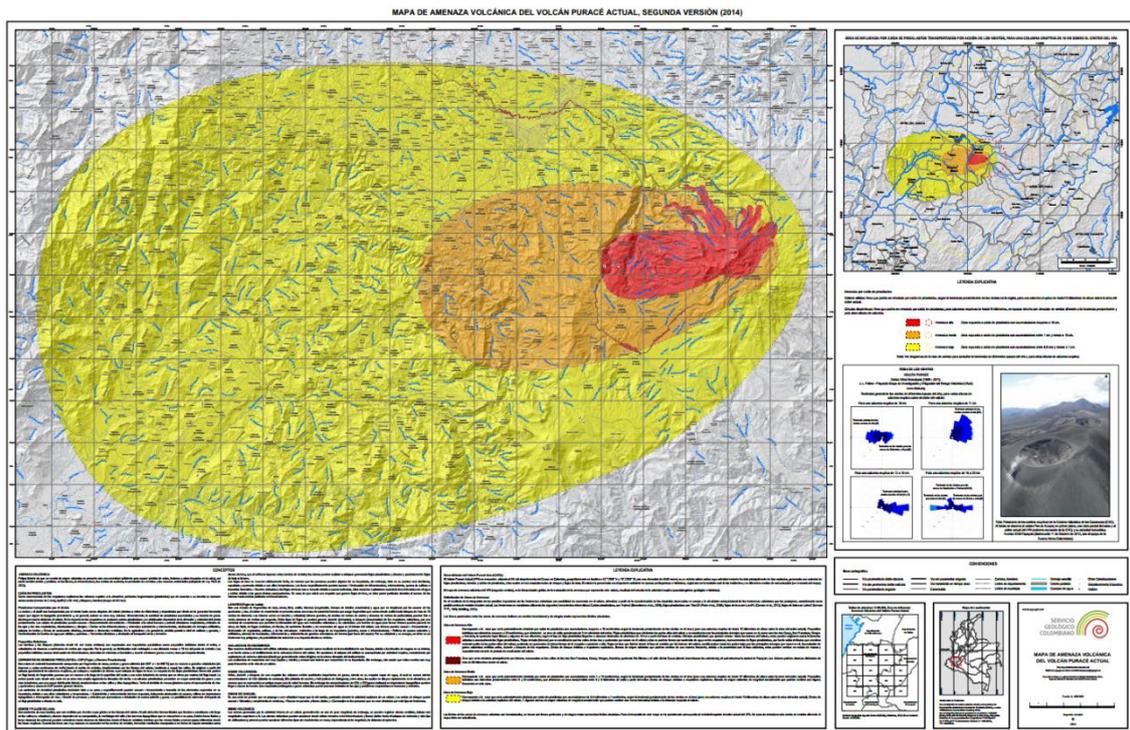


## ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE AMENAZA VOLCÁNICA DEL VOLCÁN PURACÉ ACTUAL SEGUNDA VERSIÓN (2014)

La actualización del mapa de amenaza del volcán Puracé Actual (VPA) se fundamenta en la evaluación de la amenaza volcánica; producto del análisis de la información geológica de detalle, levantada en campo en el año 2012, además de la revisión de los datos de los registros históricos encontrados para el mencionado volcán. Con base en lo anterior, se definieron los parámetros usados en la simulación de los fenómenos volcánicos considerados para la actualización del mapa de amenaza, teniendo en cuenta la metodología que ha venido implementando el Servicio Geológico Colombiano (SGC).



### CONCEPTOS

#### AMENAZA VOLCÁNICA:

Peligro latente de que un evento de origen volcánico se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (adaptado de Ley 1523 de 2012).

#### CAÍDA DE PIROCLASTOS:

Como consecuencia de las erupciones explosivas los volcanes expiden a la atmósfera partículas fragmentadas (piroclastos) que, de acuerdo a su tamaño, se conocen como: ceniza (menor de 2 mm); *lapilli* (2 a 64 mm); bloques y bombas (mayor de 64 mm).

**Piroclastos transportados por el viento:**

La ceniza y el *lapilli* son transportados por el viento hasta zonas alejadas del volcán (cientos o miles de kilómetros) y depositados por efecto de la gravedad, formando capas que siguen la topografía preexistente y, en general, cubren un área muy extensa. Generalmente, la cantidad de piroclastos acumulados y su tamaño de grano disminuyen con la distancia al volcán. En la mayoría de las erupciones se producen caídas piroclásticas y su distribución dependerá de la dirección y velocidad del viento predominante. Las caídas de piroclastos pueden causar:

- Oscurecimiento del ambiente.
- Afectación a la salud humana y animal: afecciones respiratorias, irritación de los ojos y las vías respiratorias, intoxicaciones y alergias.
- Daños en las infraestructuras y viviendas: cubrimiento y enterramiento, obstrucción de drenajes artificiales, colapso de techos y líneas de conducción eléctrica, corrosión a elementos metálicos.
- En la agricultura y ganadería: pérdida parcial o total de cultivos y ganado.
- Contaminación de fuentes de agua por sólidos y químicos.
- Tormentas eléctricas y afectación al transporte aéreo y terrestre.

**Proyectiles Balísticos:**

Las bombas y los bloques (diámetro desde 64 mm hasta métricos) son expulsados con trayectorias parabólicas como proyectiles balísticos desde el cráter, a velocidades de decenas a centenares de metros por segundo. Por lo general, su distribución está restringida a una distancia menor a 10 km del punto de emisión. Los proyectiles balísticos causan destrucción de infraestructura, incendios de viviendas o forestales y muerte o lesiones graves a seres vivos por impacto directo.

**CORRIENTES DE DENSIDAD PIROCLÁSTICA - CDP (Flujos y Oleadas piroclásticas):**

Son nubes de material incandescente compuestas por fragmentos de rocas, cenizas y gases calientes (de 300°C a > 800°C) que se mueven a grandes velocidades (de decenas a varios centenares de km/h) desde el centro de emisión por los flancos del volcán, tendiendo a seguir los valles. Se originan a partir del colapso gravitacional de columnas eruptivas, por colapso y explosión de domos o por colapso de flujos de lava. La mayoría de los flujos piroclásticos tienen dos partes: un flujo basal de fragmentos gruesos que se mueve a lo largo de la superficie del suelo y una nube turbulenta de ceniza que se eleva por encima del flujo basal. La ceniza puede caer desde esta nube en un área amplia siguiendo la dirección del viento. Las oleadas piroclásticas presentan un mayor contenido de gases y son más turbulentas, con una mayor distribución lateral, desplazándose en los valles y altos topográficos. Tanto el deshielo de masas glaciares como el represamiento de ríos y quebradas a causa de CDP pueden generar *lahares*. Las corrientes de densidad piroclástica destruirán todo a su paso y específicamente pueden causar:

- Arrasamiento e incendio de los elementos expuestos en su trayectoria, debido a sus altas velocidades y temperaturas.
- Cubrimiento y enterramiento del área expuesta, incluyendo obstrucción de cauces, relleno de depresiones topográficas e interrupción de vías.
- Muerte de personas y animales por quemaduras e inhalación de ceniza caliente y gases. La probabilidad de sobrevivir al impacto de un flujo piroclástico es nula.

**DOMOS Y FLUJOS DE LAVA:**

Son corrientes de roca fundida, que son emitidas por el cráter o por grietas en los flancos del volcán. Al salir del cráter forman lóbulos que tienden a canalizarse a lo largo de los valles; su

velocidad y alcance dependen de su composición, la morfología del valle y las barreras topográficas que encuentren a su paso. Existen lavas fluidas y lavas viscosas: las primeras pueden extenderse hasta decenas de kilómetros desde el foco de emisión; mientras que las menos fluidas avanzan pocos kilómetros desde los focos eruptivos. Cuando las lavas son muy viscosas se acumulan en los centros de emisión, formando montículos escarpados o en forma de cúpula conocidos como domos de lava, que al enfriarse taponan estos centros de emisión; los domos pueden explotar o colapsar generando flujos piroclásticos.

Los flujos de lava se mueven relativamente lento, de manera que las personas pueden alejarse de su trayectoria, sin embargo, todo en su camino será derribado, sepultado y quemado debido a sus altas temperaturas. Las lavas específicamente pueden causar: - Destrucción de infraestructura, enterramiento, quema de cultivos e incendios forestales. - Muertes atribuidas a los flujos de lava son a menudo debido a causas indirectas, tales como las explosiones cuando la lava interactúa con el agua, asfixia debido a los gases tóxicos acompañantes. En caso de que exista una erupción que genere flujos de lava, se debe poner particular atención al avance de los mismos hacia centros poblados o infraestructuras.

#### **LAHARES (Flujos de Lodo y de Escombros Volcánicos):**

Son una mezcla de fragmentos de roca, arena, limo, arcilla, biomasa (vegetación, troncos de árboles arrastrados) y agua que se desplazan por los cauces de las quebradas y ríos. Un *lahar* en movimiento se presenta como una masa de concreto húmedo que carga fragmentos que varían desde arcilla hasta bloques de más de 10 metros en diámetro. Los *lahares* varían en tamaño y velocidad; *lahares* grandes, de cientos de metros de ancho y decenas de metros de profundidad, pueden fluir a varias decenas de metros por segundo. Estos tipos de flujos se pueden generar durante (primarios) o después (secundarios) de las erupciones volcánicas, por una variedad de mecanismos que permiten la interacción del agua con materiales volcánicos y no volcánicos. Según su contenido de materiales sólidos, en su orden de mayor a menor concentración, se denominan: flujos de escombros y flujos hiperconcentrados volcánicos, estos últimos son conocidos comúnmente como flujos de lodo volcánicos; un flujo de escombros puede diluirse y transformarse en un flujo hiperconcentrado. Las fuentes de agua para formar *lahares* pueden provenir de nieve, de hielo, de lagos cratéricos, de lluvias, de corrientes fluviales o de reservorios de agua en el interior del volcán. Los *lahares* pueden causar: - Arrasamiento y destrucción de vegetación, cultivos y de las estructuras existentes a lo largo de su trayectoria (puentes, casas e infraestructura). - Relleno de cauces naturales y artificiales, además de inundación, enterramiento y aislamiento de grandes extensiones de terreno (por fuera del cauce). Por su velocidad y su energía, un *lahar* es un fenómeno muy peligroso y la probabilidad de sobrevivir a su impacto directo es mínima.

#### **AVALANCHAS DE ESCOMBROS:**

Son enormes deslizamientos del edificio volcánico que pueden suceder como resultado de la inestabilidad de sus flancos, debido a la intrusión de magma en su interior, a un fuerte sismo o al debilitamiento de la estructura interna del volcán. En ocasiones el colapso del edificio es acompañado por actividad eruptiva, caracterizada por explosiones de extrema violencia (*blast*) que generalmente están dirigidas en la misma dirección del deslizamiento.

Las avalanchas de escombros son muy rápidas y móviles y arrasan con todo lo que encuentran en su trayectoria. Sin embargo, vale anotar que estos eventos son muy poco frecuentes en la vida de un volcán.

#### **GASES VOLCÁNICOS:**

Antes, durante y después de una erupción los volcanes emiten cantidades importantes de gases, siendo en su mayoría vapor de agua, al cual se suman ciertas concentraciones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) y H<sub>2</sub>S (sulfuro de hidrógeno) entre otros, los cuales se diluyen rápidamente en la atmósfera, de manera que no representan un peligro mayor para la salud humana. Sin embargo las concentraciones de CO<sub>2</sub> y CO (gases inoloros) en depresiones topográficas pueden llegar a causar la muerte. Una exposición prolongada a gases volcánicos puede provocar irritación de los ojos y problemas respiratorios.

#### **ONDAS DE CHOQUE:**

Es una onda de presión que se propaga a una velocidad mayor que la del sonido, producida durante la actividad explosiva de un volcán. Las ondas de choque pueden causar: vibración y rompimiento de ventanas, fisuras en paredes y líneas vitales, conmoción en las personas que se vean afectadas por este tipo de fenómeno.

#### **SISMO VOLCÁNICO:**

Los sismos generados por la actividad interna de un volcán generalmente no son de gran magnitud; sin embargo, se pueden registrar sismos sentidos, incluso con magnitudes superiores a 5. Los sismos volcánicos pueden ocasionar desde daños menores en la infraestructura y líneas vitales hasta colapso de viviendas; además pueden ocasionar diferentes tipos de movimientos en masa, dependiendo de la magnitud y la distancia al epicentro.

### **LEYENDA EXPLICATIVA DEL MAPA DE AMENAZA**

#### **GENERALIDADES DEL VOLCÁN PURACÉ ACTUAL (VPA):**

El Volcán Puracé Actual (VPA) se encuentra ubicado al NE del departamento del Cauca en Colombia, geográficamente se localiza a 02°18'50" N y 76°23'50" W, con una elevación de 4640 msnm; es un estrato volcán activo cuya actividad reciente ha sido principalmente de tipo explosivo, generando una variedad de flujos piroclásticos, oleadas y caídas de piroclastos, a los cuales se han asociado ondas de choque y flujos de lodo. El volcán ha presentado una importante actividad en épocas prehispánicas e históricas, registrada en la tradición oral de los habitantes y en diferentes medios de comunicación (ver memoria del mapa).

El mapa de amenaza volcánica del VPA (segunda versión), es la interpretación gráfica de la evaluación de la amenaza que representa este volcán, resultado del estudio de la actividad eruptiva pasada (registros geológico e histórico).

## DELIMITACIÓN DE ZONAS DE AMENAZA:

Es el resultado de la integración de las posibles trayectorias de los fenómenos volcánicos con posibilidad de ocurrencia en el volcán, obtenidas a partir de la caracterización de los depósitos observados en campo y la simulación computacional de los fenómenos volcánicos que los produjeron, considerando como posible centro de emisión el cráter actual. Los fenómenos se modelaron utilizando las siguientes herramientas informáticas: Caídas piroclásticas, con Tephra2 (Bonadonna *et al.*, 2005), flujos piroclásticos con Titan2D (Patra *et al.*, 2005), flujos de lava con LavaPL (Connor *et al.*, 2012), flujos de lodo con LaharZ (Iverson *et al.*, 1998; Schilling, 2014).

Las líneas punteadas entre las zonas de amenaza indican un cambio transicional y de ningún modo representan límites absolutos.

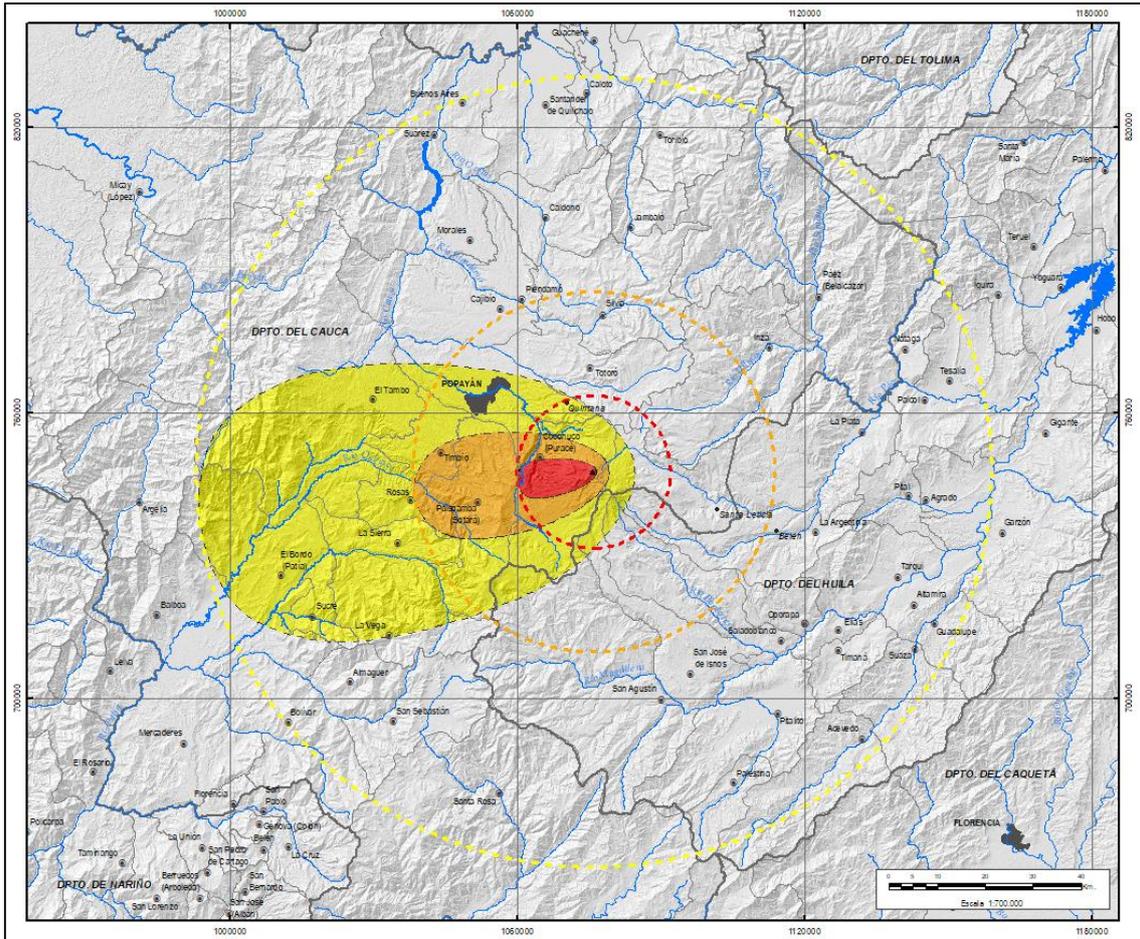
<b>Zona de amenaza alta:</b>	
	Corresponde a la zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos con acumulaciones mayores a 10 centímetros según la tendencia predominante de los vientos en el área (para una columna eruptiva de hasta 10 kilómetros de altura sobre la cima del cráter actual). proyectiles balísticos con diámetros mayores a 20 centímetros, que afectarían un área de radio aproximado de 3 km alrededor del cráter. Flujos piroclásticos que afectarían las partes altas del volcán y se canalizarían por los principales drenajes que nacen en él, como son: los ríos Cocuy, San Francisco, Vinagre y Anambío, la quebrada Agua Blanca y algunos de sus afluentes; según el tipo de flujo piroclástico llegarían a alcanzar distancias de alrededor de 10 km a partir del foco de emisión. Oleadas piroclásticas que podrían afectar todas las laderas del volcán, estas pueden originarse como fenómenos aislados o acompañando los flujos piroclásticos. Flujos de lodo ( <i>lahares</i> ) que se canalizarían por los valles de los ríos y quebradas que nacen en el volcán; estos se podrían formar por contenido de agua en las erupciones, represamientos de flujos piroclásticos, por fuerte caída de lluvias que arrastren material suelto en las partes altas del volcán, pudiendo ser generados al mismo tiempo de la erupción o posterior a ella. Flujos de lava que fluirían desde el foco de emisión por las laderas del volcán, canalizándose hacia las partes bajas por los principales drenajes que nacen en él. Acumulación de gases volcánicos emitidos antes, durante y después de las erupciones. Ondas de choque debidas a erupciones explosivas. Sismos de origen volcánico que podrían sentirse de una manera frecuente, debido a la proximidad con el foco volcánico, estos pueden sentirse en estado de reposo y especialmente durante el periodo de reactivación del volcán.
	Área que sería afectada principalmente por <i>lahares</i> , encausados en los valles de los ríos San Francisco, Cocuy, Vinagre, Anambío, quebrado Río Blanco y el valle del río Cauca (donde desembocan los anteriores), el cual atraviesa la ciudad de Popayán. Los <i>lahares</i> podrían alcanzar distancias de más de 50 kilómetros desde el volcán.
<b>Zona de amenaza media:</b>	
	Corresponde a la zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos con acumulaciones entre 1 y 10 centímetros, según la tendencia predominante de los vientos en el área (para una columna eruptiva de hasta 10 kilómetros de altura sobre la cima del cráter actual). proyectiles balísticos con diámetros predominantes entre 6 y 20 centímetros, que afectarían un área comprendida entre 3 y 5 kilómetros de radio a partir del cráter. Ondas de choque debidas a erupciones explosivas. Sismos de origen volcánico de magnitud considerable que podrían sentirse con alguna frecuencia en esta zona.

### Zona de amenaza baja:



Corresponde a la zona que sería potencialmente afectada por caída de piroclastos con acumulaciones de 0.5 milímetros a 1 centímetro, según la tendencia predominante de los vientos en el área (para una columna eruptiva de hasta 10 kilómetros de altura sobre la cima del cráter actual). Ondas de choque debido a la actividad explosiva del volcán. Y algunos sismos de origen volcánico de magnitud considerable que podrían sentirse con menor intensidad debido a la distancia respecto al volcán.

### Área de influencia por caída de piroclastos transportados por acción de los vientos:



### Leyenda Explicativa

**Zonificación de amenaza por caída de piroclastos transportados por el viento:** La delimitación de las zonas potencialmente afectadas por caídas de piroclastos transportados eólicamente fue realizada usando el modelo numérico de advección-difusión TEPHRA2 (Bonadonna *et al.*, 2005), para una altura de columna de 10 km. La distribución de las caídas piroclásticas sigue la tendencia predominante de los vientos en el área con dirección occidente - noroccidente (WNN).

**Colores sólidos:** Área que podría ser afectada por caída de piroclastos, según la tendencia predominante de los vientos en la región, para una columna eruptiva de hasta 10 kilómetros de altura sobre la cima del cráter actual.

**Círculos discontinuos:** Área que podría ser afectada por caída de piroclastos, para columnas eruptivas de hasta 10 kilómetros, en épocas del año con dirección de vientos diferente a la tendencia predominante y para otras alturas de columna.

<b>Zona de amenaza alta:</b>	
	Zona expuesta a caída de piroclastos con acumulaciones mayores a 10 cm.
<b>Zona de amenaza media:</b>	
	Zona expuesta a caída de piroclastos con acumulaciones entre 1 cm y menor a 10 cm.
<b>Zona de amenaza baja:</b>	
	Zona expuesta a caída de piroclastos con acumulaciones entre 0.5 mm y menor a 1 cm.