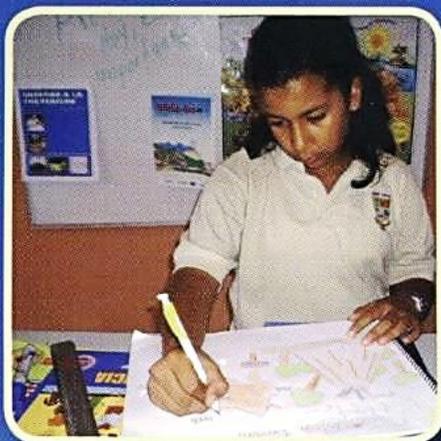
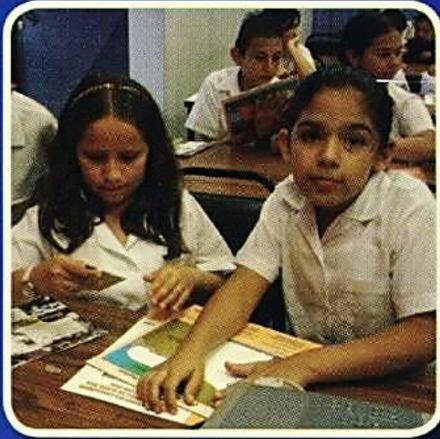


ENTORNO A LA PREVENCIÓN

Revista N°4 / junio 2007



Los peligros volcánicos del Arenal

*Br. Gerardo J. Soto
Geólogo consultor.
Br. Linda Sjöbohm*

Historia y estilo eruptivo del volcán Arenal

Descrito por investigadores extranjeros, el volcán Arenal (Fig.1) es conocido desde el siglo XIX, pero no fue sino hasta 1937 cuando se efectuó una expedición hasta su cima. Debido a su desastrosa erupción de julio de 1968, en la cual fallecieron 78 personas, ganó nombre internacional, y desde entonces, ha sido el blanco de una intensa investigación vulcanológica. Por eso es que hoy conocemos muy bien sus características geológicas y su historia volcánica a lo largo de 7 mil años.

Durante su historia, ha hecho al menos 22 erupciones importantes y decenas de otras pequeñas similares a la de 1968. Algunas erupciones han sido muy grandes, violentas y destructivas (se les llama de tipo pliniano), con columnas de piroclastos (nombre dado a los productos fragmentados durante las explosiones) que han alcanzado hasta 23 kilómetros de altura sobre el volcán (20 veces la altura del cono). Estas erupciones se repiten con ciclos de varias centenas a mil años. Otras erupciones grandes que han ocurrido, aunque de menores dimensiones (del llamado tipo estromboliano violento), se mantienen por un tiempo considerable.

Lavas, como las del actual campo de coladas que se ha derramado sobre la mitad oeste del volcán, son las que han construido, sin embargo, la mayor parte del edificio del Arenal.

Generalidades sobre los peligros volcánicos en el Arenal

Los mapas de peligro volcánico se construyen a partir de mapas geológicos, la información de la historia del volcán, y del estudio de la distribución y tamaño alrededor del volcán, de las cenizas eruptadas en el pasado. Señalan las posibilidades de ocurrencia de diferentes eventos, que determinan los escenarios eruptivos posibles. Los objetivos fundamentales para los cuales se producen estos mapas son: 1) Mostrar los peligros potenciales de los eventos volcánicos y sus productos. 2) Promover el planeamiento de actividades de prevención y mitigación de los efectos de la actividad volcánica, para la protección de la vida humana e infraestructura. 3) Planificar el futuro del desarrollo urbano y rural, uso del suelo y actividades económicas.

Con 14 de 16 puntos posibles según una clasificación internacional, el Arenal se tipifica como un volcán peligroso, alrededor del cual la población bajo riesgo alcanza casi 1 2 000 personas (locales y turistas), razones que justifican con creces la evaluación del peligro volcánico.

El conocimiento generado ha conllevado a la producción de un mapa de restricción de uso del suelo (La Gaceta, 11/01/2001), dentro del reglamento "Uso de suelos en los alrededores del Volcán Arenal" y "Restricciones para el uso del suelo en los alrededores del Volcán Arenal", suscritos por el Comité Asesor Técnico en Vulcanología y la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE).

En este trabajo se sintetiza una reevaluación de los trabajos anteriores sobre peligro volcánico (ver detalles en la bibliografía), con base en el nuevo conocimiento sobre el volcán adquirido en la última década.

Los peligros volcánicos en el Arenal

Se han identificado los siguientes tipos de peligros volcánicos en el Arenal:

1. Salida de gases desde los cráteres y su dispersión a la atmósfera por los vientos, que en general soplan hacia el oeste, y por lo tanto afectan el área del Parque Nacional hasta el embalse o Laguna de Arenal.
2. Caída balística de bloques de gran tamaño debido a explosiones, que pueden ser expulsados en variados ángulos, y que, por ejemplo, afectaron al antiguo Pueblo Nuevo, en donde hoy se encuentra el embalse, pero que normalmente afectarían áreas menos extensas.
3. Caída de piroclastos, producidos durante explosiones, cuyas cenizas son arrastradas por el viento. Se han establecido 4 escenarios posibles: 1- Erupciones pequeñas a moderadas, con altura de cenizas de hasta unos 3 km (llamadas estrombolianas), que afectarían solo las áreas dentro del Parque; 2- Erupciones como la de 1968, con columnas de cenizas de unos 5- 10 km de altura (llamadas vulcanianas), que podrían afectar sectores como el antiguo Pueblo Nuevo; 3- Erupciones estrombolianas fuertes (como una erupción hace unos 900 años), con columnas de unos 10 km de altura o más, y cuyas cenizas afectarían tan lejos como Tronadora; 4- Erupciones muy grandes (llamadas subplinianas, como por ejemplo una gran erupción ocurrida hace unos 550 años), con columnas de 20 a 25 km de altura, cuya área de afectación llegaría hasta Tilarán.
4. Flujos piroclásticos, que se deslizan por las laderas del volcán sobre un colchón de gases calientes a velocidades de entre 40 y 120 km/h, y luego se dirigen a través de los cauces de quebradas y ríos. incluyen: 1) aquellos asociados con el colapso (por la gran cantidad de piroclastos, que los hacen muy densos) de columnas de las mencionadas erupciones subplinianas, que llegarían hasta el río Arenal; 2) los originados por colapso de columnas estrombolianas densas, como es el caso del flujo de la Quebrada Guillermina (que ocurrió hace unos 900 años), y cuyos depósitos son hoy explotados en el tajo Los Lagos; 3) flujos de bloques y cenizas, como los del 31/07/1968, que llegaron hasta la parte media del valle de Tabacón; 4) por la calda de frentes de coladas de lava o por calda de una pared del cráter y la evacuación de lagos de lava en su interior, como el del 28/08/1993, que casi llegó hasta Tabacón; 5) por el colapso de columnas piroclásticas de erupciones estrombolianas moderadas, como aquellos típicos entre 1987 y 1992, que se quedan a medio camino del cono del volcán. Se incluyen también las llamadas oleadas piroclásticas acompañantes, o bien generadas independientemente por explosiones cuando se mezclan agua subterránea y el magma en erupción, y que producen nubes de gases y cenizas de alta velocidad y temperatura.
5. Apertura de nuevos cráteres laterales, y generación de explosiones dirigidas, como los de julio de 1968, que llegaron a afectar hasta Pueblo Nuevo.
6. Coladas de lava blocosas, de velocidades lentas, como las que se emiten actualmente en el volcán y podrían llegar hasta la carretera que circunda al volcán hacia el lado de Tabacón o hacia el embalse.
7. Flujos de lodo, arenas y rocas de varios metros (llamados lahares), originados por lluvias intensas durante o después de periodos eruptivos intensos, que arrastran gran cantidad de material a lo largo de los principales cauces, como el río Agua Caliente, o las quebradas Calle de Arena y Guillermina.
8. Deslizamientos y avalanchas volcánicas, por la caída de un sector del edificio volcánico, y que afectarían áreas cercanas a los cráteres, pero podrían llegar a afectar hasta el embalse.
9. Olas generadas por alguna avalancha o flujo piroclástico que ingresen a alta velocidad al embalse (se les llama seiches), desplazando un volumen importante de agua dentro de la laguna de Arenal, y que eventualmente afectarían hasta el lado opuesto del embalse.
10. Sismos volcánicos, en particular aquellos generados por el ascenso de magma antes de ser eruptado, cuyo radio de afectación llegaría hasta La Fortuna.

Construcción de los mapas de peligros volcánicos en el Arenal

Se han creado primero una serie de mapas temáticos para cada peligro por separado, con el propósito de fundamentar los escenarios del mapa integrado de peligros, atendiendo los criterios geológicos y estratigráficos (comportamiento histórico del volcán). En consecuencia, se han establecido, dos escenarios de peligros en el Arenal. El primero es uno de corto plazo, que en términos generales tiene semejanzas con el de la erupción de 1968 al presente. El segundo, de largo plazo, contempla erupciones más violentas, como las subplinianas, estrombolianas y vulcanianas ya mencionadas.

Primer escenario: el corto plazo

El volcán ha estado en erupción desde Julio de 1968, y no hay evidencias de que esta vaya a terminar pronto. Dentro de este periodo ha habido reactivaciones estrombolianas en 1975 y en 1984, pero no de las dimensiones de la erupción inicial, en tanto que el conducto volcánico ha permanecido prácticamente abierto. Así, existen posibilidades de que se reactive, o se salga ligeramente de su patrón eruptivo. Puesto que se considera que el conducto seguirá abierto por lo que resta de este ciclo eruptivo, aun cuando haya pausas o reactivaciones, no se contemplan situaciones explosivas similares a las de julio de 1968, con apertura de nuevos cráteres ni explosiones dirigidas. Se consideran erupciones vulcanianas con origen en los cráteres actualmente activo o el antiguo; salida y dispersión de gases y lluvia ácida: balística de alto ángulo; flujos piroclásticos; coladas de lava; lahares; deslizamientos y sismos. El mapa resultante, que combina la sumatoria de tales factores, se observa en la Figura 1. Las zonas de peligrosidad señaladas incluyen los siguientes elementos:

Zona de alta peligrosidad (borde en negro): Alta afectación por gases y lluvia ácida; bombardeo de erupciones estrombolianas moderadas a grandes; bombardeo y caída de piroclastos por erupciones estrombolianas pequeñas; por caída de piroclastos de erupciones vulcanianas; sector occidental de flujos piroclásticos; sector occidental de coladas de lava; sector occidental de lahares; deslizamientos.

Zona de mediana peligrosidad (borde en blanco): Moderada afectación por gases y lluvia ácida; bombardeo de erupciones estrombolianas grandes y vulcanianas; bombardeo y caída de piroclastos de erupciones estrombolianas pequeñas; caída de piroclastos de erupciones vulcanianas; sector oriental de flujos piroclásticos, y del lado occidental, más allá de 4,5 km; sector oriental de coladas de lava, y del lado occidental, más allá de 4,5 km; sector oriental de lahares; deslizamientos.

Zona de baja a moderada peligrosidad (borde en azul): Todos los sectores del círculo de 5 km de radio alrededor del cráter D, no incluidos en las dos zonas anteriores, que considera el peligro por sismos volcánicos y afectación por cenizas y gases ante eventos meteorológicos con orientación anómala de vientos.

Segundo escenario: el largo plazo

El segundo escenario contempla los eventos mayores observados en el Arenal: erupciones vulcanianas con explosiones dirigidas, subplinianas, o estrombolianas fuertes. El mapa resultante se observa en la Figura 2, en donde se separan cada uno de los elementos, a pesar de que algunos conlleven a otros dentro de una misma erupción (por ejemplo: erupción subpliniana -- flujos piroclásticos -- lahares). Las zonas de peligrosidad señaladas incluyen los siguientes elementos combinados, que se han denominado por letras dentro del mapa, para que puedan ser separables entre sí:

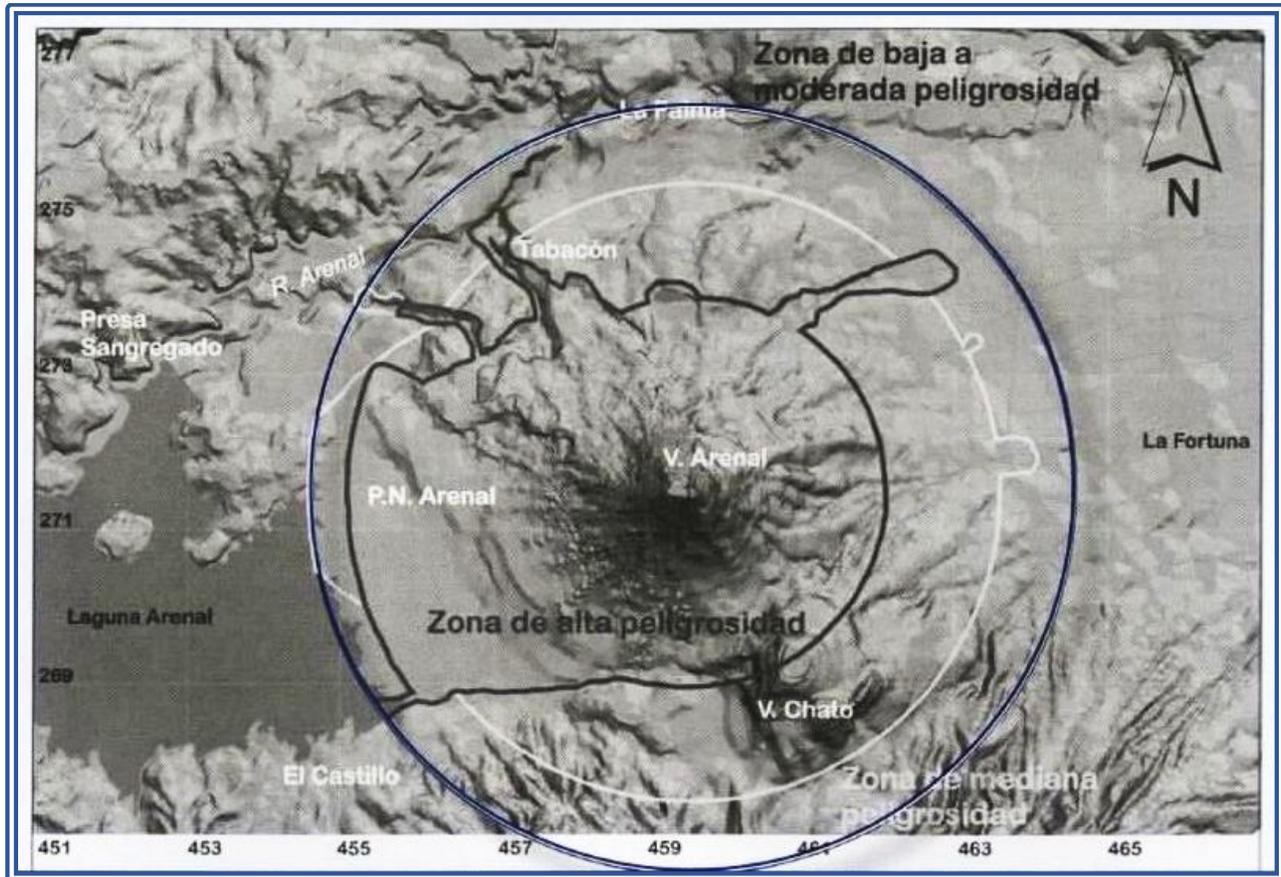


Figura 1: Mapa de peligros volcánicos del Arenal: escenario a corto plazo.

Zona de alta peligrosidad (borde en negro)

(A) Alto bombardeo por erupciones vulcanianas laterales, subplinianas y estrombolianas fuertes. (B) Alta calda de piroclastos por erupciones subplinianas y (C) estrombolianas fuertes hasta un espesor acumulado de los piroclastos, de 100 cm. (D) Zona de flujos piroclásticos originados por colapso de columna subplinianas y estrombolianas fuertes. (E) Área por posible apertura de nuevos cráteres. (F) Zona de afectación por coladas de lava máximas conocidas. (G) Sector por afectación de lahares. (H) Zona de afectación por deslizamientos y avalanchas volcánicas en el sector occidental hasta 6,5 km. (I) Zona circular por afectación de sismos volcánicos de 5 km de radio.

Zona de mediana peligrosidad (borde en blanco)

(J) Mediano bombardeo por erupciones vulcanianas laterales, y plinianas. (K) Mediana caída de piroclastos generados por erupciones subplinianas y (L) estrombolianas fuertes hasta un espesor acumulado de piroclastos, de 50 cm. (M) Sector por afectación de lahares hasta unos 10 km encauzados por los ríos más importantes. Podrían incluirse posibles flujos piroclásticos encauzados lejanos ante eventos subplinianos.

Cuánto implica este “largo plazo” no es contestable con precisión. Implica el cese del presente ciclo eruptivo, un periodo de reposo, y una nueva erupción, pero no es posible predecir cuándo finalizará la presente erupción. La próxima gran erupción se daría cerca del año 2100-2200 d.C., basados en el registro histórico del volcán. Pero para efectos prácticos, deben tenerse márgenes de seguridad viables, y por eso, sin perder credibilidad en las proyecciones, considerar como un lapso de 50 años para la siguiente erupción de “largo plazo” (vulcaniana, por ejemplo), podría ser una aproximación valedera para tener en cuenta en la planificación del uso del suelo en el Arenal, que deberá replantearse cada cierto tiempo.

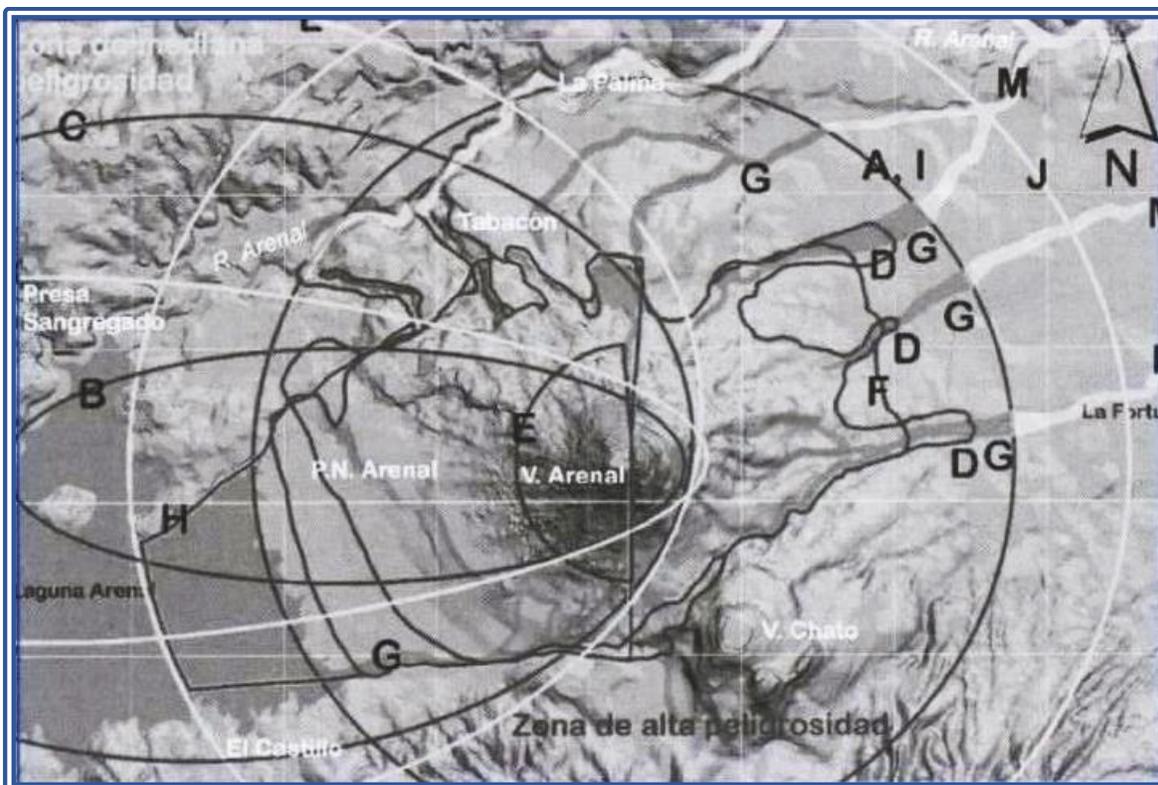


Figura 2: Mapas de peligro volcánico del Arenal: escenario a largo plazo

Breve discusión

Los mapas de peligros volcánicos pueden ser usados en la planificación del área del Arenal. Por ejemplo, el escenario a corto plazo, comparado con las áreas afectables con las zonas de restricción de uso del suelo (conocidas como R1, R2, R3 y R4, así como el círculo de 5,5 km de radio alrededor del cráter D), deja concluir que las delimitaciones establecidas en el Reglamento publicado en La Gaceta el 11 de enero del 2001, son sustentables en los datos vulcanológicos (ver Figura 3). El escenario a largo plazo corrobora que las áreas delimitadas como R3 y R4 tienen también sustento vulcanológico. Este último mapa debería servir como base para la planificación durante las siguientes cinco décadas.

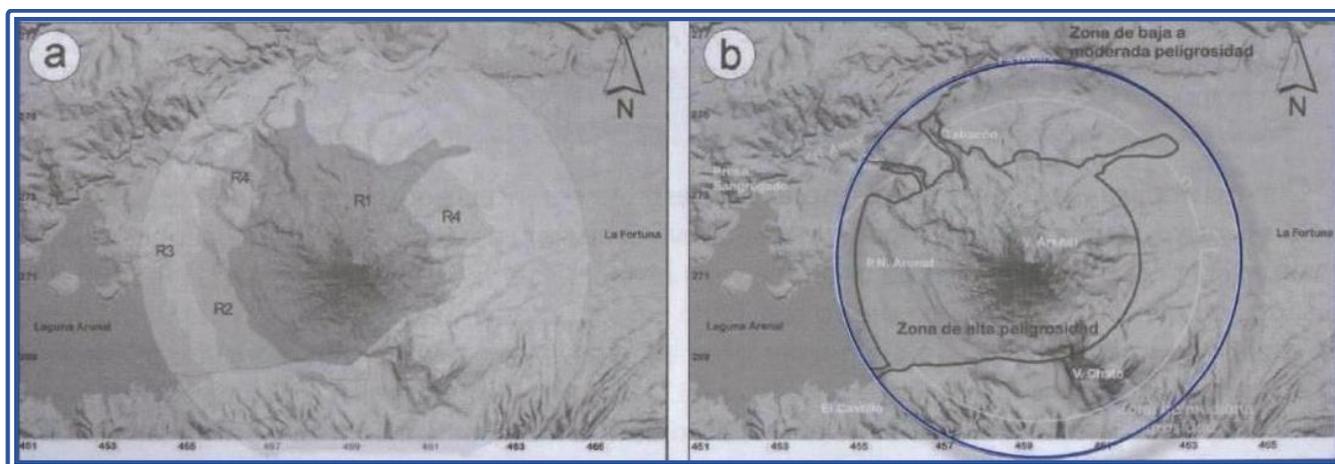


Figura 3: Comparación a la misma escala de los mapas de restricción de uso del suelo en el Arenal (izquierda) y del mapa de peligros volcánicos a corto plazo (derecha).

Agradecimientos

El estudio ha sido financiado por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). Se agradece la colaboración de Lidier Esquivel (CNE), Guillermo Alvarado (ICE) y Eduardo Malavassi (OVSIORI).

Bibliografía de interés

Los trabajos fundamentales en los que se basa este análisis de peligro volcánico, y que el lector interesado podrá consultar se listan a continuación:

ALVARADO, G. E., MATUMOTO, T., BORGIA, A. & BARQUERO, R., 1988: Síntesis geovolcanológica del volcán Arenal (Costa Rica): 20 años de continua actividad eruptiva (1968-1988). - Boletín del Observatorio Vulcanológico del Arenal, N° 1, págs. 1-55, San José.

ALVARADO, G. E., SOTO, G. J., GHIGLIOTTI, M. & FRULLANI, A., 1997: Peligro volcánico del Arenal. - Boletín del OSIVAM, N° 15- 16, págs. 62-82, San José.

BORGIA, A., POORE, C., CARR, M. J., MELSON, W. G. & ALVARADO, G. E., 1988: Structural, stratigraphic, and petrologic aspects of the Arenal-Chato volcanic system, Costa Rica: Evolution of a young stratovolcanic complex. - Bulletin of Volcanology, vol. 50, págs. 86- 105.

ESQUIVEL, L., 2004: Restricción del uso de la tierra en áreas bajo amenaza volcánica: el caso del Arenal. En: SOTO, G. J. & ALVARADO, G. E. (Eds.), 2004: La Vulcanología y su entorno geoambiental. — Revista Geológica de América Central, Número especial, 30, págs. 203-211

GEOTÉRMICA ITALIANA — ICE, 1992: Evaluación del riesgo y monitoreo del volcán Arenal.- Informe final, 40 págs. + 39 figuras + anexos.

MALAVASSI, E., 1979: Geology and Petrology of Arenal Volcano, Costa Rica. - University of Hawaii, 111 págs. [Tesis de Maestría].

SOTO, G.J. & ALVARADO, G.E., 2006: Eruptive History of Arenal Volcano, Costa Rica, 7 ka to present. — Journal of Volcanology and Geothermal Research, en prensa.

SOTO, G. J., ALVARADO, G. E. & GHIGLIOTTI, M., 1998: El registro eruptivo del Arenal en el lapso 3000 - 7000 años antes del presente y nuevas deducciones sobre la edad del volcán. - Boletín del OSIVAM, N° 17- 18, págs. 19-49.

YOKOYAMA, I., TILLING, R. I. & SCARPA, R., 1984: International Mobile Early-Warning Systems For Volcanic Eruptions and Related Seismic Activities. — UNESCO, Paris, 02 págs.