



Rincón de la Vieja: Erupción con cenizas del 26 mayo 2020 a las 19:05 horas

Fechas

Fecha de publicación de datos: 17 junio 2020

Tópico: petrología y composición química de las cenizas eruptadas el 26 mayo 2020

Cita: Avar, G., Martínez, M., Pacheco, J. Fco., Rodríguez, A., Sibaja, J.P., 2020. Rincón de la Vieja: Erupción freática del 26 mayo 2020: Petrología y composición química de las cenizas eruptadas. Laboratorio de Petrología y Laboratorio de Geoquímica del OVSICORI-UNA. Datos de acceso abierto en: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/vulcanologia/informes-y-boletines/informes-tecnicos>

Erupciones hidrovolcánicas o freatomagmáticas

El volcán Rincón de la Vieja ha presentado actividad eruptiva casi todos los años desde setiembre del 2011, sin embargo, desde mediados de abril del presente año, el volcán mantiene una actividad casi continua, consistente de pequeñas a moderadas erupciones hidrovolcánicas ricas en vapor. El incremento conspicuo pero lento en la actividad explosiva hidrotermal se empezó a notar desde mediados de marzo 2020 hasta llegar a un máximo entre el 25 y 26 de mayo, culminando con la emisión de cenizas el 26 mayo 2020 a las 19:05 horas. Desde entonces, la actividad explosiva hidrotermal ha mostrado una disminución gradual.

Para comparar entre sí varias de las erupciones hidrotermales recientes, podemos calcular una magnitud asociada con la energía disipada durante las erupciones por expulsión de los gases confinados en el interior del volcán, la cual causa una onda de presión u onda sonora debido a la diferencia entre la presión interna del volcán y la presión externa atmosférica. Así, la erupción del 30 de enero, 2020, que es una de las más grandes registradas en los últimos 3 años, tuvo una magnitud de 4,95. La máxima erupción registrada en el período marzo-mayo 2020 ocurrió el 25 de mayo en la madrugada y fue de magnitud 4,5. Posteriormente, la actividad eruptiva hidrotermal ha ido mermando tal y como se aprecia en la Fig. 1 donde se observa un registro de hasta 52 eventos eruptivos el 26 de mayo, a tan “solo” un promedio de 15 eventos a mediados de junio 2020 con magnitudes asociadas con la energía disipada que no sobrepasan el valor de 4. Aunque se nota una disminución en la actividad del volcán, a mediados de junio 2020 se han registrado señales de sismos volcano-tectónicos VT dentro del edificio volcánico que indican fracturamiento de roca, probablemente causados por sobrepresión de gases y vapor atrapados en el interior del volcán. Estas señales sísmicas sugieren que la actividad se va a mantener por algunas semanas más y podría regresar a los niveles registrados en mayo, con alguna expulsión de vapor y ceniza.

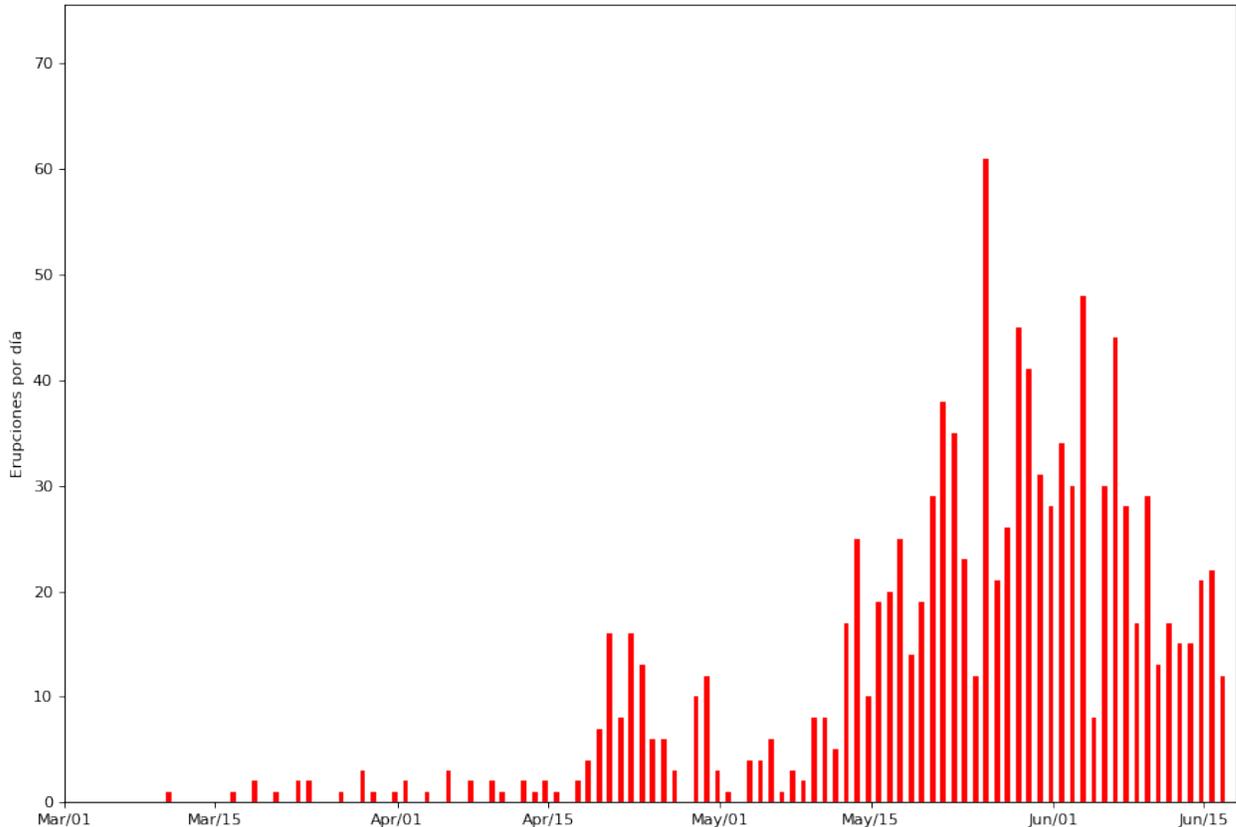


Figura 1. Número de erupciones hidrotermales registradas desde el 1 de marzo, 2020 hasta el 15 de junio, 2020.

Cenizas

Recolección de las muestras

El 26 de mayo 2020 a las 19:05 hora local, el volcán Rincón de la Vieja erupió cenizas que fueron dispersadas por el viento en la dirección predominante del viento, es decir hacia el noroeste-suroeste (Fig. 6). La mañana siguiente los pobladores de las fincas al oeste del volcán encontraron los pastos, la vegetación en general, chasis de automóviles, estañones plásticos, mesa y sillas de un jardín público en Los Ángeles de Quebrada Grande, y hasta una roca cubiertos con un pequeño y fino depósito de cenizas gris claro con textura pulverulenta. Varias muestras de esta ceniza fueron recolectadas antes de cualquier lluvia en recipientes plásticos limpios por funcionarios de la Planta Eólica Orosí, por la Señora Jenny Brizuela de Nueva Zelanda y por personal de la Municipalidad de Liberia Guanacaste (Fig. 2). Personal de vulcanología del OVSICORI-UNA visitaron la zona y trasladaron las muestras a los Laboratorios de Petrología y de Geoquímica del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica de la Universidad Nacional, OVSICORI-UNA para los análisis petrológicos y químicos.



Figura 2. Cenizas recolectadas por vecinos en los alrededores de la Planta Eólica Orosí y en Nueva Zelandia.

Análisis de las cenizas

Petrografía, granulometría y composición química

A partir de las muestras de cenizas se pueden hacer varios análisis en laboratorio: De la granulometría y la mineralogía de la ceniza misma y de los componentes químicos originados de volátiles magmáticos y sales solubles en agua que transporta la ceniza adsorbidos en su superficie. La ceniza misma está constituida de fragmentos de roca pulverizada, de tamaños inferiores a 2 mm. Puede ser material arrancado de las bocas fumarólicas o las paredes del cráter del volcán (fragmentos de las capas geológicas del volcán o de la corteza llamados líticos, y material mineral hidrotermal, es decir, alterado por los gases y aguas volcánicas ácidas y calientes) o material magmático fresco (“vidrios juveniles”). En este material se puede analizar la distribución de los tamaños de los fragmentos rocosos (granulometría), la distribución de la composición del material (análisis modal), la distribución de los minerales (análisis petrográfico), la composición química, etc.

Las cenizas fueron sometidas a un procedimiento de limpieza con agua ultrapura en un baño ultrasónico por 60 minutos para remover las sales solubles en agua, y secadas en un horno a 60°C. Finalmente fueron tamizadas para separar los granos de cenizas por tamaños y se realizó el análisis granulométrico de las 2 muestras más grandes recolectadas (RV200526A1 y RV200526A2).

Granulometría

Los resultados del análisis granulométrico (Fig.3) muestran una distribución con carácter casi exponencial hacia un material con tamaño de partícula muy fino igual o menor a los 60 micrómetros. Esta distribución es típica de una muestra recuperada a una distancia relativamente larga del cráter (unos 25 km), a pesar de tratarse de una erupción de pequeña dimensión. El material grueso cayó cerca del cráter y el material fino fue transportado por el viento sobre una distancia de al menos unos 25 km (Fig. 6). Es interesante anotar que la ceniza fue transportada con poca pérdida de material muy fino, lo que sugiere que no hubo influencia significativa del proceso de agregación de partículas por humedad durante la erupción y el transporte en la atmósfera. El proceso de agregación en la pluma eruptiva genera materiales particulados más gruesos que se depositan rápidamente y así se elimina gran parte del material fino de la pluma. Esta observación es consistente con las imágenes fotogramétricas logradas mediante sobrevuelos entre el 6 de febrero y el 22 de mayo del 2020 por el Señor Federico Chavarría Kooper y el OVSICORI-UNA, que muestran una reducción importante en el nivel de agua del lago intracrático de alrededor de 5 m.

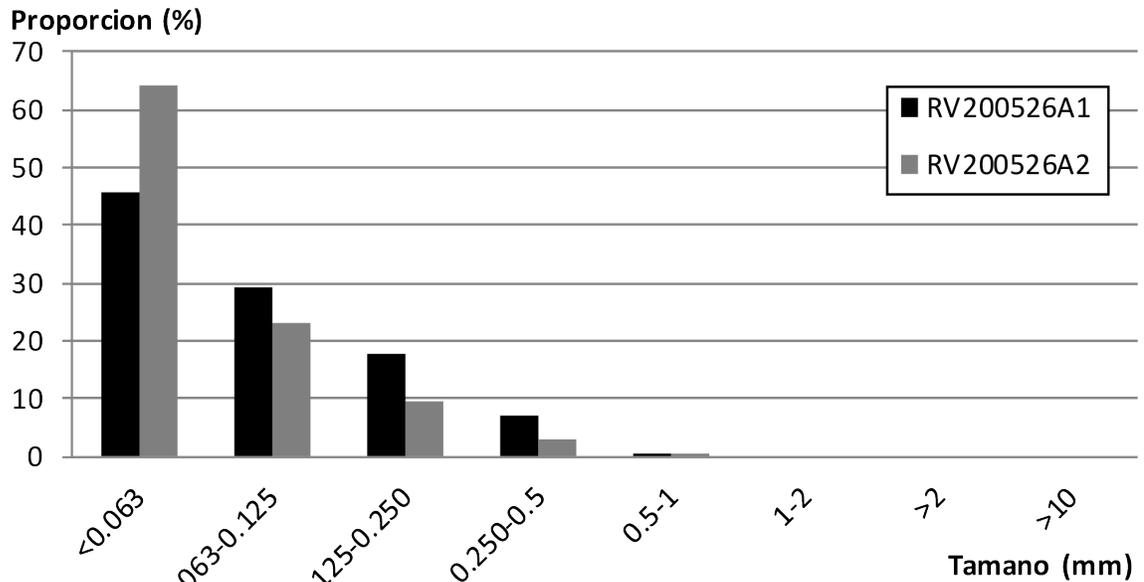


Figura 3. Distribución granulométrica de 2 muestras de ceniza del Rincón eruptada el 26 de mayo del 2020.

Análisis modal

La fracción de las cenizas tamizadas con una granulometría de 0.250-0.500 mm se examinó en detalle para hacer un análisis modal, es decir, clasificar los distintos tipos de partículas en familias y contarlas. Se pudo hacer el análisis de 2 muestras para un total de más 1200 fragmentos (clastos). Se observa en la gráfica en la parte superior izquierda de la Figura 4 que las 2 muestras son muy parecidas entre sí, con alrededor de 10% de material derivado de magma juvenil (magmático fresco) y una proporción parecida de material lítico hidrotermalmente alterado (por los fluidos volcánicos). Además se encontraron esférulas de azufre ricas en sulfuros de metales. Este último material proviene del sistema hidrotermal poco profundo y del fondo del lago (generalmente flota) y no se toma en cuenta para el cálculo de las proporciones porque está muy afectado por el proceso de transporte (por el viento) por ser de una densidad muy diferente a los otros materiales.

Esta distribución de las proporciones (con 10% de magma juvenil) y la presencia dominante de partículas de grano muy fino en las cenizas son típicas de una erupción freatomagmática como las de los años anteriores en el Rincón de la Vieja (Battaglia et al. 2019) o del Poás en el 2014 y 2016 (Salvage et al. 2018). Un aspecto intrigante de esta erupción del Rincón del 26 mayo es que el 10% del material en la ceniza presenta una mineralización secundaria. Este material podría ser material magmático reciente en varios estados de alteración debido a la interacción con fluidos magmáticos e hidrotermales.

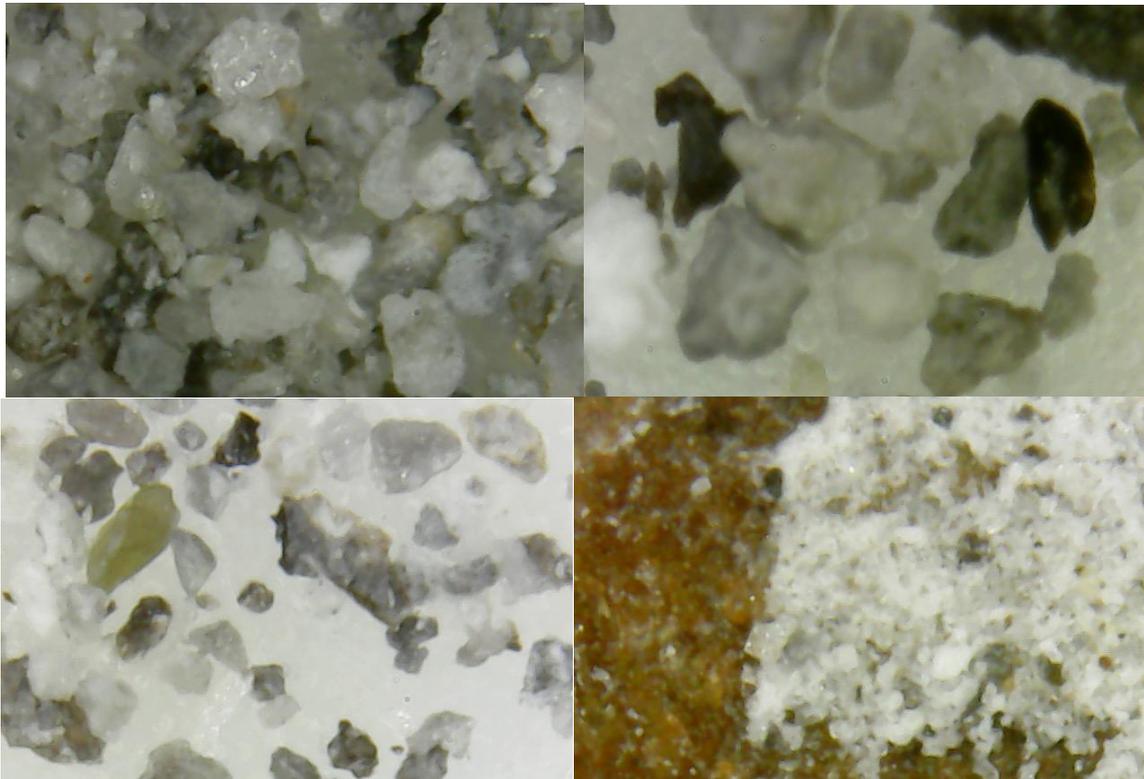
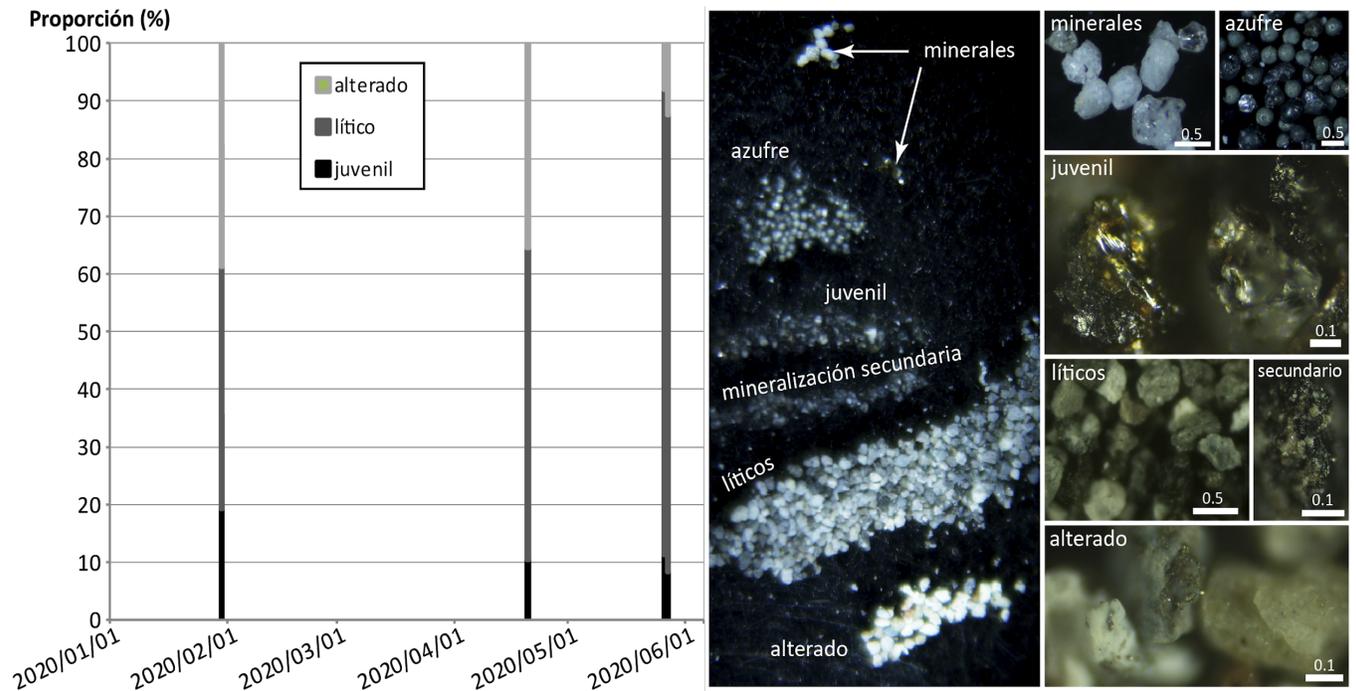


Figura 4. Evolución de la proporción de material alterado, lítico y juvenil en las cenizas del Rincón de la Vieja desde el inicio del año 2020. Fotos de estos materiales a la derecha en la parte superior de la figura (la escala 0.1 o 0.5 es en milímetros). En la parte inferior, 4 vistas cercanas de los materiales en las cenizas.

Es decir, es material que fue expuesto poco tiempo (posiblemente en el orden de algunas semanas o meses) a estos fluidos. Se observa con el tiempo que la proporción de material juvenil era más importante en la erupción del 30 de enero del 2020 y que la proporción de material hidrotermal era también más importante en enero y abril de este año. Esto sugiere que la intrusión del material que se observa en la muestra del 26 de mayo (juvenil) podría haber ocurrido al inicio del año 2020 y que parte del sello hidrotermal (material alterado) fue fragmentado y expulsado. Todas estas observaciones son consistentes con los parámetros geofísicos (sismicidad volcánica y geodesia) monitoreados por el OVSICORI-UNA Accedido el 17 junio 2020. <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/vulcanologia/informes-y-boletines/boletin-semanal-vigilancia-volcanica/category/64-boletines-semanales-vulcanologia-2020>).

Composición química de los lixiviados acuosos de las cenizas

Las cenizas volcánicas tienen una superficie porosa con una alta capacidad de adsorber gases, sales y humedad en la pluma volcánica y durante su transporte por corrientes de convección y por el viento. Las cenizas se depositan gradualmente por gravedad sobre la cobertura vegetal, suelos, cuerpos de agua superficiales e infraestructura. Los componentes solubles en agua adheridos a la ceniza se pueden extraer y analizar mediante una técnica llamada “lixiviación acuosa o extracción con agua”, la cual también ocurre naturalmente cuando la lluvia lava la ceniza. La lixiviación de las cenizas recién eruptadas por los volcanes puede tener un impacto perjudicial sobre la calidad del aire ambiente, suelos y reservorios de agua así como en la salud humana y animal. A plazos medianos o largos de tiempo, varios de los componentes de las cenizas solubles en agua pueden ser de beneficio al transformarse en nutrientes para la agricultura, la vida acuática y la calidad de suelos y bosques. El OVSICORI-UNA muestrea y analiza cenizas volcánicas con el fin de comprender los procesos magmáticos o freáticos involucrados en la actividad observada en los volcanes del país, y determinar el potencial de peligro si las cenizas contienen componentes magmáticos juveniles y si la composición química de los componentes solubles en agua adheridos a la superficie de las cenizas podría representar un peligro volcánico si se tratara de una caída de cenizas ricas en fluoruro que es un componente de origen magmático tóxico para humanos y seres vivientes en general.

Las cenizas se secaron durante 1 día a la temperatura ambiente del laboratorio y se lixiviaron en agua ultrapura por 60 minutos en baño ultrasónico para el análisis de sales solubles en agua mediante cromatografía de iones, siguiendo el protocolo internacional para el análisis de cenizas volcánicas de Stewart et al., 2013. El análisis químico de los lixiviados acuosos de las cenizas del Rincón indican que las cenizas no contienen adheridas en su superficie cantidades cuantificables de fluoruro y cloruro derivados de volátiles magmáticos, lo cual es una buena noticia para los pobladores alrededor del volcán en vista de la alta toxicidad del fluoruro para seres humanos, animales y ecosistemas en general (D’Alessandro, 2006). Por otra parte, las cenizas son ricas en minerales secundarios de sulfato, que podrían ser compuestos de sulfato de calcio como el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y/o la anhidrita (CaSO_4). La naturaleza cierta de los sulfatos presentes en la ceniza se determinará pronto mediante análisis por microscopía electrónica de barrido SEM-EDS. Comparando las cenizas del Rincón del 26 mayo 2020 con las del volcán Turrialba eruptadas entre el 29-30 Oct 2014, los lixiviados acuosos de las cenizas del Turrialba indican un alto contenido de componentes originados de volátiles magmáticos adsorbidos en la superficie de la ceniza (mg ion/kg de ceniza): Fluoruro entre ≈ 400 y 800 ; Cloruro ≈ 1400 a 3100 ; Bromuro ≈ 60 a 120 , y Sulfato ≈ 26600 a 35000 (Cuadro 1, Martínez et al., 2015; Fig. 5).

Cuadro 1. Composición química de lixiviados acuosos de las cenizas eruptadas por el Rincón de la Vieja el 26 mayo 2020.

Muestra	Sitio	Volcán	F ⁻ mg/kg ceniza	Cl ⁻ mg/kg ceniza	SO ₄ ²⁻ mg/kg ceniza	Ca ²⁺ mg/kg ceniza	SO ₄ ²⁻ /Ca ²⁺
No.1	Playground de Los Ángeles	Rincón de la Vieja	d.l.c.	d.l.q.	16 735	6 350	2,64
No. 2	Casa frente al Playground de Los Ángeles	Rincón de la Vieja	d.l.c.	d.l.q.	30 000	11 270	2,66
M 1	Caseta bombeo Torres Eólicas Orosí	Rincón de la Vieja	d.l.c.	d.l.q.	20 460	8 090	2,52
M 3	Generador Edificio Orosí	Rincón de la Vieja	d.l.c.	d.l.q.	21 050	8 220	2,56
M 4	Subestación planta eólica Orosí	Rincón de la Vieja	d.l.c.	d.l.q.	24 997	9 264	2,69
VT _{C01,C02,C03}	Cima	Turrialba	400-800	1500-3000	27 000-35 000	19 000-27 000	1,42

Notas: Las muestras fueron recolectadas por la Señora Jenny Brizuela vecina de Nueva Zelandia y por personal de la Planta Eólica Orosí. Todos los lixiviados tienen solo trazas de halógenos. d.l.c. significa debajo del límite de cuantificación.

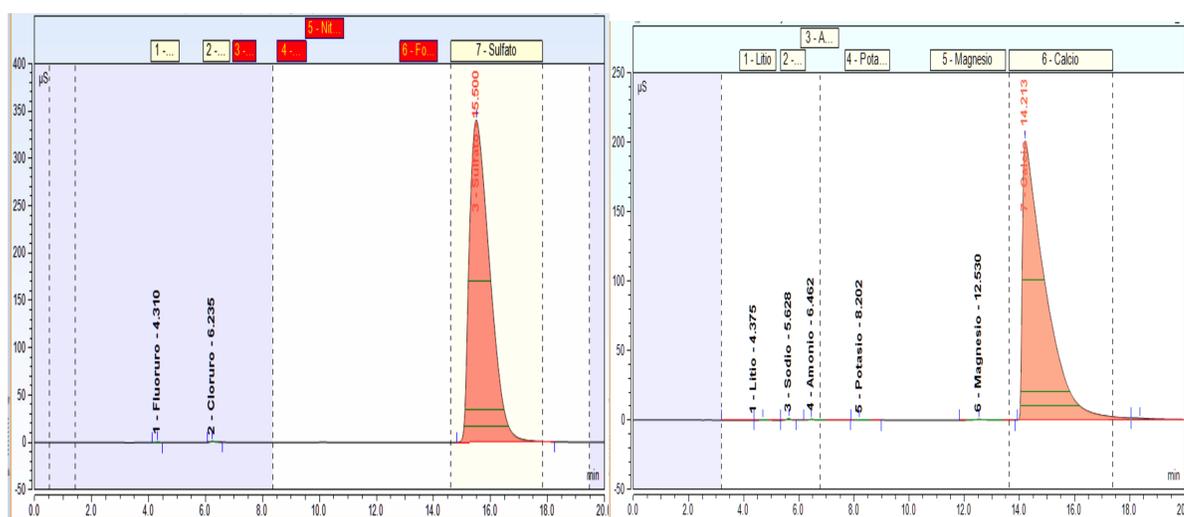


Figura 5. Cromatogramas de lixiviado acuoso de ceniza eruptada por el volcán Rincón de la Vieja el 26 mayo 2020 y recolectada por vecinos del volcán en la Subestación de la Planta Eólica Orosí.

Modelado de la dispersión de las cenizas y gases emitidos el 26 mayo 2020

La erupción del 26 de mayo del 2020 durante la noche, generó una pluma de dispersión de cenizas y gas hacia el noroeste-suroeste, según el modelo de dispersión visualizado en un mapa generado por el programa computacional Aermid View 3, que considera el patrón

predominante de vientos a una altitud entre los 1500 y los 3000 m s.n.m., la topografía de la zona, la altura, temperatura y tasa de emisión de la pluma volcánica así como datos meteorológicos tomados de Windy (<https://embed.windy.com/>). Según la simulación de la dispersión, las zonas afectadas pudieron ser en las cercanías del volcán hacia el noroeste-suroeste: los alrededores del Parque Nacional Rincón de la Vieja, Quebrada Grande, Los Ángeles, Santa Anita, Nueva Zelandia y otros lugares más cercanos al volcán en dirección oeste. Hacia el suroeste se esperaba una pequeña pluma de material dispersado Fig. 6). En efecto, los vecinos del volcán reportaron que la caída de ceniza se dio principalmente en Nueva Zelandia, Parque Eólico Orosí, Las Lilas, Consuelo y Quebrada Grande.



Figura 6. Mapa que muestra la región hacia el noroeste-suroeste sobre la que se pudieron dispersar los vapores, gases y partículas emitidas por el volcán Rincón de la Vieja el 26 de mayo del 2020 entre las 3:00 pm y las 6:00 pm, de acuerdo al modelado con el código computacional AERMOD VIEW 3.

Este modelo de dispersión de ceniza y gas volcánico es consistente con el modelo de dispersión de ceniza Ash3D desarrollado por el USGS (Schwaiger et al., 2012) cual es un modelo Euleriano, tridimensional que requiere la entrega de características propias de la erupción (ubicación del cráter, altura de la pluma, duración del evento...) y simula la dispersión y el depósito basado en el modelo atmosférico global de la NOAA. El OVSICORI-UNA procesa 2 simulaciones automáticas por día (en la madrugada y al fin del día) del Ash3D para el volcán Rincón de la Vieja después de la actualización del modelo global atmosférico (la cual se hace 4 veces al día).

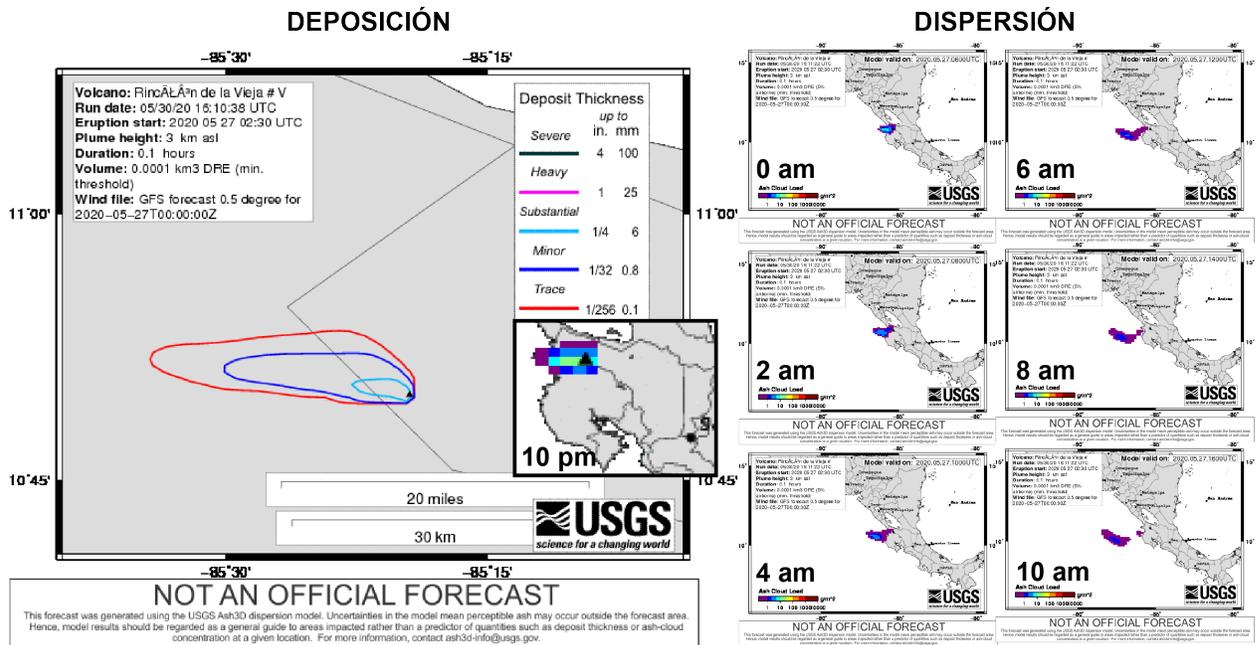


Figura 7. Simulación de la depositación y de la dispersión de la ceniza para la erupción del 26 de mayo a las 19:05 (hora local) usando el modelo Ash3D del USGS.

Para la erupción del 26 de mayo a las 19:05 pm (hora local), el modelo indica una depositación de la ceniza cerca del volcán hacia el noroeste, y una dispersión a larga escala hacia el oeste y suroeste. Este modelo también es consistente con el depósito reportado por la población local aun si los espesores presentados son excesivos y erróneos debido a que tal modelo no es diseñado por erupciones tan pequeñas (Fig. 7). El resultado actualizado del modelo puede consultarse todo el tiempo en la página web del OVSICORI-UNA (<https://vsc-ash.wr.usgs.gov/ashgui/#!/publicresults/MNL-1046391/AIR?units=metric>).

Flujo de SO₂ medido con miniDOAS móvil

Entre el 28 de mayo y el 10 de junio 2020 personal del OVSICORI-UNA realizó varios transectos bajo la pluma volcánica del Rincón en carro con miniDOAS entre la Finca Nueva Zelandia y la entrada a Cañas Dulces, detectandose la pluma de gas principalmente hacia el oeste del volcán (Fig. 8). Se estimaron flujos del gas dióxido de azufre (SO₂) entre 100 y 400 toneladas de SO₂ por día para este periodo. A modo de comparación, en abril del 2014, se midió un flujo de SO₂ de ~70 toneladas por día con un FLYSPEC V3 estacionario justo en el borde del cráter activo del volcán (OVSICORI-UNA, 2014). En general, el flujo de SO₂ actual en el Rincón de la Vieja es relativamente bajo comparado con otros volcanes de nuestro país que han estado más activos en los años recientes como el Poás (hasta 3000 toneladas de SO₂ por día a finales de abril 2017, Salvage 2018), y el Turrialba (hasta 4000 toneladas de SO₂ por día en enero 2010, Conde et al., 2013).

Rincón de la Vieja, mini DOAS



Figura 8. Mapa del transecto entre Nueva Zelanda y Cañas Dulces seguido con un miniDOAS móvil en un carro para detectar y medir la pluma de SO_2 emitida por el volcán Rincón de la Vieja el 10 junio 2020. Fuente: OVSICORI-UNA.

Comentarios y recomendaciones

La erupción del 26 mayo 2020 de las 19:05 horas emitió cenizas cuyas características granulométricas, petrográficas, morfológicas y texturales indican que se trató de una erupción hidrovulcánica o freatomagmática.

Las cenizas eruptadas no tienen adheridas en su superficie el compuesto químico conocido como fluoruro, el cual es muy tóxico inclusive en cantidades pequeñas (límite máximo permisible en el agua potable 1 mg/L). La granulometría de la cenizas indican que están constituidas de partículas de roca y minerales de tamaños de grano muy fino menores de 60 micrómetros. Afortunadamente la cantidad de ceniza emitida fue en realidad muy pequeña y la lluvia y el viento rápidamente removieron las cenizas del aire ambiente y de las superficies en el ambiente circundante. Así, esta emisión de cenizas en particular no representó un peligro volcánico para los pobladores, la fauna, la flora y la calidad del ambiente en general.

Aunque en los últimos días la actividad del volcán Rincón de la Vieja muestra una tendencia marcada hacia la disminución, más erupciones pueden ocurrir sin aviso. El OVSICORI-UNA continúa trabajando en la vigilancia del Rincón de la Vieja y los volcanes activos del Valle Central.

Se recomienda a los pobladores mantenerse informados sobre el nivel de actividad de los volcanes a través de las fuentes oficiales como la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) y los comités locales de manejo de emergencias, y acatar las disposiciones de los mismos.

Referencias

Battaglia A., de Moor J.M., Aiuppa A., Avaró G., Bakkar H., Biletto M., Mora Fernández M., Kelly P., Giudice G., Delle Donne D., Villalobos H. (2019) Insights into the mechanisms of phreatic eruptions from continuous high frequency volcanic gas monitoring: Rincón de la Vieja volcano, Costa Rica. *Front. Earth Sci.* 6:247. doi: 10.3389/feart.2018.00247

Conde, V., Bredemeyer, S., Duarte, E., Pacheco, J., Miranda, S., Galle, B., Hansteen, T.H. 2014. SO₂ degassing from Turrialba volcano linked to seismic signatures during the period 2008-2012. *Int J Earth Sci* 103: 1983-1998. DOI 10.1007/s00531-013-0958-5

D'Alessandro, W. 2006. Human fluorosis related to volcanic activity: A review. In: *Environmental Toxicology*. Edited By: A.G. Kungolos; C.A. Brebbia; C.P. Samaras, and V. Popov. ISBN 978-1-84564-045-3.

Martínez, M., de Moor, J.M., Di Piazza, A., Keizer, M., Berrocal, M., Avaró, G., Rizzo, A., Osorno, D., Herrera, J., Carapezza, M.L. 2015. Magmatic volatiles in ash leachates and environmental impact assessment of the 29-30 October 2014 phreatic eruptions of Turrialba Volcano, Costa Rica. IUGG 2015 Conference Prague Czech Republic.

OVSICORI-UNA. 2014. Boletín de Vulcanología Estado de los Volcanes de Costa Rica Abril 2014. file:///Users/Maria/Downloads/estadovolc_2014-04%20(1).pdf Accedido el 17 de junio 2020.

Salvage R.O., Avaró G., de Moor J.M., Pacheco J.F., Brenes Marín J., Cascante M., Müller C. and Martínez Cruz, M. (2018). Renewed explosive phreatomagmatic activity at Poás volcano, Costa Rica in April 2017. *Front. Earth Sci.*, 6:160. doi:10.3389/feart.2018.00160

Schwaiger, H., Denlinger, R., and Mastin, L.G. (2012) Ash3d: a finite-volume, conservative numerical model for ash transport and tephra deposition. *J. of Geophys. Res.*, 117 (B04204). doi:10.1029/2011JB008968

Stewart et al., 2013. Protocol for analysis of volcanic ash samples for assessment of hazards from leachable elements. Accedido el 15 junio 2020.

https://www.ivhhn.org/images/pdf/volcanic_ash_leachate_protocols.pdf