

*Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Febrero 2013*



Rodolfo van der Laat haciendo mediciones electrónicas de distancias, EDM (foto: E.Duarte). En homenaje a sus 32 años de labor al OVSICORI-UNA.

Elaborado por:

Geoffroy Avar, Javier Fco. Pacheco, Eliécer Duarte, Efraín Menjivar, Enrique Hernández

Con contribuciones de:

Rodolfo van der Laat, Tomas Marino, Marino Protti, Federico Chavarria-Kopper

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

I_ Volcán Turrialba

La sismicidad sigue siendo dominada por el sistema hidrotermal con fracturas superficiales y movimiento de fluidos. Sin embargo se registraron varios sismos volcano-tectónicos con profundidades de hasta 5 km bajo el nivel del mar y algunos sismos de baja frecuencia que parecieran ser producto de movimiento de fluidos a profundidad. Se registró un promedio de alrededor de 900 t/d de SO₂ entre el 1 y el 17.

I_1 V.Turrialba: Sismología

En la Figura 1 se muestra un mapa con los sismos registrados entre enero y febrero del 2013 en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica. La mayoría de los sismos volcano-tectónicos localizados en los macizos volcánicos se agrupan en los volcanes Irazú y Turrialba. Dos sismos se lograron localizar en el volcán Poás y solo uno en el volcán Barva.

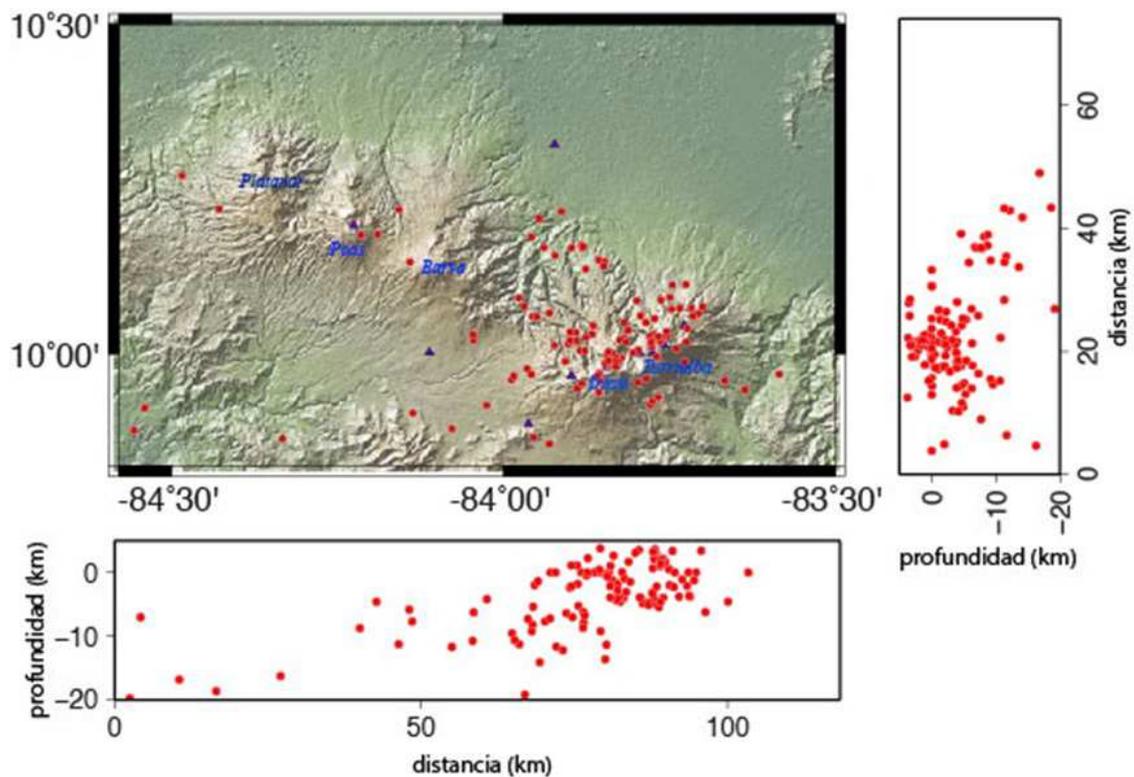


Figura 1: Mapa de la Cordillera Volcánica Central mostrando los sismos (puntos rojos) localizados en las cercanías del eje volcánico. Triángulos representan estaciones sísmicas. Los cortes transversales están centrados en el volcán Turrialba.

La sismicidad en el volcán Turrialba continúa siendo dominada por sismos híbridos que se localizan en el sistema hidrotermal, dentro de la cima, con profundidades menores a 2 km bajo la cima. Sin embargo, tanto en enero como en febrero se registraron varios sismos con profundidades entre el nivel del mar y 6 km que se localizan bajo la cima del volcán y en los alrededores, siempre dentro del macizo (Fig.2). Otra sismicidad importante se localizó hacia el norte y el noroeste del volcán, probablemente asociado a fallas locales.

Entre los sismos volcánicos registrados la mayoría son sismos híbridos superficiales y algunos sismos relacionados con el movimiento de fluidos superficiales dentro del sistema hidrotermal. Estos sismos presentan frecuencias muy altas y algunos son armónicos (Fig.3).

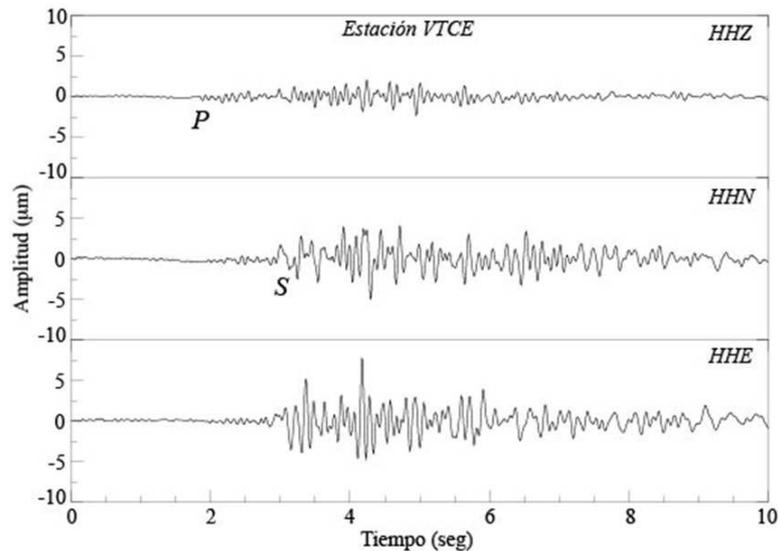


Figura 2: Sismograma registrado en la estación VTCE de un sismo profundo (4 km) bajo el volcán Turrialba. El tiempo de diferencia entre S y P es de alrededor de 1 segundo.

Los niveles de sismicidad en el volcán Turrialba se mantienen bajos (Fig.4), se contabilizaron menos de 10 sismos volcánicos diarios, con excepción del día 25 de febrero cuando se registraron más de 60 sismos volcánicos de muy baja amplitud. La sismicidad sigue siendo dominada por el sistema hidrotermal con fracturas superficiales y movimiento de fluidos. Sin embargo se registraron varios sismos volcano-tectónicos con profundidades de hasta 5 km bajo el nivel del mar y algunos sismos de baja frecuencia que parecieran ser producto de movimiento de fluidos a profundidad. La pequeña magnitud de estos sismos no permite obtener mayor información sobre sus causas. Sin embargo, una posible explicación de su aparición podría ser una nueva intrusión magmática, aunque pequeña, que aún no se manifiesta en la superficie. Deberá mantenerse una vigilancia estrecha por cambios en los niveles de SO₂.

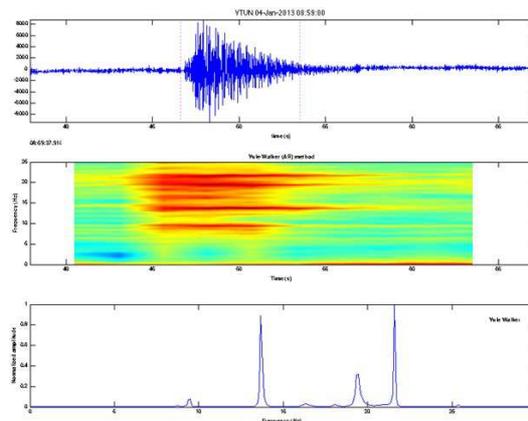


Figura 3: Arriba se muestra el sismograma de un evento armónico de alta frecuencia, al centro su espectrograma y abajo el espectro. Notese los picos espectrales entre 10 y 25 hz.

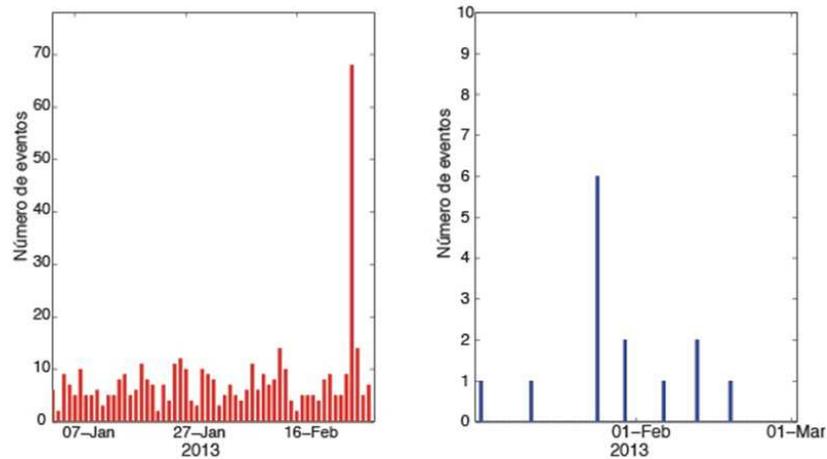


Figura 4: Número de sismos volcánicos (izquierda) y número de sismos volcano-tectónicos (derecha), registrados en el volcán Turrialba.

I_2 V.Turrialba: Deformación

No hay nuevos datos de deformación para el volcán Turrialba.

I_3 V.Turrialba: Geoquímica

I_3.1 Evolución térmica de las zonas activas

Observaciones aéreas no mostraron ningún cambio aparente en febrero del 2013 (Fig.5).



Figura 5: vista aérea del Cráter Oeste del volcán Turrialba el 19 de febrero del 2013 (Foto: Marino Protti gracias a Federico Chavarria-Kopper)

I_3.2 Sistema hidrotermal

No hay nuevos datos sobre el sistema hidrotermal para el mes de febrero.

I_4 V.Turrialba: Pluma de gases

La pluma del volcán Turrialba no presentó un cambio significativo en el flujo de SO_2 durante el mes de febrero. Se registró un promedio de alrededor de 900 t/d entre el 1 y el 17 (Fig.6). Considerando la incertidumbre sobre las características de la pluma, este valor

no representa un aumento creíble en comparación de las 750 t/d de enero en promedio. Además, las valores máximos en febrero (hasta el 17) son del mismo orden pero más pequeños que en enero.

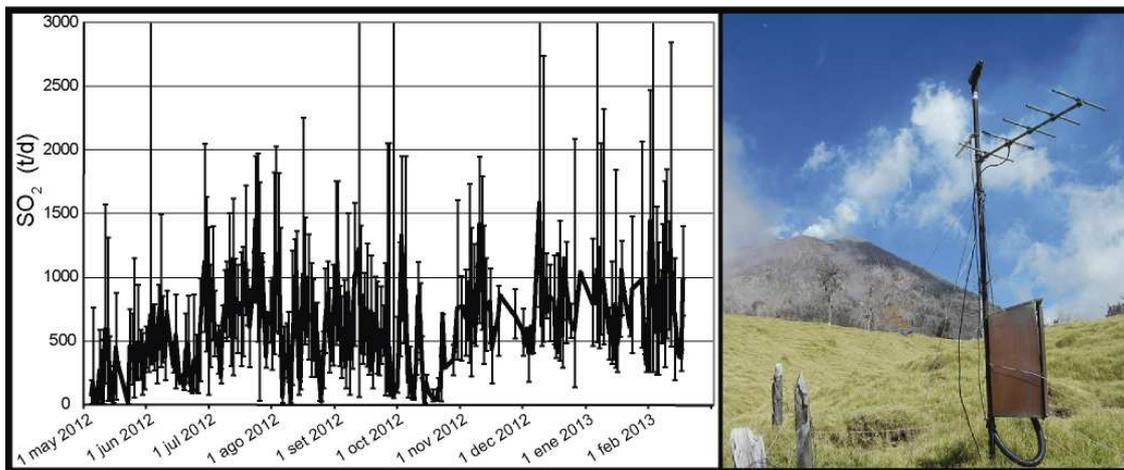


Figura 6: Flujo diario de SO_2 en la pluma medido por una estación mini DOAS permanente ubicada en la Central (Foto: G.Avard)

II_ Volcán Irazú

La perturbación provocada por el sismo de Nicoya del 5 de setiembre, 2012, parece llegar a su final. Tanto las amplitudes como los intervalos de tiempo entre eventos vuelven a tener valores similares a los mostrados previos al sismo de Nicoya. El nivel del lago en el cráter activo del volcán Irazú se seco completamente durante el mes de febrero del 2013.

II_1 V.Irazú: Sismología

La figura 1 muestra la sismicidad volcano-tectónica localizada en y los alrededores del volcán Irazú. Se mantienen niveles bajos de sismicidad comparados con el 2012, sin embargo la sismicidad se localiza homogéneamente alrededor del volcán, sin actividad asociada a una sola falla o sistema de fallas.

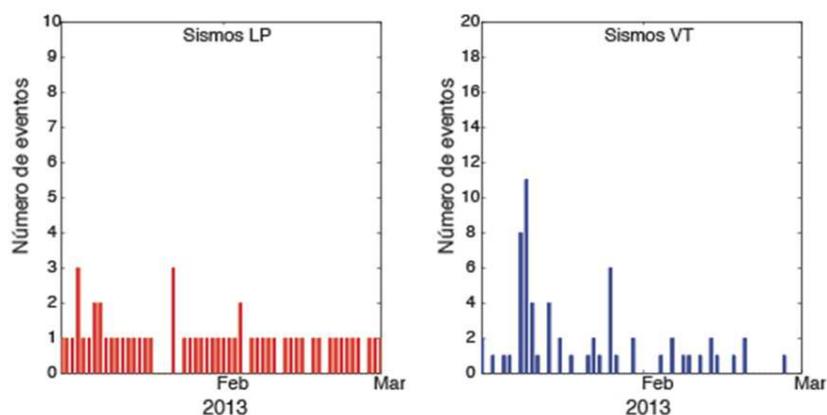


Figura 7: Número de sismos volcánicos (izquierda) y volcano-tectónicos (derecha) registrados en el volcán Irazú durante los meses de enero y febrero.

La sismicidad volcánica sigue mostrando los sismos tipo LP con frecuencias de 1.56 hz que caracterizaron la sismicidad del Irazú durante el 2012 (Fig.7). Sus amplitudes siguen variando entre 1 y 30 micrómetros, con un inicio corto caracterizado por frecuencias entre 4 y 6 hz y una coda larga de mayor amplitud con características monocromáticas de 1.56 hz (Fig.8). En ocasiones estos sismos presentan un pico secundario de 2.15 hz de menor amplitud.

La perturbación provocada por el sismo de Nicoya del 5 de setiembre, 2012, parece llegar a su final. Tanto las amplitudes como los intervalos de tiempo entre eventos vuelven a tener valores similares a los mostrados previos al sismo de Nicoya (Fig.9). Las amplitudes se agrupan alrededor de 10 micrones/seg y el tiempo entre eventos se acerca a 29 horas.

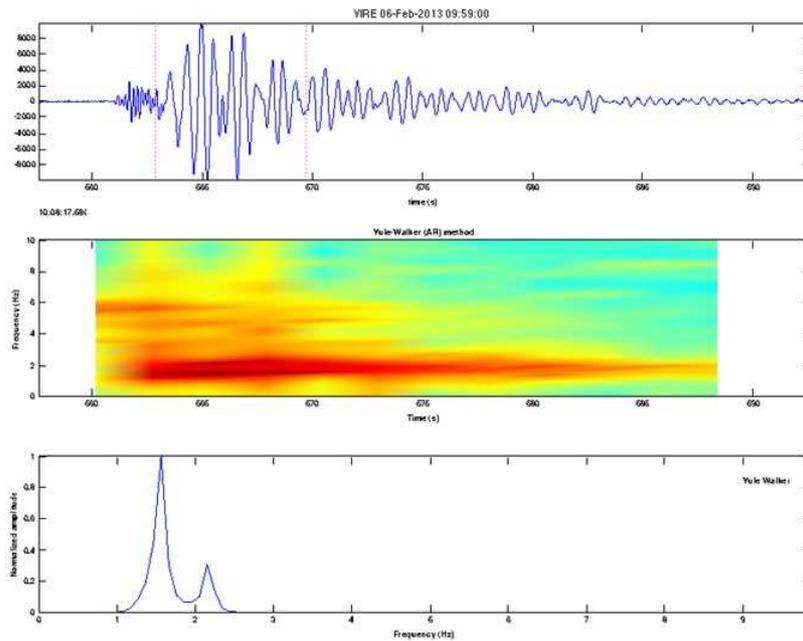


Figura 8: Sismograma de un sismo LP (arriba). Espectrograma del LP (centro). Espectro de frecuencias del sismo LP (abajo).

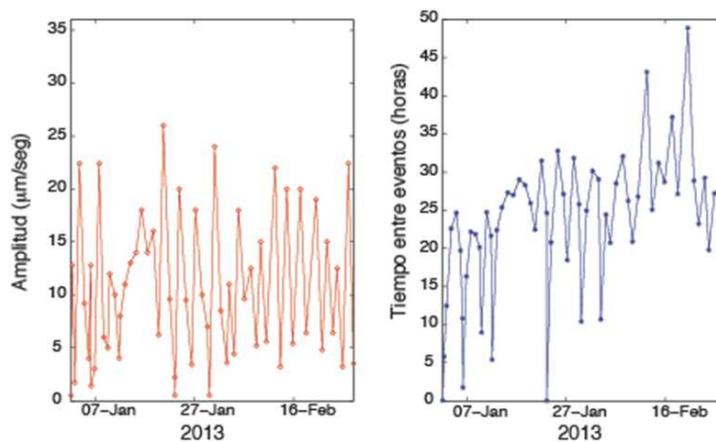


Figura 9: Variación de la amplitud de la señal LP con el tiempo (izquierda). Variación del intervalo de tiempo entre eventos LP (derecha).

II_2 V.Irazú: Deformación

Las deformaciones de las líneas EDM (Medición Electrónica de Distancias) para los reflectores HAYA, BUNKER1 y BUNKER2, desde el año 2012 (Fig.10), presentan una tendencia general de contracción en el orden de milímetros (5 a 3 mm).

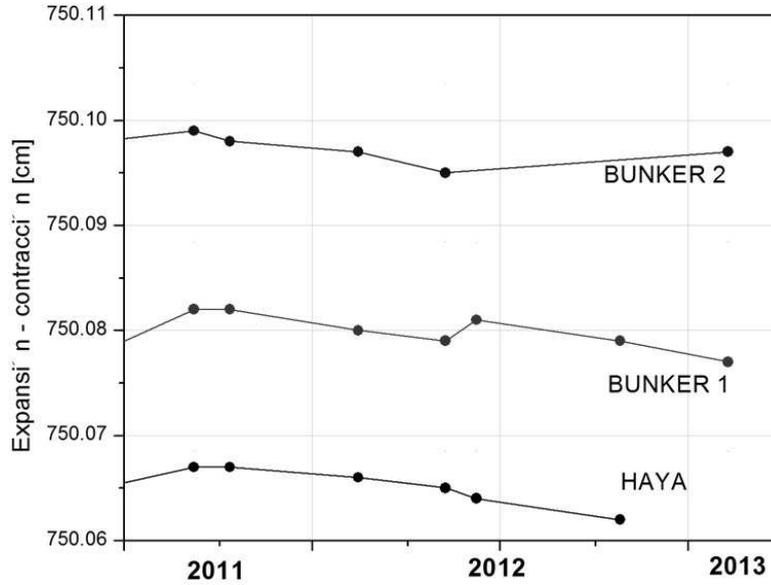


Figura 10: Mediciones hacia los reflectores del Irazú, a partir del Pilar, donde se observan las distancias hacia los puntos Bunker1 y Bunker2.

En febrero se realizó un levantamiento taquimétrico para definir un Modelo Digital del Terreno del cráter Central (Fig.11), aprovechando que el lago se encuentra casi completamente seco. Este modelo puede darnos información de las dimensiones del lago, cuya profundidad es de 270 m a partir de la elevación del Mirador y un área en su parte más baja de aproximadamente 43 000 m². En caso de recuperación del lago se puede calcular su volumen, y estudiar la circulación del agua en la parte alta del edificio.

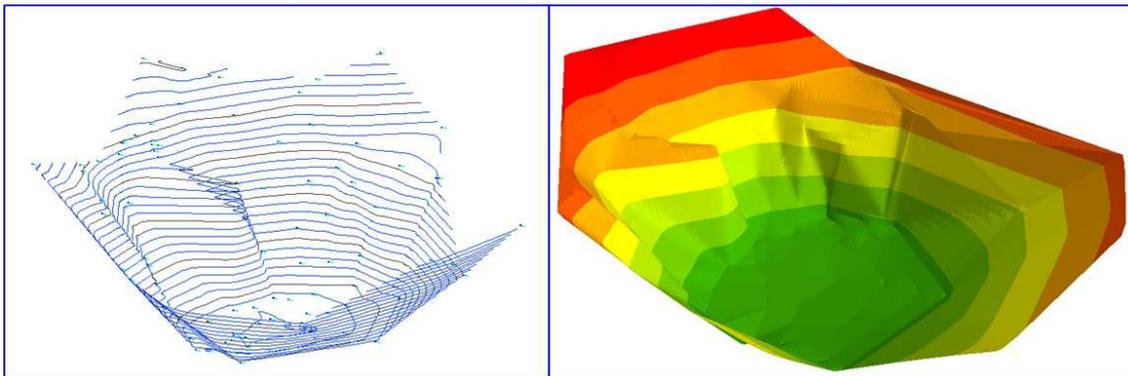


Figura 11: Modelo digital del terreno del Cráter Central, volcán Irazú.

II_3 V.Irazú: Fumarolas zona norte

El flanco norte mantiene un flujo de gas y calor pasivo difuso en zonas que se pueden apreciar con la cámara termográfica infrarroja FLIR SC660 (Fig.12). Temperaturas aparentes alcanzan más de 60°C y casi 87°C a 1m de profundidad (medición directa con

una termocupla). Temperaturas entre 74 y 81°C fueron reportadas desde abril de 1983 (OVSICORI-UNA).

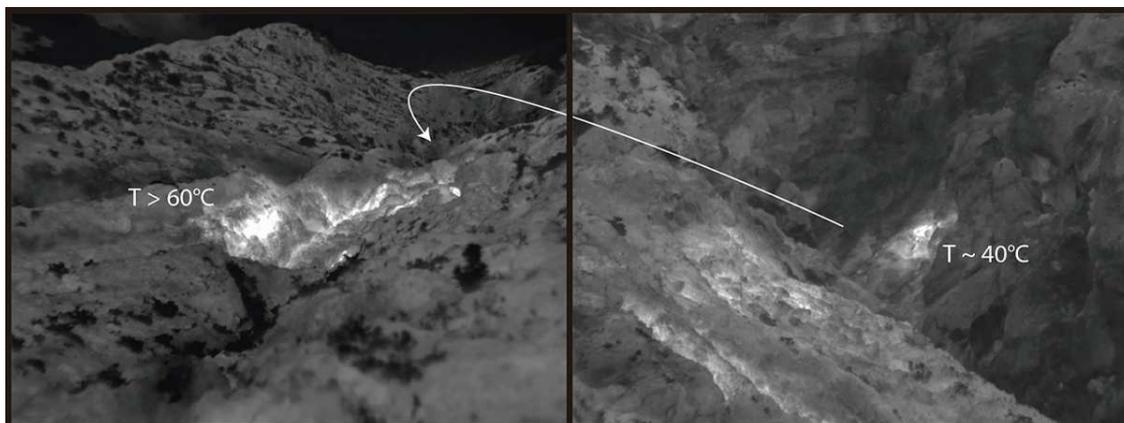


Figura 12: Termogramas del flanco norte del volcán Irazú con zonas de anomalías térmicas (Fotos: G.Avard, 9 feb 2013)

II_4 V.Irazú: Observaciones en el Cráter Principal

Después de meses de nivel bajo, el lago del cráter Principal del volcán Irazú se seco completamente durante el mes de febrero (Fig.13). Tal evento fue reportado en febrero del 1977 y junio del 1987 por G.Alvarado (informes del ICE), y por el OVSICORI-UNA en abril del 1990, y entre mayo y agosto del 2010 (boletines sobre el estado de los volcanes del OVSCORI-UNA).



Figura 13: Lago del Cráter Principal del volcán Irazú casi seco el 9 de febrero del 2013 (Foto: G.Avard, y E.Duarte para el 22 feb 2013) y comparación con el cráter seco el 22 de julio del 2010 (Foto: E.Duarte). Los puntos negros muestran el nivel del lago en abril del 2004.

II_5 V.Irazú: Otras observaciones

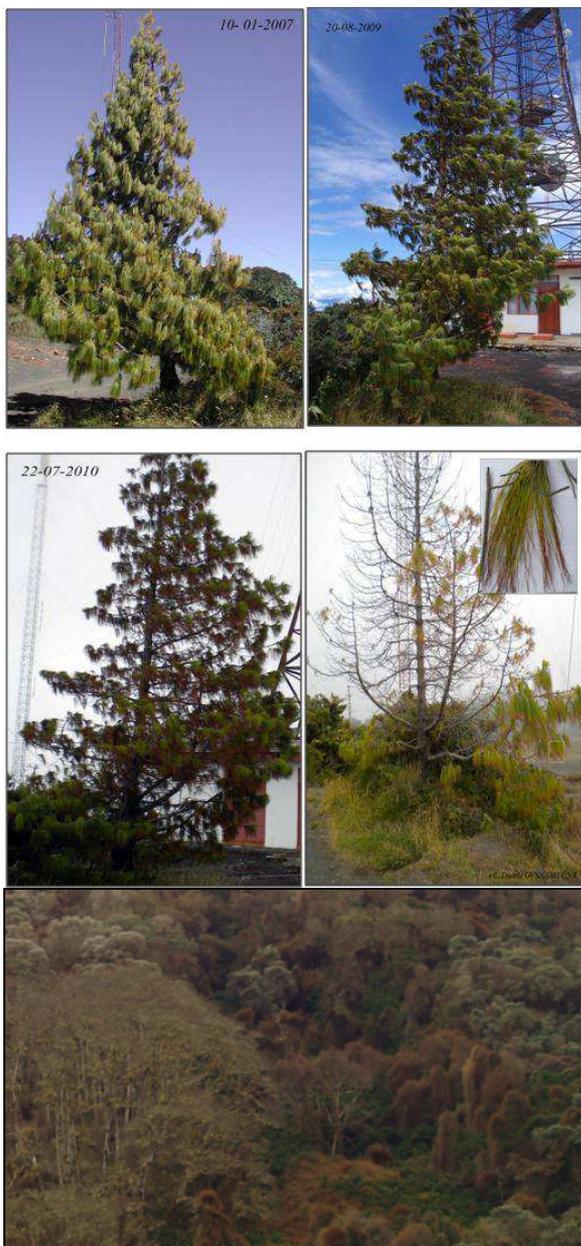


Figura 14: Secuencia de afectación por gases en un árbol de pino, localizado unos 2 kms al SW del cráter principal frente a la torre de comunicación de canal 13. La comparación inicia desde enero del 2007 cuando los gases del volcán Turrialba apenas comenzaban a ser reportados en este sitio. Las otras fotos están de 2009 y 2010. La última foto tomada el 22 de febrero de 2013 muestra la pérdida casi total del follaje.

Foto abajo: Vista de un parche de Jaúles, ubicados camino a San Gerardo, al este del cono piroclástico. Foto tomada (12-2-13) con acercamiento desde Las Virtudes, al oeste del V. Turrialba. (Fotos: E.Duarte)

Los efectos paulatinos de la acidificación en el macizo del Irazú; producidos por gases desde el vecino volcán Turrialba, se han reportado desde el 2008. En no pocas ocasiones se ha reportado por parte de turistas y principalmente guardaparques la visita de esos gases volcánicos que se producen unos 10 kms al este. A pesar de esa distancia los efectos se hacen notorios en vegetación e infraestructura metálica; en forma de quemaduras y rápida corrosión. En el 2010 al menos un estudio específico del OVSICORI documentó un pH 4.0 en colectores de lluvia ácida.

A pesar de que los efectos por acidificación son más notorios en la época seca también se han detectado efectos agudos en vegetación en la época lluviosa.

Hacia el oeste del cráter activo, frente a la torre de transmisión y repetición de canal 13, el efecto de la acidificación se ha documentado en un árbol de pino desde el 2007 (Fig.14a/d).

De igual modo se observan efectos agudos por lluvia ácida en la cara este del volcán; que da de frente hacia el volcán Turrialba (en las cabeceras del Río Toro Amarillo). Es ahí donde la pluma de gases impacta directamente después de un recorrido de unos 6 kms al este. Es también ahí donde los parches de Jaúles son abundantes ya que colonizan las áreas más empinadas del macizo este del Irazú (Fig.14e).

III_ Volcán Poás

La sismicidad en el volcán Poás se mantiene estable, con fluctuaciones en la cantidad de sismos de baja frecuencia (LP) entre 1 y 60 sismos diarios, muy similar al 2012. 16 erupciones fueron registradas sísmicamente, la mayoría ocurrieron durante la noche o durante días nublados. Hasta 5 celdas de convección fueron observadas simultáneamente el 13 de febrero.

III_1 V.Poás: Sismología

La sismicidad en el volcán Poás se mantiene estable, con fluctuaciones en la cantidad de sismos de baja frecuencia (LP) entre 1 y 60 sismos diarios, muy similar al 2012 (Fig.15). Los sismos volcano-tectónicos son más escasos y la mayoría se asocia al sistema de fallas que generó el sismo de Cinchona del 2008.

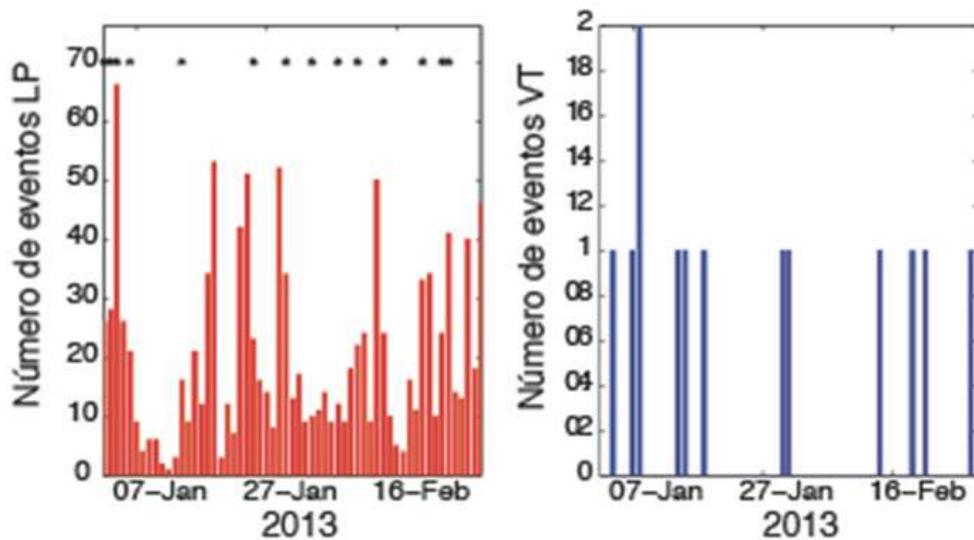


Figura 15: Número de sismos volcánicos diarios (izquierda) y número de sismos volcano-tectónicos (derecha). Los asteriscos muestran los días donde se presentó una erupción freática.

El número de erupciones freáticas se mantiene alto, con valores similares a las registradas durante el 2012 (Fig.16). Igualmente, las amplitudes de estas erupciones se mantienen moderadas. De las 16 erupciones freáticas registradas sísmicamente, solo 2 fueron observadas por turistas y guardaparques. La mayoría de las erupciones ocurrieron durante la noche o durante días nublados. La más interesante ocurrió el 13 de enero del 2013. Según la descripción de los observadores, todo el lago pareció levantarse durante la erupción. Sin embargo, esta no fue la señal de mayor amplitud, y comparado con otras erupciones freáticas pasadas en el volcán, es de moderada magnitud. La otra erupción observada ocurrió el día 22 de febrero, en este caso, el sismograma registró dos erupciones con magnitud similar y separada por 100 segundos.

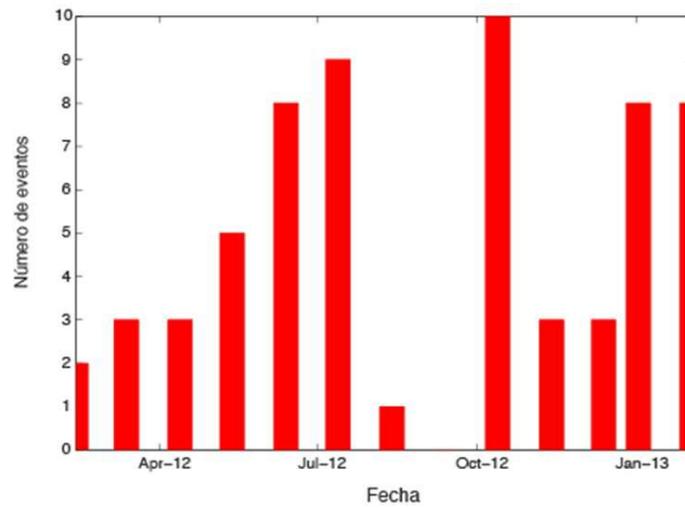


Figura 16: Número de erupciones freáticas registradas sísmicamente por mes.

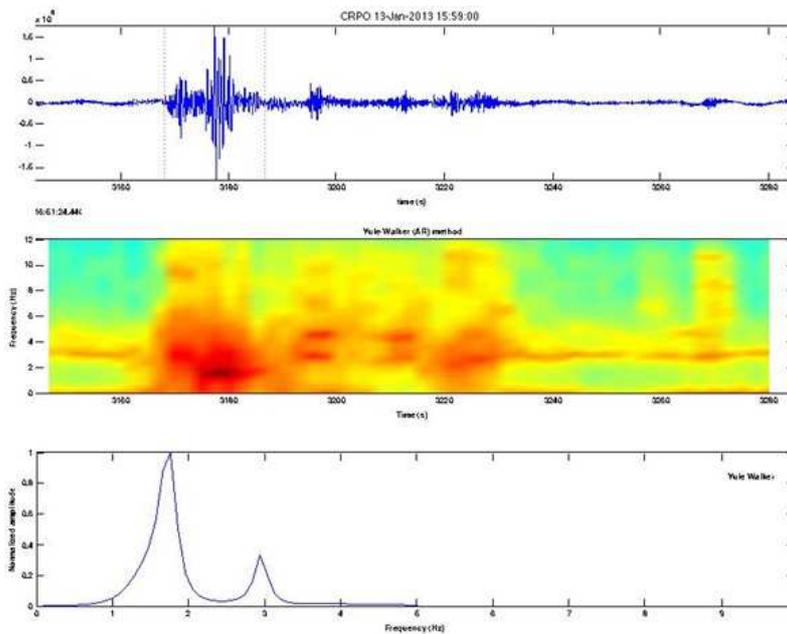


Figura 17: Sismograma de la erupción freática del 13 de enero (arriba). Espectrograma (medio). Espectro de frecuencias (abajo).

III_2 V.Poás: Deformación

El 31 de enero del 2013 se repitieron Mediciones Electrónicas de Distancias (EDM) desde el mirador hacia reflectores alrededor del cráter activo. Los reflectores N y S no presentan cambios significativos, mientras que el BW y D presentan cambios que representan contracciones de 2.6 mm y 2.4mm respectivamente con respecto a la última medición.

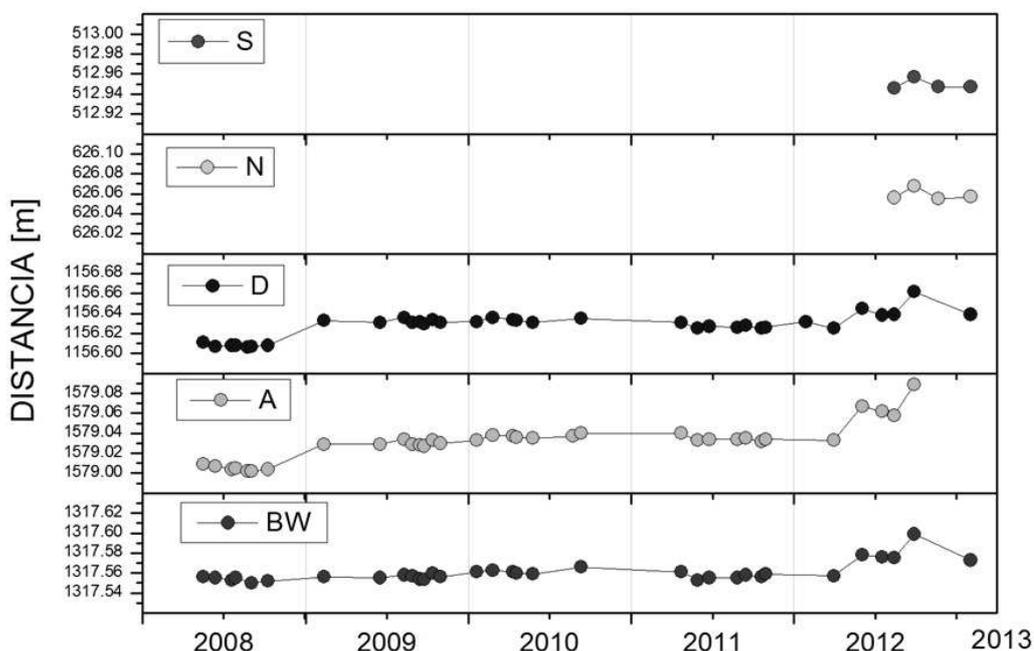


Figura 18: Gráfico de distancias a los reflectores de la red EDM del Volcán Poás. Última medición, 31 de enero 2013.

III_3 V.Poás: El criptodomo

III_3.1 Mediciones geoquímicas

No hay nuevas mediciones geoquímicas para el mes de febrero del 2013.

III_3.2 Otras observaciones

El sector oeste del domo se presenta amarillo. Esa coloración se extiende hasta parte del piso oeste del Playón. De igual modo la coloración es más firme, en la cara interna del domo, que dá hacia el lago, en su extremo oeste y suroeste. El amarillo descrito forma una capa fina sobre el sustrato y es claramente visible desde el mirador.

Tal observación fue hecho entre 2005 y 2006 en la sección NE de la cavidad caldérica, como resultado de bocas fumarólicas activas que afectaron las paredes en ese sector.



Figura 19: Sección intermedia del domo mostrando capa fina y amarillenta. En el recuadro la cara interna (suroeste) del domo también teñida con las mismas partículas (Fotos: E.Duarte)

III_4 V.Poás: El lago ultra ácido del cráter activo

III_4.1 Mediciones geoquímicas

El 13 de febrero del 2013 se midió una temperatura de 37°C en el lago.

III_4.2 Otras observaciones

El 13 de febrero del 2013 se notaron hasta 5 celdas de convección activas simultáneamente (Fig.20). La mayor, hacia el centro oeste, con mucha mayor actividad y diámetro. Una mancha amarilla se desprendía desde uno de sus bordes. Las otras más pequeñas menos vigorosas y más grises. El espejo de agua se muestra de un verde grisáceo y la mancha grande que procede del domo se mantiene y se extiende hacia el centro del lago. El nivel del lago permanece similar al nivel medido en enero.



Figura 20: Celdas de convección vistas desde la terraza intermedia, al este. (Fotos: E.Duarte)

III_5 V.Poás: Otras observaciones

En la terraza intermedia, al este del lago, se han acelerado procesos de inestabilidad física desde 1999. El borde exterior ha sido el que más se ha desintegrado por gravedad y meteorización física y química. Dos terremotos, Cinchona 2009 y Nicoya 2012, aumentaron la descomposición en forma de deslizamientos y aumento del tamaño y cantidad de grietas. Con el fin de documentar la expansión de algunas de esas grietas se instalaron 3 pares de estacas testigo que se miden irregularmente. Desde el 2005 y relacionado con una intensificación de la actividad gaseosa en esa pared, el deterioro físico en el entorno de los 2 pares externos de estacas, las hizo colapsar. En años

subsiguientes se ha medido el último par interno (cuadrado C Fig.21) el cual ha mostrado relativa estabilidad. En 2012 se realizaron 2 mediciones una en abril (244,5cms), otra en setiembre (245,2) y la última en esta visita (245,3). Solo como referencia; desde agosto 1999 (cuando arrancan las mediciones) hasta esta última medición la grieta se expandió 6,3cms. En el caso de los otros 2 pares la medición perdió sentido por el colapso de uno de los postes, en cada caso. El descenso de decenas de cms, generó una suerte de grada en ambos pares.



Figura 21: Pared de terraza intermedia mostrando colapsos y sector de medición de grietas.(Fotos: E.Duarte)

IV_ Volcán Arenal

La tendencia a la contracción de la red de distancias descrita por años sigue en 2013. Un sobrevuelo gracias a la Comisión Nacional de Emergencias y Fuerza Pública permito una observación de las anomalías térmicas en cima del volcán por camera térmica. Estas anomalías corresponden a la perifería del conducto del volcán con temperaturas en superficie hasta más de 150°C.

IV_1 V.Arenal: Sismología

No hay datos sísmicos, la comunicación sigue sin establecerse entre la estación y centro de registro sísmico.

IV_2 V.Arenal: Deformación

La red de Medición Electrónica de Distancias (EDM) del flanco oeste del volcán Arenal muestra una tendencia de años de contracción en la mayor parte de las distancias (Fig.22). Desde agosto 2012 a la última fecha de medición en febrero 2013 las líneas C, B, KOH, A y WARN presenta contracciones con dimensiones que varían desde los 4

cm (A) hasta un máximo de 9,8 cm (C). La magnitud de dichas contracciones es influenciada por el evento sísmico del 5 de setiembre del 2012.

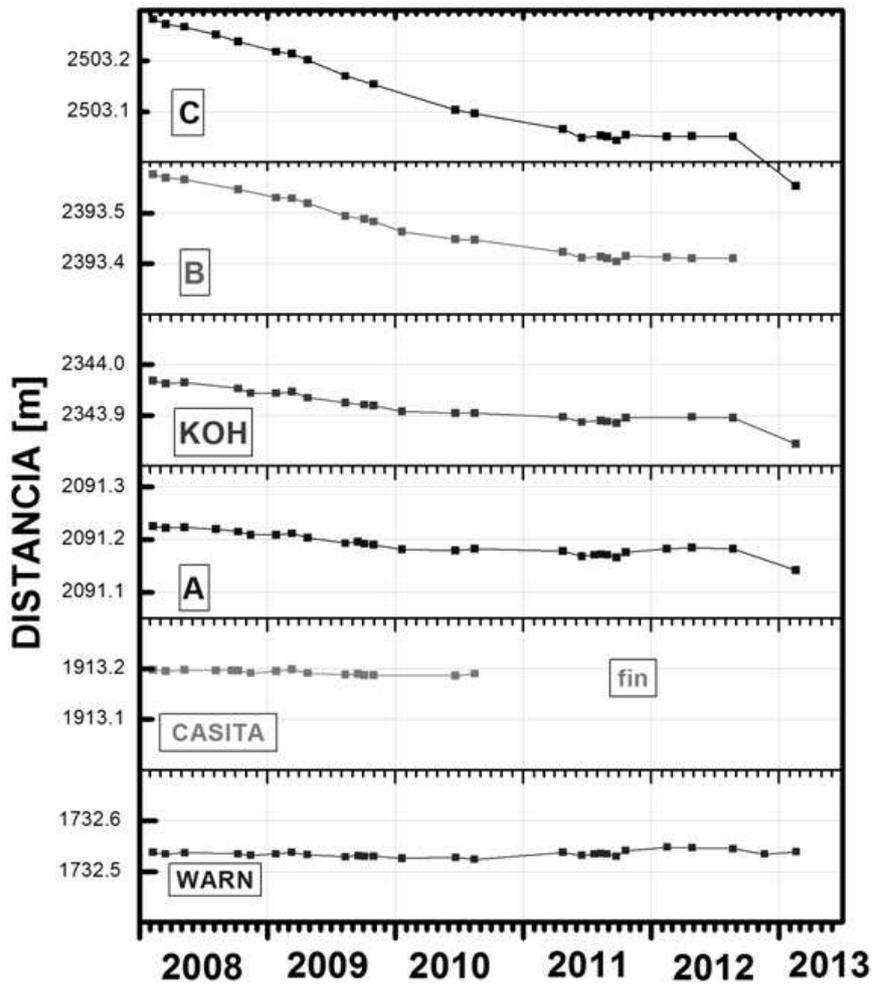


Figura 22: Gráfico de distancias a los reflectores de la red EDM del flanco oeste, Volcán Arenal.

IV_3 V.Arenal: Geoquímica

No hay datos nuevos de geoquímica para el volcán Arenal.

IV_4 V.Arenal: Otras observaciones

Un sobrevuelo organizado por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) junto con la Fuerza Pública permito la observación de las anomalías térmicas de la cumbre del volcán Arenal. Estas anomalías se distribuyen sobre un anillo circular casi continuo, con un máximo sobrepasando los 150°C (Fig.23). Este anillo corresponde a las zonas más fracturadas, de la parte superior del edificio, por las cuales los gases calientes encuentran una salida. Estas fracturas se formaron por los esfuerzos excesivos que generaron rupturas en la zona de deformación máxima entre un volumen de magma que se movió como un pistón y la pared fija. Este tipo de comportamiento se observa durante cada erupción del volcán Santiaguito en Guatemala por la subida del magma en la columna

(Bagdassarov et al., 1994; Avar, 2010), y se observa hoy en el Arenal por la contracción térmica y la compresión de la misma columna magmática que origina la formación de un cráter de ~2m de profundidad.



Figura 23: Termogramas aéreas de la cumbre del volcán Arenal mostrando anomalías térmicas en forma de anillo. Este anillo corresponde más o menos a las dimensiones del conducto magmático del volcán. Fotos: G.Avar, gracias a la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y a la Fuerza Pública (26 Feb 2013).

V_ Volcán Rincón de la Vieja

Un sobrevuelo gracias a la Comisión Nacional de Emergencias y de la Fuerza Pública el 26 de febrero no permito observar la actividad del volcán por razones climáticas.

V_1 V.Rincón de la Vieja: Sismología

No hay datos sísmicos por falta de enlace de radio entre la estación sísmica y el centro de registro sísmico del OVSICORI.

V_2 V.Rincón de la Vieja: Deformación

No hay datos nuevos de deformación para el volcán Rincón de la Vieja.

V_3 V.Rincón de la Vieja: Geoquímica

No hay datos nuevos de geoquímica para el volcán Rincón de la Vieja.

V_4 V.Rincón de la Vieja: Otras observaciones

El 26 de febrero del 2013, alrededor de las 5:30 a.m. se recibieron reportes de la policía de Buenos Aires de Upala sobre el avistamiento de vapores blancos saliendo del cráter activo en forma de pulsos, repetidos cada 4 min. aproximadamente. Ningún vecino de la zona reportó ruido asociado a esta actividad. Igualmente, los registros sísmicos de las estaciones del OVSICORI-UNA no muestran ninguna señal volcánica que pudiera estar

asociada a una erupción freática o a la salida súbita de gas. El Señor Oscar Alvarado, "Mapache", administrador del Albergue Ecológico Las Bromelias en Dos Ríos de Upala Alajuela (ubicado norte del volcán) dice que no se ha observado ni escuchado nada anormal en la actividad del volcán. Tampoco desde el sector noroeste (Nueva Zelanda).

El 27 de febrero del 2013 en la mañana, la Comisión Nacional de Emergencias, CNE, junto con la Fuerza Pública organizó un sobrevuelo para realizar una inspección. Desgraciadamente un denso manto de nubes cubrió el cráter activo durante el sobrevuelo, por lo que no fue posible realizar mediciones remotas con la cámara termográfica infrarroja (Fig.24). Las zonas del volcán despejadas (cumbre norte y flanco sur y suroeste) no presentaron evidencias de material de caída. Basándose en la ausencia de señal sísmica y los reportes de observadores en Buenos Aires, el OVSICORI-UNA considera que no ocurrió ninguna actividad anormal en el Volcán Rincón de la Vieja este 26 de febrero del 2013 pero continúa su vigilancia con mucha atención.

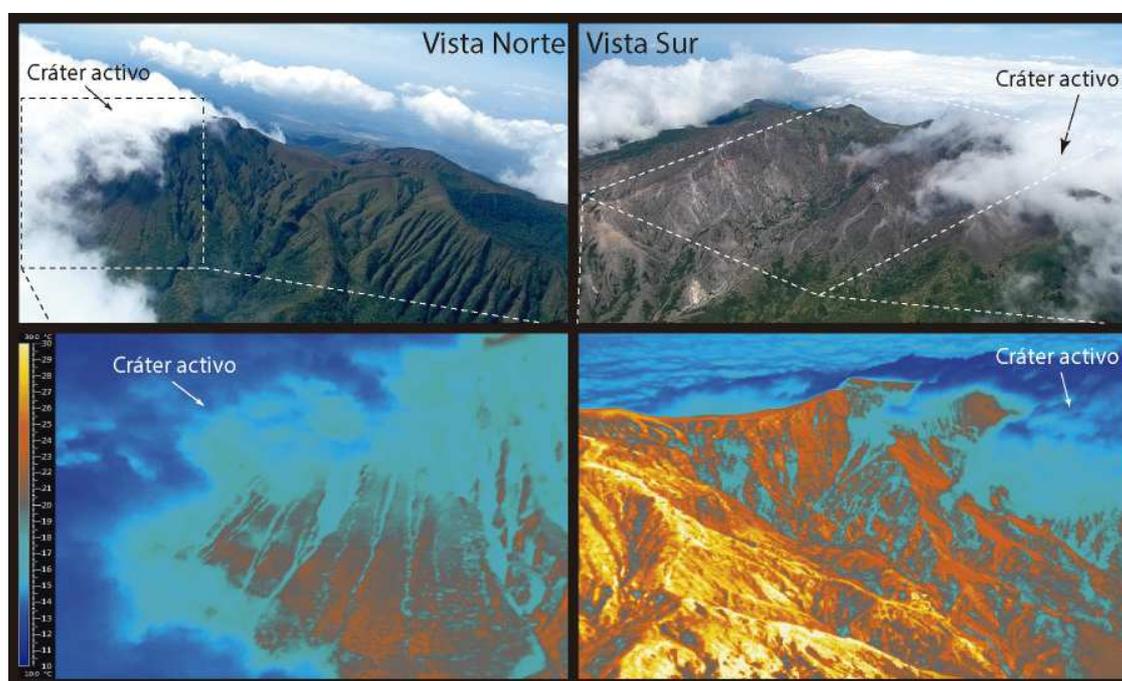


Figura 24: Vistas aéreas norte y sur del volcán Rincón de la Vieja con termogramas correspondientes. No se notan anomalías térmicas o material fresco en las zonas despejadas (Fotos: G.Avard, gracias a la Comisión Nacional de Emergencias, CNE, y a la Fuerza Pública, 26 Feb 2013)

Bibliografía:

- Avard G. (2010) Rheology of dacitic volcanoes: fraom magma chamber to eruptive style. Thesis de doctorado, Universidad de Missouri, USA.
- Bagdassarov N.S., Dingwell D.B., and Webb S.L. (1994) Viscoelasticity of crystal- and bubble-bearing rhyolite melts. *Phys. Earth and Planet Interior*, vol.83, pp.83-99.

Reconocimientos:

Se agradece a la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y a la Fuerza Pública para permitir un monitoreo aéreo de los volcanes Rincón de la Vieja y Arenal el 26 de febrero

del 2013, a los funcionarios del Sistema de Conservación de Parques Nacionales de Costa Rica, a los funcionarios de la Fuerza Pública de Buenos Aires para el seguimiento de la actividad del volcán Rincón de la Vieja, y a las personas que ayudaron con las mediciones y el trabajo de campo y de laboratorio presentado en esta publicación.

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

**Programa 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

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

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