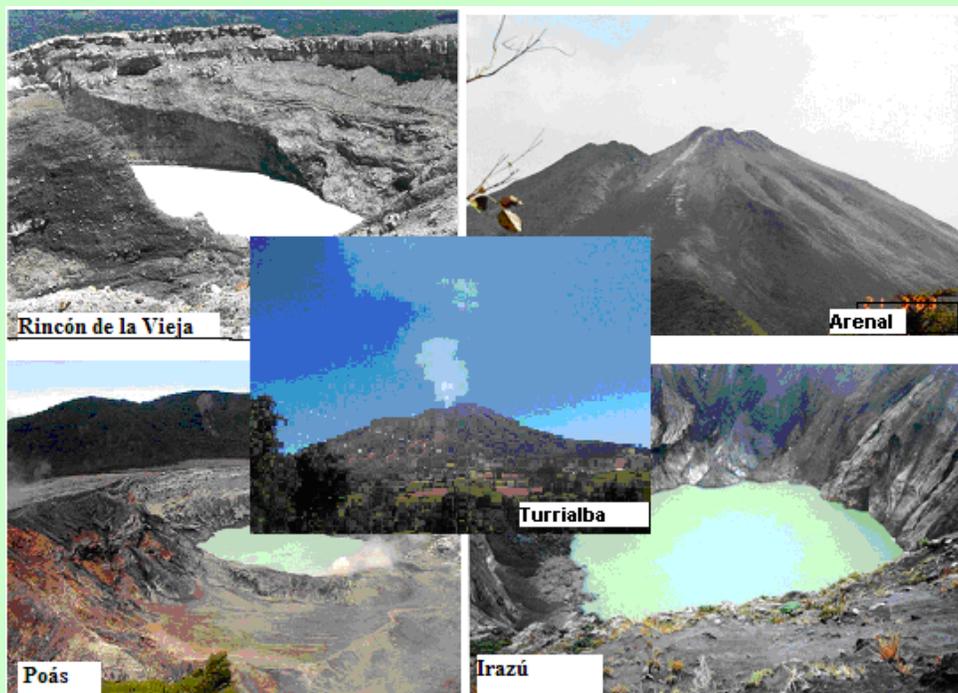


Instituto Costarricense de Electricidad
UEN Proyectos y Servicios Asociados
C.S. Exploración Subterránea
Área Amenazas y Auscultación Sísmica y Volcánica
Universidad de Costa Rica, Escuela C.A. de Geología
Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica



**LOS PRINCIPALES VOLCANES ACTIVOS DE COSTA RICA:
*Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y Turrialba***



Editor: Geólogo Rafael Barquero P.



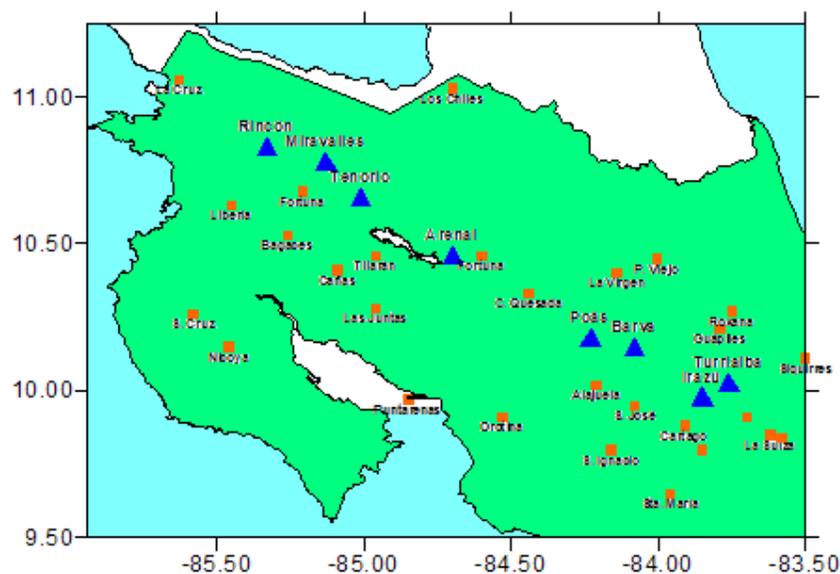
Introducción

Costa Rica es un país netamente volcánico en el cual se han identificado más de 120 focos volcánicos, la mayoría de ellos muy antiguos y extintos. Del total de volcanes se han determinado nueve como los más importantes: Orosí, Rincón de la Vieja, Miravalles, Tenorio, Arenal, Poás, Barva, Irazú y Turrialba. De estos nueve volcanes hay cuatro que han presentado una actividad más regular a lo largo de la historia y han causado mayores daños y que son los que presentamos en este trabajo, a saber: Rincón de la Vieja, Arenal, Poás, Irazú y el Turrialba.

El volcán Rincón de la Vieja se localiza en la Cordillera volcánica de Guanacaste, el Arenal entre las cordilleras de Guanacaste y Central y el Poás, Irazú y Turrialba en la Cordillera Volcánica Central.

Aunque la Vulcanología ha avanzado mucho en los últimos años, debemos tener en cuenta que aún es imposible predecir las erupciones volcánicas y por lo tanto es necesario mantener en lo posible el monitoreo continuo de los volcanes más peligrosos, pero además, la población debe ser conciente de que vivir cerca o visitar volcanes activos conlleva sus riesgos y por lo tanto es mejor prevenir que después lamentar daños y muertes.

Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Ubicación
Rincón de la Vieja	10° 50' N	85° 20' W	1600 m s.n.m.	Prov. Guanacaste
Arenal	10° 28' N	84° 42' W	1630 m s.n.m.	Prov. Alajuela
Poás	10° 11' N	84° 13' W	2708 m s.n.m.	Prov. Alajuela
Irazú	09° 59' N	83° 51' W	3432 m s.n.m.	Prov. Cartago
Turrialba	10° 02' N	83° 46' W	3330 m s.n.m.	Prov. Cartago



Ubicación de los principales volcanes de Costa Rica

VOLCÁN RINCÓN DE LA VIEJA

El volcán Rincón de la Vieja es el único volcán activo en la Cordillera de Guanacaste. El macizo Rincón de la Vieja – Santa María se ha desarrollado aproximadamente en el último 1,0 millón de años, cubre un área de más de 400 km², tiene un volumen de 201 km³, y presenta 9 focos eruptivos en su cima alargada. Históricamente, su actividad se ha caracterizado por erupciones periódicas de material piroclástico y frecuentes emisiones de gases y vapores acompañados normalmente por corrientes de lodo calientes (lahares), sobre todo en la vertiente caribe del volcán. Flujos piroclásticos pumíticos y escoriáceos prehistóricos (1520 a.P.) se han observado en los flancos caribeños hasta por lo menos 10 km de distancia del cráter activo y un capa subpliniana (3770 a.P.) se preserva en el flanco WSW, acorde con la dirección del viento predominante. Ambos depósitos (flujos piroclásticos y caída subpliniana) tienen pómez geoquímica y petrográficamente similares, aunque las escorias son diferentes. Las escorias de los flujos piroclásticos muestran similitud con los magmas eruptados recientemente.



**Cráter del Rincón de la Vieja
(Foto de Eduardo Vega, ICE)**

Actualmente su cráter activo (1600 m s.n.m.) presenta una laguna caliente y actividad fumarólica constante.

Dado que el Rincón de la Vieja es un volcán activo, con erupciones importantes

en tiempos prehistóricos e históricos, con al menos una erupción cada 40 ± 10 años en el último siglo y medio, y puesto que desde 1998 no ha tenido ninguna erupción importante (freatomagmática o magmática), se podría especular que dentro del lapso de unos 100 años, se genere un periodo eruptivo importante. Los efectos indirectos o apenas perceptibles a corto plazo (en el caso de una erupción moderada tipo 1966-70) podrían ser la caída de ceniza fina (una delgada capa ≤ 1 cm), lluvia ácida y eventualmente lahares. Los mismos efectos a nivel bajo a moderado aplican para el mediano y largo plazo (erupciones de tipo prehistórico). No se contemplaron los derrames de lavas por no existir ninguno morfológicamente reciente en las vecindades (la lava más joven parece tener unos 4000 años y está fuera del área de interés), ni otros fenómenos catastróficos como pueden ser colapsos parciales del aparato con la generación de grandes deslizamientos volcánicos (*debris avalanches*) o la generación de calderas con la formación de ignimbritas, dado que poseen un periodo de recurrencia muy amplio y sus efectos son devastadores, fuera del alcance de cualquier estudio de vulnerabilidad tradicional. El sector de mayor peligro y riesgo se ubica al norte del volcán, ante la eventualidad de un colapso de la pared cratérica y su laguna caliente, ante lahares calientes por erupciones freáticas y freatomagmáticas y coladas de lava. El sector WSW estará siempre afectado por caída de cenizas y pómez (Soto et al. 2003).

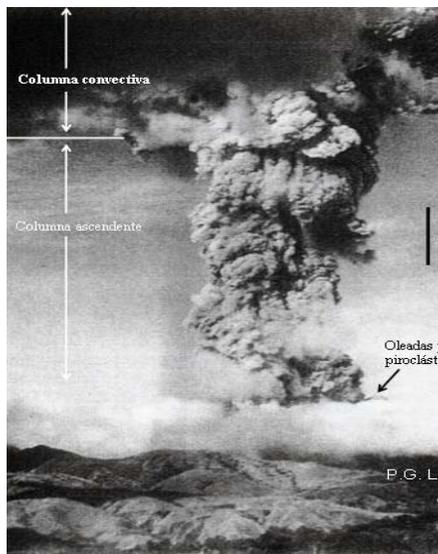
Actividad eruptiva histórica del volcán Rincón de la Vieja

La actividad histórica del Rincón de la Vieja se remonta a la Colonia y se ha caracterizado por periódicas erupciones freáticas y freatomagmáticas, y en menor grado estrombolianas (magmáticas), concentradas en el cráter principal con emanaciones de vapor de agua, gases

sulfurosos y fumarolas intracráticas (actividad exhalativa).

Un nuevo período de actividad fuerte del Rincón de la Vieja se inició en setiembre de 1966. Las primeras erupciones de ceniza empezaron en octubre, y el 6 de noviembre la gente de Liberia divisó penachos de ceniza en la cumbre. Los vecinos del volcán manifestaron que “había unos días el volcán había hecho una erupción de grandes proporciones. Hubo una erupción de gases y piroclastos de grandes proporciones” (*La Nación*, 8 de noviembre de 1966). Durante noviembre y diciembre, las erupciones continuaron y la descarga de gases se incrementó notoriamente, afectando los tejados, las cercas de púas, pastos, sembradíos, la salud de los habitantes, y las aguas de los ríos Colorado y Blanco.

A finales de noviembre de 1966 se reportaron al menos dos erupciones diarias, y desde principios de diciembre, erupciones intermitentes, separadas por pocos minutos una de otra. Las columnas de cenizas y de vapores se alzaban varias centenas de metros sobre el cráter.



Erupción del 17 de enero de 1967, vista desde Curubandé. (Foto cortesía de Óscar Li, Liberia).

Erupción de 1991-92

Entre mayo de 1991 y setiembre de 1992 se registraron explosiones. La primera de ellas fue el 2 de mayo a las 8:11 a.m., seguida por la principal el 8 de mayo a las 10:17 a.m., con una columna de cenizas y vapor que alcanzó 5 km de altura, depositó cenizas y bombas alrededor del cráter Activo (Foto 4) y originó lahares hacia el norte (ríos Pénjamo, Azul y Azufroso). Del 8 al 11 de ese mismo mes hubo un detrimento progresivo de la frecuencia de las explosiones manteniéndose éstas hasta setiembre de 1992 (Boudon et al., 1996).



Foto 2: Lahares en el río Azul, con el puente arrasado, del 8 de mayo de 1991 (Foto de archivos del ICE).

En noviembre de 1995 hubo fuertes erupciones de gases, vapores, rocas (bombas y bloques) con diferentes ángulos y oleadas rasantes de cenizas y vapor, con la subsecuente generación de lahares en los ríos Azul, Pénjamo y Azufrada. Los daños en los puentes fueron considerables.

Erupción de febrero de 1998

El día lunes 16 de febrero de 1998 hizo una nueva erupción el volcán Rincón de la Vieja. Según los guardaparques, desde hacía un mes se veían burbujas grandes en la laguna y una acentuada actividad fumarólica. El 15 en la mañana la laguna verde cratélica se mostraba con un nivel bajo, que no sugería ningún evento

por venir. Los reportes sismológicos dicen que una actividad sísmica anómala se inició ese día en la tarde, mientras que los visuales hablan de una erupción en la madrugada del día 16 y la mayor ese día a las 5:14 a.m. Ésta generó un lahar tibio que se distribuyó por los ríos Pénjamo, Azul y Azufrosa, en el flanco norte del volcán. El tirante máximo observado alcanzó apenas 50 cm sobre los puentes de estos ríos. Durante el resto del día lunes, sólo hubo frecuentes erupciones de vapor con muy poca ceniza blancuzca (hay 23 reportadas, pero si tenemos en cuenta que estuvo frecuentemente nublado, y la frecuencia de las observadas, deben haber habido cerca de una centena o más), cuyos penachos se elevaron unos 300 m sobre el cráter. La última erupción con ceniza ocurrió el martes 17 a las 10:20 a.m., con una altura estimada de la columna en unos 1000 m, luego se mantenía una intensa actividad fumarólica en el interior del cráter, que impedía observar su interior. No hubo daños materiales ni a personas, sólo la muerte de peces (Soto et al. 2003).

ACTIVIDAD FUTURA Y MITIGACION

La historia de las pasadas erupciones del Rincón de La Vieja indica que dicho volcán tiene una alta probabilidad de entrar en erupción en un futuro cercano (meses, años). Un breve análisis de su registro histórico muestra que (Tabla 9):

1. Se han producido al menos 10 erupciones significativas desde 1863 (si excluimos la dudosa de 1765), que incluyen las de 1912, 1922, 1966-70, 1983, 1984, 1985-87, 1991-92, 1995 y 1998, y que se pueden agrupar en seis períodos (ver discusión abajo).
2. Las erupciones se han caracterizado por lluvias de cenizas con fuertes emisiones de gases y vapor de agua, acompañadas de explosiones, ruidos subterráneos y actividad sísmica local de débil a moderada.
3. La mayoría de las erupciones han provocado corrientes de barro, especialmente las de la segunda mitad

del siglo XX, en el sector de los ríos Azul, Pénjamo y Azufroso. Al haber poblaciones estables y mejores comunicaciones en esa área, nuestro conocimiento de tales eventos es más completo.

4. En las erupciones antes mencionadas no se han registrado pérdidas humanas, aunque han provocado daños a la propiedad, puentes, agricultura y ganadería de la zona. Las erupciones consideradas fuertes han perdurado aproximadamente desde pocas horas hasta una o dos semanas, siendo cinco o más días el promedio de la actividad, salvo algunas excepciones.

Depósitos de piroclastos, flujos de lava y los flujos de barro de edad prehistórica alrededor del Rincón prueban que las erupciones en tiempos históricos han sido más bien restringidas en cuanto al área afectada y solamente los productos piroclásticos (lluvia de cenizas finas) se extendieron a zonas alejadas del macizo. Varias de las erupciones prehistóricas produjeron flujos de barro, piroclásticos y caída de cenizas más voluminosos que aquellos de tiempos históricos. Lo mismo puede decirse de las coladas de lavas prehistóricas, las cuales fueron emitidas frecuentemente en el pasado con extensiones de más de 15 km y espesores que superan los 150 m alrededor del macizo; sin embargo, en tiempos históricos no han ocurrido emisiones lávicas.

En consecuencia, una manifestación efusiva podría también considerarse como posible aunque su probabilidad es muy baja. Las lavas prehistóricas más jóvenes (≥ 4000 años) han sido emitidas de cráteres en la parte cuspidal del Rincón y en las partes medias al norte de sus faldas (ver mapa de amenazas).

Si se mantiene el mismo mecanismo eruptivo manifestado en el pasado histórico y más particularmente en las erupciones de 1966-70, 1991-98, deberán esperarse en dicha actividad, abundante material piroclástico por encima del borde cratérico o superior, con lanzamiento

continuo de cenizas, gases y vapores, y producción de importantes flujos de lodo (lahares).

En general, cuando una erupción parece ser inminente, los planeamientos y comunicaciones son extremadamente importantes y las autoridades del gobierno local, de negocios y otros grupos, así como todos los ciudadanos deben ser informados de tal situación. Deberán incluirse instrucciones de información relativa a tipos de eventos que pueden ocurrir, su probable magnitud, los efectos esperados de aquellos eventos y cuáles podrían ser las acciones de los habitantes en el caso de que la erupción tenga lugar.

Ha de asegurarse del conocimiento individual de lo que debe hacerse cuando ocurra una erupción y cómo responder a los eventos eruptivos severos y no severos. La calma, disciplina y la información son las mejores armas para enfrentarse a estos fenómenos (Soto et al. 2003).

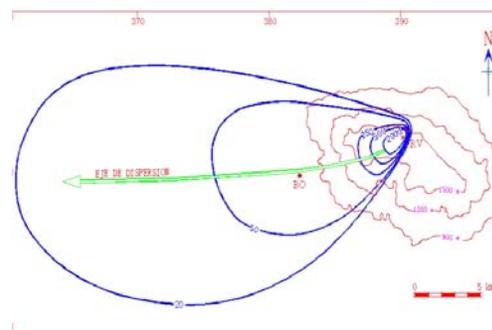
Monitoreo

Actualmente, los guardaparques monitorean visualmente el cráter activo, pero no muy periódicamente, debido a los problemas de clima y visibilidad que presenta la cima del Rincón de la Vieja. Hay una estación sismológica permanente mantenida por el OVSICORI-UNA. Las estaciones permanentes del Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Arenal y Miravalles (OSIVAM) del ICE, permiten tener un monitoreo indirecto de sismos de cierta magnitud ($M > 2$) cerca o bajo del Rincón, que en caso de sismicidad evidentemente anómala, puede ayudar a desplegar un sistema de observación sismológica transitorio (Soto et al. 2003).

Peligrosidad

Con base en los efectos de las erupciones históricas y recientes se puede

estimar que principal peligro inmediato de este volcán son las corrientes de lodo o lahares primarias (por actividad volcánica) y secundarias (las inundaciones provocadas por tormentas temporales, especialmente en la época lluviosa). La probabilidad de futuros lahares es alta para las poblaciones en el área norte. En el flanco sur, la amenaza es moderada y puede ser afectada a consecuencias de grandes erupciones estrombolianas o plinianas asociadas con un régimen de lluvias intensas. El posible colapso de la pared norte del cráter Activo podría generar lahares de gran volumen hacia el sector norte. Materiales piroclásticos de flujo o bien deslizamientos que entren en la laguna Jilguero, difícilmente podrían generar lahares, en tanto la laguna ocupa un volumen de agua discreto, y además, existen barreras topográficas hacia el sur que impedirían la generación de lahares de este tipo. Las emisiones de cenizas y lluvia ácida, están circunscritas a áreas muy cercanas al cráter Activo por lo que su amenaza a las poblaciones próximas se puede considerar mínima. Las erupciones más frecuentes que pueden esperarse son las del tipo freático, freatomagmáticas y en menor grado estrombolianas, por lo general de corta duración con eyecciones de materiales piroclásticos y lahares asociados que pueden suceder a mediano plazo (decenas de años) (Soto et al., 2003).



Curvas isopacas (en cm) del depósito de las erupciones recientes

VOLCÁN ARENAL

El volcán Arenal se localiza en la región noroeste de Costa Rica, entre las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Central. Su altitud es de 1630 m s.n.m. Siendo un volcán de más de 7000 años su actividad actual ha sido continua desde julio de 1968 y está caracterizada por explosiones estrombolianas, flujos piroclásticos y de lava, efusión de gases, actividad fumarólica y un lago de lava permanente desde 1974; algunas veces hay pequeños flujos piroclásticos y enjambres de temblores volcano-tectónicos. Desde 1984 hay actividad continua tanto sísmica como eruptiva.



Volcán Arenal visto desde el norte

Evolución de la actividad

El Arenal es un volcán joven (menos de 7000 años) cuya actividad ha sido caracterizada por alternancias de fases eruptivas explosivas y efusivas de reducida actividad explosiva. Desde el punto de vista probabilístico el volcán se encuentra en un estado de potencial reanudación de actividad explosiva intensa ya que cada 780 años como promedio, el Arenal ha producido una erupción sub-pliniana. En los últimos 650 años el volcán ha modificado parcialmente su estilo de actividad con una progresiva disminución de las erupciones explosivas que han sido reemplazadas por una actividad de tipo efusivo y estromboliano. La tasa de alimentación de magma actual es alta y constante sin embargo, el conducto volcánico ha permanecido abierto y actúa de manera eficiente permitiendo al magma

subir hasta la cumbre y fluir tranquilamente desde el propio cráter (Alvarado et al., 1988, Geotérmica Italiana, 1992).

Monitoreo volcánico

Alrededor del Arenal hay instaladas 4 estaciones sísmológicas y dos más localizadas a más de 8 km. Las señales son enviadas vía radio hasta el centro de registro principal (OSIVAM) localizado en Quebrada Grande de Tilarán. Estas estaciones son equipos Lennartz, digitales y de 3 componentes (Barquero et al. 1994).



Red sísmológica del Arenal

PELIGRO VOLCÁNICO

Basados en datos pre e históricos del Arenal y su actual periodo de actividad, hay varios peligros que pueden ser identificados y mapeados en un mapa básico de amenazas volcánicas. Las más importantes son:

Flujos piroclásticos: Son flujos turbulentos de alta temperatura de materiales finos y gruesos con gases. Se generan en el cráter del volcán y fluyen hacia los valles y cuencas de los ríos aledaños. Estos flujos pueden alcanzar velocidades de más de 100 km/hr; son muy peligrosos porque no pueden ser pronosticados y alcanzan la base del aparato volcánico en pocos minutos; además, en circunstancias de cielo nublado o durante la noche pueden pasar desapercibidos. Las nubes de gases y

VOLCAN POÁS

El volcán Poás es un estratovolcán andesítico (2560 m s.n.m) localizado en la región norte del Valle Central de Costa Rica, en la Cordillera Volcánica Central que ha mantenido un actividad exhalativa moderada durante los últimos siglos, asociada con una laguna intracraterica casi constante, y ha tenido algunas erupciones estrombolianas a vulcanianas aisladas.

La erupción histórica más violenta fue la del 25 de enero de 1910. Esta fue una erupción tipo vulcaniana que tuvo una columna de gases, cenizas y bloques de unos 8000 m de altitud. Entre 1914 y 1915 se registró actividad freatomagmática a estromboliana con algunas explosiones aisladas. Otro periodo de fuerte actividad freatomagmática y estromboliana se produjo entre 1953-1955 la cual fue acompañada de la extrusión de un domo lávico y una colada intracraterica. Desde entonces y hasta 1986 se mantuvo una actividad freatomagmática con erupciones pequeñas y moderadas (Soto, 1994).



Cráter del volcán Poás

A partir de 1986 se inició un nuevo periodo de actividad caracterizado por el incremento en las erupciones freáticas geiseriformes y el secado de la laguna intracraterica. En 1989 se observaron vigorosas emisiones de gases y vapor desde las fumarolas localizadas dentro del cráter, las más fuertes alcanzaban alturas de hasta 2000 m. Se interpretó la actividad

de 1986-1990 como el resultado del ascenso de un pequeño cuerpo de magma que rompió su techo fracturado bajo el cráter (Barquero y Soto, 1992, Fernández, 1990).

MONITOREO

Desde hace varios años diversas instituciones han mantenido un control periódico sobre la actividad del volcán Poás.

La RSN mantiene una vigilancia sismológica a través de una estación sismográfica telemétrica así como análisis geoquímicos y observación de campo. También se ha instalado redes de estaciones sismográficas portátiles en los alrededores del cráter activo para observar las variaciones de sismicidad (profundidad, cantidad y frecuencia de temblores, magnitud, etc.) en periodos de crisis (Mora et al., 2004).



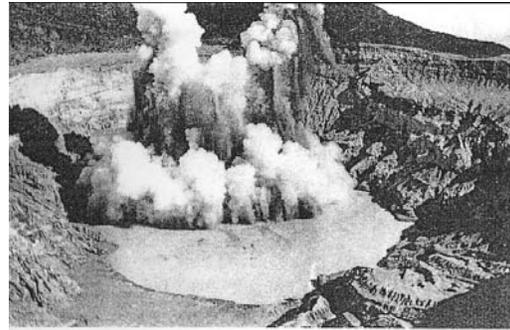
Estación sismológica portátil

En la medida de prever y prevenir la posibilidad de un evento futuro, es esencial el monitorear las temperaturas, concentraciones de especies disueltas en el agua incluyendo del CO_2 . La cantidad de CO_2 en profundidad puede obtenerse mediante medidas in situ del pH paralelamente con la conductividad, la cual arroja el perfil del HCO_3^- . Una vez establecido esto, se verán que medidas tomar. Por otro lado, en general, la mayoría de las erupciones son precedidas por señales premonitoras que, si logran reconocerse y auscultarse adecuadamente,

podrían brindar la oportunidad de tomar medidas pertinentes con respecto a eventos futuros. Sin embargo, existe el problema del registro de falsas alarmas o alarmas fallidas, o en el caso de activarse un volcán, muchas veces no se sabe con exactitud de qué manera se va a desarrollar la erupción. Las señales premonitoras pueden ser muy tenues o complejas y, antes de ser interpretadas correctamente, pueden requerir de estudios muy cuidadosos y detallados, de acuerdo con el grado de conocimiento del estado actual del volcán, que puede ser en reposo, actividad exhalativa o actividad eruptiva frecuente o permanente y del pasado eruptivo del volcán mismo.

Estimación de la probabilidad de una actividad volcánica

Desde 1828 al presente, tan solo dos eventos eruptivos imperantes se han registrado. Si asumimos un lapso de 2 siglos, tendríamos una erupción importante cada siglo. Dado que desde hace 48 años no hay ninguna erupción importante (freatomagmática a pliniana) en el Poás, salvo erupciones freáticas (por ejemplo 1989), se podría especular que dentro del lapso de 40-100 años se podría generar un período eruptivo importante. Sin embargo, el determinar el tipo de actividad freatomagmática intensa pero de corta duración (como la de 1910) o freática hasta freatomagmática culminando con domeana o lávica para retornar a las erupciones freáticas (caso de 1952-55), así como sus consecuencias directas son difíciles de evaluar. Esto debido a que va a estar en función de la magnitud y tipo de erupción, de la altura de la columna eruptiva, de la duración de la crisis y de la dirección imperante de los vientos en ese momento. Sin embargo, no existen reportes de daños severos o muertes por la actividad del Poás (Alvarado y Salani, 2002).



Erupción de 1915 (Foto de Ricardo Fernández P.)

Medidas de prevención básicas

Dado que el Poás es un volcán activo cuyas manifestaciones más comunes son las emisiones de gases sulfurosos, se recomienda a los turistas no permanecer mucho tiempo cerca del mirador cuando las emisiones son importantes, especialmente en el caso de niños, personas mayores o aquellos que sufren enfermedades como el asma o alergias. Así mismo no se recomienda bajar al cráter sin la autorización previa de los guardaparques. En caso de que se presenten crisis volcánicas las autoridades deben tomar las medidas necesarias para evitar que sucedan accidentes por falta de medidas de prevención para los turistas y personal del parque.



Erupción del volcán Poás en dic. 2009.

VOLCAN IRAZÚ

El Irazú, con un área de aproximadamente 500 km² (300 km³), es el volcán más alto del país con una altitud de 3432 m s.n.m. Es un complejo volcánico voluminoso, conformado por secuencias repetitivas de lavas y piroclastos (cenizas, bloques, bombas volcánicas, etc.). En el área cuspidal hay dos cráteres recientes (Principal y Diego de la Haya), coalescentes con otro mayor y más antiguo (borde de Playa Hermosa). Hacia el este de la cima hay un cono piroclástico desde el cual se inicia una línea en sentido S15°W, con varios conos piroclásticos y coladas de lava, que incluyen al cono Pasquí y las coladas de Cervantes, que por su morfología, es evidente que son estructuras geológicamente jóvenes (unos 17 000 años). Los productos eruptivos más recientes del Irazú (los últimos miles de años), revelan que su actividad ha sido principalmente de tipo explosivo moderado (erupciones estrombolianas, vulcanianas y en menor grado freáticas) y efusiva en el área de los cráteres u originada en conos piroclásticos (volcanes parásitos de cenizas y escorias) contemporáneos.



Cráter del volcán Irazú

La actividad prehistórica no ha sido estudiada aún con suficiente detalle previamente, pero los afloramientos de tefras y lavas muestran que no hay ninguna erupción extraordinaria (pliniana, por ejemplo) en los últimos miles de años. Históricamente, con seguridad, se han tenido erupciones en 1723-26, 1917-21, 1924, 1928, 1930, 1933, 1939-40 y 1962-65.

Se han caracterizado por afectar severamente, con caída de piroclastos gruesos, la cima y áreas circundantes a pocos centenares de metros alrededor, y afectación menor por caída de piroclastos finos (cenizas) arrastradas eólicamente hacia los flancos occidental y suroccidental (Valle Central), así como la producción de lahares (corrientes de lodo y rocas) en 1724 y 1963-65, que han dañado principalmente el área occidental de Cartago.

El último ciclo eruptivo se dio entre 1962 y 1965. Desde agosto de 1962 se observó una actividad fumarólica tenue, que ya en enero de 1963 cambió a emisiones de ceniza, y en marzo de ese año se tornaron en fuertes explosiones vulcanianas. Desde este mes hasta febrero de 1965, se sucedieron múltiples explosiones vulcanianas y estrombolianas de mayor y menor tamaño (la mayor observada, con hongos de ceniza hasta 8 km de altura sobre el cráter) y emisión constante de gases y lances casi continuos de piroclastos, cuyas cenizas fueron transportadas por el viento principalmente hacia los flancos oeste (máximo alcance reportado en la Península de Nicoya a 200 km) y suroeste del volcán. No obstante, dependiendo de la dirección y velocidad de vientos, se dieron caídas de cenizas hacia el este (Limón, a 90 km), el noroeste (Tamarindo, Matapalo y el Lago de Nicaragua, hasta 220 km). Asimismo, en noviembre y diciembre de 1963, posterior a períodos cortos de lluvias intensas, fueron disparados lahares de importancia, que dañaron la cuenca del río Reventado, al sur del Volcán (Taras y alrededores, en diciembre). Otros eventos laháticos menores fueron reportados en el río Virilla y las áreas de Coronado, Tres Ríos y los flancos oeste y suroeste, pero sin causar daños mayores (Alvarado, 1993).

Entre 1966 y 1979 se observó actividad fumarólica de menor intensidad en el cráter principal, así como una laguna verdosa intermitente en su interior. En marzo de 1977 aparentemente fueron observadas

pequeñas emisiones de ceniza y vapor (Alvarado, 1993).

Periodo	TIPO ERUPCIÓN
1723-26?	Estromboliana fuerte a vulcaniana
1917-21	Freática a vulcaniana
1939-40	Estromboliana a vulcaniana
1962-65	Estromboliana y vulcaniana
1994	Erupción freática

Principales periodos de actividad del Irazú



Actividad del Irazú en 1963

ACTIVIDAD RECIENTE

El evento sísmico más importante en los últimos 50 años en el Irazú fue el Terremoto de Patillos de 1952 (magnitud 5,5), el cual se ubicó en el flanco NW del aparato volcánico y provocó grandes deslizamientos en esa área. Previo al inicio de la actividad eruptiva en 1962 no se reportaron grandes sismos, sino solamente incremento en la actividad fumarólica, aunque en ese tiempo no se contaba con instrumentación de ningún tipo, por lo que es probable que la actividad sísmica precursora fue de muy baja magnitud y no sensible para las personas. Posteriormente se registraron dos enjambres sísmicos de corta duración en 1982.

En enero de 1991 se detectó sismicidad en el macizo del Irazú, que permaneció hasta febrero, y luego desde mayo hasta 1992 en

forma decreciente, con variantes en sus características de profundidad, localización y origen, pero siempre asociados espacialmente con el cráter principal. En junio de 1991 se dio la reaparición de la laguna intracratéica y fumarolas en su interior y periferia, que permanecen hasta abril de 1995. Esta intranquilidad del Irazú ha sido interpretada como un proceso disparado por los sismos de Piedras Negras (22 de diciembre de 1990, $M_D=5,8$) y de Limón-Telire (22 de abril de 1991, $M_S=7,4$; $M_D=6,4$), los cuales llevaron a un estado de metaestabilidad a las fallas en los alrededores del volcán, y facilitaron liberación de fluidos de cuerpos magmáticos profundos, que a su vez reactivaron el sistema geotérmico somero bajo el Cráter Principal. Con base en el monitoreo sísmológico, geoquímico y observacional desarrollado en el Irazú desde enero de 1991, se piensa que este estado no degenerará en una etapa eruptiva pronta, sino que permanecerá por años, a menos que otro factor desestabilizante actúe (v.gr.: un sismo regional de gran magnitud o un ascenso magmático profundo); (Barquero *et al.*, 1995). Durante el periodo 1992-1994 la actividad sísmica en el volcán fue muy reducida. Una explosión freática aislada ocurrió en el flanco NNW del volcán, el 8 de diciembre de 1994, generando con ello lahares que discurrieron por la cuenca alta del río Sucio, esta explosión fue el resultado de un deslizamiento en la pared norte del cráter debido a las intensas lluvias.

En junio de 1997 se registró un nuevo enjambre sísmico en el Irazú, localizado en el flanco sur, la mayoría de los eventos se registraron entre los días 15 y 16 de junio. Durante las primeras horas del día 17, la actividad sísmica tendió a decrecer, hasta que el día 18 decayó rápidamente. Los sismos se localizaron entre 1 y 14 km de profundidad respecto a la estación sísmológica ICR y las magnitudes oscilaron entre 1,0 y 4,1 (Mora *et al.*, 1997). Durante los últimos años, la actividad sísmica en el volcán ha sido muy baja, registrándose unos pocos sismos de baja magnitud.

Monitoreo del volcán Irazú

La Red Sismológica Nacional (RSN:ICE-UCR), desde 1982 se cuenta con una estación sismológica telemétrica permanente, la cual permite conocer el estado de la actividad del volcán y detectar a tiempo cualquier anomalía en la actividad sísmica. Además, la UCR lleva un control de la actividad con visitas regulares (mensualmente) al volcán y otra serie de investigaciones como por ejemplo los análisis químicos y termométricos de fuentes termales y fumarolas (Barquero *et al.*, 1995, Mora *et al.*, 1997, Mora *et al.*, 2004).

Peligro volcánico

El concepto de peligrosidad engloba aquel conjunto de eventos que se producen en un volcán y que pueden provocar daños a personas o bienes expuestos, por encima de un nivel o grado de riesgo asumido. Los fenómenos volcánicos peligrosos que pueden ocurrir en el volcán Irazú, con base en los datos de eventos históricos y recientes, son principalmente:

Caída de piroclastos: Las áreas afectables por caída de piroclastos (cenizas, lapilli, bloques y bombas)

-A: Área en donde podrían darse caída de bombas y bloques de hasta 50 cm de diámetro, por caída balística (radio de 1 km);

-B: Área en donde se darían caída de piroclastos de diámetro máximo de 6,5 cm (lapilli), generando espesores de hasta varios decímetros, pero normalmente centimétricos (radio de 2 km).

-C: Área en donde se daría caída de piroclastos de 3 cm (lapilli) o menos (ceniza gruesa) con espesores de pocos cm. (radio de 4 km).

-D: Área en donde se darán mayores espesores de caída de cenizas medias a finas (polvo volcánico) por arrastre eólico regional (distancias variables, hasta cerca de 10-20 km).

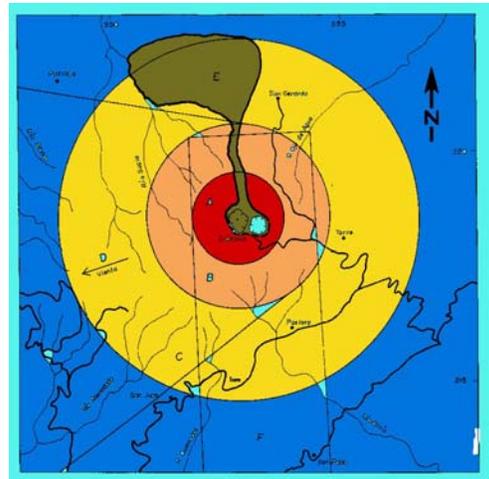
-E: Área de peligro por flujos piroclásticos (corrientes densas de detritos volcánicos candentes) encausados.

-F: Área propensa a la formación de nuevos cráteres,

Oleadas piroclásticas: estarían restringidos al área A (cráteres y Playa Hermosa), y eventualmente encauzarse por el área E del mapa (hacia el norte)

Flujos piroclásticos: Debido al flujo laminar, que normalmente no salta obstáculos y se encauzan, el área de peligro estaría restringida a las áreas de los principales valles y cuencas de los ríos que nacen en el macizo del Irazú.

Lahares: Afectan principalmente las áreas bajas, cuando los cañones por los que fluyen se abren en las planicies, como sucedió en 1963 en la cuenca baja del río Reventado (Barquero y Alvarado, 2000).



Mapa preliminar de peligros volcánicos del Irazú

VOLCÁN TURRIALBA



Volcán Turrialba visto desde el suroeste

El volcán Turrialba es un volcán complejo ubicado a 24 kilómetros al noroeste de la ciudad del mismo nombre y comparte la misma base con el volcán Irazú (volcanes hermanos). Las laderas del macizo tienen pendientes empinadas en la parte norte y más moderado en su lado oriental, su área es de 500 km², aproximadamente. Este volcán es la más oriental de la Cordillera Volcánica Central. Sin embargo, su posición está más allá de la alineación general de la Cordillera, se encuentra ubicado al noreste de Irazú. Su último periodo de actividad fue 1964-1966.

La historia geológica de Turrialba comenzó con conos compuestos probablemente situado al suroeste del cono actual, una posición coherente con el frente volcánico. El volcán fue construido a lo largo de la zona de debilidad de la corteza. La corriente y el más joven de cono se componen principalmente de lava y flujos piroclásticos que se han agrupado en 14 unidades geológicas, principalmente los flujos de lava.

La cumbre de Turrialba está cortada por fallas que definen una depresión central en la parte superior. La cumbre actual presenta tres cráteres bien definidos, otro parcialmente enterrada y otro se derrumbó, más bocas intracrater pequeñas. Se forman de acuerdo a la depresión cuspidales en dirección NE-SW.

17 000 años otra serie de eventos de avalancha volcánica, repartidas en casi todo el valle de Turrialba, con espesores de hasta 80 m, y llegó a la confluencia de los ríos Reventazón y Tuis.

Otro caso de avalancha volcánica de menor importancia, posiblemente más reciente (tal vez sólo unos pocos miles de años) ocurrió cerca de la ciudad de Santa Rosa (2 km al noreste de la ciudad de Turrialba), donde una serie caótica de colinas compuesto de bloques de lava de diferente composición indican la magnitud del evento. Todo esto sugiere una compleja historia de la construcción y destrucción, que han creado otros volcanes, como los ubicados al noreste del cráter del Turrialba, y muchos otros, ahora destruido por los efectos de la erosión y la actividad volcánica pasada.

Actividad reciente

Desde marzo de 1996, la actividad sísmica y solfatáricos Turrialba había estado haciendo altos y bajos, en particular, se intensificó desde 2003 con la aparición de nuevos solfataras y fracturas en el suelo entre el cráter central y suroeste y la actividad sísmica, una situación que se mantuvo hasta pocos días. La fumarola alcanzó temperaturas de 280 ° C y la intensa actividad exhalado una columna de vapor (confundido por los lugareños con cenizas), particularmente observable en la mañana, dadas las condiciones meteorológicas, marcó un cambio notable en comparación con años anteriores, una situación que comenzó a aparecer a partir de marzo de 2007, teniendo en episodios importantes de la de abril y mayo de 2007 y julio de ese año y en abril-mayo de 2009.

En octubre de 2009, las señales sísmicas registradas en la parte superior de la RSN (UCR-ICE) mostraron una marcada disminución, teniendo en septiembre a cerca de 70 muestras y cerca de 10 volcánicas tipo de ruido temblor, cayendo en octubre, aunque la cantidad de gas no

disminuyó. A finales de octubre de 2009, que alcanzó un nuevo máximo de los sismos tectónicos y algunos temblores durante 5 minutos con una frecuencia anormal.

La mezcla de gases ácidos (SO₂ y Cl principalmente) con la humedad y las nubes, han promovido la formación de nubes con la precipitación como la lluvia ácida resultante ácidos (pH o nivel de acidez inferior a 5,6), especialmente en el sector occidental, porque el viento sopla regionales de la zona del Caribe.

Actividad en enero 2010

Según los registros del volcán hasta el 3 de enero de 2010 por la tarde la actividad era "normal", pero el lunes 4 de enero desde las 10 am, hubo un súbito cambio en las señales, y en particular el aumento del número de temblores (ruido volcánico) de de larga duración y constante (alrededor de 4 por hora para una duración de 10 a 20 minutos) sin signos evidentes de fractura tectónica interna pero abundante volcánica señal de baja frecuencia de los terremotos de tipo B. Pero después de las 2 pm Martes 5, los temblores comenzaron a ocurrir casi siempre. Dos acontecimientos se produjeron fuertes a las 2:29 pm y las 2:45 pm, correspondiente a los primeros informes de las cenizas, que se mantienen hasta bien entrada la noche, cayendo principalmente en las ciudades de La Central, Silvia, Capellades y ceniza fina en Tierra Blanca, Llano Grande y Tres Ríos, a unos 25 km al suroeste.

Una interpretación basada en las señales sísmicas, los estudios de la ceniza y la observación visual, es que la ceniza fue expulsada de dos piscinas pequeñas en el

cráter occidental sin material nuevo magma o de las cenizas de menores por lo que la erupción puede ser considerada como el tipo freático. Fumarolas de gases y cenizas expulsadas a alta presión con el ruido de los reactores de tipo (los vecinos reportaron los sonidos de este tipo). Las señales sísmicas registradas durante el 2009 mostraron su mayor parte de los tipos B y el temblor y algunos sismos de tipo A. Esto cambió en enero del 05 al continuo temblor fuerte que puede estar relacionado con la erupción de ceniza de gas.



Foto del cráter oeste por donde se produjo la actividad en enero del 2010.

El 8 de enero la actividad sísmica disminuyó y también la emisión de cenizas. Así, después de casi 144 años de inactividad, el volcán Turrialba, renovó su actividad eruptiva. Ya alrededor de 30 personas cerca de la ciudad alrededor del volcán fueron evacuados. El sistema eléctrico falló en La Pastora y La Central durante algunas horas. Parece que la mezcla de ceniza con lluvia causó estos fallos en la corriente eléctrica en las inmediaciones del volcán, pero fueron reparados por el ICE con prontitud.

REFERENCIAS

Alvarado, G. E., 1993: Volcanology and Petrology of the Irazú volcano, Costa Rica. Tesis de Ph D, Univ. Christian-Albrechts, Kiel. 227 pp.

Alvarado, G. E., 2000: Los volcanes de Costa Rica. Ed. UNED. 269 pp.

Alvarado, G.E., Matumoto, T., Borgia, A., Barquero, R. 1988: Síntesis geovulcanológica del Arenal (Costa Rica): 20 años de continua actividad eruptiva (1968-1988). Bol. Obs. Vulc. Arenal. 1 (1):1-55.

Alvarado, G., Salani, F. 2002: Evaluación del Peligro y Riesgo Volcánico para los Proyectos Hidroeléctricos Cariblanco y Toro III. Inf. Interno ICE. 59 pp.

Barquero, R., Alvarado, G.E., 2000: vulnerabilidad y riesgo de las telecomunicaciones del ICE por el efecto de una reactivación en el volcán Irazú. Inf. Interno ICE. 23 pp.

Barquero, R., Barrantes, J.M., Boschini, I., Taylor, W., Alvarado, G., Climent, A. 1994: Nueva red sismológica digital Arenal-Miravalles. Rev. Tecnología-ICE. pp. 13-18

Barquero, R., Lesage, P., Metaxian, J.P., Creusot, A., Fernández, M. 1995: La crisis sísmica en el volcán Irazú en 1991 (Costa Rica). Rev. Geol. América Central. 18:15-18.

Barquero, R., Soto, G. (Eds.) 1992: Volcán Poás, informe sismo-vulcanológico red portátil digital, periodo marzo-junio de 1991. Inf. Interno ICE. 25 pp.

Boudon, G., Rançon, J.-P., Kieffer, G., Soto, G.J., Traineau, H. & Rossignol, J.-C., 1996: Les éruptions de 1966-70 et 1991-92 du volcan Rincón de la Vieja, Costa Rica: exemple d'activité récurrente d'un système hydromagmatique. - C.R. Acad. Sci. Paris, 322, Ila :101-108.

Fernández, M. 1990: La actividad del volcán Poás, Costa Rica: análisis sísmico durante el periodo 80-89. Tesis de Lic. Univ. de Costa Rica. 185 pp.

Geotérmica Italiana, 1992: Evaluación del riesgo y Monitoreo del volcán Arenal. Inf. Interno ICE. 40 pp.

Mora, M., 1997: Informe de la actividad de los volcanes Poás e Irazú 1994-1996. Informe interno, RSN, Univ. de Costa Rica. 52 pp.

Mora, R., Ramírez, C., Fernández, M. 2004: La actividad de los volcanes de la cordillera central, Costa Rica, entre 1998-2002. Rev. Geológica de América Central, 30:189-197.

Soto, G., 2004: Volcanología física. En: Atlas geológico Gran Área Metropolitana (Denyer y Kussmaul, Eds.) Edit. Tecnológica de Costa Rica. 131-146.

Soto, G., Alvarado, G., Goold, S., Climent, A. 2003: Evaluación del peligro y riesgo volcánico que representa el volcán Rincón de la Vieja para el Proyecto Geotérmico Las Pailas, Cordillera de Guanacaste, Costa Rica. Inf. Interno ICE, 78 pp.

Otra literatura recomendada:

Paniagua, S. 2003: Síntesis de algunos volcanes activos y peligrosos de América Central. Ed. UCR

Paniagua, S., Soto, G. 1986: Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la cordillera central de Costa Rica, América Central. Rev. Ciencia y Tecnol. 10 (2):49-72

Boletín del Observatorio Sismológico y Vulcanológico Arenal-Miravalles (OSIVAM). Publicado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)

Boletín del Global Volcanism Network (GVN). Publicado por Smithsonian Institution (USA)