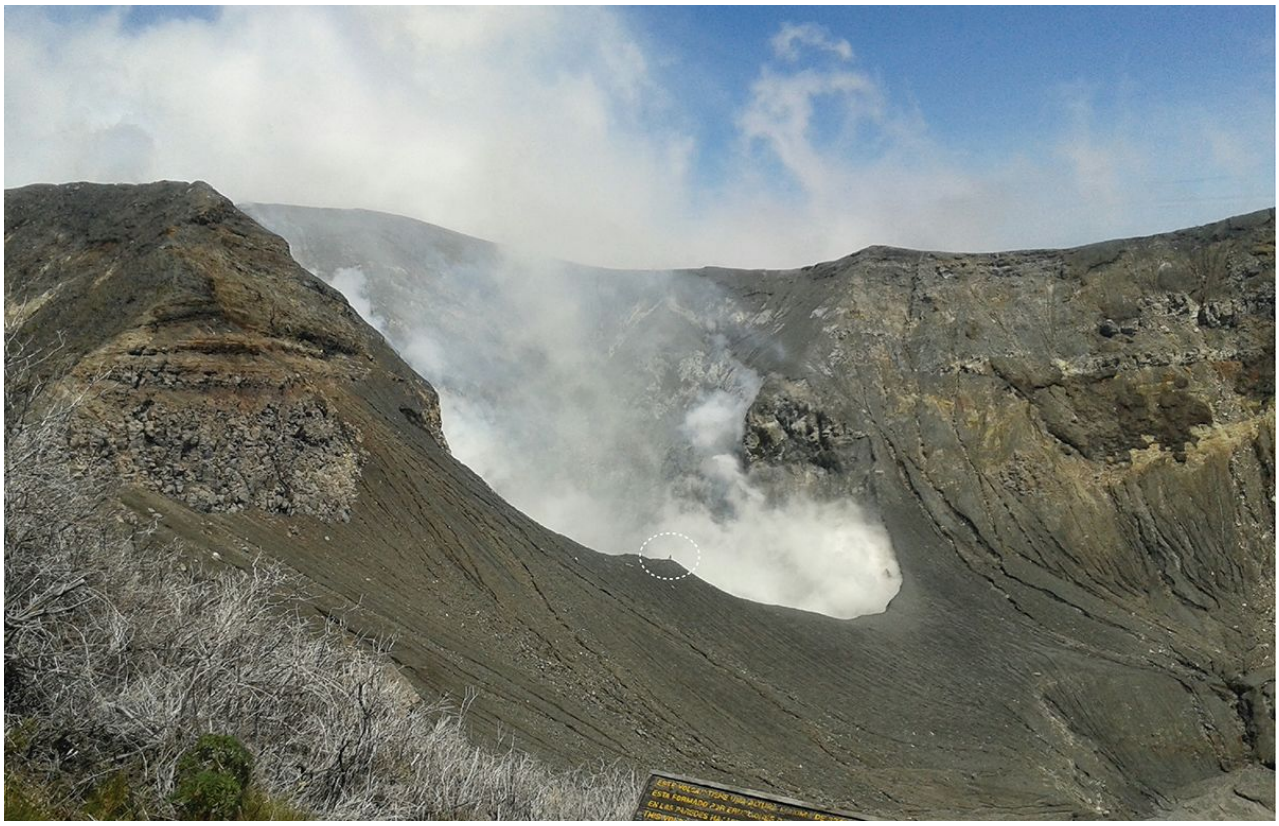
Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Julio 2015



Volcán Turrialba, vista del Cráter Oeste desde el Mirador en el borde sur de la cima. En el centro de la foto en círculo blanco se encuentra el Dr. Geoffroy Avard justo en el borde este del Cráter Oeste midiendo temperaturas en forma remota con termógrafo infrarrojo T650sc. (Foto: David Osorno Fallas).

Elaborado por:

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

Con contribuciones de:

MSc. Enrique Hernández, Bach. David Osorno, Christopher Jiménez, Wendy Sáenz, MSc. Waldo Taylor, Bach. Henriette Bakkar, Lic. Jorge Brenes

Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica

Universidad Nacional

OVSICORI-UNA

Resumen del estado actual de los volcanes de julio 2015

Volcán Turrialba:

A partir de mayo se presenta una caída de los valores de amplitud de las señales sísmicas, relacionada con la desaparición de eventos de tremor prolongado y la desaparición de erupciones. La última erupción importante se presentó el 1 de junio y otros eventos con salida de gas y ceniza de corta duración y bajo flujo se presentaron el 4 y 7 de junio. El 15 de julio a las 03:43 se registró un evento de sismos de tipo tornillo. La deformación muestra una disminución de la inflación previamente detectada. Las velocidades verticales de los sitios muestran un levantamiento significativo entre 1 y 2.5 centímetros por año, con la excepción de VTGP y VTCI. Con respecto al monitoreo de gases, las emisiones de SO_2 se mantuvieron bajas ~700-800 ton/día a excepción del 30 de julio que se detectó ~2000 ton/día. Las temperaturas aparentes de emisiones registraron valores entre 530°C-550°C.

Volcán Irazú:

Ocurren enjambres sísmicos en el flanco oeste del volcán Irazú durante los meses de junio y julio, siendo julio el mes con mayor actividad. La concordancia entre la ubicación de los sismos y los deslizamientos lleva a la conclusión de que existe una relación entre los enjambres sísmicos a profundidad y los deslizamientos en superficie. Los deslizamientos han sido monitoreados y se obtienen desplazamientos de hasta -5 centímetros en el este, -1.5 centímetros en el norte y -4 centímetros en altura en poco más de un mes. El monitoreo en la quebrada gata, cercana al volcán entre los años 2012-julio 2015 el potencial eléctrico (mV) y las concentraciones de cloruro y fluoruro han ido incrementando con el tiempo, mientras que el pH y las razones sulfato/fluoruro (SO_4^{2-}/F^-) disminuyen.

Volcán Poás:

La sismicidad, al igual que otros valores medibles e indicadores de la actividad volcánica, ha disminuido apreciablemente desde octubre 2014 cuando se presentó la última erupción freática. Los tremores ocurren esporádicamente con menor frecuencia y sus amplitudes menores. El mayor tremor registrado ocurrió el 14 de junio. Con respecto a la deformación, las dos estaciones GNSS de medición continua ubicadas en la cumbre del volcán siguen mostrando un movimiento vertical positivo, sin embargo la distancia entre los dos sitos, que estaba aumentando durante los últimos meses, muestra una tendencia a disminuir. El nivel del lago en el cráter activo sigue su ascenso rápido con un aumento de más de 3 m debido a los altos índices de precipitación. La temperatura del lago ~30°C y el pH=0.4. Se midió la concentración de los gases emitidos por el lago y por las fumarolas del domo y se encontraron concentraciones bajas en SO_2 y un índice SO_2/CO_2 parecido para el lago y para el domo: ~0.2 y ~0.4 respectivamente. La temperatura de las fumarolas en el domo fueron medidas alrededor de 400°C.

Volcán Rincón de la Vieja:

La temperatura y la conductividad eléctrica en las aguas de la fuente termal Santuario Sensoria registran entre el 6 de mayo y el 10 junio 2015 un aumento pequeño desde valores de 31.6°C hasta 31.8°C y desde 2690 µS/cm hasta 2870 µS/cm, respectivamente. Más tarde, entre el 10 y el 30 de junio, la temperatura y la conductividad fluctuaron entre 31.8°C-31.98°C y entre 1520 µS/cm-2900 µS/cm, respectivamente.

1. Volcán Turrialba

1.1 V. Turrialba: Sismicidad de junio y julio.

A partir de mayo se presenta una caída acelerada de los valores de amplitud de las señales sísmicas en el volcán Turrialba (Figura 1). Esta caída está relacionada principalmente con la desaparición de eventos de tremor prolongado, al igual que la desaparición de erupciones que venían sucediendo desde octubre del 2014. La última erupción importante se presentó el 1 de junio (Figura 2). Otros eventos con salida de gas y ceniza de corta duración y bajo flujo se presentaron el 4 y 7 de junio. Los niveles de RSAM (Figura 1) volvieron a los valores que se venían registrando antes de octubre del 2014.

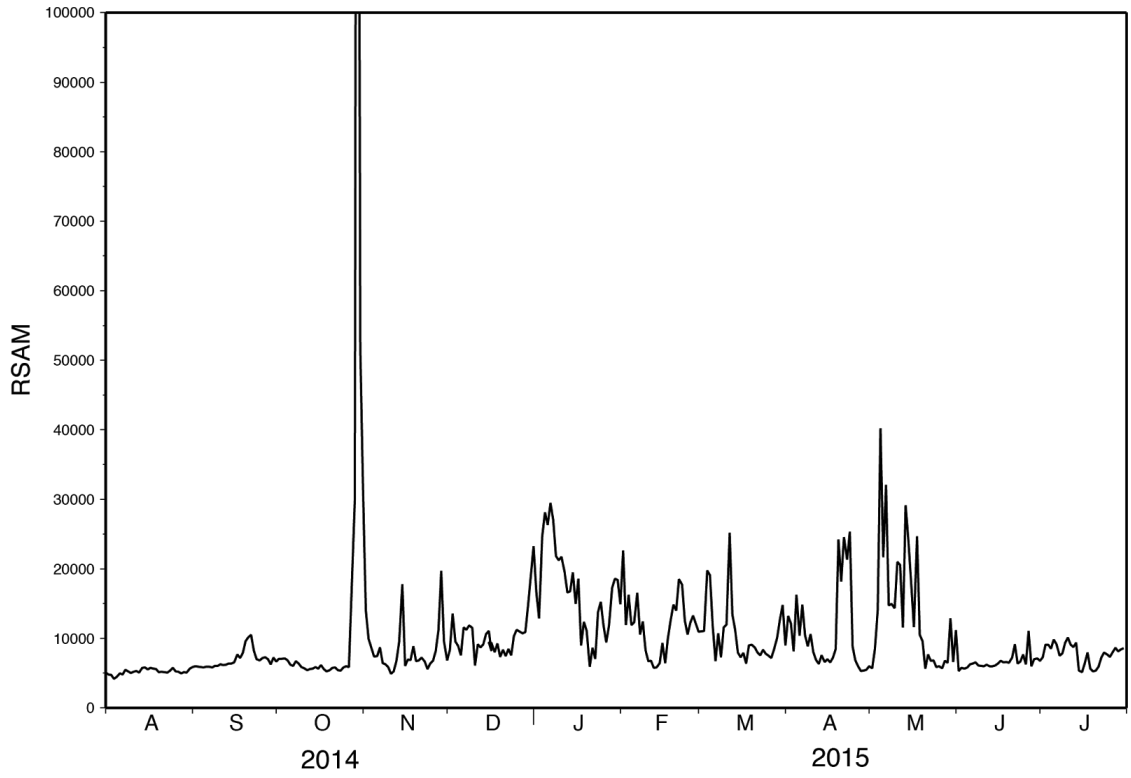


Figura 1. Valores de RSAM (raíz cuadrática media de la amplitud sísmica) de agosto 2014 a agosto 2015.

Sin embargo, la sismicidad volcánica, tanto en los sismos de baja frecuencia como en los sismos causados por hidrofracturamiento de la roca en la zona cuspidal del volcán, ocasionados por la actividad hidrotermal, tuvieron un leve incremento entre inicios y finales de julio (Figura 3). Este incremento puede estar relacionado con mayor actividad superficial en el sistema hidrotermal, probablemente una recarga del acuífero más superficial.

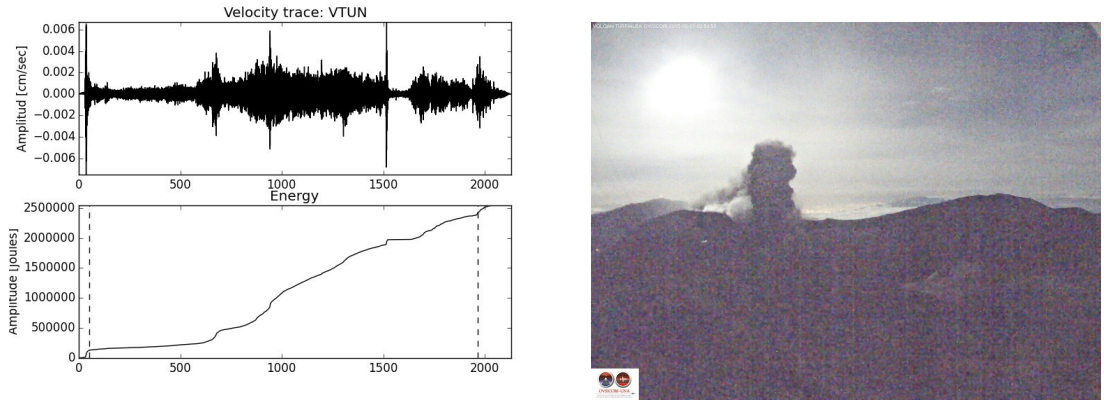


Figura 2. Izquierda: Sismograma (arriba) y curva de energía sísmica liberada (abajo). Derecha: Imágen captada por la cámara web del OVSICORI-UNA durante la erupción del 1 de junio, 2015.

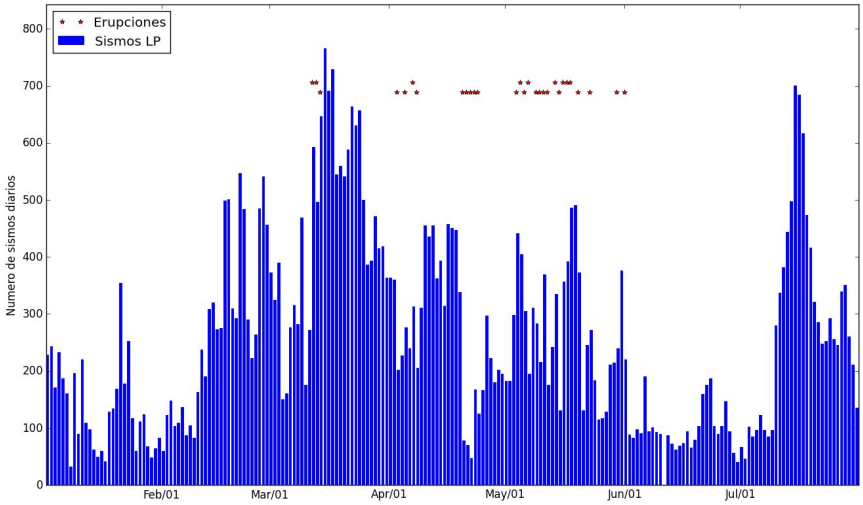


Figura 3. Sismicidad diaria registrada en el volcán Turrialba. Barras representan el número de sismos volcánicos registrados por día y los asteriscos representan los días en que se registraron erupciones con emisión de cenizas, bloques y gas.

Esporádicamente se registran eventos con gran amplitud, sin embargo, la mayoría de los sismos observados son superficiales y de pequeña amplitud. Durante el mes de julio se registraron varios sismos de tipo tornillo, siendo el más significativo el ocurrido el 15 de julio a las 03:43 (Figura 4). Este evento se registró con una amplitud de 58 µm/seg y una frecuencia de 7.5 hz. Lo significativo del evento es la constante de decaimiento que arroja un valor de Q = 400. Sin embargo, al igual que los muchos otros eventos tipo tornillo registrados en el Turrialba, debido a su alta frecuencia, se sigue interpretando como un producto del paso de un fluido compuesto por agua y gas, a través de un conducto estrecho.

La sismicidad volcano tectónica muestra importante actividad distal con eventos a profundidades cercanas al nivel del mar o mayores. Estos sismos se ubican en todas direcciones alrededor del

volcán (Figura 5), pero principalmente hacia el norte y oeste. La sismicidad al oeste se localiza entre los macizos del Irazú y el Turrialba. Mientras que la sismicidad bajo el cráter se localiza entre los 2 km de profundidad y la superficie.

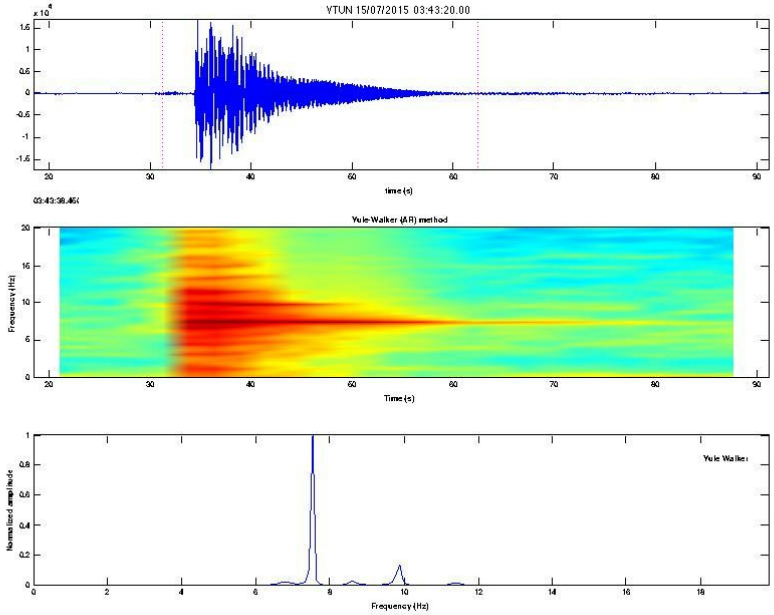


Figura 4. Sismo tipo tornillo registrado el 15 de julio, 2015. Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias.

En resumen, la actividad sísmica en el Turrialba durante los meses de junio y julio muestra un decaimiento de la actividad explosiva y exhalativa, un mayor vigor en la actividad hidrotermal con fracturamiento causado por aumento en la presión de fluido y actividad distal posiblemente debido a modificaciones en los esfuerzos locales bajo el volcán, o expulsión de fluidos del centro hacia la periferia del volcán.

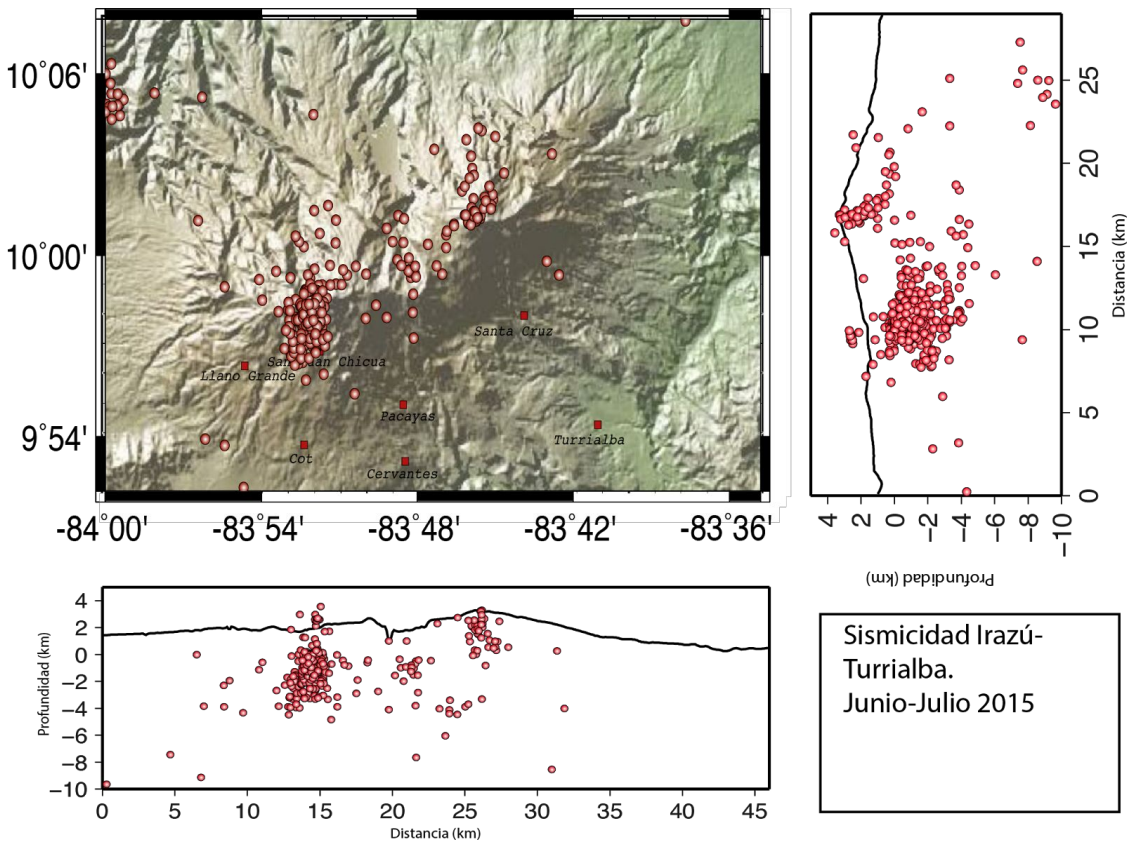


Figura 5. El mapa muestra los sismos tectónicos localizados durante los meses de junio y julio entre los volcanes Irazú y Turrialba. Las secciones transversales son a través de la cima del volcán Turrialba en dirección N-S y E-W.

1.2 V. Turrialba: Deformación

La deformación del volcán Turrialba muestra, este último mes, una disminución de la inflación previamente detectada. Los datos recopilados son calculados con el software GAMIT. Al final del proceso se calcularon velocidades promedio para el periodo entre enero del 2014 y agosto del 2015 como se muestra en la figura 6. Las velocidades horizontales están 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 tres estaciones con más datos (VTTL, VTCA, VTGP) es nula. Los resultados muestran que las velocidades horizontales detectan un movimiento radial de expansión (Fig. 6). Los valores varían entre algunos milímetros y más de un centímetro. Las velocidades verticales de los sitios muestran un levantamiento significativo entre 1 y 2.5 centímetros por año, con la excepción de VTGP y VTCI, las cuales no muestran velocidades significativas en la componente vertical. Este patrón de inflación es ligeramente menor que el detectado durante los mes pasado en VTTL y en VTCI (flechas en color gris, figura 6). VTCI muestra un movimiento hacia al suroeste lo que podría corresponder a una inestabilidad local o a una inflación de sistema volcánico somero. Sin embargo, este punto está medido de forma

permanente solo desde el mes de marzo del presente año y es necesario obtener más datos para determinar la causa de este movimiento.

.

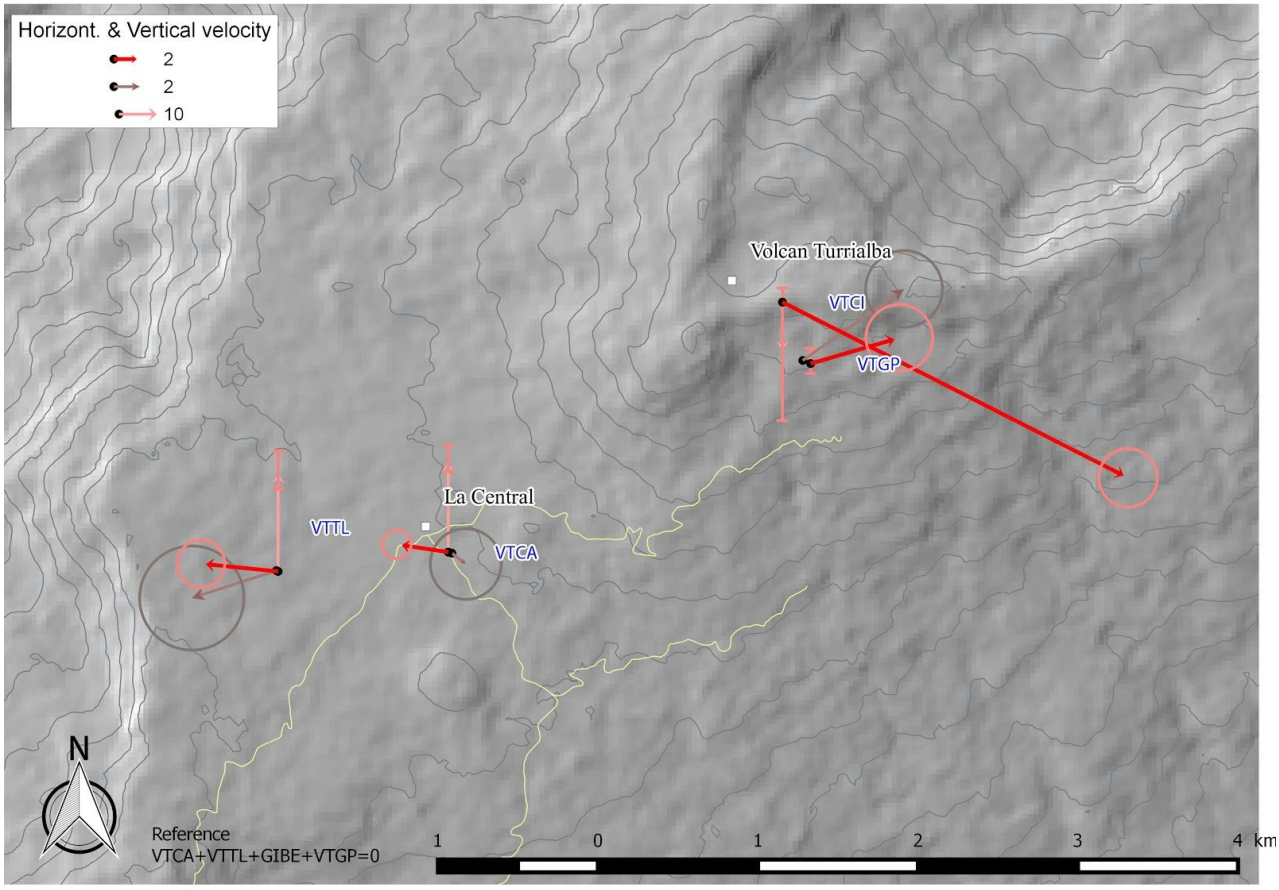


Figura 6. Velocidades promedio de la deformación del volcán Turrialba en el periodo enero 2014 - agosto 2015. Los vectores en color rojos son las velocidades en la componente horizontal; el círculo muestra la precisión de cada vector a un sigma. Los vectores en color rosados representan las velocidades en la componente vertical con su incertidumbre con un color rosado más claro. Los vectores gris son los vectores calculados desde el primero de enero 2014 hasta el mes de Junio 2015.

Las series de tiempo de los sitios muestran más claramente esta tendencia deflacionaria. En VTCA (Figura 7), las velocidades apuntan en dirección de la cumbre (NE) con una subsidencia.

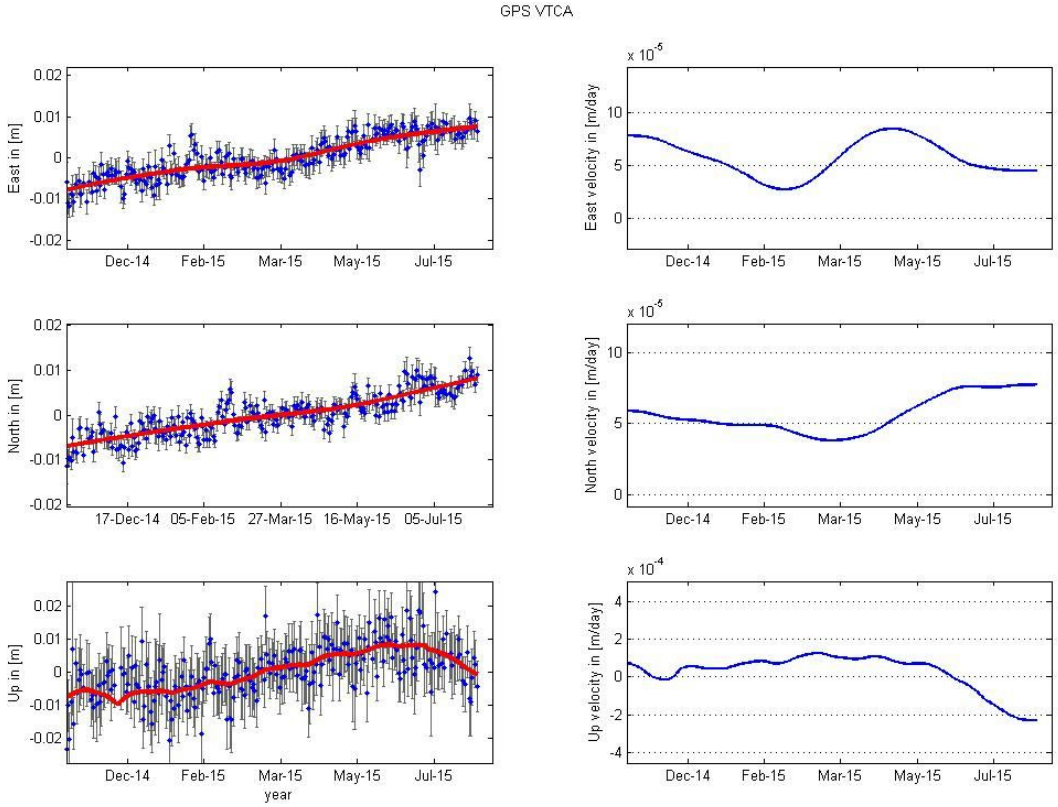


Figura 7. Serie temporal del sitio VTCA. Los gráficos de la columna izquierda muestran la serie de tiempo para la componente este, norte y vertical. Los puntos de color azul muestran las determinaciones diarias, las líneas verticales en color gris son la desviación estándar de cada punto y la línea color rojo muestra el movimiento suavizado con un filtro de Kalman. La columna de izquierda muestra las velocidades en los mismos componentes.

.

1.3 V. Turrialba: Monitoreo de los gases fumarólicos

En julio, las emisiones de SO_2 se mantuvieron generalmente bajas en comparación al inicio del año 2015 con un promedio de 700-800 toneladas por día. Pero presenta fluctuaciones importantes con picos de flujo hasta más de 2000 toneladas por día el 30 de julio (Fig. 8).

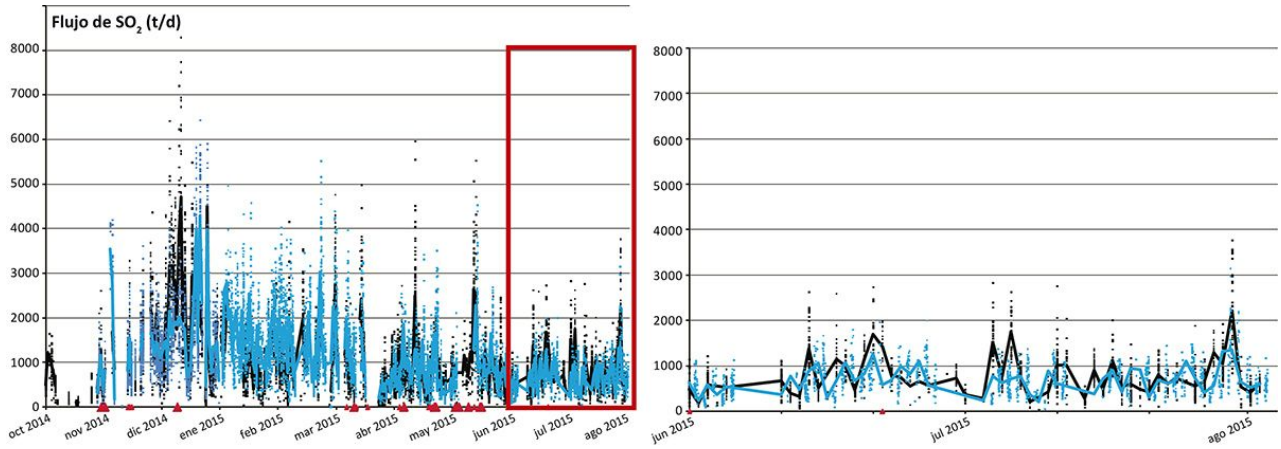


Figura 8. Izquierda: Evolución del flujo de SO_2 emitido por el volcán Turrialba desde octubre del 2014. Derecha: Zoom para los 2 últimos meses.

Buenas condiciones ambientales permitieron medir en forma remota con ayuda de termógrafos infrarrojos portátiles temperaturas aparentes de emisiones en el Cráter Oeste y en la Boca 2010 cuyos valores registraron entre 530°C-550°C como se observa en la figura 9.

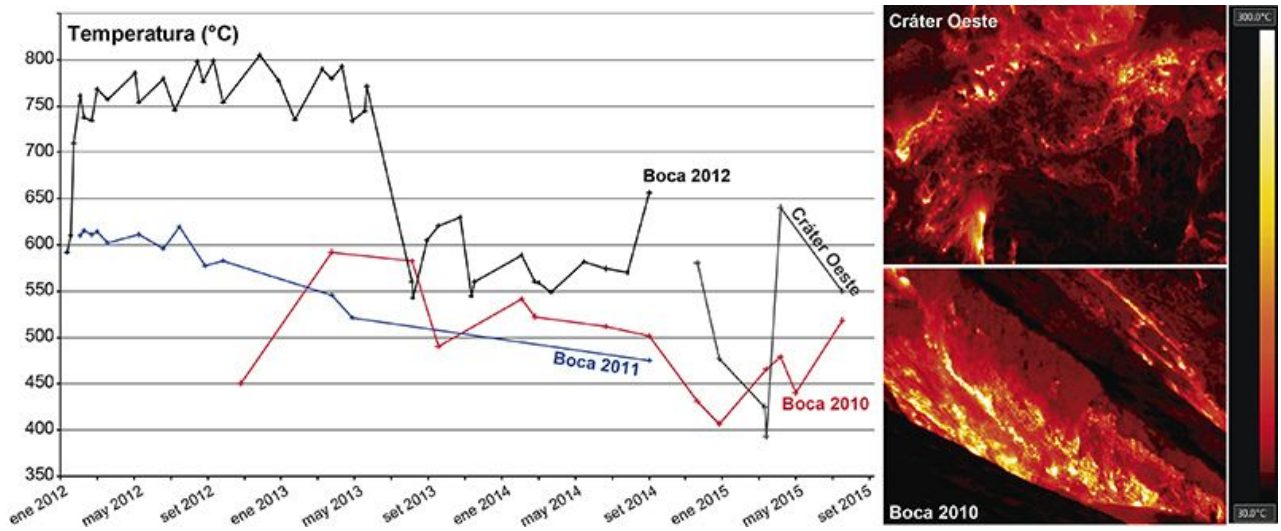


Figura 9. Evolución de la temperatura para las Bocas principales del Volcán Turrialba y en el Cráter Oeste. Mediciones con cámaras FLIR (Fotos: G.Avard)

Durante trabajo de campo el 21 de julio 2015 se percibió en los alrededores del Cráter Oeste el característico olor del gas sulfuro de hidrógeno, H_2S. Para ese día la altura de la pluma se estima alrededor de los 300 m sobre el Cráter Oeste. En el Cráter Central hay algunos sitios con temperaturas aparentes entre los 47-58°C registradas en forma remota desde el Mirador con ayuda de termógrafo portátil FLIR SC-660. En la figura 10 se muestran dos perfiles de temperatura medidos en el Cráter Central con el fin de tener valores de referencia en caso de que las temperaturas en ese sector muestren algún aumento en el futuro.

Por otra parte, las fumarolas de baja temperatura en el flanco superior externo suroeste del Cráter Oeste, que se observan claramente desde el Mirador, registraron una temperatura aparente entre 60-70°C medida con cámara infrarroja FLIR SC660 portátil desde el Mirador (Fig. 10).

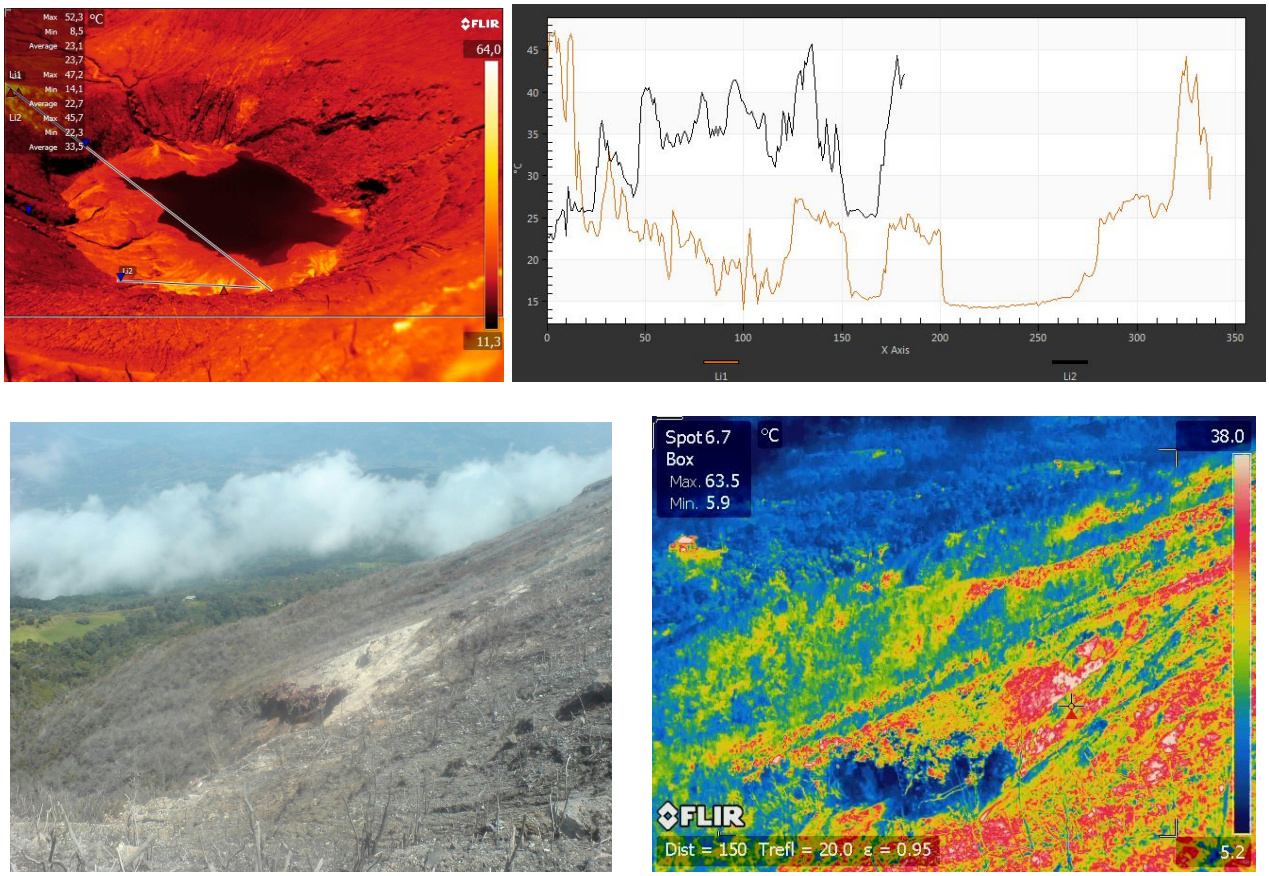


Figura 10. Imágenes infrarrojas y visibles FLIR SC660 de sitios con temperaturas relativamente bajas en el sector de la cima del Turrialba. Imágenes superiores: Perfiles de temperatura L1 y L2 en el Cráter Central con valores máximos aparentes entre los 47-58°C. Imágenes inferiores: fumarolas de 60-70°C localizadas en el flanco superior externo suroeste del Cráter Oeste, que se observan claramente desde el Mirador. En la imagen visible se observa el área con fumarolas donde los suelos están alterados por la actividad hidrotermal y transformados en arcillas con colores terracotas. Fotos: María Martínez.

1.4 V. Turrialba: Falla Ariete

En varios sitios a lo largo de la Falla Ariete se mantiene la emisión de vapores ligeramente ácidos con temperaturas bajas alrededor de los 43°C (Fig. 11). Estos vapores irritan los ojos y afectan el sistema respiratorio debido al alto flujo del gas dióxido de carbono (CO_2) que escapa a través de esta grieta y el cual representa un potencial peligro para personas y animales que pudieran ingresar a la depresión de la Falla Ariete. En marzo 2011, durante una campaña de medición de gases difusos en la Falla Ariete y el sector de los cráteres en la cima del volcán Turrialba se encontró algunos sitios en la Falla Ariete donde la concentración de CO_2 en el aire a un nivel de 1 metro respecto al suelo alcanzó hasta 11% (F. Sortino, 2011. com. pers.). Una concentración de CO_2 en el aire de 5% puede resultar fatal.

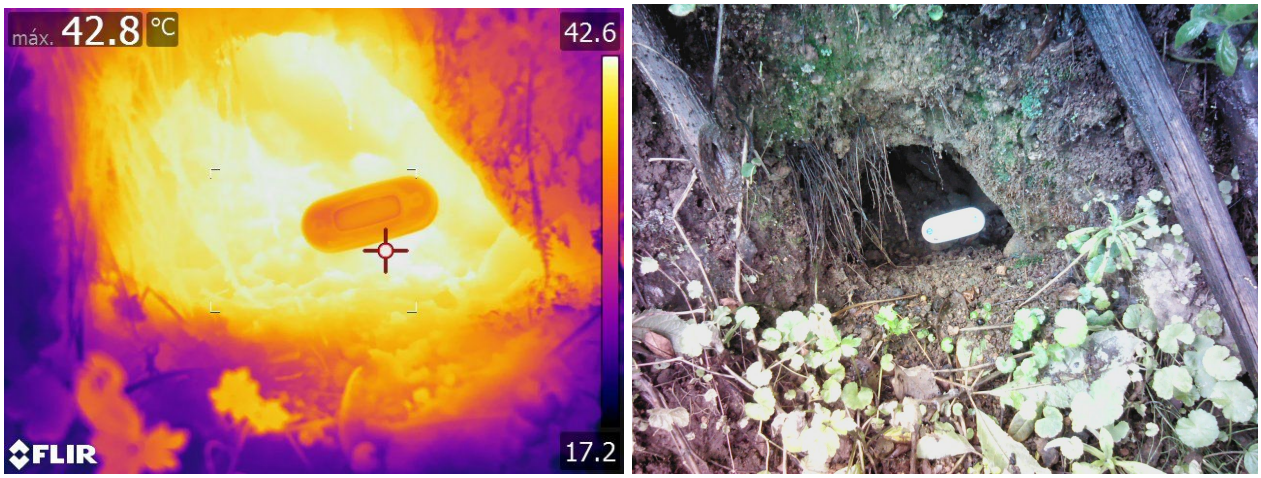


Figura 11. Imagenes infrarroja y visible FLIR T650sc de uno de los sitios en la Falla Ariete con un flujo calórico y de vapor notorios obtenidas con un termógrafo FLIR T650sc. El orificio donde sale el calor y el vapor tiene una dimensión de unos 25 cm x 25 cm. Fotos: María Martínez.

1.5 V. Turrialba: Otras observaciones

Entre abril y julio 2015 se ha notado la caída más frecuente de bloques grandes de roca desde la parte alta de la pared suroeste interior en la cima de volcán. La mayoría de estos bloques se han derrumbado y depositado en el sector suroeste del Cráter Central.

Por las lluvias importantes que ocurrieron después de abril del 2015, el Cráter Oeste que se hizo más profundo por la explosiones de marzo y abril empezó a acumular agua en el fondo formando un espejo de agua de poca profundidad (Fig. 12, Cráter Oeste). Parte del material eruptado entre octubre 2014 y junio 2015 fue acumulandose en el Cráter Central formando un depósito de más de 2 m de espesor (Fig. 12, Cráter Central).

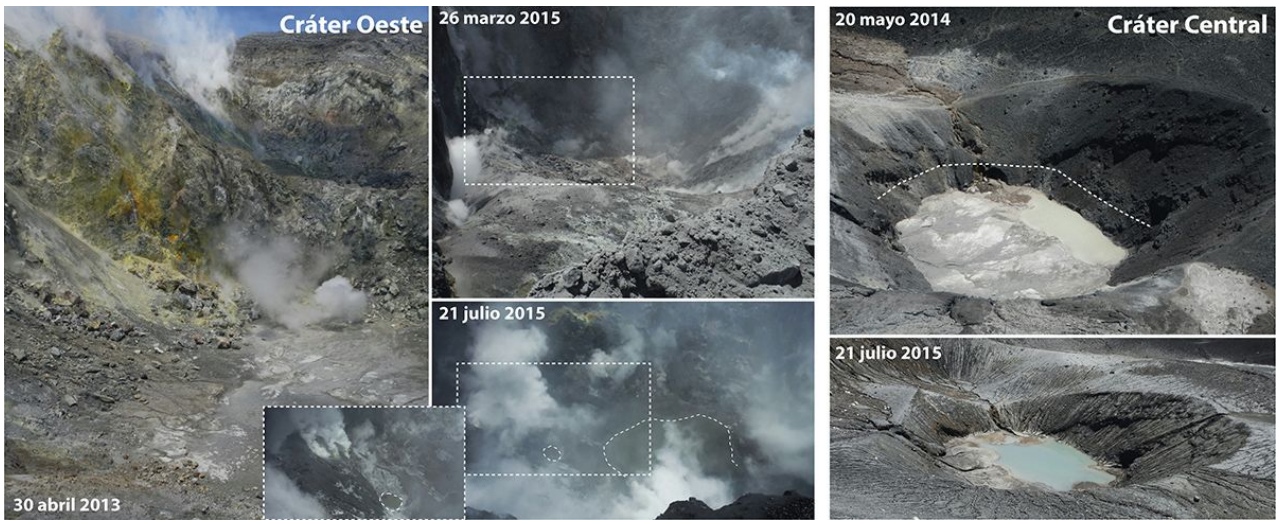


Figura 12. Comparación antes/después de las erupciones en el Cráter Oeste y el Cráter Central (Fotos: G.Avard)

2. Volcán Irazú

2.1 V. Irazú: Sismicidad de junio y julio.

Los enjambres sísmicos que ocurren en el flanco oeste del volcán Irazú se volvieron a presentar durante los meses de junio y julio, siendo julio el mes que presenta mayor actividad (Figura 13). Se nota un patrón de crecimiento tanto en el número de sismos que componen cada enjambre como de la magnitud máxima registrada durante el enjambre. La mayor magnitud registrada en julio fue de 4.5. Los deslizamientos en el flanco oeste del volcán sólo se registraron durante el mes de junio, sin embargo, en junio se registró el mayor deslizamiento ocurrido desde el 17 de diciembre del 2014 (Figura 14). Además de este deslizamiento grande, durante el mes de junio se registraron otros 4 deslizamientos menores.

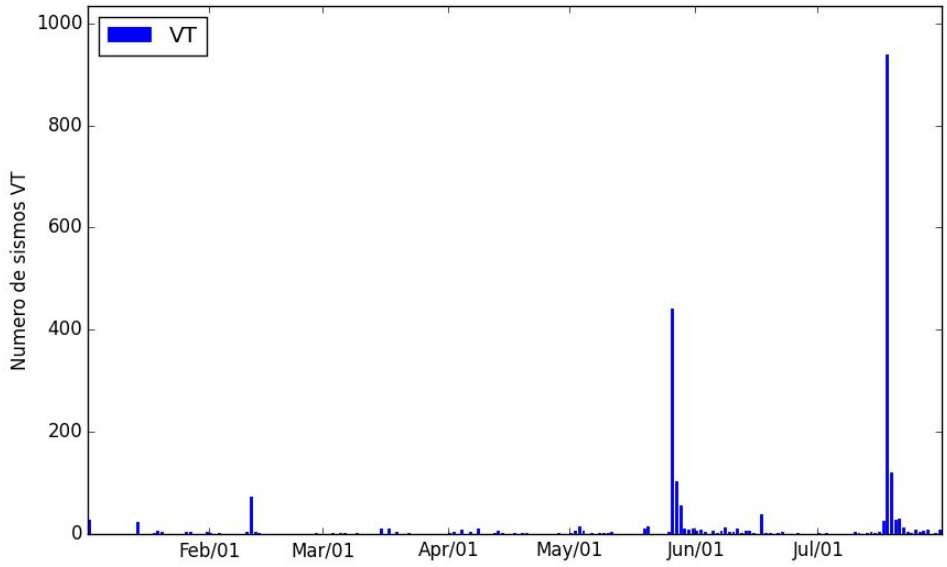


Figura 13. Número de sismos tectónicos diarios ocurridos en el flanco oeste y bajo el cráter activo del volcán Irazú desde el 1 de enero del 2015.

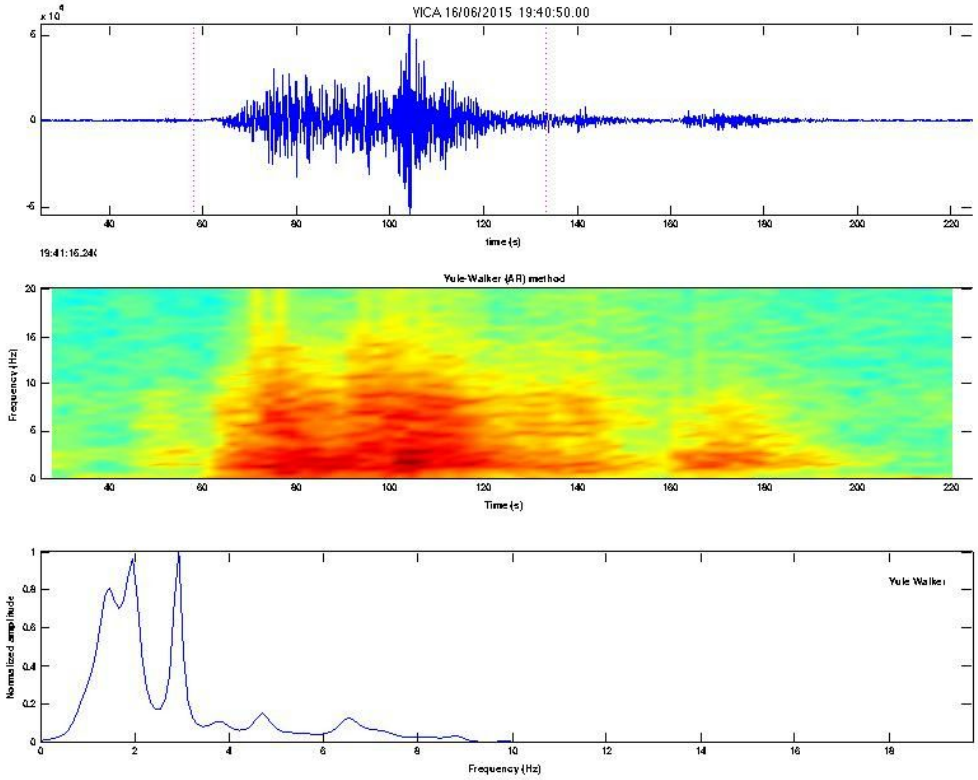


Figura 14. Arriba: sismograma del deslizamiento del 16 de junio, registrado en la estación VICA, ubicada en la cima del volcán Irazú. Centro: Espectrograma del deslizamiento. Abajo: espectro de frecuencias.

Los sismos tectónicos se ubican en el flanco oeste del volcán, entre el nivel del mar y 4 km de profundidad (Figura 15). A pesar de mostrar una gran dispersión debido a la baja densidad de estaciones en la región, se muestra una orientación de falla con rumbo Norte-Sur, similar al plano de deslizamiento. La concordancia entre la ubicación de los sismos y los deslizamientos lleva a la conclusión de que existe una relación entre los enjambres sísmicos a profundidad y los deslizamientos en superficie. En este caso los deslizamientos no se producen como consecuencia de los sismos, sino que ocurren independiente de ellos. Sin embargo, la ocurrencia de ambos procesos indica un movimiento de una falla o sistema de fallas, que se ubica en el flanco oeste del volcán. Esta falla se mueve sísmicamente a profundidad, donde la rigidez permite la fractura frágil, mientras que en superficie se mueve asísmicamente, provocando deslizamientos con frecuencia.
La figura 16 muestra una imágen tomada de Google Earth con los sismos localizados entre junio y julio. En esta figura se nota claramente que los enjambres se ubican hacia el sur del deslizamiento con una orientación cercana al Norte-Sur.

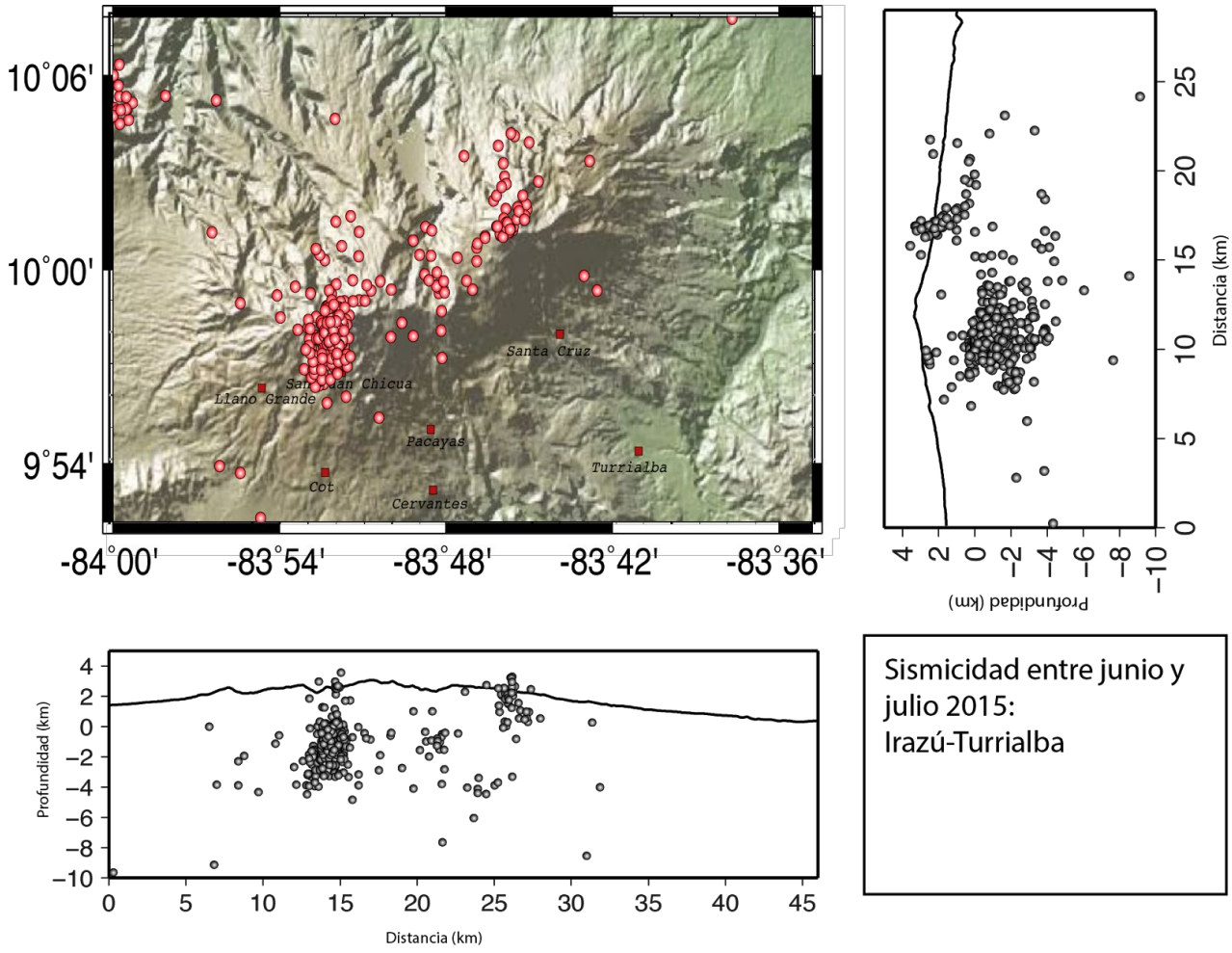


Figura 15. Mapa de los volcanes Irazú y Turrialba mostrando los sismos localizados durante los meses de junio y julio. Las secciones transversales se trazan a partir del cráter activo del volcán Irazú.

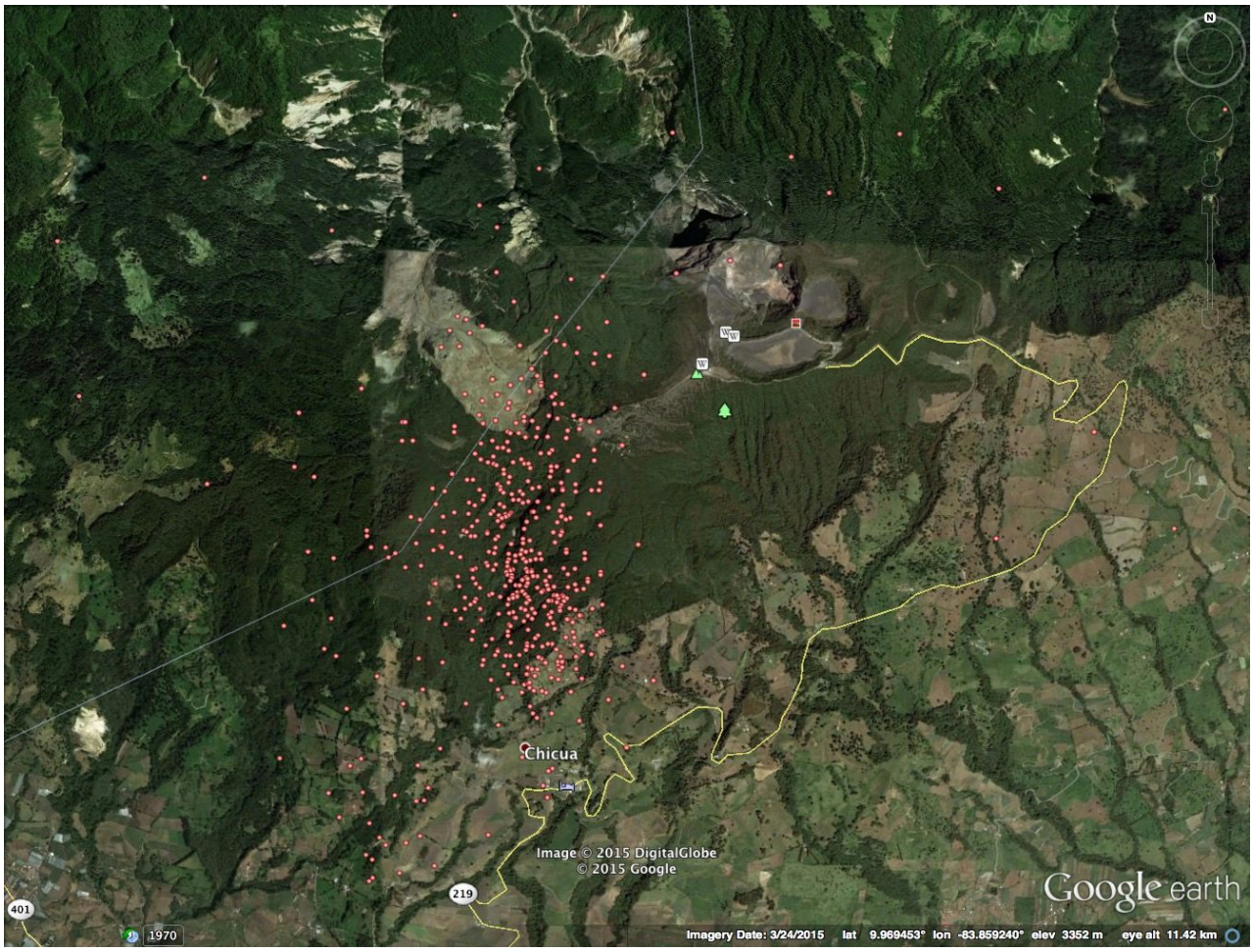


Figura 16. Mapa Google del volcán Irazú con los sismos ubicados durante los meses de junio y julio, 2015.

2.2 V. Irazú: Deformación

EL 16 de julio 2015, Federico Chavarría Kopper realizó un vuelo fotogramétrico a partir del cual se calculó, gracias a una colaboración de la empresa Suiza Easy2map, un orto-mosaico así como un modelo numérico del terreno (MNT). El orto-mosaico es una imagen sobre la cual se puede medir tal y como se puede realizar sobre un mapa, y el MNT es una lista de puntos con coordenadas y alturas que permite visualizar tridimensionalmente el terreno. Los dos productos en conjunto permiten sobrevolar el terreno como es posible en GoogleEarth(c) por ejemplo pero además, y más importante, es posible estimar volúmenes y distancias. El vuelo permitió determinar la zona del colapso que ocurrió el 16 de junio por comparación con las imágenes del 24 de febrero del 2015 (Fig. 17).

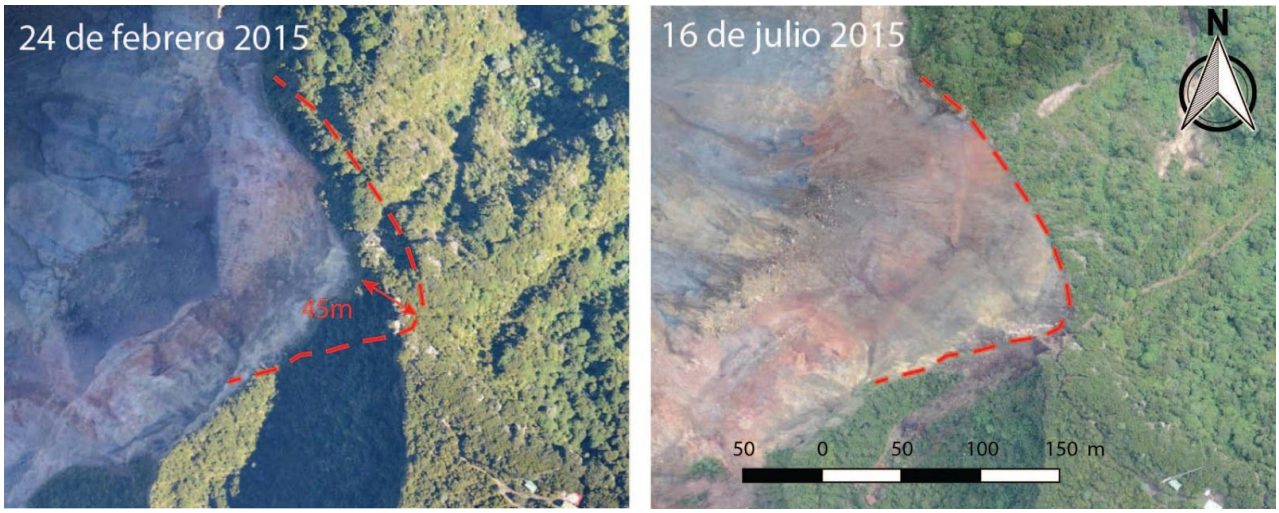
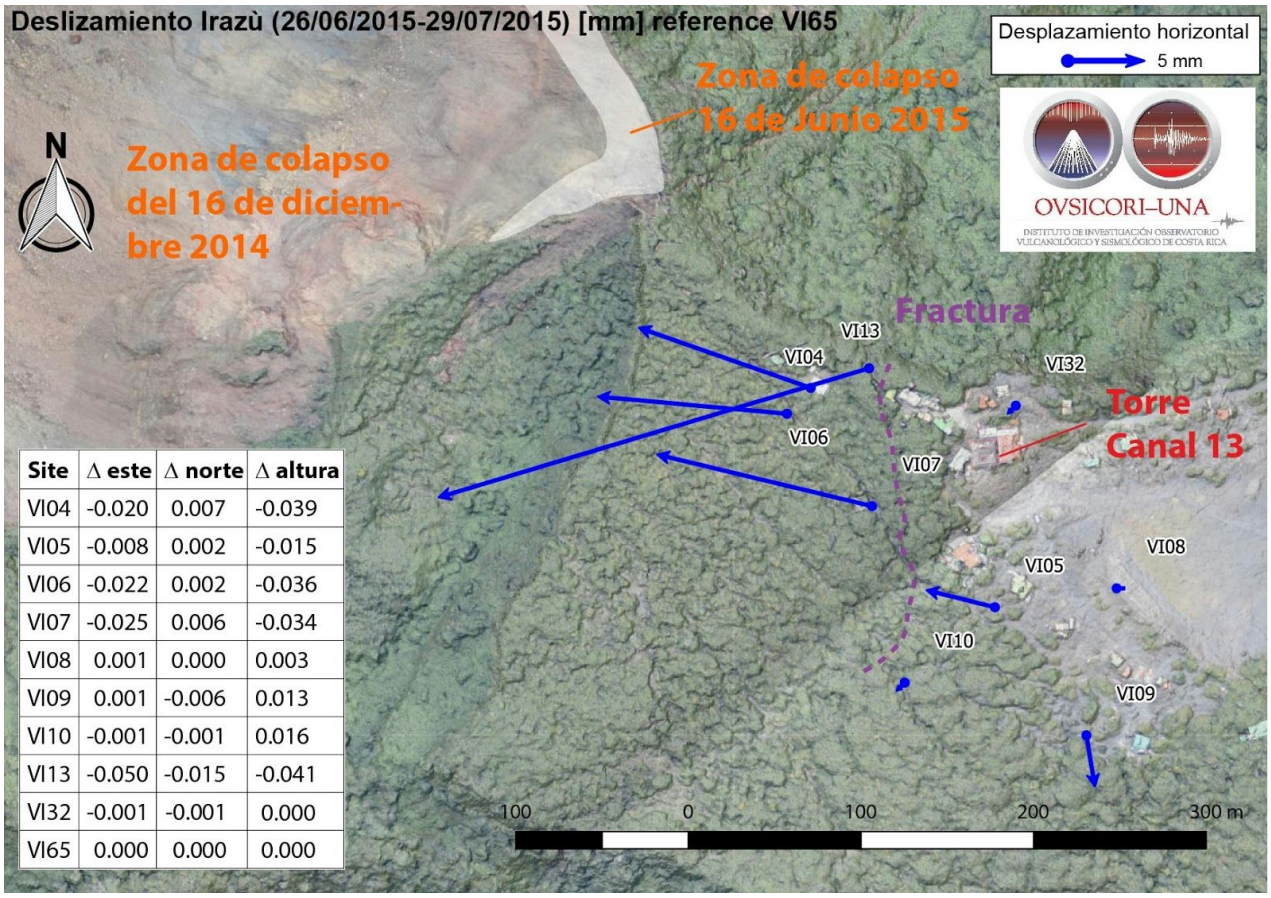


Figura 17. Ortho-mosaic antes y después del colapso del 16 de Junio del 2015. La línea punteada en color rojo muestra el límite del deslizamiento y la cobertura vegetal existente, teniendo como resultado 45 metros aproximadamente de pérdida en el colapso del mes de junio.

Se realizaron mediciones GNSS con metodología estático rápido tomando como referencia el sitio VI65 en las épocas del 26 de junio y 29 de julio del presente año. Estas mediciones fueron procesadas con el software LGO(c) obteniendo desplazamientos de hasta -5 centímetros en el este, -1.5 centímetros en el norte y -4 centímetros en altura como sucede en el sitio VI13 en tan solo poco más de un mes. En la figura 18 se observa que los sitios VI13, VI04, VI05, VI06 y VI07 sufren de desplazamientos más fuertes, dando a conocer que en las cercanías del área de fractura existe un movimiento en bloque al noroeste-oeste, así como en esta zona hay una tendencia de hundimiento. Otros sitios con menor desplazamiento se seguirán estudiando en próximas visitas a campo en conjunto con los de mayor movimiento.



Site	Δ este	Δ norte	Δ altura
VI04	-0.020	0.007	-0.039
VI05	-0.008	0.002	-0.015
VI06	-0.022	0.002	-0.036
VI07	-0.025	0.006	-0.034
VI08	0.001	0.000	0.003
VI09	0.001	-0.006	0.013
VI10	-0.001	-0.001	0.016
VI13	-0.050	-0.015	-0.041
VI32	-0.001	-0.001	0.000
VI65	0.000	0.000	0.000

Figura 18. Mapa de ubicación de puntos medidos con GNSS utilizando metodología estático rápido. En color azul se observan los puntos con su respectivo desplazamiento horizontal, además en color rojo se señala la posición de la antena de Canal 13. La línea punteada en color morado representa la ubicación de la grieta en la zona de fractura.

2.3 V. Irazú: Monitoreo de las fuentes termales: Quebrada Gata

La Quebrada Gata (sitio A, figura 19) es una de las fuentes termales del volcán Irazú monitoreadas por el OVSICORI-UNA desde hace varias décadas.

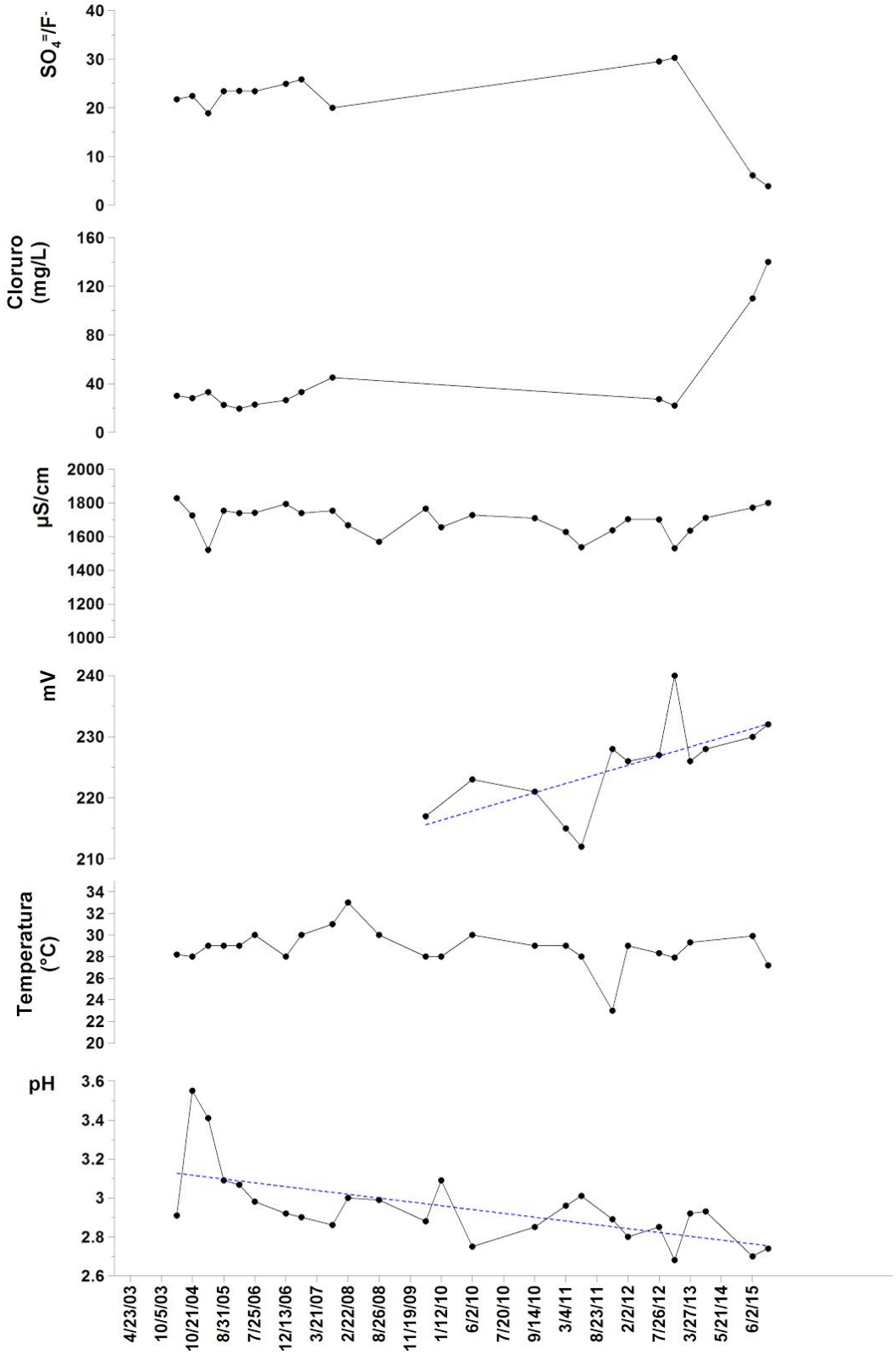


Figura 19. Perfiles de pH, temperatura, potencial eléctrico, conductividad, concentración de cloruro, y razones sulfato/fluoruro de las aguas de la fuente termal Quebrada Gata (sitio A) del Volcán Irazú, período 2003-2015. Todos los parámetros excepto la temperatura son medidos bajo las condiciones ambientales del laboratorio de geoquímica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas" del OVSICORI-UNA en Heredia.

La presencia de aguas tibias, olores a azufre, y depositación de minerales blancos a lo largo del lecho de la fuente termal Quebrada Gata se conoce al menos desde mediados del siglo pasado. Estas aguas tibias depositan cuantiosas cantidades de una fase mineral de color blanco que parece compuesta principalmente de azufre coloidal conforme fluyen a lo largo del lecho principal de la Quebrada Gata (Figura 20). En las partes más altas de la quebrada las rocas están cubiertas con una pátina naranja oscura de óxidos de hierro hidratados no así de azufre coloidal.

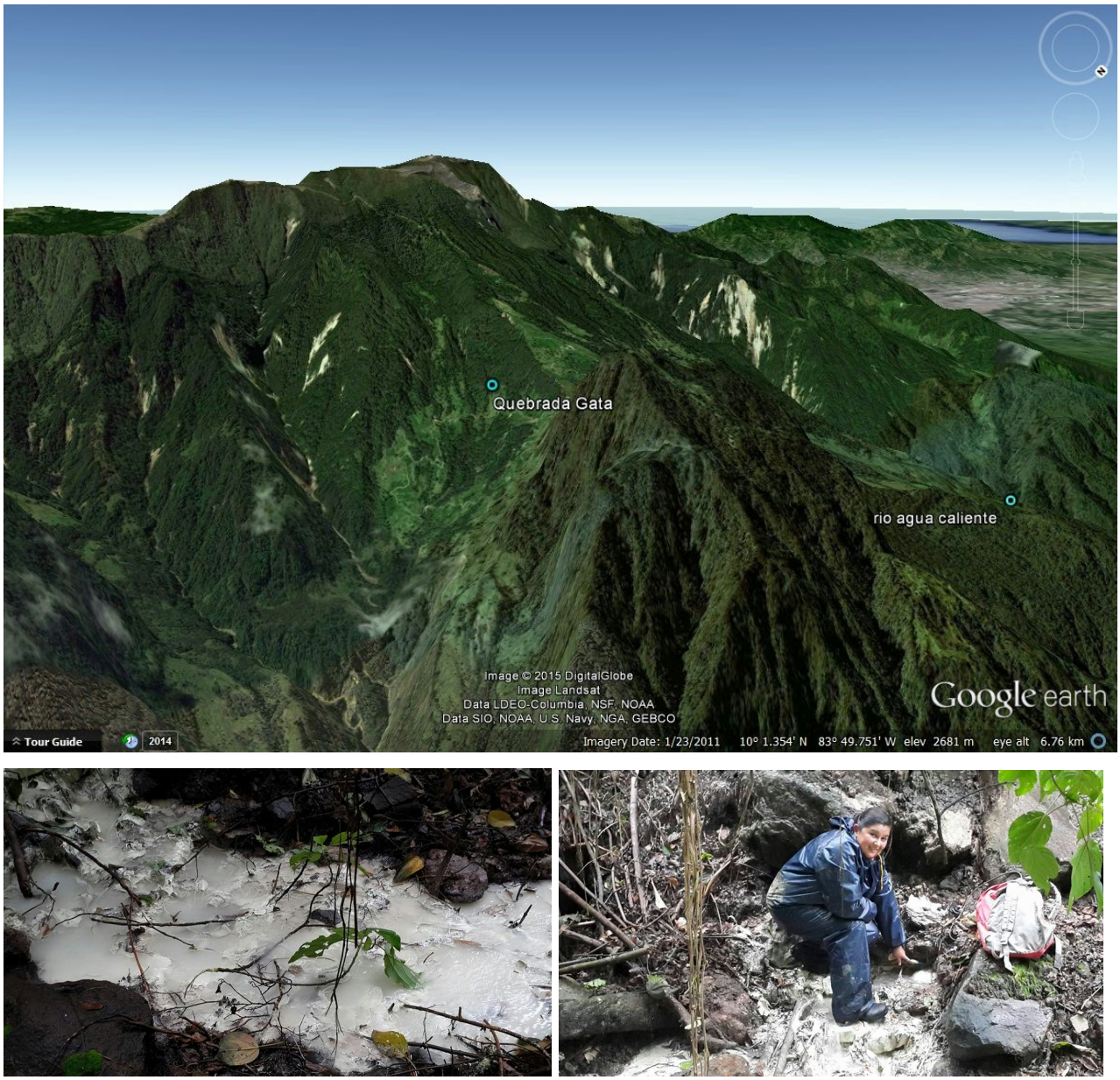


Figura 20. Quebrada Gata el 31 de julio 2015. Abajo a la izquierda: Sección de la quebrada cerca de donde salen las aguas tibias con precipitados blancos de azufre coloidal. Abajo a la derecha: Wendy Sáenz justo en el origen de las aguas tibias ricas en H_2S y azufre coloidal tomando muestras de aguas y minerales y haciendo mediciones potenciométricas in situ. Mapa adaptado de Google Earth. Fotos: María Martínez.

Entre los años 2012-julio 2015 el potencial eléctrico (mV) y las concentraciones de cloruro y fluoruro han ido incrementando con el tiempo, mientras que el pH y las razones sulfato/fluoruro (SO_4^{2-}/F^-) disminuyen (Figura 19). Estos cambios podrían ser resultado de la transferencia de burbujas de gases de origen geotermal (especialmente CO_2, SO_2, HCl, HF) desde profundidad hacia el acuífero subterráneo del volcán Irazú del cual provienen las aguas de la Quebrada Gata. En razón de los cambios observados recientemente en algunos de los parámetros monitoreados en esta fuente termal, el OVSICORI-UNA ha colocado un sistema permanente para monitorear en forma continua la temperatura y la conductividad eléctrica de las aguas de la Quebrada Gata. Entre el 2 de junio y el 31 de julio 2015, la fuente termal ha registrado valores de temperatura y de conductividad eléctrica que han fluctuado entre 27-28°C y 530-1600 µS/cm, respectivamente (Fig. 21).

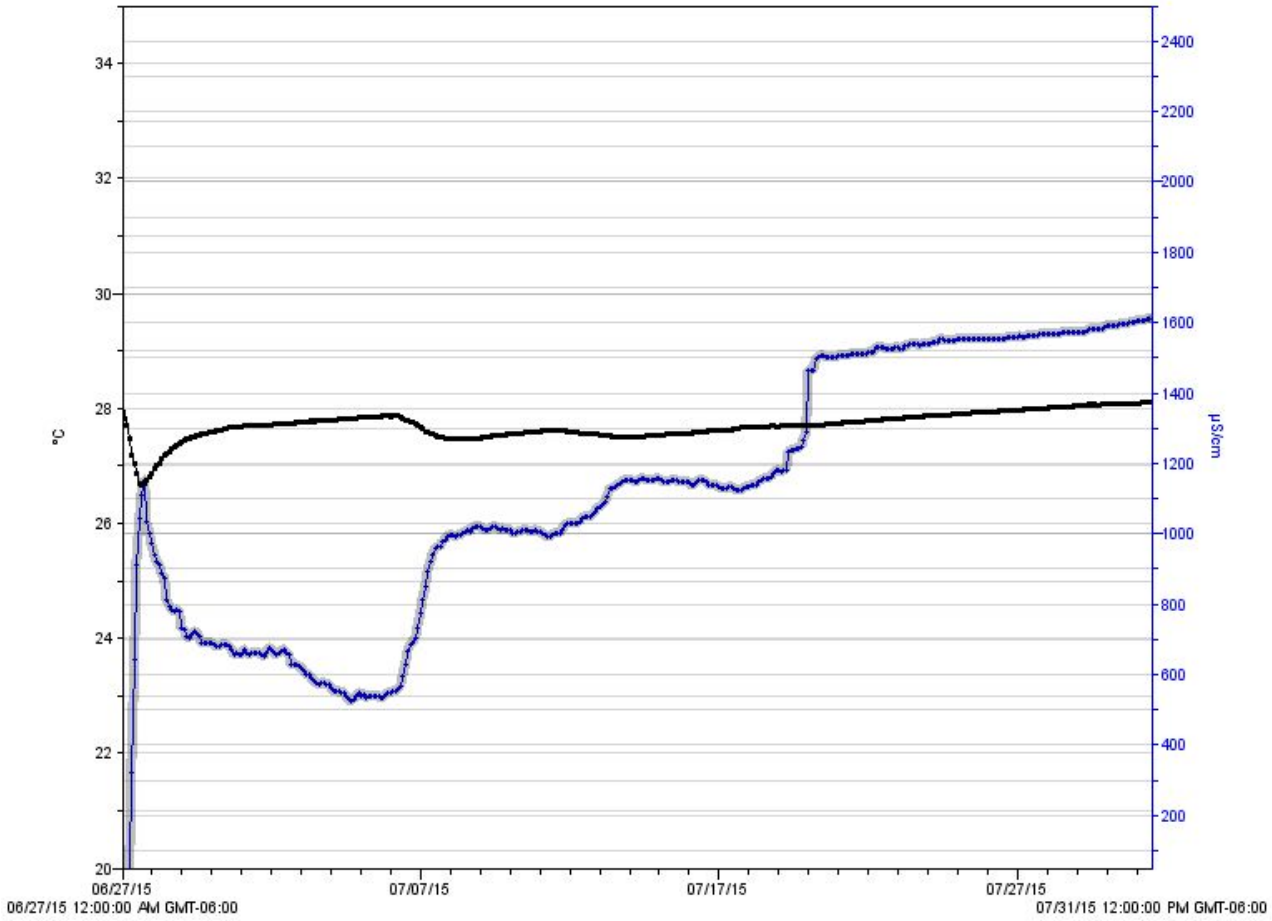


Figura 21. Fuente termal Quebrada Gata volcán Irazú: Perfiles de temperatura (°C, curva negra) y de conductividad eléctrica (µS/cm curva azul) para el periodo 27 junio-31 julio 2015. Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas" del OVSICORI-UNA.

3. Volcán Poás

3.1 V. Poás: Sismicidad junio y julio.

La sismicidad, al igual que otros valores medibles e indicadores de la actividad volcánica, ha disminuido apreciablemente desde octubre 2014 cuando se presentó la última erupción freática en el volcán Poás.

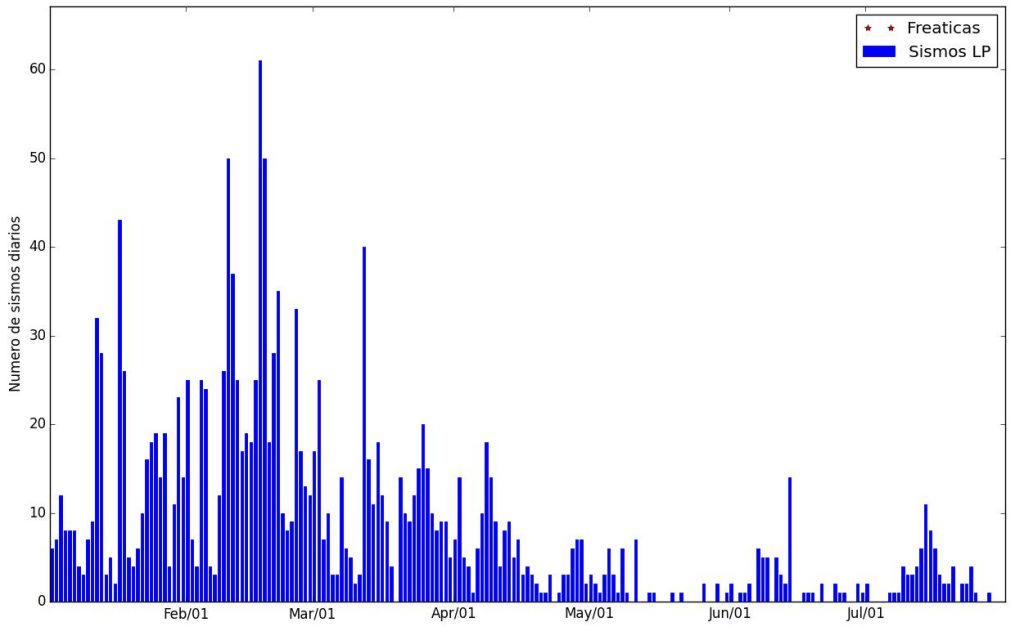


Figura 22. Número de sismos volcánicos diarios registrados en el volcán Poás desde el 1 de enero del 2015.

Durante este año, el número máximo de sismos volcánicos registrados se alcanzó en febrero del 2015, desde entonces, la sismicidad ha venido disminuyendo tanto en el número de sismos registrados como la amplitud máxima de los mismos (Figura 22).

Los tremores que ocurren esporádicamente muestran menor frecuencia y sus amplitudes son cada vez menores. El mayor tremor registrado entre junio y julio ocurrió el 14 de junio. Este evento liberó una energía sísmica aproximada de $3x10^7$ julios, comparable a una erupción freática (Figura 23).

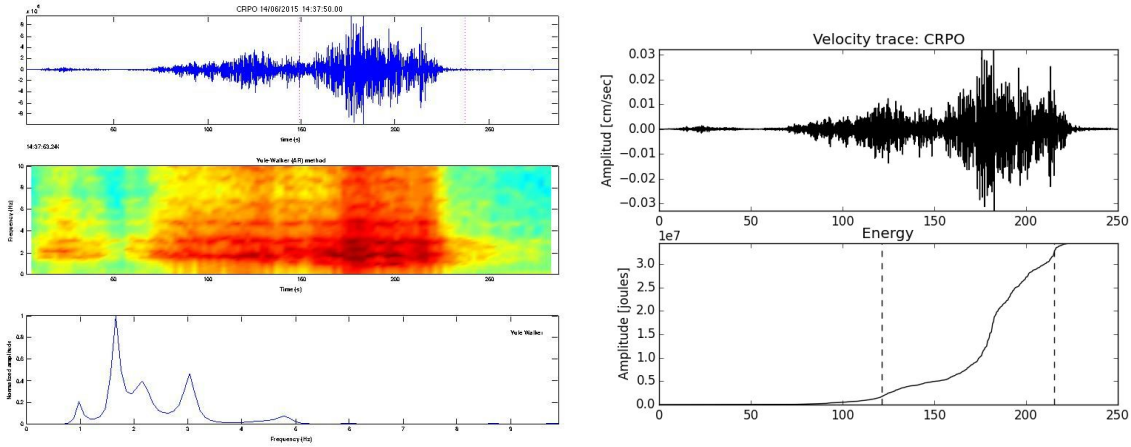


Figura 23. Izquierda: Arriba: Sismograma, centro: espectrograma, abajo: espectro de frecuencias. Derecha: Arriba: sismograma, abajo: energía sísmica liberada.

Por el contrario, la sismicidad tectónica asociada al volcán Poás muestra un incremento en la actividad, pero no significativo. La mayoría de la sismicidad volcano-tectónica se ubica hacia el este del edificio volcánico. La Figura 24 muestra los sismos localizados durante los meses de junio y julio en los alrededores del volcán Poás.

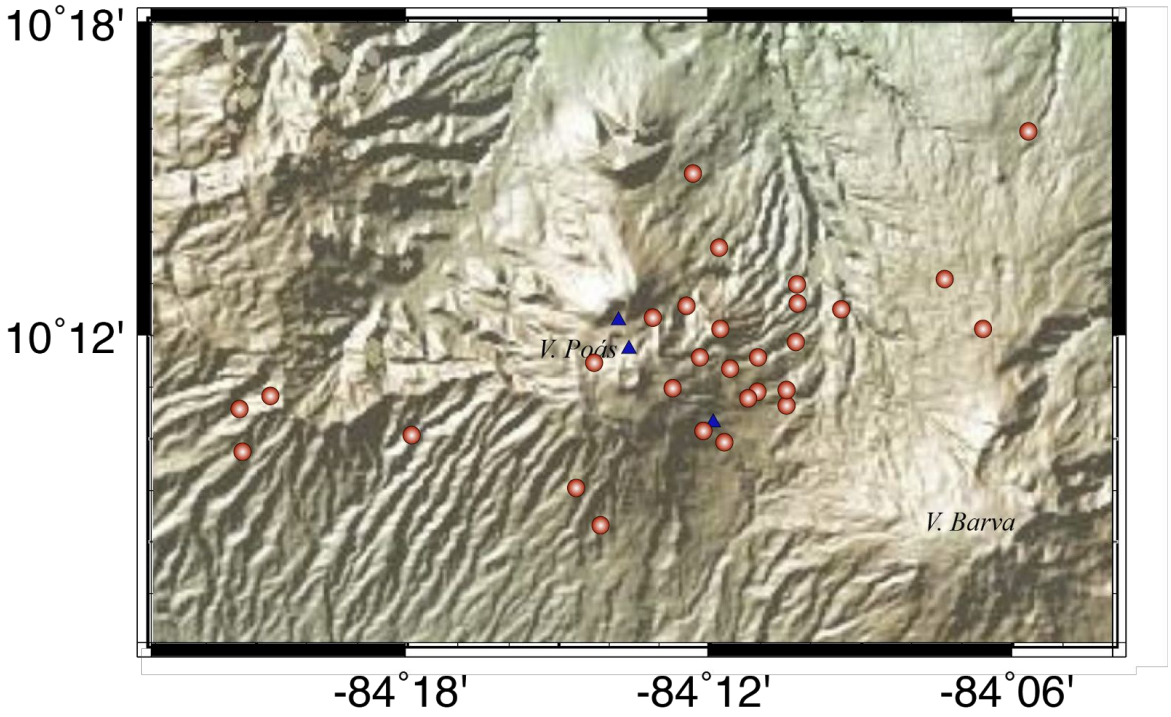


Figura 24. Mapa del volcán Poás y sus alrededores, mostrando los epicentros localizados entre junio y julio del 2015.

3.2 V. Poás: Deformación

Las dos estaciones GNSS de medición continua ubicadas en la cumbre del volcán siguen mostrando un movimiento vertical positivo, sin embargo la distancia entre los dos sitos, que estaba aumentando durante los últimos meses, muestra una tendencia a disminuir (Fig. 25). VPEV tiene una tendencia a subir.

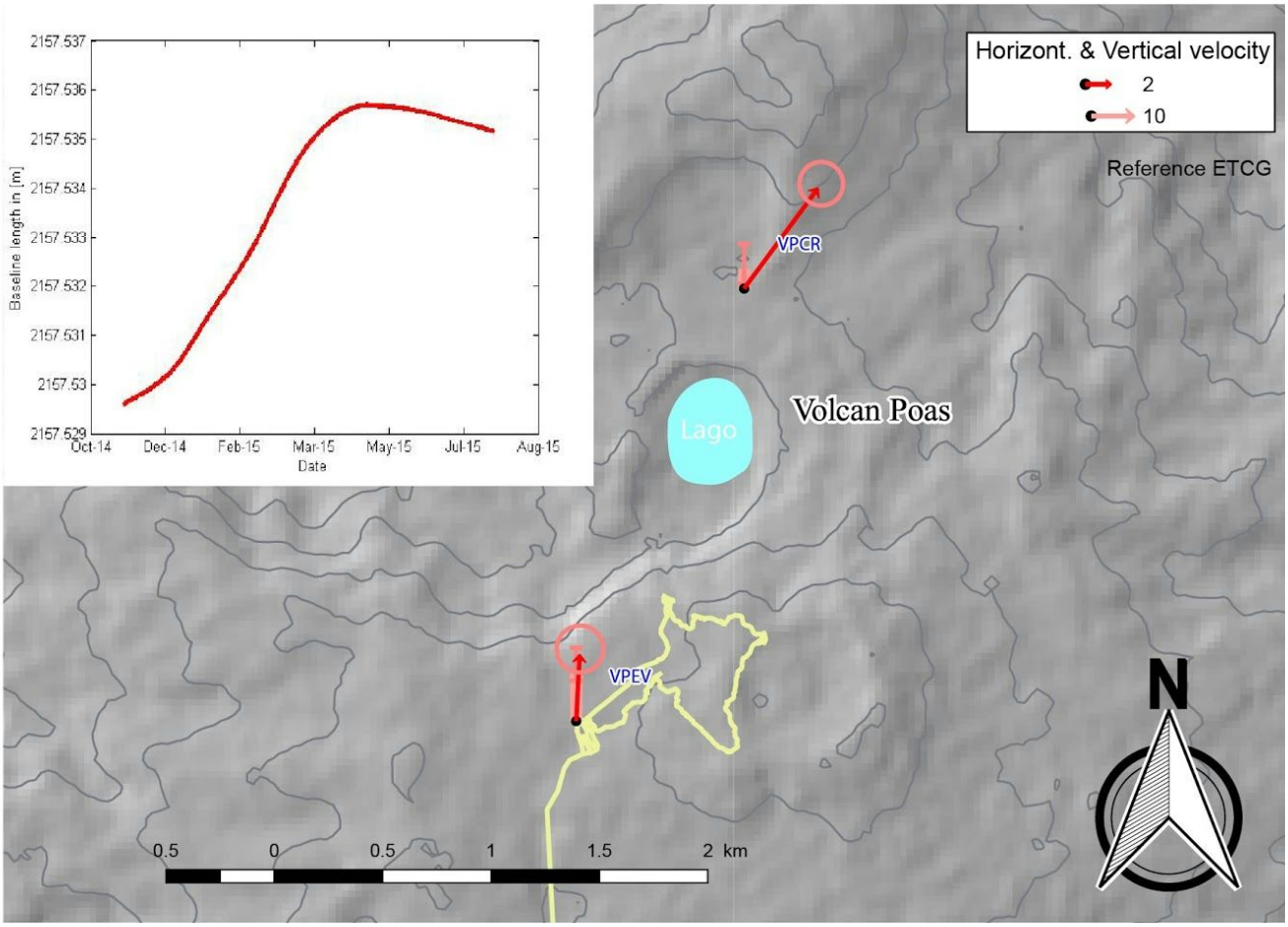


Figura 25. Situación de los sitios GPS en el volcán Poás y sus velocidades. Este gráfico muestra, arriba a la izquierda, la serie temporal de la distancia en metros entre VPEV en el edificio de visitantes del parque nacional y VPCR, sitio al norte del cráter activo. En color rojo se aprecia la velocidad horizontal con un círculo en color rosado que muestra la incertidumbre a un sigma. Además, en color rosado se muestra la velocidad en la componente vertical, así como la incertidumbre de esta en color rosado más oscuro.

3.3 V. Poás: El lago ultra ácido

El nivel del lago en el cráter activo del volcán Poás sigue su ascenso rápido con un aumento de más de 3m entre finales de junio y finales de julio debido a los altos índices de precipitación (Fig. 26).

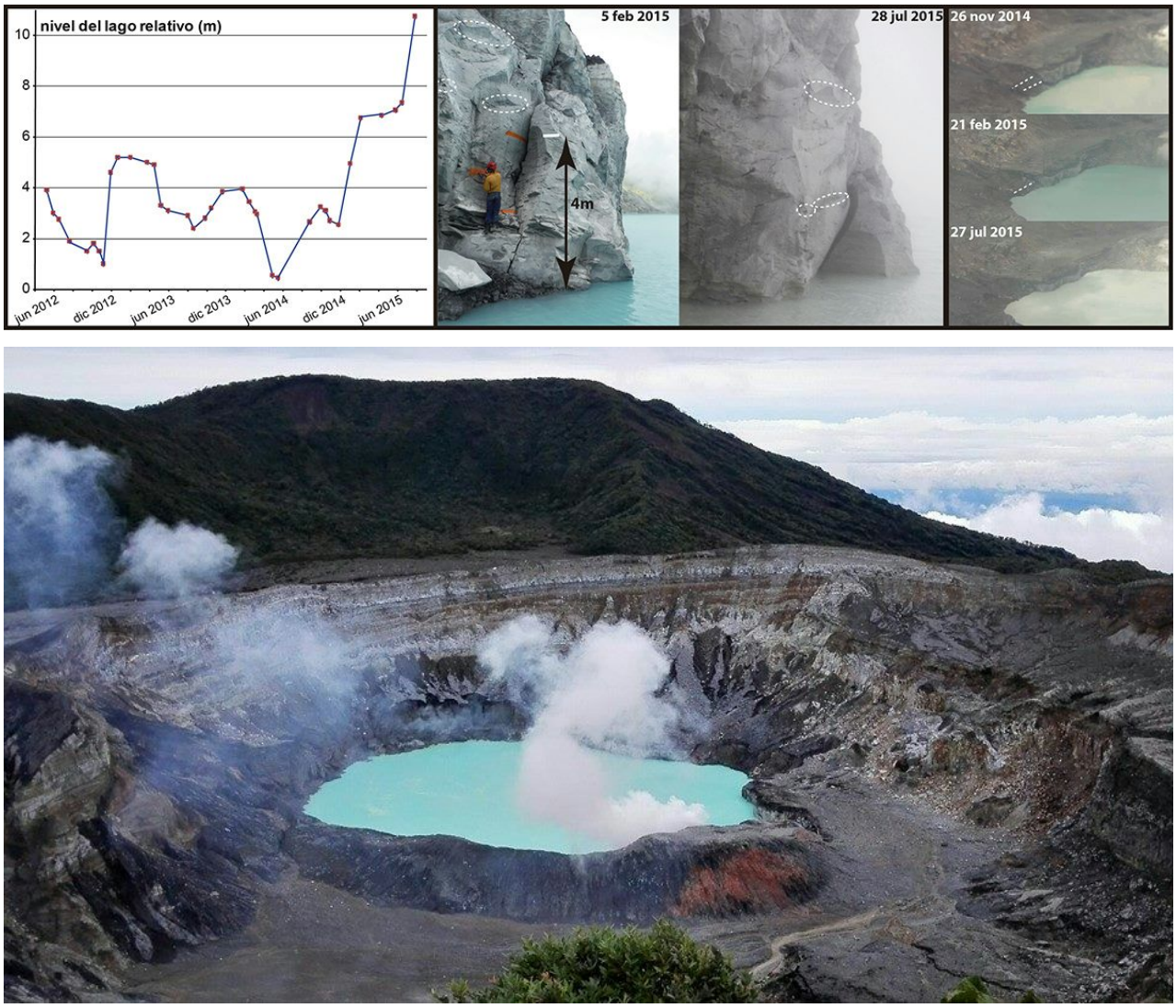


Figura 26. Evolución del nivel del lago ultraácido desde el 2012. Ilustraciones del aumento del nivel en el 2015 (Fotos: G.Avard y webcam del OVSICORI-UNA). En el centro arriba el Dr. Maarten de Moor estableciendo marcas de referencia para el nivel del lago en el borde este del lago. Foto inferior tomada el 13 julio 2015 por funcionarios del Parque Nacional Volcán Poás (PNVP, 2015).

A pesar de este importante aporte de agua meteórica en el lago, la temperatura de la superficie se mantiene alrededor de los 30°C y el pH se mantiene positivo alrededor de pH=0.4 (Fig. 27). También se pudo detectar la presencia de trazas de SO_2 disuelto aunque el valor fue demasiado pequeño para ser reportado como cuantificable. En julio 2015 el lago ha mostrado en varias ocasiones menos lechosidad y un color turquesa brillante como en la foto de la figura 26.

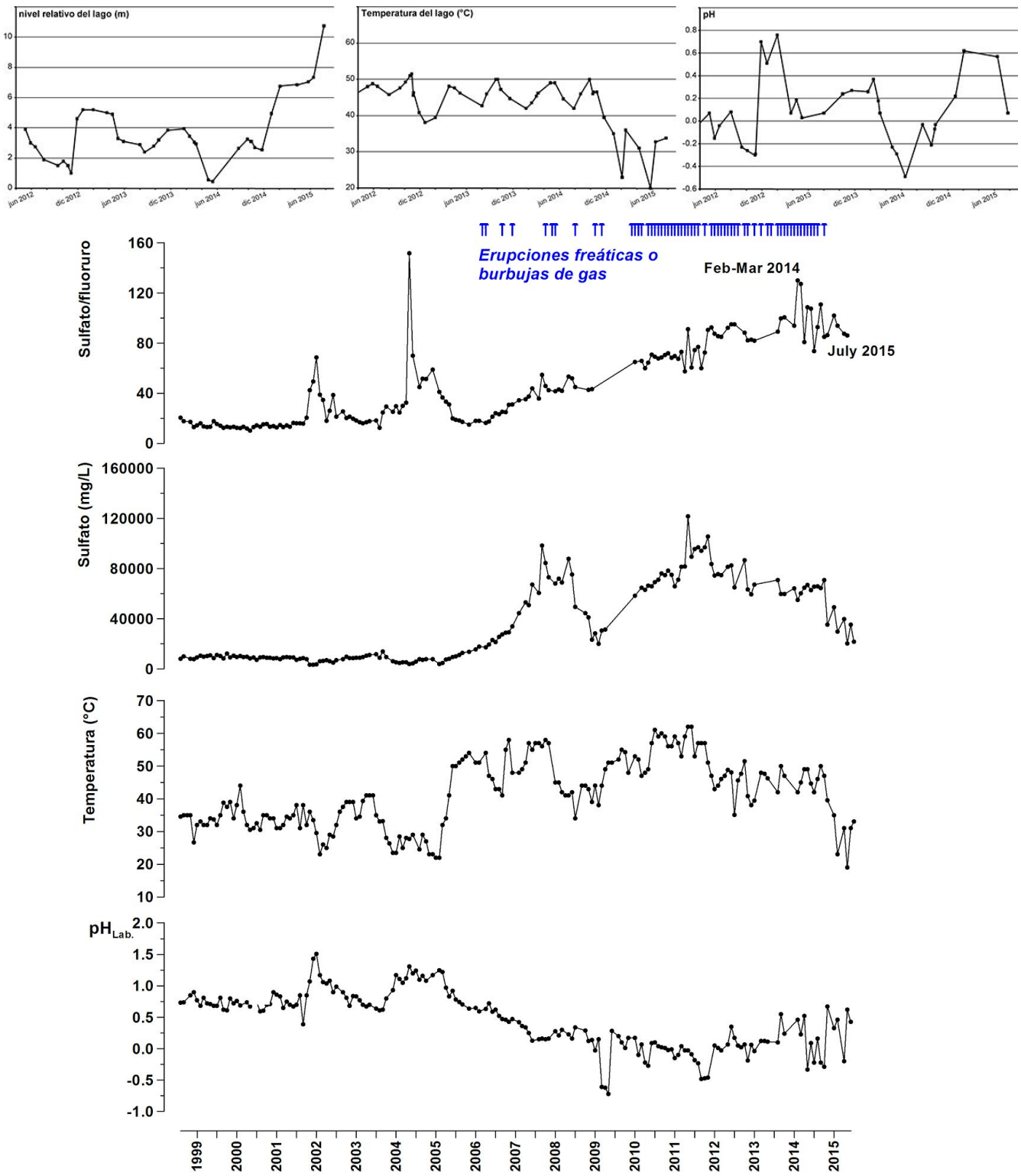


Figura 27. Perfiles geoquímicos del lago ultraácido del Poás. Parte superior: Evolución del nivel del lago, de la temperatura superficial y del pH_{Campo} desde el 2012 (mediciones en el campo). Parte inferior: Serie de tiempo de pHLab, temperatura, concentración de sulfato, y la razón sulfato/fluoruro para el periodo 1999-julio 2015 (mediciones del Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas" del OVSICORI-UNA).

En general, desde finales del 2014 hasta el presente la acidez (pH menos negativo), la temperatura, la concentración de especies aniónicas derivadas de la hidrólisis de los gases magmáticos en el sistema hidrotermal, y las razones sulfato/fluoruro en el lago ultra-ácido del Poás muestran una marcada tendencia a disminuir así como la actividad convectiva de fumarolas subacuáticas. Estas condiciones indican una disminución sustancial en la transferencia de energía y gases magmáticos desde el sistema magmático hacia el lago.

3.4 V. Poás: Monitoreo de los gases

Se encontraron concentraciones bajas en SO_2 y un índice SO_2/CO_2 parecido para el lago y para el domo: ~0.2 y ~0.4 respectivamente. La temperatura de las fumarolas en el domo fueron medidas alrededor de 400°C a pesar de condiciones climáticas no favorables para una buena medición (Fig. 28).

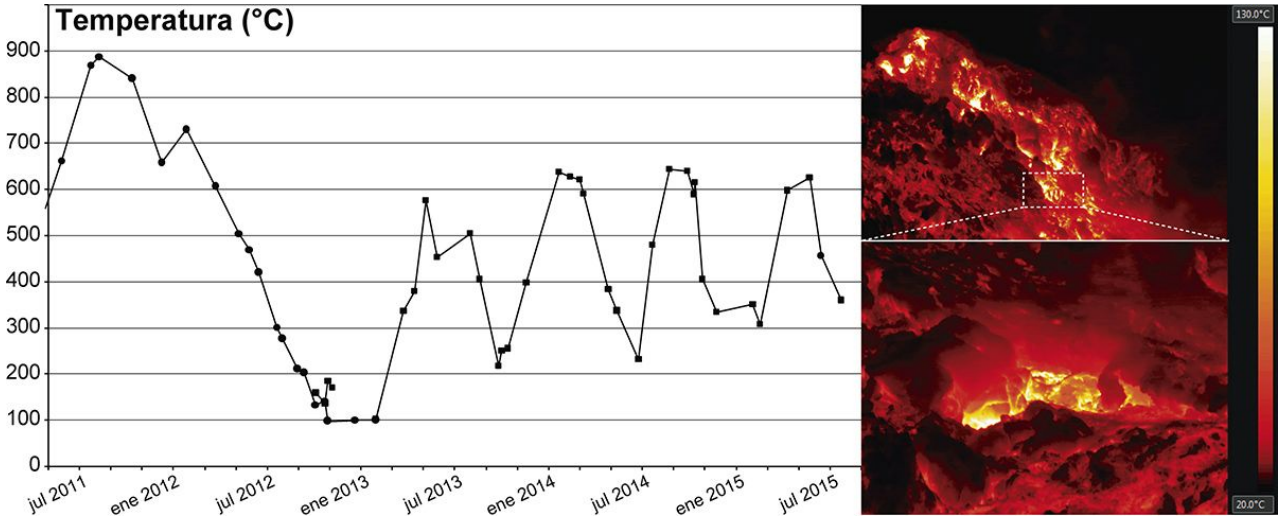


Figura 28. Evolución de la temperatura de emisión de los gases sobre el domo del volcán Poás e imágenes térmicas del campo fumarólico (Fotos: G.Avard, 28 julio 2015)

4. Volcán Rincón de la Vieja

4.1 V. Rincón de la Vieja: Fuentes Termales sector norte

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 cráter activo del volcán Rincón de la Vieja, con el fin de monitorear en forma permanente cambios en la temperatura, la conductividad eléctrica y la química de esta naciente (OVSICORI, 2015) (Fig. 29). 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.

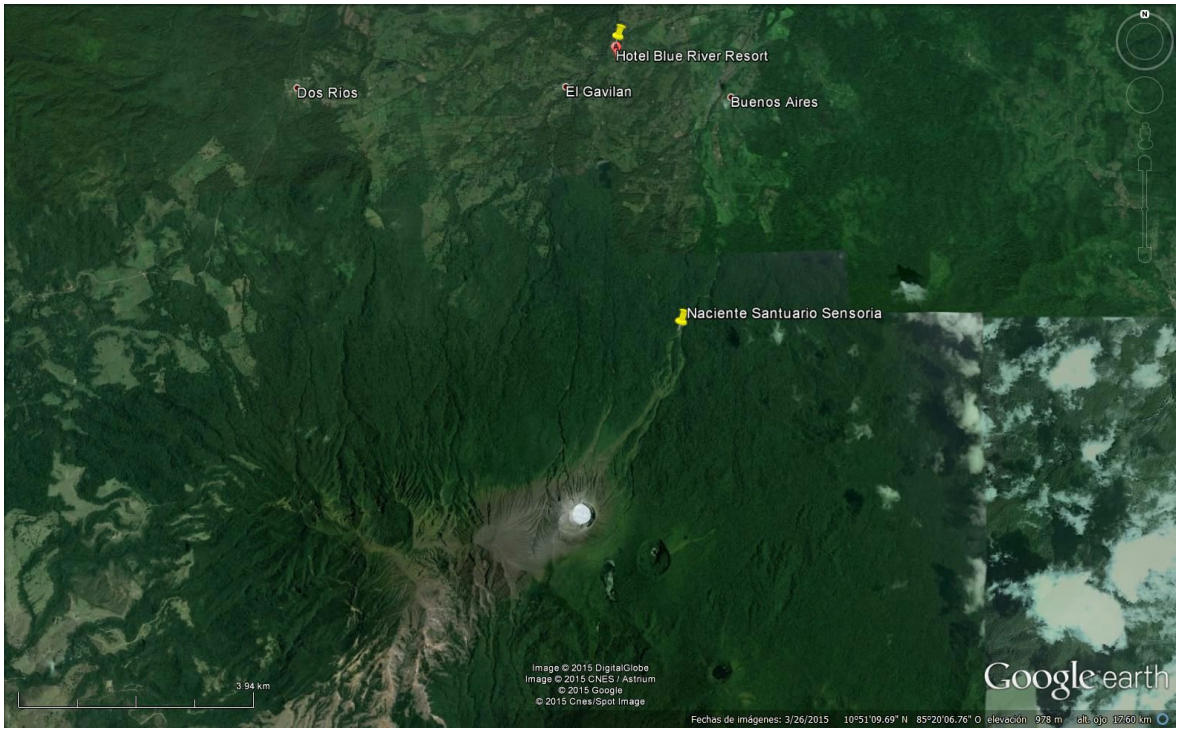


Figura 29. Ubicación de las nacientes del Rincón de la Vieja, Santuario y Blue River monitoreadas en forma conjunta entre el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA. Mapa adaptado de Google Earth.

5.2.1 V. Rincón de la Vieja: Fuente Termal Santuario Sensoria

La temperatura y la conductividad eléctrica en las aguas de la fuente termal Santuario registran entre el 6 de mayo y el 10 junio 2015 un aumento pequeño pero sostenido desde valores de 31.6°C hasta 31.8°C y desde 2690 µS/cm hasta 2870 µS/cm, respectivamente . Más tarde, entre el 10 y el 30 de junio, la temperatura y la conductividad fluctuaron entre 31.8°C-31.98°C y entre 1520 µS/cm-2900 µS/cm, respectivamente. El cambio neto en temperatura y conductividad eléctrica entre mayo-junio 2015 fue de δT=+0.4°C y δCond=+1380µS/cm, respectivamente (Fig. 30). En julio 2015, la temperatura fluctuó entre 30.9-31.68°C (δT=+0.8°C) y la conductividad eléctrica 1964-2587 µS/cm (δCond=623µS/cm) (Fig. 31). Conforme se recopilan más datos, será posible establecer el ámbito de variación normal de la respuesta del sensor por factores diurnos y nocturnos y la influencia de las condiciones atmosféricas (respuesta de fondo) y la deriva del sensor. De esta forma esperamos que estos perfiles nos permiten establecer la causa de estas oscilaciones de pequeña magnitud observadas hasta el momento. El objetivo es lograr discriminar cuáles cambios en estos parámetros podrían estar señalando el aporte de gas y calor desde el sistema magmático hacia el sistema hidrotermal que alimenta las fuentes termales al norte del cráter activo del Rincón de la Vieja.

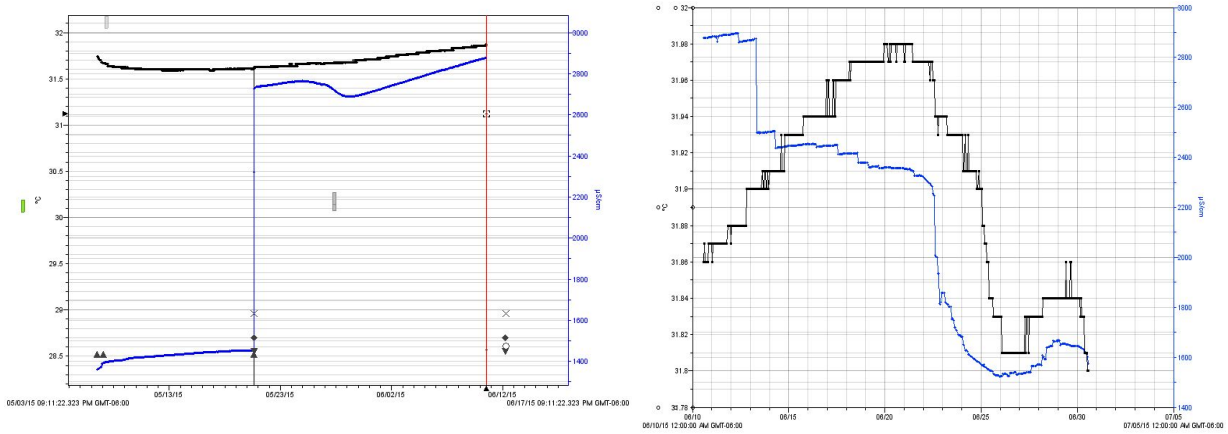


Figura 30. Perfiles de temperatura y conductividad eléctrica de las aguas de la fuente termal Santuario en el bosque Sensoria, aprox. 3.2 km al noreste del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja. Gráfico superior: Datos de temperatura del 6 de mayo al 10 de junio 2015 y datos de conductividad del 20 de mayo al 10 de junio 2015. Gráfico inferior: Datos de temperatura y conductividad eléctrica del 10 al 30 junio 2015. Información recolectada en forma conjunta por el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA con datalogger HOBO del Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas del OVSICORI-UNA.

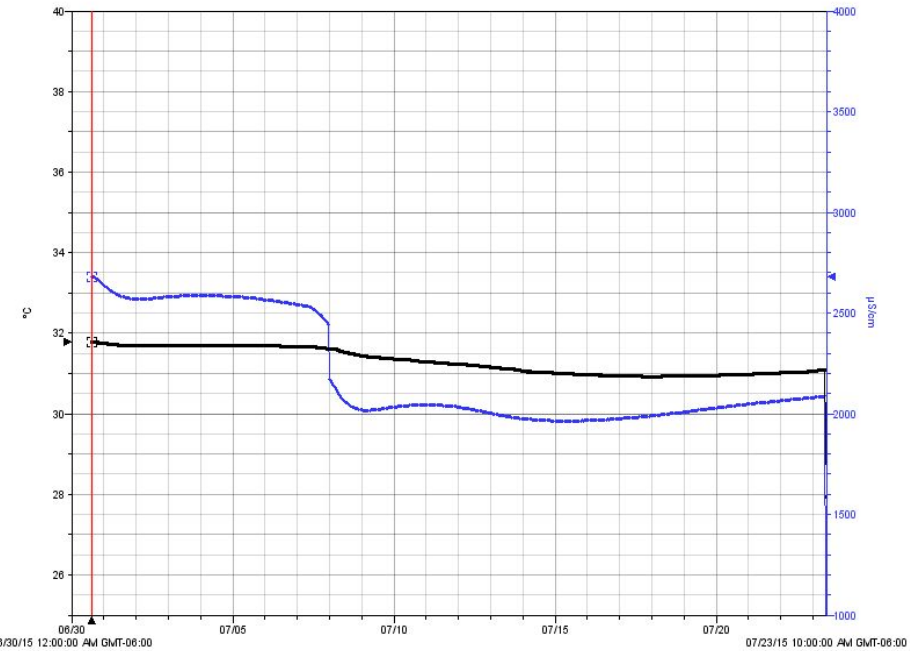


Figura 31. Perfiles de temperatura y conductividad eléctrica de las aguas de la fuente termal Santuario en el bosque Sensoria, aprox. 3.2 km al noreste del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja. Datos del periodo 1 al 23 de julio 2015. Información recolectada en forma conjunta por el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA con datalogger HOBO del Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas del OVSICORI-UNA.

5.2.2 V. Rincón de la Vieja: Fuente Termal Blue River (Río Azul)

El 10 de junio 2015 se colocó por primera vez un sensor datalogger de temperatura en la fuente termal Blue River (Río Azul), aprox. 7.5 km al norte del cráter activo del volcán Rincón de la Vieja, con los mismos propósitos de monitoreo que la fuente termal Santuario. Entre el 10-de junio y el 23 de julio 2015, la temperatura de Blue River fluctuó entre 59.6-60.6°C, δT=1°C. Es

interesante notar que entre el 15 junio y el 8 julio, la temperatura de Blue River disminuyó 1°C (Fig. 32). Esta disminución se interpreta como resultado de la abundante cantidad de agua meteórica (agua de lluvia) que entró al sistema hidrotermal que alimenta las aguas de Blue River durante las lluvias torrenciales de mediados de junio-parte de julio que afectaron todo el país. La disminución drástica y rápida con valores por debajo de los 59°C (picos negativos) podrían ser atribuidos a la entrada súbita de agua meteórica al sistema hidrotermal. Estos cambios también están bajo evaluación para determinar sus causas y poder discriminar los cambios en temperatura que pudieran estar relacionados con actividad volcánica de Rincón de la Vieja.

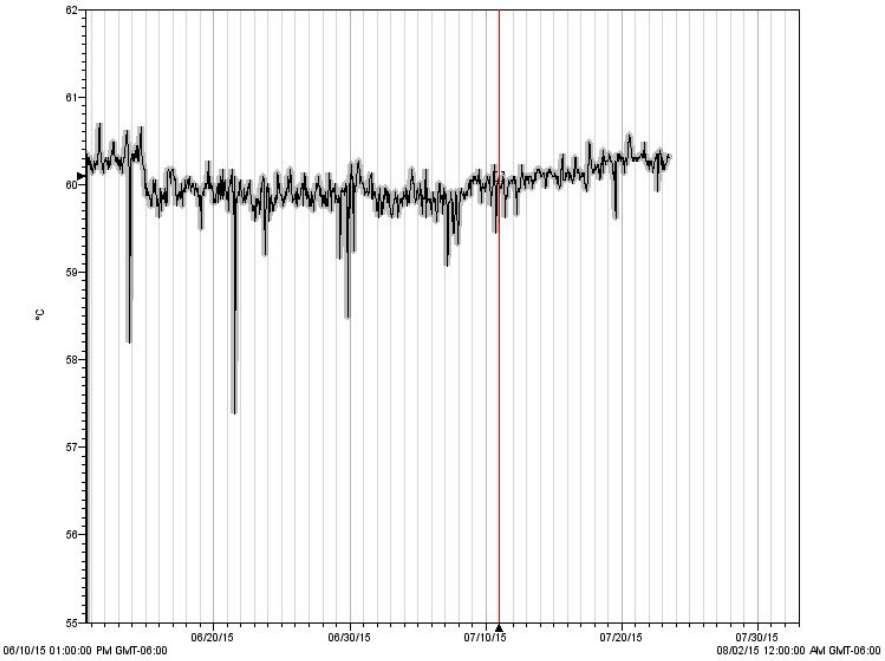


Figura 32. Perfil de temperatura de la fuente termal Blue River, sector norte del volcán Rincón de la Vieja. Los datos corresponden al periodo 10 junio-23 julio 2015. La temperatura fluctuó entre 59,6-60,6°C. Información recolectada en forma conjunta por el OSIVAM-ICE y el OVSICORI-UNA con datalogger HOBO del Laboratorio de Geoquímica Volcánica "Dr. Eduardo Malavassi Rojas del 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, y Luis Madrigal del Área de Amenazas y Auscultación Sismológica y Volcánica del OSIVAM-ICE por su apoyo en las logísticas de trabajo de campo.

Referencias

OVSICORI, 2015. Boletín de Vulcanología: Estado de los volcanes de Costa Rica, mayo 2015. http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=577:estado-de-los-volcanes-mayo-2015&id=46:2015&Itemid=73 Accesado el 13 agosto 2015.

PNVP, 2015. Parque Nacional Volcán Poás página oficial facebook. https://www.facebook.com/558077960891498/photos/pb.558077960891498.-2207520000.1438905790./995931953772761/?type=3&theater Accesado el 6 de agosto del 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