

PELIGROS GEOLOGICOS EN AREAS URBANAS:
CASO DE LA URBANIZACION EL TIROL, SAN RAFAEL DE HEREDIA.

Mario Fernández Arce*
Carlos Ramírez**

Se ha podido comprobar a través del tiempo que el hombre olvida muy rápidamente los efectos de un desastre que le ha producido caos, dolor y muerte. El olvidar podría ser bueno por cuanto la mente se despoja de cargas agobiantes, pero podría ser lamentable si se olvida el desastre sin extraer enseñanzas que se mantengan a través del tiempo y que impidan que el ser humano sea sorprendido por un evento similar años después. PERALDO (1995) hace un excelente comentario sobre este olvido al indicar: “ Cuando ocurre el estado de emergencia, la población al instante se alarma pero al pasar la actividad geológica vuelve a sus respectivas ocupaciones y olvida los signos de peligro. Este proceder puede deberse a la idea muy arraigada de bienestar y completa seguridad del lugar donde se vive, pues se piensa que otros lugares si están sujetos a padecer un desastre, pero nunca el lugar donde se radica. Lo anterior hace que la actitud de la población ante estas manifestaciones siempre sea la misma: asustarse y después olvidar y en los organismos estatales y gobiernos locales, asumir en el instante sus funciones como entes reguladores, proponiendo estrategias de desarrollo planificado y después olvidar estos buenos propósitos pensados al calor de

* * Geólogo Investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI), Universidad de Costa Rica.

** Estudiante y Asistente de la Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica.

la emergencia". Pero no solo se olvidan los efectos destructivos de un desastre sobre la población y el medio sino también las advertencias sobre la presencia de peligros geológicos, cerca de casas, urbanizaciones, localidades, ciudades y obras civiles de pequeña, mediana o gran envergadura. ¿Cuántas veces no se advirtió sobre los peligros geológicos del Barrio Corazón de Jesús en la Uruca?. Pero hasta que ocurrió el desastre, fue que se procedió a tomar las medidas correctivas del caso. Los mismos estudios de peligros y amenazas en la mayoría de los casos son tomados solamente como noticia y no como herramienta útil para planificar adecuadamente el uso del suelo y en particular, nuestro desarrollo urbano; ellos también caen en el profundo y oscuro abismo del olvido. Esto es lamentable porque indica que se mantiene el divorcio entre los grupos técnico-científicos y el público, cuando lo que debería existir es una fuerte interacción bidireccional: que los primeros informen al público los resultados de las investigaciones y que este siga de cerca el trabajo de los investigadores y acate sus recomendaciones.

Este trabajo es una muestra del divorcio arriba mencionado; se trata de la construcción de una urbanización en un área de máximo peligro volcánico, pese a que desde 1986 ya esa área había sido considerada como tal. La urbanización se denomina El Tirol y se encuentra en San Rafael de Heredia.

LA URBANIZACIÓN

La urbanización El Tirol se ubica en el flanco sur del Volcán Barva, a 1,5 km del Cerro Redondo o Monte de la Cruz, que es un cono adventicio del Volcán Barva (cono volcánico ubicado

en un flanco del volcán y que está conectado con el conducto principal del mismo). Cuenta aproximadamente con 50 casas, todas ubicadas en lotes suficientemente amplios con lo cual se pretende evitar la aglomeración de viviendas y mantener un ambiente de privacidad y tranquilidad. Algunas viviendas son muy lujosas e incluyen antenas parabólicas, piscinas, portones eléctricos y fuentes de agua, lo que sugiere que el grupo de población allí radicado pertenece a la clase media y alta; no hay viviendas humildes que indiquen la presencia de habitantes de clase baja, de lo que se desprende que no ha sido la necesidad, como suele suceder, la que ha llevado a estas personas a vivir en una zona de alto peligro geológico sino quizá la belleza natural y la tranquilidad del área. Se estima que el precio promedio de estas casas podría fluctuar entre los 15 y 20 millones de colones. Estas características económicas constituyen una contradicción al hecho muy conocido y mencionado de que los grupos de riesgo siempre son los más pobres, aquellos que por no tener recursos económicos viven en laderas inestables, cerca de ríos o cerca de cualquier otro peligro natural.

Dentro de la urbanización se encuentra un hotel que lleva su mismo nombre. Este cuenta con habitaciones individuales tipo chalet y las tradicionales habitaciones de cualquier hotel. En la periferia de la urbanización se encuentra otro hotel-restaurante. También hay áreas debidamente planificadas para la práctica de deportes tales como Tenis, Basquetbol y Volibol, lo cual forma parte del bienestar de sus residentes.

Esta urbanización representa la máxima extensión del urbanismo por el sector norte del Valle Central, que dicho sea de paso ya está a tan solo 6 km de la cima del Barva. Este avance del

urbanismo ha llevado a la invasión de áreas geológicamente amenazadas, y por ello no aptas para desarrollo urbano, rebasando las fronteras impuestas por la naturaleza.

Un aspecto importante es que esta urbanización parece seguir creciendo ya que se observan ventas de lotes y nuevas construcciones. Además cerca de ésta, se está desarrollando la urbanización El Ave del Paraíso, en la que apenas empiezan a erigirse las primeras viviendas. De esto se deduce que la expansión urbana continúa en las faldas del Barva.

EL ENTORNO DE LA URBANIZACIÓN

Como se indicó previamente, la urbanización se localiza dentro del macizo volcánico Barva que es un volcán localizado en la Cordillera Volcánica Central, a 15 km de la ciudad de Heredia y a 22 km de San José; su altitud es 2906 m.s.n.m. Según el registro geológico, este volcán se ha caracterizado por erupciones de tipo estrombolianas-plinianas, las primeras son características del Volcán Estromboli (Italia) y consisten en ascensos relativamente periódicos de burbujas de gas que al salir producen la erupción y las segundas, son las más violentas y explosivas erupciones generadas cuando los magmas ácidos (alto contenido de Sílice) se desgasifican y fragmentan progresivamente conforme se acercan a la superficie.

La actividad actual de este volcán es de tipo solfatárica y termal, sobretodo en su estribación norte, esta actividad se cataloga como residual o secundaria, razón por la que se le considera en estado de reposo y quizá por ello no existe ningún método de vigilancia en este volcán.

El registro histórico del Volcán Barva es insuficiente para conocer su potencial eruptivo.

Siendo los reportes más antiguos de actividad volcánica en la Cordillera Central de Costa Rica correspondientes con la actividad del Irazú de 1723, el tiempo transcurrido desde esa fecha hasta el presente tan solo representa un 0.05 % de la historia volcánica de la Cordillera Central, por lo que esos reportes no son el reflejo fiel de la actividad volcánica en todo su espectro potencial (PANIAGUA y SOTO, 1988). Esto quiere decir que a pesar de sus 300 años de quietud, el Barva es un volcán peligroso, de hecho, su registro geológico confirma que es quizá el más explosivo de la Cordillera Volcánica Central por cuanto se han reconocido por lo menos dos explosiones plinianas y un evento ignímbrítico en él.

PANIAGUA y SOTO (1986, 1988) definieron un área circular de 4 km radio alrededor del cráter principal del Barva, como la zona de máximo peligro por caída de fragmentos de roca emitidos desde ese cráter. Como el Cerro Redondo es un cono adventicio del Barva, en él definieron una zona de máximo peligro de 2 km de radio para caída de fragmentos de roca (fig. 1). La urbanización El Tirol se ubica a más de 4 km del cráter principal, por lo que no sería afectada por fragmentos de diámetro mayor a 30 cm emitidos por tal conducto, pero si podría ser afectada por una eventual erupción del Cerro Redondo ya que se encuentra dentro de la zona de máximo peligro por caída de fragmentos de roca de este cono. El hecho de que la urbanización se encuentre en tal zona sugiere que no se consideró que el Cerro Redondo es un foco volcánico y menos que podría haber un peligro asociado a él y la falta de esas consideraciones son señales inequívocas de que se desconocen los estudios geológicos hechos para la Cordillera Volcánica Central.

EL SUBSUELO DE LA URBANIZACIÓN

El terreno sobre el cual se emplaza la urbanización El Tirol se compone de productos volcánicos emitidos muy probablemente desde el Cerro Redondo. Parte de los materiales son de caída, lo cual quiere decir que primero fueron lanzados hacia arriba por una erupción y luego cayeron, depositándose sobre la superficie del suelo, cubriendo lo que estaba sobre ella. El material restante fue un flujo de lava en estado de fusión, de alta temperatura, que surgió por el conducto del Cerro Redondo y se derramó en dirección suroeste, hacia Barva de Heredia. El promontorio rocoso conocido como "La Gruta" en dicha localidad, es la parte final de esta flujo lávico.

Las unidades geológicas mencionadas (materiales de caída y el flujo lávico) fueron denominadas por PROTTI (1986) como Miembro Porrosatí y Miembro Los Angeles. El primero está constituida por un depósito de piroclastos de granulometría gruesa e interstratificados con delgadas capas de ceniza pumítica, no están consolidados pero si moderadamente meteorizados; su espesor máximo alcanza los 15 metros. El Miembro Los Angeles está constituido por una colada de lava andesítica-basáltica que se extiende desde el Cerro Redondo hasta la parte oeste de la Ciudad de Barva, su espesor no parece sobrepasar los 15 metros y su volumen se estima entre 200 a 300 millones de metros cúbicos; este volumen fue emitido por el cono parásito del Volcán Barva denominado Cerro Redondo, y se considera que esta fue la última emisión de lava asociada al Volcán Barva.

ASPECTOS SOCIALES

El crecimiento constante de los núcleos urbanos en el Area Metropolitana y el movimiento migratorio en busca de una expectativa de vida mejor, ha provocado una concentración urbana en áreas periféricas, siendo una de estas el flanco sur del Volcán Barva donde se han desarrollado reconocidos centros turísticos como el Club Campestre El Castillo, las áreas recreativas del Bosque de la Hoja y el Mirador Monte de la Cruz desde el que se tiene una hermosa vista del Valle Central de Costa Rica. Dentro de poco se inaugurará un hotel con 60 habitaciones dobles, 31 suits, 4 suits ejecutivas, 2 suits presidenciales, 3 salones de conferencias y una piscina climatizada, lo cual indica el auge del turismo en la zona. Asimismo, se han desarrollado nuevas urbanizaciones como Ave del Paraíso, Residencial El Castillo y El Tirol, la que ha motivado este trabajo. Esto indica que en ese sector al igual que en otros perifericos al Valle Central, el desarrollo urbano sigue su marcha expansiva. Pero aquí, a diferencia de otros lugares, esta expansión tiene riesgos por la cercanía a un volcán explosivo y por llevarse a cabo en un área en la que está incluida la zona de recarga de los acuíferos más importantes del Valle Central, que abastecen de agua potable a parte de la población de la Gran Area Metropolitana (GAM); esto último sería el impacto antrópico más relevante de este desarrollo urbano a corto y mediano plazo.

Hoy día es muy fácil ver como el aumento de las aguas residuales han originado contaminación de los principales ríos que cruzan el Area Metropolitana. Asimismo, las letrinas y tanques sépticos deficientes han contaminado acuíferos del GAM (SUAREZ, 1994). Según este autor, el acuífero de la Gran Area Metropolitana, con una extensión de 185 km cuadrados, ya en 1994 estaba contaminado en muchas zonas con coliformes fecales. Por otro lado, en estudios hechos

para caracterizar el agua de los acuíferos del Valle Central se encontró que la calidad del agua subterránea está siendo afectada por la descarga de efluentes urbanos, y por la presencia de nitratos provenientes de la agricultura (ARREDONDO, 1994). Es importante indicar que cuanto más profundo sea el acuífero menos riesgo de contaminación tendrá, siempre y cuando las características hidráulicas de los mismos no favorezcan lo contrario. El acuífero Barba es superficial y tiene una recarga directa por lo que presenta alta vulnerabilidad a la contaminación bacteriológica e industrial (SUAREZ, 1994).

Un aspecto importante es que en las partes altas del Volcán Barva está la zona de recarga de los acuíferos Barba que abastecen de agua potable a la ciudad de Heredia y ha suplido en años anteriores las necesidades de agua potable de la ciudad de Puntarenas (ARREDONDO, 1994). Esta recarga ocurre por infiltración de lluvia en las zonas montañosas y por comunicación hidráulica en los lechos de los ríos. Entonces, si por el incremento de la población en dicha área van a incrementar las aguas residuales, se deben poner en práctica las medidas ya existentes de protección para estos acuíferos porque de contaminarse ya no será un grupo de personas las afectadas sino una gran parte de la población. Además es importante regular el crecimiento urbano en esta zona, ya que podría disminuir la recarga del acuífero Barba.

PROBABILIDAD DE ACTIVIDAD FUTURA EN EL BARVA

Pese a que en el futuro se espera que los volcanes de la Cordillera Volcánica Central mantengan un comportamiento eruptivo de moderada magnitud, no se puede descartar un evento de

mayor magnitud (WALKER, 1982; MELSON et al., 1982; PANIAGUA y SOTO, 1988) ya que los antecedentes geológicos brindan evidencia de un período de vulcanismo más vigoroso que ahora no se manifiesta pero que si podría hacerlo en el futuro, siendo entonces esto un peligro potencial.

Como se indicó anteriormente, el peligro es real y aunque el Barva no ha presentado actividad eruptiva reciente, no se debe descartar que haga erupciones en el futuro y por tanto los centros de población deben mantenerse fuera de las áreas de máximo peligro. Vale la pena recordar dos eventos geológicos que apoyan lo anterior:

- 1- La explosión del Volcán Arenal en 1968. Pese a que hubo reportes de actividad en 1906, 1922 y 1950 (PERALDO, 1995), la mayoría de las personas de la zona consideraban al actual Volcán Arenal como un simple e inofensivo cerro antes de 1968. En julio de ese mismo año ese cerro explotó violentamente, derramando grandes cantidades de lava que sepultaron dos pueblos y dejando un saldo de 77 muertos. Desde entonces no ha dejado de emitir lava y por ello se considera el volcán más activo del país. De esta manera se ve como de un momento a otro la impredecible naturaleza cambia el orden de sus elementos y al inofensivo cerrito lo convirtió en el volcán número uno de Costa Rica.
- 2- La explosión del Volcán Pinatubo, Filipinas, 1991. Con más de 500 años de inactividad, este volcán era también visto y considerado como un simple cerro, sin indicios de actividad volcánica. En abril de 1991 varias explosiones marcaron el inicio de uno de los eventos volcánicos más grandes de este siglo, que consistió en una violenta explosión y la salida de

3-5 km cúbicos de denso magma. Al menos una centena de personas murieron y miles fueron salvadas mediante la evacuación de los lugares donde vivían.

De estas dos experiencias aprendemos que los procesos geológicos toman mucho más tiempo que el paso de las generaciones humanas. Por ello es que algunas veces es tan difícil retenerlos en mente y por ello también nos cuesta creer que vuelvan a repetirse, si es que todavía queda un vago recuerdo de ellos. El problema es que, como se menciona en los ejemplos, el evento de un momento a otro ocurre y sorprende, razón por la que debemos estar lo mejor preparados para minimizar esa sorpresa.

Esta realidad, debe imponer por sí sola, límites al crecimiento urbano en áreas volcánicas de la Cordillera Volcánica Central y la población debe conocer dicha realidad; el ser humano debe conocer el medio en el que vive si quiere los más altos niveles de seguridad y bienestar al habitar en él. Para conocer su medio, la población debe seguir de cerca a los grupos científicos que investigan en él y tales grupos deben preocuparse por dar el resultado de sus investigaciones a ese público que lo sigue, si esta interacción no se da en vano es el esfuerzo de los investigadores y arriesgadas las decisiones de aquellos que por desconocimiento irrespetan la conducta de la naturaleza.

AMENAZA VOLCÁNICA EN EL VOLCÁN BARBA

Con base en evidencias tefroestratigráficas y de cartografía volcánica, PANIAGUA y SOTO (1988) han determinado que la actividad volcánica en la Cordillera Central es considerablemente más intensa y diversa de lo que los registros históricos muestran y mencionan

que el análisis de la geología volcánica indica que los eventos que representan peligro volcánico potencial en el futuro son: 1) la caída de piroclastos (fragmentos de roca de alta temperatura) por proyección balística o dispersión eólica, 2) explosiones dirigidas y emisión de piroclastos, 3) emisión de oleadas piroclásticas, y explosiones freática asociadas, 4) avalanchas volcánicas, 5) flujos de lodo, 6) emisión de coladas de lava, 7) apertura de nuevos conos o efusión de lavas en zonas de debilidad, y 8) dispersión de gases volcánicos y lluvia ácida.

En caso de una erupción en el Barba, los fragmentos de rocas más grandes podrían ser dispersados en un área circular de 4 km de radio a partir del foco eruptivo del volcán, siendo esa el área de máximo peligro por la caída de piroclastos. En el Cono adventicio del Monte de la Cruz, tal área tiene un radio de 2 km, lo cual indica que la urbanización El Tirol podría ser alcanzada por los fragmentos rocosos de una eventual erupción emitida por este cono, ya que se encuentra a 1,5 km de ese foco de emisión volcánica.

Aparte de la caída de fragmentos, las explosiones dirigidas, los flujos piroclásticos y las avalanchas volcánicas son muy peligrosas no solo por su gran volumen y fuerza sino por su gran alcance. Estos procesos devastaron grandes áreas y se extendieron por más de 30 km durante la erupción del Volcán Santa Elena (USA) en 1980. No se descarta que hayan ocurrido explosiones dirigidas y emisiones de flujos piroclásticos en el Volcán Barva, pero aún no han sido cartografiados razón por la cual es importante seguir estudiando el registro geológico del Barva, a fin de comprobar o descartar esos eventos en dicho volcán.

Un proceso muy destructivo durante las erupciones volcánicas son las oleadas piroclásticas

que consisten en una masa de ceniza y fragmentos de rocas generados por erupciones en cuya formación interviene la interacción del magma con el agua; se desplazan grandes distancias a elevadas velocidades, para depositarse finalmente como delgadas capas de ceniza y líticas con estratificación cruzada. El 8 de Mayo de 1902 una violenta explosión del Mont Pelée (Martinica) proyectó una oleada piroclástica desde su cima que en breves instantes alcanzó y destruyó la ciudad de San Pierre (ubicada a 7 km de la cima), matando cerca de 30000 personas; se estima que el área devastada fue 58 km² y la velocidad de la oleada llegó a 360 km/h (ARAÑA y ORTIZ, 1984). Sobre el Barva no existen reportes escritos de depósitos de oleadas piroclásticas pero tampoco se puede asegurar que estuvieron ausentes durante los pasados episodios eruptivos del volcán.

Otro proceso sumamente importante y peligroso para la población de las regiones volcánicas tropicales son los flujo de lodo o lahares. En estas regiones, los altos índices de precipitación pluvial, aunado a las altas tasas de deforestación, favorecen la escorrentía superficial y el barrido de la ceniza caída, lo que alimenta la carga de sedimento, que puede crecer mucho durante cortos períodos de alta pluviosidad formando las conocidas corrientes de lodo. Un ejemplo de esto ocurrió en Taras de Cartago en 1963, cuando se generó una corriente de lodo después de una erupción del Volcán Irazú, que bajó por el cauce del Río Reventado destruyendo 300 casas y matando a 20 personas. Otro evento similar, generado por una erupción del Volcán Nevado del Ruíz en Colombia, alcanzó la ciudad de Armero, la cual arrasó matando a 23000 personas. Las áreas más propensas a ser afectadas por este proceso en el Volcán Barva son los cauces de los ríos Segundo, Porrosatí, Ciruelas y Tambor. El Río Segundo pasa muy cerca de la urbanización El Tirol.

La emisión de coladas de lava es uno de los peligros con gran potencial de ocurrencia puesto que ya se dio este evento en el pasado. La distancia máxima de estas coladas en la Cordillera Central es de 12 a 15 km. La colada Los Angeles, eruptada en el Monte de la Cruz, se extendió 10 km a partir del foco de emisión. Las coladas de lava son menos peligrosas porque usualmente se mueven lentamente, permitiendo la evacuación de la población antes de que lleguen a las viviendas, eso sí, arrasan con lo que encuentran a su paso.

Estos peligros se mencionan para recordarle a la gente que existen, para que la población sepa de ellos y los considere a la hora de tomar la importante decisión de construir una obra civil, sobretodo la vivienda que debe ser un sitio de solaz y descanso. Es importante agregar que en otros volcanes, como en el Volcán San Salvador de El Salvador, la situación es mucho más grave que la del Barva pues en él la ciudad ya ha llegado hasta el área de actividad del mismo (PERALDO y MORA 1995), aun sabiéndose que en 1658 la población de Nejapa fue evacuada debido a una explosión en el flanco norte de ese volcán. Es probable que allí todo haya empezado con pequeñas urbanizaciones como El Tirol y creció poco a poco hasta cubrir la mayor parte de los flancos del volcán, gestionando un desastre más que esperamos no provoque lamentos en el futuro. Talvés influyó en la gestión de ese desastre la necesidad, la falta de educación y la ignorancia. Se espera que la divulgación de estos resultados y nuestro nivel educativo evite que en nuestros volcanes se den aglomeraciones de viviendas como en el caso de aquellas ubicadas en los flancos del Volcán San Salvador.

EL TIROL Y EL DESARROLLO

El desarrollo es el proceso mediante el cual las capacidades de una sociedad aumentan y se reducen las vulnerabilidades (ANDERSON, 1994). En términos generales, este desarrollo debe contemplar la prevención como la vía que evitará o reducirá las alteraciones producidas por los impactos naturales o antrópicos, que surgen cuando se rompe el equilibrio de la interacción entre el ser humano y el medio donde vive. Siempre habrá transformación del medio natural como consecuencia del desarrollo, pero si esa transformación es racional, equilibrada y toma en cuenta elementos preventivos ante impactos negativos, entonces podrá verse como una simbiosis en la que tanto se beneficia el ser humano como el medio natural (PERALDO, 1997)

Ahora, prevención es disminuir las vulnerabilidades, mediante procesos eficientes y concretos basados en conocimientos adquiridos respecto a los comportamientos de una amenaza y su interacción con una determinada sociedad. Si se conoce la propensión a los desastres, no tener en cuenta la prevención en la planeación del desarrollo representa un mal manejo de los recursos (ANDERSON, 1994). Cuando se trata de amenazas cíclicas de retorno largo, en la prevención interviene las características de la amenaza, su tiempo de retorno y la forma como se maneje y se de a conocer a la población y a los políticos la información científica sobre la amenaza que podría impactar a largo plazo a la sociedad.

Conceptualizando al desarrollo dentro de un macrosistema (natural-cultural), podría definirse desastre como la pérdida de equilibrio del sistema, como consecuencia de procesos deficitarios e inconexos del desarrollo, generando daños al mismo sistema. Uno de los desastres

más comunes es el desastre natural, el que por su abundancia en los 90's hizo que a este período se le llamara la década de los desastres naturales. La construcción de este desastre es disparada y materializada principalmente por el impacto de las amenazas naturales. Pero también, otros elementos ecosistémicos generados al calor de malas políticas de desarrollo y carentes de medidas preventivas, aumentan la vulnerabilidad de la sociedad y por tanto se convierten en gestores del proceso del desastre.

Estas consideraciones sobre desarrollo y desastres constituyen un buen marco de referencia para evaluar objetivamente y sencillamente a la urbanización El Tirol como proceso de desarrollo. En primer lugar se compara la definición de desarrollo con la realidad geológica de este centro urbano; se tiene que la capacidad de la sociedad aumentó porque con ella ahora hay más viviendas en la Gran Area Metropolitana, pero la vulnerabilidad aumentó también por cuanto la transformación de un medio natural a un medio urbano hizo que se invadiera una zona de máximo peligro geológico y además, el residencial se construye en la parte alta del Barva que es la zona de recarga de importantes acuíferos superficiales con lo cual se incrementa la vulnerabilidad a la contaminación de dichos acuíferos; de esta manera, el hombre creó la vulnerabilidad al establecerse en esa zona. Este hecho descarta automáticamente otro importante elemento del desarrollo: la prevención, ya que prevención es reducir las vulnerabilidades. El incremento de la vulnerabilidad y la falta de prevención permiten concluir, sin necesidad de preguntar, que no se tomó en cuenta la información científica sobre las características de la amenaza, su comportamiento y su interacción con la sociedad, todo lo cual es necesario para reducir el proceso gestor del desastre. Ante

esto, resulta claro que esta urbanización tiene serias deficiencias para calificar como un proceso de auténtico desarrollo urbano.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El desarrollo de la urbanización El Tirol en un área de máximo peligro volcánico es algo que sorprende en un país como Costa Rica donde el nivel de educación se estima que es alto, máxime si se toma en cuenta que desde 1986 se hicieron los primeros estudios de amenaza volcánica para los volcanes de la Cordillera Volcánica Central del país. Esos estudios fueron difundidos por la prensa, por lo que esta información tuvo que haber llegado al conocimiento de cierto número de costarricense. Todo parece indicar que los resultados de tales investigaciones solamente llegaron al público como noticia y cayó en el olvido muy rápidamente, no alcanzando el objetivo cual es que de tal conocimiento se sirvieran los costarricenses a fin de radicarse en los mejores y más seguros. Quizá estos resultados no solo hay que difundirlos una vez, sino una y otra vez para que se mantenga en la memoria colectiva, en ese sentido el científico falla a la hora de difundir sus logros. Se considera de vital importancia llevarlos a los gobiernos locales y a todas aquellas instituciones que puedan verse afectados por el proceso o los procesos en cuestión. Pero así como el científico debe hacer un esfuerzo por difundir con mayor ahínco sus resultados, la población, los gobiernos locales y las instituciones potencialmente afectadas por eventos naturales deben interesarse profusamente en el resultado de las investigaciones científicas y tomar decisiones de acuerdo a ellas. Esto particularmente para aquellas personas, municipalidades o instituciones que

se encuentren en el ámbito de las amenazas naturales. No se pretende que los habitantes de Guanacaste se interesen en las amenazas volcánicas de la Cordillera Volcánica Central pero si es imperativo que todos los que viven en los flancos de los volcanes de dicha cordillera sepan al respecto. En este sentido, consideramos que todavía queda una gran labor a la Comisión Nacional de emergencias y a los gobiernos locales.

La evaluación de El Tirol como proceso de desarrollo indica que con ella la vulnerabilidad aumentó y por tanto no incluyó prevención contra el impacto de las amenazas naturales, lo cual hace de esta urbanización un sitio muy propenso al impacto del medio en la obra y de la obra al medio también . Esto muy posiblemente se debió al desconocimiento de la información científica sobre los impactos geológicos negativos de la zona.

Dado que El Tirol se ha desarrollado en una zona de alto peligro geológico y siendo las inversiones allí hechas sumamente altas, lo que se podría hacer ahora para reducir desastres por actividad volcánica allí sería vigilar más minuciosamente este dormido volcán, a fin de que cuando despierte no provoque sorpresas. En este sentido el Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) y la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica estarían anuentes a establecer convenios con las municipalidades de la zona a fin de mantener investigaciones geológicas de detalle en el Barva, que incrementen el conocimiento acerca de la conducta de este volcán.

Se debe controlar adecuadamente la expansión urbana en este sector de la cordillera porque de lo contrario se podría poner el peligro el recurso hídrico subterráneo del cual se abastecen gran

parte de los habitantes de La Gran Area Metropolitana. Para nosotros, que todavía tenemos este recurso no solo en abundancia sino en condiciones aceptables de potabilidad, resulta difícil entender que podríamos tener los acuíferos contaminados el día de mañana, pero no para aquellos que nos visitan de países desarrollados donde ya solo acuíferos contaminados hay, sin manera alguna de limpiarlos.

AGRADECIMIENTO

Se agradece a los colegas Giovanni Peraldo y Mario Arias por la revisión del texto, así como por sus valiosos aportes.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, M., 1994: Qué cuesta más, la prevención o la recuperación? En: LAVELL, A.: 1994: Al norte del Río Grande, una perspectiva norteamericana. Tercer mundo editores, Bogotá, Colombia.

ARAÑA, V., ORTIZ, R., 1984: Volcanología. Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Editorial Rueda, Madrid, España. 510 pags.

ARREDONDO, S., 1994: Aguas subterráneas y fuentes termales. En DENYER, P., KUSSMAUL, S. (eds), 1994: Atlas Geológico Gran Area Metropolitana. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 275 pags.

MELSON, W., BARQUERO, J., SAENZ, R., FERNANDEZ, E., 1986: Erupciones explosivas de importancia en volcanes de Costa Rica. Boletín de Vulcanología, Universidad Nacional, Costa Rica, 16: 15-19.

PANIAGUA, S., SOTO, G., 1986: Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica, América Central. Ciencia y Tecnología 10(2): 49-72.

PANIAGUA, S., SOTO, G., 1988: Peligros volcánicos en el Valle Central de Costa Rica. *Ciencia y Tecnología*, 12(1-2): 145-156.

PERALDO, G., 1995: Actividad histórica de Volcán Arenal. *Revista Reflexiones*, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa Rica, noviembre.

PERALDO, G., 1997: Reconstrucción y desarrollo dentro del marco de la prevención. *Revista Reflexiones*, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa Rica.

PERALDO, G., MORA, M., 1995: Las erupciones volcánicas como condicionantes sociales: casos específicos de América Central. *Anuarios de Estudios Centroamericanos*, 21(1-2): 83-110.

PROTTI, R., 1986: Geología del flanco sur del Volcán Barva. *Boletín de Vulcanología de la Universidad Nacional*, 17: 23-31.

SUAREZ, A., 1994: Perforación para explotación de aguas subterráneas. En DENYER, P., KUSSMAUL, S. (eds), 1994: *Atlas Geológico Gran Area Metropolitana*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 275 pags.

WALKER, G., 1982: Volcanic Hazard. *Bol. Volcanol. (Join Sem. in Volcanol.) Univ. Nacional, Heredia, Costa Rica*, 14: 41-43.