



## **Actividad del volcán Arenal, junio-julio del 2009**

**Gerardo J. Soto y Waldo Taylor**

### **Introducción**

Desde julio de 1968, el volcán Arenal se encuentra en erupción, con cambios que caracterizan fases eruptivas. Con base en sus características eruptivas, distinguimos 7 fases:

- 1) Julio-setiembre de 1968: inicio explosivo tipo vulcaniano-peleano y actividad fumarólica intensa.
- 2) 1968 – 1973: alta tasa de extrusión de lavas andesítico-basálticas desde el cráter A.
- 3) Agosto 1973 - marzo 1974: 7 meses de calma de extrusión de lavas.
- 4) 1974 – 1984: cambio en el foco de salida de lavas, con una tasa menor de extrusión desde el cráter C, emisión de flujos piroclásticos en junio de 1975 y una pequeña fase explosiva en 1980.
- 5) 1984 – 1987: actividad estromboliana frecuente y la continua efusión de lavas.
- 6) 1987 – 2000: efusión de coladas de lava de moderada a gran longitud (la más larga en 1992, de 3,2 km de longitud), flujos piroclásticos importantes, explosiones vulcanianas y formación de hornitos estrombolianos.
- 7) 2000 – hoy: extrusión de lavas cortas que generan continuos y extensos deslizamientos de rocas incandescentes, actividad vulcaniana reducida, formación de domos pequeños, casuales hornitos y flujos piroclásticos menores.

### **Mecanismos de coladas de lava a flujos piroclásticos**

Dado que la lava se mantiene con una tasa de extrusión de cerca de  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  (un tercio de la tasa en la década de los 1990), las coladas ( $< 1 \text{ km}$  de longitud) se mantienen en las partes del cono de alta pendiente ( $>35^\circ$ ), desde donde con frecuencia de minutos ocurren deslizamientos de las rocas del frente blocoso de las lavas, y llegan a formar abanicos de bloques sueltos en la parte media del cono (entre 800-1000 m s.n.m.). Estos depósitos están muy engrosados (decenas de m) entre 1 y 2 km de distancia del cráter activo.

Con menor frecuencia, y posiblemente debido a pulsos en la emisión de lava, se forman flujos piroclásticos por colapso de frente de colada. Esto porque, dependiendo de los volúmenes desprendidos de las coladas, pueden formar deslizamientos de rocas ( $10^2\text{-}10^4 \text{ m}^3$ ; v.gr., enero 2007-febrero 2008), eventos transicionales entre deslizamientos y flujos piroclásticos ( $V \sim 10^4 \text{ m}^3$ ; v.gr., 21 marzo 2003) o bien formar los flujos piroclásticos (tipo bloques y cenizas,  $>10^4 \text{ m}^3$ ; v.gr.: 5 setiembre 2003, 18 setiembre 2007, junio del 2008, diciembre del 2008: Figura 1). La fuerte pendiente es el primer elemento disparador, así como la exposición de áreas de las coladas

más ricas en gases, que provocan despresurización y fragmentación. Una vez generado el colapso frontal de las coladas, hay una despresurización de poros, vesiculación y pulverización del material (y por tanto, generación de nubes de cenizas), y por eso el mecanismo cambia de un deslizamiento rocoso a un flujo piroclástico cuando el volumen colapsado y en consecuencia la cantidad de volátiles despresurizados es alta.



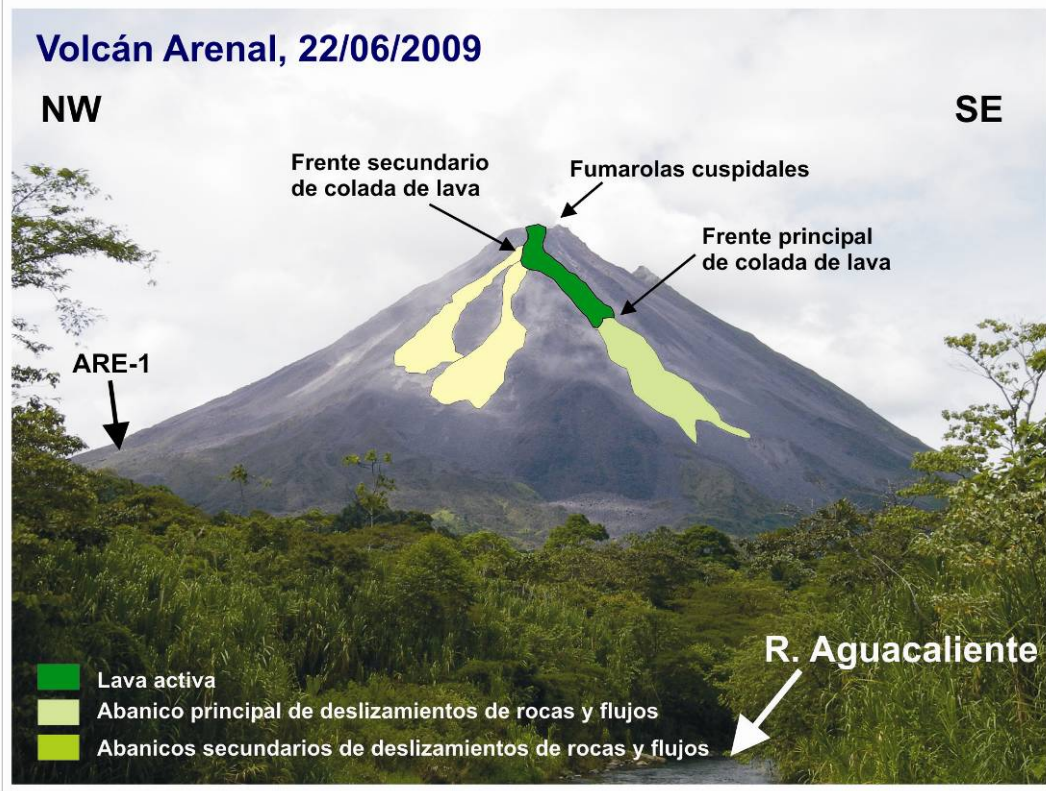
**Figura 1: Flujo piroclástico por colapso de frente de colada, el 1° de diciembre del 2008 (Fotografía de Luis Madrigal).**

### **Actividad actual**

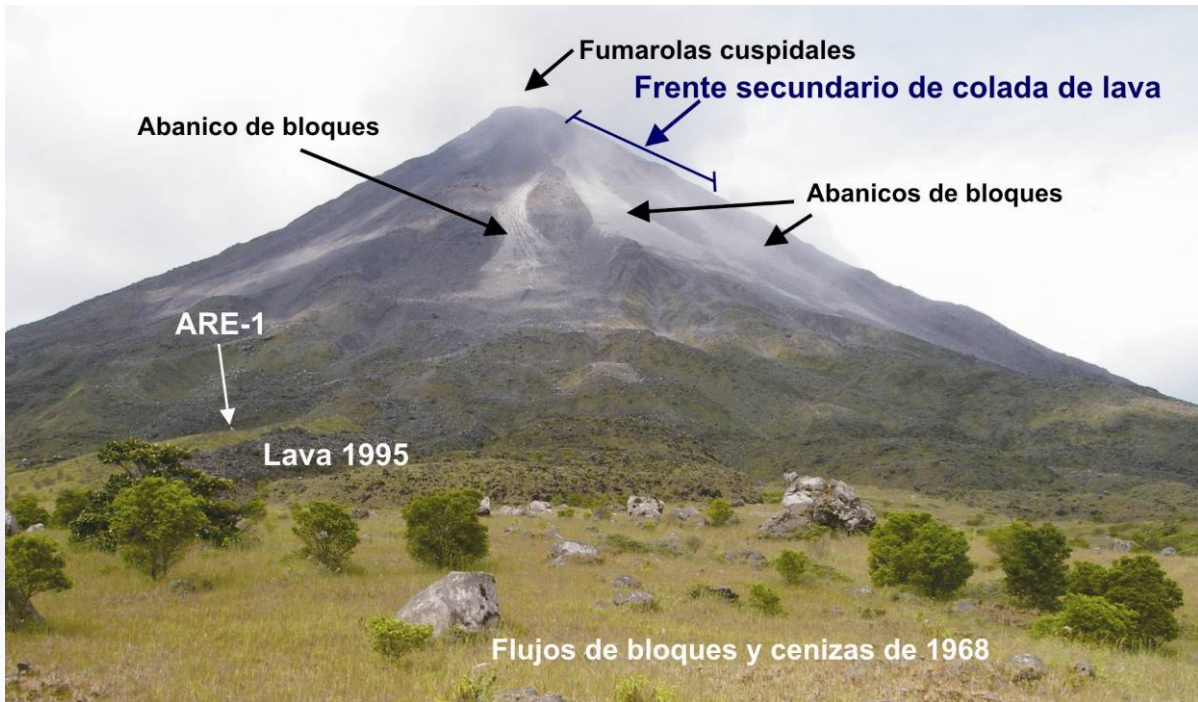
La colada de lava que baja por el flanco suroeste del volcán se ha mantenido en esa posición desde inicios del 2007, y ha provocado ya flujos piroclásticos en setiembre del 2007, junio del 2008 y diciembre del 2008. Además, hay una vigorosa actividad fumarólica desde el sector noreste del cráter activo (Figs. 2, 3 y 4), en donde se han instalado además unos hornitos, visibles en la noche desde La Fortuna, por su resplandor rojizo (p.ej. 9 de julio, 2009).

Los más recientes flujos, de menor cuantía en el 2009, ocurrieron el 16 de junio (4 eventos a las 16:34, 16:38, 16:42 y 16:46 p.m. ), 23 de junio (15 a 18 avalanchas entre las 11:45 y 13:55, la más fuerte a las 12:02) y el 7 de julio (Figuras 2, 3, 5 y 6). Los flujos piroclásticos fueron de poco volumen, en un ambiente donde las condiciones de alta pendiente y un posible cambio de dirección de las coladas de lava en un futuro próximo, pueden disparar flujos piroclásticos importantes futuros en otras direcciones.

La RSN desde marzo pasado había ascendido el nivel de alerta de verde (2b) a amarillo (3). Por los antecedentes que se tienen en años anteriores, ya se esperaban flujos piroclásticos y, por lo tanto, los flujos obedecen a una actividad normal del volcán, pero que permanece en alerta.



**Figura 2: Vista del volcán desde el suroeste, en el puente del río Aguacaliente, que muestra la lava activa y los abanicos de transporte y deposición de deslizamientos de rocas y flujos piroclásticos a partir de los frentes de lava activos.**



**Figura 3: Vista del volcán desde el oeste, que muestra los abanicos de transporte y depositación de deslizamientos de rocas y flujos piroclásticos, tal cual la figura 2, y la posición de la estación sismológica ARE-1 de la RSN. 22 de junio del 2009.**



**Figura 4: Vigorosa actividad fumarólica en el sector NE del cráter activo. Vista desde el oeste el 22 de junio.**



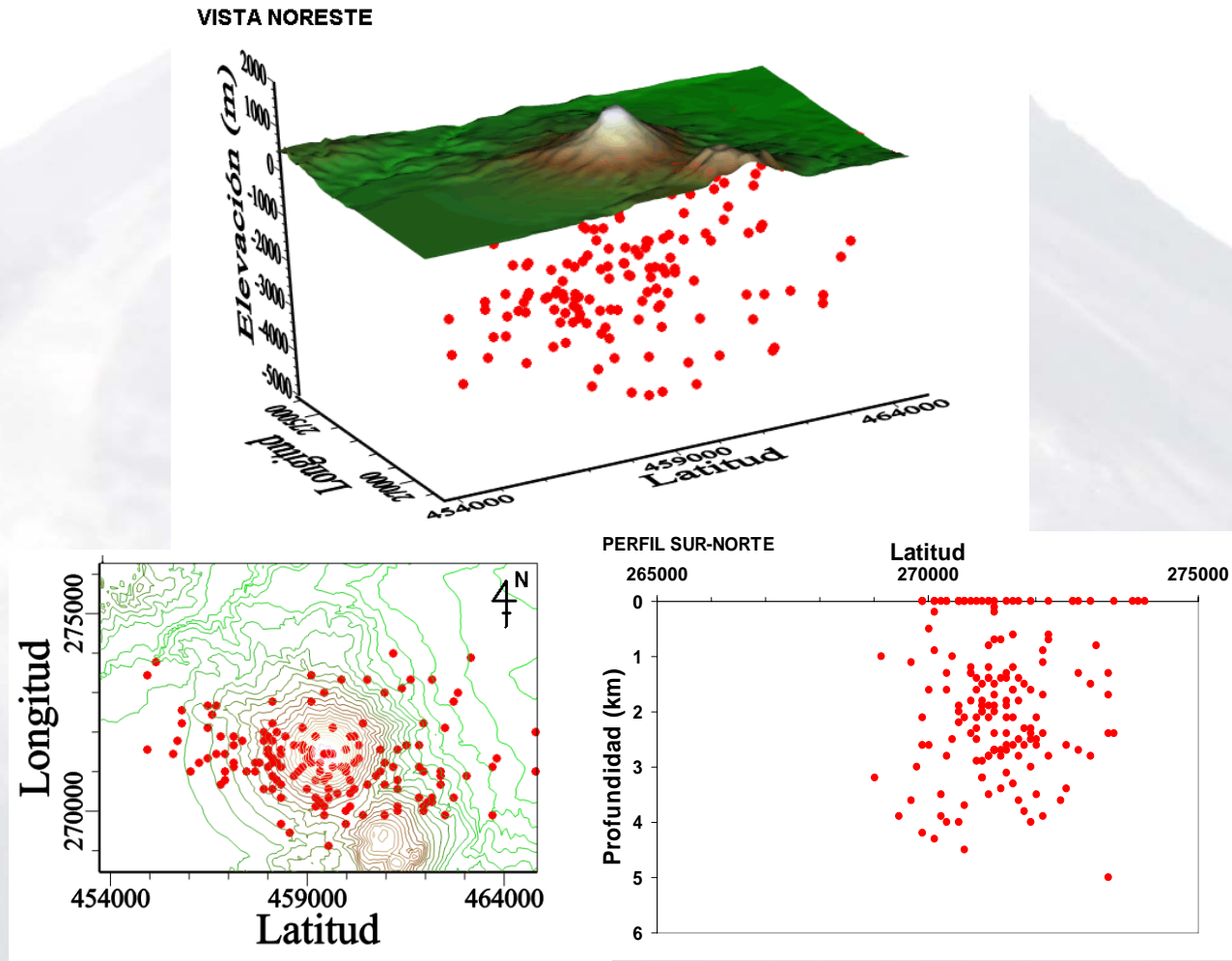
**Figura 5: Flujo piroclástico por colapso de frente de colada de lava, visto desde cerca de la estación ARE-1, el 7 de julio a las 11:20 (Foto de Luis Madrigal).**



**Figura 6: El abanico de bloques después del flujo piroclástico del 7 de julio a las 11:20 (Foto de Luis Madrigal).**

### Actividad sísmica y premonitora

La actividad sísmica del volcán Arenal se caracteriza por presentar entre 15 y 20 sismos volcano-tectónicos por mes. A partir de marzo del 2009, la actividad sísmica se ha incrementado, produciendo 67 sismos en el mes de marzo, 32 sismos en abril, 45 sismos en mayo y 21 sismos en junio hasta el día 17. En la Fig. 7 se muestra la distribución de los sismos en 3D, en planta y en un perfil. Se aprecia cómo la sismicidad se distribuye por debajo del edificio volcánico y que es ligeramente más profunda hacia el sector sur y oeste, lo que indica que los sismos están relacionados con actividad propia del volcán y no a fallamiento.



**Figura 7: Distribución de la sismicidad registrada en el volcán Arenal durante el periodo marzo-junio de 2009. Arriba en visión 3D, abajo en planta (izq.) y en un perfil de sur a norte (der.).**

En la Fig. 8 se presenta la cantidad de sismos mensual y su distribución según magnitud y profundidad. Al parecer los sismos son cada vez más someros (menor profundidad). Las magnitudes se han mantenido por debajo de los tres grados, de modo que no son sentidos por las personas. Muy probablemente, este tipo de actividad lo que sugiere es que, el sistema tuvo un

cambio en la presión (compresión o descompresión) o que ha habido un aumento significativo en la alimentación de magma, y que la respuesta inmediata se refleja en la generación de sismos.

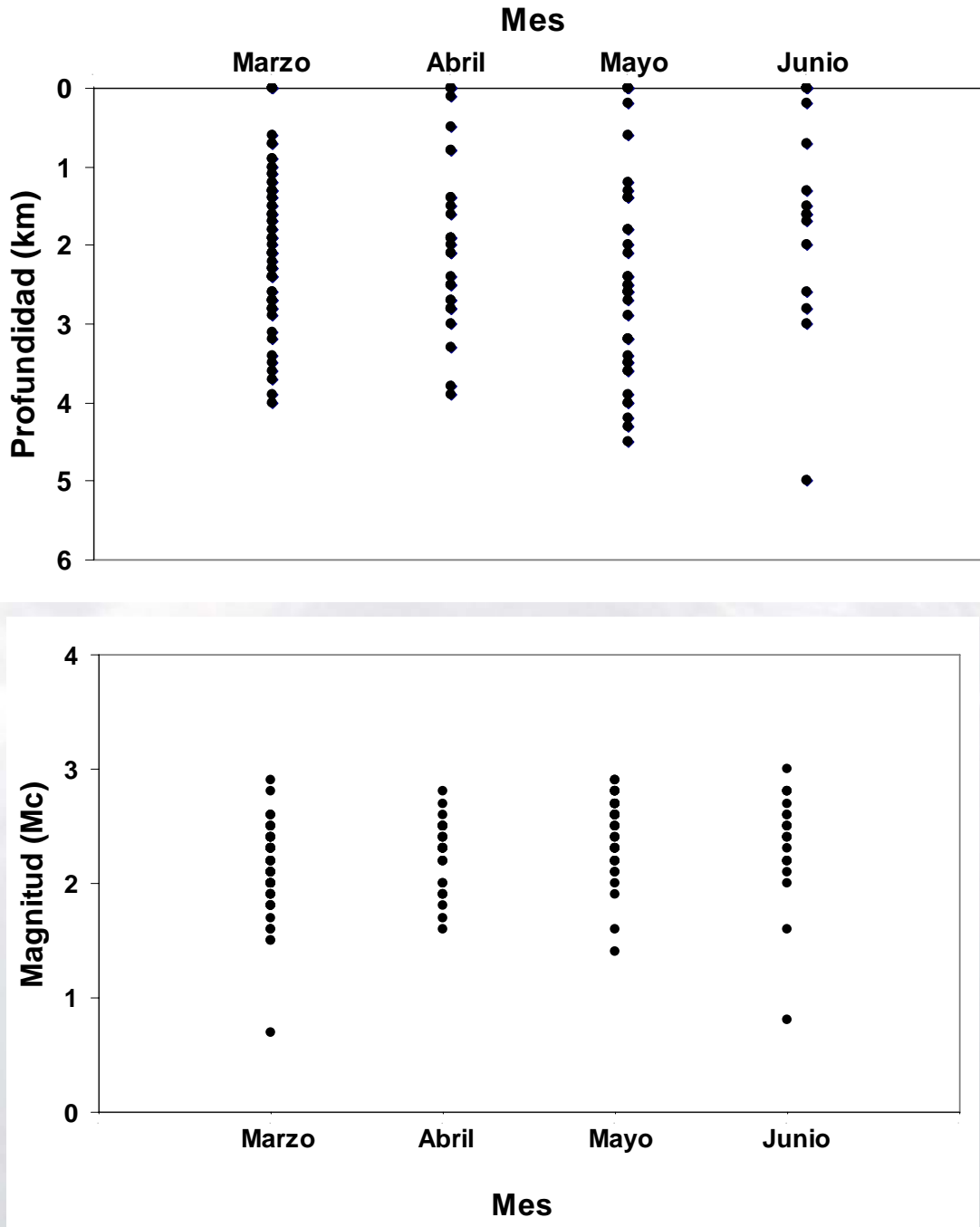
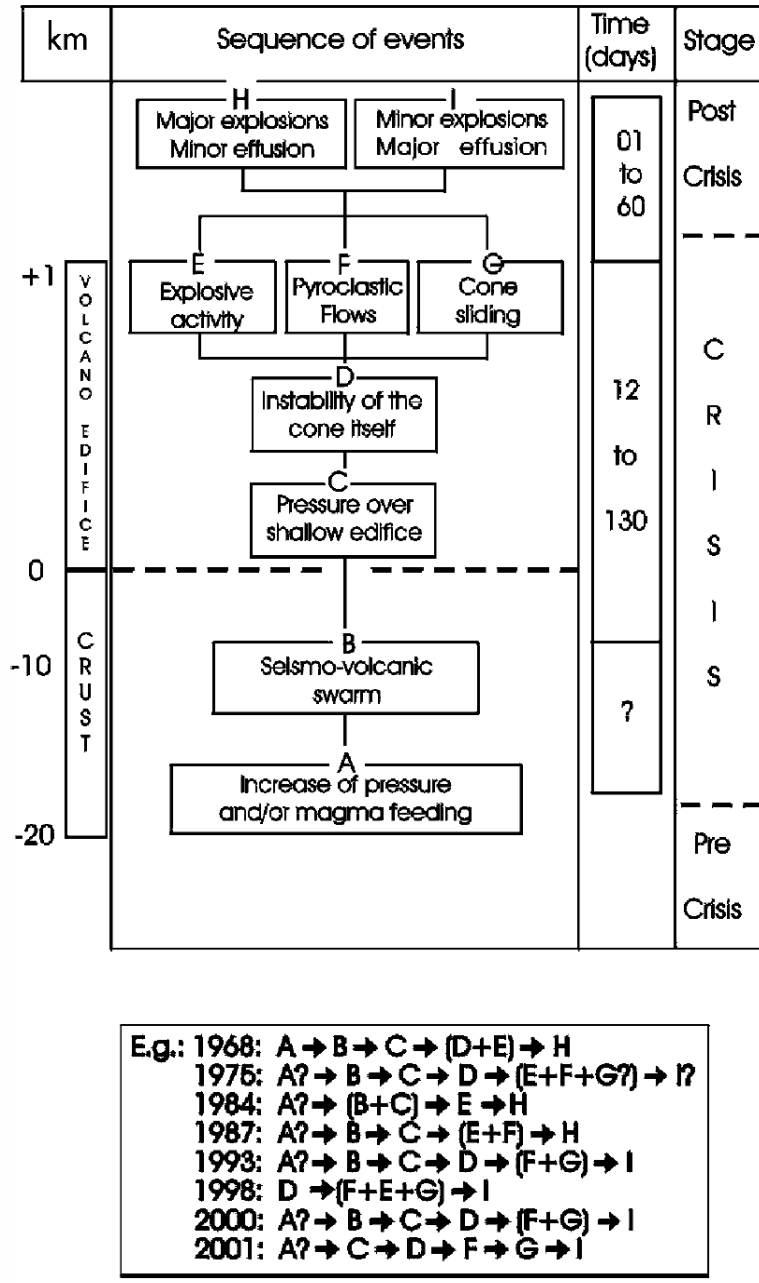


Figura 8: Distribución de la sismicidad por profundidad (arriba) y magnitud (abajo) diaria durante los meses de marzo a junio del 2009.

Esta sismicidad reviste importancia porque se ha observado a lo largo de décadas en el volcán, que precede la generación de flujos piroclásticos (Fig. 9), algunos muy voluminosos como los de junio de 1975, agosto de 1993 o agosto del 2000 (por colapso de pared del cráter activo) y otros menos voluminosos como los de junio del 2008 (por colapso de frentes de colada de lava). Por este motivo fue que se ascendió el nivel de alerta de verde a amarillo en marzo pasado.



**Figura 9: Secuencia de eventos que muestra la relación de los sismos volcano-tectónicos bajo el Arenal y la generación de flujos piroclásticos. Los mecanismos originales serían por pulsos de aumento de la alimentación de magma que incide en el aparato volcánico inestable y en las coladas de lava que fluyen sobre altas pendientes [Tomado de Alvarado & Soto, 2002].**

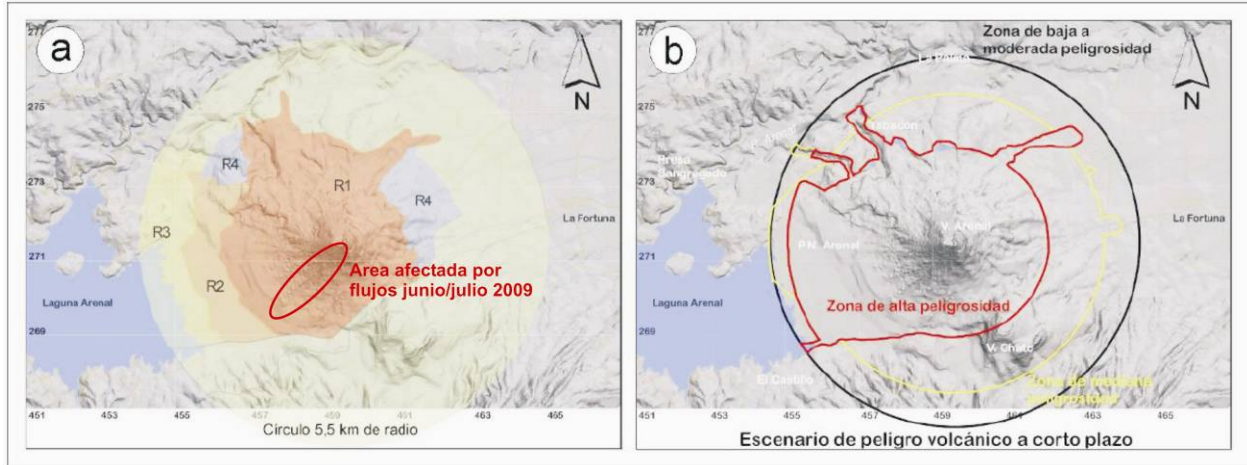


### Evolución de la actividad y peligro volcánico

Como se mencionó, la colada de lava en ese sector se mantiene desde principios del 2007, lo que ha incidido en un crecimiento del cono hacia ese sector (Fig. 10), de modo que los deslizamientos de rocas y flujos piroclásticos continuarán en los siguientes meses, con altibajos. Con base en los mapas de peligro volcánico y las áreas de restricción (Fig. 11), es posible asegurar que en tanto se cumplan las restricciones y las medidas de emergencia de parte del Parque Nacional Volcán Arenal, los efectos causados por esta actividad se restringen a caída de ceniza menor en el flanco oeste y vecindades.



**Figura 10: Evolución del sector suroeste del cono C del Arenal, acorde con vistas desde La Fortuna, entre 2006 y 2009 (Fotos de Luis Madrigal).**



**Figura 11: Las áreas de restricción en el volcán Arenal y el área afectada por las lavas y flujos en junio-julio del 2009 (a) y el mapa de peligros volcánico a corto plazo (b). [Tomado de Soto & Sjöbohlm, 2005]**

Con base en el sitio de actividad fumarólica visto en el sector noreste del cráter activo, junto con los hornitos en ese mismo lugar, es posible que el siguiente sitio de efusión de lavas cambie hacia ese sector, una vez que se forme una parte más alta en las paredes del cráter en el sector suroeste, como en efecto ya casi se ve (Fig. 12). Esto podría suceder en el transcurso de los próximos meses, aunque es incierto el momento.



**Figura 12: La pared suroeste del cráter activo y el inicio de la colada de lava activa. Se nota la altura sobresaliente de esta pared del cráter y la alta pendiente del inicio de la colada (Foto de Luis Madrigal).**

Se ha continuado y continuará con el monitoreo sísmico, químico y de temperaturas de las aguas en los alrededores del volcán, para verificar si hay o no cambio permanente o temporal en el sistema hidrotermal. Hasta el momento (muestreos de junio) no hay anomalías.

### **Referencias**

- Alvarado, G.E. & Soto, G.J., 2002: Pyroclastic flow generated by crater-wall collapse and outpouring of the lava pool of Arenal Volcano, Costa Rica. – *Bulletin of Volcanology*, 63: 557-568.
- Soto, G.J. & Sjöbohm, L., 2005: Sobre el mapeo de los peligros volcánicos del Arenal (Costa Rica) como una herramienta para la planificación del uso del suelo y la mitigación de desastres. – *Memoria VIII Seminario de Ingeniería Estructural y Sísmica*, San José, Costa Rica, septiembre 2005, 26 pp.