

I TALLER LATINOAMERICANO REDUCCION DE LOS EFECTOS DE LOS DESASTRES NATURALES EN LA INFRAESTRUCUTRA ENERGETICA

LA ERUPCION DEL VOLCAN NEVADO DEL RUIZ

**Ing. Jorge Hernando González P.
ECOPETROL FAX (91) 288-6070**

I. INTRODUCCION

Hacia las 11 de la noche (hora local) del 23 de noviembre de 1985, se registró una erupción relativamente pequeña del cráter Arenas del volcán Nevado del Ruiz, en la cordillera Central de Colombia. Este fenómeno produjo enormes flujos de lodos por las cuencas de los ríos que circundan el volcán y a causa de éstos se desencadenaron cambios súbitos y violentos en las condiciones físicas de la superficie terrestre, especialmente en una zona en la cual estaba localizada la población de Armero, en el departamento del Tolima, causando la muerte de aproximadamente 25000 personas.

Según los estudios vulcanológicos la erupción del Ruiz se puede calificar como moderada, pero por el número de víctimas se coloca en el cuarto lugar en la historia después de la del **Tambora** (Indonesia-1815) con 92000 muertos, el **Krakatoa** (Indonesia-1883) con 36000 muertos, y el **Peléé** (Isla de Martinica-1902) con cerca de 30000 víctimas. (SEAN Bulletin, Vol 10 N° 10, 1985 y Macdonald, 1977).

Esta tragedia que conmovió al mundo y golpeó a Colombia en el acontecimiento más terrible de su historia, hizo que se mirara desde una óptica diferente el hecho de que una porción muy grande de su población se encuentra asentada en áreas de influencia "de volcanes activos o con actividad relativamente reciente" (Hermelín, sept/84).

Lo anterior, sumado a la tragedia, en ese entonces reciente, del terremoto de Popayán del 31 de marzo de 1983 (que dió origen a la creación del Código Colombiano para el diseño sismo resistente), hizo que tomara fuerza la idea de algunos pocos de dar la continuidad necesaria a la labor de diseñar planes de prevención de los desastres causados por fenómenos de la

naturaleza, inicialmente mediante la realización de los estudios de identificación de los diferentes riesgos y posteriormente, con la implementación de las medidas tendientes a disminuir los efectos de la presencia de estos fenómenos.

II. COMPLEJO VOLCANICO RUIZ TOLIMA

Se trata de un macizo volcánico, que cubren unos 900 km cuadrados. Está afectado por la falla de Palestina, la cual ha condicionado en cierto grado la actividad volcánica.

Está compuesto por siete volcanes y los flujos de lava asociados, los cuales forman la cresta de la cordillera central de Colombia, entre latitudes 4° 35'N y 5° 10'N, y longitud media de 75° 22'W. Domina el Nevado del Ruiz con 5400 m (metros sobre el nivel medio del mar); al sur del Ruiz se encuentran el Cisne (4700 m), el Santa Isabel (4950 m), el Quindio (4750 m), el páramo de Santa Rosa (4600 m), y el Tolima (5200 m); al norte, el Cerro Bravo (4000 m). Al sur del complejo está el volcán Machín (Herd, 1982).

III. NEVADO DEL RUIZ

Es el volcán activo más al norte en la cordillera de los Andes, disectado por drenaje radial en valles de ríos modificados por glaciación. Está cubierto por un casquete de hielo de alrededor de 4 km de diámetro en un área de 17 km cuadrados que tiene algunas lengüetas glaciales cortas. El límite actual del hielo está en la cota 4800. El cráter Arenas, por donde se originaron los flujos que ocasionaron la tragedia, está localizado hacia el borde NE del casquete, cerca de la cabecera del río Azufrado, el cual fluye hacia el Lagunilla, éste último desemboca en el Magdalena, el río más importante de Colombia.

De su extremo sur descienden numerosos

riachuelos que conforman el río Recio. De sus flancos NE desciende el río Lagunilla y el Azufrado, éste tributa su efluente a aquel. Por el costado N nace el río Gualí que también desemboca en el río Magdalena.

En relación con el cráter activo, conocido hoy en día como Arenas, se dice que ha tenido actividad fumarólica permanente durante tiempos históricos.

IV. ERUPCIONES MAS IMPORTANTES DEL RUIZ

Aunque la actividad conocida del volcán se remonta por lo menos a 1.2 millones de años, el registro histórico más antiguo que se encuentra en el vulcanismo del área Ruiz-Tolima aparece en el mapa de la Nueva Granada de 1570, que muestra un gran volcán en llamas en la cordillera central al NW de Mariquita.

El cráter Arenas ha presentado dos cuadros impresionantes de gigantescas inundaciones de lodo y cenizas acompañados de fuego y quizá de temblores, estos eventos destructivos se presentaron uno en 1595, y el otro, en 1845 (Calvache, Carracedo y otros-1985).

Se conoce que el volcán del Ruiz presentó fumarolas continuamente y encendido en la noche antes de hacer erupción en el año 1595. Esta erupción comenzó una hora antes del medio día del 12 de marzo, consistió de atronadoras detonaciones, con avalancha de detritos, flujos piroclásticos y lahares que fluyeron por los valles de los ríos Gualí y Lagunilla, por ellos corrieron "grandes masas de aguas fétidas".

Posteriormente, el 10 de febrero de 1845 se presentó un fenómeno que consistió en un torrente de lodo que se desprendió del volcán del Ruiz y que dividido en dos brazos seguía por los valles de los ríos Lagunilla y Santo Domingo, destruyendo haciendas y regando bloques de hielo, masas de lodo, troncos de árboles y piedras, hasta el río Magdalena cerca de la ciudad de Ambalema.

V. ACTIVIDAD DEL RUIZ ANTES DEL 13 DE NOVIEMBRE DE 1985

Los hechos que precedieron la catástrofe del 13 de noviembre de 1985 se pueden resumir así:

La crisis volcánica del Ruiz se inició a finales de noviembre de 1984. El 22 de diciembre siguiente hubo una serie de temblores, uno de ellos con magnitud de 4 en la escala de Richter, acompañado de pequeñas explosiones que arrojaron lodos sulfurosos y cenizas. El primer temblor a las cinco y media de la tarde fue seguido por un tremor armónico percibido durante media hora.

En enero y febrero de 1985 se realizaron inspecciones del cráter por miembros del grupo de trabajo conformado por la Universidad Nacional seccional Manizales y la Central Hidroeléctrica de Caldas, CHEC.

En marzo efectuaron una inspección del volcán los geólogos Jairo Mojica y Carlos Macías, profesores del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Bogotá. Encontraron signos de reactivación magmática y recomendaron instalar instrumentos geofísicos adecuados, efectuar muestreos sistemáticos de los gases y ejercer observación continua de la región vecina al cráter, apoyando así las recomendaciones del grupo de trabajo mencionado anteriormente.

El 6 de septiembre comenzaron cinco días de sismos pre-erupción; los sismógrafos registraron un patrón muy regular, consistente en períodos de 15 minutos de fuertes temblores de alta frecuencia, a intervalos de una hora.

Se llega así a la vigorosa actividad freática del 11 de septiembre de 1985. La emisión de cenizas desde el cráter Arenas comenzó a la una y media de la tarde y duró siete horas, acompañada por un rugido y por descargas eléctricas; hubo caída de cenizas a 30 km del volcán y cayeron bloques líticos en campos de nieve a dos km del cráter. La red de sismógrafos registró tremores en intervalos de 1.5 horas antes de la erupción y continuamente durante la caída de cenizas. Un lahar de tamaño moderado empezó a las 18:30 horas en el flanco NE del volcán, avanzando 17 km por el valle del río Azufrado desde 4700 m a 3000 m de altura, con velocidad estimada de 10 a 30 km por hora (KPH), bloqueando una carretera del lado oriental.

La sismicidad aún mostraba terremotos tectónicos a 12 km de profundidad bajo el flanco y hasta cinco eventos por día a poco menos de cinco km

de profundidad, localizados a 1/2 km al norte del cráter. Fue permanente la generación de vapor a bajo nivel con muy poca ceniza. En un informe rendido al gobierno por un equipo italiano se advirtió que podría esperarse "una erupción extremadamente peligrosa" en cualquier momento (García-1986).

La más fuerte liberación de energía sísmica en el Ruiz ocurrió en los días anteriores a la emisión de ceniza del 11 de septiembre. La tasa de energía liberada se incrementó antes de la erupción del 13 de noviembre, pero más gradual que en la actividad anterior al 11 de septiembre.

El 10 de noviembre se registró el comienzo de un temblor continuo de tres días, a 78 decibeles, muy legible pero con menor cantidad que durante la erupción del 11 de septiembre. No hay acuerdo sobre la hora de iniciación de la erupción del miércoles 13 de noviembre, sin embargo se cree que ocurrió entre las 15 y 16 horas, puesto que los registros no mostraron actividad sísmica especial antes de las 15:45 horas. Se informó que los sismógrafos estuvieron saturados durante la erupción.

VI. ERUPCIÓN DEL 13 DE NOVIEMBRE

La erupción del 13 de noviembre empezó poco después de las 15:00 horas, tefra al N y NE y líticos fueron dispersados hasta más allá de 50 kms. Este episodio coincidió con un evento sísmico fuerte, local que comenzó a las 15:05 y duró unos 15 minutos.

El primer depósito de esta fase, en las partes más alejadas en que fue observado (Herveo, 26 Km al NE), es una capa de lodo de 1 mm de espesor, la cual cayó como "lluvia sucia". La lluvia de lodo causó la oxidación de los techos metálicos en las edificaciones del área, en cuestión de horas.

La fase paroxísmica de la erupción comenzó alrededor de las 21:10. Dos fuertes explosiones (dirigidas hacia el NE) coincidieron con el comienzo de un temblor armónico a gran escala, el cual empezó a las 21:05 y duró casi una hora. Un rompimiento súbito de glaciares pudo preceder la caída de ceniza en las cabeceras de los ríos Azufrado y Lagunilla

Cerca de las 21:30 hubo una formación de una columna eruptiva, su precipitación incluyó algo de líticos, escoria y fragmentos de pómez joven incandescentes. Dicha colada derritió con rapidez grandes volúmenes de nieve superficial y hielo, también causó la rotura súbita de glaciares.

El grado de fragmentación o pulverización de los piroclastos jóvenes fue pequeño. Esto sugiere un alivio de energía relativamente bajo. La altura de la columna eruptiva alcanzó por lo menos 6500 m. según relato de un piloto de aerolínea cuyo avión sufrió raspado de la pintura cuando volaba sobre el volcán.

Como consecuencia de lo bajo de la energía liberada, una gran porción de los productos eruptivos jóvenes y con alta temperatura, cayó sobre el casquete de hielo. La caída de tefra duró por lo menos 75 minutos e inició la fusión superficial de nieve y hielo, indujo el flujo rápido de agua y nieve en fusión. La mezcla resultante, de agua y piroclastos, fué conducida hacia la Quebrada Nereidas y el Río Molinos al NW, los Ríos Gualf y Azufrado al NE, y el Lagunilla al E. Estos flujos, erodaron profundo en depósitos no consolidados y en el manto de roca meteorizada bajo el hielo y se transformaron en flujos de lodo o lahares a unos pocos kilómetros de su fuente. Los flujos en el Azufrado y el Lagunilla fueron aumentados por la falla masiva de glaciares, ya agrietados desde antes de la caída de tefra.

Los lahares empezaron aproximadamente a las 21:20 hrs. Puede pensarse que en el Azufrado hubo dos lahares, el primero del tipo de inundación por creciente debida al lavado laminar de nieve en fusión; el segundo fue de tipo torrencial, desgarrado, que paso a flujo de detritos y luego a un modo fluvial.

Se informó de caída de cenizas con mayor intensidad hacia el Este del Ruiz. A cinco km del cráter se encontraron tefras de la explosión principal que llegaron a 7 cm de espesor, e incluyeron fragmentos ocasionales de pumita de 30 cm. El espesor disminuyó con la distancia y sólo fué de 1 a 2 mm de espesor en Armero (46 km al ENE del cráter), Mariquita (59 Km al NE). Hubo reportes de ceniza en poblaciones al Norte de Bogotá, en Tunja (225 Km al ENE), Bucaramanga (345 Km al NE) y Táchira, Venezuela

(a 500 km al NE).

En opinión de Calvache, Carrecedo y otros, vale la pena destacar que una erupción relativamente pequeña, con emisión de material piroclástico de 10^7 a 10^8 metros cúbicos (estimativo provisional) produjo flujos de lodo catastróficos. Esto puede explicarse por la rápida erosión y fusión del casquete de hielo en volumen estimado de 20 a 32 millones de metros cúbicos, valor que representa del 8% al 10% del volumen total probable de hielo y nieve, debidas a la eficiencia del proceso de transferencia de calor durante la interacción piroclastos-hielo, en el desarrollo temporal de los eventos eruptivos. El colapso de bloques de hielo, en las márgenes inestables del glaciar Azufrado-Lagunilla, fue otro hecho importante.

VII. LAHARES

De acuerdo con Schuster y Crandell (1984) la avalancha de detritos consiste en el flujo súbito y muy rápido de una mezcla heterogénea e incoherente de roca y suelo, en respuesta a la fuerza gravitacional. El movimiento de la masa tiene características de flujo, independientemente de si está seca o húmeda, y debido a su energía cinética, la distancia horizontal que recorre puede ser muchas veces mayor que la vertical. Las erupciones explosivas, magmáticas o freáticas, causan avalanchas, a veces acompañadas de flujos piroclásticos o de explosiones laterales dirigidas.

En su comienzo una avalancha de detritos puede ser casi seca o contener cantidad considerable de agua. El fluido que predomina en los vacíos de "avalanchas húmedas es probablemente de origen meteórico. En los flancos del volcán, o más lejos, se incorpora agua adicional procedente de nieve o de corrientes superficiales; si el contenido de agua adicional procedente de nieve o de corrientes superficiales; si el contenido de agua es suficientemente alto, la avalancha de detritos se puede transformar en un "lahar" (flujo de detritos o escombros y flujo de lodos) que puede continuar decenas de kilómetros más allá del volcán. Adquirido el movimiento de flujo, sobre pendientes fuertes, la avalancha alcanza altas velocidades; debido a su gran masa y alta velocidad también se adquieren niveles muy altos de energía cinética.

VIII. FLUJO DE LODOS DEL RÍO CHINCHINA

En el flanco occidental del Ruíz los lahares fueron conducidos inicialmente por los cauces de la Quebrada Nereidas, el Río Molinos y el Río Claro, corrientes que tienen su origen en el Nevado. El Río Claro, que recibe a los dos primeros, causó la destrucción de casas y sembrados en sus orillas, arrastró parte de las edificaciones de la población del mismo nombre en cuyas cercanías barrió con un puente del Oleoducto de Caldas (que surte de combustibles a varios departamentos del occidente Colombiano, uno o dos puentes de carreteras y caminos veredales, dicho río desemboca en el Chinchiná: el paso del flujo de lodos del Río Claro represó temporalmente al Chinchiná, alcanzando el embalse una altura de 6 m, este llevó la avalancha con aporte de nuevos volúmenes de agua, destruyó la bocatoma y un tramo (sifón) de la tubería de carga de una planta hidroeléctrica, el puente de la importante carretera Manizales-Pereira y arrasó con barrios periféricos de la ciudad de Chinchiná, donde causó el mayor número de víctimas de este flujo de lodos, entre 2000 y 2200.

Continuó por el régimen de topografía algo más suave destruyendo a su paso un puente recientemente concluido del Oleoducto Medellín-Cartago, otro de carretera, y el antiguo puente de Ferrocarril de Occidente, donde registró una altura máxima de 7.2. m y un ancho de 82 m.

IX. FLUJO DE LODOS DEL RIO GUALI - MARIQUITA, HONDA

De acuerdo con los estimativos de INGEOMINAS, la porción del glaciar del Ruíz aferente a la cuenca hidrográfica del Gualí cubre aproximadamente 1.72 Kms^2 , con un espesor promedio de 18.6m. Del volumen resultante, se calcula que un 16%, o sea, 5.0 millones de m^3 estuvieron comprometidos en el deshielo que generó la avenida. Según las informaciones conocidas la explosión en el Ruíz ocurrió a las 21:10 horas del 13 de noviembre, en tanto que los máximos caudales de avenida se registraron en Mariquita (a 72 Km del cráter) a las 23:40 horas, y en Honda (a 102 Km del cráter), a las 01 h 52 m, del día siguiente.

El flujo de lodos que avanzó a lo largo del cauce del río Gualí puede catalogarse como una

creciente extraordinariamente grande si se compara con los registros hidrológicos existentes, pero debe atenderse como un evento menor dentro del conjunto de las posibles manifestaciones eruptivas del Ruíz.

Al llegar a Honda donde el río se encajona, alcanzó altura cercana a los 8 ó 9 m. El flujo socavó el lecho en profundidades de hasta 3m, atacó violentamente las márgenes del río, y destruyó aquellas estructuras que encontró a su paso.

También hubo efectos en curvas en las cuales se cargo la corriente sobre la margen izquierda; entre estos se cuenta la destrucción de la Casa de Máquinas de la Hidroeléctrica.

X. FLUJO DE LODOS DEL RÍO LAGUNILLA-ARMERO, TOLIMA

La avalancha del Lagunilla, fué originada en el deshielo, desplome y aporte subsiguiente de grandes masas de hielo y nieve en fusión, agua, suelos, rocas y ceniza. El gran volumen de materiales que de súbito y con alta energía entró a las cabeceras del Lagunilla y de su afluente principal, el Río Azufrado, recorrió con violencia los cauces encañonados y de alta pendiente de ambos, incorporando a su paso de nuevas masas de suelo, roca parcialmente meteorizadas y vegetación de sus márgenes, aguas de los mismos ríos y sus afluentes, para salir con fuerza y velocidad inimaginadas sobre la población de Armero.

Desde el nacimiento del Azufrado la avalancha de detritos fué de gran magnitud, estimando por las marcas de gran altura que alcanzó en las paredes de antiguas lavas, el arrastre que dejó al desnudo lavas del piso de amplias plataformas que escalonan el terreno entre la línea de nieve y los 3.800 msnm y en selectores encañonados del cauce

De la cota 3.800 para abajo, donde el Azufrado se encañona, arrasó el lecho y paredes del cauce; en varios lugares de la parte alta al quitar soporte en la base de antiguos y enormes depósitos originó deslizamientos de tipo rotacional; algunos de estos pueden tener altura de 150 m o más y anchos de 300 m. El Azufrado, en su recorrido de 50 km

hasta la confluencia con el Lagunilla alcanzó alturas entre 20 y 60 m en diversos sitios, dependiendo de la forma y dimensiones previas del cauce; arrastró el puente de concreto de la carretera Villahermosa-Casabianca.

En la unión de los dos ríos, es muy notoria la diferencia entre los cauces después del paso de los flujos de lodo. Se estima que el Lagunilla transportó únicamente el 20 al 25% del volumen total de flujo de lodo en la confluencia.

XI. CALCULO DE LA VELOCIDAD PROMEDIO DEL FLUJO A PARTIR DE MEDIDAS DEL PERALTE

Se pueden derivar ecuaciones para la velocidad medida del flujo a partir del ángulo de inclinación de la superficie del flujo β , el radio de curvatura del eje del canal Ψ , y la pendiente δ del canal. La expresión para la velocidad tangencial promedio del flujo es:

$$\omega = (g\Psi \cos \delta \tan \beta)^{1/2}$$

donde g es la aceleración de la gravedad Si δ es menor de 15°:

$$\omega = (g\Psi \tan \beta)^{1/2}$$

El caudal de flujo se puede obtener multiplicando la velocidad promedio por el área transversal.

$$Q = \omega \pi w d/4$$

- w = ancho de un cauce semi - elíptico
- d = profundidad del cauce

En la derivación de estas fórmulas se supone que la aceleración es normal a la sección que se analiza y que el material es un fluido perfecto, suposición que puede ser de poca importancia cuando se trata de canales amplios y flujos de baja resistencia

Con base en la anterior fórmula, García y Rodríguez (1986) calcularon la velocidad media del flujo de lodos del Río Lagunilla en la boca delcañón, justo donde se iniciaba la población de Armero. (ver figura).

Armero

En Armero la altura máxima de flujo de lodo fué de 4 a 5 m de acuerdo con las señales dejadas en casas y árboles. Puede decidirse que ocurrieron varias oleadas; la primera de carácter más fluido

(menos viscosa), de baja temperatura, seguida de otra que fué considerada por sobrevivientes como "la bombada de verdad", con ruido atronador, que similar "a la cuchilla de un inmenso bulldozer" venía aplastando y tragándose todo".

La misma avalancha principal tuvo diferentes grados de densidad y velocidad, (y de viscosidad), pudiendo considerarse que el ramal principal (de W a E) fué "más líquido y violento" que los demás; una lengüeta desprendida del ramal NE, que irrumpió en la parte de la ciudad donde quedaron edificaciones semidestruidas o parcialmente cubiertas de lodo, sector de campo de fútbol, la Iglesia Católica de El Carmen y "el mercadito", en cuyo borde sur quedó el edificio del hospital, era de alta viscosidad, espeso y con abundancia de bloques de 30 cm de diámetro o más. Esta masa tubo menor velocidad y se movía en impulsos; dio tiempo para que se salvaran muchos habitantes del sector que desplazaron hacia colina que remata más al oriente en el lugar del cementerio local, que no sufrió daño alguno.

XII. DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA PETROLERA

La avalancha de lodo afectó el poliducto de combustibles que partiendo de Puerto Salgar, pasa por Mariquita, Fresno, Herveo, Manizales, Pereira, Cartago y Yumbo; el poliducto Mariquita-Gualanday-Neiva, y el oleoducto de crudos que transportan la producción de los campos petroleros del Departamento del Huila hasta Puerto Salgar, donde se integra a la red nacional

Estos daños representaron la suspensión del abastecimiento normal de combustibles a regiones del Tolima, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle, Nariño, Cauca, Huila y Caquetá. Interrumpieron, adicionalmente, el transporte para refinación de 50 mil barriles diarios de crudo, volumen equivalente al 27 por ciento de la producción total de país, a octubre de 1985.

XIII. Reparación de Oleoductos

Se estableció que las líneas del poliducto de Occidente estaban interrumpidas en el cruce del puente sobre el Río Claro y en dos diferentes puntos sobre el río Gualí. El Poliducto Mariquita-Gualanday-Neiva y el Oleoducto Dina-Puerto

Salgar, se suspendieron por la caída del puente localizado sobre el río Lagunilla.

Los derrames de petróleo y productos derivados se estimaron en 11.600 barriles de combustibles y 15.200 de crudo, cuyo costo ascendió a más de cien millones de pesos. Las reparaciones provisionales y definitivas, demandaron inversiones cercanas a los 500 millones de pesos, sin considerar las pérdidas ocasionadas por la forzosa reducción en las explotaciones del Huila.

Las primeras reparaciones para el restablecimiento del bombeo en el Poliducto de Occidente, consistieron en la construcción de una variante de 150 metros y la construcción de un puente provisional sobre el río Claro. El bombeo se restableció el 21 de noviembre hasta Manizales y el 22 hasta Pereira, Cartago y Yumbo.

Las operaciones sobre el río Lagunilla presentaron mayor complejidad debido a las dificultades de acceso al área. Fué necesario construir una variante de 500 metros en tubería de 12 pulgadas del Oleoducto y otra variante de 300 metros en el Poliducto de seis pulgadas. El 25 de noviembre quedaron finalmente en operación el Oleoducto Dina -Puerto Salgar y el Poliducto Mariquita Gualanday - Neiva.

XIV. Pérdidas de Ecopetrol

Las pérdidas totales que sufrió la Empresa Colombiana de Petróleos, ascendieron a mil setecientos millones de pesos: 500 millones de pesos representados en la reparación de los oleoductos, \$100 millones por derrames de crudo y productos, y \$1.100 millones por concepto de los crudos no producidos en los campos del Huila.

Contribución de Ecopetrol Al Plan Nacional de Emergencia

Ecopetrol suministró a través de la Base Militar de Palanquero, la totalidad de los combustibles de la aeronaves nacionales y extranjeras que realizaron las labores de apoyo y rescate. Esto tuvo un costo cercano a \$20 millones.

Adicionalmente entregó, a título gratuito, tres kilómetros de tubería para la reconstrucción del

Acueducto de Mariquita y asumió gastos por 4.5 millones de pesos para su levantamiento y transporte desde el Puerto de Coveñas.

La Empresa contribuyó a la instalación de los postes para transmisión de energía; suministró un equipo de radio-teléfono para la Alcaldía de El Líbano y asumió durante diez días, el sobre costo del transporte de combustibles entre Bogotá e Ibagué. Este subsidio le representó erogaciones por 2.5 millones de pesos.

XV. ESTIMADO DE PERDIDAS

Las pérdidas económicas de este desastre fueron estimadas por el Departamento Nacional de Planeación en 212 millones de dólares (MUS\$212) repartidos así:

En el sector social (Educación, salud, vivienda, empleo, ingreso y otros.): MUS\$92.8

En infraestructura (Acueducto y alcantarillado, vías, electricidad, telecomunicaciones, sector urbano): MUS\$68.5

En el sector productivo (Industria y comercio, agricultura y ganadería, e hidrocarburos): MUS\$50.6

XVI. ALERTA DE EVACUACION

Según información del Ministro de Defensa Nacional, General Miguel Vega Uribe, el 13 de Noviembre, a las 5 p.m., "cuando se recibió información sobre lluvia de ceniza, intenso olor a azufre y fuerte temporal, se previno a la Cruz Roja de Manizales y Armero; el Sargento Mayor (r) Atilano, Director de Operaciones de la Cruz Roja, solicitó a las cadenas radiales "Caracol" y "RCN" de Ibagué, informar a Armero, Líbano, Mariquita y Honda, que la población debía evacuar; estas cadenas radiales dieron el comunicado; a las 8 p.m. sonó la alarma del Comité de Ibagué".

"Como puede apreciarse, la Cruz Roja Colombiana, alertó a la población de Armero, Líbano, Mariquita y Honda que debía evacuar, que debía salir del área, pero la población no acató tal llamamiento. Diversas versiones han indicado que la gente, en su mayoría, no creyó en la advertencia sobre el peligro y pensó que nada pasaría, por lo cual no se retiró de la zona. Fue

notoria esta actitud entre los habitantes de Armero, según los testimonios que se han obtenido"

En un seminario organizado en Manizales, el entonces Gobernador de Caldas, Jaime Hoyos Arango, dijo: "Cuando los hechos se suceden, muy de tarde en tarde, para vida del hombre como ocurre con la actividad volcánica de los Nevados cercanos a Caldas y el Tolima, son muy deficientes los datos que una generación deja a otra; en forma tal que no alcanzan arrojar datos suficientes para elegir leyes, comportamientos o simples probabilidades. Esto explica porqué muchas gentes, no obstante haber sido advertidas, padecieron y sucumbieron víctimas de una tragedia anunciada. Después de sucedidos los hechos, son de lógica inexorable. Pero no son vistos desde antes".

"El número de hechos previamente anunciados, que no se suceden, llegan al infinito. Por ello el hombre, cuando no tiene reciente experiencia que lo haya tocado muy de cerca, opta por una actitud de incredulidad absoluta. Es un sistema de defensa psicológica. Son muy pocos los anuncios de esta clase que, en un lapso de varios decenios, han ocurrido en realidad".

XVII. ESTUDIO Y MONITOREO DEL VOLCAN

Después de la erupción del 13 de Noviembre de 1985 el Ruiz ha continuado en actividad variable. Se han registrado durante los 10 años transcurridos hasta la actualidad diversos eventos de emisión de cenizas acompañados de temores, emisión frecuente y casi continúa de vapor de agua y azufre en concentraciones variables. Las fumarolas se han convertido en un elemento permanente del paisaje.

Eventos que han causado alarma temporal

Luego de la tragedia del 13 de noviembre de 1985, se han presentado los siguientes eventos importantes:

Sábado 4 de Enero de 1986

Se produjo en ésta fecha una fuerte emisión de cenizas y gases, con incremento de la actividad sísmica en el edificio volcánico. Se lanzó por

radio la alarma general y se ordenó la evacuación de las ciudades del norte tolimense situadas dentro del radio de acción de los eventos eruptivos principales. Se pusieron a prueba las medidas de preparación y protección de la comunidad que estaban difundándose por el Comité Nacional de Emergencia, RESURGIR y otras entidades de socorro.

Viernes 13 de Junio de 1986

En comunicado del Centro de Vulcanología de Manizales se informó que aumentaba la sismicidad del Volcán del Ruiz y eran más frecuentes los temores con presencia de una columna de gases y humo que llegaba hasta 500 m de altura.

El Gobierno Nacional recomendó no habitar el área comprendida dentro de un círculo de 10 km de radio alrededor del cráter Arenas, desalojar la zona comprendida entre los 10 y 20 km de radio alrededor de dicho cráter, y retirarse de los cañones de los ríos Lagunilla, Gualf Azufrado, Recio y Rioclaro en distancias hasta de 200 m.

Viernes 1 de Septiembre de 1989

Se produjo una fuerte emisión de cenizas, como culminación de un proceso que venía manifestándose por una gran actividad sísmica desde el 26 de Junio anterior. Se depositó una gruesa capa de ceniza en la ciudad de Manizales así como en otras poblaciones vecinas y campos aledaños. El análisis de esta erupción fue de importancia para establecer el comportamiento del Volcán. El proceso previo abarcó la formación de una segunda boca del cráter Arenas, cuya existencia se verificó en sobrevuelo de helicóptero el 25 de Julio de 1989 y en inspección terrestre del 29 del mismo mes.

Domingo 29 de Abril de 1990

Los habitantes del norte del Tolima reportaron la ocurrencia de pequeños movimientos telúricos (temores) y emisión de ceniza volcánica en el cráter Arenas del Nevado del Ruiz. Así mismo, en varios municipios de Caldas se observó la caída de ceniza y emisión de azufre del volcán.

Preocupó que estos fenómenos hubieran coincidido con la temporada invernal y por este motivo se

tuvo en alerta las zonas ribereñas de los ríos Gualf y Recio, los cuales aumentaron su caudal en días anteriores.

Los sismólogos conceptualizaron que la situación no era para alarmarse y que los fenómenos se debían a la actividad de equilibrio meta estable del sistema hidrotermal del volcán.

Lunes 16 de Enero de 1995

Se registró una avalancha en el río Lagunilla, a la altura del Municipio de Murillo. Esta avalancha afectó el pontón de la vía a Manizales. No se registraron víctimas, sin embargo, se evacuaron las zonas ribereñas a los ríos que nacen en el macizo volcánico.

Según el Observatorio Vulcanológico de Manizales, las altas temperaturas registradas en la zona Norte del Tolima produjeron deshielos en la cumbre del Nevado del Ruiz; no se asoció éste fenómeno a actividad sísmica.

Llama la atención como el funcionamiento adecuado de las alarmas del sistema de emergencia y la colaboración de los medios de comunicación (no obstante que su reacción se tildó de exagerada por algunos), ayudaron a que se rehabilitara rápidamente el paso de la única carretera con que cuenta Murillo para comercializar sus productos.

XVIII. LABORES DEL OBSERVATORIO VULCANOLOGICO NACIONAL

Según F. Gil (1991), el estudio vulcanológico en el país se inició como tal con la reactivación del volcán Nevado del Ruiz en 1985. El monitoreo volcánico de manera instrumental tuvo su comienzo el 19 de julio de 1985, cuando se instaló la primera estación sismológica portátil de una red de 5 estaciones colocadas alrededor del Ruiz. Igualmente se elaboró el primer mapa de amenazas volcánicas, relativo al Nevado del Ruiz el cual fue publicado en los periódicos nacionales y entregado a las autoridades correspondientes el 19 de octubre de 1985.

De acuerdo con J.A. Romero y A.H. Nieto (1986), a raíz de la erupción del Volcán Nevado del Ruiz en noviembre 13 de 1985, el Gobierno Nacional

mediante el Decreto 3815 en Diciembre 26 de 1985, asignó al INGEOMINAS el estudio y prevención de todo tipo de riesgos geológicos.

Tanto el Observatorio Nacional, con sede en Manizales, como el establecido en Pasto con motivo de la reactivación del Galeras en febrero de 1989, realizan su actividad en tres frentes principales de trabajo: Sismología, Deformación y Geología-Geoquímica. Indica F. Gil que la vigilancia en los dos Observatorios "se realiza de manera continua durante las 24 horas del día con la participación de técnicos-científicos quienes procesan la información de manera sistemática, entregando un diagnóstico diario de la actividad volcánica, a las entidades comprometidas en el proceso de mitigación y atención de desastres, así como elaborando un reporte mensual que es enviado a diversas instituciones nacionales e internacionales".

XIX. COMENTARIOS FINALES

La destrucción de Armero ha permitido comprobar la importancia de la evaluación de las amenazas volcánicas y el mejoramiento de las técnicas de monitoreo y los procedimientos de estudio y análisis de los fenómenos eruptivos. También, ha demostrado la necesidad de prepararnos ante la interacción de amenazas múltiples, como lo son los procesos y fenómenos directos e indirectos asociados con las erupciones volcánicas.

Los eventos catastróficos del 13 de noviembre de 1985 llevaron al país a la estructuración de un Sistema Nacional de Prevención de Desastres, completo y eficiente, con cobertura nacional y una organización que permite la participación ciudadana.

La Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres también es fruto de la respuesta del país a las calamidades del 13 de Noviembre de 1985 y los eventos volcánicos posteriores. Dicha Oficina ha desempeñado una labor altamente provechosa para el país, propiciando el estudio y evaluación de amenazas y riesgos, la mitigación de éstos, la respuesta a las emergencias, la preparación de la comunidad, y ha encauzado las actividades de socorro, recuperación y rehabilitación de manera oportuna y sistemática, con alto espíritu de servicio y

desprovista de intereses políticos, económicos o de otra índole.

El caso de Armero despertó la conciencia del país acerca de las amenazas naturales. El Estado Colombiano ha ido respondiendo en forma aceptable a las necesidades que imponen la atención y prevención a los desastres, aunque todavía hay mucho por hacer.

Considera García (1995) que el INGEOMINAS ha liderado y acometido con éxito el estudio de las amenazas naturales. Las labores del Observatorio Vulcanológico Nacional de Manizales, y del Observatorio Vulcanológico de Pasto son encomiables. El establecimiento de la Red Sísmica Nacional es otro acierto.

La Geología colombiana ha respondido con empeño a la necesidad de intensificar los estudios vulcanológicos en el país. Puede decirse que ha sido destacada la participación de los geólogos colombianos en el estudio y evaluación de las amenazas naturales, y en la prevención de desastres.

AGRADECIMIENTOS

Sinceros agradecimientos al Dr. Manuel García, quien autorizó hacer uso de las memorias de sus ponencias tituladas (i) "Eventos Catastróficos del 13 de noviembre de 1985", presentada en mayo de 1986 durante las IV Jornadas Geotécnicas de la Sociedad Colombiana de Ingenieros y , (ii) "Armero, una visión 10 años después" presentada en el Seminario sobre Sismotectónica de Colombia, en marzo 23 de 1995, organizado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia y el Instituto de Investigaciones Geológicas y Mineras "INGEOMINAS". Igualmente el Dr. García facilitó material bibliográfico y fotográfico, así como la transmisión oral de conocimientos y vivencias sobre el tema

BIBLIOGRAFIA

García L., Manuel (1986) "Eventos Catastróficos del 13 de noviembre de 1985", ponencia preparada para las IV Jornadas Geotécnicas de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

García L., Manuel (1995) "Armero, una visión 10

años después" ponencia presentada en el Seminario sobre Sismotectónica de Colombia, en marzo 23 de 1995, organizado por la Sociedad Colombiana de Geotecnia y el Instituto de Investigaciones Geológicas y Mineras "INGEOMINAS".

Autores Varios, (1986) "El volcán y la avalancha", Recopilación de relatos de periodistas, agencias internacionales de noticias, y testimonios de ministros de Estado, gobernadores, gerentes de institutos y otros funcionarios. Imprenta Nacional de Colombia.

Mileti, Bolton, Fernández y Updike (1991) "The Eruption of Nevado del Ruiz Volcano Colombia, South America november 13, 1985" Natural Disaster studies volumen four.

