

Boletín de Vulcanología
Estado de los Volcanes de Costa Rica
Noviembre 2013



Turrialba el 19 de noviembre del 2013. Poás el 20 de noviembre del 2013. (Fotos: G.Avard)

Elaborado por:

Dr. Geoffroy Avard, Dr. Javier Pacheco, Dra. María Martínez

Con contribuciones de:

Lic. Jorge Brenes, Wendy Saéncz

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

Resumen de la actividad para el mes de noviembre del 2013

V.Turrialba:

La actividad sísmica en el volcán Turrialba se mantiene muy por debajo de la actividad registrada durante los meses de julio y agosto. Entre los días 3 y 5 de noviembre se registraron 7 sismos del tipo tornillo cuales se estiman una interacción entre agua y vapor de agua del sistema hidrotermal y gases magmáticos. El 18 de noviembre se registró un sismo de magnitud $M_I = 2.2$, localizado 2 km debajo de la cima del volcán con un mecanismo preliminar de falla normal (de extensión) con una importante componente de corrimiento de rumbo. El plano de falla concuerda con el plano de falla de las fallas Elia y Ariete. El flujo de SO_2 y la temperatura de la Boca 2012 se mantienen estables con valores debajo del periodo julio-agosto. Todo indica que hay movimiento de fluidos profundos en el interior del volcán, mayor actividad a profundidad y muy poca actividad superficial, comparado con los meses anteriores y todo el año 2012.

V.Irazú:

Al comparar la actividad volcano-tectónica en el volcán Irazú con años anteriores se muestra una disminución apreciable en la actividad sísmica. El Cráter Principal se mantiene seco.

V.Poás:

La sismicidad en el volcán Poás se mantiene fluctuante con amplias variaciones entre 10 y 150 sismos diarios. La sismicidad volcano-tectónica se mantiene en bajos niveles, a pesar de que noviembre muestra el mayor número de sismos volcano-tectónicos asociados a este volcán, los eventos ocurren de forma aislada. La mayoría de los sismos tectónicos que ocurren en las cercanías del volcán Poás están asociados a la falla de Cinchona. El número de erupciones freáticas identificadas en los registros sísmicos se mantiene con valores entre 7 y 9 eventos por mes. En octubre se registraron 9 y en noviembre se registraron 8. Se midieron temperaturas arriba de los $400^{\circ}C$ y el nivel del lago sigue aumentando. La actividad en el volcán Poás parece estar asociada con actividad más profunda que la presentada en meses anteriores.

V.Arenal:

Durante el mes de noviembre se registraron dos sismos volcano-tectónicos, el primero se registró el 13 de noviembre con una magnitud $M_I = 1.6$, el segundo se registró el 20 de noviembre con una magnitud menor.

I_ Volcán Turrialba

I_1 V.Turrialba: Sismología

La actividad sísmica en el volcán Turrialba se mantiene con valores entre 100 y 200 sismos diarios, muy por debajo de la actividad registrada durante los meses de julio y agosto, cuando se reportaron de 500 a 600 sismos diarios (Fig.1). Esporádicamente se registraron sismos del tipo VLP o de muy largo período y algunos sismos volcano-tectónicos, sin llegar a registrarse enjambres de ninguno de estos dos tipos de eventos.

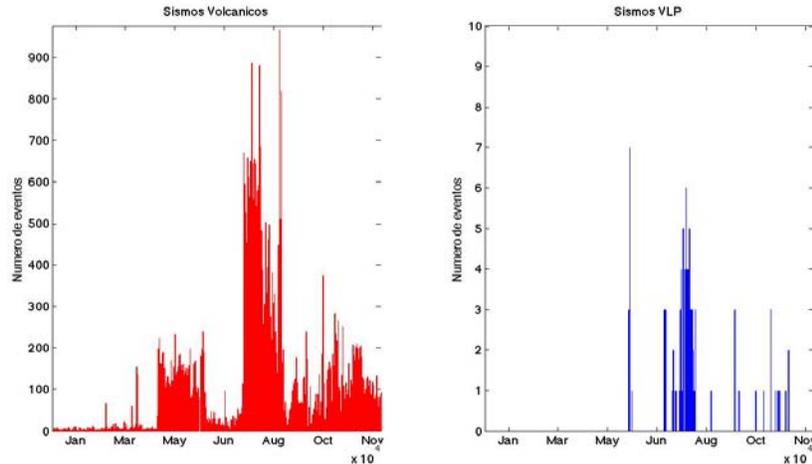


Figura 1. Sismicidad del volcán Turrialba durante el año de 2013. De izquierda a derecha se muestra el número de sismos volcánicos registrados por día y el número de sismos de muy largo período registrados diariamente.

La energía sísmica liberada, medida a través de la raíz cuadrática media de la amplitud, promediada cada 10 minutos (RSAM, Fig.2), se mantiene con valores cercanos a 10000 cuentas, pero con menos fluctuaciones rápidas como las mostradas durante los meses de setiembre y octubre. Esto significa que la actividad sísmica es más uniforme y menos cambiante.

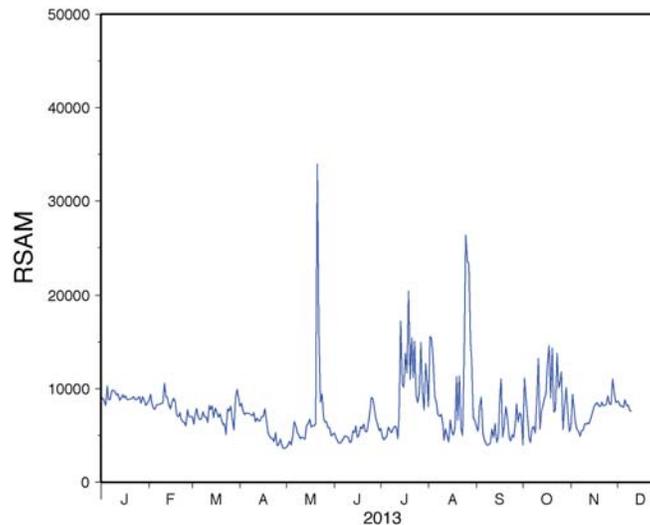


Figura 2. Medida de la amplitud sísmica en los registros de la estación VTUN (ubicada a 0.5 km del cráter activo). RSAM se obtiene del promedio cada 10 minutos de la raíz cuadrática media de la amplitud sísmica.

De hecho, la actividad dominante durante el mes de noviembre está representada por sismos de baja frecuencia o LF, con amplitudes de desplazamiento reducido de alrededor de 2 cm^2 . Aunque algunos de estos sismos presentan energías arriba de los 5 Hz., la mayor parte de la amplitud sísmica se concentra en frecuencias menores a 2 Hz (Fig.3). Las formas de onda de estos sismos son muy simples, principalmente cuando se integran los registros a desplazamiento (Fig.3). Este hecho y la frecuencia dominante de las señales son una indicación de que los eventos provienen de profundidades mayores a los sismos

volcánicos que se han estado registrando regularmente en el volcán Turrialba durante el 2013.

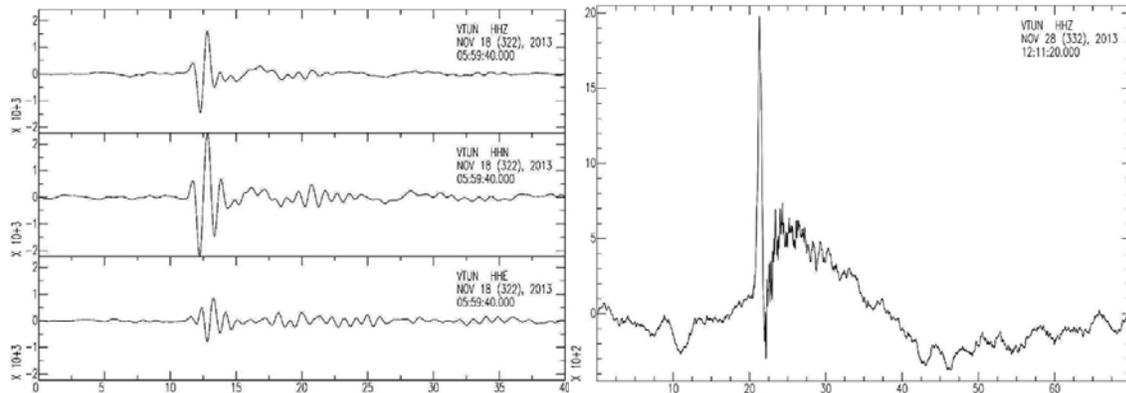


Figura 3. Registro sísmico de un LF registrado en la estación sísmica VTUN, filtrado entre 0 y 2 Hz (izquierda). Registro de desplazamiento de un sismo LF registrado en VTUN.

Entre los días 3 y 5 de noviembre se registraron 7 sismos del tipo tornillo (Fig.4). Estos sismos son bastante monocromáticos y son un indicador de la interacción entre el sistema hidrotermal y los fluidos magmáticos. Las frecuencias medidas para estos eventos varían entre 5.5 y 5.9 Hz, mientras que los factores de decaimiento de la amplitud o medida de atenuación de las ondas (Q) oscila entre 50 y 200. Para estas frecuencias y valores de Q se estima una interacción entre agua y vapor de agua del sistema hidrotermal y gases magmáticos. Durante este mismo período de tiempo se registraron varios sismos armónicos de muy pequeña amplitud.

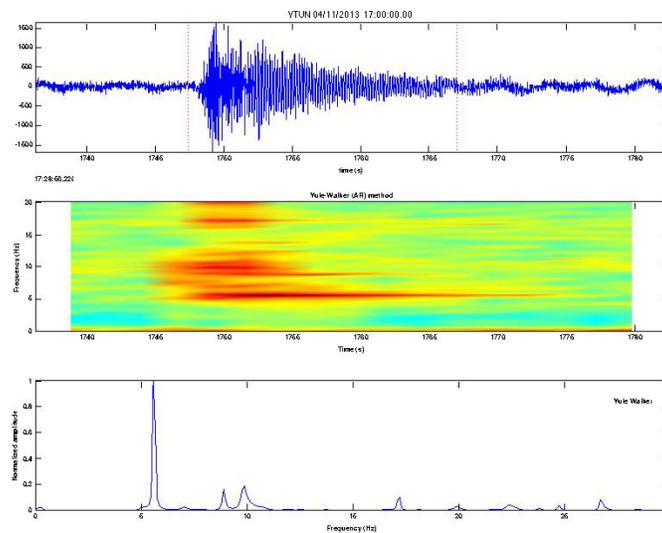


Figura 4. Ejemplo de sismo tipo tornillo registrado en la estación VTUN. Se muestra el sismograma, el espectrograma y el espectro de frecuencias.

La mayoría de los temblores registrados son de baja amplitud (amplitudes menores a 15 micrones a una distancia de 0.5 km) y corta duración (menores a 15 minutos). En general la amplitud y duración de los temblores disminuye conforme avanza el mes de noviembre, produciéndose los temblores de mayor amplitud y duración el día 2 de noviembre.

Se continúan registrando sismos del tipo híbrido, algunos con gran amplitud (desplazamiento reducido menor a 1 cm^2) y con frecuencias dominantes entre los 5 y los 10 Hz.

Los sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Turrialba son escasos, sin embargo, el 18 de noviembre a las 4:57 (hora GMT) se registró un sismo de magnitud $M_l = 2.2$, localizado 2 km debajo de la cima del volcán. Un mecanismo preliminar muestra una falla normal (de extensión) con una importante componente de corrimiento de rumbo. El plano de falla concuerda con el plano de falla de las fallas Elia y Ariete, estudiadas por Linkimer (2003). Siguiendo la orientación de estas fallas, la falla causativa podría ser una falla normal con componente lateral izquierda ubicada en un plano orientado SW-NE (229°), buzando hacia el norte 66° , con un ángulo de deslizamiento de -32° .

Todo indica que hay movimiento de fluidos profundos en el interior del volcán, mayor actividad a profundidad y muy poca actividad superficial, comparado con los meses anteriores y todo el año 2012.

I_2 V. Turrialba: Geoquímica

I_2.1 Evolución térmica de las zonas activas

En noviembre, la temperatura de la Boca 2012 rompió con la tendencia observada desde agosto y regresó a un valor debajo los 600°C (Fig.5a). En consecuencia, las rocas del conducto se mantienen de coloración clara en comparación del inicio del año. También se nota una salida de los gases mucho menos sonora que algunos meses atrás. Siempre se puede observar temperaturas altas dentro del Cráter Oeste (Fig.5b).

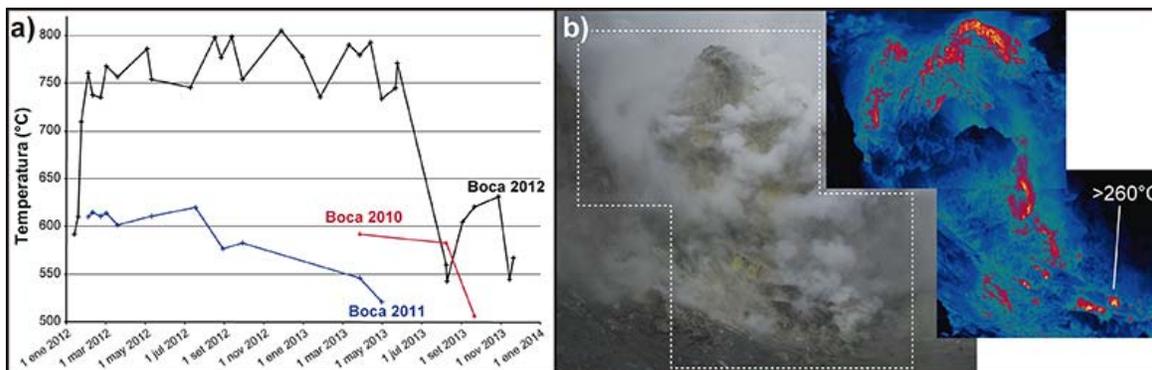


Figura 5. a) Evolución de la temperatura para las 3 bocas principales desde el inicio del 2012, y b) termograma infrarrojo de la pared oeste del Cráter Oeste ya referida como "pirámide de azufre" (Fotos: G.Avard, 19 nov 2013).

I_2.2 Monitoreo de los gases

I_2.2.1 Pluma de gases: Monitoreo remoto

El flujo de SO_2 emitido por el volcán Turrialba se mide en 2 estaciones mini-DOAS permanentes y muestran un flujo promedio de alrededor de 500 toneladas/día con valores máximos de 1200 t/d muy parecidos al mes anterior (Fig.6). Este nivel es menor a los valores medidos el año pasado.

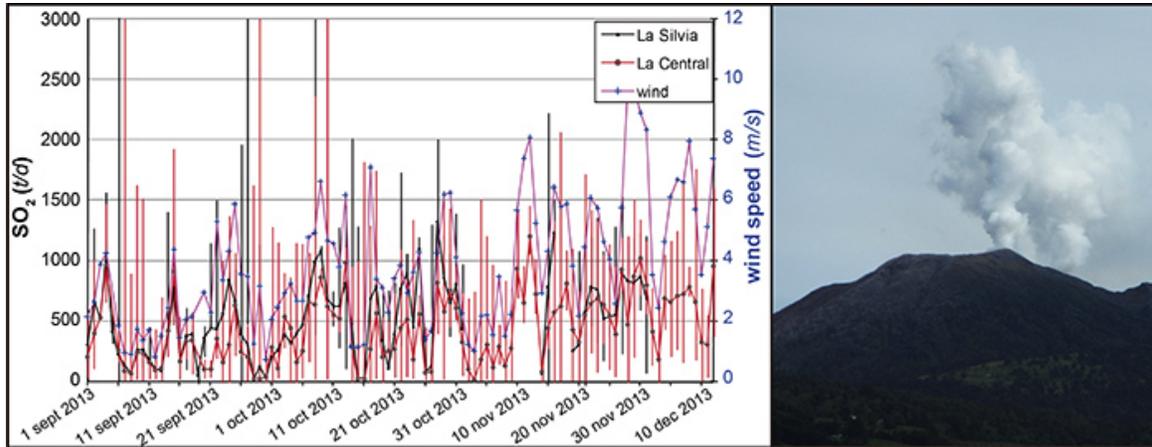


Figura 6. Evolución del flujo de SO_2 medido gracias a 2 estaciones mini-DOAS permanente, y foto de la pluma del volcán el 19 de noviembre del 2013 (Foto: G.Avard)

La cantidad diaria de dióxido de azufre, SO_2 , emitido por el volcán y detectada remotamente por los instrumentos OMI del satélite AURA de la NASA, continúa baja en el transcurso de noviembre 2013, alrededor de 70 toneladas de SO_2 por día con un máximo de 700 toneladas por día y un mínimo de 2 toneladas por día. Estos valores dependen en gran medida de las condiciones meteorológicas que limitan las mediciones satelitales como la cobertura de nubes y la altura de la pluma volcánica. La excepción fue un moderado incremento en la masa de SO_2 emitido hacia la atmósfera, los días 4, 9 y 20 de noviembre del 2013 detectado por los instrumentos OMI del satélite AURA de la NASA (Fig.7).

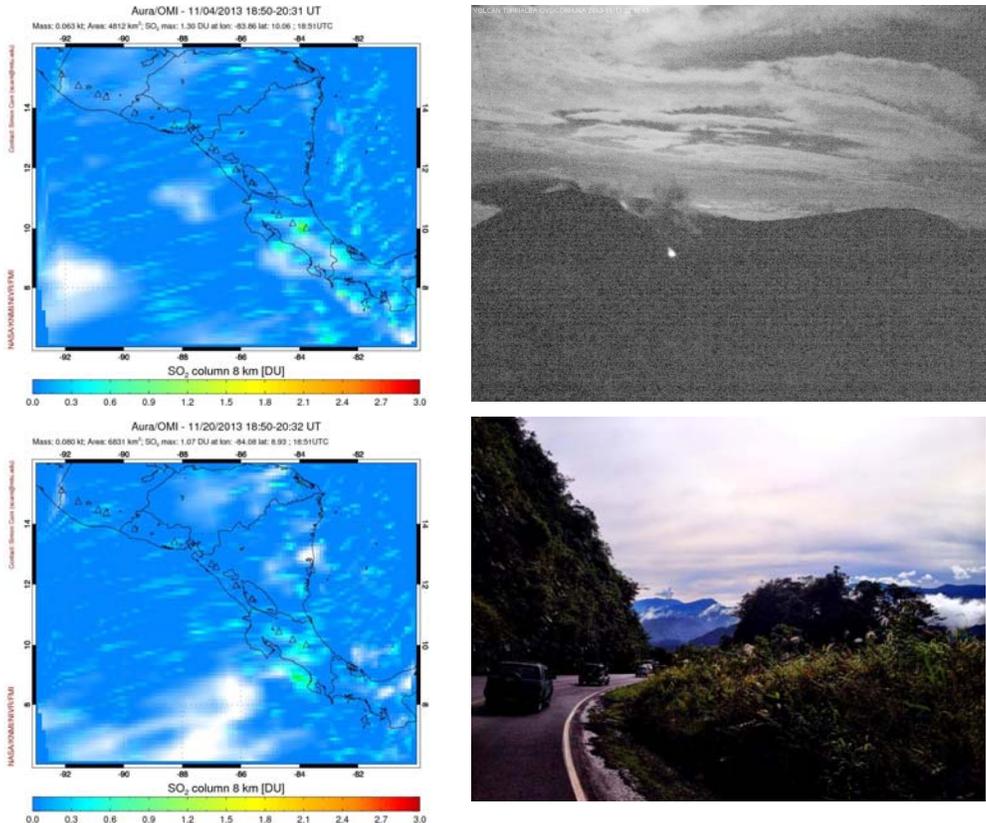


Figura 7. Pluma de gas dióxido de azufre, SO_2 , emitida por el volcán Turrialba detectada por el sensor UV-OMI a bordo del satélite AURA de la NASA (colores verde-amarillento), el 4 y el 20 noviembre 2013.

La pluma de gas se desplaza a una altura entre 3-5 km hacia el suroeste en dirección del Pacífico Central y la Península de Osa. Los datos de masa de SO₂ corresponden al total detectado por el instrumento OMI sobre el istmo de América Central entre las 18:00-19:00 UTC. La información no está corregida respecto al nivel “de fondo” de SO₂ atmosférico. Fuente: <http://so2.gsfc.nasa.gov/>. Imagen superior derecha: WebCam del OVSICORI-UNA ubicada en la cima del Turrialba mostrando incandescencia en las bocas fumarólica 2010 y 2012 el 11 noviembre 2013. Imagen inferior derecha: Volcán Turrialba el 20 noviembre 2013 visto desde el Parque Nacional Braulio Carrillo, foto cortesía de Allen Candela.

Entre noviembre y diciembre 2013 se ha observado en general, una disminución notable en la tasa de desgasificación en las bocas 2010 y 2012 en el Cráter Oeste del volcán Turrialba (Fig.8) lo cual podría estar señalando 1) que el cuerpo fresco de magma que intruyó posiblemente entre los años 2007-2008 ha perdido por exsolución una cantidad considerablemente significativa de volátiles magmáticos durante su cristalización o 2) una obstrucción del conducto principal que alimenta las fumarolas y las plumas de las bocas 2010 y 2012.



Figura 8. Volcán Turrialba el 2 diciembre 2013: El flujo de gas y calor ha disminuido notoriamente entre noviembre-diciembre 2013. Imagen: Cámara Web del OVSICORI-UNA ubicada en la cima del volcán.

1_2.2.2 Gases difusos en los suelos de la cima del Turrialba

La repetición del perfil de los flujos de CO₂ y H₂S que difunden en el suelo del Cráter Central muestra valores parecidos a los meses anteriores con posiblemente una pequeña tendencia a la disminución (Fig.9).

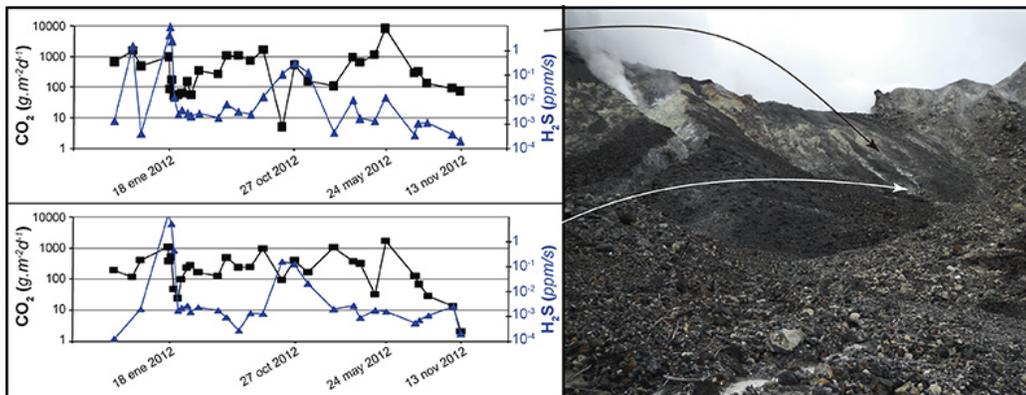


Figura 9. Evolución de los flujos de CO₂ y H₂S que difunden en el suelo para dos puntos del perfil en el Cráter Central (Foto: G.Avard, 13 nov 2013).

I_3 V. Turrialba: Monitoreo de la depositación total ácida (húmeda + seca)

Depositación total ácida con $\text{pH} \leq 5.6$ se ha venido registrando en las inmediaciones del volcán Turrialba desde el año 2007, cuando el volcán despertó luego de casi 150 años de reposo. El flujo de gases magmáticos emitidos por el volcán hacia la atmósfera se ha mantenido bastante bajo durante el año 2013 en comparación con los altos flujos observados en el 2008-2010. Es interesante también anotar que las razones $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ medidas en la depositación total ácida recolectada en las inmediaciones del volcán Turrialba muestran los valores máximos en los años 2007-2008, tiempo en el que se cree ocurrió la intrusión de magma fresco hacia la superficie. Entre el 2012-2013 se han medido razones $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ muy bajas lo cual corresponde con la disminución general y marcada en el flujo de SO_2 a través de la pluma de gases del Turrialba. A pesar de estos cambios, el Turrialba continúa emitiendo una cantidad apreciable vapores y gases suficientes para acidificar el ambiente, tal y como se observa en los valores de pH (entre 3 y <4) de las lluvias recolectadas en el 2013 en lugares como La Central, La Silvia, la Caseta de Guardaparques, y el Mirador de Visitantes, localizados en las proximidades del volcán (0.5-2.6 km) (Fig.10).

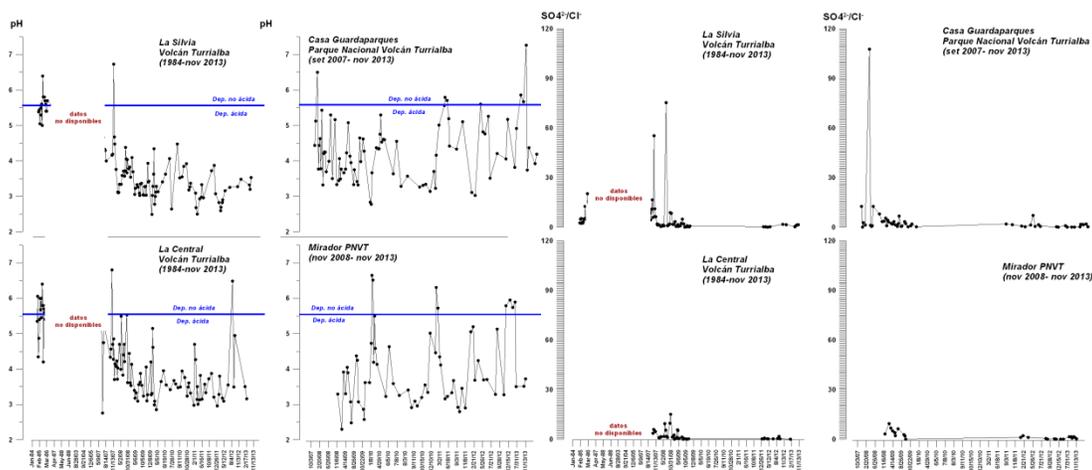


Figura 10. Razones $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ y pH (acidez) de la depositación total recolectada en La Central, La Silvia, Mirador de Visitantes y Caseta de Guardaparques, todos sitios ubicados en las inmediaciones del Cráter Oeste del volcán Turrialba. Valores de $\text{pH} \leq 5.6$ corresponden a lluvia ácida (línea azul). Datos: Laboratorio de Geoquímica Volcánica del OVSICORI-UNA.

I_4 V.Turrialba: Otras observaciones

Se mantiene una acumulación de agua somera en el Cráter Oeste y las lluvias sobre un terreno alterado por las fumarolas generan una erosión fuerte con deslizamientos y coladas de lodo como se podía observar el 13 de noviembre del 2013 (Fig.11).



Figura 11. Erosión en el Cráter Central con deslizamiento y colada de lodo (Fotos: G.Avard, 13 nov 2013).

II_ Volcán Irazú

II_1 V.Irazú: Sismología

Al comparar la actividad volcano-tectónica en el volcán Irazú con años anteriores se muestra una disminución apreciable en la actividad sísmica. En el mes de noviembre no se registran enjambres sísmicos, solo unos pocos sismos tectónicos aislados, que por su ubicación se asocian al volcán Irazú (Fig.12). Setiembre fue el mes más activo, cuando se registraron dos pequeños enjambres sísmicos con más de 10 sismos diarios.

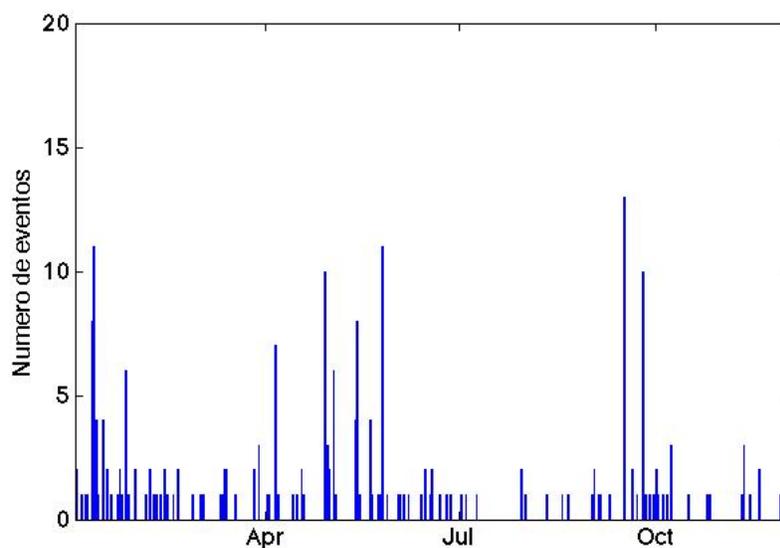


Figura 12. Número de sismos volcano-tectónicos diarios asociados al volcán Irazú.

A diferencia de los sismos volcano-tectónicos, los sismos de baja frecuencia (LF) en el volcán Irazú continúan ocurriendo con poca variación (Fig.13). En noviembre se nota un pequeño incremento en la amplitud promedio de los sismos y un ligero decrecimiento del tiempo entre eventos. Sin embargo, los sismos de mayor amplitud siguen estando confinados entre 8 y 15 micrones, mientras los tiempos entre eventos estos eventos se contabilizan en cerca de 50 horas. Entre los eventos de mayor amplitud ocurren sismos pequeños (amplitud < 1 micrón) y sismos medianos ($1 < \text{amplitud} < 5$ micrones) que liberan parcialmente la energía acumulada y dilatan la ocurrencia de los grandes eventos.

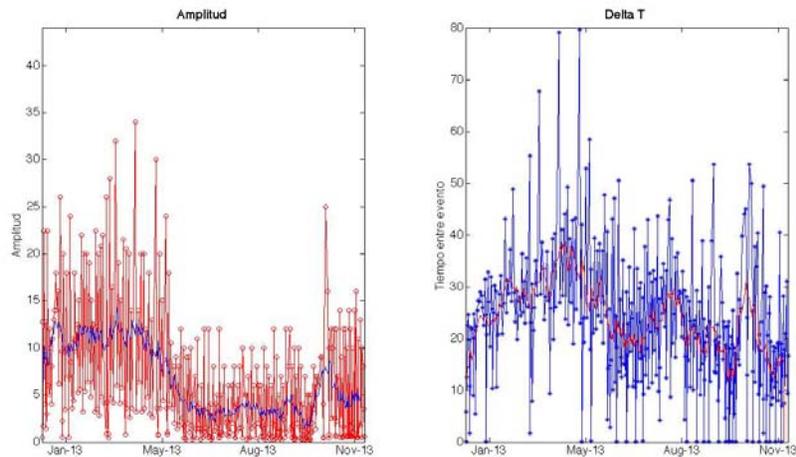


Figura 13. Amplitud de los sismos LF registrados en el volcán Irazú (izquierda). Tiempo entre eventos del tipo LF (derecha).

II_2 V.Irazú: Otras observaciones

A pesar de las lluvias que permiten la acumulación de agua en La Playa Hermosa (Fig.14), el Cráter Principal se mantiene seco.



Figura 14. Fuerte granizada el 1 noviembre 2013 a las 2 p. m. en el Irazú dejó la cima del volcán cubierta de granizo. Foto: Alejandra Varela funcionaria del Parque Nacional Volcán Irazú.

III_ Volcán Poás

III_1 V.Poás: Sismología

La sismicidad en el volcán Poás se mantiene fluctuante con amplias variaciones entre 10 y 150 sismos diarios. La mayor cantidad de sismos por día se registró durante el mes de octubre cuando sobrepasó los 100 sismos diarios en dos ocasiones. En noviembre se contabilizaron más de 50 eventos diarios en 4 ocasiones solamente. En general la actividad sísmica en el volcán Poás se mantiene baja (Fig.15). La sismicidad volcano-tectónica se mantiene en bajos niveles, a pesar de que noviembre muestra el mayor número de sismos volcano-tectónicos asociados a este volcán, los eventos ocurren de forma aislada (no se registran más de 2 sismos en un día), con bajas amplitudes y superficiales (Fig.15). La mayoría de los sismos tectónicos que ocurren en las cercanías del volcán Poás están asociados a la falla de Cinchona.

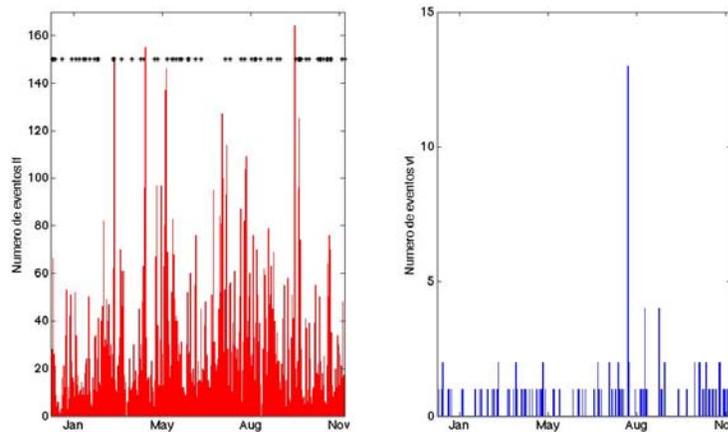


Figura 15. Sismicidad volcánica registrada en el volcán Poás durante el 2013 (izquierda). Asteriscos en la figura representan erupciones freáticas identificadas en los registros sísmicos. Número de sismos volcano-tectónicos identificados como asociados al volcán Poás (derecha).

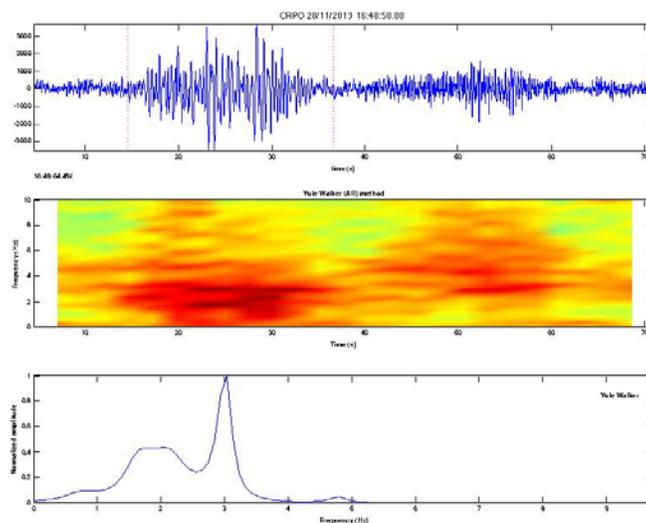


Figura 16. Sismograma de una erupción freática registrada en noviembre con su respectivo espectrograma y espectro de frecuencias.

El número de erupciones freáticas identificadas en los registros sísmicos se mantiene con valores entre 7 y 9 eventos por mes. En octubre se registraron 9 y en noviembre se registraron 8 (Fig.16). Pequeñas erupciones freáticas o burbujas de gas que revientan en la superficie del lago no son registradas por los sismógrafos.

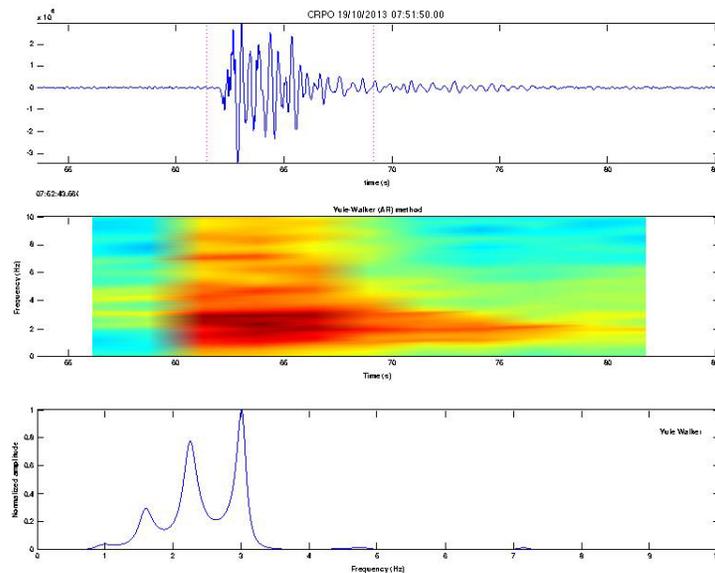


Figura 17. Sismo híbrido registrado en la estación CRPO (ubicada a 0.5 km del cráter activo). Se muestra el sismograma, espectrograma y espectro de frecuencias.

La actividad sísmica durante los meses de octubre y noviembre se caracteriza por la ocurrencia de sismos híbridos con amplitudes de desplazamiento reducido entre 2 y 4 cm² (Fig.17). Estas amplitudes son comparables a los sismos LF del volcán Turrialba registrados durante el noviembre, y son mayores a las amplitudes de las erupciones freáticas, las cuales no sobrepasan valores de 2 cm².

La mayoría de los sismos híbridos registrados ocurrieron durante el mes de octubre, para finales de noviembre esta actividad desaparece.

Aunque se registran algunos tremores, estos son de baja amplitud y corta duración (no mayores de 2 minutos).

Al igual que en el volcán Turrialba, la actividad en el volcán Poás parece estar asociada con actividad más profunda que la presentada en meses anteriores.

III_2 V.Poás: El criptodomo: Gases monitoreados in situ con el sistema MultiGAS

III_2.1 Mediciones geoquímicas

Buenas condiciones ambientales permitieron medir temperaturas arriba de los 400°C sobre el criptodomo el 20 de noviembre del 2013 (Fig.18a). El criptodomo se mantiene con un depósito de azufre importante. Se notaron evidencias de actividad fumarólica saturadas en agua con proyecciones de lodo sobre alrededor de las rocas (Fig.18b).

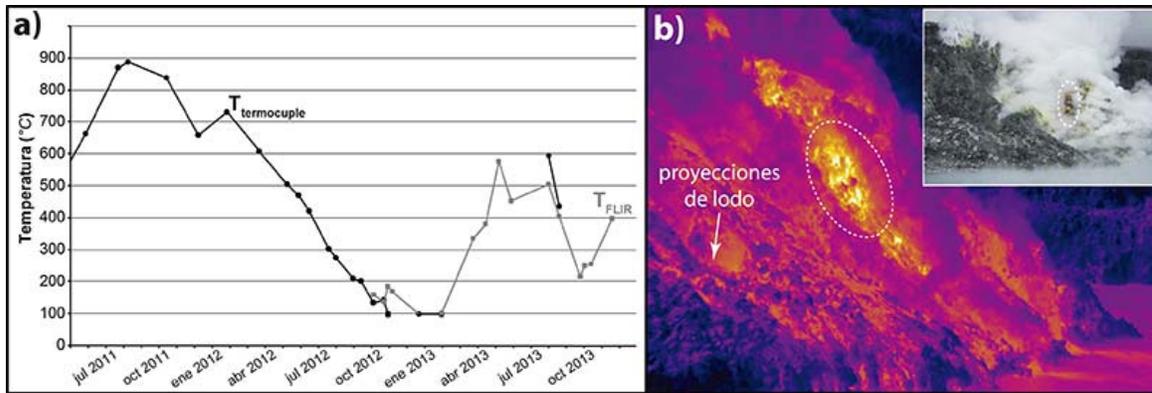


Figura 18. a) Evolución de la temperatura máxima medida sobre el criptodomo con una termocupla o una cámara FLIR SC600, y b) termograma del criptodomo (Fotos: G.Avard, 20 nov 2013)

III_2.2 Otras observaciones

Debido al aumento del nivel del lago (Fig.20), varias fumarolas del criptodomo se encuentran en la orilla del lago y generan fuentes y manchas de lodo en el lago (Fig.18b). La cueva que se reportó cuando el nivel del lago era más bajo ya no se puede acceder.

III_3 V.Poás: El lago ultra ácido

III_3.1 Mediciones geoquímicas

La temperatura del lago se mantiene en los alrededores de 45°C y el pH debajo los 0.3 (Fig.19).

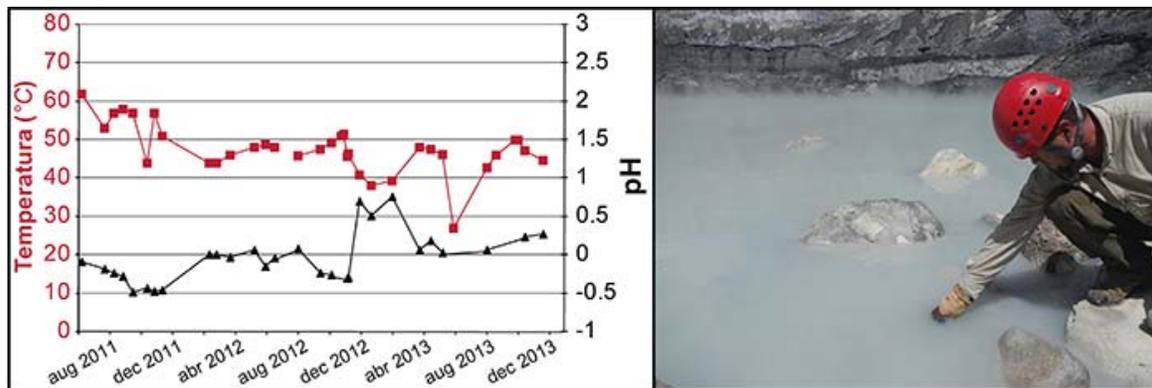


Figura 19. Evolución de la temperatura y del pH del lago. Foto del Dr.Brian Hynek sacando una muestra del lago caliente ultrácido (Foto: G.Avard, 20 nov 2013).

III_3.2 Otras observaciones

Desde agosto del 2013, el nivel del lago se ha recuperado, con un aumento de ~1.5m en 4 meses (Fig.20).

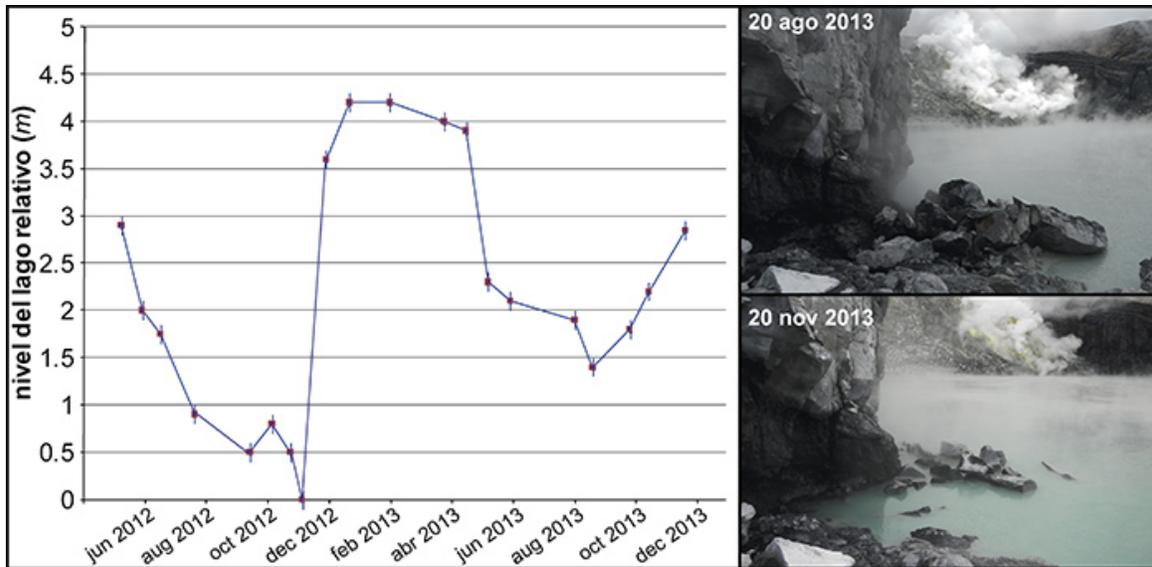


Figura 20. Evolución del nivel del lago desde mayo del 2012 y comparación entre agosto y noviembre del 2013 (Fotos: G.Avard)

III_4 V.Poás: La Laguna Botos

La Laguna Botos presenta usualmente pH's entre 4 y 5 y una temperatura promedio de 15°C.

En mayo del 2005 registró valores de pHs mínimos aparentemente relacionados con vigorosa inyección de gases y partículas a través del cráter activo del Poás hacia la atmósfera. Más tarde, entre finales del 2009 y mediados del 2011, el lago mostró en forma consistente pH's bajos cercanos a pH=4 debido a la fuerte desgasificación de alta temperatura que se presentó en el criptodomo durante este periodo (Fig.21). Las aguas del Lago Botos deben su carácter ácido principalmente a la depositación atmosférica de gases y partículas ácidos sobre el lago, i.e. depositación total húmeda y seca proveniente del cráter activo.

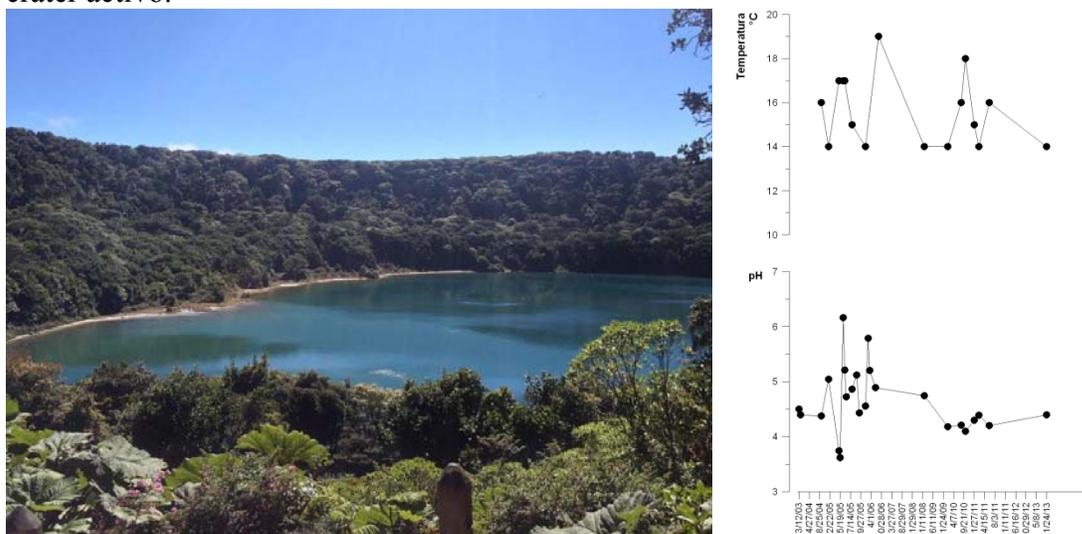


Figura 21. Laguna Botos en enero 2013, vista desde el borde sur del cráter del volcán Botos. Foto: OVSICORI-UNA.

IV_ Volcán Arenal

IV_1 V.Arenal: Sismicidad

Durante el mes de noviembre se registraron dos sismos volcano-tectónicos asociados al volcán Arenal, el primero se registró el 13 de noviembre a las 19:50 (hora GMT) con una magnitud $M_l = 1.6$, el segundo se registró el 20 de noviembre a las 19:02 (hora GMT) con una magnitud menor.

IV_2 V.Arenal: Desgazificación

En la actualidad se observa exhalaciones mayormente de vapor de agua a través de los cráteres C y D (Fig.22). Mediciones remotas del flujo de SO_2 a través de la pluma que emana de la cima del volcán realizadas en abril 2013 arrojaron un valor promedio de menos de 1 tonelada de SO_2 por día. Comparativamente, en marzo del 2002 se midió un promedio de 250 toneladas de SO_2 por día.



Figura 22. Volcán Arenal 12 noviembre 2013 cortesía del Arenal Observatory Lodge. Nótese los dos penachos de vapores emanando de los bordes del Cráter C compuestos principalmente de vapor de agua.

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.

Bibliografía:

Linkimer, L., 2003. Neotectónica del extremo oriental del Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica. Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, 103 pp.

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

ovsicori@una.cr

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

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