



EL VULCANISMO

Por :

FRANCISCO ZAMBRANO ORTIZ

Mayo 5 de 1987



1. INTRODUCCION

El presente informe ha sido preparado especialmente para el TALLER PARA PERIODISTAS SOBRE TEMAS GEOLOGICO MINEROS DE COLOMBIA, trata sobre las causas del vulcanismo como fenómeno geológico natural, sus características, la forma de manifestarse y sus efectos.

La discusión conjunta de estas disciplinas con la participación de los medios de comunicación y los grupos multidisciplinarios de las ciencias geológicas, contribuye a mejorar el entendimiento de los procesos evolutivos que se presentan en nuestro planeta la Tierra. La difusión correcta y oportuna de estos fenómenos es fundamental para mantener debidamente informada a la ciudadanía en general, sobre las causas y los efectos de dichos fenómenos en tal forma que les permita asumir una actitud adecuada en el momento de presentarse un evento de esta magnitud.

Por otra parte, las diferentes hipótesis que han surgido a través de los años de estudio para explicar estos complicados mecanismos han permitido obtener un alto grado de conocimiento sobre los procesos volcánicos y su origen.

2o. EL VULCANISMO

El vulcanismo es el conjunto de complejos procesos mediante los cuales los materiales rocosos fundidos a altas temperaturas denominado MAGMA, así como los gases y vapor de agua, todos ellos atrapados y sometidos a considerables presiones en el interior de la tierra, buscan su salida a través de fracturas y zonas de debilidad. La manifestación externa de tales procesos viene a constituir y formar los volcanes.

Para entender los procesos mediante los cuales se genera el vulcanismo es necesario apoyarnos en los estudios y las numerosas hipótesis, especialmente las relacionadas con la constitución interna de la tierra, como también el origen de los continentes y los océanos, la deriva continental y la Tectónica de Placas.

La Tierra no es un cuerpo estático e invariable como a veces se piensa. Por el contrario es un planeta en estado de cambio y evolución constante debido principalmente a la lenta pérdida de calor proveniente de su interior. El movimiento global de las placas, la actividad volcánica y



sísmica, y otros fenómenos son aspectos que corresponden a los procesos geodinámicos que forman parte de la faz de la tierra.

2.1. Constitución Interna de la Tierra

Mediante estudios geológicos y sismológicos especialmente, se han identificado las diferentes capas o zonas que constituyen la tierra. En términos generales existen tres grandes divisiones que son : la zona externa o Corteza de constitución granítica y rígida con espesor entre 35 a 45 km; le sigue una segunda zona separada de la primera por la discontinuidad de Mohorovičić o "Moho" denominada Manto (Superior e Inferior), compuesto de silicatos ricos en magnesio y hierro, y que llega hasta una profundidad aproximada de 2.896 km; en tercer lugar se tiene el Núcleo (Interno y externo), compuesto primordialmente de níquel y hierro fundidos, hasta el centro de la tierra y por tanto con un radio aproximado de 3.474 km. Igualmente, se ha podido establecer que la densidad de la tierra aumenta gradualmente desde 3,3 gr/cm³ debajo de la corteza terrestre a 5,5 gr/cm³ en el fondo del manto y pasando a 9,5 gr/cm³ en el núcleo externo y progresivamente aumenta a 11,5 gr/cm³ en el límite del núcleo externo con el interno.

En cuanto a la temperatura, en el interior de la tierra, se sabe que aquella aumenta en 30 grados centígrados por cada kilómetro y medio que se desciende, de tal manera que la temperatura en el núcleo de la tierra podría ser del orden de 100.000 grados. No obstante lo anterior, se estima que tal temperatura puede ser del orden de 2.000 a 6.500 grados centígrados.

2.2. Deriva Continental

Esta teoría fué planteada por el meteorólogo australiano Alfred Wegener en el año de 1910, basado en estudios y observaciones de las márgenes continentales opuestas del Océano Atlántico, así como investigaciones Paleontológicas y litológicas. Propuso la idea de que todos los continentes han estado unidos en un único super continente hace 200 millones de años denominado PANGEA del cual se separaron y desprendieron los continentes. Explica que Norteamérica y Suramérica se habían desprendido de Europa y África y se desplazaron hasta ocupar la posición relativa actual.

La hipótesis originó una gran controversia y fué muy discutida tanto por físicos como por geólogos, ya que según ellos los mecanismos propuestos no se ajustaban en forma precisa.



Posteriormente surgieron otras teorías tales como Expansión del x
suelo oceánico que permitió explicar con mayor claridad el movi-
miento de los continentes. Igualmente los oceanógrafos descri-
bieron la existencia de una cordillera formada por montañas
submarinas que se extienden y ramifican por todos los suelos
oceánicos del mundo.

2.3. Tectónica de Placas

Esta hipótesis recientemente postulada explica que la litosfera
(constituída por los 100 Km exteriores de la tierra), está
compuesta por unas 20 placas rígidas que se mueven lentamente
(entre 1 y 10 cm/año), como resultado de las fuerzas producidas
por los movimientos internos de la tierra. Tanto las fracturas
de las placas tectónicas, así como sus movimientos verticales
y horizontales son producidos por las corrientes de convección
que se manifiestan en el manto terrestre, el que posee una tempe-
ratura más alta y una constitución mucho más plástica que la
corteza. En las cordilleras submarinas oceánicas, las placas
se separan y el material fundido que surge del manto forman una
nueva litósfera oceánica. El material menos denso que compone
la corteza continental es trasladado por las placas litosféricas
las cuales son mucho más densas. Aunque los movimientos son muy
lentos, debido a la magnitud de las placas y los volúmenes del
material involucrado los efectos son de gran magnitud.

La formación de la mayoría de las cadenas montañosas, así como
la actividad volcánica y los terremotos están asociados en las
zonas de convergencia y a los límites de las placas tectónicas.

3.0 VOLCANES

Un Volcán es una abertura de la corteza terrestre a través de la
cual se expulsa el magma o sea las rocas fundidas acompañadas de
gases y fragmentos de rocas de diferentes tamaños.

Las partes principales de un volcán son : la cámara magmática
localizada a profundidad y comunicada con la superficie por medio
de la chimenea; el orificio de salida se denomina cráter. La acu-
mulación de los materiales arrojados por el mismo volcán forma el
cono volcánico (Fig. 1). Igualmente pueden existir otros cráter-
es secundarios o adventicios , como ocurre con el Volcán Nevado del
Ruiz que además del cráter principal Arenas, existen los cráteres
la Olleta y la Piraña los cuales no tienen actividad en los actua-
les momentos.

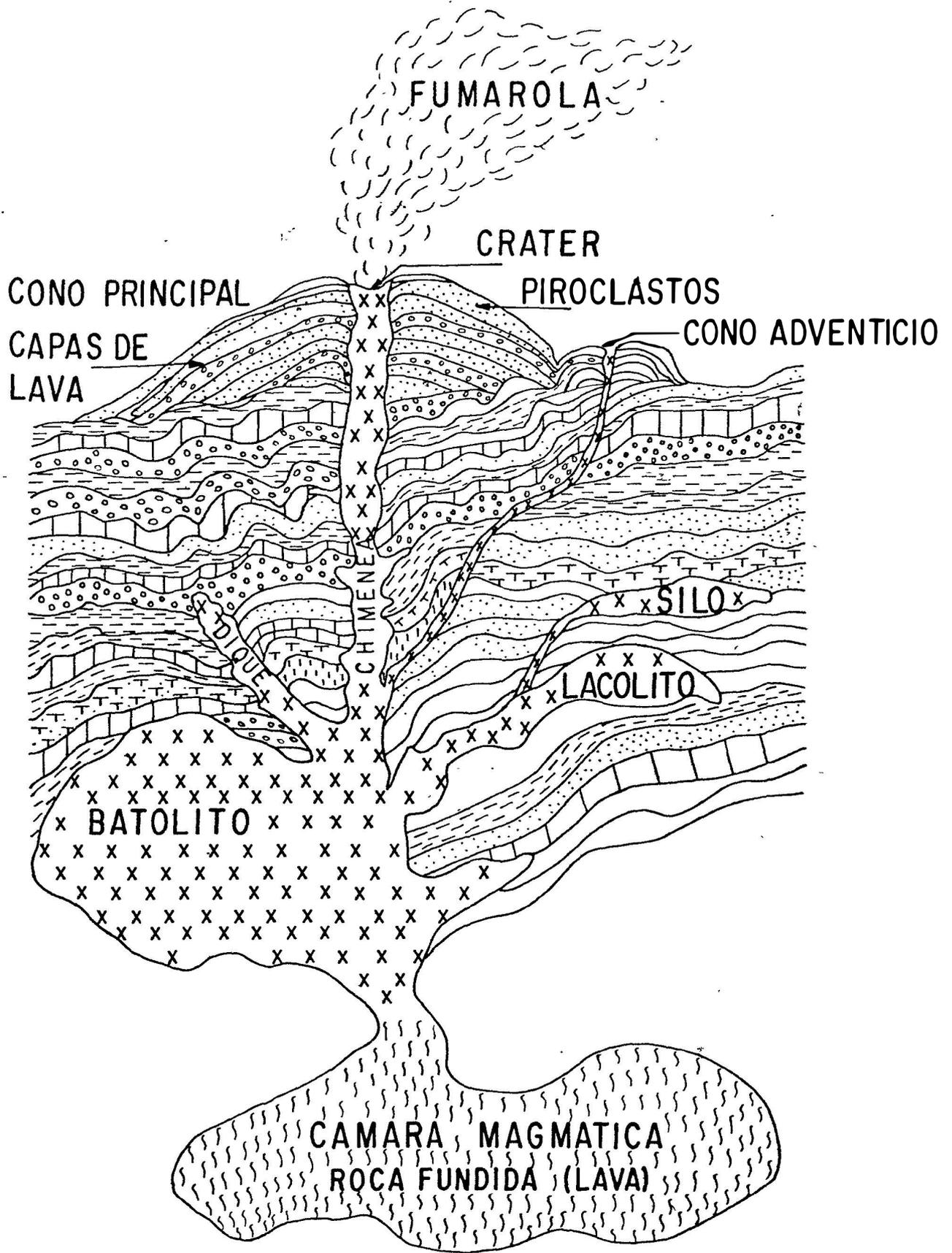


FIG. 1 CORTE ESQUEMATICO DE UN VOLCAN



Durante el ascenso del magma incandescente, éste puede penetrar por zonas de fracturas de las rocas encajantes y se consolida en el interior de la corteza mediante la pérdida de temperatura y presión. Este fenómeno permite que se formen las rocas ígneas intrusivas tales como los batolitos, lacolitos, diques y mantos tabulares. Las que se consolidan en el exterior son ígneas extrusivas.

El magma a altas temperaturas contiene en disolución diferentes sustancias tales como gases, vapor de agua.

El magma puede presentar tres diferentes estados físicos que son : hipomagma o sea el material fundido, sometido a altas presiones y a gran profundidad, donde los gases se presentan disueltos en forma molecular. Piromagma, el cual se encuentra a menor profundidad y con una presión de confinamiento intermedia. El epimagma que consiste en un material muy cerca a la superficie y carente de gases por la baja presión.

3.1. Tipos de erupciones Volcánicas.

Las erupciones volcánicas se presentan cuando la presión ejercida por los gases y el magma rompen el equilibrio existente entre la cámara donde están acumulados ascendiendo a la superficie a través de la chimenea o por las grietas o fracturas ya existentes o desarrolladas cuando empieza la actividad. Cuando la presión de los gases volcánicos es grande y la lava es viscosa, o los conductos de salida están obstruidos o taponados, se originan explosiones volcánicas de intensidad variable. Si la presión es baja y los conductos están libres el magma emerge formando corrientes de lava que descienden por la ladera del volcán. Las explosiones volcánicas son más comunes en los volcanes del cinturón Circum-Pacífico o del Fuego como es el caso de Colombia, y por tanto sus consecuencias son mucho más riesgosas que las emisiones de lava basáltica.

Por lo anterior las erupciones volcánicas se dividen en efusivas, explosivas y mixtas. Las erupciones efusivas se caracterizan primordialmente por la emisión de lavas y aunque pueden presentarse explosiones son de poca magnitud. Cuando se presentan erupciones de este tipo en los fondos marinos se forman cadenas de islas volcánicas.

Las erupciones explosivas de un volcán arroja nubes de gases y piroclastos, bombas que ocasionan caídas o lluvias de cenizas a causa de la fragmentación de las rocas que obstruyen o existen en la chimenea del volcán. Otros fenómenos asociados a la actividad de un volcán son las fumarolas, algunas fuentes termales y geiseres. Aunque estos fenómenos existan no son indicativos de una



inminente erupción volcánica. Las fumarolas son aberturas ubicadas ya sea dentro o cerca del cráter principal, por donde salen gases que forman columnas de vapores de diferentes alturas y colores.

Las fuentes termales son aguas superficiales que penetran en el interior de la tierra, las que una vez calentadas por el calor irradiado por el magma brotan a la superficie como manantiales de agua caliente. Los geiseres presentan un mecanismo similar pero de carácter intermitente.

3.2. Clasificación de los Volcanes

Las erupciones volcánicas presentan diferentes características que dependen especialmente de la composición del magma, los gases y la presión, así como la estructura de las fracturas que componen la chimenea del volcán.

Por lo tanto las erupciones volcánicas se han clasificado en los siguientes tipos : Hawaiiano, Estromboliano, Vulcaniano, Pliniano y Peleano.

Tipo Hawaiiano. Predomina efusión de fluídos y lavas móviles; el desprendimiento de los gases no tienen carácter explosivo.

Tipo Estromboliano. Emite lavas fluídas con desprendimiento de gases y explosiones rítmicas o continuas con formación de bombas y piroclastos.

Tipo Vulcaniano. La lava es viscosa y pastosa y rápidamente produce costras superficiales. Por lo general presenta fumarolas en forma de hongo y de color oscuro.

Tipo Pliniano. Se caracteriza por erupciones violentas y expulsión de gases que se elevan varios kilómetros de altura.

Tipo Peleano. Presenta una alta viscosidad y explosividad, con formación de masas sólidas y nubes ardientes incandescentes. De acuerdo a las características que presenta el Volcán Nevado del Ruiz, así como el registro geológico de sus erupciones anteriores, se considera que se clasifica dentro de este grupo.



3.3. Vigilancia De Los Volcanes

La vigilancia de los volcanes consiste en la realización de una serie de estudios con el fin de obtener la información necesaria que permita la reconstrucción de la historia evolutiva de un volcán, sus características y las posibilidades de que ocurran nuevos eventos volcánicos, así como su magnitud y consecuencias. Para este efecto se realizaron las siguientes actividades :

- Mapa de amenaza Volcánica

Esta actividad consiste en la elaboración de un mapa donde se delimiten las Zonas Vulnerables por los diferentes eventos en el caso de presentarse nuevas erupciones volcánicas. Esto permite a su vez conocer los lugares de mayor seguridad para posibles evacuaciones de la población en el caso de amenaza potencial. Este mapa tiene una gran utilidad en la planificación de los asentamientos humanos y la construcción de obras civiles.

- Estudios Sismológicos

Consiste en la instalación de una red de sensores en las cercanías del cráter para detectar los movimientos sísmicos producidos por el magma, gases y vapor de agua en el interior del volcán. Los movimientos que se producen por pequeñas que ellos sean, son captados por los sensores y transmitidos al centro de recepción por medio de señales de radio a los graficadores que registran en forma permanente en los sismogramas los eventos sísmicos. El procesamiento e interpretación de los sismogramas mediante el uso de programas de computador, se localiza el sitio, y la profundidad donde se originan los movimientos sísmicos del volcán, lo cual permite obtener información sobre el desplazamiento del magma y los gases. Esta información es muy valiosa para la elaboración del registro histórico de las características y comportamiento de un volcán.

- Medidas de deformación

El magma y los gases en su permanente movimiento y empuje hacia la parte superior del aparato volcánico en la mayoría de los casos producen deformaciones en las capas del cono volcánico las cuales por pequeñas que ellas sean suministran información muy valiosa sobre las presiones que se están generando.

Para medir tales deformaciones existen cuatro técnicas que miden los cambios horizontales o verticales. Estas son :

- Medidas electrónicas de deformación. Para este estudio se utiliza el geodímetro que dispara rayos laser que son reflejados en



- los reflectores ubicados en la cima y laderas del volcán, lo que permite determinar en forma muy precisa las distancias horizontales,
- Inclínometría seca. Consiste en materializar en el terreno un plano en forma de triángulo, el cual, es ocupado periódicamente para establecer las inclinaciones que sufre el terreno. Para lo anterior se utiliza un nivel de alta precisión. Para complementar esta tarea, adicionalmente se nivelan tramos o segmentos de 300 a 500 metros de longitud para determinar sus variaciones en el tiempo.
- Inclínometría electrónica. Consiste en niveles de burbuja de alta precisión ubicados alrededor del volcán que miden los cambios de inclinación de los flancos y envían mediante ondas de radio a un computador localizado en el centro de recepción de la información, donde se registran en forma automática.
- Estudios geológicos y geoquímicos de rocas. Con el propósito de conocer las características y composición del magma, se recolectan muestras de los diferentes productos volcánicos a las que se les practica análisis químicos y petrológicos.
- Geoquímica de gases. Mediante el uso de un equipo denominado espectrógrafo de correlación COSPEC, se determina desde cierta distancia del volcán el contenido de gases azufrados de la fumarola o columna de vapor que se desprende del cráter. El registro de los aumentos en el contenido de azufre contribuye a establecer las posibilidades de una próxima erupción.
- Observación Visual. Para verificar la información obtenida con los instrumentos, es preciso realizar observaciones periódicas tanto por tierra como por aire.

Las disciplinas y actividades descritas anteriormente se realizan en forma permanente cuando se requiere vigilar un volcán que se encuentra en actividad como es el caso actual del Volcán Nevado del Ruiz.

Cuando se trata de volcanes que no están en actividad pero son potencialmente activos o que han registrado erupciones históricas, con el fin de estudiar sus características y elaborar un registro histórico completo es indispensable hacer un levantamiento geológico detallado y un mapa de amenaza volcánica potencial.

Igualmente se debe instalar por lo menos un sismógrafo telemétrico en las cercanías del cráter, y realizar medidas de deformación por lo menos cada seis meses, mediante el uso del método de la inclinometría seca, descrita anteriormente.

3.4. Aprovechamiento de la energía terrestre

Los volcanes son producidos por los fenómenos geológicos naturales, y aparentemente constituyen para algunos una amenaza, lo cual es un concepto erróneo. Lo importante es estudiarlos y conocerlos en detalle para poder convivir con ellos.

Los volcanes son la expresión externa del calor atrapado en el interior de la tierra y por consiguiente son fuente de energía. La disciplina que se encarga del estudio y aprovechamiento del calor de la tierra se denomina GEOTERMIA, y el mayor número de campos geotérmicos del mundo se localizan precisamente alrededor del Cinturón Circum-Pacífico, entre los cuales está Colombia como se dijo anteriormente.

La energía geotérmica se viene aprovechando desde hace casi cien años, especialmente por los países que carecen de otros recursos energéticos tales como el petróleo, gas, carbón o hidro electricidad.

Igualmente el agua a altas temperaturas provenientes del interior de la corteza es aprovechada para el calentamiento de viviendas especialmente en algunos países del Hemisferio Norte.

Finalmente, es importante señalar que tanto los volcanes como las fuentes de agua caliente son aprovechadas en la actividad turística en varios países del mundo, con buenos resultados.

4.0 LOS VOLCANES EN COLOMBIA

Las investigaciones vulcanológicas revelan la existencia de por lo menos 500 volcanes activos en el mundo, en su gran mayoría ubicados alrededor del Cinturón Circum-Pacífico o "Anillo del Fuego", donde se presenta la más alta actividad sísmica y volcánica del mundo, explicada por la acción de las placas tectónicas y los mecanismos del Manto Terrestre. El Continente Suramericano ocupa el borde oriental de dicho cinturón y está afectado por la acción de la Placa de Nazca con desplazamiento de 6,5 cm/año, en sentido oriental y subyace por debajo de la Placa Suramericana, ésta con desplazamiento de 3,1 cm/año en sentido occidental, mecanismo responsable del levantamiento del Sistema Andino Colombiano y de la formación de los volcanes alineados en sentido sur-norte.

En Colombia se conoce la existencia de alrededor de treinta volcanes ubicados en la Cordillera Central a partir del límite con el Ecuador. Con la excepción del Volcán Nevado del Ruiz y en parte los volcanes Tolima y Huila, es muy poco lo que se conoce sobre la actividad histórica de los volcanes colombianos (Fig.2)



x Volcanes Activos

+ Volcanes Inactivos

FIG.2 LOCALIZACION DE LOS PRINCIPALES VOLCANES EN COLOMBIA



Por la ubicación de algunos de ellos en regiones densamente pobladas y su permanente actividad en los últimos años, es posible afirmar acerca de su actividad. En el estudio Volcanes (Mosquera D. 1986), se dice lo siguiente :

"En Colombia existen aproximadamente 30 aparatos volcánicos, localizados todos en la Cordillera Central, generalmente agrupados en secuencias de varios volcanes; la excepción es el volcán nevado del Huila que se encuentra aislado. Es importante anotar que debido al escaso conocimiento sobre el tema es posible que este número cambie sustancialmente cuando se logre definir si varios de los volcanes enumerados en los diferentes estudios podrían corresponder a cráteres advenedizos o parásitos de un gran volcán.

Para este estudio los hemos dividido de norte a sur en :

- a) Maar de San Diego.
- b) Sector del Parque Natural de los Nevados, área comprendida entre los municipios de Marulanda, Manizales e Ibagué, contiene los volcanes de Cerrobravo, nevado del Ruiz, nevado de El Cisne, nevado de Santa Isabel, páramo de Santa Rosa, nevado del Quindío, nevado del Tolima y el volcán El Machín.
- c) Sector norte-central de la cordillera, volcán nevado del Huila.
- d) Sector comprendido entre el nevado del Huila, Popayán y Pasto. Sobresalen los volcanes de Puracé, Pan de Azúcar, Pico de Paletará y Sotará.
- e) Sector de los alrededores de Pasto y Túquerres : volcanes de Cerro de Las Petacas, Doña Juana, Cerro de Las Animas, Bordoncillo, Galeras, Morosurco, Azufra!, Campanero y Patascoi.
- f) Sector frontera con el Ecuador : volcanes de Cumbal, Chiles, Cerro de Mayasquer, Serranía de Colimba, entre otros.

Históricamente varios de estos volcanes han tenido erupciones, algunas de las cuales de carácter catastrófico; once de ellos son activos, en siete se han reportado erupciones violentas y cuatro permanecen en estado fumarológico. Los volcanes activos son el nevado del Ruiz, el nevado del Tolima, el Puracé, Doña Juana, Galeras, Cumbal, Cerronegro Mayasquer; con fumarolas tenemos el volcán Machín nevado de Santa Isabel (Laguna del Otún), el Huila y el Azufra!."



4.1 Volcán Nevado del Ruiz

Los estudios que se han realizado hasta la fecha en el Volcán Nevado del Ruiz, han permitido obtener información muy importante acerca de las características de la actividad volcánica en el país. Esta labor actualmente a cargo del Observatorio Vulcanológico de Colombia, con sede en Manizales y adscrito al INGEOMINAS, extenderá esta tarea a los demás volcanes del país, especialmente en aquellos que presentan cierta actividad y están ubicados en las cercanías de las áreas pobladas.

Por los estudios realizados y publicados en el Mapa actualizado de Amenaza Potencial del Nevado del Ruiz (Parra, E et al, 1986), se conocen las características de los materiales volcánicos de dicho volcán de donde se extracta lo siguiente :

- Flujos de Lava

Las lavas son relativamente homogéneas, de composición andesítica y por lo tanto de una alta viscosidad; por esta razón su recorrido en la superficie es relativamente corto debido a su rápido enfriamiento y en consecuencia podrían ocupar solamente los cauces de los ríos en su parte alta.

- Flujos Piroclásticos

Los flujos piroclásticos son una mezcla de bloques, bombas lapillis, cenizas y gases calientes con temperaturas de 100 a 800°C; que son expulsados por el volcán y se desplazan por la superficie del terreno a velocidades entre 100 y 300 Km/hora. Estos flujos causan asfixia, enterramiento e incineración y daños por impacto, lo que hace que sea el evento más peligroso de los productos volcánicos.

- Explosión lateral dirigida

Este evento es un flujo piroclástico con características muy especiales e implica la destrucción parcial del aparato volcánico debido a las altas presiones ejercidas por la cámara magmática. Este tipo de explosión está acompañada por otros flujos piroclásticos y son los productos volcánicos más devastadores de las erupciones volcánicas ya que alcanzan velocidades hasta 500 Km/hora y temperaturas de 1.000°C. Las explosiones más peligrosas son las laterales de ángulo bajo.

- Caída de piroclastos

Se conocen con el nombre de piroclastos las partículas arrojadas por los volcanes y que de acuerdo a su tamaño reciben los siguientes



tes nombres : ceniza (menor a 2 mm de diámetro); lapilli (de 2 a 24 mm de diámetro); bloques y bombas (mayor de 64 mm de diámetro). Estos productos son transportados por el viento y se depositan por acción de la gravedad.

- Flujos de lodo (Lahares)

Los flujos de lodo son masas de fragmentos de rocas, hielo (cuando existe casquete glacial), agua lodo que se precipitan por los cauces de los ríos, arrastran los materiales que encuentran a su paso y los incorporan a lo largo de su recorrido. La velocidad de su desplazamiento depende de la pendiente; en el caso de la avalancha del volcán Nevado del Ruiz la velocidad fué del orden de 30 Km /hora. Como es natural, la magnitud de este tipo de evento volcánico depende del tamaño y tipo de erupción, de la disponibilidad de agua y material inconsolidado en la parte alta del volcán, así como de la geometría de los cauces de los ríos.

Para finalizar, es preciso señalar que el Proyecto que inició recientemente el INGEOMINAS para el establecimiento de la Red Sísmica Nacional y la vigilancia de los volcanes en el país, constituye un aporte significativo en la investigación de estas disciplinas a través del cual será posible obtener la información requerida para tomar las acciones necesarias a fin de minimizar las amenazas producidas por tales fenómenos geológicos.