

El choque entre dos placas oceánicas genera arcos de islas volcánicas. Ejemplo: Japón. Si el encuentro es entre dos placas continentales se forman cinturones de montañas plegadas. Ejemplo: Los Himalayas. Cuando una placa oceánica choca, con una continental, el resultado es la formación de cadenas de montañas volcánicas. Ejemplo: Cordillera Central de Colombia.

La mayoría de los volcanes activos en el mundo (83%) se encuentran a lo largo de los margenes destructivos de las placas (fosas) pero se produce un volumen mucho mayor de material volcánico en los margenes constructivos de las placas (dorsales) que originan la formación de fondos oceánicos.

VOLCANISMO.

- Estructura del volcán y sus productos:

¿ Qué es un volcán ? Es una pregunta familiar y una respuesta frecuente es: " Volcán es una montaña ardiente en la punta de la cual sale humo y fuego". Esta definición contiene pocos elementos de verdad ya que no hay combustión, no son necesariamente montañas, no siempre la actividad se presenta en la cima y el humo es vapor condensado. En la (fig.), se muestra esquemáticamente las partes del edificio volcánico. El cono se forma después de varias erupciones y puede

estar constituido por lavas o cenizas o por mezcla de ambos productos. El núcleo o cámara magmática almacena el magma que es una mezcla fundida de silicatos constituida por tres fases:

- una sólida o cristalina
- una líquida y
- una gaseosa.

Cuando este magma se encuentra a grandes profundidades, como en la Astenósfera, a más de 75 kilómetros de profundidad, la fase líquida es la predominante; la temperatura estará entre 1000 y 1200°C, la fluidéz es alta, la viscosidad baja y el contenido en sílica es bajo; pero entre más cerca a la superficie se encuentre la cámara magmática menor será la temperatura de la mezcla variando de 900 a 1000°C, al tiempo que disminuye su fluidéz ya que el proceso de cristalización será más intenso con producción de gases concomitante que le aumenta la viscosidad y el contenido en sílica al magma por disminución de la fase líquida.

Los productos volcánicos son sólidos (bombas, lapilli y cenizas), gases (principalmente CO₂, vapor de agua, compuestos de azufre) y líquidos en forma de lavas. Estas reciben diferentes nombres como cordadas, pahoehoe, aa, almohadilladas, etc. En una erupción volcánica se pueden presentar uno, dos o los tres diferentes productos según la actividad y el tipo de volcán.

- Tipo de volcanes y de erupciones:

La erupción volcánica es probablemente la forma más espectacular del mundo de descargar energía. El Krakatoa, en el estrecho entre Sumatra y Java, erupcionó en 1883 con una fuerza equivalente a la detonación de mil millones de toneladas de T.N.T.

La explosión fue oída en Australia a una distancia cercana a los 2000 kilómetros; cerca de 20 km^3 de material fueron expulsados al aire cubriendo un área aproximada de 700.000 km^2 con cenizas. A pesar de la magnitud de la explosión, está catalogada como la tercera en volumen de material expulsado después de la de 1815 en Tambora Indonesia y la del Monte Mazama en Oregón hace 7000 años, considerada la más potente ya que el volumen fue el doble del expulsado por el Krakatoa.

Otros volcanes como los que se presentan en las Islas Hawaianas presentan abundante producción de lava, nombre que se le da al magma cuando llega a superficie pero con un contenido de gases en solución muchísimo menor. Este tipo de volcán no produce explosiones y los gases son liberados en forma tranquila. Se les conoce como volcanes tipo Hawaiano, su magma es fluido con temperaturas de 1200°C de composición básica o bajo en sílica.

Los violentamente explosivos como el Krakatoa, o el Mont. Pelée en la Isla Martinica son conocidos como de tipo Peleano. El magma de estos es muy viscoso, razón que le impide salir a la superficie solidificándose en la parte interna de la chimenea constitu -

yendo el denominado Domo que presenta los valores más altos en sílica. Estos Domos se comienzan a formar después de explosiones violentas que destruyen el cráter principal con posterior colapso del cono dando lugar a una gran depresión en forma de cubeta con diámetro superior a una milla denominada caldera.

Los llamados de tipo Estromboliano como los de la Costa de Sicilia, presentan explosiones moderadas y emiten lavas incandescentes y los de tipo vulcaniano como el Vesubio, presentan explosiones más fuertes y las lavas emitidas eventualmente son viscosas con un alto contenido de sílica pero inferior al que presenta el de tipo Peleano.

- Hipótesis sobre el volvanismo en Colombia:

La placa de Nazca, situada al Oeste de nuestra Costa Pacífica, se desplaza hacia el Este y por ser más densa se sumerge por debajo de la placa Suramericana que se desplaza hacia el Oeste. A medida que la placa oceánica se hunde más, va alcanzando regiones de altas temperaturas y presiones, comenzando a ablandarse y a fundirse cuando llega a profundidades cercanas a los 100 kilómetros o sea en la astenósfera. En este nivel obran una gran variedad de fenómenos, se mezclan los materiales formando unos paquetes viscosos en forma de gigantescas lágrimas conocidas como Diapiros. Por diferencia en densidad, éstos diapiros se filtran hacia arriba, en la misma forma en que suben las burbujas en un frasco de miel cuando se voltea, y van derritiendo más rocas a medida que asciende alo-

jándose finalmente en cámaras de magra a profundidades entre 3 y 25 kilómetros de la superficie (Fig.). En Colombia estas cámaras vienen a quedar situadas a lo largo de la Cordillera Central constituyendo la cadena de volcanes. Si el magma es muy rico en su fase líquida es porque la cámara está profunda, los gases generalmente pueden escapar gradualmente y el volcán puede ser estéril durante largos periodos de tiempo. Cuando el magma se aloja en cámaras poco profundas el proceso de cristalización es más rápido con mayor producción de gases que se acumulan y tienden a escapar en forma de explosión violenta.

Como otros volcanes compuestos, el Nevado del Ruiz se ha edificado en dos etapas:

- Un volcán de base tipo escudo, construido aproximadamente hace un millón de años y destruido por una actividad explosiva mayor (Caldera?) hace aproximadamente 500.000 años.

- Un volcán moderno compuesto construido sobre el primero que se inicia con una actividad efusiva (Coladas Andesíticas) cambiando, al final del cuaternario y la época contemporánea a una actividad mixta, lávica y explosiva (Thouret et al 1985).

Es lógico suponer que un millón de años son muchísimas las veces que el volcán ha entrado en actividad. Sólomente en los últimos 10.400 años, se han podido determinar por dataciones de carbono 14 sobre carbono vegetal provenientes de secuencias de cenizas con suelos sepultados, 12 diferentes actividades explosivas, separadas por periodos de tranquilidad que oscilan entre 140 y 4200 años, el

período más constante el de 200 años.

Las erupciones históricas que se conocen datan desde 1595. Esta fué observada y descrita por Cieza de León (1595) como una explosión catastrófica, cuya sucesión de productos se asemeja a la explosión ocurrida en marzo del 80 en el volcán Santa Helena en Estados Unidos pero difiere en otras características (Jouret et al 1985).

Los aludes de nieve que generaron los flujos de lodo y escombros de 1845 pueden haber sido causados por desestabilización en los glaciares, por efectos sísmicos o calentamiento del edificio volcánico como lo establece Mojica y Col. (1985) del relato de J. Acosta de 1846. Durante estos 390 años se han presentado erupciones menores con emisión de cenizas.

- La erupción de noviembre de 1985:

La erupción de 1595 se asemeja mucho a la del 13 de noviembre de 1985 y según los análisis hechos en las cenizas recogidas el 14 de noviembre en la región de Boyacá, se pudo establecer un alto contenido (53%) en diminutas partículas (shards) de vidrio fresco cuyo índice de refracción determinado en aceites de inmersión y microscopio petrográfico de doble polarización dió un valor de 1495, que corresponde a vidrios que contienen 75% de sílice y son considerados como vidrios muy félsicos o ácidos característicos de volcanes muy explosivos. Asociados se presentan cristallitos de hiperseno, hornblenda, lamprobolita, biotita y plagioclasa zonada que representa el (47%) restante.

La presencia de vidrio revela el porcentaje de fase líquida que contiene el magma, ya que al solidificarse por contacto con la temperatura ambiente al ser expulsado de la cámara por la explosión, produce vidrio y no cristales que es el resultado del enfriamiento muy lento. Además de esto, los vidrios son también prueba de que la explosión fué de tipo freático-magmático pues evidencia el contacto del magma con el agua subterránea, según la definición de Gary y Col. (1973) en el Glossary of Geology del American Geological Institute.

Por el contrario, otras emisiones de cenizas que comenaron un año antes, en 1984 correspondieron a explosiones freáticas que son de vapor, todo u otros materiales no incandescentes y son causados por calentamiento y consecuente expansión del agua subterránea y por la cercanía de fuente de calor ígnea infrayacente. En estas explosiones no hay presencia de vidrios primarios.

El material de Lapilli (diámetro de 4 a 32 mm) y bombas (diámetro mayor de 32 mm) que fué expulsado, son fragmentos de pumitas de composición andesítica compuesta de augita, hipersteno, flogopita, lamprobolita y plagioclasa sódico-cálcica en una matriz vítrea, excesivamente rica en sílice de composición riolítica. La roca total presenta (63%) en sílice.

Según Katsui y Col. (1986), las temperaturas del magma al tiempo de la explosión fueron estimadas por el uso de geotermómetros de dos piroxenos de Wood & Banno and Wells con resultados que oscilan entre 914° y 925°C en muestras de pumita blanca y 938° a

LOS VOLCANES DE COLOMBIA Y EL VOLCÁN DEL NEVADO DEL RUÍZ DR. VALENTÍN MALAGÓN.*

Como ya se ha descrito (10), Colombia hace parte del "Cinturón de Fuego del Océano Pacífico", y se encuentra bajo la influencia de sus fallas tectónicas, lo cual explica el gran número de volcanes que hay en el país. En efecto, en Colombia existen unos 30 volcanes, que están, en su mayoría, situados en la rama central de la cordillera de los Andes. De éstos, 11 son más o menos activos, 7 tienen una historia de arupciones y 4 están en estado de fumarola.

Jesús Emilio Ramírez, S.J. (15) clasifica los volcanes colombianos en 5 grupos de acuerdo con su situación geográfica:

"Primer Grupo: Los volcanes de la Cordillera Central, al Norte de Ibagué, Cerro de Tusa, Cerro Bravo, Alto Mellizo, Farallones de Valparaíso, Mesa de Herveo, El Ruíz, La Olleta, Las Palomas, El Cisne, Santa Isabel, Quindío, Tolima y El Machín."

"Segundo grupo: Los volcanes de la parte media de la Cordillera Central, entre los orígenes del río Magdalena y la región de Popayán: Serranía de la Fragua, el Huila, la región volcánica de Silvia y del río Coquiyó, el Puracé, el pico de Paletará en la Sierra de Coconucos, el Plan de Azúcar y el Sotará."

"Tercer grupo: Los volcanes de la Cordillera Oriental, entre Popayán y Pasto: el cerro de las Petacas, Doña Juana, El Cerro de las Ánimas, el Cerro Juanoi y el Páramo de Tajumbina."

* Miembro de Número de la Academia Nacional de Medicina, Bogotá, Colombia.

946°C en pumitas grises.

El volumen total de material expulsado fué estimado en 0.1 km³ que al caer sobre el casquete glaciar lo derretió y calentó el agua hasta una temperatura tal que después de dos horas de recorrido alcanzó a llegar a Armero con 40°C causando las quemaduras en los habitantes.

La distancia del volcán a Armero en línea recta es de 50 km aproximadamente; la primera explosión se presentó a las 15:00 horas y fué posiblemente de tipo freática. La segunda se sucede a las 21:08 horas y el flujo de lodo o lahar llegó a Armero cerca de las 23:00 horas, por ésto su velocidad ha sido calculada entre 40 y 50 kilómetros por hora.

Los focos sísmicos de los temblores y tremores registrados indican que la cámara magmática que se encuentra debajo del cráter Arenas está a una profundidad entre 3.5 y 5 kilómetros.

- Control y monitoreo del volcán:

En la (Fig.) se presentan esquemáticamente los diferentes aparatos que deben ser utilizados para poder, hasta cierto punto ejercer un control y eventualmente predecir una erupción volcánica.

El espectrómetro puede controlar las fumarolas dando los porcentajes de SO₂. De la relación S:Cl necesaria para medir ascenso en

- La cantidad de gases emitidos y el volumen de materiales expulsados han causado un "alivio" a la cámara magmática del Cráter Arenas, no obstante, pueden presentarse nuevas explosiones freático-magmáticas o activarse otras cámaras.

- El contenido de Sílica del vidrio y de las pumitas, permiten postular un carácter netamente explosivo con escaso riesgo de efusión de lavas.

- Los flujos de escombros no necesariamente son producidos por explosiones freático-magmáticas, por eso es necesario el control de los glaciares independiente de las actuales explosiones.

- El control monitoreo que se lleva a cabo actualmente en el Nevado del Ruiz es el indicado y permite predecir una nueva erupción o una avalancha.

Resumen:

Las erupciones volcánicas y los movimientos sísmicos son el resultado de la deriva de los continentes explicados hoy en día por la teoría de la "Tectónica de Placas". La Placa Nazca en el Pacífico, al sumergirse bajo la Suramericana, se funde y reactiva ocasionando el vulcanismo a lo largo de la Cordillera Central de Colombia.

Las explosiones freáticas con expulsión de cenizas así como los continuos pequeños movimientos sísmicos (tremores) que comenzaron en Diciembre de 1984 en el Cráter Arenas fueron el presagio de

la violenta explosión freático-magmática del 15 de noviembre de 1985 que expulsó gases (principalmente ClH , SO_3 , CO_2 , SH_2) y materiales sólidos de varios tamaños tipo bombas, lapilli y cenizas de un volumen estimado en cerca de 0.1 km^3 y a temperaturas de 925°C las que al caer sobre el casquete glaciar ocasionaron la fusión del hielo y el consecuente flujo de lodo y escombros o "lahar" que destruyó la localidad de Armero.

La baja conductividad térmica de estos materiales es la causa de que el lodo haya llegado a Armero con una temperatura promedio de 40°C lo que ocasionó quemaduras en sus habitantes.

Los análisis microscópicos efectuados en las cenizas muestran un contenido alto en vidrio (53%) muy rico en sílice (75%) mezclado con minerales de hierro y magnesio tipo anfíbol y piroxeno.

El conjunto presenta un promedio de (63%) de SiO_2 . Los porcentajes de SiO_2 permiten catalogar el volcán como de carácter netamente explosivo siendo el riesgo de lavas ínfimo o nulo.

las cámaras magmáticas.

Los inclinómetros permiten medir variaciones en las pendientes de las paredes del volcán y junto con el distanciómetro de rayo laser permite detectar "hinchazón" de la cámara.

Los sismógrafos miden los temblores y tremores en las cercanías del cráter.

Los termómetros controlan variaciones en temperaturas a las aguas.

Los análisis geoquímicos permiten detectar variaciones en los materiales expulsados y determinar proximidad de erupciones.

La toma de fotografías aéreas periódicas son de gran utilidad para controlar la aparición de grietas o el desarrollo de ellas en el casquete glaciar las que pueden ocasionar grandes desprendimientos de bloques de hielo con los consecuentes flujos de excombros o lahares.

Todos estos aparatos se encuentran actualmente en el Nevado del Ruiz manejado por el Instituto Vulcanológico Nacional; además están instaladas las alarmas para avalanchas o lahares.

Conclusiones:

- La explosión del 13 de noviembre de 1985 fué de tipo freático-magmática como corresponde a un volcán cuya cámara magmática está relativamente a poca profundidad.

"Cuarto grupo: Los volcanes alrededor de Pasto y Túquerres: el Galeras, el Morosurco, los dos Parascoi, el Bordoncillo, el cráter del Campanero, el Páramo del Frailejón y el Azufraí."

"Quinto grupo: Los volcanes vecinos al Ecuador: el Cumbal, la Serranía de Colimba, el Chiles y el Cerro de Mayasquer."

"El paisaje de los nevados adquiere un encanto particular, debido a los numerosos lagos o lagunas de origen volcánico, en forma de pequeños mares de cientos de metros de diámetro, y lagunas en los cráteres con aguas de típico color amarillo verdoso."

El P. Ramírez (ref.cit.) al hacer mención de los volcanes colombianos señala como están colocados: "sobre una base de rocas plutónicas, que proceden de erupciones terciarias de hace millones de años, y algunos los consideran como fogones relativamente superficiales de la corteza terrestre. Se encuentran todos ellos en la zona superior de la tierra fría, a más de 3.000 metros sobre el nivel del mar con la consiguiente vegetación de páramo. El interés de estos volcanes está pasando ya del desarrollo histórico de las erupciones a la composición mecánica eruptiva y relación entre la estructura geotectónica, historia de la tierra, etc."

"Espesas capas de terreno cubiertas por cenizas ligeras y arenas volcánicas, ofrecen hoy aún más allá de las faldas, tierras fáciles de labrantío, y apropiadas para el cultivo del café en las tierras templadas, cereales en las tierras frías".

El volcán del Nevado del Ruiz, que será el único al cual nos referiremos, está localizado a 4°-50'-55" lat.N., y a 75°16'20"

long.0., en la mitad septentrional de la Cordillera Central a 150-175 kms., al Este de la fosa pacífica y a 120 kms al Este de Bogotá. Tiene una altura de 5.432 m.s.n.m., siendo el segundo volcán colombiano en altura. Presenta un aspecto imponente con forma elíptica de 12 a 15 kms de diámetro, extendiéndose sobre un área de aproximadamente 175 kms² y dominando la altillanura volcánica con 2.400 m de desnivel. Su eje principal de dirección NNE es paralelo a la falla Palestina, una de las principales de la cordillera central. Presenta un cráter profundo en su parte noroeste de donde se desprenden gases a presión con gran intensidad. En su flanco suroeste tiene el cono parásito de la Olleta compuesto de cenizas, arenas y lapilli con un cráter de unos 40 metros de profundidad.

Desde el descubrimiento de América el volcán ha hecho erupción en tres oportunidades incluyendo la de 1985. La primera tuvo lugar el 12 de marzo de 1595, la segunda el 10 de febrero de 1845 y la última el 13 de noviembre de 1985, presentando las tres muchos aspectos en común; tanto en sus características físicas como en sus repercusiones humanas y sociales. Veámos la descripción que hace Fray Pedro Simón (), clérigo español, residente del Nuevo Reino de Granada, de la erupción de 1595, y las que hacen los historiadores colombianos José Manuel Restrepo y Gustavo Arboleda, de la de 1845:().

Fray Pedro Simón describe así la violenta erupción del 12 de marzo de 1595: ().

"Entre esta ciudad y el poniente, a diez y seis leguas de distancia, a donde parte términos con la de Cartago por partes montuosas y partes rasas, está un volcán, el más notable de este Reino, el cual es un cerro redondo nevado, altísimo, que de pocas partes del Reino se deja de ver en tiempo sereno, por la nieve de que está cubierto toda la vida; por cuya cumbre, y entre aquella envejecida nieve, está siempre saliendo una pirámide de humo, que se ve algo encendida en las más oscuras noches. Los rastros de piedra pómez, azufre y arena menuda negra que hay a muchas leguas de sus contornos, en especial a la parte de esta ciudad de Mariquita hasta el Río Grande, dan claras muestras de haber en otros tiempos reventado este volcán por cumbre y sembrado todas estas cosas; pero la reventazón que con evidencia vieron y oyeron los de este Reino fué a doce de marzo, domingo de Lázaro del año de mil quinientos noventa y cinco (1595), como a las doce del día, cuando dió tres truenos sordos como de bomba, tan grandes de haber reventado entre cerro por bajo de la nieve por el lado que mira al Este y nace este río Gualí. Abrió de boca más de media legua, en que quedó descubierta mucha piedra azufre, y debió sin duda hacerse la reventazón por el lado y faldas que siempre las tenía abiertas por muchas partes, a causa de que debe tener fuego muy profundo, y la boca de la cumbre angosta, y poder por allí vomitar tanta maleza como arrojó en esta ocasión. En la parte por donde reventó ahora tienen su principio dos famosos ríos, el que hemos dicho de Gualí, vecino a esta ciudad, y otro mayor que él, a cinco leguas camino de Ibagué, que llaman el de la Lagunilla, ambos como hemos dicho, de la nieve que se derrite de lo alto. Estos debieron de

atajarse con la tierra que arrojó la reventazón, y rebalsando algún tiempo sus corrientes, salieron después con tanto ímpetu, ayudado por ventura de nuevas fuentes que se abrieron en esta ocasión, que fué cosa de asombro sus crecientes, y el color del agua que trafan, con tan pestilencial olor de piedra de azufre que no se podía tolerar de muy lejos. Abrasaba la tierra por donde se extendía el agua y no quedó pescado en ninguno de los dos que no muriese. Fue más notable esta creciente que en el río Gualf, en el Lagunilla, cuya furia fué tal que desde donde desemboca por entre dos sierras para salir al llano, arrojó por media legua muchos peñascos cuadrados, en que se echó de ver su furia más que si fueran redondos, y entre ellos unos mayor que un cuarto de casa. Ensanchóse por la sabana más de media legua de distancia por una parte y otra, mudando por la una de nuevo la madre, y anegando la inundación todo el ganado vacuno que pudo antecoger en cuatro ó cinco leguas, que fué así extendido hasta entrar en el de la Magdalena, abrasando de tal manera las tierras por donde iba pasando, que hasta hoy no han vuelto a rebrotar sino cual y cual espartillo. No se sabe haber hecho otros daños". (ps.127-128).

Don Gustavo Arboleda describe así la erupción de 1845:

"Al terminar la administración Herrán ocurrió una gran desgracia en la provincia de Mariquita, por una formidable creciente del río Lagunilla, que ocasionó muchas pérdidas de vidas y de intereses materiales. El 18 de enero hubo una gran erupción del Ruíz, que produjo un derrumbe desde la cima del nevado, que trajo en su caída toda la nieve que lo cubría, la cual fue a dar al arroyo del Chispeadero,

afluente del mencionado río. En el lugar por donde éste sale de la cordillera a la explanada, alcanzaron las aguas una altura como de ciento sesenta pies sobre el nivel ordinario de ellas y se explayaron al llegar a la llanura que en una extensión de seis leguas convirtióse en inmenso arenal; las casas y caneyes fueron arrastrados y medio sepultados y los pocos árboles que quedaron embarrados hasta su copa, demostraban la inmensidad de la avenida. Hubo como cuatrocientas personas muertas; familias perecieron sin librar un solo miembro de ellas; muchos individuos que escaparon por la casualidad vieron perecer a los suyos, resultando de repente solos en el mundo; una niña de dos años se salvó asida del brazo de su madre, que había perecido y estaba casi sepultada en el fango; otros evitaron la muerte en troncos de árboles de los que se arrancó de cuajo la avenida y allí estuvieron alimentándose con cañas o plátanos que les arrimó la creciente, pasando algunos días entre ansias mortales. Por donde quiera que, a raíz del cataclismo, iban los individuos que con el gobernador de la provincia se dirigieron a prestar auxilio había miembros separados de las distintas personas que se extinguieron al golpe de los árboles que arrebató el empuje de las aguas. Se perdieron las plantaciones casi todas de tabaco, cerca de un millón de matas, y los ganados. Los capitales destruidos no bajan de medio millón de pesos" (ps.225-226).

José Manuel Restrepo () lo comenta así:

"El 19 del corriente, a las 7 de la mañana, ha ocurrido una catástrofe lamentable en el río Lagunilla, que corre del Poniente al

Este desemboca en el río Magdalena. En dicha hora se oyó un gran ruido en la vega del río, y se sintió como un temblor de tierra. En breve apareció una inmensa inundación de lodo que cubrió y arrastró los bosques, las casas y los desgraciados habitantes que no huyeron: unos quedaron sepultados y algunos pocos se acogieron a los árboles que resistieron la fuerza del torrente. Pocos de éstos se pudieron salvar y los demás perecieron de hambre y de sed, pues ninguno les podía socorrer. Han muerto como 1000 habitantes de la parte alta del valle de Lagunilla, y de 4 a 6 leguas cuadradas quedaron cubiertas de piedras, cascajo, arena y lodo de tierra no vegetal. Entre esto había grandes masas de nieve. La capa de lodo era de cinco pies de espesor en lo más bajo.

Luego que aquel torrente salió de la estrechura de la cordillera, donde subía a 200 varas de altura, se dividió en dos corrientes. La una siguió el antiguo cause del río Lagunilla hacia el Magdalena, y la otra invadió el valle de la quebrada de Santo Domingo arrastrando los bosques, lo mismo que si fueran de paja. Precipitose en el río Sabandija, y los árboles, lodo y piedras le formaron una fuerte represa que amenazaba inundar todo aquel valle; felizmente una fuerte lluvia que cayera por la noche hizo crecer los tributarios del Sabandija y sus aguas rompieron la tapia que cerraba el curso del río. Aún se ignora cuál fue la causa de este desastre. La opinión más probable es que una gran parte del nevado del Ruiz, de donde nace el Lagunilla, se derrumbó con la nieve y tapó el curso de las aguas; aumentadas éstas con el deshielo de la nieve rompieron la tapa, arrastrando cuanto encontraron al paso y mezclando mucha nieve que aún no se había disuelto.

Creer otros que acaso el Ruíz, que es un volcán, hizo alguna erupción de lodo, lo que prueban con el hecho de que aún el río Magdalena tuvo sus aguas hediondas a azufre. Se ensuciaron tanto que no se podían beber, y los peces, medio muertos, hufan a las orillas. El nevado del Ruíz está como a 10 leguas y todavía no han ido a registrar aquellos lugares para saber la causa de tamaño desgracia. El terreno cubierto era fértil y con sementeras de tabacos. Si las tierras quedan estériles, la pérdida se calcula en 500.000 pesos" (T.III, pgs.405-406).

La tercera erupción, motivo del desastre actual, tuvo lugar, como ya se ha mencionado, el 13 de noviembre de 1985. Sin embargo y ya desde once meses antes, había indicios de la reactivación del volcán. Estos antecedentes están resumidos en un estudio de la Facultad de Geología de la Universidad Nacional (), del cual tomamos textualmente:

ANTECEDENTES.

"Tras un período de 139 años de relativa calma, el 22 de diciembre de 1984 se presentó una sucesión de sismos locales que causaron alarma en los moradores del área próxima al Nevado del Ruíz. Dichos movimientos sísmicos estuvieron acompañados de ruidos subterráneos, intensificación de la normal actividad fumarólica y cambios en la coloración de la nieve por precipitación de azufre. Estos procesos continuaron intermitentemente, con menor intensidad, hasta el 11 de septiembre de 1985 (13:30 hora local), fecha en la cual se produjo una notable emisión de material piroclástico, acom-

pañada de intensas tempestades eléctricas sobre el Cráter Arenas. Hacia las 18:30 horas se inició un pequeño flujo de lodo que avanzó unos 8 kms por el cause del río Azufrado e interrumpió la carretera Manizales-Murillo (Ingeominas, 1985). Los piroclastos emitidos en esa oportunidad alcanzaron las poblaciones de Manizales y Chinchiná, donde dejaron una delgada película de polvo. La actividad fumarólica y sísmica continuó, con altibajos, hasta el 13 de noviembre de 1985, cuando se inició la actividad aruptiva que afectó localmente los glaciares."

De acuerdo, entonces, con este estudio, desde un año antes del desastre, la erupción del Nevado del Ruiz había sido prevista. Varios informes oficiales y noticias de la prensa local, (

), lo confirman. INGEOMINAS - Instituto de Investigaciones Geológicas y Minas - en informe del 26 de septiembre de 1985, () recomienda la evacuación de las poblaciones de la base del volcán. Este mismo instituto, el 7 de octubre del mismo año, rinde un informe () en donde destaca un riesgo de flujo de lodo del cien por ciento, con espesores de 25 a 50 metros por encima del cauce normal de los ríos. Este informe va acompañado de un mapa de riesgos volcánicos en el cual se muestra, entre otras regiones, a la ciudad de Armero cubierta de lodo lo mismo que el valle que lo circunda ().

El relato de la erupción y la formación del flujo del lodo que siguiendo el curso de los ríos Lagunilla y Azufrado destruyó la ciudad de Armero, siguen a continuación, éstos también tomados del estudio de Mojica y col.() de la Universidad Nacional de Colombia:

"El 13 de noviembre de 1985 ocurrió una reactividad importante del Volcán del Nevado del Ruiz, que dió lugar a varias erupciones - acompañadas de numerosos sismos - que arrojaron a la atmósfera grandes cantidades de material sólido (piroclastos) y de gases; los últimos fueron expulsados a través del cráter principal (Cráter Arenas) y de nuevos focos fumarólicos con arreglo concéntrico alrededor de él.

La acción conjunta de dichos procesos (a los cuales se sumaron lluvias torrenciales) causó rápidos deshielos de una parte, estimada en un 10% de los glaciares que cubren el volcán y alimentan los nacimientos de los ríos Lagunilla, Azufrado, Gualí, Claros y Molinos, generándose en cada uno de ellos avenidas de escombros rocosos y vegetales que limaron hasta la roca viva las paredes de los cauces utilizados, destruyeron los puentes y viviendas encontrados a su paso y, que a la salida de las zonas planas, arrasaron la ciudad de Armero, causaron graves destrozos en Chinchiná y algo más leves en Mariquita y Honda.

El evento que afectó a Armero fué en verdad el resultado de la conjunción de dos flujos casi simultáneos que descendieron por los cauces de los ríos Azufrado y Lagunilla, los cuales confluyen a unos 23 kms al W de Armero, en las proximidades de la población de Líbano. El material acarreado (lodo, arena, grava, cantos, bloques, raíces, troncos y ramas) provino en mayor proporción del cauce del río Azufrado, en el cual alcanzó alturas de hasta 40 mts (cerca a Casabianca); en el río Lagunilla, unos 2 kms antes de la confluencia

con el Azufrado, el flujo alcanzó apenas unos 10 m de altura. De acuerdo con la información existente, se calcula que el flujo avanzó hasta el Valle de Armero con velocidad promedio cercana a 40 km/hora.

Ocurrió en forma de pulsos sucesivos, que comenzaron cerca a las 22:45 hora local y terminaron horas más tarde. Su efecto sobre el casco urbano fue desigual, arrasando por las bases el sector central y cubriendo de lodo denso algunos sectores laterales. Es así, que al llegar a la región plana, la avenida rebozó el cauce normal del río Lagunilla y se dividió en tres brazos. El de mayor dimensión se proyectó por el cauce del antiguo río ("Rio Viejo"), hasta unos 18 kms al E, donde se encontraba el caserío de Santuario; el intermedio sobrepasó una baja divisoria de aguas y siguió hacia el Norte por el valle de la Quebrada Santo Domingo, hasta alcanzar el río Sabandija, causando un temporal represamiento en él, frente a Guayabal; el tercero y más discreto avanzó por el cauce habitual del río Lagunilla por un tramo de unos 10 kms.

Algunos sobrevivientes de Armero y algunos habitantes de Guayabal, mencionan que el flujo de lodo era de temperatura "tibia a caliente". Informes del personal médico de la Universidad Nacional que atendió a la emergencia señalan lesiones por quemaduras de 2o. grado en pacientes rescatados de Armero. Esto permite sugerir temperaturas de 60° - 70°C. El calor pudo deberse a la presencia de aguas calientes producidas por la erupción y, secundariamente, a la exotermia generada en reacciones químicas entre los ácidos (principalmente H_2SO_4) y el agua.

El área cubierta por los sedimentos fue de 3.387 hectáreas (33, 87 km²); el volumen total del material transportado hasta el Valle de Armero, incluidas las fases líquida y sólida, se estima en cerca de 80 millones de metros cúbicos; los daños materiales (vías, cultivos, contaminación de aguas, destrucción de distritos de riego) sobrepasarían los 30.000 millones de pesos".

El antiguo poblado de San Lorenzo creado a fines del siglo pasado y que recibió en 1930 el nombre de Armero, en honor de Don José León Armero, gobernador y comandante general del estado de Mariquita en el año de 1815, se transformó en los últimos cincuenta años en una próspera ciudad. En la noche del 13 de noviembre de 1985 fué destruida por el volcán. La descripción de la ciudad y el relato de su destrucción, que siguen a continuación, fueron tomados del estudio de Mojica y col. (loc.cit.).

"El Municipio de Armero se localiza en el nororiente del Departamento del Tolima y comprende: a) Una región cálida y baja, que hace parte del extremo meridional del Valle Medio del Magdalena; está conformada por extensas y fértiles planicies cuaternarias (alredañas a los ríos Lagunilla, Cuamo y Sabandija) y por colinas bajas, disectadas, con inclinación suave hacia el Este. b) Una región escarpada (Vereda San Pedro), de clima algo más benigno, en el pie de la Cordillera Central, con drenajes profundos captados por los ríos Lagunilla y Sabandija. El río Lagunilla y su afluente principal, el Azufrado, nacen en la ladera oriental del volcán Nevado del Ruiz (VNR) y se alimentan inicialmente de las aguas provenientes del deshielo de

los glaciares respectivos. Por el contrario, el río Sabandija no tiene conexión directa con los glaciares del Ruz, ya que su nacimiento se encuentra a media pendiente de la vertiente E. de la Cordillera Central, en el sector entre las poblaciones de Casabianca y Frías. Este poblado estaba ubicado a 1.5 kms al E. del pie de monte de la Cordillera Central a 335 m.s.n.m. En esta región termina el cañón del río Lagunilla, y es donde éste inicia su lento recorrido de 29 kms por la llanura, hasta desembocar en el río Magdalena. San Lorenzo, constituyó el núcleo urbano inicial, a partir del cual se desarrolló la ciudad de Armero, la cual de acuerdo con el último censo de 1985 tenía una población en el casco urbano de 20.300 habitantes y en el área rural de 6.900 habitantes".

REFERENCIAS

1. ARBOLEDA, G.; Historia Contemporánea de Colombia. Casa Editorial Arboleda y Valencia, Tomo I: 490. Tomo II , 475. Bogotá, 1919.
2. Aproximación a los Desastres Naturales: Seminario. Ibagué, 10. de Octubre de 1985.
3. CABALLERO, M.C., Bolillier X.; La avalancha de errores: El Tiempo, Noviembre de 1986.
4. Editores TIME - LIFE., Volcano: The Planet Earth: Time-Life Books, Alexandria, Virginia, 1982.
5. FORERO BENAVIDES A.; Temas Volcánicos: Lecturas Dominicales, El Tiempo, Enero 19 de 1986.
6. GONZALEZ H.; La gran crónica de la vida y muerte de Armero: Carcadas ante el peligro, El Espectador, Febrero 14 de 1986.
7. INGEOMINAS: Mapa preliminar de riestos volcánicos potenciales del Nevado del Ruíz, Bogotá, Octubre 7 de 1985.
8. INGEOMINAS; Concepto geológico sobre los fenómenos volcánicos ocurridos en Diciembre de 1984, en el área del Parque Natural de Los Nevados, Bogotá, marzo de 1985.
9. INGEOMINAS; Estudio de los riesgos volcánicos potenciales del Nevado del Ruíz, Bogotá, octubre 7 de 1985.
10. LLINAS, R.; Aspectos Geológicos del Desastre. Aspectos Médicos del Desastre erupción del Nevado del Ruíz el 13 de noviembre de 1986. Simposio, Bogotá 1986.

11. MALAGON, D.; Caracterización del flujo del lodo en la región de Armero. Informe de avance. Instituto Geográfico Militar Agustín Codazzi, Bogotá 1986.
12. MOJICA, J.; COLMENARES, F., VILLARROEL, C.; MACIA.; MORENO, M: Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el valle de Armero (Tolima, Colombia). Historia y comentarios de los flujos de lodo de 1845 y 1595. Geología colombiana; 14: 1, 1985.
13. NARANJO, J.L.; SIGURDSSON, H.; CAREY, S.N.; FRITZ, W.J.: The november 13, 1985 Eruption of nevado del Ruiz Volcano, Colombia: Tephra fall, Jokulhlaups and Lahars. Facultad de Geología y Minas de Caldas, Manizales, Caldas Colombia, Diciembre 1985.
14. PARDO, C.O.; Los últimos días de Armero. Plaza y Janés, Bogotá, 1986.
15. RAMIREZ, J.S.; S.J; Los volcanes de Colombia: Revista Académicas Colombianas de Ciencias Físicas y Naturales, XIII: 50, Dic. 1986, 222.
16. RESTREPO, J.M.; Diario Político y Militar: Biblioteca de la Presidencia de la República de Colombia, Imprenta Nacional de Bogotá; Tomo I: 403, Tomo II, 370, Tomo III, 576, Tomo IV, 742, 1954.
17. RITTMAN Ay, L.; Volcanos: G.P. Putnam's Son New York 1976.
18. SIMON & SHUESTER, INC.; The World's Worst Disasters of the Twentieth Century. Exeter Books New York, 1984.
19. SIMON, P.; Noticias historiales de las conquistas de tierra firme en las Indias Occidentales. Parte segunda y tercera. Casa Editio-

rial de Medardo Rivas, Bogotá 376, 1986.

20. THOURET, J.C., MURCIA, A., SALINAS, R.; PERIGNON: Memorias del VI Congreso Latino Americano de Geología, Tomo I, 9/12 Octubre, 1985, Bogotá Colombia.
21. OBREGON, C., LOPEZ, J.F.: Miles de millones de pesos bajo lodo. El Tiempo, Noviembre 17, 1985.

ILUSTRACIONES

Fig. 1 : En la superficie terrestre las áreas de fuerte inestabilidad como consecuencia de terremotos y volcanes, corresponden, en su mayor parte al cinturón de fuego circunpacífico o zona sísmica de fallas tectónicas que las originan. Atlas básico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Ed. Bedout S. A. Bogotá, 1982. p.32.

Fig. 2: La República de Colombia situada en la esquina noroeste de Sur América, se extiende en latitud desde los 12°-30' N., hasta los 4°-12'S. Sus longitudes extremas son los 66°-50' O. de Greenwich y los 79°-1' O., con una extensión de 1'134.258 kms². Rand McNally & Co. Atlas Mundial, p. 17 Grolier International, Inc. E.U.A., 1967.

Fig. 3: Colombia está limitada al N.O. por Panamá, al N. por el mar Caribe, al E. por Venezuela y Brasil, al S. por Perú y Ecuador y al O. por el O. Pacífico. El Oeste del país está ocupado por ramas terminales de la cordillera de Los Andes, que en el sur forma un gran macizo, el nudo de Pasto, que da lugar a tres ramas que, dirigidas hacia el norte, se denominan por su situación en cordilleras occidental, central y oriental. La cordillera central tiene una serie de encumbrados volcanes, algunos de ellos recubiertos de nieves perpetuas, entre los cuales sobresale el nevado del Huila con 5439 m.s.n.m., el volcán nevado más alto de la república y el Nevado del Ruiz con 5230 m.s.n.m.

Fig.10: Mapa de riesgos volcánicos potenciales del Nevado del Ruiz.
INGEOMINAS. Rep. por Colombia; sus gentes y regiones:IGAC:
2,30/31 junio de 1986.

Fig.11: Localización del macizo volcánico Rúz Tolima. Colombia:sus
gentes y regiones IGAC:2:52, 1986.

Fig.12: Conos de Lérida, Armero y Mariquita. En el diagrama se mues-
tran parte del eje volcánico del Ruiz y la vertiente orien -
tal hacia el río Magdalena. Nótese los Conos formados por
materiales principalmente volcánicos transportados torren-
cialmente por los rios Recio, Lagunilla y Gualí. Colombia: sus
gentes y regiones: IGAC:2:21, Junio de 1986.

Figs. Fotografías tomadas de Armero y alrededores después de la tra-
13 a 22: gedia. El Espectador. Noviembre, 1986.

Fig.23: Mapa del Departamento del Tolima. Al N.E.las ciudades de Honda,
Mariquita y Armero.

Fig.24: Plaza Mayor e Iglesia de Armero antes del desastre. Colombia:
sus gentes y regiones: IGAC: 2:52, Junio 1986.