

***Estado de los Volcanes de Costa Rica 2014
Resumen Anual Oficial***



Erupción del día 31 de Octubre del 2014, volcán Turrialba. Foto: Enrique Hernández

Elaborado por:

Javier Fco. Pacheco, María Martínez, Cyril Muller, Geoffroy Avard

Con contribuciones de:

Maarten de Moor, Jorge Brenes, David Osorno, Wendy Sáenz, Carlos Sánchez, Federico Chavarría, Mariela Saborío, Frida Cordon, David Castillo, Hairo Villalobos, Enrique Hernández, Antonio Mata, Daniel Rojas, Jorge Brenes, Monserrat Cascante, Carlos Sánchez

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

1. Volcán Turrialba

1.1 V.Turrialba: Sismología

Entre enero y octubre del 2014, la sismicidad en el volcán Turrialba se mantuvo con valores entre menos de 50 y 200 sismos diarios, muy similar a los mostrados hacia fines del 2013, con fluctuaciones mensuales poco significativas (Fig. 1). Igualmente, los valores de RSAM (amplitud promedio del sismograma), que indican actividad anormal en el volcán, se mantuvieron con valores no distinguibles del ruido microsísmico de fondo (Fig. 1).

La sismicidad dominante entre enero y octubre consistió en sismos volcánicos de amplio espectro con tendencia hacia las altas frecuencias (> 5 Hz) y baja amplitud, infrecuentes temores de muy corta duración, baja amplitud y amplio espectro con tendencia hacia las altas frecuencias, además de esporádicos sismos tipo tornillo (entre 2 y 3 sismos por mes) de alta frecuencia. La sismicidad tectónica asociada al volcán estuvo dominada por pequeños sismos volcano-tectónicos muy someros y algunos sismos, muy infrecuentes, de mayor magnitud (sin sobrepasar una magnitud de 2), localizados a mayor profundidad y bajo el cráter activo.

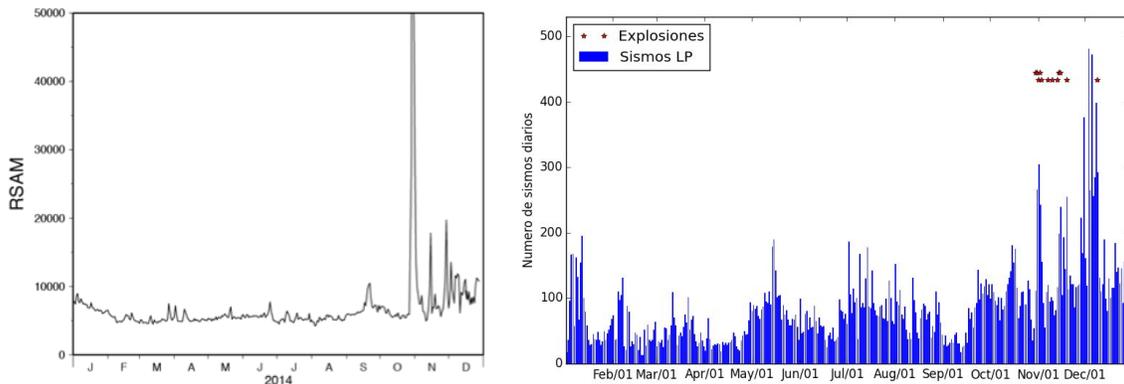


Figura 1. Izquierda: Valores promedio de RSAM diarios calculados a partir de las amplitudes promedio en la estación VTUN, localizada a 500 metros del cráter activo. Derecha: Número de sismos volcánicos diarios registrados en la estación VTUN. Los asteriscos muestran los días con explosiones.

Las características de esta actividad señalan una contribución predominante del sistema hidrotermal del volcán, con actividad de alta frecuencia y profundidades muy someras.

A partir de mediados de octubre desaparecen los sismos tipo tornillo, aparecen sismos con mayor contenido de bajas frecuencias, espectros más limitados y mayores amplitudes. Igualmente los temores muestran un espectro de frecuencias limitado y con tendencia hacia las bajas frecuencias. Algunos de estos cambios, además de una secuencia volcano-tectónica de sismos localizados entre 1 y 2 km bajo el cráter activo, podrían considerarse (en retrospectiva) como indicadores de la erupción que ocurrió el 30 de octubre a las 5 (hora GMT), ya que todos ellos son indicadores de una actividad más profunda. A partir de este evento del 30 de Octubre se registran varias exhalaciones y

oscuridad ni por la cobertura de nubes y provee una superficie de desplazamiento unidimensional siempre que existan pixeles coherentes que sean contiguos.

Al inicio del año, solo dos equipos GPS estaban colocados en el volcán: CAPI en la Central a 2 km al oeste del cráter y GIBE a 5 km del cráter principal en dirección noreste. Los dos sitios fueron instalados en el 2010. Desde 2014 se desarrolló una red de estaciones permanentes y de tipo “campañas” (Fig. 3) y el grupo de geodesia instaló 3 estaciones permanentes llamadas VTGP, VTCA, VTTL. Por lo tanto, el número de receptores GPS midiendo el volcán es de 4 incluyendo el antiguo sitio GIBE. Mientras que el número de puntos que se miden de manera ocasional son 3 (VTCI, VTNA, VTQU).

Durante este año 2014, los datos de GPS se procesaron con el software GAMIT/GLOBK, que permite el cálculo de líneas de bases entre sitios GPS distantes de cientos de kilómetros con una precisión subcentimétrica, por lo tanto, permite la determinación de coordenadas y de desplazamientos con referencia fuera del sistema volcánico.

En los dos sitios que estaban instalados en el volcán Turrialba se observan períodos de interrupciones, el más importante es en el sitio GIBE que aunque midió continuamente, no registró la onda L2 durante más de 3 años lo que no permite el cálculo de la posición diaria con precisión. El sitio CAPI fue destruido en Junio de 2014. Los resultados de estos dos sitios desde 2010 son presentados en los gráficos de la figura 4.



Figura 3: Ubicación de los puntos de mediciones. Lo triángulos blancos muestran la ubicación de los sitios de monitoreo GPS permanentes. Los símbolos de losange muestran la ubicación de los sitios de tipo campaña, .
Courtesy Google earth ©

El procesado de los datos GPS de CAPI y de GIBE entre 2010 y 2014 muestra que estos dos sitios se alejan el uno del otro con una velocidad relativa de 2 mm. En la vertical se ve que respecto al sitio GPS en el Cerro de la Muerte CAPI se levanta significativamente con una velocidad de 13 mm/año. Desde al menos 2010, se ve que el volcán se hincha.

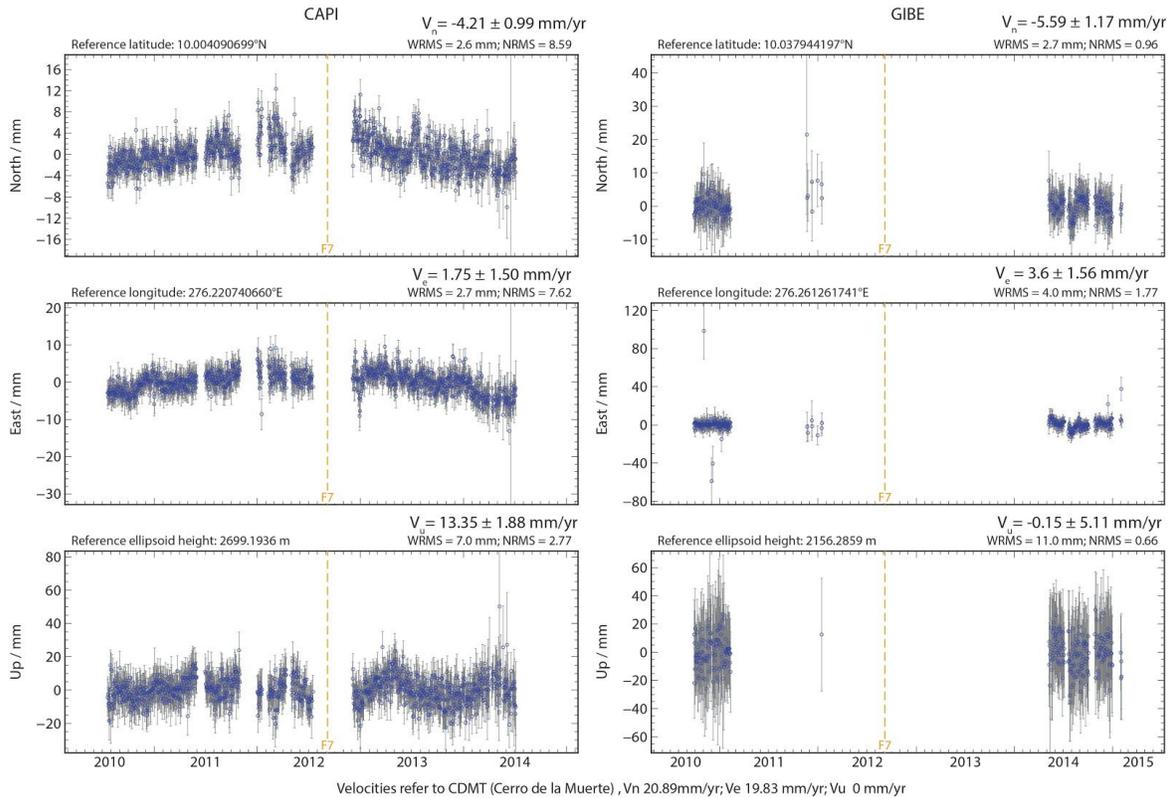


Figura 4. Serie temporal este, norte y altura de los sitios CAPI y GIBE. Los ejes X son en años. Los ejes vertical son en mm. Los puntos azules muestran las mediciones diarias. Las líneas verticales de color gris muestran la precisión de cada medición. La línea vertical amarilla indica el terremoto de Nicoya (6.8Mw) el 5 de setiembre 2012. Las velocidades de cada eje (V_n , V_e , V_u) de cada sitio son relativa al sitio CDMT (cerro de la Muerte) a 50 km al sur-este.

El 25 y 26 de septiembre y el 30 y 31 de octubre (algunas horas después de la primera explosión el 30 octubre) se midieron 4 puntos de tipo campaña (VTGI, VTQU, VTNA, VTGP), durante una noche. VTGP fue cambiando a un sitio de tipo permanente en noviembre. Los resultados muestran que podría haber habido un levantamiento de estos puntos antes de la erupción, sin embargo, la precisión de las 2 determinaciones es alta respecto a la señal.

Desde esta serie de explosiones se instalaron progresivamente más estaciones GPS permanentes (VTGP, VTCA, VTTL). Las series de tiempo no muestran importante señal hasta el fin de 2014 y globalmente la determinación se encuentra dentro del rango de error.

Los datos InSAR fueron adquiridos por el proyecto UAVSAR del Jet Propulsion Laboratory de la NASA entre el 8 de marzo del 2013 y el 10 de abril del 2014 desde un avión no tripulado. La longitud de onda utilizada es de tipo L ($\lambda = 24$ cm). El azimut de la

línea de vuelo es de 120° grados y el ángulo de incidencia de la onda varía entre 25° y 66° . Los datos (Fig. 5) muestran una prolongación de la línea de vista (LOS) entre el equipo en el avión y la superficie del suelo. Considerando que el volcán está en el borde exterior de la línea SAR el ángulo es relativamente oblicuo y el cambio observado de LOS puede ser interpretado como un hundimiento o como un movimiento al NE del cono sumital del volcán. Esta variación es de unos centímetros en 14 meses. En la cumbre se detecta un gradiente agudo de la fase SAR entre los cráteres activos en el oeste y el cráter oeste. Esta segunda observación indica un movimiento más rápido de la parte SW de la cumbre. Estos datos no permiten detectar el levantamiento global detectado por GPS debido a la falta de coherencia.

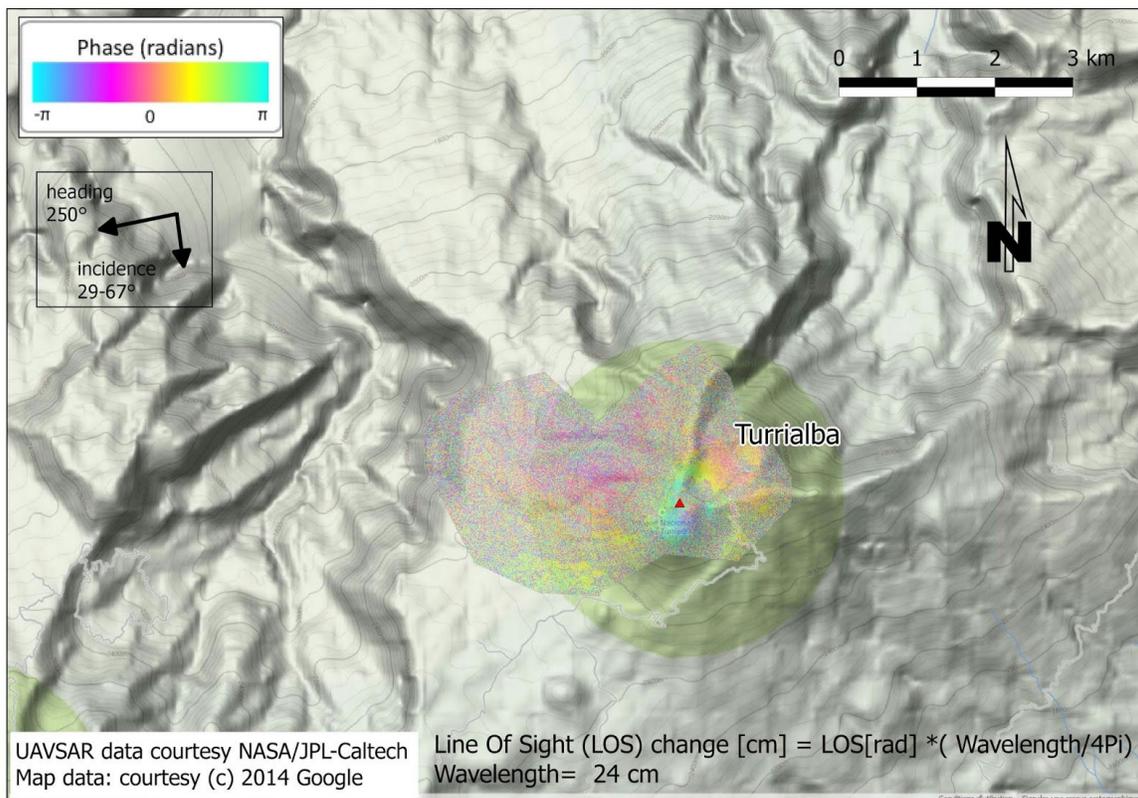


Figura 5. InSAR del volcán Turrialba entre 8 marzo de 2013 y el 10 abril de 2014.

Los resultados de las mediciones de distancias son presentados en la figura 6. Las mediciones fueron registradas por el grupo de geodesia del OVSICORI a lo largo de los años con una estación total Leica TM30. La precisión de las distancias después de las correcciones de temperatura, presión y humedad es de $1\text{mm} + 1\text{ppm}$ ($1\text{mm}/\text{km}$).

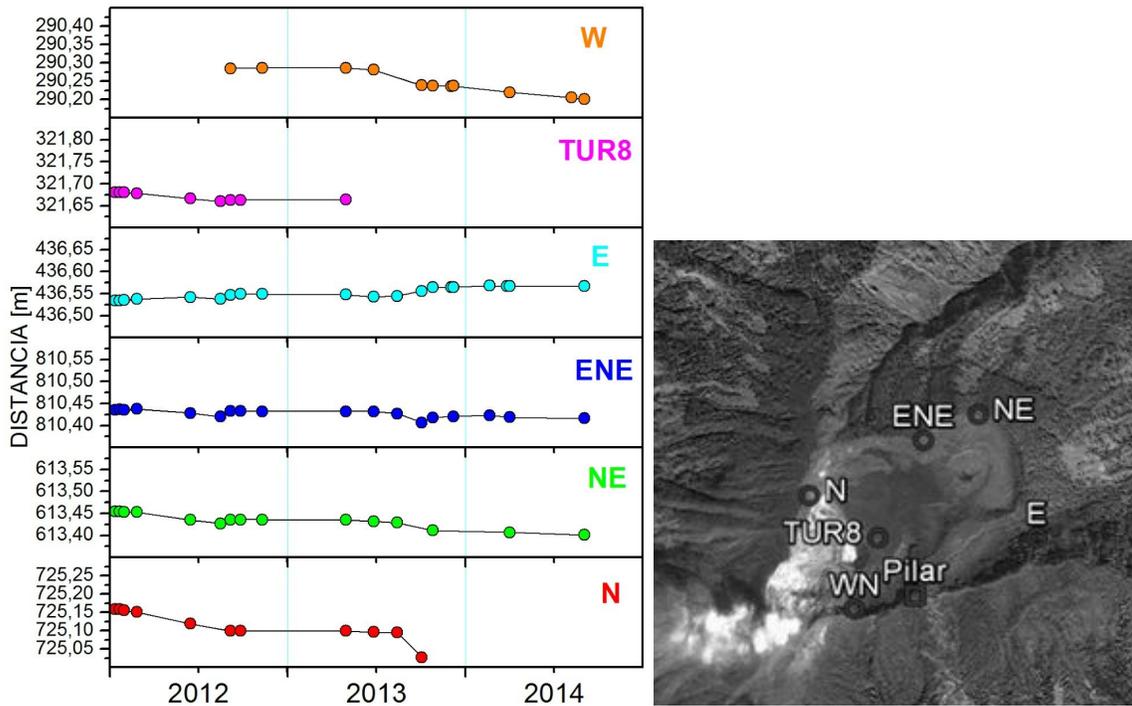


Figura 6. a) Serie temporal de las distancias sobre 6 reflectores medidos desde la cima (VTCL). b) Situación de la red geodésica del volcán Turrialba, año 2014. Los círculos oscuros representan reflectores de la red EDM medidos desde el monumento Pilar=VTCL.

1.3 V. Turrialba: Desgasificación

El nivel de desgasificación del volcán Turrialba se mantuvo bajo durante los 10 primeros meses del 2014 en comparación del año 2010 con un flujo alrededor de 500 toneladas de SO_2 por día. A pesar de las condiciones climáticas difíciles, se observó un aumento importante de la desgasificación asociado con la erupción del fin de octubre del 2014 hasta alcanzar un promedio diario arriba de los 4000 toneladas de SO_2 después de la explosión del 8 de diciembre (Fig. 7).

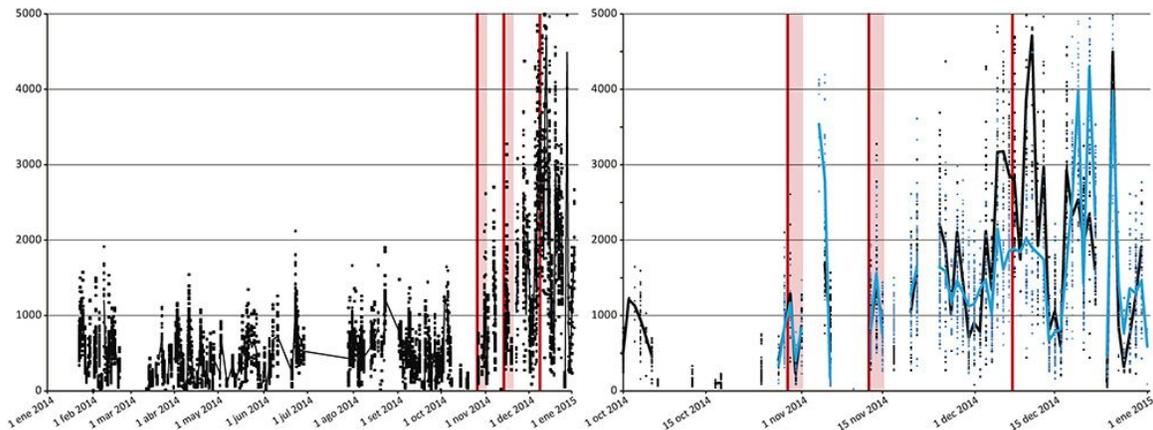


Figura 7. Mediciones del flujo de SO_2 con 2 estaciones DOAS permanentes para el volcán Turrialba en 2014.

No se observó un aumento del nivel de desgasificación que difunde a través del suelo en el Cráter Central en setiembre (Fig. 8), y el cambio de morfología de la zona de repetición de las mediciones debido a las explosiones del fin de octubre del 2014 interrumpió el monitoreo en la zona.

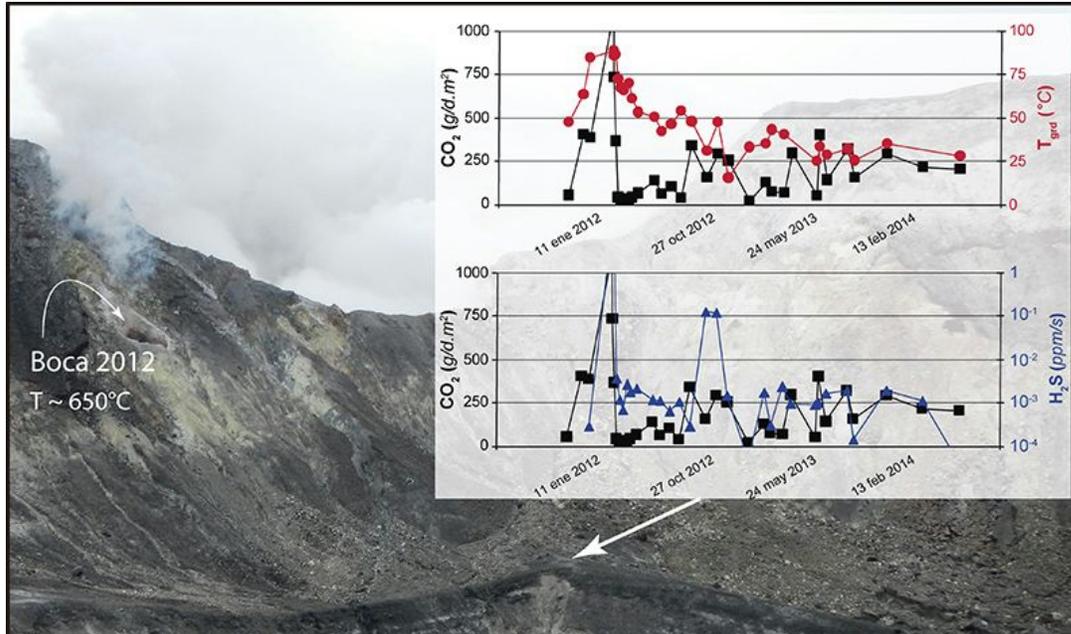


Figura 8. Mediciones del flujo de CO_2 y H_2S que difunde a través del suelo en el Cráter Central. La última medición era al inicio de setiembre del 2014. La erupción del 29 de octubre del 2014 cambió la topografía de la zona.

Durante el año 2014, la temperatura de los gases que salieron por las bocas principales del volcán abiertas en 2010, 2011 y 2012 se mantuvo estable con una pequeña tendencia a la disminución, con la excepción de la Boca 2012 en agosto-setiembre (Fig. 9). La explosión del fin de octubre del 2014 destruyó la Boca 2012 y el acceso a la Boca 2011. Después de este evento, se observó un poco de incandescencia repartida en el fondo del Cráter Oeste (Fig. 9a).

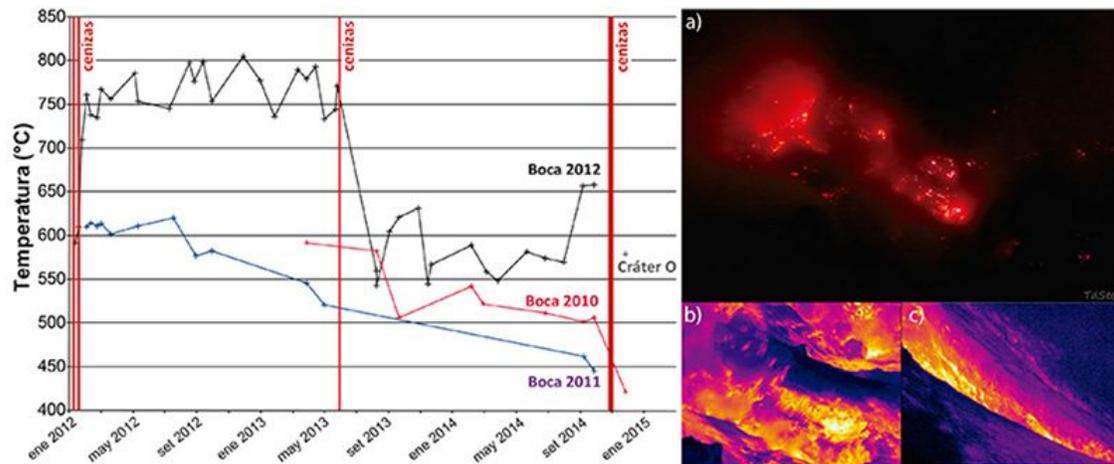


Figura 9. Evolución de la temperatura aparente de las anomalías térmicas más importantes en el Cráter Oeste. Las Bocas 2011 y 2012 fueron afectadas por la erupción del 29 de octubre del 2014. Fotos en a) visible y b) térmicas del fondo del Cráter Oeste, y c) de la Boca 2010 (24 nov 2014).

1.4 V. Turrialba: Petrología

Las explosiones del fin de octubre del 2014 cambiaron la morfología de la pared entre el Cráter Oeste y el Cráter Central como se puede observar en la figura 10. Se encontraron bombas, una de estas de más de 1 kg a 800 m horizontales hacia el sureste. La erupción del 8 de diciembre del 2014 también emitió varios fragmentos, incluido uno de 0.4 x 0.3 m a 300 m horizontales hacia el sureste.



Figura 10. Imágenes de la zona del Cráter Central y del Cráter Oeste tomadas por la cámara web del OVSICORI en Febrero y al fin de diciembre del 2014 donde se nota el cambio de morfología debido a las explosiones del fin de octubre del 2014.

El material emitido (Fig. 11) fue principalmente material alterado (>95% en volumen) y un poco de material de apariencia fresca (vidrio y minerales sin alteración). Se registró caída de ceniza varias veces en el Valle Central y en la capital San José. La pluma obligó cambios de ruta para la aviación civil, principalmente al fin de octubre e inicio de noviembre.

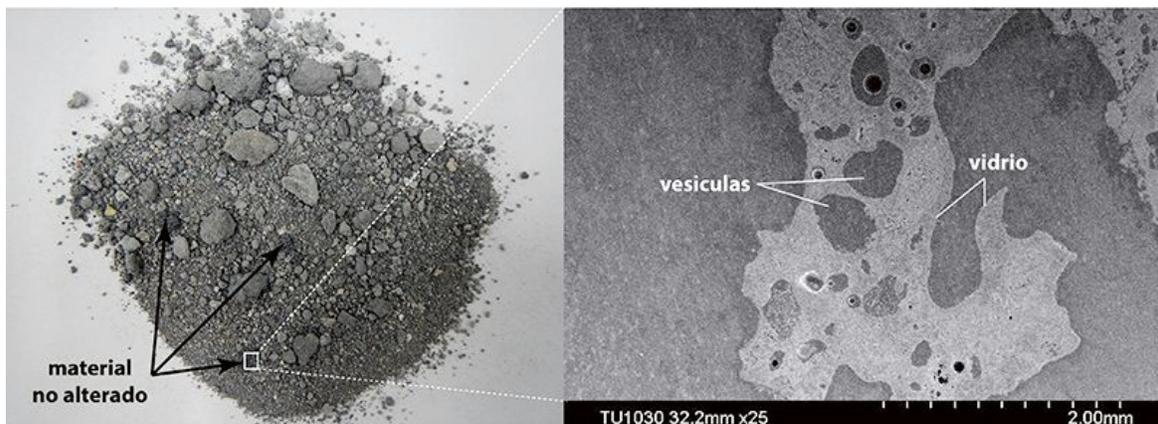


Figura 11. Material emitido por la erupción del 29 de octubre del 2014 (colectado el 30 de octubre).

2. Volcán Irazú

2.1 V.Irazú: Sismología

Los sismos de baja frecuencia que se venían registrando desde fines del 2011, en el volcán Irazú, se dejaron de registrar súbitamente a partir del 17 de diciembre cuando un tremor de gran amplitud (logró registrarse hasta en las estaciones sísmicas ubicadas en el volcán Poás) destruyó el sistema que producía esta sismicidad de baja frecuencia, y se produjo un gran deslizamiento en el flanco oeste del volcán Irazú.

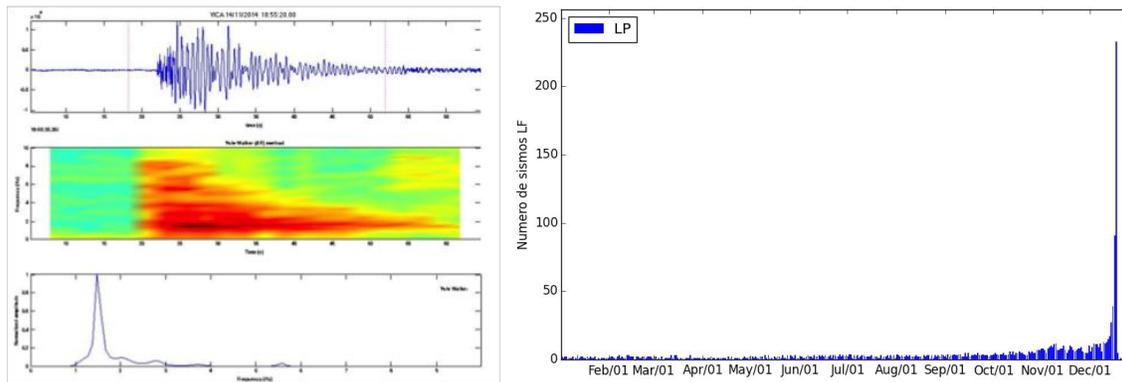


Figura 12. Izquierda: Sismo característico de baja frecuencia (LF) registrado en el volcán Irazú desde el 2011, arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias. Derecha: número de sismos LF registrados diariamente en el volcán Irazú desde enero del 2014.

Desde finales del 2011 se venían registrando entre 1 y 2 sismos diarios de baja frecuencia en el volcán Irazú, con un carácter casi monocromático y con frecuencias dominantes entre 1.2 y 1.7 Hz (Fig. 12). Se presentaron fluctuaciones en el número de sismos después del terremoto de Nicoya en setiembre del 2012, sin embargo, la casi-periodicidad de los eventos se preservó hasta mediados del 2014 cuando se notó un incremento paulatino en el número de eventos diarios que se lograron registrar. A partir del 14 de diciembre este incremento se volvió más notorio hasta contabilizarse más de 200 eventos el día 17 de diciembre (Fig. 12). El número de eventos se incrementó rápidamente hacia el final de la secuencia (Fig. 13) hasta volverse un tremor continuo antes de desaparecer y dar cabida al gran deslizamiento de rocas y tierra a las 14:38 (hora GMT) del día 17 de diciembre. Este tremor tuvo una duración aproximada de 100 segundos y su energía sísmica liberada es similar a la energía sísmica del tremor que se registró en el volcán Turrialba antes de la explosión del día 29 de octubre. Los sismos de baja frecuencia o LF son eventos producidos por variaciones de presión en los fluidos por el paso de los mismos a través de un conducto estrecho. Este tipo de sismos son no destructivos, quiere decir que al producirse no alteran el medio. Es por ello que los sismos registrados son idénticos. El deslizamiento registrado el 17 de diciembre debe de haber producido un cambio en la geometría de la falla donde se estuvieron produciendo estos eventos, eliminando las condiciones para la generación de los sismos LF del Irazú. Menos de una hora después del

tremor se registró una pequeña secuencia de sismos tectónicos a menos de 2 km bajo el cráter activo, lo que indica un proceso de ruptura del medio y un reajuste de la matriz rocosa.

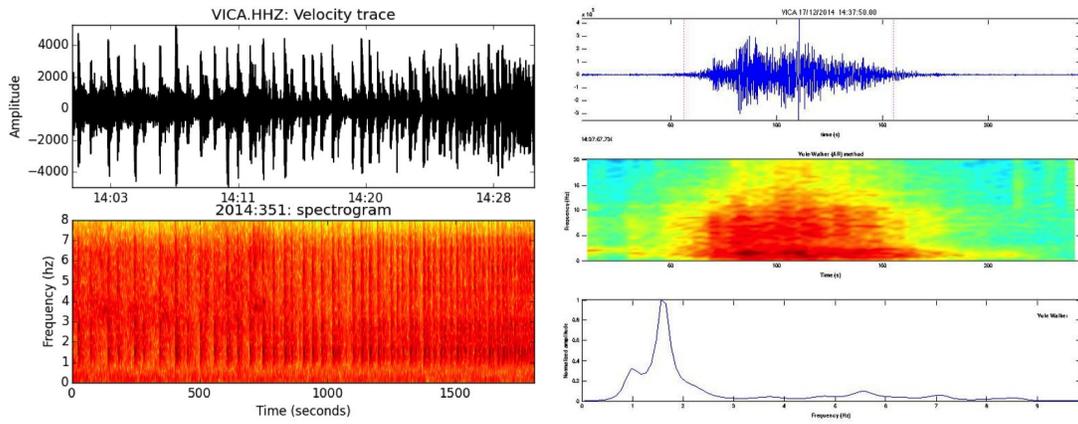


Figura 13. Izquierda: Se muestra el sismograma al final de la secuencia de eventos LF registrada el 17 de diciembre. Los sismos LF se registran con mayor frecuencia conforme avanza el tiempo hasta convertirse en un tremor continuo. Arriba se muestra el sismograma y abajo el espectrograma. Derecha: Tremor de gran amplitud registrado el día 17 de diciembre en una estación sísmica ubicada en la cima del volcán. Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias.

Por otro lado, durante el año 2014, principalmente a partir de junio de este año se han estado produciendo deslizamientos de tierra y rocas en el lado oeste de la cima del volcán Irazú. Los deslizamientos de mayor tamaño se han logrado registrar en las estaciones sísmicas de la cima. En la figura 14 se muestra el efecto acumulado de varios deslizamientos ocurridos durante el año, principalmente durante el gran deslizamiento del 17 de diciembre, en una foto tomada por Federico Chavarría Kopper el día 24 de diciembre, en la misma figura se muestra un registro sísmico de un pequeño deslizamiento ocurrido el 12 de agosto. Esta zona se caracteriza por tener altas pendientes, por lo que son terrenos propensos a sufrir frecuentes deslizamientos, principalmente durante la época lluviosa.

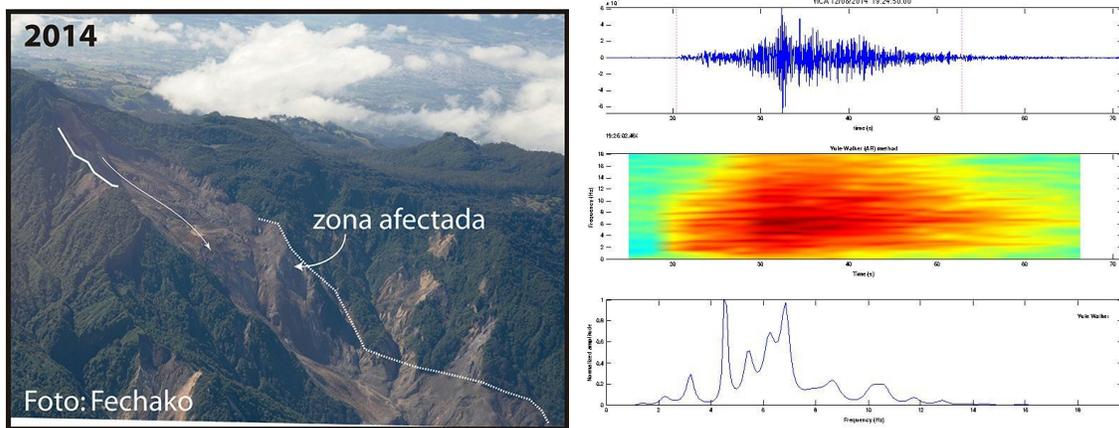


Figura 14. Izquierda: efecto acumulado de varios deslizamientos ocurridos durante el año 2014 en la cara norte del volcán Irazú. Derecha: Sismograma de un pequeño deslizamiento ocurrido en el volcán Irazú en agosto del 2014 y registrado por una estación sísmica ubicada en la cima del volcán. Arriba se muestra el sismograma, al centro el espectrograma y abajo el espectro de frecuencias.

2.2 V.Irazú: Deformación geodésica

En 2012, el grupo de deformación instaló un receptor en el sitio histórico de IRZU de la red COCONET. Este sitio está a 5.7 km al oeste del cráter. Relativamente al sitio del cerro de la Muerte (CDMT), IRZU tiene un movimiento sur-oeste de 7 mm por año y se levanta con una velocidad vertical de 7 mm por año (Fig. 15). Todavía no se puede determinar si el levantamiento de este sitio es parte de un solo levantamiento que ocurre por debajo de Turrialba e Irazú o si existe dos levantamientos distintos para cada uno de los volcanes.

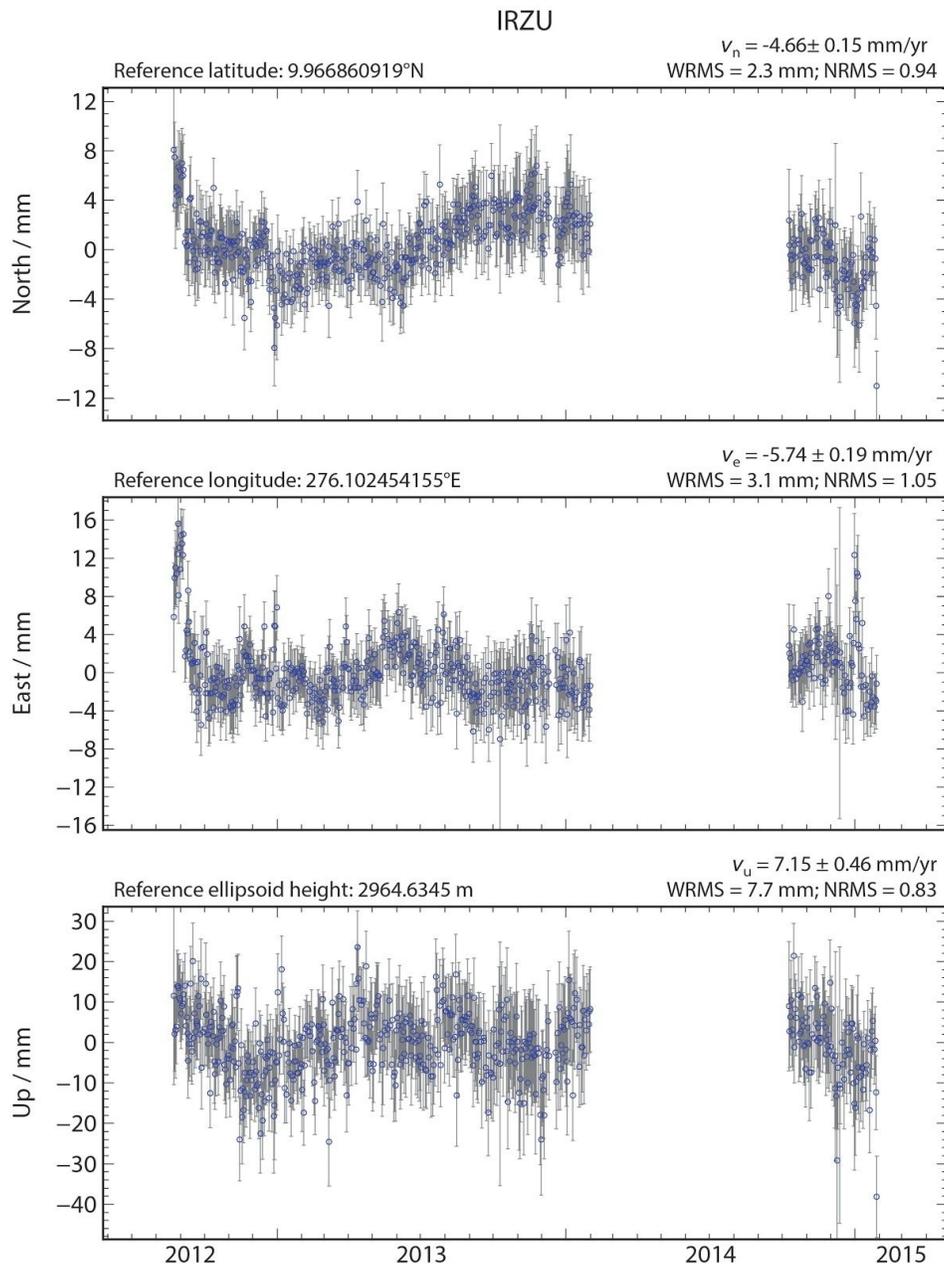


Figura 15. Serie temporal REDUCIDA este, norte y altura del sitio IRZU hasta el inicio 2015. Los ejes X son en años. Los ejes vertical son en mm. Los puntos azules muestran las mediciones diarias. Las líneas verticales de color gris muestran la precisión de cada medición.

Además del GPS, este volcán se monitorea con mediciones de interferometría Radar. Esta última técnica es proveída por la agencia espacial NASA y comprenden el periodo entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014 (Fig. 16). El azimut del avión era de 300° grados (NW) y el ángulo de incidencia varía entre 25° y 66° grados. Por su posición en medio de la banda de adquisición, las ondas reflejadas sobre el volcán tienen un valor medio del ángulo de incidencia de ~45°. El movimiento observado está por debajo del nivel de detección, aunque es posible observar áreas de tamaño pequeño que podrían indicar zonas de deslizamiento ubicadas en la parte NW de la cumbre.

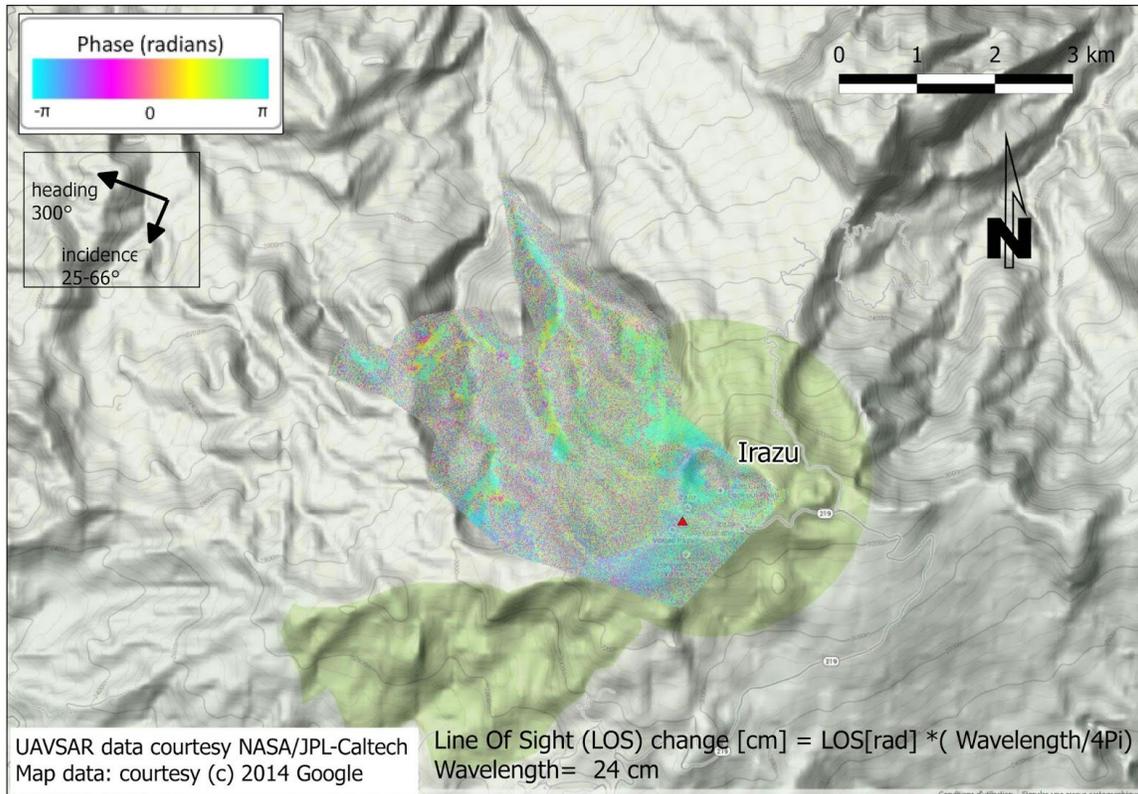


Figura 16. InSAR del volcán Irazú entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014.

2.3 V.Irazú: Geoquímica

Entre mayo y el fin de diciembre del 2014, se midió poco SO₂ en los gases emitidos en la zona alterada del flanco norte del edificio (Fig. 17). Tampoco se observó un aumento de temperatura en la zona.

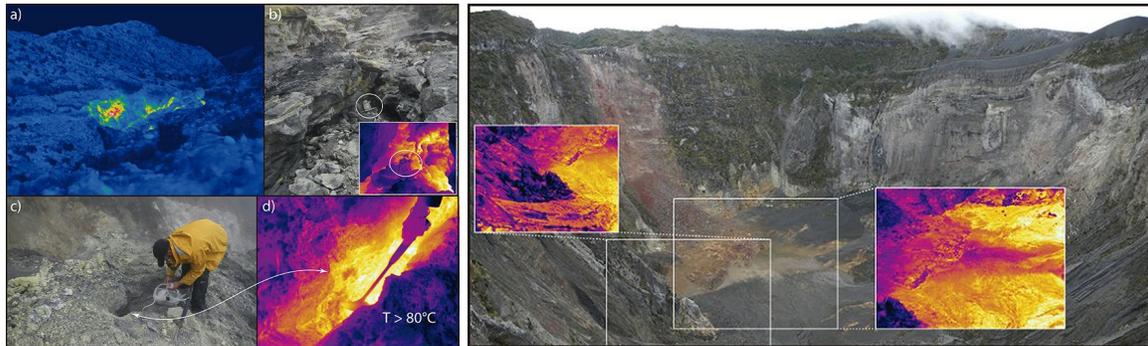


Figura 17. Zona alterada sobre el flanco norte del edificio donde se encuentran gases que difunden a través del suelo, e imágenes del Cráter Principal real y térmicas donde no se encontraron anomalías térmicas en 2014 (Fotos: G. Avard)

2.4 V.Irazú: Observaciones

Desde marzo del 2013, el Cráter Principal del volcán Irazú se mantiene seco. Varios deslizamientos en el valle al oeste del Cráter Principal generaron una pérdida de volumen de su flanco norte (Fig. 18).



Figura 18. Vistas aéreas de la zona de deslizamientos del volcán Irazú en 2012 y al fin de 2014 (fotos: G.Avard y F.Chavarría-Kopper)

3. Volcán Poás

3.1 V.Poás: Sismología

La actividad sísmica en el volcán Poás empezó a decaer a partir de la última erupción freática importante, ocurrida el 13 de octubre (Fig. 19). Luego de esta erupción se registraron varios temores cortos de mediana amplitud e infrecuentes sismos de baja frecuencia (LF) con amplitudes mucho mayores a las amplitudes de los sismos de baja frecuencia que se registran con regularidad en el volcán Poás. Estos sismos de gran amplitud continuaron registrándose durante el mes de noviembre y diciembre, cada vez con menor frecuencia. Igualmente los temores de mediana amplitud fueron desapareciendo de los registros sísmicos paulatinamente.

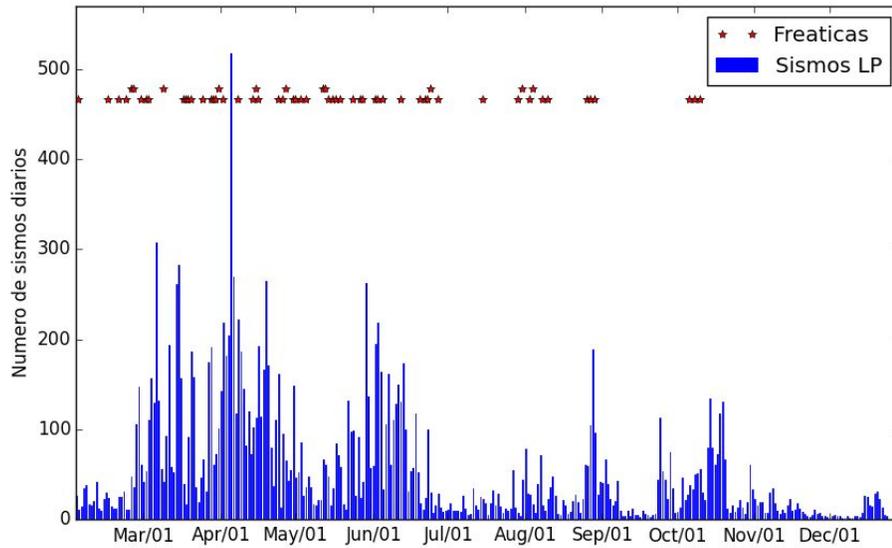


Figura 19. Número de sismos volcánicos registrados diariamente en el volcán Poás durante el 2014. Los asteriscos muestran los días con erupción freática registrada en los sismogramas, cuando el asterisco se desplaza hacia arriba indica más de una erupción freática por día.

Entre enero y octubre del 2014 se registraron numerosas erupciones freáticas, la mayoría muy pequeñas para dejar un registro sísmico. Sin embargo, las mayores erupciones permitieron determinar la energía sísmica liberada durante la erupción para poder realizar un estudio comparativo del tamaño de las erupciones, ya que la mayoría de estas grandes erupciones ocurrieron durante la noche o en medio de un período de lluvia o neblina, lo que impidió determinar la altura de la columna y clasificar los eventos por su tamaño. La figura 20 muestra una comparación de la energía sísmica liberada para las mayores erupciones freáticas. Las más energética ocurrieron el 8 y 13 de octubre, seguidas en tamaño por la del 2 de junio.

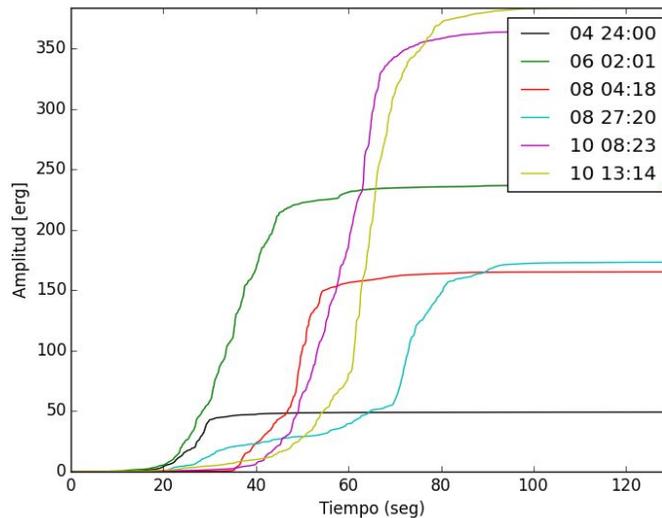


Figura 20. Energía sísmica liberada como función del tiempo.

Una descripción con mayor detalle de las erupciones freáticas de este año se puede encontrar en los informes de prensa del 2014 del OVSICORI: “Volcán Poás: Actividad

freática en el 2014. Erupciones freáticas de junio y octubre: las más energéticas del año” (www.ovsicori.una.ac.cr//index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=43:premsa-2014&Itemid=54).

3.2 V.Poás: Deformación geodésica

La deformación del volcán Poás se observa con mediciones de distancias en el cráter, mediciones de InSAR proveído por la NASA y más recientemente se colocaron dos antenas permanentes GPS, que no muestran movimientos significativos hasta el momento. La deformación proveído por InSAR entre el 8 de marzo del 2013 y el 5 de mayo del 2014 fue menor a 5 cm y se localiza en el borde del cráter activo y en un área a 2 km al oeste del mismo cráter donde la pendiente se acentúa (Fig. 21). Estos movimientos relativos están probablemente asociados a inestabilidades locales.

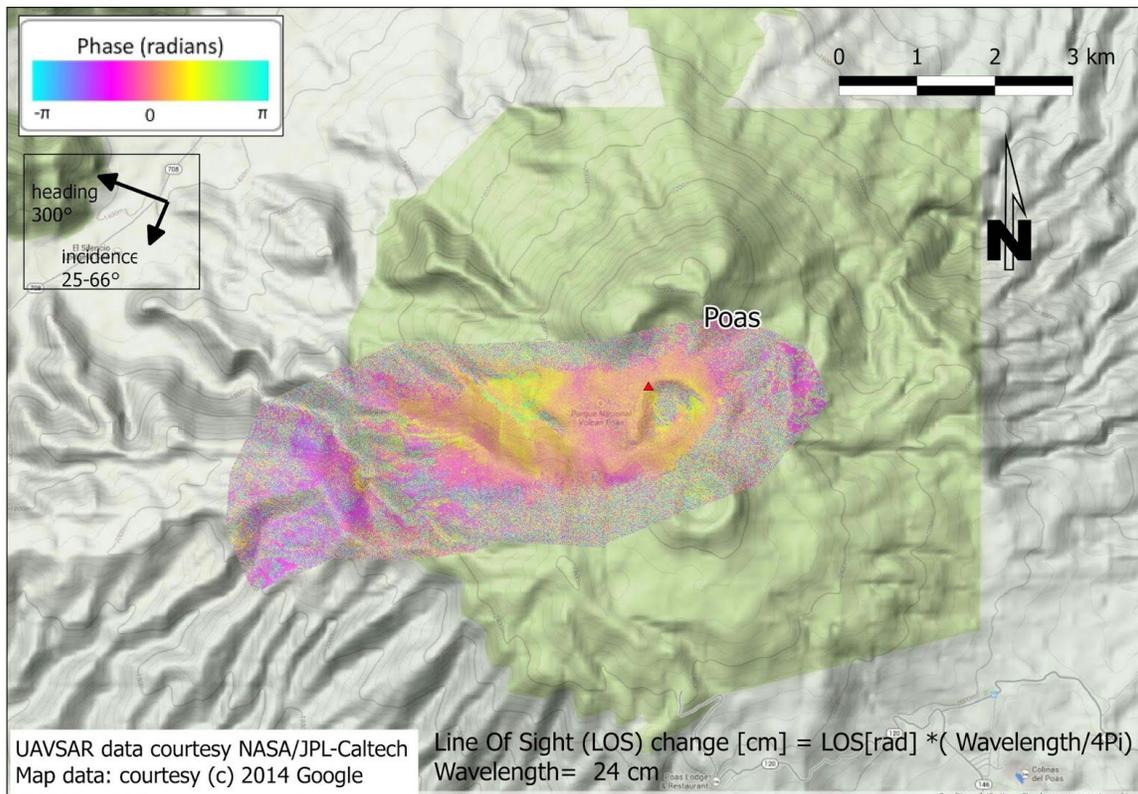


Figura 21. InSAR del volcán Poás entre 8 de marzo 2013 y el 5 de mayo 2014.

Las distancias se miden entre un pilar en el mirador (P1VD en la Fig. 22) y 5 reflectores alrededor del cráter. Tres reflectores fueron instalados en 2005 (VPB, VPF, VPG) y 2 otros en 2012 (VPE y VPD). Aunque estas mediciones son relativas y sólo pueden detectar movimientos en la dirección de las distancias (1D), la serie de tiempo de las mediciones registradas (Fig. 23) muestra que un cambio simultáneo en varias de las distancias es indicador de una variación en el comportamiento del volcán. De hecho, la extensión de las distancias ocurrió al mismo tiempo que: 1) el inicio de la actividad freática al inicio del

2006, 2) el incremento de las temperaturas del domo a finales del 2008 y 3) el pico de explosiones freáticas en el 2012.

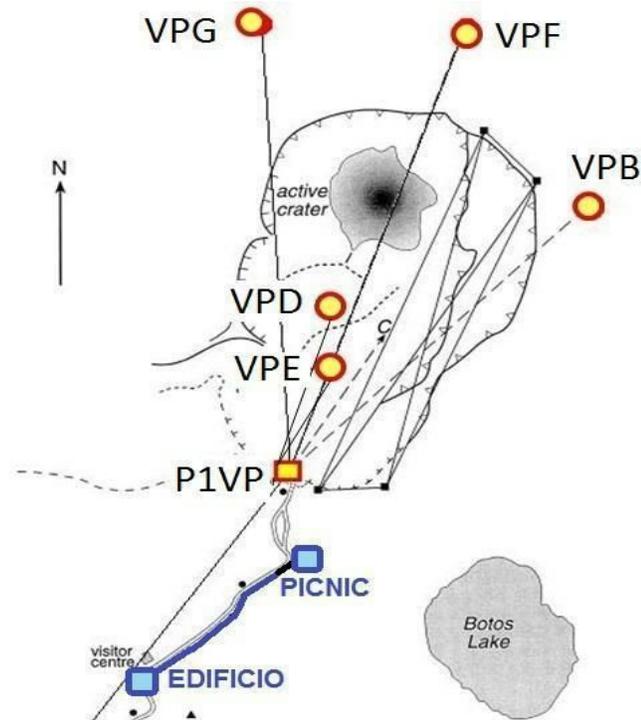


Figura 22. Red geodésica del volcán Poás. Puntos en rojo-amarillo representan los reflectores EDM medidos desde el monumento Pilar Mirador (cuadro rojo-amarillo).

Las observaciones de los últimos meses muestran un incremento de las distancias desde 2 hasta 4 cm. Este cambio es significativo y es similar a lo que se observó entre abril del 2012, aunque el incremento observado es menor.

En la figura 23 puede apreciarse variaciones significativas en las distancias relacionadas con la ocurrencia de las mayores explosiones freáticas del volcán Poás. La correlación entre la deformación y los eventos volcánicos recientes, sugieren que el patrón observado durante los últimos meses podría anunciar un periodo de mayor actividad freática en el volcán.

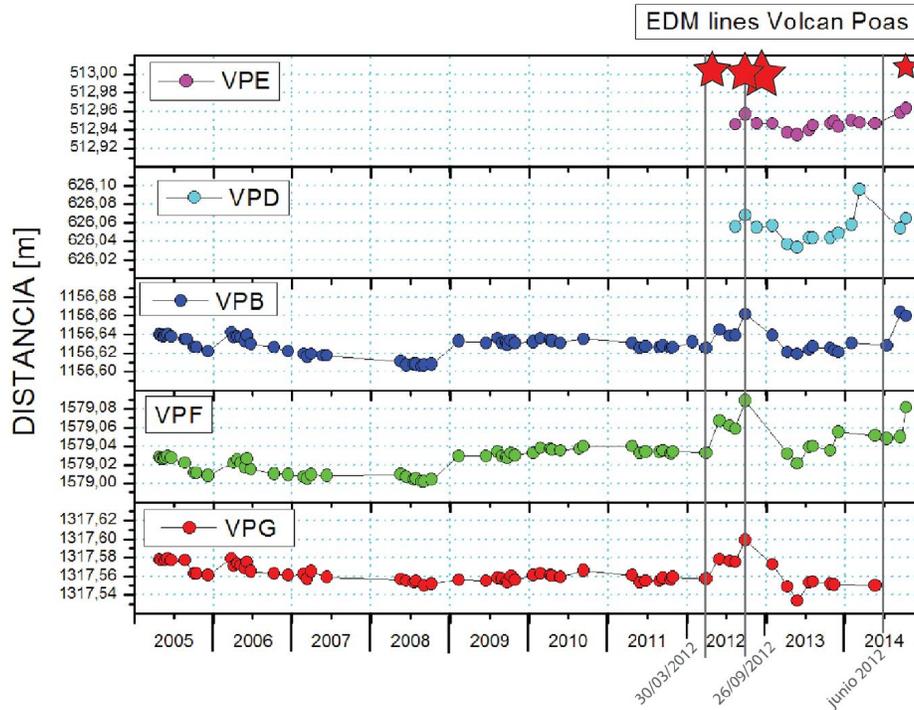


Figura 23. Longitud de las distancias EDM observadas entre el monumento Pilar Mirador, ubicado en el borde sur del cráter activo del Poás, y los reflectores VPE, VPD, VPB, VPF y VPG. Las estrellas rojas muestran la 4 explosiones más grandes registradas desde febrero del 2012. El tamaño de las estrellas representa la energía de cada explosión.

3.4 V.Poás: El lago ultra ácido

Durante el año 2014, el Poás mostró una frecuente e intensa actividad freática en el lago ultra-ácido y fuerte desgasificación magmática en el “domo”, estructura ubicada en el borde sur del lago. Los funcionarios del Parque Nacional Volcán Poás indicaron que la última erupción freática conocida es la del 13 octubre 2014.

Durante la mayor parte del 2014 la actividad presenta un régimen con una componente magmática predominante, pero al final del año, a partir de finales de octubre el sistema presenta condiciones de carácter marcadamente hidrotermal (Fig. 24).

Entre noviembre y diciembre el volumen del lago ha aumentado considerablemente por la alta precipitación pluvial. No se han observado más erupciones freáticas desde el 23 de octubre 2014. Entre finales de noviembre y diciembre 2014 el lago mostró un cambio drástico e inusual de color de gris verdusco a turquesa brillante señalando una disminución marcada en la tasa de emisión de volátiles magmáticos a través de las fumarolas subacuáticas.

De esta manera las condiciones redox del sistema hidrotermal favorece la estabilización del hierro en su forma reducida (Fe^{2+}) en las aguas ácidas y ricas en azufre y sílice coloidal. La combinación de la presencia del Fe^{2+} disuelto en el agua del lago y de minerales como azufre y sílice coloidal suspendidos en la columna de agua del lago

resulta en un efecto óptico y químico que da origen al color turquesa brillante como el de la figura 25.

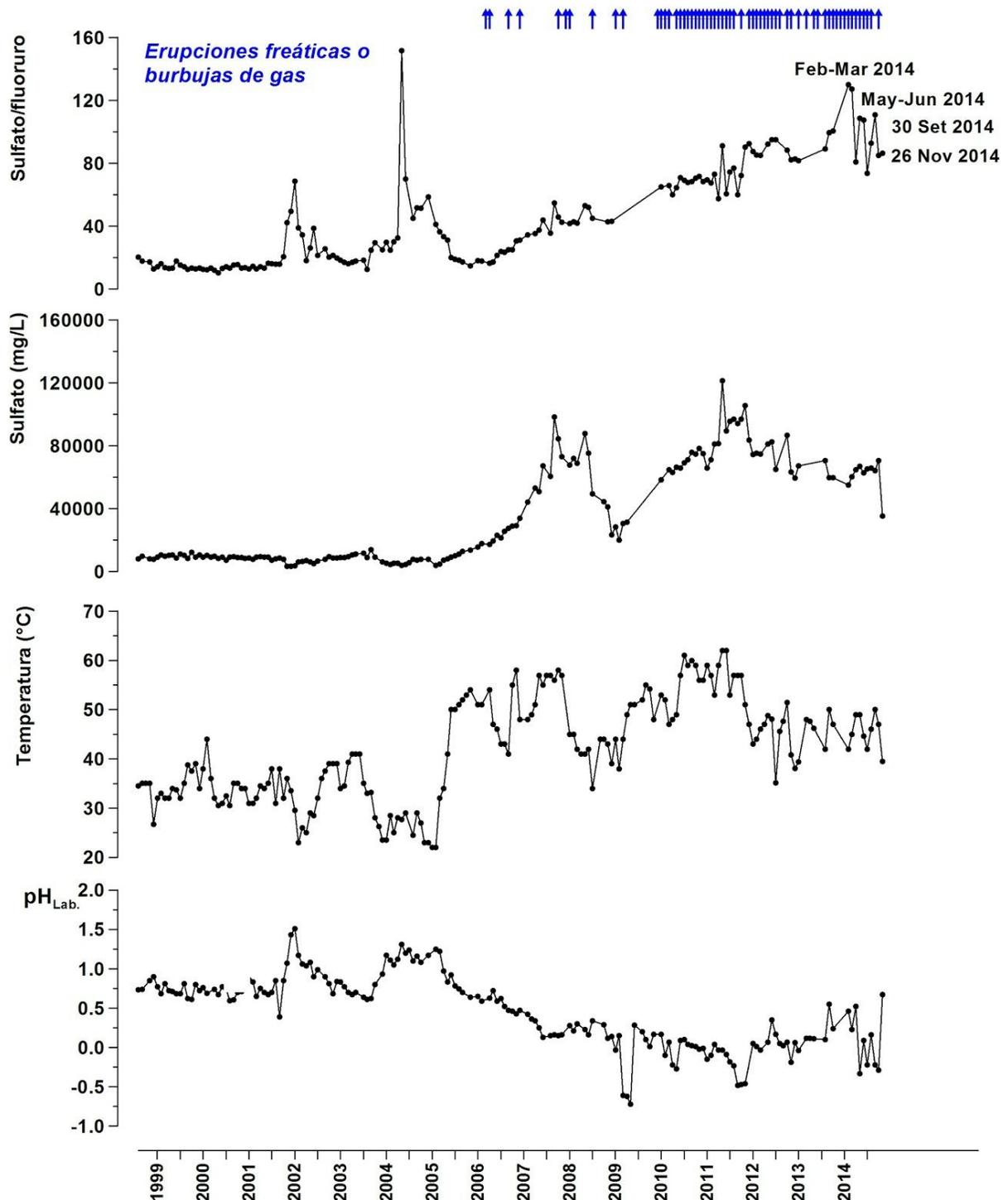


Figura 24. Perfiles geoquímicos (1998 - 26 nov 2014) del lago ultraácido del volcán Poás mostrando fluctuaciones marcadas debido a cambios en el régimen del sistema magmático hidrotermal que alimenta el lago y las fumarolas del domo. Fuente: Laboratorio de Geoquímica Volcánica Dr. Eduardo Malavassi Rojas del OVSICORI-UNA.



Figura 25. Vista del lago ultraácido del Poás desde el Mirador de Visitantes en el borde sur del cráter. Nótese el inusual color turquesa brillante del lago el 19 diciembre 2014. Foto cortesía de: Patry Cartín.

3.5 V. Poás: El “Domo”

En 2014, la temperatura de las fumarolas del “domo” osciló entre ~200°C y ~650°C de manera muy parecida al año anterior (Fig. 26).

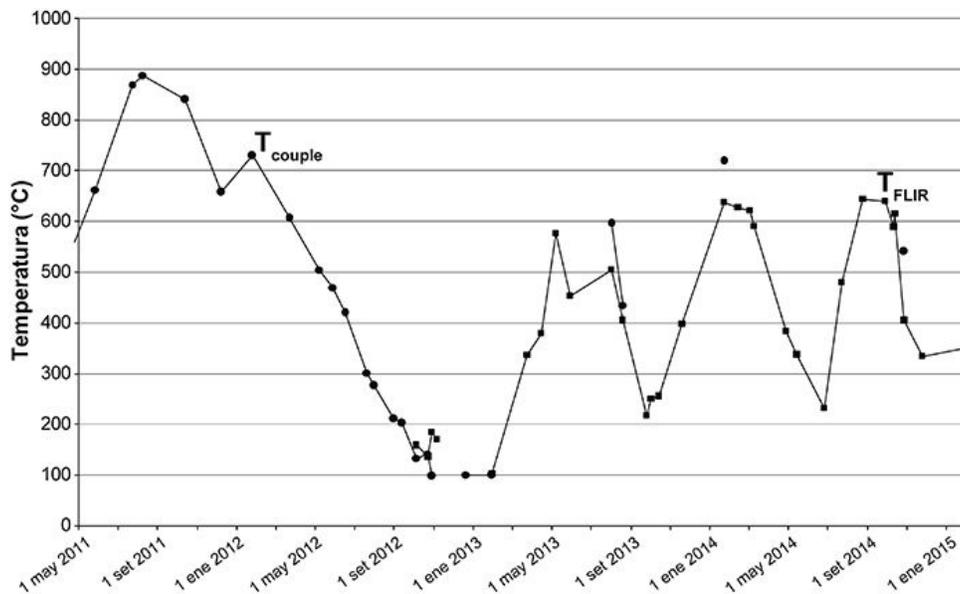


Figura 26. Evolución de la temperatura de las fumarolas sobre el “domo” desde 2011.

4. Volcán Arenal

4.1 V. Arenal: Sismología

Las estaciones sísmicas ubicadas en las cercanías del volcán Arenal no registraron sismos volcánicos, temores o sismos volcano-tectónicos importantes relacionados con este volcán.

4.2 V. Arenal: Deformaciones y deslizamientos

Entre los peligros potenciales actuales en el volcán Arenal se tiene principalmente avalanchas de rocas por inestabilidad de sectores del edificio volcánico y como efecto de sismos de magnitud considerable como el terremoto de Nicoya del 5 setiembre 2012.

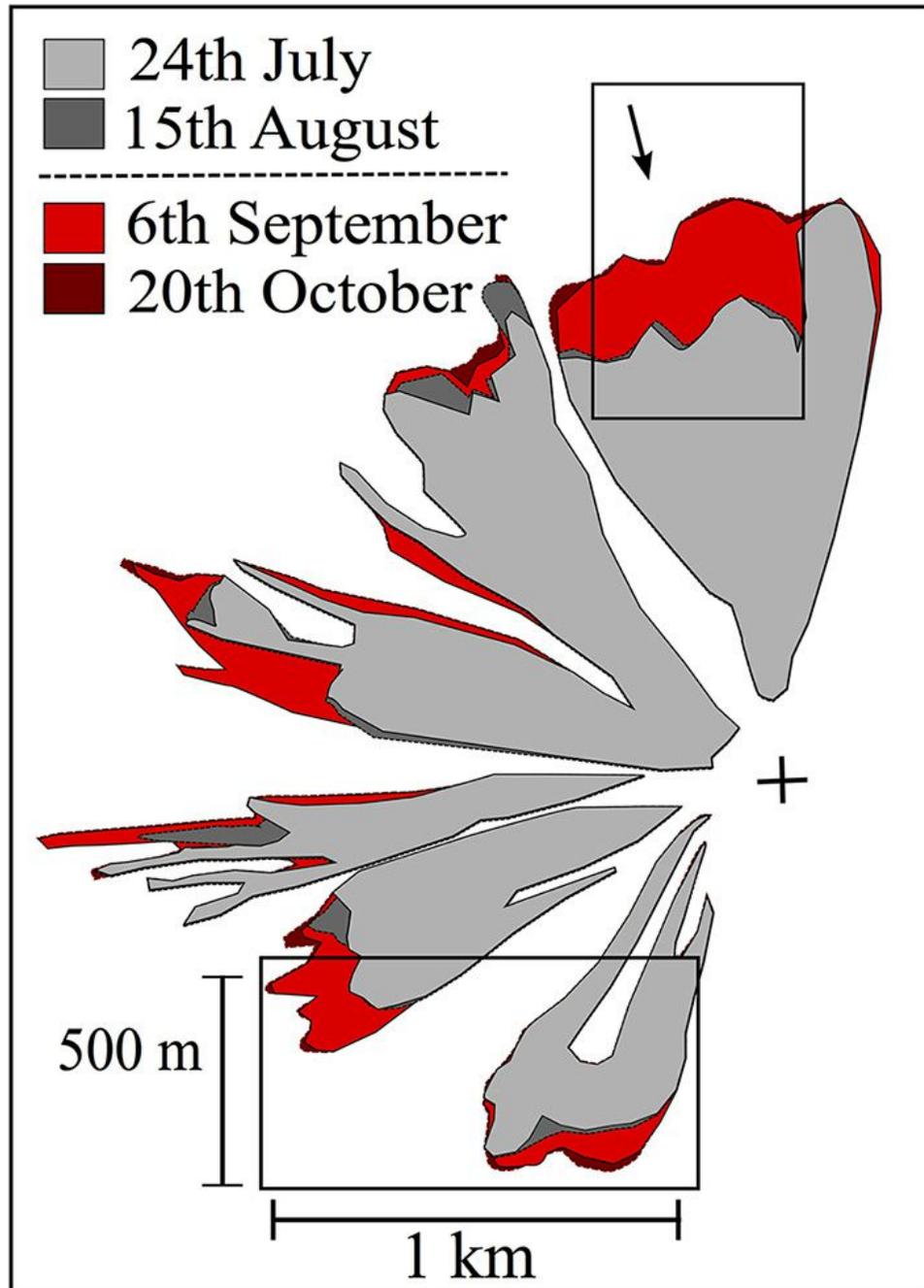


Figura 27. Contornos de áreas del cono volcánico del Arenal cubiertas por avalanchas de rocas entre el 2 de julio y el 20 de octubre 2012 inferidos de imágenes satelitales de radar de alta resolución TerraSAR-X(TSX). Los sectores con ocurrencia de avalanchas de rocas antes del terremoto de Nicoya del 5 setiembre 2012 se muestran en tonos grises, los sectores afectados por avalanchas de rocas en las horas siguientes al terremoto de Nicoya se muestran en rojo. La cruz a la derecha de este diagrama representa la cima del volcán Arenal.

Imágenes satelitales de radar de alta resolución TerraSAR-X(TSX) generadas entre los años 2011-2013 proveen evidencia de la ocurrencia esporádica de avalanchas de rocas y de la existencia de al menos 16 deslizamientos superficiales activos que presentan un movimiento lento desde la región sumital.

Se estima que estos deslizamientos tienen un espesor entre 5 y 11 metros y conjuntamente conforman un volumen total de material rocoso de aprox. $2.4 \times 10^7 \text{ m}^3$ (Fig. 27). El estudio de imágenes satelitales de radar también permitió determinar que el terremoto de Nicoya del 5 setiembre del 2012 (Mw7.4) no tuvo un impacto medible en las velocidades de las unidades en deslizamiento, pero sí resultó en un incremento en el área afectada por avalanchas de rocas (Ebmeier *et al.*, 2014).

4.3 V. Arenal: Gases

Las últimas mediciones de gases en el volcán Arenal se realizaron en abril del 2014 (OVSICORI-UNA, abril 2014). Las temperaturas más altas encontradas registraron 419°C en la parte este del cráter activo C (Fig. 28) y se deben al calor residual de las rocas en el conducto principal.

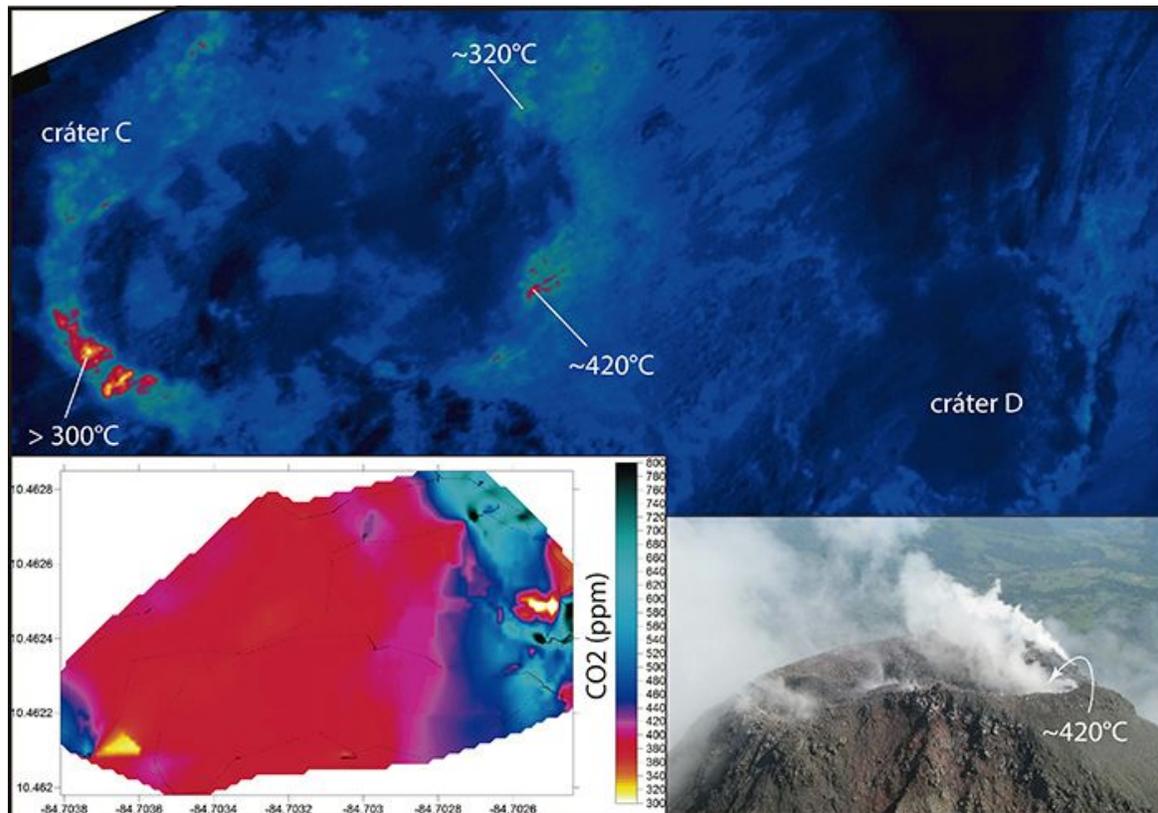


Figura 28. Mapas de las anomalías térmicas y de las emisiones de CO_2 en la cumbre del volcán Arenal.

Las mediciones de concentraciones de gases con un MultiGAS móvil no detectaron la presencia de SO_2 pero detectaron emisiones de CO_2 , H_2S y H_2O . Esta campaña de mediciones permitió definir que el volcán Arenal emitía actualmente $\sim 98\%$ H_2O , $\sim 2\%$

CO₂ y ~0.005% H₂S. En concordancia con las mediciones de MultiGAS, los transectos y escaneos con DOAS y FLYSPEC no detectaron emisiones de SO₂.

Estos datos de gases indican que el volcán Arenal está en un estado de reposo y la desgasificación es débil y de naturaleza hidrotermal. Las temperaturas altas registradas en el cráter activo C en abril 2014 se deben al calor residual de las rocas en el conducto principal. A noviembre 2014, el Arenal se muestra en reposo con actividad fumarólica muy débil. Los vapores que emanan en ocasiones a través de los cráteres C y D son de composición hidrotermal y consiste básicamente de vapor de agua y dióxido de carbono (CO₂) (Fig. 29).

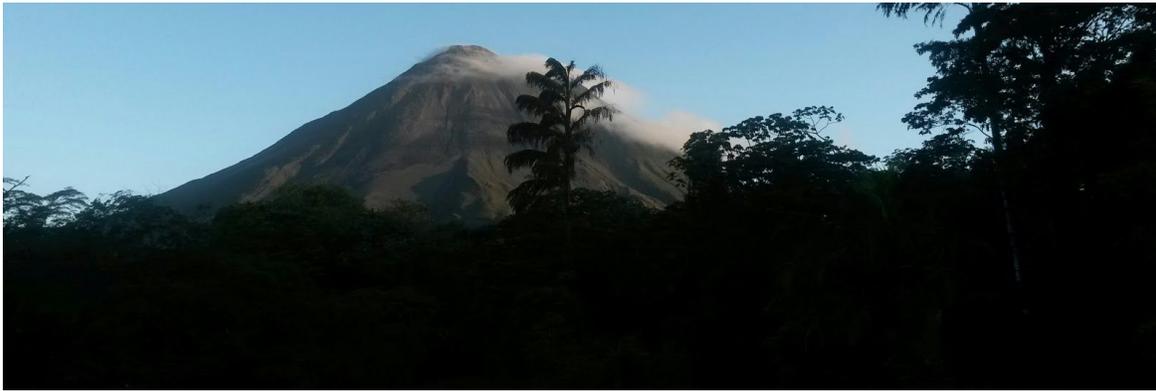


Figura 29. Volcán Arenal visto desde el sur desde una distancia de 3,2 km el 23 diciembre 2014. Foto: Martijn Keizer OVSICORI-UNA.

5. Volcán Rincón de la Vieja

5.1 V.Rincón de la Vieja: Sismología

La actividad sísmica generada por este volcán ha sido muy baja durante el año 2014. Se registraron dos erupciones freáticas pequeñas el 18 de setiembre y 24 de octubre. Aparte de estas dos erupciones freáticas, que no estuvieron acompañadas por actividad anormal, se registraron pocos temblores de muy baja amplitud y sismos de baja frecuencia esporádicos. La actividad volcano-tectónica también fue escasa, sin presentarse enjambres importantes o prolongados.

5.2 V.Rincón de la Vieja: Fumarolas y lago ultraácido

Las fumarolas en la pared interna oeste del cráter activo que se encuentran parcialmente sumergidas en el lago (Fig. 30) continúan con un flujo bajo de vapor y gas registraron en el transcurso del año una temperatura aparente de ~90°C con ayuda de una cámara termográfica portátil FLIR SC660.

A finales del 2014 el lago ultraácido mostró un color turquesa lechoso y un nivel de agua muy alto debido a las cuantiosa precipitación pluvial registrada entre noviembre y diciembre.

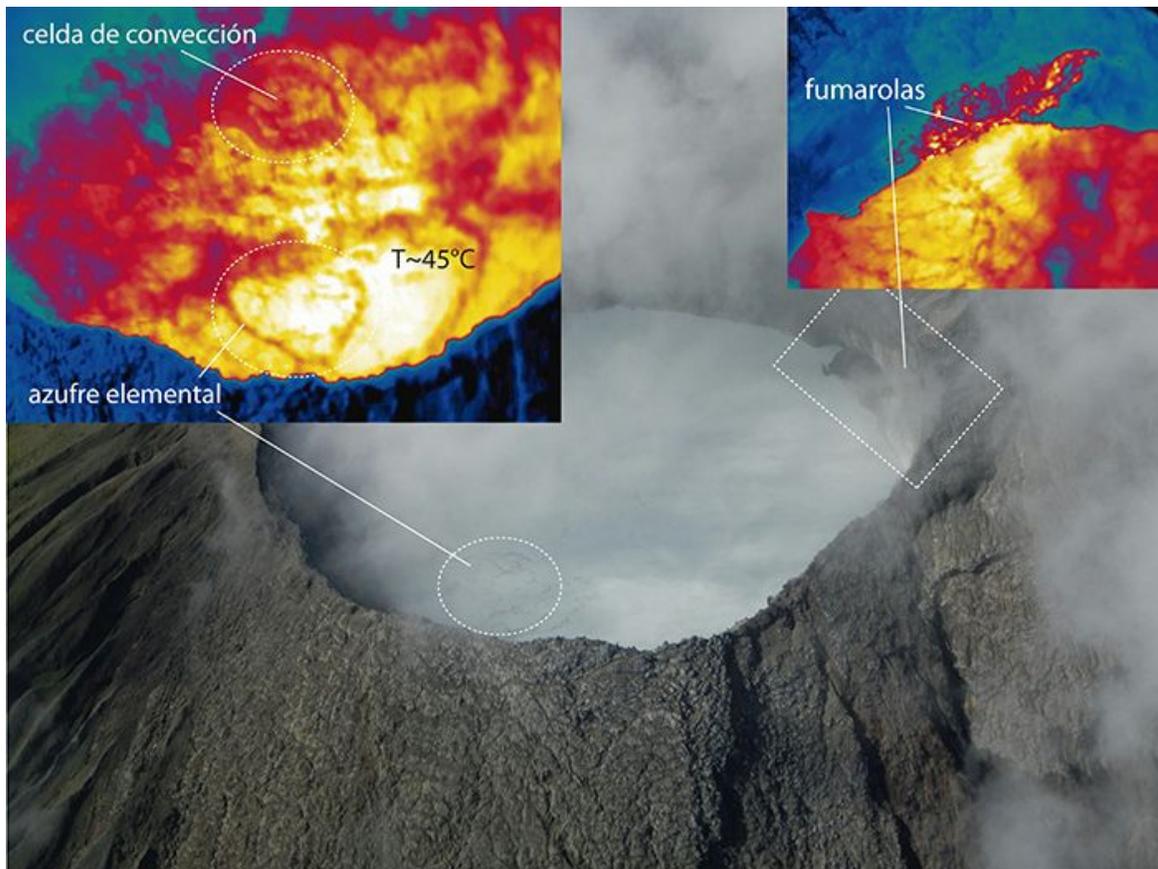


Figura 30. Rincón de la Vieja el 20 setiembre 2014 (Fotos: G. Avard)

En abril 2014 el lago ultra-ácido registró una temperatura de $\sim 29^{\circ}\text{C}$. Respecto a los gases, se midió en abril un flujo total de SO_2 de ~ 70 toneladas por día con FLYSPEC V2 (Fig. 31). Más recientemente, en octubre 2014, las razones de CO_2/SO_2 oscilaron entre 3 y 10 con un sistema MultiGAS móvil, sugiriendo una disminución significativa en estos valores cerca de la fecha de ocurrencia de erupciones freáticas en setiembre 2014.

El flujo y composición de los gases indica desgasificación moderada con composición entre hidrotermal y magmática a través del cráter activo (OVSICORI-UNA, abril 2014; OVSICORI-UNA, octubre 2014; OVSICORI-UNA, noviembre 2014).

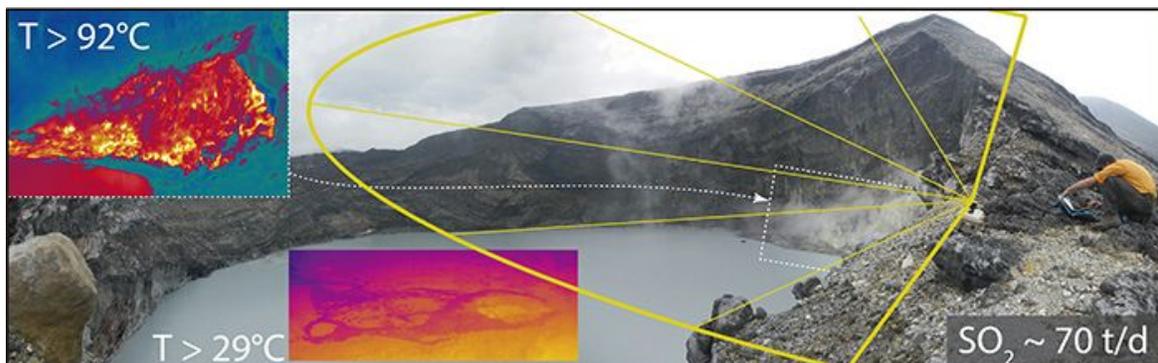


Figura 31. Medición del flujo de SO_2 con FlySpec en abril del 2014 (Fotos: G. Avard).

Bibliografía

Ebmeier, S.K., Biggs, J., Muller, C., Avar, G. 2014. Thin-skinned mass-wasting responsible for widespread deformation at Arenal Volcano. *Frontiers in Earth Science Volcanology* 35(2). doi: 10.3389/feart.2014.00035

OVSICORI-UNA, abril 2014.

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

OVSICORI-UNA, mayo 2014.

http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=520:estado-de-los-volcanes-mayo-2014&id=44:2014&Itemid=73

OVSICORI-UNA, 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

Reconocimientos

Se agradece a los funcionarios del Sistema Nacional de las Áreas de Conservación y los funcionarios de los Parques Nacionales de Costa Rica, así como a las personas que ayudaron con las mediciones, el trabajo de campo y de laboratorio presentado en esta publicación. Nuestro agradecimiento también a la compañía Termogram S.A. por facilitar el termógrafo infrarrojo FLIR T650sc al OVSICORI-UNA para pruebas de campo en los volcanes.

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: ovsicori@una.cr
Website: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/>
Facebook: <http://www.facebook.com/OVSICORI?ref=ts>