



Volcán Turrialba

El volcán Turrialba, el segundo más alto de Costa Rica, despertó de un sueño profundo e inquietó a la población del Valle Central. ¿Qué podemos esperar de este coloso y cuál es su situación actual? Encuentre algunas respuestas en las páginas siguientes.

Foto Ernesto Corrales,
GasLab-Cicanum.



La vigilancia volcánica en el 2016 se realiza en su mayor parte de forma remota, con la ayuda de tecnología moderna que facilita los procesos, los agiliza y permiten hacer un monitoreo en tiempo real (foto Rafael León).

La ciencia detrás del monitoreo volcánico en el 2016

En la actualidad, la tecnología para el monitoreo volcánico permite la vigilancia a distancia, sin necesidad de exponerse a los riesgos de una erupción.

Silvia Carvajal Elizondo
silvia.carvajalelizondo@ucr.ac.cr

En las últimas semanas, el volcán Turrialba ha tenido la atención de todo el país. La actividad eruptiva ha sido constante, por lo que la labor de los vulcanólogos ha sido exhaustiva para mantenerle el pulso al macizo.

Sin embargo, circulan en redes sociales y en medios de comunicación mitos y mensajes falsos que desinforman al público sobre el trabajo del monitoreo volcánico. Vigilar el volcán implica una integración de disciplinas como la vulcanología, la sismología y la geoquímica,

entre otras. Además, el tipo de vigilancia depende del estado del volcán que se está estudiando. La estrategia de monitoreo y el equipo en la zona varía si el volcán tiene actividad freática, estuvo recientemente activo, no tiene actividad o está dormido.

Cuando un volcán está en erupción, el monitoreo debe ser constante y se logra a través de instrumentos y procedimientos como el sismológico, gravimétrico y geoquímico, así como con sensores remotos como drones, telemetría, transmisión satelital y magnetometría.

“El vulcanólogo, aunque es importante que vaya al volcán, no tiene que hacerlo siempre, por el peligro al que se expone. En realidad lo que está pasando en el volcán es interno y lo que vemos es una manifestación de procesos internos. Para eso se cuenta con equipo que registra los datos internos”, aseguró el Dr. Guillermo Alvarado Induni, miembro de la Red Sismológica Nacional (RSN) de la Universidad de Costa Rica (UCR) y coordinador del Área de Amenazas y Auscultación

Sísmica y Volcánica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Los datos que se obtienen de forma remota se analizan en tiempo real para comparar si salen de la línea base que el volcán ha mantenido previamente, o si se mantiene dentro del comportamiento esperado. “La parte visual es importante, pero realmente hay que entender lo que está pasando adentro, y para entenderlo se hace con equipo especializado, no necesariamente con estar a la par del volcán”, puntualizó Alvarado. Las visitas se realizan para tomar muestras de ceniza o de agua, pero la vigilancia visual se puede hacer con drones.

Alvarado mencionó que en el mundo no son muchos los volcanes que tienen cámaras instaladas a su alrededor, debido al alto costo que ello implica y a que se requieren visitas constantes al volcán para limpiar los paneles, debido a que estos están expuestos a las condiciones climáticas.

La vigilancia antes y ahora

Hace 30 años, la vigilancia volcánica en Costa Rica era muy distinta debido a la falta de equipos y a las limitaciones tecnológicas. En ese entonces, para obtener los datos se debía visitar el volcán constantemente y se tardaba mucho tiempo. Los muestreos de gases se hacían directamente sobre la fumarola, lo cual era extremadamente riesgoso.

Actualmente, con la tecnología disponible se realizan los muestreos y con ayuda de un *software* se hacen cruces y relaciones de datos y se envía la señal a

los laboratorios donde los profesionales proceden a hacer el análisis.

La RSN, por ejemplo, tiene instrumentos de vigilancia volcánica como sismómetros, estaciones con GPS, cámaras convencionales de video y cámaras térmicas. Para realizar el monitoreo, se decide qué instrumento se debe instalar y dónde. El lugar donde se coloca el equipo es importante, ya que se busca minimizar el ruido de la señal, así como la seguridad del equipo y se necesita electricidad para que los equipos se mantengan en operación.

Lo anterior se logra a través de paneles solares que mantienen el equipo en funcionamiento. “En el caso del volcán Turrialba, la caída de ceniza ha cubierto los paneles y por el riesgo de la actividad volcánica no podemos ingresar a la zona a limpiarlos. Por el momento, los equipos trabajan con batería”, aclaró el ingeniero eléctrico de la RSN, Luis Fernando Brenes.

El Dr. Mauricio Mora Fernández, sismólogo volcánico de la RSN., opinó que cuando las erupciones son más violentas y constantes, los momentos para trabajar en el campo no son tan frecuentes. “Los procesos volcánicos pueden ser súbitos. Por lo tanto, al haber tanto avance tecnológico, pierde sentido la exposición del experto, ya que se puede trabajar de forma remota. Solo para cosas muy específicas, de mucho criterio, se asiste al campo”, dijo.

Sismología volcánica

Una de las herramientas más importantes para conocer la evolución diaria de un volcán es la sismología, explicaron



En la actualidad se colocan diferentes tipos de instrumentos en las cercanías de los volcanes para el monitoreo del comportamiento volcánico (foto RSN).

Mauricio Mora y el Dr. Javier Pacheco, del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Ovsicori), de la Universidad Nacional (UNA).

Para Mora, la sismología es un método que permite llevar rápidamente el pulso del volcán y es uno de los primeros indicadores de los cambios de su comportamiento.

Pacheco, por su parte, dijo que entre los primeros signos de actividad eruptiva son importantes los sismos vulcanotectónicos, por lo que la sismología siempre ha sido una herramienta de vanguardia en la vigilancia volcánica.

A su criterio, la proporción entre trabajo remoto y trabajo de campo depende del estado en el que se encuentre el volcán. “Si está en los inicios de la actividad, lo mejor es ir al campo a tomar muestras de líquidos y gases. Pero cuando está en erupción, la vigilancia tiene que hacerse de forma remota. Solo se vuelve a ingresar cuando ha bajado la actividad, para recuperar la ceniza y ver si hay material juvenil”, añadió.

La frecuencia de las visitas al campo depende de la disciplina involucrada, señaló Mora. En el caso de la sismología, se hacen para instalar estaciones sísmicas y darles mantenimiento, pero la mayor parte del trabajo se realiza desde el laboratorio.

Quienes se exponen más a los peligros de un volcán son los técnicos. Brenes comentó que no es todo el tiempo que se va al campo. “Se visita de forma controlada, cuando hay una ventana de seguridad en la actividad del volcán”, explicó el ingeniero. Sin embargo, los

riesgos son altos, pero se toman precauciones como monitorear la dirección del viento que puede acarrear la erupción de ceniza y gases, así como se consulta con los expertos de sismología volcánica cómo ha sido el comportamiento del volcán previamente y se mantiene comunicación constante con ellos por si ocurren cambios en la actividad sísmica del volcán. De allí la importancia del monitoreo en tiempo real.

Otro aspecto necesario es la división de tareas para la optimización de recursos. La vigilancia volcánica implica desde visitar el volcán, analizar los datos en el laboratorio, adquirir los equipos, gestionar permisos para el ingreso a áreas protegidas, participar en comités de vigilancia y prevención y atender a la prensa.

Una vez que se hace el control cruzado de los datos y estos se interpretan, los científicos de la RSN y el Ovsicori intercambian los datos para tener una mejor comprensión de la actividad del volcán. En caso de ver señales de erupción, se emite una alerta a la CNE para que esta institución, como rectora en materia de gestión del riesgo y atención de emergencias, active los protocolos.

En esta era de redes sociales el acceso a la información es constante y está en manos de toda la población, y la información sobre monitoreo volcánico no es la excepción. El público debe estar atento a la información que emite alguno de los entes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Costa Rica y hacer caso omiso a los mensajes de dudosa procedencia. ■



En una investigación del Lanamme-UCR y de la RSN, se determinó que la quebrada Paredes representa el mayor peligro para la generación de flujos de rocas, cenizas y barro en los diferentes ríos y quebradas ubicadas en los alrededores del Turrialba (foto Pablo Ruiz).

Toro Amarillo se tiñe de ceniza

Paula Umaña González
paula.umana@ucr.ac.cr

Entre las áreas más afectadas por la caída de ceniza debido a las últimas erupciones del volcán Turrialba se encuentra la cuenca del río Toro Amarillo, en Pococí. Sin embargo, esta no es la primera vez que este río se tiñe de ceniza.

La historia señala que en 1864 una fuerte erupción de este coloso generó la devastación de los bosques que cubrían la cuenca alta del Toro Amarillo. Además de estas consecuencias, se supo de la muerte de peces en los ríos del norte del macizo volcánico.

“(…) hace diez días estaba el río blanco de azufre, y que era tanta la mortandad de peces que había en las playas [hace referencia a las playas del río] que se podían sacar en carretadas”, se expresa en una carta dirigida al Ministro de Gobierno de ese año.

La explicación a este fenómeno considera varias posibilidades, entre las que se encuentra que haya sido por la contaminación de cenizas, emanadas por el Turrialba, del río Toro Amarillo. Entre otras posibles causas está que la contaminación proviniera del río Sucio, un flujo que transitara por el flanco norte o que la destrucción del bosque observaba haya estado en un radio normal de influencia de las columnas piroclásticas (fragmentos sólidos de material volcánico expulsado a través de la columna eruptiva) asociadas a las erupciones de 1864.

Así lo indica el artículo científico *Enseñanzas de la actividad histórica de los volcanes Irazú y Turrialba, Costa Rica, América Central* de Giovanni Peraldo Huertas y Mauricio Mora Fernández, investigadores de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica (UCR).

Incertidumbre de la población

La constante inquietud que se mantenía por la lluvia de ceniza cerca de las inmediaciones del Irazú y la alarma que esto provocó en la población en 1864 impulsó que se enviara una comisión de inspección compuesta por “hombres conocedores del Irazú”, ya que se creía que era este coloso el responsable de la actividad volcánica. Sin embargo, al regresar, los inspectores informaron que se trataba del volcán Turrialba el que producía la erupción.

“(…) la espresada [sic] comisión un día después de haber fructificado el reconocimiento informó: que en el Irazú no se advierte diferencia del estado en que antes se hallaba, pero que desde este punto observó que el aspecto que presentaba el de Turrialba era horroroso por el mucho fuego que arrojaba y por la abundancia y variedad de colores del humo”, así lo indica la transcripción de un documento dirigido al Secretario de Gobernación de 1864.

Peraldo y Mora indican que con la erupción ocurrida en ese año las cenizas llegaron hasta Atenas en la provincia de Alajuela, durante las fases más explosivas.



En los últimos 17 años, el volcán Turrialba pasó de una condición de reposo a una condición activa, lo que se considera como normal y propio de un volcán activo (foto RSN).

Preguntas más frecuentes

Despeje dudas sobre el volcán Turrialba

Ante la reciente actividad del volcán Turrialba, especialistas de la Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE) elaboraron un cuestionario con preguntas y dudas que más plantea la población.

-¿Qué sucede en el volcán Turrialba?

-La condición actual del volcán Turrialba es totalmente normal y propia de un volcán activo. En estos últimos 17 años pasó de una condición de reposo a una condición activa y, en consecuencia, ha implicado la apertura de conductos y pasos por los cuales el magma (roca

fundida en profundidad) ha podido ascender paulatinamente hasta profundidades muy someras (< 1 km). A esa profundidad, cuando el magma entra en contacto con los acuíferos subterráneos del sistema hidrotermal (niveles de agua y gases calientes), y se da la acumulación de gases magmáticos y de vapor de agua, se genera la actividad explosiva.

-¿Ha salido magma del volcán Turrialba?

-Sí ha salido magma, pero en forma de ceniza (magma fragmentado, llamada ceniza juvenil) y en un porcentaje que ha variado a través del tiempo entre un 10 % y un 13 %, según los análisis de las cenizas realizados por el Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Costa

Rica (Ovsicori) de la Universidad Nacional y la RSN, de la Universidad de Costa Rica y el Instituto Costarricense de Electricidad.

-¿Qué tipo de erupciones presenta actualmente el volcán Turrialba?

-Las erupciones de mayor energía que ha generado el volcán se denominan vulcanianas, y debido a que interactúan con acuíferos, también se les llama freato-magmáticas. Son erupciones explosivas generadas por la presión dentro del magma debido a la acumulación de gas en su interior.

-¿Cuán grandes han sido esas erupciones?

-Desde el 2010 al presente, las erupciones han estado dentro de la escala de explosividad volcánica baja, entre 0 y 2. Para que se tenga una idea, las erupciones del Irazú y del Arenal en su máximo apogeo fueron de grado 3 (el nivel máximo a escala mundial es de 8.)

-¿Saldrán bloques del volcán y hasta dónde llegarán?

-Con base en el estudio de la amenaza volcánica elaborado por la RSN (UCR-

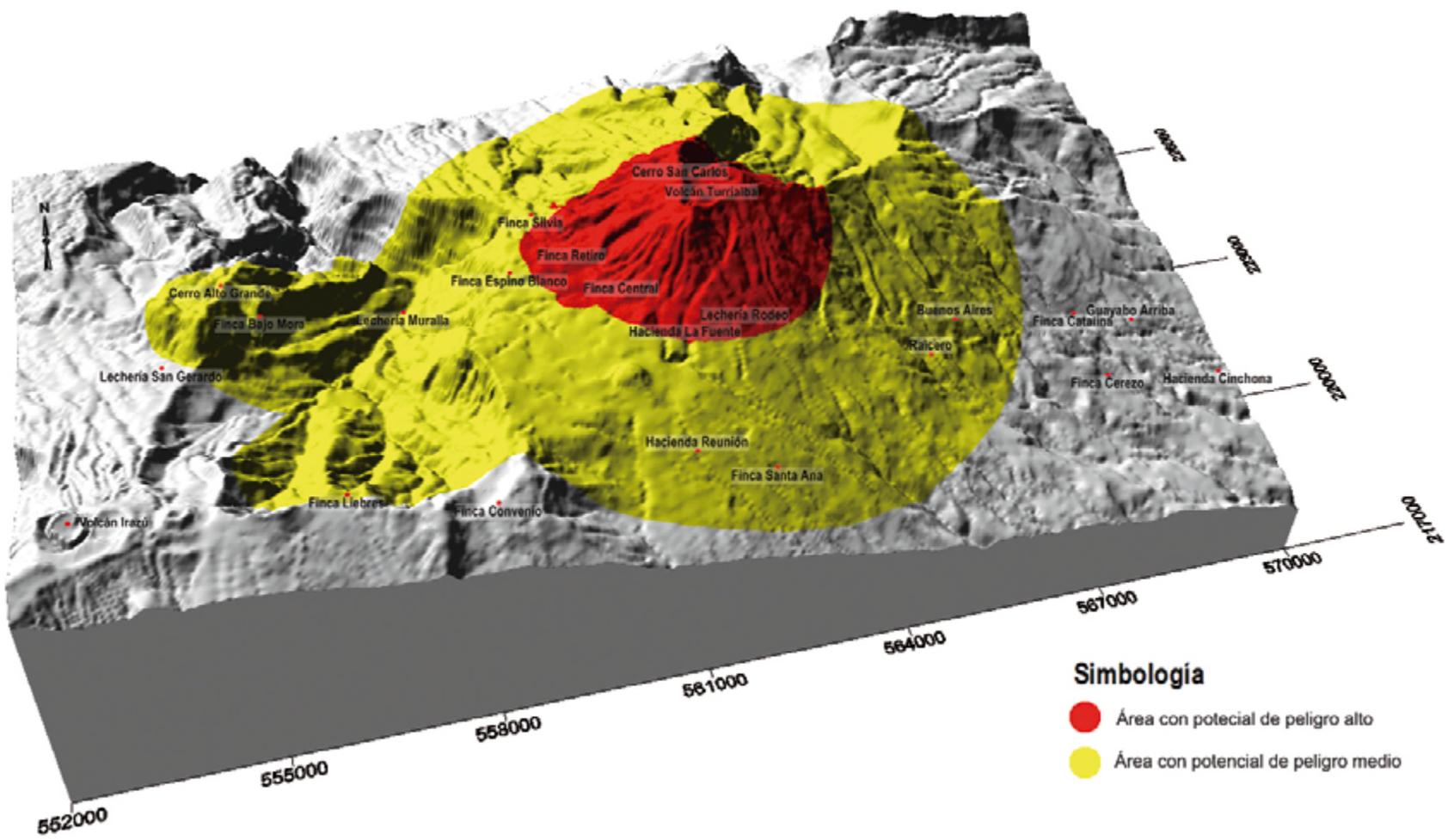
ICE) para la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) por parte del vulcanólogo Gerardo Soto, la mayor amenaza por bloques de gran tamaño está dentro de los 2 km alrededor del cráter. Fragmentos más pequeños pero peligrosos pueden extenderse hasta los 5 km alrededor del cráter. Esto dependerá del tamaño de la erupción.

Desde el 2010 al presente, las erupciones han estado dentro de la escala de explosividad volcánica baja, entre 0 y 2.

-¿Qué podemos esperar del volcán Turrialba?

-No es posible establecer con precisión la actividad que el volcán hará en el futuro. Sobre esto se tienen los escenarios probables basados en los estudios geológicos de la actividad eruptiva pasada del volcán y con base en estadísticas mundiales, los cuales pueden ser:

1. Que el volcán Turrialba pueda alcanzar el escenario esperable similar al de la



Vista tridimensional del mapa de amenaza volcánica elaborado por el vulcanólogo Gerardo Soto. Incluye las áreas en peligro de intermedio a alto y alto.

última erupción histórica en el siglo XIX (índice de explosividad de grado 3), durante la cual generó erupciones mayores (columnas eruptivas de hasta 5 km) y más voluminosas comparadas con las que se han observado hasta el momento, o que incluso genere una erupción con un índice de explosividad volcánica aún mayor (≥ 4), lo cual está dentro del 5 al 7 % de probabilidad.

2. Que continúe su actividad en ciclos eruptivos con emisiones intensas y algunos episodios explosivos, alternados con fases de calma relativa, tal y como se ha observado hasta el momento, hasta que de nuevo entre en reposo sin que necesariamente llegue a una erupción mayor.

-¿Saldrán coladas o lenguas de lava del volcán y hasta dónde llegarán?

-Eventualmente, si la actividad volcánica evoluciona hacia condiciones geológicas propicias, es posible que el magma pueda salir en forma de coladas de lava o formar una cúpula de lava (domo volcánico). De suceder, esas coladas pueden quedarse dentro del cráter activo y, si salen, llegarían a distancias cortas.

También hay un escenario menos probable y es que salgan coladas de

lava por una boca lateral, pero hasta el momento no hay indicios de ello.

-¿Cuáles son los sectores más peligrosos?

-El sector de mayor peligro está restringido en un radio de 2 km, en donde hay caída de bloques o fragmentos de rocas y ceniza (flujos piroclásticos), seguido por el otro radio de protección mínima de 5 km. Ello no quiere decir que más allá de 5 km se esté seguro. Pueden existir eventos excepcionales que superen dicho radio, pero al menos estos dos radios son los mínimos de seguridad.

El sector de mayor peligro está restringido en un radio de 2 km, en donde hay caída de bloques o fragmentos de rocas y ceniza (flujos piroclásticos), seguido por el otro radio de protección mínima de 5 km.

Otros sectores peligrosos correspondrían con la caída de ceniza transportada por los vientos (por lo general hacia el Valle Central) y la generación de

corrientes de lodo volcánico (lahares) por los cauces que drenan el volcán Turrialba, especialmente durante lluvias muy intensas y cortas.

-¿Qué medidas mínimas se deben de tomar?

-El uso de mascarillas es recomendable cuando la caída de ceniza es importante, o cuando existe una desmovilización de las cenizas por el viento. Esto es sobre todo válido para los niños, adultos mayores o personas con problemas respiratorios. Hay que tomar precauciones de los posibles efectos de la ceniza en los ojos.

La ceniza hace que los pisos de mosaico y cerámica se vuelvan resbalosos, por lo que hay que estar barriéndolas.

También se recomienda no acercarse a curiosar en las zonas restringidas o prohibidas.

Hasta el momento el agua es potable.

No estar cerca de los ríos que descienden por las faldas del volcán, en especial durante la presencia de lluvias muy intensas o de duración corta, debido a las corrientes de barro que podrían presentarse.

Se debe poner atención solamente a los organismos oficiales (RSN, Ovsicori, CNE). Hacer caso omiso a mensajes de WhatsApp, Facebook, correo electrónico o mensajes no oficiales, que suelen ser alarmistas, sin fundamento científico y muchas veces con el mero fin de asustar infundadamente a la población.

-¿Puede un volcán ocasionar un terremoto?

-Se han dado pocos casos a nivel mundial donde se han registrado terremotos importantes disparados por la actividad volcánica. Un ejemplo fue durante la erupción del volcán Irazú en 1723, cuando un sismo tuvo una magnitud aproximada de 5,5. La probabilidad, aunque baja, existe, pero en tal caso dichos terremotos estarían dentro del rango de los terremotos por tectónica normal (fallamiento superficial o interacción de placas). Para ello, las construcciones deberían de estar diseñadas a soportar, siempre y cuando siguieron las recomendaciones del *Código Sísmico de Costa Rica*, supervisión de un ingeniero civil y con buenos materiales de construcción. ■



Una pluma de gases azulados (dióxido de azufre) sale de la boca intercratérica que se formó en enero del 2010 (texto y foto Raúl Mora).



Fotografía tomada antes de la erupción freática del 2012. La pared está constituida por materiales dañados por la intensa actividad fumarólica, altas temperaturas y gases ácidos (texto y foto Raúl Mora).

Transformación del Turrialba

Desde el 2010, cuando el volcán Turrialba inició la intensificación de su actividad, el coloso ha tenido emisiones periódicas de gases, vapores y cenizas, que condujeron al comportamiento actual, caracterizado por ciclos eruptivos más

frecuentes y una fuerte actividad sísmica como resultado del paso de fluidos a alta presión a través de las cavidades y grietas dentro del volcán.

A continuación, un recorrido fotográfico de este comportamiento. ■



En noviembre del 2013, un flujo de detritos o material suelto se desplazó por una de las laderas del cráter activo con temperaturas de al menos 80° C (texto y foto Raúl Mora).



Después de la erupción nocturna del 29 de octubre del 2014, una de las paredes del cráter activo desapareció y su material tapizó el interior del volcán (texto y foto Raúl Mora).



Erupción del volcán Turrialba del 12 de marzo del 2015 a las 3:00 p.m. en la que lanzó ceniza y rocas de diversos tamaños en los alrededores del cráter activo (texto y foto Raúl Mora).



Fotografía tomada en el mes de abril del 2011, donde se puede observar una tranquila actividad de volcán (foto Mauricio Mora).



Erupción freática que se presentó el 3 de noviembre del 2014 (foto Raúl Mora).



Fotografía tomada en marzo del 2016 durante una de las giras realizadas por el personal de la Red Sismológica Nacional (foto Mauricio Mora).



Erupción del volcán registrada por la cámara de vigilancia de la Red Sismológica Nacional el 20 de mayo del 2016 a las 7:29 a.m. (foto RSN).



El material magmático involucrado en las últimas erupciones del volcán Turrialba, no supera en magnitud a las erupciones de octubre del 2014 (fotos Gerardo Soto).



Los centros de investigación y observatorios de las universidades públicas poseen los profesionales y la instrumentación mínima para afrontar la actividad de los volcanes activos del país (foto cortesía RSN).

Mirada experta en los volcanes

Costa Rica cuenta con el recurso humano profesional y la instrumentación mínima para afrontar de forma apropiada la actividad volcánica actual, que puede tener consecuencias económicas y sociales importantes.

*Dr. Guillermo Alvarado Induni
Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE)
Profesor Maestría en Geología de la UCR*

Es ineludible que el país se enfrenta de modo casi permanente a procesos volcánicos y que esto claramente se debe a nuestra posición geotectónica. Hace cinco decenios era el Irazú, después el Arenal, le siguió el Poás y el Rincón de la Vieja en forma alterna, para culminar con el inicio del milenio con el Turrialba. Y la historia no se ha terminado de escribir.

Durante la primera emergencia nacional por causa volcánica (30 meses de ceniza del Irazú) y durante la segunda emergencia (el Arenal en 1968), el país tenía ingenieros y geólogos que afrontaron la emergencia con tenacidad y buenas decisiones, pese a no ser vulcanólogos, aunque para los medios de ese entonces eran nuestros vulcanólogos, con gran mérito, incluyendo el “ministro del volcán”, el recocado don Jorge Manuel Dengo.

Pero las subsiguientes crisis volcánicas acontecidas en diversos países latinoamericanos forzaron a que la vulcanología dejara de ser meramente empírica

y con buen olfato, a especializarse académicamente por varios años y tomar experiencia en otro número parecido de años. Por ello, se crearon en la década de los años setenta gran parte de los centros de investigación y observatorios que hoy día están a cargo de la sismología y la vulcanología del país: La Red Sismológica Nacional (RSN: UCR-ICE), conformado por la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), y el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (Ovsicori) de la Universidad Nacional (UNA). Allí laboran un total de unos 25 profesionales, de los cuales casi la mitad se dedica al estudio de los volcanes, y la mayoría posee estudios de posgrado (maestría y doctorado).

Por ello, se cuenta con el recurso humano profesional y la instrumentación mínima para afrontar apropiadamente la actividad volcánica actual, que no se le compara en magnitud con las pasadas, pero que claramente puede tener consecuencias muy importantes para la economía y la población del país, concentrada en un 55 % en el Valle Central. Hoy día, más que nunca, ambas entidades trabajan en forma conjunta, seria y profesional.

Adicional a lo anterior, en caso de actividad volcánica, como la presente, 22 instituciones gubernamentales están llamadas a estar preparadas para paliar la emergencia, con su personal, equipos y todo aquello que según lo dictamine la Comisión Nacional para la Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) sea necesario emplear.

De acuerdo con los análisis de los

expertos, el material magmático que participó en las últimas erupciones del Turrialba, desde el punto de vista energético y explosivo, no supera a las erupciones acontecidas en octubre del 2014.

Sin embargo, los especialistas, tanto de la RSN como del Ovsicori, señalan que se mantiene el tremor y los eventos sísmicos de ruptura, por lo que no se descarta que ocurran columnas eruptivas mucho más altas que las ocurridas en los últimos días. Pero existe otra opción, y es que la actividad sísmica disminuya y que los ciclos eruptivos continúen igual y luego el sistema entre en reposo. Estos son los dos escenarios que pueden presentarse, de acuerdo con la opinión científica de nuestros profesionales.

Producto de una investigación realizada por la UCR, de producirse una gran erupción, el material quedaría en su mayor parte depositado en los 2 a 5 km alrededor del volcán, siendo esta zona la de mayor impacto. Más allá de dicho radio, la ceniza sería la fuente principal

de posible afectación, ya que los vientos pueden dispersarla. A ello se le deberían sumar las eventuales corrientes de barro volcánico (lahares) que podrían descender por los ríos.

En las últimas semanas, muchas comunidades del Valle Central resultaron afectadas por la caída de ceniza, que puede ocasionar efectos sobre la salud, las telecomunicaciones, la agricultura, el agua, la infraestructura y la ganadería.

En Costa Rica, gracias a la contribución de todos los costarricenses, las universidades estatales: UCR y UNA, así como el ICE, mediante el Ovsicori y la RSN mantendrán la vigilancia constante de los volcanes activos del país en estricta comunicación con la CNE, entidad rectora en materia de gestión del riesgo.

Nuestro compromiso es brindar el aporte científico para la seguridad de la población costarricense. ■

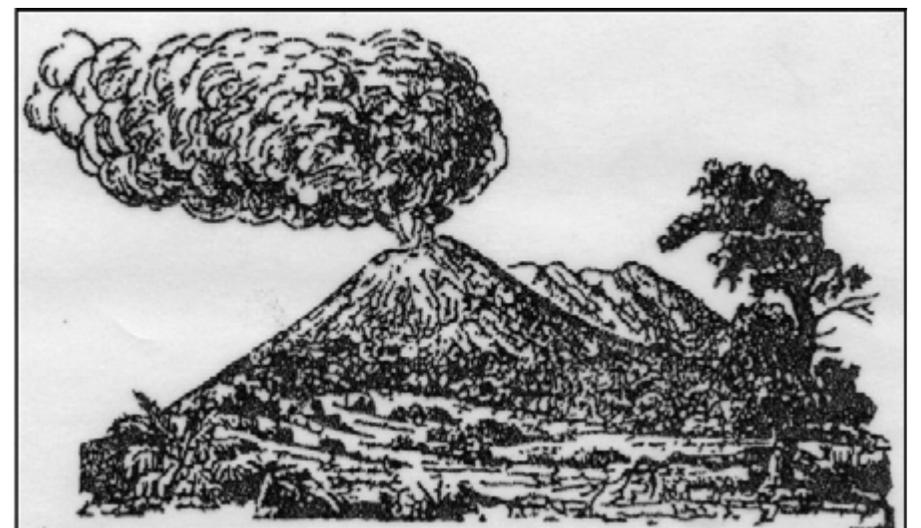


Ilustración del geólogo alemán Karl von Seebach tal y como vio al volcán Turrialba en plena erupción de cenizas en 1865 (cortesía RSN).