

En el plano de amenaza de torrenteras que se muestra, se puede apreciar que el peligro es alto en los segmentos por donde las torrenteras cruzan las zonas urbanizadas. Dicho efecto es más claro en la torrentera Chillo. El peligro es generalmente mediano o menor en zonas urbanizadas cuyos cauces no han sido invadidos, y en los segmentos aún no ocupados por el hombre.

Es este un lamentablemente ejemplo de cómo la actividad del hombre puede repercutir negativamente en el medio ambiente intensificando los efectos de los desastres naturales.



TERMINAL TERRESTRE DE AREQUIPA. LAS COLUMNAS DE SU FACHADA LATERAL ESTÁN CIMENTADAS EN PLENA TORRENTERA.

AMENAZA DEL VOLCÁN MISTI

Arequipa es una de las ciudades de la América Latina que se desarrolla al pie de un volcán activo. En su crecimiento, se acerca cada vez más al pie de su cono, poniendo en serio peligro a los habitantes que se ubican dentro del área de acción de fenómenos extremos, en caso que erupcione.

El volcán Misti, de 5.822 m.s.n.m., de hermoso perfil cónico, es la montaña tutelar de la Ciudad Blanca, como también se le conoce a Arequipa; pues el sillar, tufo volcánico blanco, es el material de construcción más común que se utiliza allí. El Misti pertenece a la cadena de volcanes del sur del Perú y norte de Chile, que se caracterizan por largos períodos de quietud, 500 a 1.000 años o más, y erupciones muy violentas.

Los cronistas españoles relatan que a comienzos del siglo XV, en la época del Inca Yupanqui cuando Arequipa se llamaba Yarapampa, el centro poblado fue destruido por la erupción del Misti. "Lanzó grandes llamaradas que se veían desde la costa, con terribles ruidos y gran hediondez de azufre, acompañada de terremotos y la caída de gran cantidad de piedras y cenizas; y portentosos truenos, por espacio de 5 días. No quedó una sola persona ni un edificio en ella que no pereciese. Únicamente se salvaron los indios que poblaban el lugar que, a fines

del siglo XVI, se llamaba San Lázaro, porque se habían ido al Cuzco a la mita del Inca".

Erupciones menores del Misti ocurrieron en mayo de 1677, julio de 1784 y de julio a octubre de 1787.

Hasta la fecha, el Misti mantiene actividad fumarólica en diverso grado, la mayor parte del tiempo no visible desde la ciudad. La amenaza del volcán Misti sobre Arequipa fue investigada por la Facultad de Geología y Geofísica de la UNSA, contando con la participación de profesores y egresados, y se contó con la asesoría internacional del Dr. Minard Hall, vulcanólogo norteamericano, radicado en Ecuador.

Se revisó toda la información existente sobre el Misti. Se efectuaron reconstrucciones geológicas de las quebradas y cursos de agua que bajan del volcán hacia la ciudad, levantando diferentes columnas estratigráficas, determinando sus espesores y características ayudados por estudios petrográficos en laboratorio e interpretación de archivos de datos geoquímicos. La amenaza del volcán fue delineada de acuerdo a los resultados de los estudios y utilizando como base planos de la zona en escala gráfica. Se elaboraron estereogramas indicando la dirección de los vientos a alturas de 6,000 y 9,000 m.s.n.m.

Los resultados de los estudios se pueden resumir de la siguiente manera. Los **flujos de lava**, por su gran viscosidad, característica común en los volcanes andinos, tie-

nen baja velocidad y corto alcance. Los **flujos piroclásticos** son masas secas y de gran temperatura, densos en su parte baja y nube turbulentas de ceniza en su parte alta. Se producen por colapso de la columna eruptiva vertical o por explosión lateral. Este es el fenómeno potencialmente más peligroso en las vecindades del volcán Misti. Puede causar muertes por asfixia, incendio, enterramiento o impacto. Aunque es necesario revisar los estudios, los resultados preliminares indican que los flujos piroclásticos en caso de hundimiento de la columna alcanzarían 21 Km. hacia el lado sur del volcán donde se ubica la ciudad y 16.5 Km. hacia el lado norte, en caso de alta energía; y 15 Km. y 12 Km. en caso de mediana energía. Esto amenaza principalmente el lado N-E de la ciudad, las quebradas de San Lázaro y Agua Salada que nacen de la parte más baja del borde del volcán. Estudios de las columnas estratigráficas a lo largo de San Lázaro, efectivamente indican que en pasados eventos allí se han depositado materiales piroclásticos en zonas actualmente pobladas como Chilina, Independencia, Selva Alegre, etc.

Si estos flujos se mezclan con agua, forman **flujo de barro o lahares** que pueden bajar por las quebradas que nacen del volcán y avanzar grandes distancias. Sin embargo, la amenaza de lahares no es grande debido a que, por la aridez de la zona donde se ubica el Misti, es pequeño el volumen de nieve que corona el volcán en la mayor parte del año.



EL VOLCÁN MISTI EN UNA RECIENTE ACTIVIDAD FUMARÓLICA.
INSERTO. CALDERA DEL VOLCÁN. (FOTOS CORTESÍA DR. ALBERTO PARODI)

La **avalancha de escombros** o deslizamiento de material volcánico se produce por debilitamiento del edificio volcánico, por explosión eruptiva, vibración sísmica o erosión de su base. La inestabilidad del edificio volcánico puede tener serias consecuencias sobre la ciudad, considerando que éste se abastece casi exclusivamente de las aguas del río Chili, que rodea al volcán. Además, sobre el río Chili al pie del volcán se ubica la hidroeléctrica de Charcani que proporciona energía eléctrica a la ciudad y el sur del Perú.

Las **caídas de piroclásticos** constituidas principalmente por cenizas y fragmentos de pómez dependen del volumen de emisión y sus características y la dirección y velocidad de los vientos. Valiéndose de estereogramas de la década de los ochenta y datos de vientos a 9.000 y 6.000 m.s.n.m. se han estimado las zonas que serían afectadas por caída de cenizas en cada una de las estaciones climáticas.

En general, las erupciones volcánicas en cada ocasión, son diferentes en cuanto a características y volumen de emisión de los materiales, de tal manera que, los resultados obtenidos, son sólo una referencia que permite planificar dentro de las limitaciones indicadas. No obstante, es claro que la ciudad no puede seguir creciendo hacia las faldas del volcán, ni densificar la población existente en el lado N-E. También es necesario mantener limpias las torrenteras, especialmente la de San Lázaro para no interrumpir el paso de materiales que pueda generar una erupción del Misti.

MICROZONIFICACIÓN DE AREQUIPA Y PLAN DE USO DEL SUELO PARA LA MITIGACIÓN DE DESASTRES

Al superponer los planos y compatibilizar los resultados de los estudios de intensidades sísmicas esperadas, el peligro de inundaciones provocadas por las torrenteras y la amenaza del volcán Misti, se obtuvo el plano de microzonificación de Arequipa. Este es un valioso documento para el plan del uso del suelo que permitirá la expansión de la ciudad hacia los sectores más seguros, tanto para las edificaciones como para los servicios públicos vitales: agua, desagüe, energía, transportes y comunicaciones. Los costos de construcción también podrán reducirse de manera significativa pues la alta capacidad portante de los suelos permite ahorrar en la cimentación y al no considerar incremento del coeficiente sísmico por el factor suelo, también se puede lograr ahorros en la estructura de las edificaciones.

La ciudad de Arequipa y sus zonas de expansión ha quedado dividida en 4 sectores según el plano de microzonificación. El sector I de alto peligro, está amenazado por la actividad volcánica en el triángulo N-E de la ciudad, así como por algunas de las torrenteras que bajan del volcán. Los cursos de las torrenteras y sus zonas de inundación, y un pequeño sector en el sur de la ciudad donde se esperan altas intensidades sísmicas, licuación y asentamiento del suelo.