

Nota técnica

**ACTIVIDAD DE LOS VOLCANES DE COSTA RICA
DURANTE EL PERIODO 2012-2013**

ACTIVITY OF THE COSTA RICAN VOLCANOES DURING 2012-2013

Yemerith Alpízar^{1,3*}, Raúl Mora-Amador^{1,2,3}, Gino González^{1,2,3},
Carlos J. Ramírez^{1,2,3}, Mauricio M. Mora^{1,3} & Waldo Taylor⁴

¹Red Sismológica Nacional (RSN (UCR-ICE)), Universidad de Costa Rica

²Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas (CICG), Universidad de Costa Rica

³Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

⁴Observatorio Sismológico y Vulcanológico Arenal-Miravalles (OSIVAM),
Instituto Costarricense de Electricidad

*Autora para contacto: y.alpizar.s@gmail.com

(Recibido: 21/07/2014; aceptado: 18/11/2014)

ABSTRACT: As part of the tasks of Red Sismológica Nacional of Costa Rica (RSN, UCR-ICE), volcanic monitoring is a topic that need all our attention. Likewise, the record of the results from this monitoring (field and laboratory work), is a useful tool for the research in short, middle and long term.

This tecnic note comprises a synthesis of the results and observations of the last two years of volcanic surveillance at active volcanoes in Costa Rica (Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Barva, Irazú and Turrialba). These results enrich the RSN data base, covering four decades of experience in the implementation of advanced technologies in the area.

In the beginning of 2012 all volcanoes manifested background behavior, representing low levels of phreatic and seismic activity. In September 2012, an increase in volcanic activity occurred following the Samara earthquake (Mw=7,6). This increased unrest was manifested mainly through the increase in temperature of fumaroles, some changes in crater lake dynamics and chemistry, increased seismic and phreatic activity. These higher activity conditions were maintained during the rest of the period.

Keywords: Volcano monitoring, Rincón de la Vieja, Arenal, Poás Barva, Irazú, Turrialba.

RESUMEN: Como parte de las funciones que realiza la Red Sismológica Nacional de Costa Rica (RSN (UCR-ICE)), la vigilancia volcánica es un tema que requiere de toda nuestra atención. Asimismo, el registro de los resultados de esta vigilancia (trabajo de campo y laboratorio), es una herramienta útil para la investigación a corto, mediano y largo plazo. Esta nota técnica, constituye la síntesis de los resultados y observaciones de dos años de vigilancia en los volcanes activos de Costa Rica (Volcán Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Barva, Irazú y Turrialba). Estos resultados vienen a enriquecer la base de datos de la RSN que tiene cuatro décadas de experiencia en el área y en la implementación de tecnologías de punta.

El año 2012 inició con actividad volcánica relativamente normal, con leves signos de actividad sísmica y freática para presentar un incremento posterior al terremoto de Sámara ($M_w=7,6$). Esto se manifestó principalmente a través de aumentos de temperatura en las fumarolas, algunos cambios en los lagos cratéricos, actividad freática y sismicidad volcánica, condiciones que se han mantenido durante todo el periodo de estudio.

Palabras clave: Monitoreo volcánico, Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Barva, Irazú, Turrialba.

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios en la década de los 70's, la Red Sismológica Nacional (RSN) lleva a cabo labores de vigilancia en los volcanes activos de Costa Rica. No obstante, la evolución en las técnicas de vigilancia ha sufrido cambios en los últimos años, pasando de simples observaciones de campo e inspecciones visuales y análisis sismológicos, a involucrar parámetros tan importantes como las temperaturas en los campos de fumarolas, y la geoquímica las aguas en los lagos cratéricos. Para llevar a cabo estas tareas, se emplean distintas metodologías, como las mediciones de temperatura y la recolección de muestras. Las mediciones de temperatura son realizadas tanto *in situ*, como utilizando métodos de percepción remota, específicamente para este periodo, la cámara termográfica FLIR P 660® (Fig. 1). Mientras que las muestras de agua de la laguna, son recolectadas ya sea directamente en la orilla del lago (como en el caso del volcán Poás), o bien utilizando un método similar al de la pesca, mediante una cuerda de nylon a la que se ata una botella, la cual es lanzada hacia el lago desde la orilla (este método es utilizado para recolectar la muestra de agua del volcán Rincón de la Vieja, y en ocasiones en el volcán Poás), estas muestras se filtran y deben ser manipuladas con cautela, debido a que serán utilizadas para análisis químicos que permitan caracterizar las aguas de las lagunas ácidas. Finalmente, todos los datos recopilados deben ser analizados y esto es lo que permite determinar el estado de actividad de cada volcán.

VOLCÁN RINCÓN DE LA VIEJA

Se localiza al NNE de la ciudad de Liberia (entre las provincias de Guanacaste y Alajuela). Durante las últimas décadas, este volcán ha presentado una constante actividad, la cual incluye erupciones freáticas con columnas eruptivas de varios centenares de metros, lahares y erupciones freatomagmáticas durante el periodo 1991-1998 (Mora, 1995; Mora, 1998).

Las últimas manifestaciones eruptivas ocurrieron durante el periodo de setiembre del 2011 a febrero del 2012.

La actividad más reciente se remonta a la década de los 90's cuando tuvo una serie de explosiones freatomagmáticas entre mayo y setiembre del 1991-1992, noviembre de 1995 y febrero de 1998, las cuales generaron columnas de varias centenas de metros, así como lahares que se canalizaron hacia la vertiente norte. Durante el periodo 2012-2013, la actividad sísmica dominante fue la de señales tipo tremor armónico y/o espasmódico, y sismos volcanotectónicos y erupciones freáticas de poca magnitud a lo interno del cráter.

Lago

El lago ácido del volcán Rincón de la Vieja mostró, durante el 2012, una tendencia hacia el incremento en su temperatura, la cual alcanzó valores promedio de 46 °C en el mes de setiembre. En los sectores donde se ubicaban las celdas

convectivas se registraron valores máximos de 48,7°C (Ramírez et al., 2010; Mora-Amador et al., 2012).

Desde abril hasta septiembre, se presentó un descenso de unos 3 m en el nivel del lago, que permitió que se diera un mayor escape de los gases provenientes de las fumarolas subacuáticas hacia la atmósfera (Fig. 2A).

La temperatura continuó en aumento hasta alcanzar, en el mes de diciembre, 50 °C, así como un pH entre -0,2 y 0 (González et al., 2013). En el primer semestre del 2013, la temperatura disminuyó hasta los 31,4°C, en el mes de julio. Esta tendencia decreciente se mantuvo para todo el año 2013 (Fig. 2B).

Durante el periodo de estudio el color del lago es grisáceo con un matiz verdoso, y en su superficie se observan con frecuencia esférulas de azufre (figuras 2C, 1A y 2D) que provienen de las fumarolas subacuáticas ubicadas en el fondo del lago, las cuales generan erupciones freáticas cuando aumentan de temperatura debido a que se rompe el delicado equilibrio existente.

Fumarolas

El campo de fumarolas está localizado en la pared interna suroeste del cráter activo (figuras 3A y 1B). La figura 1B corresponde con una imagen térmica del campo fumarólico, el cual se ha mantenido durante el periodo 2012-2013 con temperaturas entre los 120 °C y 180 °C. Durante el mes de febrero de 2013, se pudo observar un flujo de azufre amarillo (Fig. 3B), de aproximadamente 2 m de longitud, proveniente de una de las fumarolas que usualmente está cubierta por el agua. Sin embargo, durante este periodo de estudio, el campo fumarólico quedó expuesto debido al descenso en el nivel del agua que se ha relacionado, entre otros factores, con la época seca. El acceso a este sector es de alto riesgo por lo que hasta el momento no ha sido posible realizar mediciones ni recolectar muestras de gas de forma directa.

Sismicidad

Desde el 24 de septiembre de 2011, se inició el seguimiento de la actividad sísmica en el volcán Rincón de la Vieja, especialmente con el monitoreo de tres estaciones sismológicas (BUAI, GB1A y GPS1, figura 4).

En total, durante el periodo 2012-2013, se localizaron 742 sismos (tectónicos y volcano tectónicos) en un área que abarca toda la caldera de Guachipelín (Fig. 4), con una tendencia hacia el noreste, pasando por encima del cráter del volcán. Los meses de mayor actividad sísmica fueron setiembre del 2012 (719 sismos), inducido por la ocurrencia del terremoto del 5 de setiembre de 2012 en Nicoya; y julio del 2013 (45 sismos), seguido del periodo comprendido entre mediados de octubre y hasta mediados de noviembre, cuando la actividad sísmica del volcán se incrementó de manera importante, además de presentar una intensificación en las desgasificaciones, pero no se reportó ninguna erupción.

VOLCÁN ARENAL

Localizado unos 7 km al OSO de La Fortuna de San Carlos, el volcán Arenal constituye un estratovolcán que se eleva aproximadamente 1750 m.s.n.m. Se mantuvo en constante actividad eruptiva, entre los años de 1968 y 2010, y fue al inicio de este periodo, cuando se formaron en su cima tres nuevos cráteres de explosión, orientados en dirección E-W. Actualmente solamente presenta uno de estos tres cráteres además del que ya existía antes de este periodo eruptivo. Los últimos vestigios de actividad explosiva y actividad sísmica concomitante tuvieron lugar hasta octubre de 2010.

Durante el periodo 2013-2014 se mantuvo una tenue actividad exhalativa (González et al., 2013) la cual fue confirmada a través de imágenes térmicas obtenidas durante un sobrevuelo efectuado el 26 de febrero de 2013. De estas imágenes

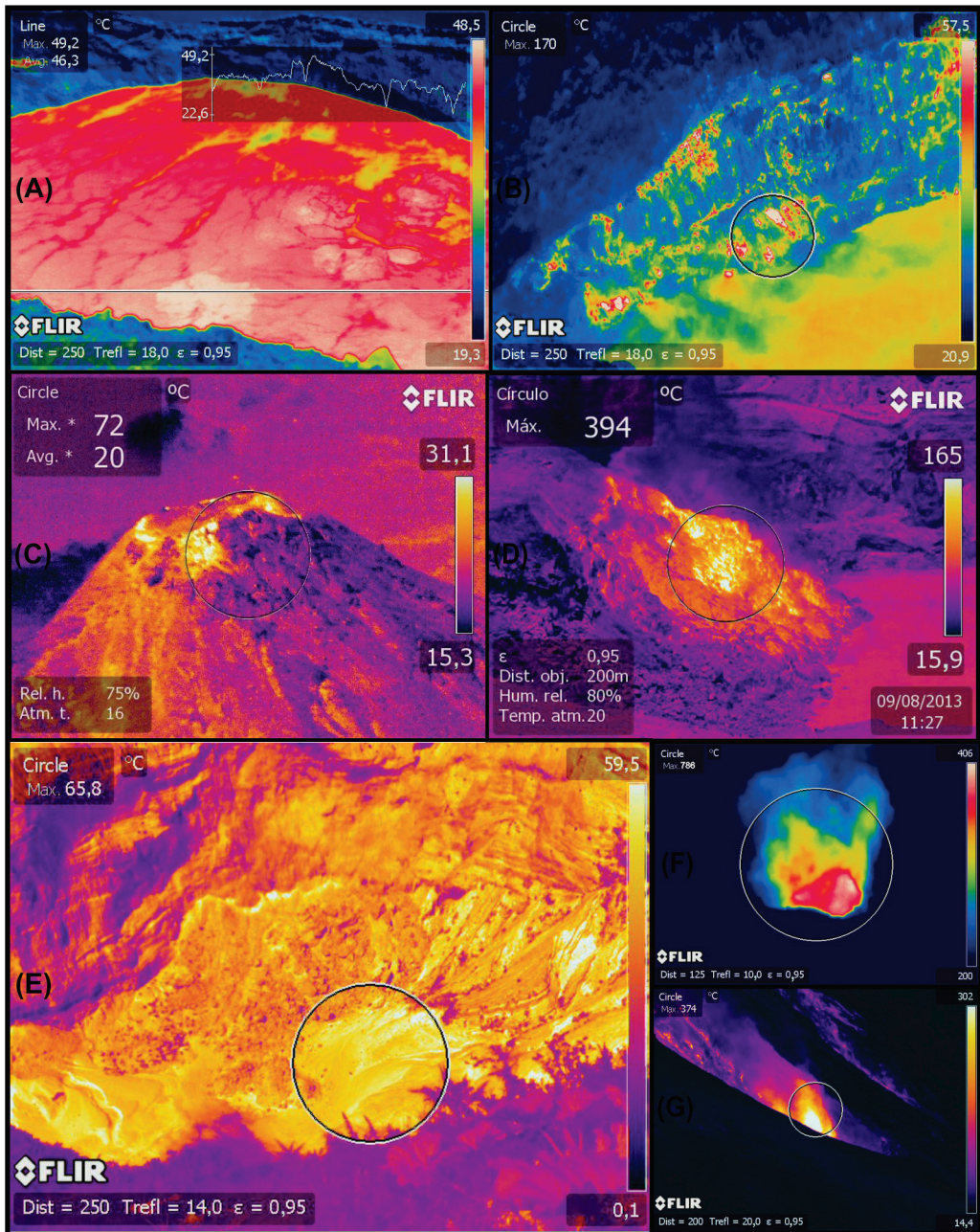


Fig. 1: Imágenes térmicas de los volcanes activos de Costa Rica, obtenidas utilizando las cámaras termográficas FLIR. A y B) Laguna ácida del volcán Rincón de la Vieja y su campo fumarólico el día 13/02/2013 (imágenes correspondientes con las figuras 2C y 3A, respectivamente). C) Cima del volcán Arenal, en la imagen se aprecian las anomalías térmicas correspondientes con fumarolas de baja temperatura (imagen correspondiente con la figura 5). D) Domo y fumarolas del volcán Poás (imagen correspondiente con la figura 7D). E) Imagen térmica del fondo del cráter del volcán Irazú, la temperatura que se registra proviene de la reflexión de la radiación solar sobre los depósitos lacustres. F) Boquete I-2012 (correspondiente con la figura 8C). G) Boquete I-2010 (correspondiente con la figura 8F).

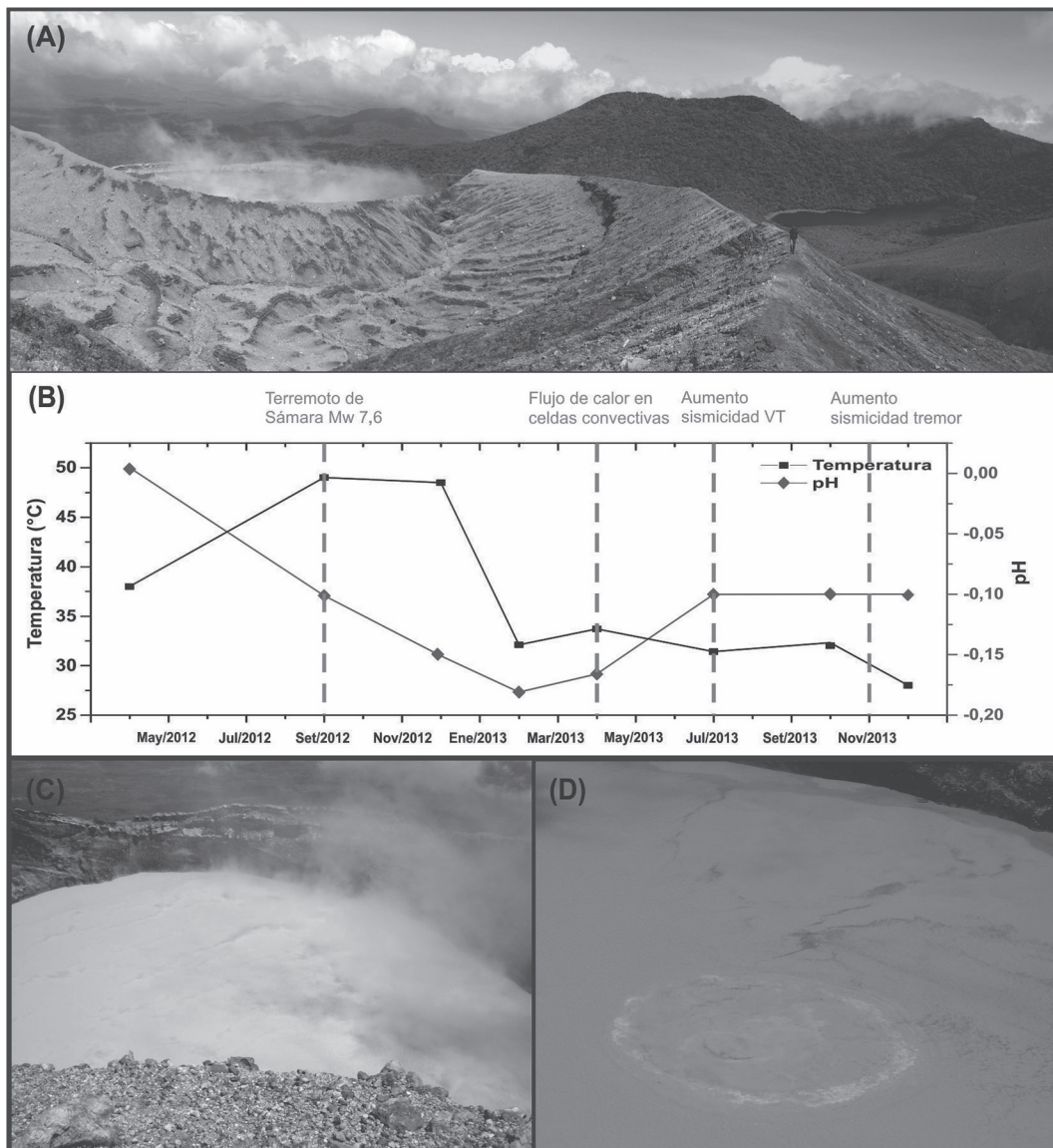


Fig. 2: A) Volcán Rincón de la Vieja en vista panorámica: Izquierda desgasificación proveniente del cráter activo, centro cráter Santa María (Extinto), derecha laguna Jilgueros (18/09/2012). B) Variaciones de temperatura y pH en el lago del Volcán Rincón de la Vieja durante el periodo 2012-2013. C) Lago ácido del volcán Rincón de la vieja (18/09/2012). D) Celda convectiva con azufre suspendido en la superficie del lago (10/04/2013).

se desprende que para entonces había al menos tres puntos de emisión de gases en la cima (figuras 5 y 1C), los cuales alcanzaban temperaturas hasta los 90 °C.

La relativa calma en el macizo del Arenal fue interrumpida por el terremoto ocurrido el 5 de

septiembre de 2012 en Sámara (Mw=7,6), el cual generó deslizamientos menores en las áreas inestables del cono C, por donde otrora fluían lavas bloccosas en el sector oeste, y cuyos materiales alcanzaron la parte media del cono (Mora et al., 2012).

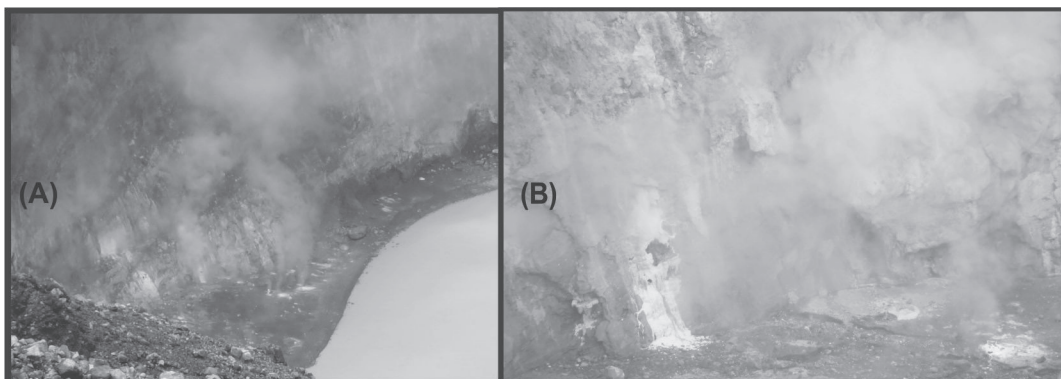


Fig. 3: A) Campo fumarólico activo en la pared interna sureste del cráter activo (13/02/2013). B) Detalle de un flujo de azufre en el campo fumarólico (13/02/2013).

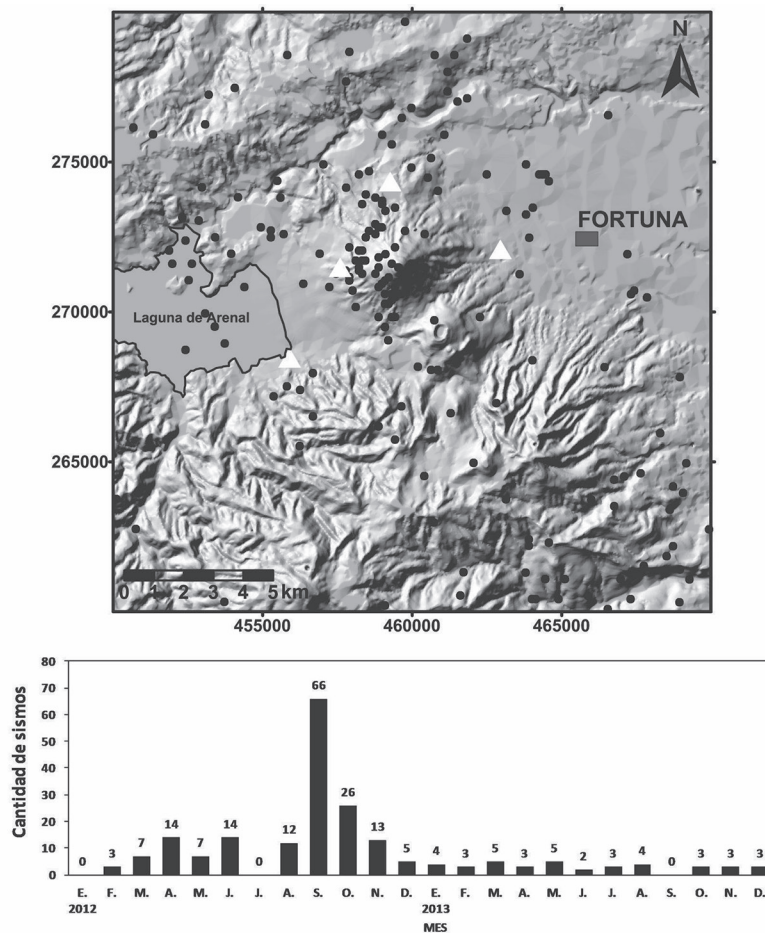


Fig. 4: Sismicidad en los alrededores del volcán Rincón de la Vieja. Los triángulos indican la ubicación de las estaciones sismológicas.

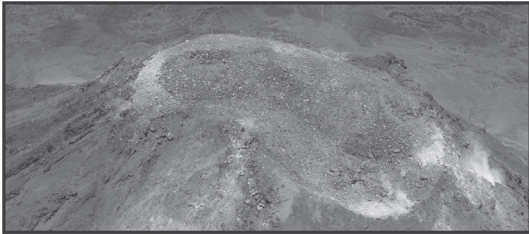


Fig. 5: Imagen de la cima del volcán Arenal en donde se observa la actividad efusiva que se presentó durante el periodo de estudio.

Sismicidad

Para el periodo 2012-2013, se localizaron 167 sismos en el 2012 y 38 sismos en el 2013 (total 205), evidenciando una decaimiento importante de la actividad sísmica. Al igual que en el Rincón de la Vieja, la sismicidad durante el 2012 fue inducida por el terremoto del año 2012 y por eso se observa el pico de sismicidad en setiembre de ese año (Fig. 6). No se presentó temblor y por lo tanto no hay ningún tipo de vulcanismo activo presente.

VOLCÁN POÁS

El volcán Poás es un estratovolcán complejo que se levanta 2708 m.s.n.m. En su cima se encuentran tres estructuras principales, la Laguna Caliente (cráter activo, figura 7A), Laguna Botos y el Cráter Von Frantzius. La actividad actual del volcán Poás, consiste principalmente en erupciones freáticas, asociadas con cierto nivel de actividad sísmica, sin embargo, es destacable, que durante la década de los 50's se presentó un periodo de erupciones freatomagmáticas con altas columnas de lodo y la formación del Domo (Mora-Amador, 2010).

Laguna caliente

Durante el primer semestre del 2012 la temperatura de la laguna caliente fluctuó entre los 45 y 50°C. Así pues, para el mes de febrero, la temperatura máxima alcanzada fue de 48,2 °C, descendiendo al menos 6°C durante marzo, para volver a aumentar durante el mes de agosto hasta

46,1 °C. Durante el mes de septiembre de 2012, se observó una disminución en la actividad de la laguna, con menos desgasificación y una dinámica del lago más tranquila, la cual aumentó hacia el final del mes con una temperatura de ~44,7°C y pH=0, además se observó gran cantidad de esférulas de azufre flotando en el lago (Fig. 7B). A finales del año 2012 e inicios del 2013 se notó un descenso importante en la temperatura del lago, llegando hasta 37,8°C, al finalizar el mes de enero.

Posteriormente, la actividad en el lago se incrementó nuevamente, llegando incluso a alcanzar 47°C en la superficie del lago, aunado a esto, se presentó un incremento en la actividad de las celdas convectivas, las cuales para el día 22 de febrero se observaron al menos en cuatro puntos distintos del lago, originando un aumento en la desgasificación proveniente del espejo de agua.

El color predominante de la laguna durante el periodo es gris verdoso. Estos colores lechosos predominan en periodos donde se presenta más intensamente la actividad freática, y se asocian directamente con la actividad de las fumarolas subacuáticas por dos razones principales; primero, el upwelling, que remueve constantemente el agua de la laguna, disolviendo parte de los sedimentos del fondo, lo cual aporta turbidez al lago; y segundo, debido a que el agua de la laguna, funciona como un filtro natural para los gases provenientes de estas fumarolas. Así pues, al quedar gran parte de estos gases disueltos en el agua, esto contribuye a otorgarle sus colores característicos.

Actividad freática

Durante el periodo de estudio se han presentado varias erupciones freáticas, siendo la más grande, la ocurrida el 27 de octubre de 2012. Según reportes realizados por los guardaparques, la caída de depósitos llegó hasta las afueras del Parque Nacional, esto debido a la acción de arrastre del viento. La mayor parte de los productos expulsados en este tipo de episodios caen nuevamente al cráter. Durante el resto del periodo se ha presentado, en promedio, un evento eruptivo de entre 50 y 300 m de altura por mes.

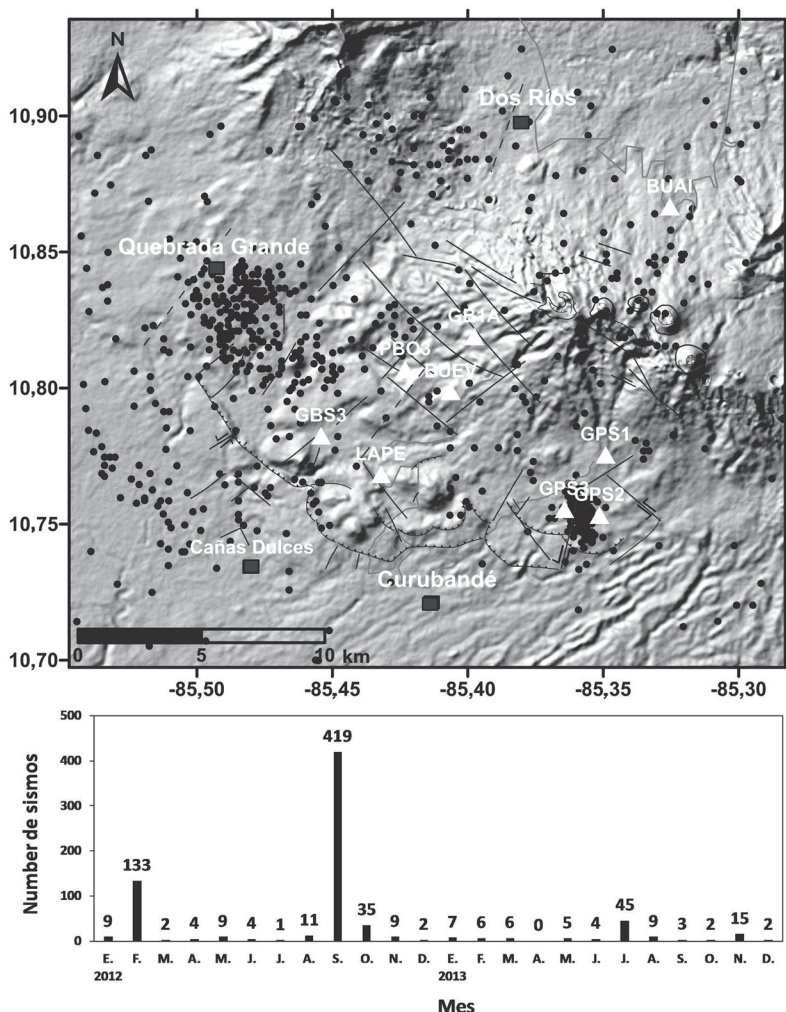


Fig. 6: Sismicidad en los alrededores del volcán Arenal durante el periodo 2012-2013. Los triángulos indican la ubicación de las estaciones sismológicas.

En el caso del volcán Poás, estas erupciones ocurren principalmente por un aumento de la presión en el fondo del lago, debido a que los gases magmáticos, como el SO₂ y H₂S, al entrar en el sistema hidrotermal reaccionan entre sí y provocan que precipite azufre elemental y otros minerales sulfatados. Esto ocasiona que se sellen las fracturas, aumentando la presión y cuando esta llega a un estado crítico se da la erupción (Takano et al. 1994).

Durante los primeros meses del año 2013, se presentó un descenso en el nivel de la Laguna ácida de casi tres metros, lo cual ocasionó una sobre

saturación de sulfatos y otros elementos químicos en el agua, por la disminución en la cantidad de solvente; gracias a esto, se dio la precipitación de pequeños cristales de yeso de hasta 1,3 cm, a orillas del lago. Posteriormente, con el inicio de la época lluviosa, el nivel del lago aumentó nuevamente (González et al., 2013). Cabe resaltar, que cuando se da una disminución en el nivel del agua de la Laguna Caliente, la desgasificación proveniente de la misma aumenta, debido a la disminución de altura de la columna de agua que sirve como filtro para los gases provenientes del fondo.

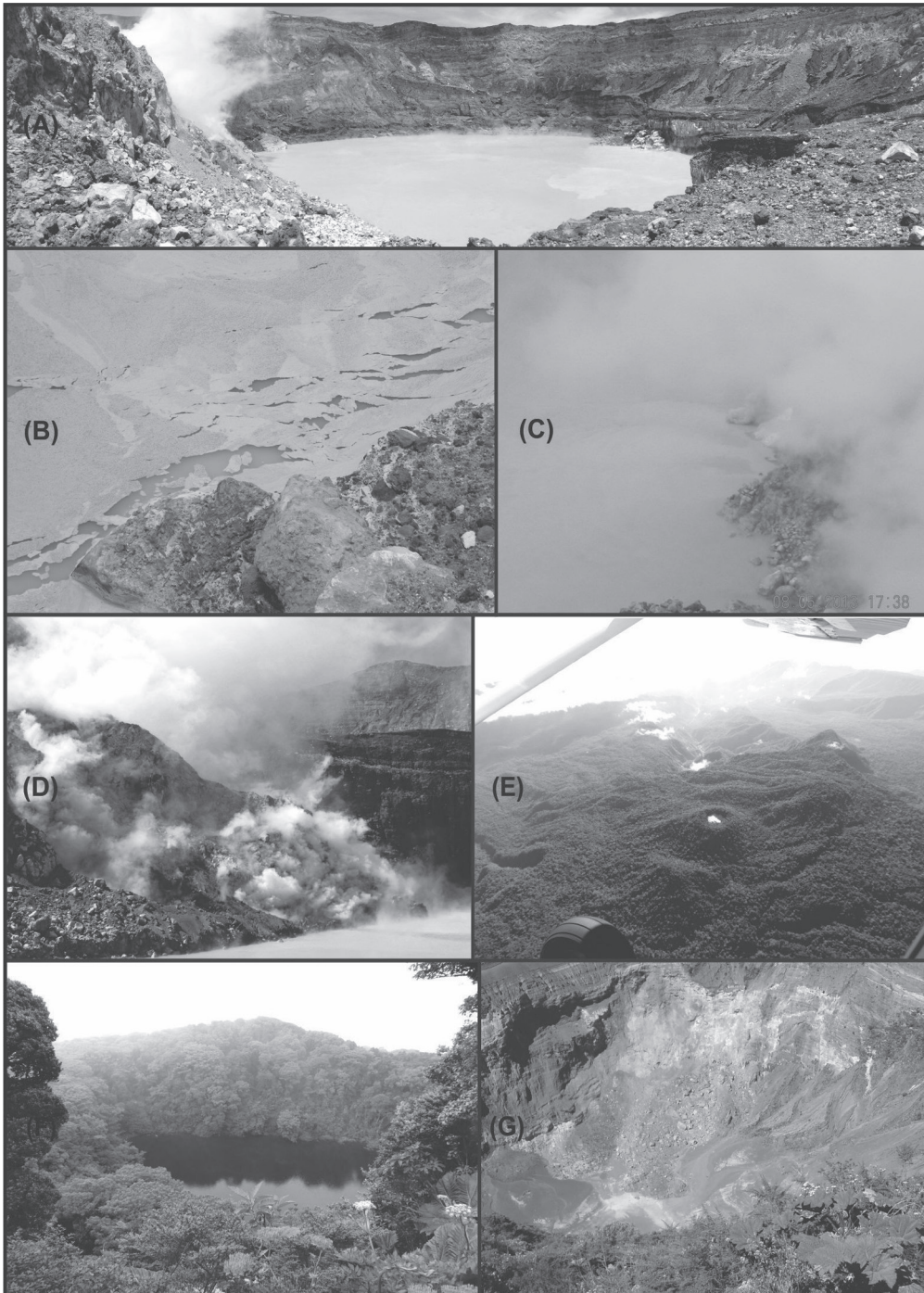


Fig. 7: A) Laguna Caliente, volcán Poás (12/09/2012). B) Esférulas de azufre provenientes de las fumarolas subacuáticas, volcán Poás (11/04/2012). C) Azufre en combustión en el sector de las fumarolas, volcán Poás (08/05/2013). D) Domo y campo fumarólico del volcán Poás. E) Imagen aérea del cráter del volcán Barva en la que se observa su lago frío. F) Lago frío del volcán Barva. G) Cráter activo del volcán Irazú el día 15 de febrero de 2013, cuando su lago frío está completamente seco.

Fumarolas

El campo de fumarolas ubicado en el domo mostró una tendencia a la disminución en su actividad, cerrando el año 2012 con temperaturas que rondaban los 125° C.

Durante el mes de enero de 2013, se pudo observar una disminución significativa en la desgasificación de las fumarolas, con respecto a los periodos anteriores, sin embargo la temperatura se mantiene constante, rondando los 180°C a finales de enero. Para el mes de febrero, esta actividad exhalativa aumentó considerablemente, tanto que los guarda parques deben solicitar a los turistas su retirada de la zona para evitar posibles afectaciones en su salud.

Para marzo de 2013, el sector de las fumarolas en la parte baja del Domo presentaba temperaturas cercanas a los 150°C.

A inicios de mayo de 2013, se dio un aumento considerable en la temperatura llegando a superar los 600°C, estas altas temperaturas, ocasionan que se presente el fenómeno de incandescencia, además, contribuyen a desequilibrar el campo fumarólico, dando lugar a que ocurran explosiones con combustión de azufre, como la observada el 8 de mayo de 2013 por los vulcanólogos de la RSN (González et al. 2013) (Fig. 7C). La temperatura fluctuó nuevamente en los meses posteriores, presentando un descenso durante agosto de 2013 (figuras 7D y 1D), pero volvió a aumentar hacia el final del año.

Asimismo, ha sido constante la aparición de nuevos puntos fumarólicos, debido a los cambios en la temperatura y presión de los gases magmáticos, e inestabilidad del macizo rocoso que conforma el Domo, esto que debilita la roca por lo que se da la caída de bloques, formando estos nuevos puntos de emisión.

Sismicidad

Entre febrero y marzo de 2012 el nivel de actividad sismo-volcánica se mantuvo particularmente alta. Posteriormente fue generalmente bajo con algunos incrementos en julio y setiembre.

Entre enero y abril del 2013 se alcanzó un nivel comparable al de febrero y marzo de 2012. Posterior a esto, el nivel de actividad sísmica fue relativamente bajo.

La actividad de baja frecuencia se caracteriza por eventos de corta duración y poca amplitud. Durante el mes de junio de 2013, particularmente, también se observaron señales de tipo híbrido y tremores armónicos de corta duración.

La sismicidad volcano-tectónica es escasa en el volcán Poás. Sin embargo, después del Terremoto de Sámara ocurrido el 5 de setiembre de 2012 (7,6 Mw) se registró un incremento en la actividad volcano-tectónica que alcanzó los 66 eventos entre el 5 y el 9 de setiembre, entre los cuales, los más grandes alcanzaron magnitudes locales estimadas con base en la duración (Mc) entre 3,0 y 4,5, así como profundidades que oscilan entre los 5 y 125 km (Mora et al., 2012). Durante el 2013 se registraron solamente 53 eventos, lo que representa una tasa de unos 5 eventos por mes.

VOLCÁN BARVA

En sobrevuelos realizados durante el periodo, se comprobó que las lagunas del volcán Barva se mantienen a temperatura ambiente, asimismo, no se observó ningún tipo de actividad fumarólica en este macizo (figuras 7E y 7F).

VOLCÁN IRAZÚ

Es un estratovolcán complejo, localizado 30 km al noreste de la ciudad de Cartago. Tiene alrededor de 3432 m.s.n.m. por lo cual es el volcán más alto de Costa Rica. En sus faldas nacen ríos que alimentan cuencas como las de los ríos Chirripó, Reventazón y Sarapiquí en la Vertiente Caribe; y el Grande de Tárcos en la Vertiente Pacífica. Estos factores, aunados al riesgo intrínseco que representa habitar en sus faldas, convierten al volcán Irazú, en uno de los más importantes del país.

Durante todo el año 2012, el lago del volcán mantuvo temperaturas entre los 10 y 14°C, así

como un color verde esmeralda. En el interior del cráter se observaron deslizamientos de rocas durante todo el año.

El nivel del lago que normalmente posee el cráter activo del volcán Irazú es fluctuante, esto ocasionó que durante el mes de enero de 2013, este desapareciera por completo, sin reaparecer durante el resto del año (Fig. 7G). Este fenómeno se había presenciado por última vez durante los primeros meses de 2010, en esa ocasión, el nivel volvió a aumentar durante los meses de lluvia; no así, durante el periodo 2012-2013.

En la superficie del fondo del cráter se han formado grietas de desecación, debido a la ausencia de humedad y pequeños depósitos por deslizamientos a causa de la inestabilidad de las laderas. De momento se considera, que la desaparición del lago se debe a factores climáticos y no por un incremento en la actividad del volcán. Mediciones realizadas con la cámara termográfica FLIR P 660® (Fig. 1E), no han revelado ningún tipo de anomalía térmica.

El campo de fumarolas, localizado en la ladera noroeste del macizo, se mantuvo a temperaturas cercanas a los 90 °C, muy poca desgasificación, crecimiento de algunos minerales de origen evaporítico como alunita.

Sismicidad

La actividad sísmica se ha hecho más conspicua desde finales del año 2011 hasta el presente. Se ha caracterizado por microsismos tectónicos y enjambres efímeros, con duración de horas (enero 2012) a pocos días (finales de julio de 2012). Esto se acompaña por la ocurrencia de sismos de baja frecuencia y gran amplitud, prácticamente a una tasa de un evento diario (Mora et al., 2012). Posterior al Terremoto de Sámara el nivel de actividad sísmica decayó rápidamente a los niveles en los que se encontraba previo a ese evento (menos de 10 eventos diarios) con excepción de algunos incrementos efímeros entre el 18 y 19 de octubre y entre el 5 y 8 de diciembre de 2012. Los eventos se concentran en un eje NE-SW y en el flanco norte del Volcán Irazú, a profundidades que

no sobrepasan los 20 km y magnitudes locales con base en la duración (Mc) entre los 2.5 y 3.5 (Mora et al., 2012). Durante el 2013 la actividad tectónica en el macizo del Irazú se mantiene a niveles bajos. Por otro lado durante el 2012-2013 se mantuvo actividad de baja frecuencia representada por un evento LP que se repite casi diariamente (Mora et al., 2012) con amplitud variable.

VOLCÁN TURRIALBA

Se localiza 24 km al noroeste de la ciudad de Turrialba, en el extremo oriental de la Cordillera Volcánica Central. Tiene una elevación máxima de 3340 m.s.n.m, y en su cima hay tres cráteres principales alineados de suroeste a noreste, de los cuales el que se localiza en el extremo sureste es el que se encuentra activo actualmente (figura 8A). Después de un extenso periodo de calma, la reactivación de este volcán a partir del año 2007, ha tenido serias repercusiones, principalmente para las personas que habitaban en sus faldas, en poblados agrícolas y ganaderos como la Silvia y la Picada, quienes, en la mayoría de los casos, debido a la caída de ceniza, los fuertes gases y la lluvia ácida, han tenido que abandonar el sector.

El 11 de enero del 2012, se encontró un flujo de azufre activo en una zona de alta temperatura, denominada "Fumarola Árbol Quemado" (figura 8B), producto de un sobrecalentamiento en el sistema hidrotermal, por ascenso de gases magmáticos a altas temperaturas. El día 12 de ese mismo mes, solo un par de horas después de que el equipo de vulcanólogos de la Red Sismológica Nacional se retirara del sector, se presentó una nueva emanación de ceniza no juvenil, abriendo una nueva boca eruptiva en la parte externa este del cráter activo, el tamaño de esta abertura, ha aumentado considerablemente desde su formación, y hoy es conocida como Boquete 1-2012 (figuras 8C y 1F), y presenta una constante emisión de gases a alta temperatura (>500 °C) e incandescencia, constituyendo uno de los sectores de más alta temperatura en la cima del volcán.

A finales de mayo de 2012, la temperatura del boquete 1-2010, alcanzó 850 °C en los puntos

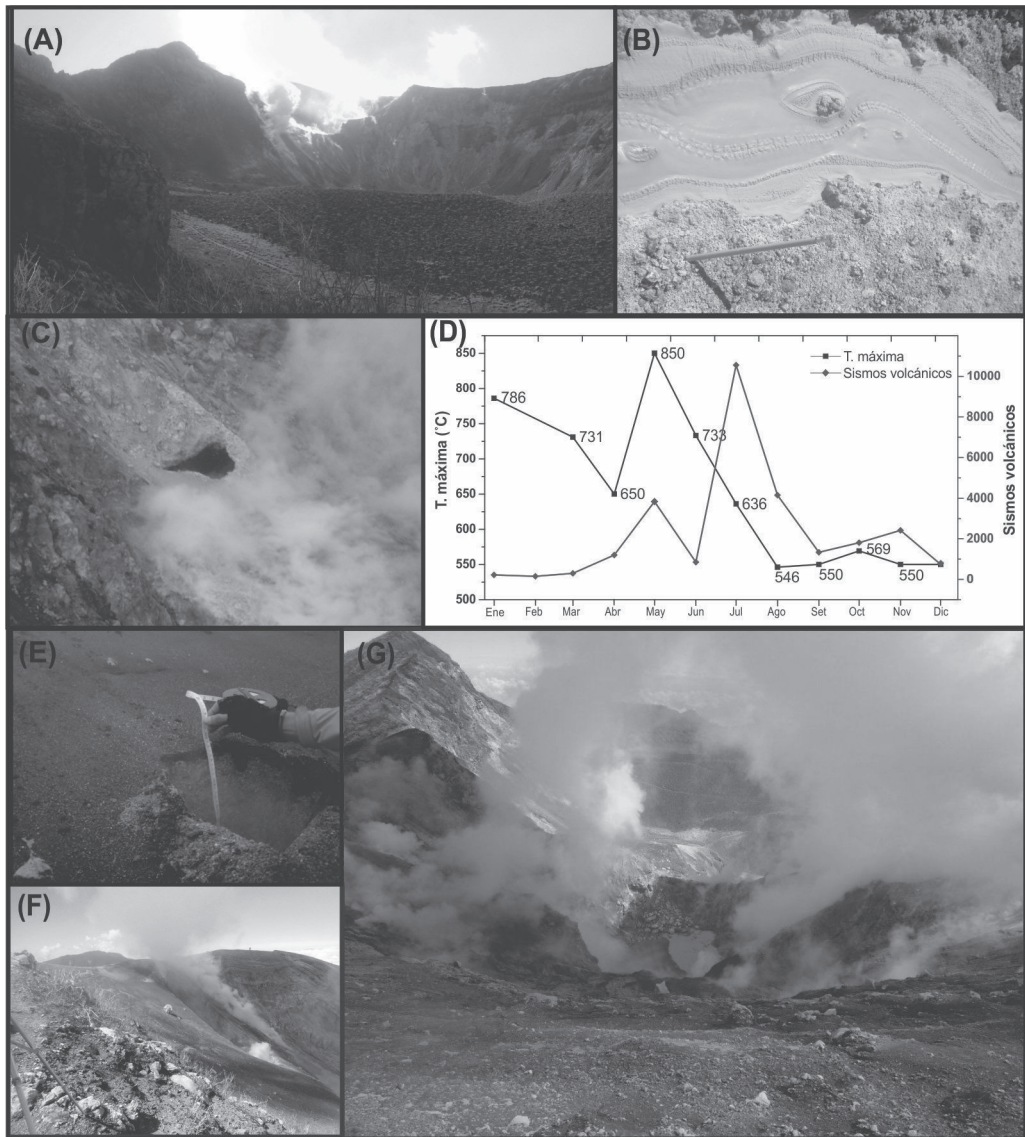


Fig. 8: A) Vista del cráter activo y el campo fumarólico desde el sector sureste. B) Detalle del flujo de azufre que precedió a la apertura del boquete I-2012. C) Incandescencia en el boquete I-2012. D) Gráfico que muestra las variaciones de temperatura en los boquetes I-2010 y I-2012, volcán Turrialba. E) Espesor de la ceniza eruptada el 21 de mayo de 2013. F) Boquete I-2010. G) Laguna del cráter principal.

más calientes (figura 8D). Este incremento estuvo acompañado de una pequeña emanación de ceniza no juvenil, la cual dejó depósitos de más de 5 cm de espesor en la pared oeste del cráter activo (figura 8E).

Al igual que el boquete 1-2012, la boca intracraterica formada en enero de 2010, ha

aumentado sus dimensiones (figura 8F y 1G), esto se debe principalmente a la erosión e inestabilidad de las paredes ocasionada por la alteración hidrotermal.

Con excepción de los eventos que involucran salida de ceniza, y de las continuas variaciones de temperatura en las bocas intracratericas, en

general la actividad del volcán Turrialba se ha mantenido sin variaciones relevantes, desde el pico de actividad alcanzado a mediados de 2013.

Para finales de 2013, ha desaparecido el lago que se formaba en el cráter activo en meses anteriores (Fig. 8G), esto concuerda con la ausencia de lluvias, al igual que ocurre en el volcán Irazú.

Sismicidad

Luego de un aumento paulatino de la actividad sísmica y de procesos de desgasificación, entre otros, el Volcán Turrialba alcanza un clímax de actividad en enero de 2010 con la formación del primer boquete en el cráter SW. Este proceso marca un cambio sustancial en su dinámica, caracterizada por fuertes fluctuaciones en el nivel de actividad sísmica y una alta inestabilidad del sistema hidrotermal que condujo a la formación de un segundo boquete en enero de 2012 y a otras pequeñas crisis freáticas entre mayo y junio de 2013. Esta inestabilidad también ha generado algunos periodos de actividad sismo-volcánica intensa en enero, octubre, noviembre y diciembre de 2012 así como en el periodo entre abril y julio de 2013. Esta actividad sismo-volcánica se caracteriza, en 2012, por eventos LP de frecuencias medianas a altas (entre los 5 y 10 Hz) y eventos LP tipo tornillo que ocurren de manera esporádica.

El Terremoto de Sámara ocurrido el 5 de setiembre de 2012 (7,6 Mw) no generó cambios cuantitativos sustanciales en la sismicidad asociada con procesos de circulación de fluidos. No obstante, desde el punto de vista cualitativo, se pudo observar que algunos tipos de eventos que previo al terremoto se presentaban esporádicamente, y que luego de éste empezaron a ser más conspicuas. Estas comprenden: señales tipo híbridas con frecuencias a 1,6 y 7,6 Hz, señales de baja frecuencia (1,3 Hz) y señales armónicas con frecuencia entre los 8 y 9 Hz (Mora et al., 2012).

Durante el 2013 se observan eventos de tipo híbrido durante los periodos de actividad intensa y los eventos LP tipo tornillo devienen más frecuentes.

AGRADECIMIENTOS

La información de campo se obtuvo a través de los proyectos “Vigilancia de los volcanes activos de Costa Rica”, y “Caracterización geoquímica de las aguas de la Laguna Ácida del volcán Rincón de la Vieja”, inscritos en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica con los números 830-A9-605 y 113-B3-147, respectivamente.

Agradecemos su colaboración al Doctor Dmitri Rouwet del Instituto Nacional de Geofísica y Vulcanología (INGV) de Bologna, Italia. Al personal de los parques nacionales volcán Rincón de la Vieja, volcán Poás, volcán Irazú y volcán Turrialba por la colaboración brindada, al personal de la RSN (UCR-ICE) para llevar a cabo el trabajo de campo y mantenimiento de los equipos de auscultación volcánica. Se agradece la valiosa colaboración de los estudiantes de la carrera de Bachillerato y Licenciatura en Geología que han colaborado como asistentes: Diego Freni Méndez, Fabián Valverde Jiménez, Marlen Brenes Jara, Adolfo García Mora, Adrián Martínez Alpízar, Luis Fernando Espinoza Hidalgo, Hernán González Ávila y Roberto Santamaría.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GONZÁLEZ, G., MORA-AMADOR, R., ALPÍZAR, Y., RAMÍREZ, C., MORA, M. & TAYLOR, W., 2014: Informe anual sobre la actividad de los volcanes activos de costa rica, 2013. - http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Biblioteca/Publicaciones_Periodicas/Boletines_Anuales/Boletin_actividad_volcanica_anual_2013.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- GONZÁLEZ, G., MORA-AMADOR, R., RAMÍREZ, C., SAGIYA, T., ROUWET, D. & CHINGA, G., 2013: Tectonic earthquakes triggering volcanic activity? Preliminary study case: Central American Pacific coast, 2012.- IAVCEI 2013 Scientific Assembly, Kagoshima, Japón: 300-301.

- GONZÁLEZ, G., ALPÍZAR, Y., RAMÍREZ, C. & MORA-AMADOR, R., 2013: Reporte de la erupción freática ocurrida en el Domo del volcán Poás, 8 de mayo de 2013.- http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2013_05/Nota_Tecnica_de_la_Erupcion_Freatica_ocurrida_en_el_Domo_8_de_Mayo_2013.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- GONZÁLEZ, G., MORA-AMADOR, R., RAMÍREZ, C., ROUWET, D. & MORA, R., 2013: Historic activity and new volcanic unrest: Turrialba volcano, Costa Rica.- IAVCEI, Scientific Assembly, Japón 3W: 4G-P2.
- MORA-AMADOR, R., 2010: Peligrosidad volcánica del Poás (Costa Rica), basado en las principales erupciones históricas de 1834, 1910, y 1953-1955.- 111 págs. Univ. Costa Rica [Tesis M.Sc.].
- MORA-AMADOR, R., ALPÍZAR, Y., RAMÍREZ, R., GONZÁLEZ, G., FRENI, D., VALVERDE, F., FERNÁNDEZ, D., & SANTAMARÍA, R., 2012: Cambios físicos en los volcanes activos de costa rica luego del terremoto.- En: LINKIMER, L. & SOTO, G. (eds): El Terremoto de Sámara del 5 de setiembre de 2012.- http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2012_11/Terremoto_Samara_2012_Eds_Linkimer_y_Soto.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- MORA, M., 1995: Boletín sismológico y vulcanológico, noviembre de 1995. Red Sismológica Nacional (UCR-ICE).- http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Biblioteca/Publicaciones_Periodicas/Boletines_Mensuales_Sismos/1995/Boletin_1995_11.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- MORA, M., 1998: Boletín de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) febrero de 1998.- http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Biblioteca/Publicaciones_Periodicas/Boletines_Mensuales_Sismos/1998/Boletin_1998_02.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- MORA, M., TAYLOR, W., SOTO, G., 2012: Sismicidad inducida y otros efectos causados en el arco magmático.- En: LINKIMER, L. & SOTO, G. (eds): El Terremoto de Sámara del 5 de setiembre de 2012.- http://www.rsn.ucr.ac.cr/images/Noticias/2012_11/Terremoto_Samara_2012_Eds_Linkimer_y_Soto.pdf [Consultada: 7 de noviembre de 2014].
- RAMÍREZ, C., MORA, R., & GONZÁLEZ, G., 2010: Physical changes before and during the new period of phreatic eruptions, Poás volcano 2006-2010, Costa Rica.- 7th Workshop on Volcanic Lakes, San José, Costa Rica: 30.
- TAKANO, B., SAITOH, H. & TAKANO, E., 1994: Geochemical implications of subaqueous molten sulfur at Yugama crater lake, Kusatsu-Shirane volcano, Japan.- *Geoch. J.* 28: 199-216.

