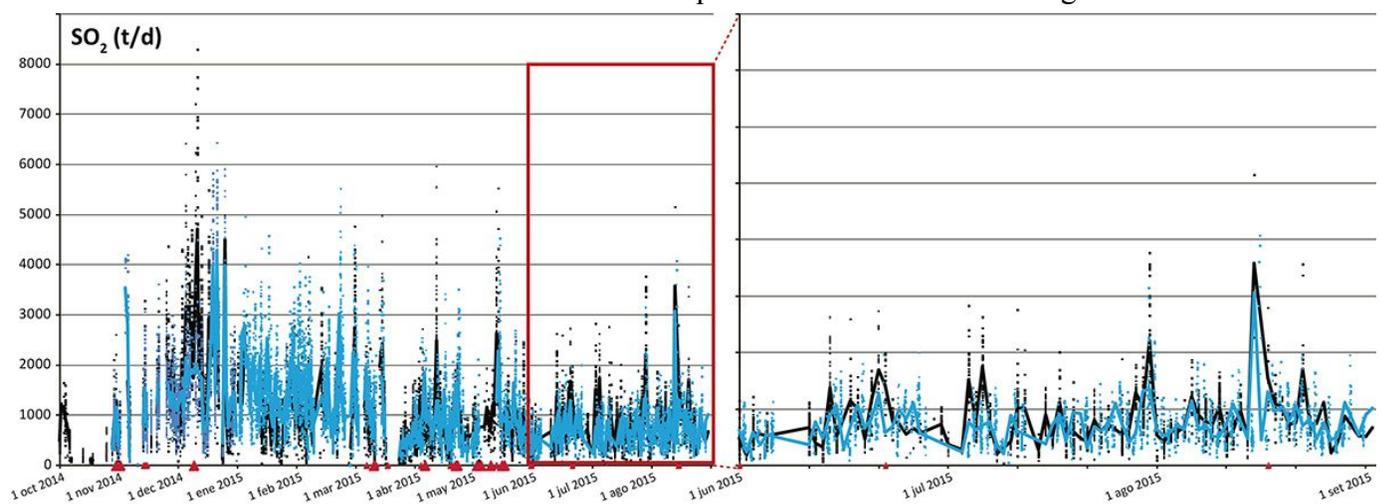


Figura 8. Evolución del flujo de SO₂ emitido por el volcán Turrialba desde junio del 2015.

1.4 V. Turrialba: Monitoreo de temperatura del suelo en el Cráter Central

El 21 de julio 2015 se colocó por primera vez un sensor datalogger de temperatura en el suelo a aprox. 5 cm de profundidad en el borde este del Cráter Central del volcán Turrialba. En este sitio hay salida de vapores difusos a unos 50°C y la idea es monitorear la temperatura en caso de cambios importantes en el flujo de calor en la región central de la cima del volcán debido al ascenso de magma muy cerca de la superficie. La temperatura fluctuó entre 48.6°C-42°C, exceptuando valores mínimos que descendieron hasta 19°C posiblemente debido a la entrada de cantidades cuantiosas de agua meteórica (lluvia), aspecto que estamos investigando. Los registros muestran muchas fluctuaciones que podrían deberse al cambio diurno-nocturno de temperatura ambiente y la entrada de agua de lluvia (Fig. 9). Para tratar de disminuir la influencia de factores externos sobre las lecturas de temperatura, pronto estaremos colocando este sensor a mayor profundidad en el suelo dentro de una burbuja de aire hermética.

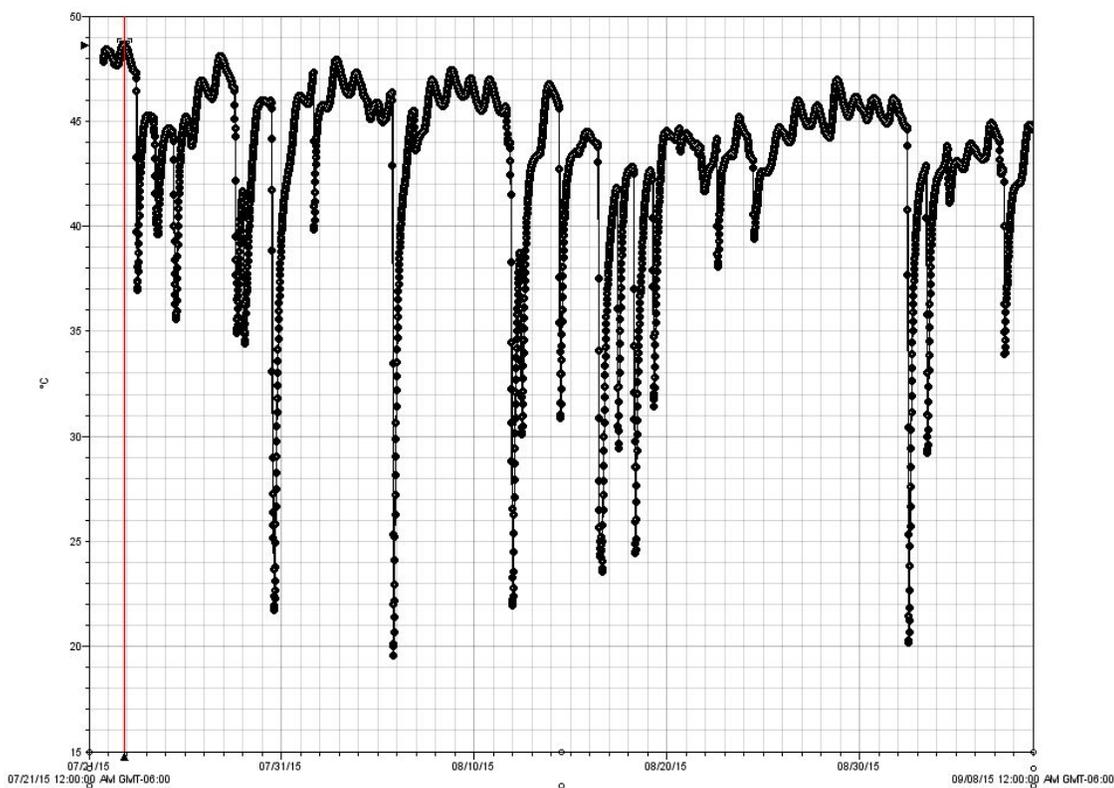


Figura 9. Perfil de temperatura (°C) del suelo a aprox. 5 cm de profundidad en el borde este del Cráter Central del volcán Turrialba para el periodo 21 julio-08 setiembre 2015. La temperatura máxima registrada fue de 48,6°C. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

1.5 V. Turrialba: Monitoreo de temperatura en Falla Ariete

El 21 de julio 2015 se colocó también por primera vez un sensor datalogger de temperatura en grieta con emanación de vapores en la Falla Ariete, a la altura del camino que lleva hacia la cima del volcán Turrialba. En este sitio hay salida de vapores difusos y calor y el aire dentro de la grieta registró 43°C en julio 2015. El propósito de la instalación de este sensor en este sitio es monitorear la temperatura del aire dentro de dicha grieta en caso de cambios importantes en el flujo de calor y vapores a través de la Falla Ariete.

La temperatura del aire dentro de la grieta fluctuó entre 37.7°C-36°C, exceptuando valores mínimos que descendieron hasta 25.2°C posiblemente debido a la entrada de cantidades cuantiosas de agua meteórica (lluvia) al suelo, la cual puede “taponear” el flujo de calor a través del suelo.

Este es un aspecto que habrá que eventualmente estudiar considerando las variaciones en los niveles de precipitación pluvial en la cima del volcán (Fig. 10).

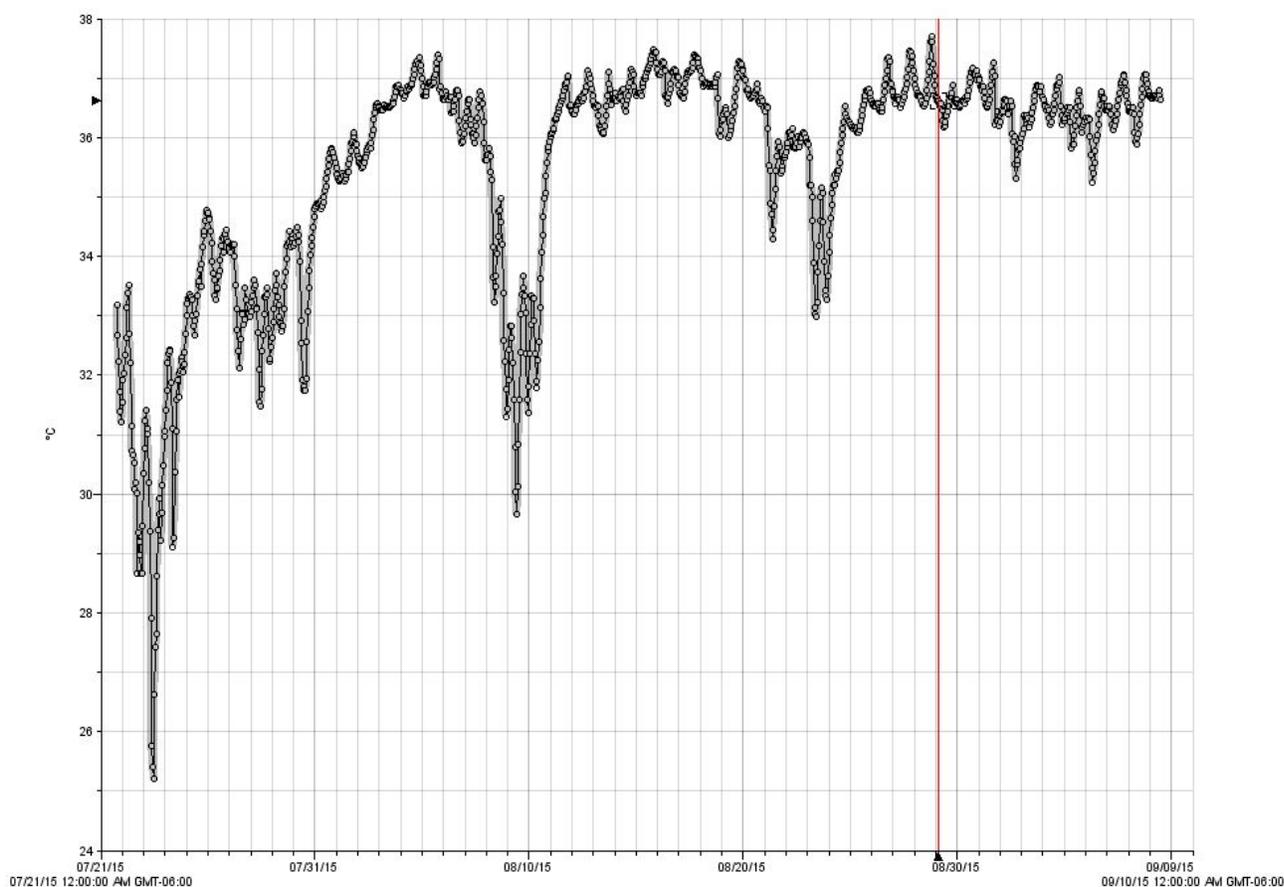


Figura 10. Perfil de temperatura (°C) del aire atmosférico dentro de grieta con emanación de vapores en la Falla Ariete del volcán Turrialba para el periodo 21 julio-08 setiembre 2015. La temperatura máxima registrada fue de 37,7°C. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

2. Volcán Irazú

2.1 V. Irazú: Sismología

En el mes de agosto se registraron 121 sismos volcano-tectónicos (VT) asociados al volcán Irazú. Se registraron enjambres con menos de 50 eventos sísmicos diarios, el mayor conteo diario ocurrió

el día 19 cuando se contabilizaron 20 sismos (Fig. 11). La sismicidad se concentra en dos localidades principalmente; hacia el oeste, en la zona de deslizamientos y bajo el cráter activo (Fig. 12).

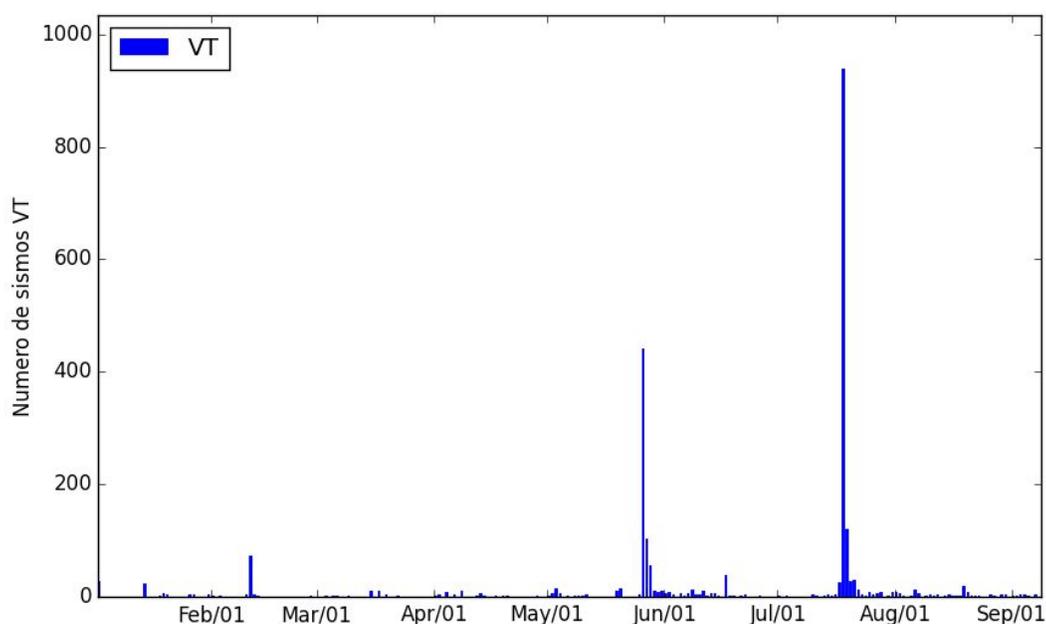


Figura 11. Número de sismos volcano-tectónicos diarios ocurridos entre enero y agosto del 2015 asociados al volcán Irazú.

Ambos grupos de eventos se concentran entre el nivel del mar y 4 km b.n.m.m. Respecto al mes de julio los sismos VT han disminuido considerablemente, pero la actividad se mantiene alta, similar a los meses de marzo, abril y mayo de este año. También se registraron varios sismos entre los macizos del Turrialba e Irazú (Fig. 12), que pueden atribuirse a la actividad del volcán Turrialba o pueden ser sismos distales del volcán Irazú. El mayor evento registrado tiene una magnitud de 3.0.

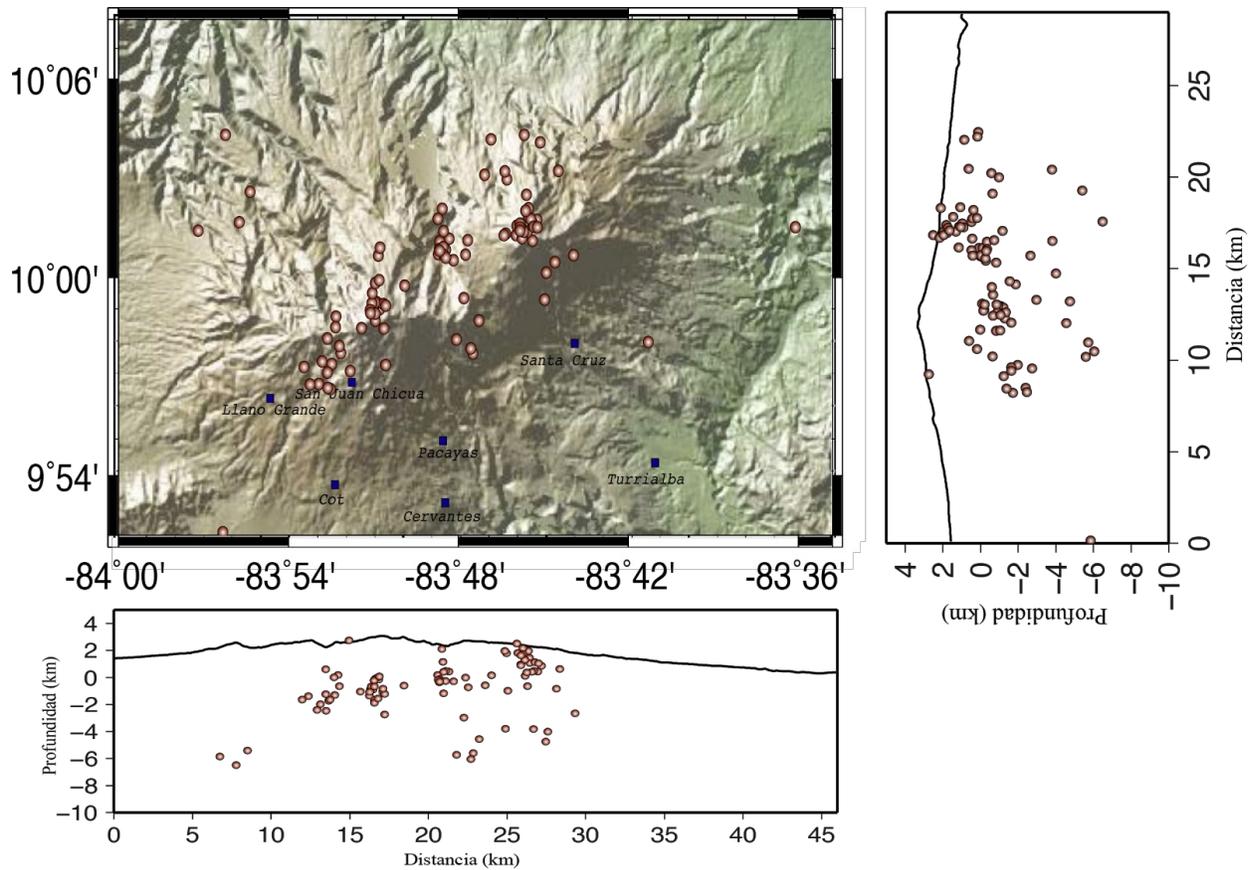


Figura 12. Mapa de los volcanes Irazú y Turrialba con los epicentros localizados y ocurridos durante el mes de agosto, 2015. Los cortes transversales se cruzan en el cráter activo del volcán Irazú.

2.2 V. Irazú: Deformación

A mediados del mes de junio del presente año se diseñó una red de control geodésico ubicada en el flanco oeste del volcán con el objetivo de monitorear la deformación de la corteza en el área del deslizamiento Irazú. Desde el 26 de junio del presente año se han realizado 7 campañas de mediciones GNSS con metodología estático rápido tomando como referencia el sitio VI65. En la figura 13 se muestra las velocidades de los sitios del deslizamiento del volcán Irazú. Siendo VI07 el sitio que presenta la máxima velocidad de desplazamiento vertical -0.71 metros por año, nótese como los sitios VI06-VI04-VI12-VI11-VI13IR también presentan velocidades considerables; demostrando la clara tendencia de hundimiento en esta área. Los desplazamientos horizontales muestran una clara dirección Noroeste. Estas mediciones continuarán siendo realizadas y la red será ampliada alrededor de los sitios VI32-VI05-VI08.

Deslizamiento Irazú
Velocidades hasta 26 de Agosto 2015

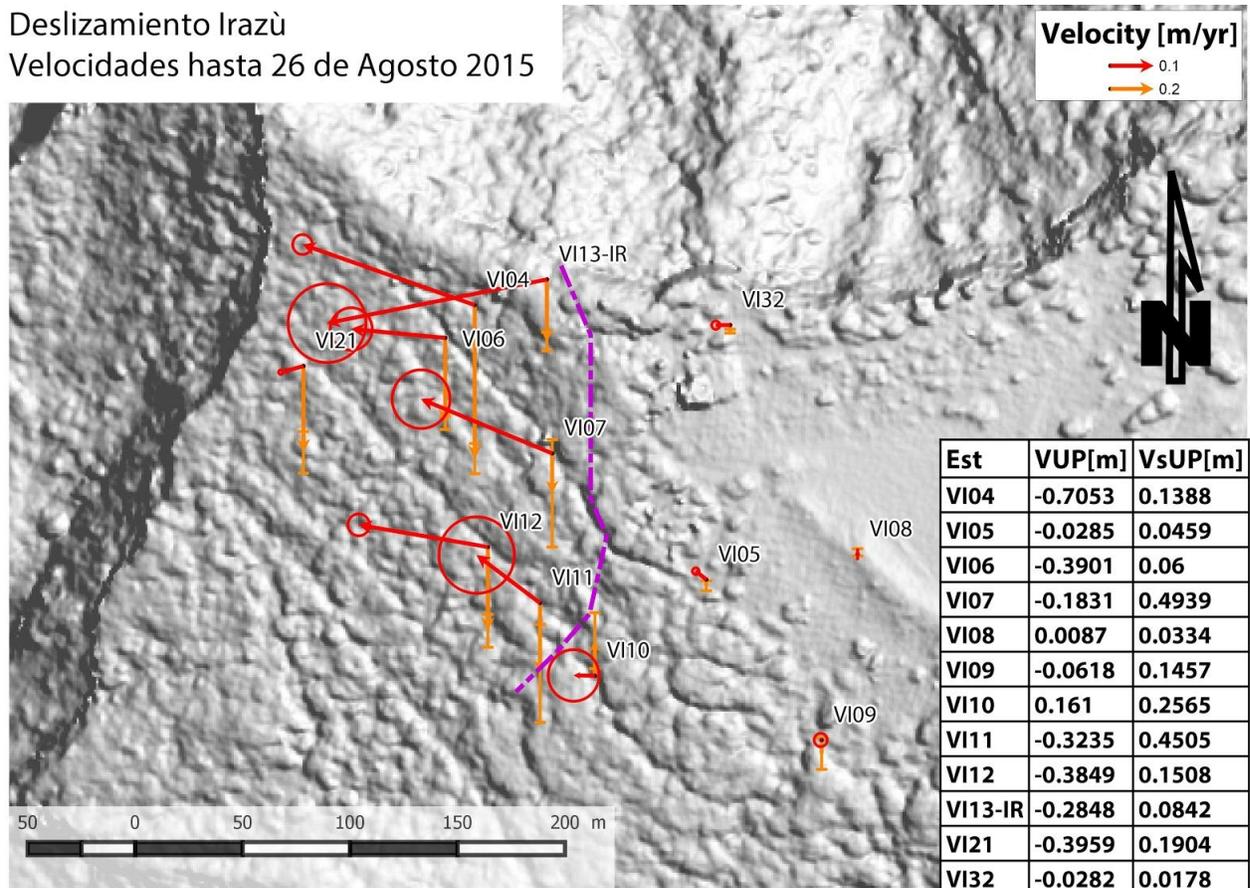


Figura 13. Velocidades de los sitios del deslizamiento del volcán Irazú. Se observa en rojo los desplazamientos horizontales con su círculo de incertidumbre en metros por año. Las flechas en color anaranjadas representan las velocidades verticales. En color morado se aprecia la zona de fractura. Nota: Las velocidades verticales no son a la misma escala que los vectores horizontales. La tabla resume las velocidades verticales (VUP) y su incertidumbre (VsUP) en metros por año.

Nuevos modelos numéricos del terreno ofrecidos por la agencia espacial de los EE.UU. (NASA) así como por los vuelos locales realizados por Federico Chavarría-Kopper, Easy2Map y Aero-Diva permitieron calcular los volúmenes perdidos en el colapso del 16 de junio 2015 de modo que fué posible afinar el cálculo del volumen de material que se colapsó durante el evento del 17 de diciembre 2014 (Fig. 14). En total se calcula un volumen de 28 millones de metros cúbicos entre el modelo ASTER (2011) y el modelo AeroDiva (marzo 2015). Una gran mayoría de este volumen colapsó durante el evento del 17 de diciembre 2014 según los registros sísmicos. Este colapso con su volumen, es un de los más importante colapsos que han ocurrido en el continente americano los 2 últimos siglos (e.g. Frank slide, Canadá, año 1903, 35 millones m³; Hope slide, Canadá, año

1965, 47 millones m³). El colapso de junio de 2015 es, en comparación, relativamente menor con 182000 m³ deslizados.

Colapso del 17 de diciembre 2014,
28 millones de metros cubicos
(28 x10⁶ m³)

Colapso del 16 de junio 2015
182'000 m³ (18 x10⁴ m³)

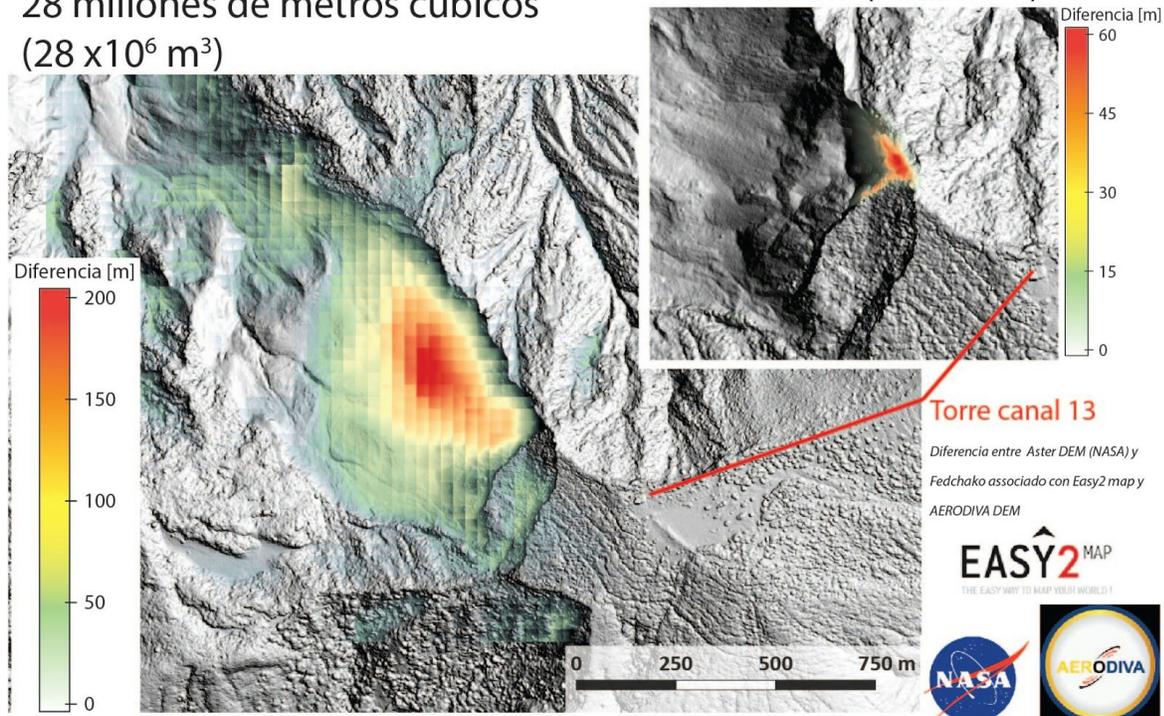


Figura 4

Figura 14. Mapa de los volúmenes de los colapsos del 17 de diciembre 2014 y del 16 de junio de 2015. Los colores muestran la diferencia entre el modelo del terreno antes y después del evento. Cortesía de NASA-ASTER-AERODIVA y Federico Chavarría Kopper.

3. Volcán Poás

3.1 V. Poás: Sismología

La sismicidad en el volcán Poás sigue baja, comparada con años anteriores. No se registran erupciones freáticas desde octubre del 2014. Los pocos sismos (menos de 10 eventos diarios, ver figura 15) que se registran son de pequeña amplitud y baja frecuencia. Se continúan registrando muy esporádicamente temores de baja frecuencia y corta duración, como el que se muestra en la figura 16.

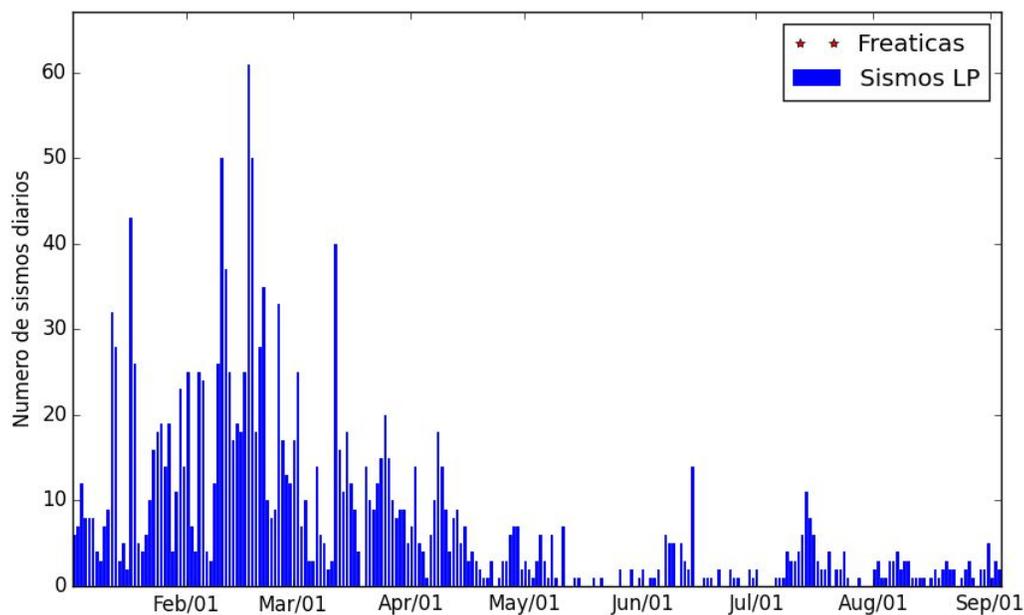


Figura 15. Número de sismos volcánicos registrados entre enero y agosto del 2015 en el volcán Poás.

Por otro lado, la sismicidad tectónica se mantiene con sismos distales con profundidades entre el nivel del mar y los 8 km b.n.m (Fig. 17). La mayor magnitud registrada es de 2.5 y se ubican principalmente hacia el norte del cráter activo.

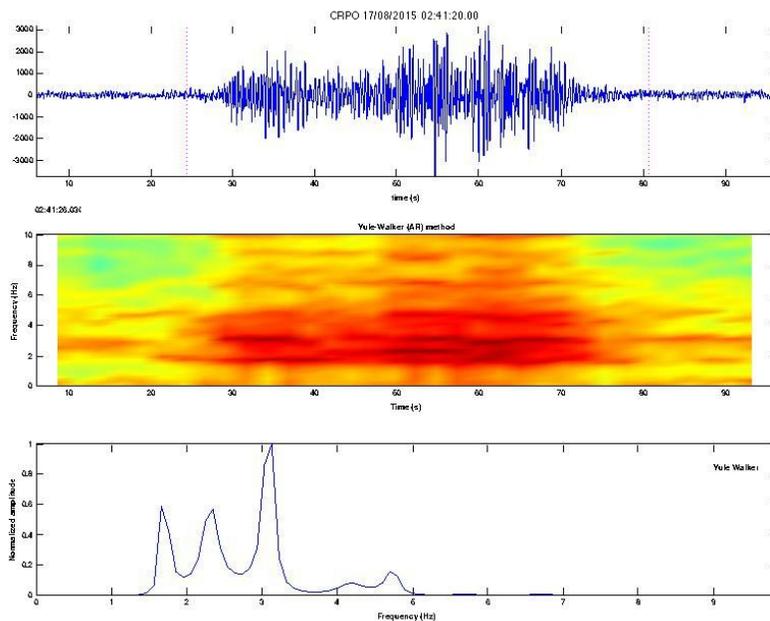


Figura 16. Sismograma (arriba), espectrograma (medio) y espectro de frecuencias para un tremor corto registrado el 17 de agosto.

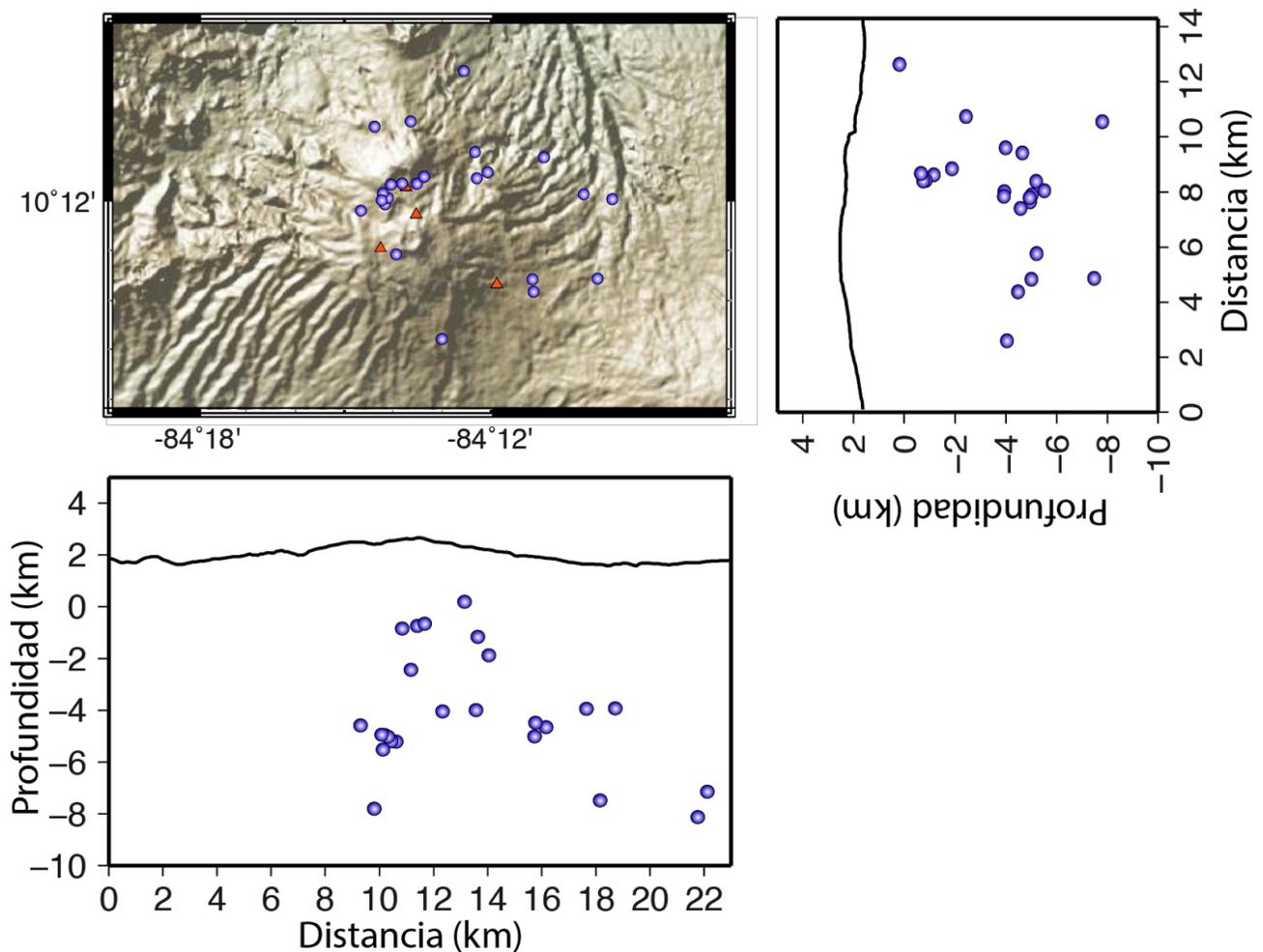


Figura 17. Mapa del volcán Poás con epicentros de sismos volcano-tectónicos registrados en el volcán Poás.

3.3 V. Poás: El lago ultra ácido

Después de varios meses de aumento rápido del nivel del lago se observó una disminución de 0.6m entre finales de julio y finales de agosto del 2015 sin aumento de temperatura ni variaciones significativas en la acidez (pH), y el contenido de iones en disolución respecto a los últimos 3 meses (Figs. 18 y 19). En agosto, la temperatura del lago registró alrededor de 31.5°C y el pH medido en condiciones de laboratorio fue de pH=0,28 (Fig. 19).

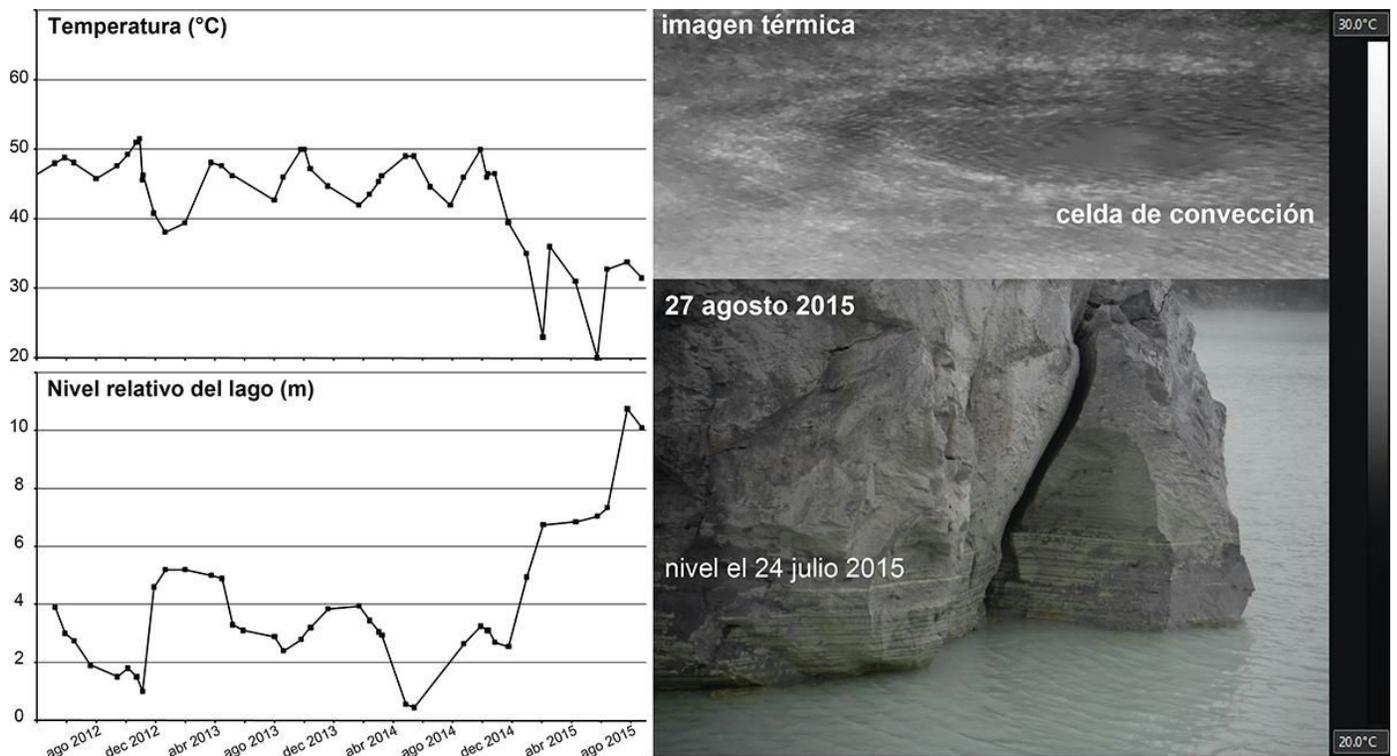


Figura 18. Evolución de la temperatura y del nivel del lago del volcán Poás. Imagen térmica de una celda de convección y foto de las marcas de azufre presentando una disminución del nivel del lago (Fotos: G.Avard, 27 ago. 2015)

En general, desde finales del 2014 hasta el presente la acidez (pH cada vez menos negativo), la temperatura, la concentración de solutos disueltos en el agua derivados de la hidrólisis de los gases magmáticos y la incorporación de elementos formadores de roca en el agua del lago y el sistema hidrotermal, muestran una tendencia sistemática a disminuir (Fig. 19). Esto es consistente con la disminución general de la actividad convectiva de fumarolas subacuáticas en el lago y la menor emisión de calor y gases a través de las fumarolas del “domo” del Poás .

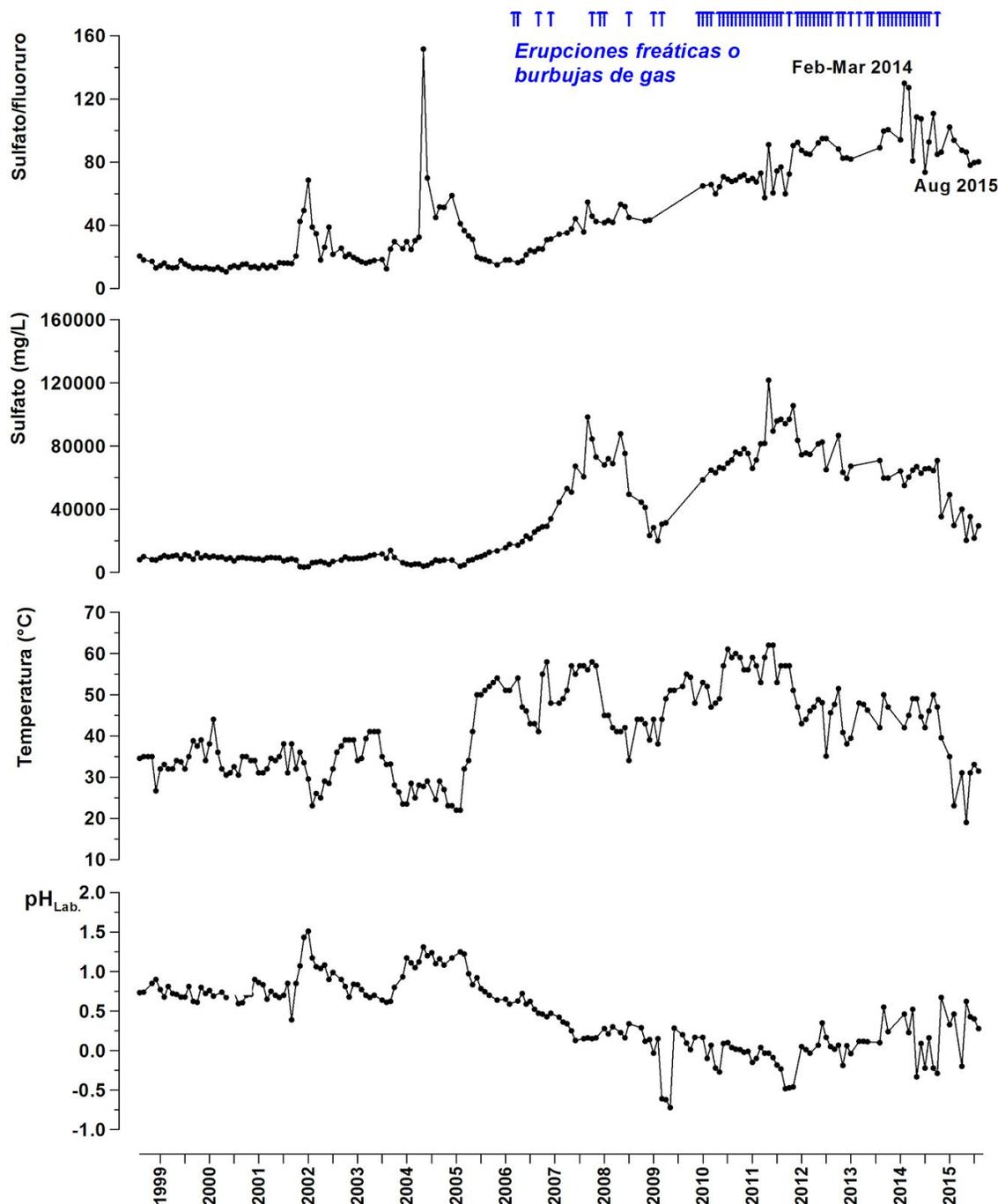


Figura 19. Perfiles geoquímicos del lago ultraácido del Poás: Acidez (pH_{Lab.}), temperatura, concentración de sulfato y razón sulfato/fluoruro para el periodo finales 1998-agosto 2015. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

3.4 V. Poás: Monitoreo de los gases

La medición de la temperatura de las fumarolas del domo a finales de agosto muestra una estabilización alrededor de 350°C después de mínimo 2 meses de baja (Fig. 20). El flujo de SO₂ emitido por el volcán fue medido al fin de agosto a 120±50 toneladas por día con una contribución igual entre el domo y el lago. La figura 21 muestra la evolución de las composiciones de gases liberado por el lago y las fumarolas del Poás. En los últimos meses hemos visto una tendencia de valores más altos de CO₂/SO₂ en las fumarolas, y una diferencia más grande entre la composición de las fumarolas y el gas del lago.

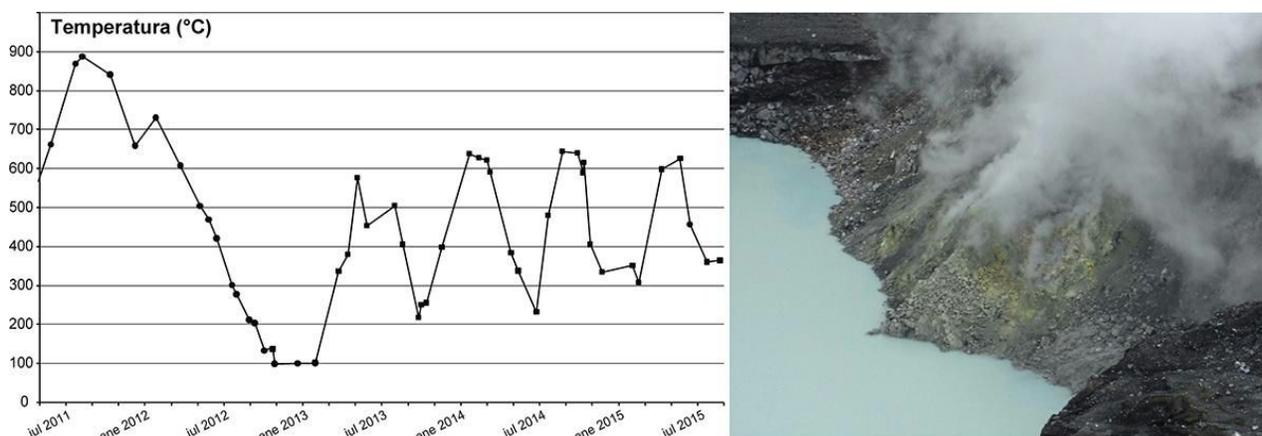


Figura 20. Evolución de la temperatura de las fumarolas del domo y vista desde el borde oeste del cráter (Foto: G.Avard, 27 ago. 2015)

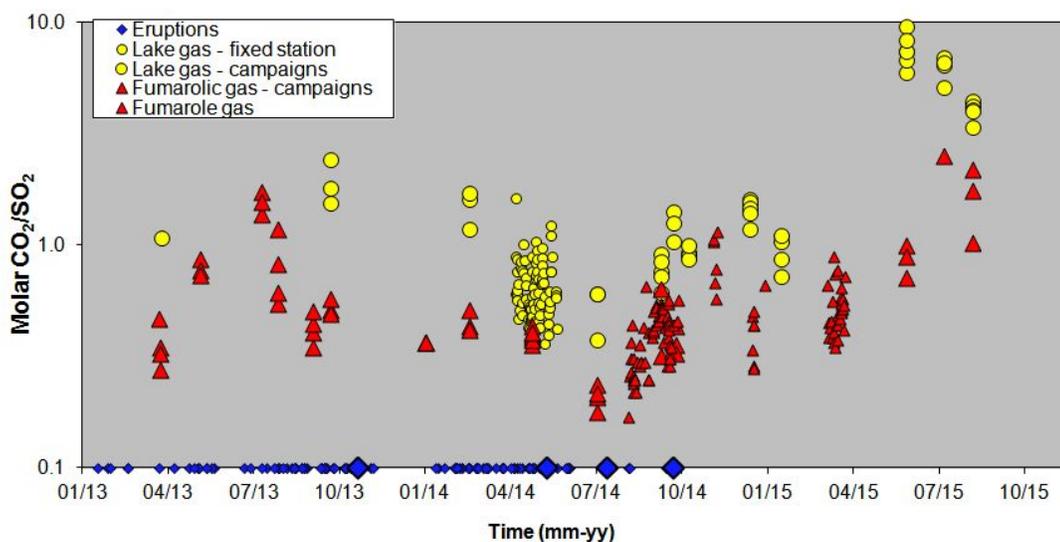


Figura 21. Evolución de las composiciones de gases emitidos por el volcán Poás desde 2013. Gas del lago= círculos amarillos; Gas de las fumarolas= triángulos rojos. Erupciones freáticas= diamantes azules.

4. Volcán Arenal

4.1 V. Arenal: Sismología

Durante el mes de agosto no se registró actividad sísmica relevante en el volcán Arenal.

4.3 V. Arenal: Fuente Termal Tabacón

El 27 de mayo 2015 se colocó por primera vez un sensor datalogger de temperatura en la fuente termal Tabacón, aprox. 3.6 km de distancia al norte del volcán Arenal para propósitos de monitoreo de cambios en la temperatura de dicha naciente y por ende del sistema hidrotermal subterráneo que alimenta el Río Tabacón (Fig. 22). Entre el 27 mayo y el 21 de agosto 2015, la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas del Río Tabacón fluctuaron entre 37°C - 49°C ($\delta T=12^{\circ}\text{C}$) y entre 1860-2220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\delta\text{Cond}=360\mu\text{S}/\text{cm}$), respectivamente. Estas fluctuaciones son similares a las observadas en los últimos ca. 5 años. Es interesante notar que desde finales de junio, la temperatura y la conductividad disminuyeron fuertemente en varias ocasiones alcanzando valores mínimos de 37°C y 1860 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Fig. 23). Esta disminución se interpreta como resultado de la abundante cantidad de agua meteórica (agua de lluvia) que ha ingresado al sistema hidrotermal que alimenta las aguas del Río Tabacón durante esta época de lluvias torrenciales en la vertiente Atlántica del país. Estos cambios están siendo evaluados para determinar con certeza sus causas y sobre todo poder establecer las variaciones que pudieran estar relacionadas con modificaciones en el sistema magmático-hidrotermal del volcán Arenal. Tal y como se aprecia en la figura 23, el sensor de temperatura se satura a los 43°C debido a las especificaciones de fábrica. Por tanto, pronto los vulcanólogos del OVSICORI-UNA colocaremos un sensor que permite medir temperaturas en un ámbito mayor que alcance hasta unos 70°C para evitar la saturación de la lectura de temperatura.

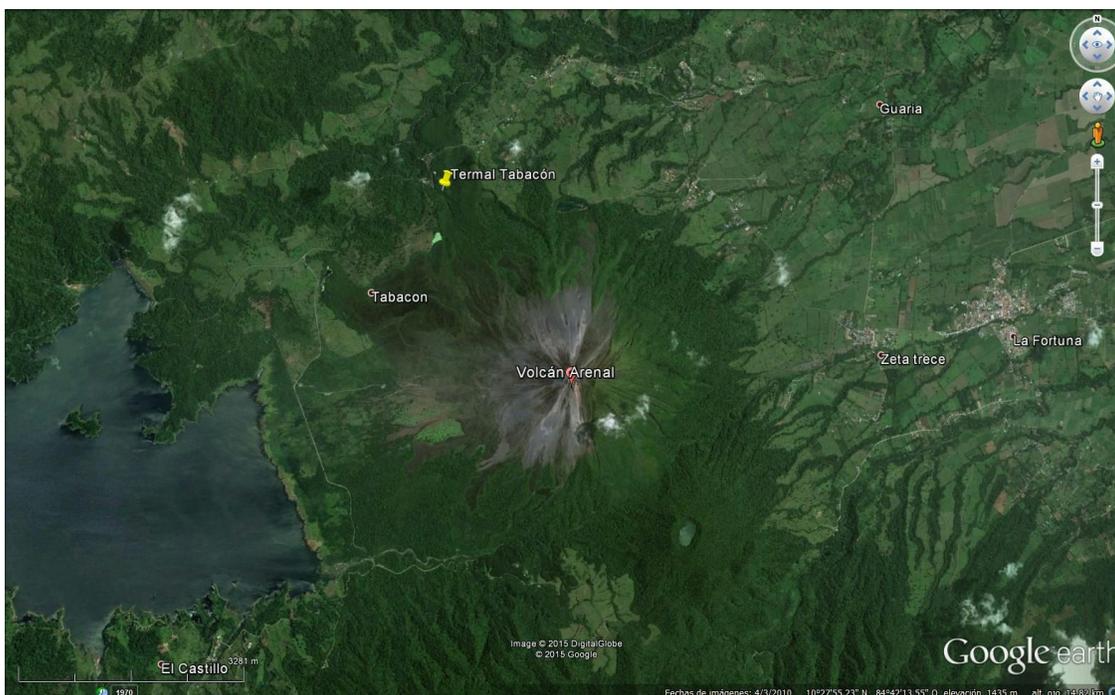


Figura 22. Ubicación del sitio de muestreo y medición en la fuente termal Tabacón, 3.6km al noroeste de la cima del volcán Arenal que visitan periódicamente los vulcanólogos del OVSICORI-UNA en los últimos ca. 40 años para propósitos de monitoreo de la actividad del volcán. Mapa adaptado de Google Earth.

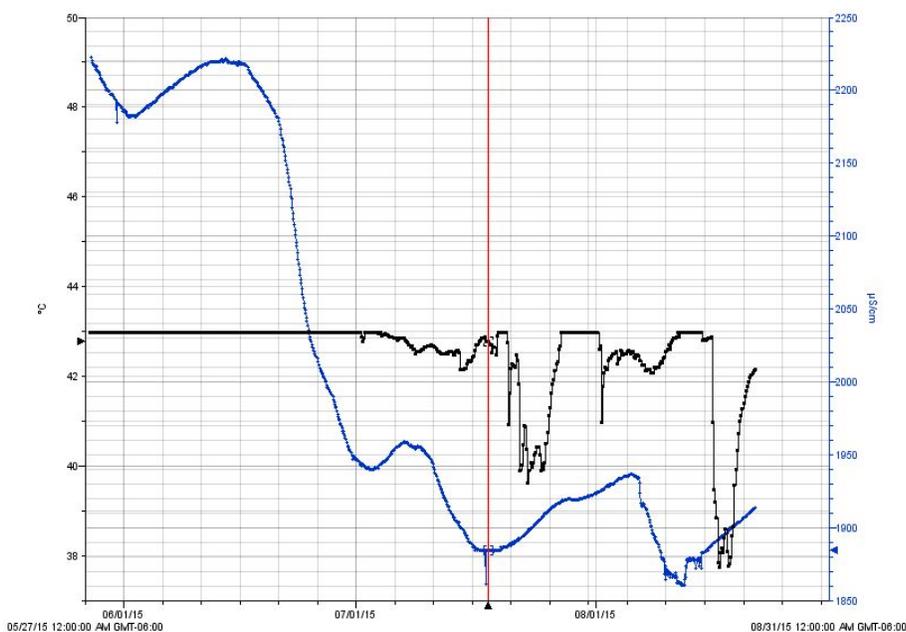


Figura 23. Fuente termal Tabacón sitio A: Perfiles de temperatura ($^{\circ}\text{C}$, curva negra) y de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ curva azul) para el periodo 27 mayo - 21 agosto 2015. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica “Dr. Eduardo Malavassi Rojas” del OVSICORI-UNA.

5. Volcán Rincón de la Vieja

5.1 V. Rincón de la Vieja: Sismología

La actividad sísmica en el volcán Rincón de la Vieja continúa con muy bajos niveles. A 5km del cráter (ubicación de la estación sismológica VRLE) no se registra actividad importante, por lo que, si hay alguna actividad sísmica, esta debe ser de muy baja amplitud y concentrada en el sistema hidrotermal superficial. El día 21 de agosto 2015 se registró una pequeña erupción freática en el lago ultraácido del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja que apenas se distingue del ruido ambiental (Fig. 24), por lo que probablemente no produjo una columna alta y visible fuera de la zona cuspidal. Esta erupción fue registrada por los sismógrafos VORI del OSIVAM-ICE y el VRLE del OVSICORI-UNA y tuvo una duración de aprox. 80 segundos (OSIVAM-ICE, 2015).

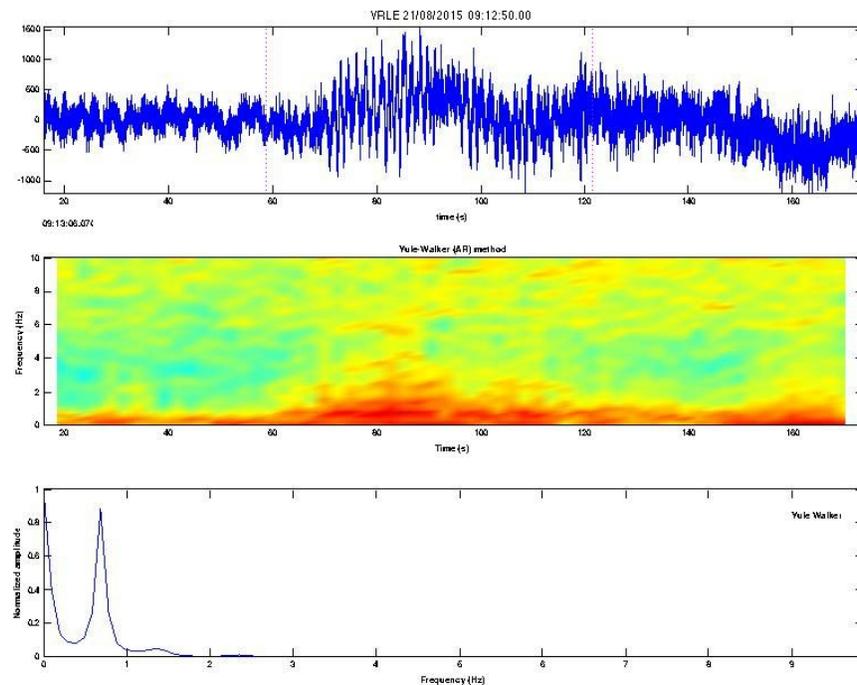


Figura 24. Registro en la estación sismológica VRLE del OVSICORI-UNA de la erupción freática del día 21 de agosto a las 9:13 hora GMT (3:13 a.m. hora local). Arriba: sismograma, centro: espectrograma, abajo: espectro de frecuencias.

5.2 V. Rincón de la Vieja: Termales flanco norte, nacientes Santuario Sensoria y Blue River

5.2.1 V. Rincón de la Vieja: Termal Santuario Sensoria

La temperatura y la conductividad eléctrica en las aguas de la fuente termal Santuario registran entre el 23 de julio y el 27 agosto 2015 un aumento sostenido y casi paralelo respecto a las semanas previas (OVSICORI, 2015) desde 31.06°C hasta 32.97°C y desde 2340 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 2637 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. El sistema hidrotermal que alimenta a Santuario responde más rápido a los cambios de cantidad de solutos iónicos disueltos en el agua que a los cambios de temperatura tal y como lo muestra el desfase en el tiempo entre ambos parámetros. El cambio máximo en temperatura y conductividad eléctrica observado entre el 23 julio y el 27 agosto es de $\delta T = +1.91^\circ\text{C}$ y $\delta \text{Cond} = +297 \mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Fig. 25). En términos comparativos, entre el 1 al 23 de julio 2015, la temperatura fluctuó entre 30.9-31.68°C ($\delta T = +0.8^\circ\text{C}$) y la conductividad eléctrica 1964-2587 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\delta \text{Cond} = 623 \mu\text{S}/\text{cm}$) (OVSICORI, 2015).

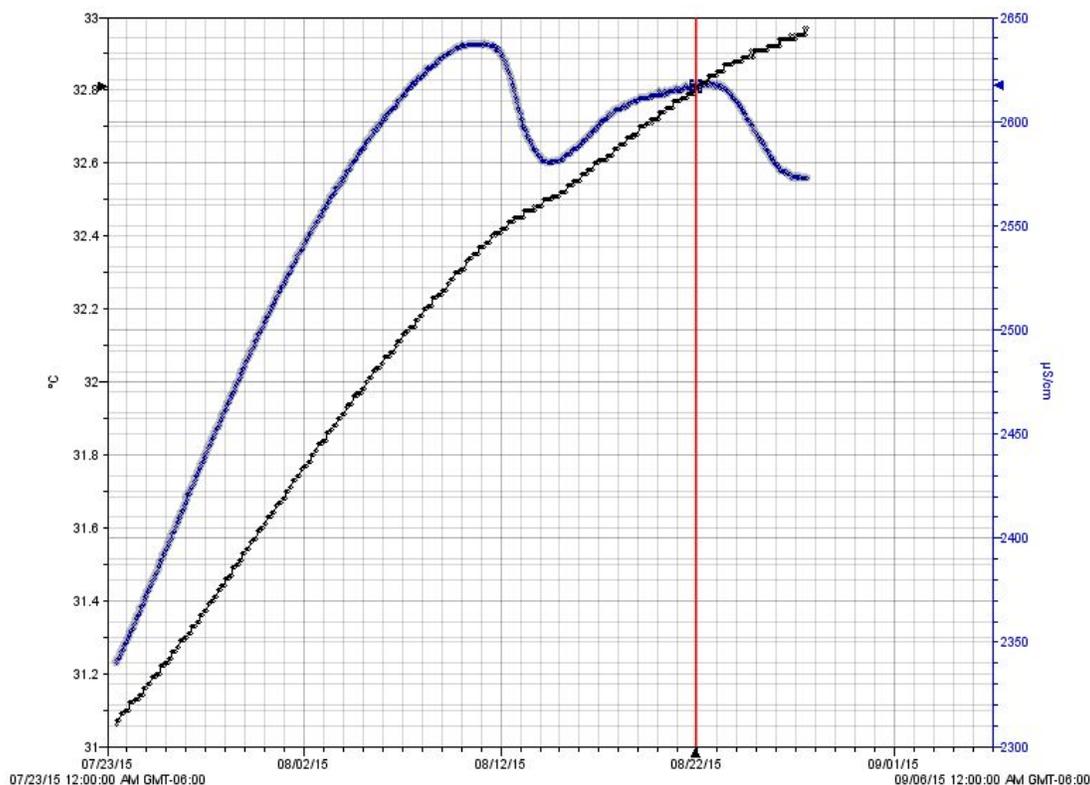


Figura 25. Fuente termal Santuario Sensoria: Perfiles de temperatura ($^\circ\text{C}$, curva negra) y de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$ curva azul) para el periodo 23 julio - 27 agosto 2015. El día 21 de agosto se registró una pequeña erupción freática en el lago ácido del Rincón que apenas se distingue del ruido ambiental en los registros sísmicos de la estación sísmológica VRLE del OVSICORI-UNA (línea roja indica el día y la hora de la erupción freática del 21 agosto 2015). Datos recolectados en forma conjunta por el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA.

El aumento sostenido en la temperatura y conductividad eléctrica observado entre julio y agosto 2015 comienza a darse a partir del 20 julio, 1 mes antes de la ocurrencia de la pequeña explosión hidrotermal en el lago ultraácido (erupción freática) del 21 de agosto 2015. Por tanto, estas señales de aumento en la temperatura y el contenido de solutos disueltos en las aguas de Santuario podrían ser resultado de perturbación del sistema hidrotermal que alimenta el lago ultra-ácido del Rincón y las nacientes de Sensoria en el flanco norte por la llegada repentina de calor y fluidos ricos en iones derivados de volátiles magmáticos y elementos formadores de las rocas. Más observaciones a mediano y largo plazo se requieren para fortalecer la hipótesis de una interconectividad hidráulica entre las nacientes Sensoria y el lago ultra-ácido a través del sistema hidrotermal subterráneo que subyace debajo del Rincón de la Vieja. Además de la importancia que esto tiene sobre las implicaciones en cuanto al potencial de colapso de la pared norte superior del cráter por infiltración de fluidos ácidos y calientes a través de la pared rocosa (Kempton y Rowe, 2000).

5.2.2 V. Rincón de la Vieja: Termal Blue River

El sensor datalogger de temperatura colocado en junio 2015 en la fuente termal Blue River (Río Azul), aprox. 7.5 km al norte del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja, también mostró un cambio interesante en la temperatura pero este fue súbito justo el 21 de agosto del 2015 cuando se dió la pequeña explosión hidrotermal (erupción freática) en el lago ácido del cráter activo del Rincón. En el caso de Santuario, el cambio en la temperatura y la conductividad eléctrica se observó con 1 mes de antelación.

En Blue River, el 21 de agosto 2015, en algún momento entre las 2:00-3:00 p.m., la temperatura cambió muy rápidamente desde valores inferiores a los 60°C hasta valores superiores a los 60°C que se mantuvieron hasta el 27 de agosto cuando las temperaturas de nuevo empezaron a registrarse debajo de los 60°C. Es importante anotar que este cambio de temperatura en Blue River ocurrió en forma súbita y ca. 11 horas después de la erupción freática del 21 de agosto (Fig. 26). Así, tenemos de manera preliminar los siguientes aspectos a recalcar. Parece que la naciente Santuario responde más temprano, con casi 1 mes de antelación, a cambios en la temperatura y el contenido de solutos disueltos en las aguas lo que implica que Santuario es más sensible a modificaciones en el sistema hidrotermal en comparación con Blue River. Y por otra parte, estas observaciones preliminares en Santuario, Blue River y el lago ácido nos hacen pensar que estos 3 sistemas están interconectados hidráulicamente al mismo sistema hidrotermal.

Por último, entre el 23 de julio y el 27 de agosto 2015, la temperatura de Blue River fluctuó entre 60.5-59.5°C, $\delta T=1^\circ\text{C}$. En ocasiones, como el 19 de agosto, la temperatura de Blue River disminuyó hasta 58.2°C (Fig. 26), lo que se interpreta como el ingreso rápido de abundante agua meteórica (agua de lluvia) al sistema hidrotermal que alimenta a Blue River.

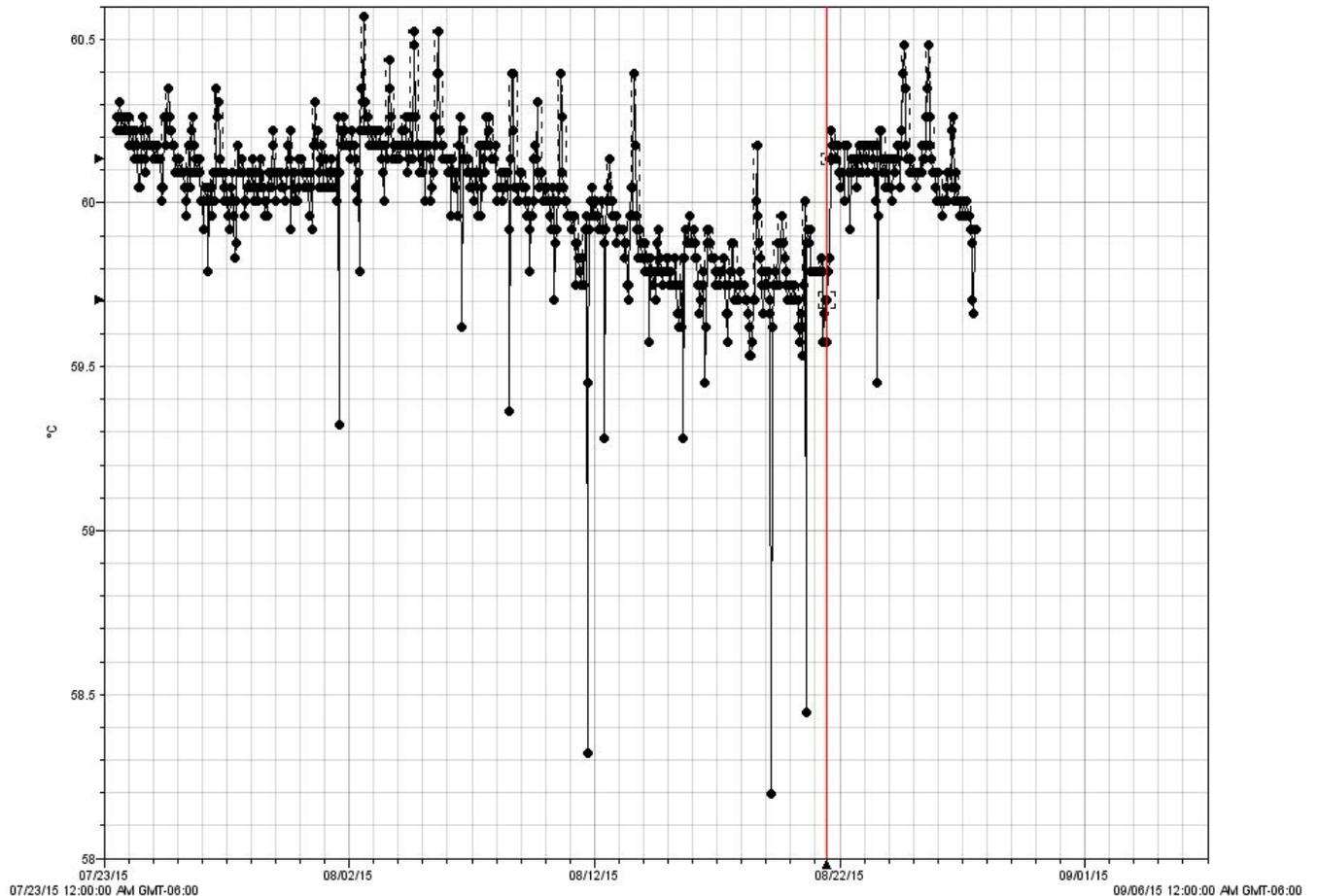


Figura 26. Fuente termal Blue River: Perfil de temperatura (°C) para el periodo 23 julio - 27 agosto 2015. La temperatura (exceptuando los mínimos) fluctuó entre 59,5-60,6°C. El día 21 de agosto se registró una pequeña erupción freática en el lago ácido del Rincón de la Vieja que apenas se distingue del ruido ambiental en los registros sísmicos de la estación sísmológica VRLE del OVSICORI-UNA (línea roja indica el salto en temperatura registrado el 21 de agosto 2015, 11 horas después de la ocurrencia de la erupción freática del 21 agosto 2015 a las 3:13 a.m.. Datos recolectados en forma conjunta por el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA.

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, Carlos Trejos Solano, MSc. Waldo Taylor, Dr. Guillermo Alvarado, Luis Madrigal, y Luis Anchia del OSIVAM-ICE por su apoyo en el muestreo y mediciones en el volcán Rincón de la Vieja.

Bibliografía

Kempter, K.A., Rowe, G.L. 2000. Leakage of Active Crater lake brine through the north flank at Rincón de la Vieja volcano, northwest Costa Rica, and implications for crater collapse. *J. Volcanol. Geoth. Res.* 97: 143-159.

OSIVAM-ICE, 2015. Actualización actividad volcánica Rincón de la Vieja enero-agosto 2015. Boletín del OSIVAM-ICE Agosto 2015.

OVSICORI, 2015.

http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=583:estado-de-los-volcanes-julio-2015&id=46:2015&Itemid=73 Accesado el 11 set 2015.

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

Correo electrónico: ovsicori@una.cr

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

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