

RIESGO EN ZONAS ANDINAS POR AMENAZA VOLCANICA [1]

Gonzalo Duque Escobar

PRESENTACIÓN

Las presentes notas relacionadas con la definición de riesgo y amenaza, y su aplicación al vulcanismo, pueden tener importancia para las comunidades de la región andina para enfocar las tareas de Prevención de Desastres, Microzonificación y Planeamiento Urbano.

Los Andes son una zona de actividad volcano-tectónica en virtud de la juventud de sus montañas sometidas a procesos orogénicos desde el paleozoico al reciente y su geología se relaciona con el denominado "Cinturón de Fuego del Pacífico", que en Sudamérica se expresa con los Andes.

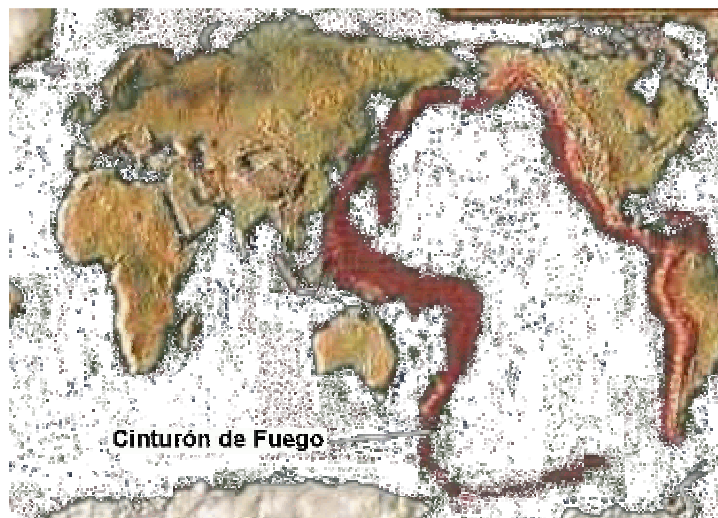


Figura 1: Cinturón de Fuego del Pacífico

El Cinturón de Fuego del Pacífico se inicia con los Andes, una cadena montañosa que viene desde las costas del sur de Chile, sigue por las sierras

del Perú y Ecuador y finalmente llega a las cordilleras de Colombia. Pero el Cinturón de Fuego después continuará por Centroamérica y Norteamérica, para doblar a la altura de las Islas Aleutianas y bajar por Asia Oriental hasta Indonesia; de ahí continúa hacia Oceanía pasando por Nueva Zelanda y por el este de Australia, y sale recorriendo el perímetro de la Antártida, para finalmente cerrar en Chile.

VOLCANES EN COLOMBIA

En Colombia, el 70% de la población habita la zona andina y el 20% está sometida al riesgo por amenaza volcánica, dado que existen cerca de 15 volcanes activos entre cerca de medio centenar de estructuras bien identificadas. Nuestros Volcanes aparecen en grupos, que según el insigne investigador Jesús Emilio Ramírez S.J. en su obra Historia de los Terremotos de Colombia (1983) son cinco, así:

El primero con los volcanes vecinos al Ecuador que son el Nevado de Cumbal, la Serranía de Colimba, el Chiles y el Cerro Mayasquer. En el segundo están los volcanes alrededor de Túquerres y Pasto que son el Galeras, el Morosurco, los dos Patascoi, el Bordoncillo, el Campanero, el Páramo del Frailejón y el Azufral. El tercer grupo son los volcanes entre Popayán y Pasto como el Cerro Petacas, el Doña Juana, el Cerro de las Ánimas, el Juanoi y el Tajumbina; estos están sobre la Cordillera Oriental. El cuarto grupo incluye los volcanes de la parte media de la cordillera Central entre el nacimiento del Magdalena y la región de Popayán; son ellos la Serranía de la Fragua, el Nevado del Huila, la región de Silvia y del río Coquiyo, el Puracé, el Pan de Azúcar y Paletará en la Sierra de Coconucos, y el Sotará. Al norte de Ibagué aparece el quinto grupo que con alguna modificación comprende estos: Nevado del Tolima, Machín, Quindío, Cerro España, Nevado de Santa Isabel, Cisne, Paramillo de Santa Rosa, Nevado del Ruiz (que se reconocía como Mesa de Herveo), Cerro Bravo, Tesorito, Alto de Mellizos, Cerro Tusa, Farallones de Valparaiso, y otras estructuras.

Según el Padre Ramírez el Ruiz, Tolima, Puracé, Doña Juana, Galeras, Cumbal y Cerro Negro-Mayasquer son volcanes con erupciones históricas o actividad magmática, mientras el Machín, el Huila y el Azufral son volcanes en estado fumarólico.

La actividad del complejo volcánico Ruiz-Tolima se puede calificar de moderada. Entre los eventos registrados se destacan erupciones plinianas menores de 2 Km³ del Tolima (10.000 aC) y el Quindío (9.000 aC); menores de 1 Km³ del Tolima (1.600 aC) y el Ruiz (1.200 aC y 1.595 dC); la excepción es un flujo piroclástico Holoceno de 5 Km³ asociado al Machín. Según Thouret, Murcia, Salinas y Cantagrel, Ingeominas 1.991, las últimas erupciones prehistóricas de tipo pliniana y de flujos piroclásticos datadas, son del Cerro Machín, Cerro Bravo, Tolima y Ruiz (900 dC, 1.250 dC y 1.600 dC).

La actividad histórica del Ruiz está representada por los eventos de 1.595 (pliniana), 1.845 (con flujo piroclástico) y 1.985 (subpliniana); todas ellas con importantes flujos de lodo, el mayor de todos el de 1.845 y el menor el de 1.985. Hay un pequeño evento del Tolima cercano al año 1.900.

ALGUNAS DEFINICIONES

Es mucho más barato prevenir que curar. Veamos en costos la máxima: de la prevención al desastre hay un orden de diferencia y del desastre a su recuperación hay otro orden; por lo tanto de la prevención a la recuperación del desastre la diferencia es de dos órdenes. Ahora, Amenaza y Riesgo, aunque se relacionan, no son lo mismo.

Riesgo: posibilidad de afectar significativamente las vidas o bienes a causa de un fenómeno dañino dentro de un período de tiempo y con una probabilidad determinada.

Amenaza: evento o fenómeno perjudicial con un cierto nivel de magnitud y alcance espacial, que tiene una probabilidad de ocurrencia significativa en un período de tiempo dado.

La probabilidad será cualitativa si decimos que es alta o baja, o será cuantitativa si le señalamos al evento su frecuencia temporal.

Relaciones entre amenaza y riesgo

La relación entre amenaza y riesgo se establece por medio de una expresión en la que la amenaza resulta ser un factor del riesgo, así:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Siendo la vulnerabilidad el factor de riesgo que tiene en cuenta la resistencia o fragilidad de las personas y de los bienes expuestos. El inverso del factor "fragilidad" es en este caso "la "resistencia". Por lo tanto:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición/Resistencia}$$

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Exposición/Resistencia}$$

La vulnerabilidad puede ser física, cultural y socioeconómica. El riesgo puede ser directo o indirecto, o de otros ordenes; y según la amenaza esté asociada al medio natural o dependa en sí del medio transformado, puede ser calificada de natural, o de antropogénica o tecnológica.

La amenaza depende del evento detonante, y de su grado de susceptibilidad, como de la energía potencial que la caracteriza, razón por la cual se puede escribir:

$$\text{Amenaza} = \text{Detonante} \times \text{Susceptibilidad} \times \text{Potencial}$$

Por lo tanto,

$$\text{Riesgo} = \text{Detonante} \times \text{Susceptibilidad} \times \text{Potencial} \times \text{Exposición/Resistencia}$$

En el riesgo por deslizamientos podemos incidir sobre la amenaza, pero en el riesgo sísmico sólo queda la alternativa de intervenir la vulnerabilidad. En el riesgo volcánico podemos incidir sobre la exposición (evacuación temporal o definitiva) y en el riesgo sísmico normalmente intervenimos la fragilidad (parámetros de sismo-resistencia y seguridad ignífuga).

Órdenes de las amenazas naturales.

Una lluvia puede generar un deslizamiento, y éste un flujo de lodo. El orden permite establecer la secuencia de los eventos, y según éste, normalmente suelen darse los fenómenos con un nivel de precedencia que responde a esta clasificación:

- *Primer orden:* sismos, huracanes, volcanes y lluvias.
- *Segundo orden:* deslizamientos, maremotos, inundaciones.
- *Tercer orden:* aludes y avalanchas.

GESTIÓN DE DESASTRES.

Los desastres de magnitud, crean áreas de gran densidad poblacional. Campamentos para damnificados y centros de socorro, donde los servicios vitales adecuados pueden faltar, dada la ruptura de líneas vitales de agua, energía, alcantarillado, comunicaciones y transportes.

Falta de agua potable y carencia de instalaciones sanitarias básicas pueden disminuir el nivel de higiene existente. A ello debe sumarse la posible contaminación del agua, el suelo, el aire y los alimentos por los efectos directos o indirectos del desastre.

El ambiente también se altera por interrupción de servicios, aumento de criaderos de insectos, anulación de áreas afectadas, migraciones y hacinamiento.

Métodos para atenuar los efectos adversos del desastre

A- **Medidas de prevención:** como mejoras físicas o estructurales, organización eficiente del sistema de su operación y de mantenimiento.

B- **Medidas de preparación:** como planificación de acciones rápidas y eficaces para restaurar los servicios y controlar o mitigar los daños al sistema y los efectos al ambiente.

Dos niveles del Plan Operativo de Emergencias

A- **Plan Estratégico:** a nivel nacional o regional. Debe diseñarse en función del riesgo de cúmulo.

B- **Plan Operativo:** a nivel local. Debe diseñarse en función del riesgo específico, coordinado con el anterior.

Comité de Emergencia (responsabilidad)

- Análisis de vulnerabilidad del sistema.
- Coordinación y comunicación con otras entidades de emergencia.
- Contactos con proveedores de equipos, suministros, productos, insumos y servicios.
- Desarrollo de tareas de prevención y de preparación (obras, simulacros).
- Hacer inventario y registro de recursos.
- Entrenar al personal y actualizar el plan.

Análisis de vulnerabilidad (etapas)

- Seleccionar una amenaza potencial y asignarle características.
- Identificar componentes físicos y servicios auxiliares del sistema.
- Determinar los efectos del evento sobre el sistema.
- Estimar la demanda de servicios básicos para el público.

- Determinar los componentes críticos y vulnerables a la amenaza.
- Ampliar otros efectos indirectos derivados del evento.
- Consolidar la información en una evaluación final.

RIESGO Y AMENAZA VOLCÁNICA

Una metodología de evaluación del Riesgo Específico y del Riesgo de Cúmulo, exige conocer y aplicar las probables características de extensión, frecuencia e intensidad de los eventos volcánicos, que por su nivel de peligro puedan y deban ser considerados como amenazas ligadas a las erupciones de un volcán, atendiendo sus circunstancias particulares.

Para otras amenazas, esta metodología puede ser igualmente aplicada, puesto que los eventos de las erupciones, por su variedad y tipología, son un excelente instrumento de análisis.

Uno de los interrogantes que se plantea el planificador, es ¿a qué atender?: ¿a los peligros frecuentes o a los grandes eventos?. Aunque no existe relación exacta entre la Frecuencia y la Siniestralidad de los eventos, la relación entre estas dos variables es inversa. Esto se ilustra con la Tabla #1.

Fenómeno\ORDEN	Muy alta	alta	moderada	baja
Siniestralidad	Meteoritos	Erupciones	Sismos,	Inundaciones
Frecuencia	Inundaciones	Sismos,	Erupciones	Meteoritos

Tabla #1. Frecuencia y la Siniestralidad de las Principales Amenazas Naturales.

Si aplicamos esto a las erupciones, basta decir que erupciones de 100 km^3 tienen períodos de 2000 años, de 18 km^3 , períodos de 333 años y de 2.7 km^3 , períodos de 18 años.

Ahora, comparemos las grandes erupciones históricas con los grandes desastres volcánicos calificados por el número de vidas humanas que han cobrado: de conformidad con la Tabla #2, no existe relación directa entre las magnitudes de la Amenaza y del Desastre.

Volcán y año	Volumen km ³	Volcán	Muertes
Tambora 1915	100	Tambora 1915	56000
Cosiguina 1935	25	Krakatoa 1883	36400
Krakatoa 1883	18	M. Pele 1902	30000
M. Katmal 1912	16	V.N. del Ruiz 1985	23000
Paricutin 1943	12	Sta María 1902	6000

Tabla #2. Magnitudes de la Amenaza y del Desastre, en caso de erupciones volcánicas.

Los factores que definen el estilo eruptivo de un volcán, son las características de la cámara y del magma, los contactos magmáticos-hidrotermales, la estructura y morfología del volcán y la intensidad de los procesos endógenos y exógenos.

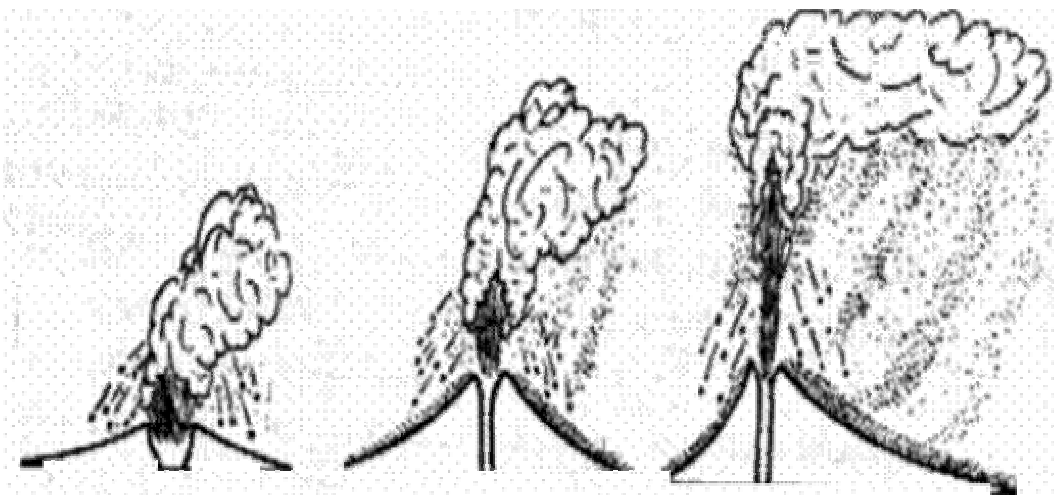


Figura 2: Erupciones de bajo a mediano coeficiente explosivo y magnitud moderada: Hawaina, Estromboliana y Subpliniana.

Los volcanes andinos suelen ser andesíticos y dacíticos; los primeros de coeficiente explosivo intermedio bajo y los segundos de coeficiente explosivo intermedio alto. Además, es imperativo diferenciar los volcanes con altitudes sobre 4800 m, dada la presencia de glaciares en sus cumbres, por ser estos la

causa segura de flujos de lodo en casos de erupción. Entre los que tienen glaciares, el Ruiz, el Tolima, el Huila y el Cumbal. No tienen glaciares otros como el Cerro Bravo, el Machín, el Puracé, el Galeras y el Azufral.

Una de las amenazas más importantes en el ambiente andino, es la de los flujos de lodo cuando las erupciones se producen en los volcanes con mantos glaciares: estas riadas comúnmente denominadas avalanchas porque regularmente alcanzan alturas superiores a los 10 m sobre los lechos de los ríos, a su paso impetuoso destruyen puentes y viviendas ribereñas, erosionan el terreno e incorporan sólidos mientras avanzan con régimen torrencial, hasta que pueden alcanzar el valle de salida después de recorrer decenas de kilómetros a velocidades que generalmente van desde los 20 hasta los 30 km/h; allí se esparce e inunda el escenario, y por la reducida velocidad que suele caer por debajo de los 5 km/h, empieza a formar depósitos con los materiales arrastrados. La proporción de sólidos y agua en estas riadas, suele variar del 40% al 60%.

Otro punto central para el planificador, es el de las consecuencias de una erupción donde pueden darse varios eventos diferentes de forma casi simultánea. Consideremos casos históricos específicos de eventos volcánicos, para ilustrar las consecuencias que pueden producirse en ellos. Ver Tabla #3.

Flujo de Lava Volumen $\frac{3}{4}$ k3	V. Etna 1669	20000 víctimas
Ceniza Efecto posterior	V. Grieta Laki 1783	10000 víctimas
Flujo Piroclástico Volumen 1 k3	V. Monte Pele 1902	30000 víctimas
Flujo de lodo Volumen 0.1 k3	V.N. Ruiz 1985	23000 víctimas
Blast. (Erup. Lateral) Volumen 2,7 k3	V. St Helens 1980	61 víctimas

Tabla #3. Consecuencias de Erupciones Históricas.

No se presenta un ejemplo de desastre por gases. Existen erupciones de gases, y los gases volcánicos pueden tener efectos sobre la salud humana y de los animales.

Además de las nubes de gas a alta temperatura que son letales, las masas de gas a menor temperatura pueden contener gases irritantes, gases tóxicos y gases asfixiantes. Las fuentes de gases asociados a un volcán, se relacionan con las rocas del basamento (calizas por ejemplo), la existencia de lagos en el cráter (materias orgánicas descompuestas) y gases del propio magma. Los gases densos suelen bajar por las laderas del edificio volcánico y ocupar las depresiones.

También los eventos pueden presentar ubicación espacial específica predecible, o incierta. Y la contundencia de los efectos, valorada por la intensidad de los daños, puede ser alta o baja. Ver Tabla #4.

Fenómeno Volcánico	Frecuencia por siglo	Siniestralidad esperada	Área afectada
Flujo de Lava	10-100 veces	20%-100%	1-10 km ²
Cenizas	1-5 veces	<10%	<1millón km ²
Flujo Piroclástico	1-5 veces	70%-100%	1-10 km ²
Flujo de lodo	1-10 veces	50%-100%	10-100 km ²
Blast.(Erupción lateral)	1-3 veces	70%-100%	<15000km ²
Gas	1-5 veces	1%	<1000km ²

Tabla #4 . Frecuencia, daño y extensión de los eventos volcánicos.

Dadas las posibilidades de la Amenaza, se hace necesario separar dos conceptos de riesgo. El Riesgo local o específico, que es de importancia para un elemento expuesto, y el Riesgo total o de cúmulo, que debe interesar a la autoridad territorial. Ver Tabla #5

Fenómeno Volcánico	Posible control	Riesgo local o específico	Riesgo total o de cúmulo
Flujo de Lava	Si	Agravado (1)	Bajo (5)
Cenizas	No	Reducido (4)	Bajo (5)
Flujo Piroclástico	No	Reducido (4)	Moderado (3)
Flujo de lodo	Duda	Mediano (2)	Reducido (4)
Blast.(Erup Lateral)	No	Muy Bajo (6)	Agravado (1)
Gas	Duda	Reducido (4)	Bajo (5)

Tabla #5. Riesgos Específico y de Cúmulo para eventos volcánicos.

CÁLCULO DEL FACTOR DE RIESGO

Se ilustra con un croquis en la Figura 3. Mapa de Amenazas, la planta de un volcán, en el cual la zona MM está amenazada de caída de cenizas con capas de espesores estimados de 2 m, 1 m y 1/2 m, para eventos como el que se representa en la región NN que cubren un 30 % de la zona amenazada, y que llegan a distancias de 5, 10 y 15 km, respectivamente, medidas desde el cráter. En la Figura 3., se representan estos límites con las líneas finas que forman los cuadrantes circulares, concéntricos con el cráter, y éste con un círculo oscuro.

Obsérvese que la zona amenazada está sesgada hacia el norte del cráter. Y que la dirección del viento puede variar desde el NW al NE, en la zona MM.

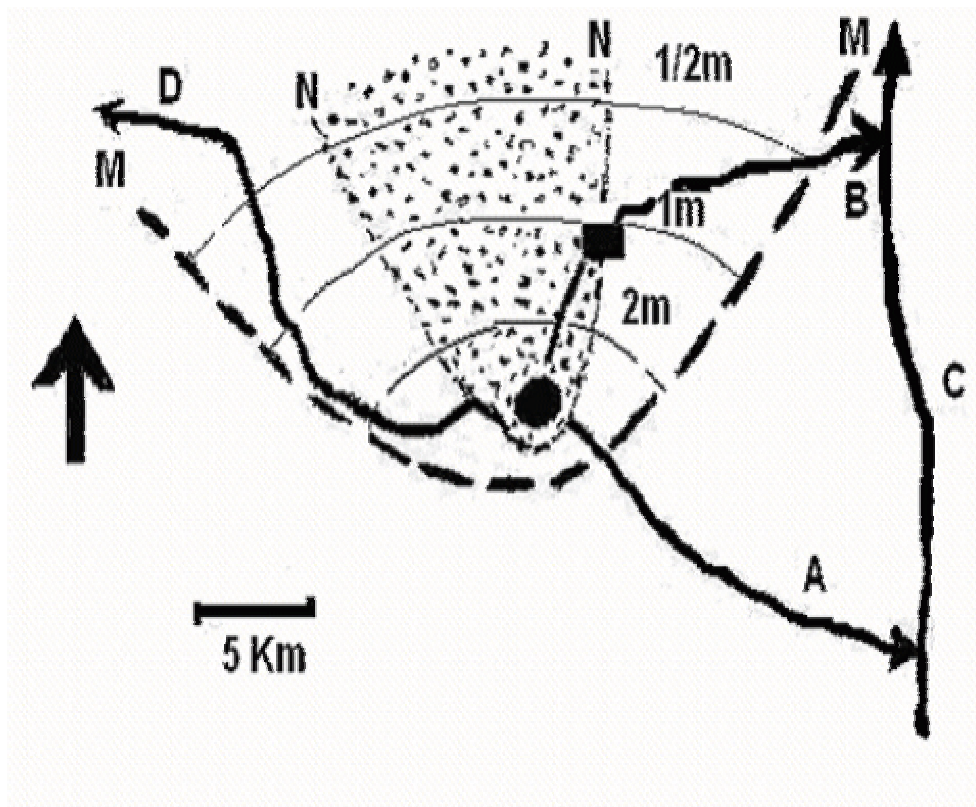


Figura 3: Mapa de Amenazas Volcánicas.

Adicionalmente, el drenaje comprende 4 corrientes de agua, A, B, C y D, donde A y B confluyen en el río C, que transcurre por el costado oriental, con dirección sur-norte. Supongamos existe la posibilidad de deshielos.

Si la hoja técnica del Volcán correspondiente al Mapa de Amenazas indica lo siguiente:

1. Que las erupciones de ceniza se presentan en promedio cada 75 años, y la siniestralidad esperada en las zonas dentro de MM varía con el espesor de las capas, siendo del: 75%, del 50% y del 15%, según la distancia al cráter vaya aumentando. Eso se espera que ocurra afectando y cubriendo el 30% del área amenazada.
2. Que los flujos de lodo, cada 150 años afectarían los ríos A y B con una siniestralidad esperada del 80%, y también a los otros 2 ríos identificados con C y D, pero con una siniestralidad del 50%, y cubriendo el 90% del área amenazada. El río C recibe los lodos de los ríos A y B.

3. Que los derrames de lava, cuya ocurrencia probable se da cada 300 años, se espera que alcancen una longitud de sólo 7 Km desde su nacimiento, a lo largo de los tres ríos A, B y D que drenan desde el cráter, y cubriendo el 100% del área señalada en los planos de detalle.
4. Que las nubes ardientes (flujos piroclásticos) esperadas cada 300 años, alcanzan los 10 km por cualquier lado del cráter, incluido el costado sur, pero afectando un 25 % del círculo que lo rodea y produciendo una siniestralidad del 100%. Esto significa que las nubes ardientes no están condicionadas por el viento y que el círculo que delimita las zonas amenazadas no se ha dibujado completo en el plano.

Con esta información podemos obtener el indicador Factor de Riesgo probable (FR), anual en este caso, el que se calcula a partir del grado de siniestralidad (SE), si se estima en el mapa de amenaza o de susceptibilidad la magnitud superficial de las zonas potencialmente amenazadas (AH), y en ellas la extensión espacial o área (AE) de cada evento específico, cuyo período de retorno (TA) se ha expresado en años.

Esto, mediante la expresión:

$$FR = (\% \text{ Área amenazada y afectada} \times \% \text{ Siniestralidad del evento}) / \text{Período anual del evento.}$$

Si reemplazo estas expresiones por las letras equivalentes dadas en el último párrafo, la fórmula dada queda así:

$$FR = ((AE/AH) \times SE)/TA. \quad (1)$$

Si son varios eventos los que amenazan un lugar dado, el riesgo que se corre en ese lugar específico será la suma de los riesgos asignados a cada uno de los eventos que lo amenazan. Así la Fórmula (1) se transforma en:

$$\sum FR = \sum [(AE/AH) \times SE/TA] \quad (2)$$

Luego con la información que se ha dado de cada uno de los eventos del Mapa de Amenazas, apliquemos la Fórmula (2) para una propiedad específica valorada en U\$ 1.5 millones, que está localizada 9 km al nor-este del cráter y sobre la vaguada del río B (ver mancha oscura y rectangular en Figura 3.)

El Factor de Riesgo anual, FR anual, en este caso donde intervienen cenizas, flujo de lodo y nube ardiente, en su orden, pero no las lavas, será el resultado de esta suma:

$$\text{FR anual} = (0.3 \times 0.5) / 75 + (0.9 \times 0.8) / 150 + (0) / 300 + (0.25 \times 1.0) / 300$$

En cada paréntesis se encuentran multiplicados los valores del porcentaje del área que será afectada y el porcentaje de siniestralidad del fenómeno respectivo, y en cada denominador el período de años de la respectiva amenaza. Luego, al hacer las operaciones indicadas, se tiene:

$$\text{FR anual} = 0.76\%$$

¿Cómo podemos interpretar este valor? El aporte económico neto anual, que equivale a una prima técnica de seguro, PT anual, destinada al cubrimiento del riesgo para dicho bien, es el resultado de multiplicar el Factor de Riesgo anual, FR anual, calculado para dicho bien y en el punto que se ha considerado, por el valor estimado del bien. Esto es:

$$\text{PT anual} = \text{FR anual} \times \text{Valor del bien}$$

$$\text{PT anual} = 0.76\% \times \text{U\$ 1.5 millones}$$

$$\text{PT anual} = \text{U\$ 11.400 anuales}$$

Así que este bien valorado en U\$ 1.5 millones deberá pagar una prima técnica anual de U\$ 11.400, valor que no incluye la administración de este aporte y los imprevistos.

Si dividimos el Valor económico del bien por el de la prima técnica anual, obtenemos una magnitud expresada en años, que es el tiempo equivalente TE de recuperación del bien, en años, así:

$$\text{TE en años} = \text{Valor del Bien} / \text{PT anual}$$

$$\text{TE en años} = \text{U\$ 1.5 millones} / \text{U\$ 11.400}$$

$$\text{TE} = 131.6 \text{ años}$$

Es como si cada 131,6 años el bien se malograra a causa de las amenazas señaladas.

Y finalmente, el riesgo de cúmulo es la suma total de la valoración de los riesgos de todos los elementos o bienes amenazados, cada uno de ellos con un riesgo específico diferente.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

BARRY R. G., CHORLEY R. J. Atmósfera, tiempo y clima. Omega. Barcelona 1978

BOOTH, Basil y FITCH, Frank. La Inestable Tierra. Salvat Ed. Barcelona. 1986

CARDONA, Omar Darío. Evaluación de la Amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Taller regional de capacitación para la administración de desastres. ONAD, PNUD, OPS, UNDRO. Bogotá, 1991.

CENTRE INTERNATIONAL D'ETUDE DES RISQUES NATURELS en <http://www.risques-naturels.org>

CLARK, Sydney. La estructura de la Tierra. Editorial Orbis. España, 1986.

DON-LEET. Earthquake. Editorial Dell Publishing. U.S.A. 1964.

DUQUE -ESCOBAR, Gonzalo. Vulcanismo. Manual de Geología para Ingenieros, Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 1998 en http://www.geocities.com/manualgeo_06

-----Notas sobre la Prevención y el riesgo por Amenaza Volcánica. Primer Simposio Internacional sobre Aspectos Vulcanológicos, Sismológicos y Geológicos. FICDUCAL, Manizales, 1986.

----- Conceptos Básicos de Vulcanismo. Boletín de Vías N° 53. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, 1985.

----- Riesgo Volcánico del Ruiz, Realidades e Hipótesis, Boletín de Vías N° 56. Universidad Nacional de Colombia, 1986.

----- Mapa Preliminar de Amenazas Potenciales del Volcán Nevado del Ruiz. El Espectador, 14 de nov. 1986.

FOURNIER, E. M., TOMBLIN, J. F. Manejo de Emergencias. UNDRO. 1987.

GONZALEZ, Alvaro Jaime. Notas del Curso Estabilidad de Taludes, del Postgrado de Geotecnia de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, 1994.

HERMELIN, Michel. Bases de Geología Ambiental. Universidad Nacional. Medellín. 1987.

IDEAM, Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales Colombia, en <http://www.ideam.gov.co/index4.asp>

OPS. Salud ambiental con posterioridad a los desastres ambientales. Publicación Científica N° 430 de la Organización Panamericana de la Salud, OPS, 1982.

RAMIREZ, Jesús Emilio. Historia de los Terremotos en Colombia. Instituto Agustín Codazzi. Editorial Andes. 1975.

SIMKIIN T., SIEBERT L., MCCLELLAND L., BRIDGE D., NEWHALL D.,
LATTER J.H.. Kagoshima Internacional Conference on Volcanoes. Japan.
1988

SMITHSONIAN INSTITUTION. Volcanoes of the world. USA. 1968.

Manizales, Enero de 2006

[1] Adaptado de un fragmento de la ponencia presentada por Gonzalo Duque-
Escobar con el título

RIESGO EN ZONAS DE MONTAÑA POR LADERAS INESTABLES Y
AMENAZA VOLCANICA, en el " VII CURSO INTERNACIONAL SOBRE
MICROZONIFICACION Y SU APLICACION AL PLANEAMIENTO URBANO
PARA LA MITIGACION DE DESASTRES- CISMID". Lima, 16 de octubre al
10 de noviembre de 1995,

ENLACES SUGERIDOS

VULCANISMO

ROCAS ÍGNEAS

MANUAL DE GEOLOGÍA PARA INGENIEROS

A PROPÓSITO DE LA REACTIVACIÓN DEL V.N. DEL HUILA

LAS LECCIONES DEL VOLCÁN NEVADO DEL RUIZ A LOS 20 AÑOS DEL
DESASTRE DE ARMERO

Gonzalo Duque-Escobar