



## A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1. TIPO DE PROYECTO:

|         |  |                    |   |
|---------|--|--------------------|---|
| Interno |  | Grupal             | X |
| Semilla |  | Multidisciplinario |   |

### 2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

|        |   |          |  |
|--------|---|----------|--|
| Básica | X | Aplicada |  |
|--------|---|----------|--|

### 3. UNIDAD EJECUTORA *(Departamento, Instituto o Estructura de Investigación)*

1. Departamento de Geofísica - Instituto Geofísico ✓
2. Departamento de Geología
3. Departamento de Metalúrgica Extractiva
4. Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias – Zona 2 (Tena, provincia de Napo)

### 4. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Análisis y evaluación de la amenaza volcánica en el Ecuador (DG-IG)
2. Estructura, desarrollo y geocronología de los edificios volcánicos del Ecuador (DG-IG)
3. Dinámica de los procesos volcánicos en Ecuador (DG-IG)

### 5. TÍTULO DEL PROYECTO *(mínimo 10 palabras):*

**Estudio, identificación, caracterización y evaluación de los productos eruptivos del Volcán Sumaco.**

### 6. RESUMEN *(máximo 200 palabras)*

El volcán Sumaco, ubicado en la amazonia ecuatoriana, es un volcán que ha experimentado seis erupciones de pequeña magnitud en los últimos 360 años y cuatro erupciones más grandes en los 4400 años. Aunque las erupciones históricas del volcán no han sido observadas, se estima que las más recientes ocurrieron entre 1865 y 1925 (Colony & Sinclair, 1928). El objetivo de este proyecto es dar a conocer a la comunidad las implicaciones de las erupciones asociadas al Sumaco mediante la elaboración de un mapa de peligros volcánicos. Este nuevo estudio complementará información de trabajos anteriores como Salgado J., 2019; Garrison et al., 2018; Bourdon et al.,



2003; Eissen et al., 2002. Esto aportará a mejorar la evaluación de sus amenazas volcánicas asociadas y al mejor entendimiento de la evolución y estructura de su edificio.

Los principales análisis serán: Identificar y caracterizar los productos volcánicos; realizar la descripción de capas de ceniza y análisis geoquímicos de elementos mayores. Se prevé realizar dataciones radiométricas para estimar las edades absolutas de algunos depósitos. Se realizará la evaluación y simulación computacional de los fenómenos (avalanchas, caídas de piroclastos y flujos piroclásticos, de lava y lodo) y representarlos en un mapa de peligros volcánicos.

## 7. PALABRAS CLAVE (4-6)

Sumaco, Geología, Peligros Potenciales, Mapa de Peligros.

## 8. OBJETIVOS

### 8.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar una evaluación de los peligros volcánicos potenciales del Sumaco mediante la simulación computacional de sus fenómenos volcánicos.

### 8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar una síntesis de la historia geológica y volcánica del Sumaco.
- b. Realizar un nuevo muestreo específico y caracterización de algunos depósitos eruptivos recientes del volcán Sumaco para complementar la información geológica existente.
- c. Caracterizar petrográficamente (descripciones en muestra de mano, lámina delgada y lupa binocular) y geoquímicamente (elementos mayores) de los depósitos volcánicos estudiados.
- d. Generar un nuevo modelo digital de elevaciones (DEM) usando imágenes ópticas satelitales Pléiades. Este permite tener un buen control en la distribución y presentación del mapeo de los depósitos y tránsito en el modelamiento computacional. Igual como la distribución de otros productos como son los piroclastos de caída.
- e. Establecer con dataciones radiométricas las edades de formación de productos eruptivos específicos del volcán Sumaco.
- f. Escoger los parámetros que se estimen convenientes para llevar a cabo la zonificación por cada una de las amenazas volcánicas que podrían generarse en el futuro durante una erupción del volcán Sumaco.
- g. Presentar y evaluar las amenazas volcánicas utilizando simulaciones computacionales.
- h. Realizar un mapa regional de amenazas volcánicas potenciales del volcán Sumaco.



## 9. HIPÓTESIS *(opcional)*

- a. Con los resultados de este trabajo se busca dar a conocer a la comunidad las amenazas volcánicas potenciales asociadas al Sumaco y contribuir al conocimiento de la evolución y estructura de su edificio volcánico.

## 10. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS *(con relación a los objetivos)*

- a. Colecciones de muestras de rocas y muestreo de los distintos depósitos eruptivos del volcán Sumaco.
- b. Descripciones detalladas y semi-detalladas de productos volcánicos del Sumaco.
- c. Bases de datos de descripciones bajo lupa binocular de capas de ceniza del volcán Sumaco.
- d. Bases de datos e interpretación de análisis geoquímicos (elementos mayores) y geocronológicos de las muestras representativas de los depósitos muestreados.
- e. Determinación y delimitación de la potencial distribución de algunos productos volcánicos, como son las avalanchas, los flujos de lavas, de lodo, flujos piroclásticos y caídas piroclásticas.
- f. Establecimiento de escenarios eruptivos más probables de ocurrencia en una próxima actividad eruptiva del Sumaco.
- g. Archivos shapefile o rasters de los resultados de simulaciones computacionales de los distintos fenómenos volcánicos.
- h. Elaboración de un mapa regional de peligros volcánicos del Sumaco.
- i. Difusión de los nuevos conocimientos sobre el volcán Sumaco a las autoridades y comunidades ubicadas alrededor del volcán.

## 11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN *(científico, social, económico u otros)*

### 11.1 Impacto Social

La realización de esta investigación es positiva ya que nos permitirá evaluar las amenazas volcánicas potenciales del Sumaco. Los fenómenos asociados al volcán representan una amenaza potencial para los habitantes principalmente de Pacto Sumaco, Loreto, Ávila y Ávila Viejo e infraestructura como puentes, carreteras y sistemas de agua potable. Por lo cual, el presente trabajo permite mejorar la evaluación de las amenazas asociadas a este volcán, incidiendo positivamente en la reducción de la vulnerabilidad y aportando a la evaluación del riesgo.

### 11.2 Impacto Económico

Al conocer de mejor manera las amenazas volcánicas en el país, este conocimiento será un importante insumo al momento de generar políticas de ordenamiento territorial y gestión de riesgos en general. Además, el volcán Sumaco, es un importante recurso turístico en la zona, principalmente para las poblaciones más cercanas como Pacto Sumaco y Guagua Sumaco, en las cuales el turismo es un ingreso económico importante para sus comunidades. Además, en el propuesto de promover el Geoparque Sumaco, la existencia de estudios geológicos y un mapa de



amenazas bien elaborado y publicados serán insumos importantes para aportar a la postulación de este geoparque frente al UNESCO.

### 11.3 Impacto Político

El Sumaco, es un volcán poco conocido debido principalmente a su difícil acceso. El desconocimiento de la historia y de los peligros volcánicos puede facilitar a que las personas mal intencionadas hablen y esparzan rumores de una posible erupción del volcán. O incluso que desconozcan su existencia y por ende las amenazas potenciales asociadas al volcán. Estos tipos de comentarios tienen un efecto negativo en el orden social y político. Información confiable y veraz que genera esta investigación será una manera de contrarrestar tales rumores.

### 11.4 Impacto Científico

Esta investigación generará un impacto científico muy significativo porque aportará al conocimiento del volcán, identificando sus productos eruptivos y realizando un análisis vulcanológico, petrográfico y geoquímico, así intentando entender su estructura y evolución.

### 11.5 Otro Impacto

Se han distinguido dos distintos depósitos de avalanchas del volcán Sumaco. El depósito aparentemente más reciente se encuentra al sur del edificio volcánico y guarda una relación composicional con la cicatriz de colapso de la parte superior del edificio. Nuevas observaciones de campo junto con dataciones radiométricas quizás nos permitirán tener una mejor idea de los fenómenos ocurridos en el volcán y poder definir la estructura de su edificio volcánico.

## 12. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO

*(máximo tres carillas)*

A continuación, se describen brevemente algunos estudios y trabajos:

***Sinclair, J. H., & Wasson, T. (1923). Explorations in Eastern Ecuador.***

Los autores presentan una descripción general de su travesía exploratoria que inició en Ambato y terminó en la ciudad de Riobamba, para determinar las posibilidades de una eventual producción de petróleo en el Oriente Ecuatoriano. Esta expedición a través de largos ríos y segmentos de selva virgen fue la primera en localizar y obtener la elevación del volcán Sumaco. Según los autores El Sumaco es la característica fisiográfica más remarcable que observaron en la planicie amazónica, con una altura de 12700 pies.

***Colony, R. J., & Sinclair, J. H. (1928). The lavas of the Volcano Sumaco, eastern Ecuador, South America.***

Los autores al inicio describen algunas expediciones realizadas con el objetivo de explorar la región localizada al este de los Andes Ecuatorianos. En base a los relatos de Jiménez de la Espada y el Comandante Dyott sobre el cráter del volcán Sumaco concluyen la posible existencia de un periodo de actividad volcánica entre 1865 – 1925. Además, narran el trabajo petrográfico realizado por el Comandante Dyott, incluyendo el análisis microscópico y geoquímico, que revela



la presencia de minerales feldespatoides en el magma del volcán Sumaco, principalmente la presencia de hauyna.

**Hall, M. (1977). *El Volcanismo en el Ecuador. Quito-Ecuador: IPGH, Sección Natural del Ecuador.***

En este trabajo se presenta un resumen del volcanismo cuaternario en el Ecuador a la fecha de la publicación. El autor describe aspectos importantes del volcanismo en el Ecuador, su historia y los conocimientos de cada volcán del territorio ecuatoriano, principalmente de los volcanes “activos”. Se incluye también aspectos generales de los 27 volcanes considerados como “apagados”. Hall describe a cada volcán por sus principales características geomorfológicas y petrográficas, además de algunos rasgos fisiográficos. En el caso del Sumaco, el menos conocido de todos los volcanes activos, describe su historia conocida, la petrografía de sus lavas y confirma la inactividad del volcán en las últimas décadas, sin descartar una actividad en los últimos siglos al tener un cono poco afectado por la erosión.

**Barragan, R., Geist, D., Hall, M., Larson, P., & Mark Kurz. (1998). *Subduction controls on the compositions of lavas from the Ecuadorian Andes.***

Los autores presentan los resultados del estudio de tres volcanes de los Andes Ecuatorianos: Atacazo, Antisana y Sumaco con la finalidad de definir el rol de la asimilación en la génesis del magma y poder determinar características geoquímicas representativas de cada uno. Con respecto al volcán Sumaco el estudio presenta una caracterización de sus lavas que muestran su afinidad shoshonítica diferente de otras provincias shoshoníticas de los Andes, además de su menor contenido en SiO<sub>2</sub> respecto a las lavas del Atacazo, relación opuesta a la esperada por los procesos de asimilación de material crustal.

**Eissen, J.-P., Bourdon, E., Beate, B., Hidalgo, S., & Cotten, J. (2002). *Second partial melting stage of a slab-melt metasomatized mantle at Sumaco volcano (Northern Volcanic Zone, Ecuador).***

En este trabajo, los autores realizan un estudio petrográfico, geoquímico e isotópico de las lavas del volcán Sumaco. Estas lavas presentan grandes afinidades geoquímicas con los basaltos ricos en Nb que se encuentran de manera casi sistemática en asociación con las adakititas en otros arcos volcánicos del planeta. La principal característica de estas lavas es su alta concentración en Nb, por lo cual, los autores sugieren que se producen en un manto metasomatizado por magmas adakíticos resultado de una segunda etapa de fusión parcial más profunda a una tasa de fusión mucho más baja.



Respecto a la caracterización de las lavas del Sumaco, estas poseen características isotópicas similares con las lavas del Pichincha lo que sugiere un origen común y ninguna participación de la corteza continental. Los autores sugieren que pueden ser producidas por la desestabilización de la flogopita en el manto.

***Hoffer, G., Eissen, J.-P., Beate, B., Bourdon, E., Fornari, M., & Cotten, J. (2008). Geochemical and petrological constraints on rear-arc magma genesis processes in Ecuador: The Puyo cones and Mera lavas volcanic formations.***

Los autores presentan el estudio de dos formaciones volcánicas localizadas aproximadamente a 100 km al sur del volcán Sumaco, lo que permite extender la provincia volcánica del tras arco ecuatoriano hacia el sur del país. El flujo de lava El Mera y los conos de escoria El Puyo son formaciones con características singulares de trasarco por su contenido de 42 % wt SiO<sub>2</sub>, se clasifican dentro del campo de absarokitas ultrapotásicas y presentan características químicas asociadas a esta provincia volcánica.

En el estudio, estas formaciones volcánicas son comparadas con otras lavas pertenecientes al tras arco ecuatoriano como son las lavas del Sumaco con el objetivo de cuantificar las condiciones de génesis de estos magmas y proponer modelos del magmatismo ecuatoriano.

***Garrison, J. M., Sims, K. W. W., Yogodzinski, G. M., Escobar, R. D., Scott, S., Mothes, P., Ramon, P. (2018). Shallow-level differentiation of phonolitic lavas from Sumaco Volcano, Ecuador.***

Este trabajo representa el estudio petrográfico más reciente del volcán Sumaco. Los autores se enfocan en el estudio mineralógico y geoquímico de las lavas del Sumaco con el objetivo de desarrollar un modelo petrogenético de estas rocas volcánicas.

El modelo petrogenético presentado en este trabajo muestra esquemáticamente la configuración de la zona de subducción y la profundidad relativa donde los minerales tienden a ser estables.

Considerando las características de la zona de subducción y la geoquímica de la serie fonolítica los autores sugieren un modelo combinado de fusión por descompresión e hydrous flux melting para el volcán Sumaco. Además, proponen tres ensamblajes mineralógicos alcalinos que comprenden al menos dos regímenes presión/temperatura.

***Rosenbaum, G., Sandiford, M., Caulfield, J., & Garrison, J. M. (2018). A trapdoor mechanism for slab tearing and melt generation in the northern Andes. Geology, 47(1), 23-26.***

Los autores utilizan datos de terremotos bien restringidos desde el borde norte del segmento de flat slab de Perú, que revelan que la placa subductora de Nazca está más retorcida de lo que se



suponía anteriormente, con un desgarro prominente desarrollado a lo largo de una rampa lateral que limita el flat slab peruano debajo del sur de Ecuador.

Para los autores la geometría del slab y la rotura asociada están espacialmente vinculadas al volcán Sumaco ~ 100 km al este del frente del arco, esto debido a que las lavas máficas de Sumaco muestran firmas geoquímicas consistentes con la fusión de bajo grado ( $\leq 3\%$ ) de una fuente de manto superior que comprende basaltos de las dorsales medio oceánicas (MORB) dentro del campo de estabilidad de la espinela, y el metasomatismo de la fuente por los fundidos derivados de la porción basáltica del slab dentro del campo de estabilidad granate ( $> 80$  km de profundidad).

Además, proponen que la fusión focalizada en el borde del slab se permitió mediante la combinación del desgarro y la generación del flujo de manto poloidal en la proximidad de la rotura. Una posible explicación para este proceso es la apertura de una rasgadura de tipo trampa, que indujo un flujo de manto poloidal por el hundimiento gravitacional del borde relativamente viejo y denso del segmento de flat slab.

***Salgado Loza, J. A. (2019). Estudio de los depósitos volcánicos desde el Pleistoceno superior del volcán Sumaco, provincias de Napo y Orellana (Bachelor's thesis, Quito, 2019).***

En este trabajo se identificó los productos del volcán desde el Pleistoceno Superior hasta el reciente. Los productos encontrados fueron estudiados petrográficamente, además realizaron análisis geoquímicos y secciones delgadas de muestras representativas. En total estudiaron cuatro depósitos de avalanchas (DAE-RS, DAECHC, DAE-LP y DAE-RG), tres flujos de lava (F.L. Hollín, F.L. Guamaní y F.L. Huataracu), un depósito de flujo de lodo (Lahar Loreto) y dos depósitos de flujos piroclásticos (“Antigua Mina Loreto” y “Mina Consejo Provincial Karutambo”). Realizaron dataciones con el método de radiocarbono del depósito de avalancha DAE-RS (sector NE, cerca de Karutambo), el resultado del análisis indica una edad mayor a 43 500 años BP. Además, el flujo de lodo “Puente Loreto” ha dado una edad de 25 310 años BP.

Identificaron mediante el estudio de cuatro secciones estratigráficas al menos cinco capas de ceniza en los alrededores del volcán Sumaco. Los espesores de las capas y el tamaño de los líticos sugieren que las erupciones fueron con un VEI entre 3 y 4. La capa de ceniza SUM-JS-44 obtuvo una edad radiocarbón de 4370 años BP.

Realizaron una perforación manual llevada a cabo en la Laguna “Guagua Sumaco” que permitió conocer que el volcán experimentó al menos 6 erupciones pequeñas durante los últimos 360 años. Confirmando su actividad reciente con una última erupción aproximadamente en 1660 AD, lo que permite clasificarlo dentro del grupo de volcanes potencialmente activos del Ecuador.



Finalmente, cada depósito estudiado correlacionó con las tres diferentes unidades del edificio volcánico. Las unidades identificaron mediante una interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales y modelo digital de elevación.

### 13. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA *(máximo tres carillas)*

El proyecto se desarrollará siguiendo la siguiente metodología, a continuación, se detallan las etapas y se describen cada uno de los métodos que se usarán.

- Recopilación de Información

El primer paso para el establecimiento de las amenazas volcánicas es la recopilación de información: geológica de la región, geomorfológica, vulcanológica, meteorológica, de población, sobre erupciones históricas, mapas topográficos, modelos digitales de elevación y bibliografía sobre vulcanología y volcanes del mismo tipo, cuyo conocimiento a pesar de tener características particulares ayudan a alcanzar una mejor comprensión de los fenómenos particulares de un volcán dado.

- Muestreo geológico

Con el conocimiento geológico del área volcánica, se identificarán sitios convenientes para la realización de jornadas de trabajo en el campo, que consisten en traslado a los alrededores del volcán Sumaco y alojamiento en la zona. El objetivo del trabajo de campo es estudiar los depósitos volcánicos que no se tienen control todavía. principalmente depósitos de flujos piroclásticos en las partes proximales del volcán y recolectar muestras de rocas representativas de estos productos eruptivos. Los trabajos de campo serán complementados con estudios fotogeológicos que permitirán la cartografía geológica detallada o inferir mapas de distribución de los depósitos generados en erupciones pasadas.

Así mismo, con los datos estratigráficos recolectados en estas jornadas y anteriormente, se determinará volúmenes de los depósitos que conforman las diferentes erupciones, teniendo como base la cartografía geológica o mapas de distribución de productos y los datos sobre espesores. Para calcular el volumen de los piroclastos de caída se elaborarán mapas de isópacas, los cuales también mostrarán el foco de emisión para una erupción determinada.

- Descripciones petrográficas (en muestra de mano y en láminas delgadas) y análisis químicos (óxidos mayores) e interpretaciones (diagramas ya establecidos previamente que representan relaciones entre las concentraciones de estos elementos)

Los estudios petrográficos se basan en la descripción física de las rocas en base a descripciones visuales. A través de estos estudios se obtiene valiosa información acerca de los componentes





(minerales) de las rocas y sus porcentajes de abundancias, texturas, estructuras, formas, tamaños y relaciones espaciales.

Análisis químicos de elementos mayores: Se denominan elementos mayores porque están presentes en altas concentraciones (Rollinson, 1992) y controlan en gran medida la cristalización de los minerales petrogenéticos en las rocas a partir de fundidos (Schiano et al., 2010). Ellos también controlan propiedades tales como viscosidad, densidad y difusividad en magmas y rocas.

Mediante análisis petrográficos y geoquímicos se determinará la composición y variaciones de los diferentes productos.

- Dataciones radiométricas

#### Radiocarbono o $^{14}\text{C}$

El carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ) es un isótopo radiactivo del carbono generado por la interacción de rayos cosmogénicos con el nitrógeno-14 ( $^{14}\text{N}$ ) en la alta atmósfera. Este isótopo del carbono es asimilado naturalmente por la materia viva, el mismo que pasa a formar parte de su estructura orgánica. Cuando un organismo muere, su  $^{14}\text{C}$  deja de ser reemplazado y su proporción empieza a decrecer por decaimiento radioactivo. Debido a que se ha calculado experimentalmente la vida media del radiocarbono ( $\sim 5730 \pm 40$  años), se puede determinar la fecha de muerte del organismo mediante un análisis cuidadoso de su proporción con el isótopo estable carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ) (Libby, 1970; Siebert et al., 2010).

#### Argón-Argón ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ )

El método argón-argón fue ideado para facilitar el proceso de datación por potasio-argón e incrementar su precisión. La muestra primero es irradiada en un reactor nuclear para transformar una pequeña proporción de átomos estables  $^{39}\text{K}$  a  $^{39}\text{Ar}$ . Posteriormente la muestra es desgasificada por etapas de temperatura en un horno, y cada fracción de gas resultante es analizada en un espectrómetro de masas con el fin de determinar las abundancias relativas de  $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{39}\text{Ar}$ ,  $^{37}\text{Ar}$  y  $^{36}\text{Ar}$ . La relación  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  es determinada cuidadosamente, donde el  $^{40}\text{Ar}$  es el argón radiogénico producido por decaimiento del  $^{40}\text{K}$  y el  $^{39}\text{Ar}$  es el procedente de la irradiación previa. Ya que la proporción de  $^{39}\text{K}/^{40}\text{K}$  es esencialmente constante en la naturaleza, la relación  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  es entonces proporcional a la relación  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{K}$ , y esta a su vez es proporcional a la edad de la muestra. En lugar de determinar la dosis absoluta de neutrones rápidos que la muestra ha recibido durante la irradiación, una muestra estándar de edad K/Ar conocida (estándar) es irradiada junto con la muestra de edad desconocida y su edad es derivada por comparación con la razón  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  del estándar (Zimmerer and McIntosh, 2013).



Aunque las limitaciones del método  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  son análogas a las del  $\text{K}/\text{Ar}$ , la técnica datacional  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  tiene la ventaja de emplear muestras más pequeñas para su análisis debido a que la relación del isótopo hijo  $40\text{Ar}$  y del padre  $40\text{K}$  puede ser medida en un único análisis. Otro beneficio es que las proporciones isotópicas pueden ser medidas con mayor precisión, lo que en principio ofrece una mejor calidad en la datación. Sin embargo, la mayor ventaja es que la muestra se puede calentar en varias etapas liberando sus gases por pasos; el argón extraído en cada paso es analizado isotópicamente de forma independiente por lo que se obtiene una serie de edades aparentes para una misma muestra. De esta forma, se puede descartar valores anómalos y calcular la edad de la muestra en base a los mejores resultados (McDougall & Harrison, 1999). Es importante también mencionar las limitaciones del método (Hora et al., 2010).

- Zonificación por cada tipo de amenaza

La zonificación de las amenazas son 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 según estudios geológicos anteriores y la simulación computacional de los fenómenos volcánicos que los produjeron (Monsalve, 2000).

- Zonificación por caída de piroclastos

La delimitación de las zonas potencialmente afectadas por caídas de piroclastos transportados eólicamente se realizará usando un modelo numérico utilizando el programa MATLAB. Las variables más importantes incluyen la acumulación de material a varias distancias del volcán y la dirección o direcciones del viento, que determinan la distribución de los productos.

- Zonificación por flujos piroclásticos

Para delimitar las zonas de amenaza por flujos piroclásticos se utilizarán simulaciones realizadas en el programa VolcFlow desarrollado por el Laboratorio de Magmas y Volcanes de la Universidad Blaise Pascal, Francia, diseñado especialmente para modelar el comportamiento de este tipo de productos volcánicos, ya que está basado en las características reológicas de esos flujos.

- Zonificación de amenazas por lahares

La delimitación de las zonas afectadas por lahares se realizará utilizando el método LaharZ (Iverson et al., 1998; Schilling, 2014), el cual asocia el volumen del evento con el área inundada por un lahar y LaharFlow desarrollado por la Facultad de Ciencias de la Tierra y matemática de la Universidad de Bristol (Woodhouse et al., 2016 a,b), la cual es una herramienta para modelar la dinámica de los lahares en la topografía. El modelo matemático se basa en la mecánica de fluidos de los flujos superficiales, la dinámica fluidal y granular y la morfodinámica de la erosión y la deposición.



- Zonificación de amenazas por flujos de lava

Para la zonificación de la amenaza por este tipo de fenómeno, se utilizará el programa VolcFlow, tomando en cuenta la frecuencia con las áreas que han sido cubiertas por flujos de lava, la composición de las mismas a través de su historia geológica, su distribución y estado evolutivo del volcán.

- Zonificación de amenazas por avalanchas volcánicas

Se han identificado importantes depósitos de avalanchas de escombros alrededor del Volcán Sumaco, tanto al sur como al este del edificio volcánico. No se descarta la posibilidad de ocurrencia en volcanes con o sin registro de estos eventos. Por lo que, se utilizará el programa VolcFlow para simular este fenómeno volcánico.

- Elaboración del Mapa de Peligros Volcánicos Potenciales

Una vez evaluada la amenaza volcánica según los parámetros descritos anteriormente, esta información se recopila y se representa en un mapa con el fin de facilitar su manejo como herramienta para contribuir a la gestión de riesgos y desastres. Lo cual permite incluir temas de prevención, mitigación y respuesta, entre ellos: planificación, ordenamiento territorial, educación a la comunidad, preparación de planes de contingencia, etc.

En estas citas bibliográficas se detalla más de la metodología que se empleara en el proyecto:

Iverson, R. M., Schilling, S. P., & Vallance, J. W. (1998). Objective delineation of lahar-inundation hazard zones. *Geological Society of America Bulletin*, 110(8), 972-984.

Libby, W. F. (1970). Radiocarbon dating. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 269(1193), 1-10.

McDougall, I., & Harrison, T. M. (1999). *Geochronology and Thermochronology by the  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  Method*. Oxford University Press.

Monsalve, M. L. (2000). Guía para la evaluación de la amenaza volcánica y elaboración de mapas de amenaza volcánica potencial en Colombia. Ingeominas. Recuperado octubre 17, 2019, a partir de <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.3641.3848>

Rollinson, H. R. (1992). Another look at the constant sum problem in geochemistry. *Mineralogical Magazine-London-*, 56, 469-469.

Salgado Loza, J. A. (2019). Estudio de los depósitos volcánicos desde el Pleistoceno superior del volcán Sumaco, provincias de Napo y Orellana (Bachelor's thesis, Quito, 2019.).



Schiano, P., Monzier, M., Eissen, J. P., Martin, H., & Koga, K. T. (2010). Simple mixing as the major control of the evolution of volcanic suites in the Ecuadorian Andes. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 160(2), 297-312.

Schilling, S. P. (2014). *Laharz\_py: GIS tools for automated mapping of lahar inundation hazard zones* (No. 2014-1073). US Geological Survey.

Siebert, L., Simkin, T., & Kimberly, P. (2010). *Volcanoes of the World, 3<sup>rd</sup> ed.* University of California Press. 568 p.

Woodhouse, M.J., Bates, P.B., Hogg, A.J., Phillips, J.C., Rougier, J.C., 2016a. Topographic Uncertainty in Models of Geological Hazards: A General Statistical Framework and Application to a Lahar Hazard Model Using SRTM Elevation Data. *Cities on Volcanoes 9*. Puerto Varas Chile.

Woodhouse, M.J., Johnson, C.G., Hogg, A.J., Phillips, J.C., Espín Bedón, P.A., Almeida, S., Andrade, D., 2016b. LaharFlow: A Web-based Lahar Hazard Model. *Cities on Volcanoes 9*. Puerto Varas Chile.

Zimmerer MJ and McIntosh WC, (2013). Geochronologic evidence of upper-crustal in situ differentiation: Silicic magmatism at the Organ caldera complex, New Mexico. *Geosphere* 2013; 9;155-169, doi: 10.1130/GES00841.1

## 14. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

| Infraestructura  | Equipos   |  |
|--|---|--|
|  | Nombre del Equipo   | Ubicación del Equipo   |
| Laboratorio de Microscopios del Área de Vulcanología del Instituto Geofísico | Microscopio Petrográfico, Microscopio Binocular   | Laboratorio de Microscopios del Área de Vulcanología del Instituto Geofísico – Departamento de Geofísica |
| Laboratorio de Laminas Delgadas  | Cortadora de rocas, Pulidora de rocas, etc.   | Laboratorio de Laminas Delgadas, Departamento de Geología EPN  |
| Laboratorio de Metalurgia Extractiva   | Equipos para análisis químicos, microscopio electrónico de barrido, Espectroscopia de rayos X por dispersión en energía | Laboratorio de Metalurgia Extractiva<br>Facultad: Ingeniería Química y Agroindustrial                    |

## 15. MONTO REQUERIDO

### 15.1 Monto y justificación del equipo requerido



Para la elaboración del mapa de peligros volcánicos del Sumaco, tomando en cuenta la metodología detallada anteriormente, se necesita modelar los distintos fenómenos volcánicos con la intención de integrar las posibles trayectorias. Por tanto, se requiere de una computadora con características específicas de un monto aproximado de \$3000,00 (tres mil dólares americanos). Además, se necesita un modelo digital de elevación de alta precisión y para su elaboración se requiere del software ENVI + optical scape de un monto aproximado de \$9000,00. Para el almacenamiento de fotografías aéreas y bases de datos se requiere de 2 discos duros externos portables con un monto de \$400,00.

En las campañas de campo se busca sobre todo limitar los depósitos volcánicos y para un buen control se requiere de puntos GPS, el monto para la compra de un equipo GPS es de \$600,00.

Se realizará cuatro dataciones radiométricas por radiocarbono de los depósitos de flujos piroclásticos ubicados en la parte proximal del Sumaco. También, se prevé realizar dos dataciones Ar/Ar. Las edades absolutas de estos depósitos nos permitirán mejorar el conocimiento acerca de la evolución y geocronología del edificio volcánico. Las dataciones radiométricas se realizan en el exterior, ya que este servicio no se ofrece en el Ecuador. El monto aproximado para cada datación radiocarbono es de 600 USD y para las dataciones Ar/Ar es de 800 USD, en total el servicio costará aproximadamente 4000 USD.

#### 15.2 Monto y justificación del personal requerido

Se necesita la contratación de un profesional (Ingeniero Geólogo Jr.) con la finalidad de que genere productos (informes y reportes) concernientes a los trabajos geológicos, trabajos en laboratorio y tratamiento de muestras para los análisis geoquímicos y geocronológicos. Así como también reportes e informes de creación y análisis de bases de datos de descripciones petrográficas y análisis geoquímicos. El cargo del ingeniero geólogo sería de Asistente de Investigación y Proyección Social, con remuneración de 986 USD + IVA, por 20 meses.

#### 15.3 Monto y justificación de los investigadores invitados

Para cumplir con los objetivos del proyecto, se necesita como base un modelo digital de elevación (DEM) de la zona de estudio, con mejor precisión que los que ya se tiene disponibles. Un investigador invitado contribuirá al proyecto con la elaboración del DEM de la zona de estudio.

#### 15.4 Monto y justificación de los viajes y salidas del campo requeridos

Con el conocimiento de los trabajos geológicos existentes se debe planificar campañas de campo con el objetivo de complementar el conocimiento geológico. Los trabajos de campo aportarán datos importantes a la estratigrafía, sobre los efectos volcánicos de un área determinada y permitirán definir la potencial distribución de muchos de los fenómenos volcánicos que ocurran en una próxima erupción.

Los trabajos de campo se llevarán a cabo en los alrededores del volcán Sumaco, con alojamiento en la zona. Se priorizará el estudio de las partes proximales del volcán en búsqueda de depósitos de flujos piroclásticos. También, en áreas distales orientales y sur-orientales. Los costos de estos trabajos de campo tienen un monto aproximado de 2 400 USD.

La capacitación a la población es uno de los puntos clave para llevar a cabo tareas de prevención que pueden ayudar a solventar problemas que surjan en un futuro o, por lo menos, disminuir el impacto negativo de una posible erupción del volcán Sumaco. Se ha programado capacitaciones a las comunidades alrededor del volcán con monto de 800 USD. La capacitación incluye la entrega de trípticos y mapas de peligros del volcán cuyo diseño e impresión tiene un costo de 3000 USD.



**16. FONDOS ADICIONALES**

- *No aplica.*



## DECLARACIÓN FINAL DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.
- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos.

Firma del Director del Proyecto  
Nombre: Msc. Patricia Ann Mothes  
C.I.: 171415545-2









**AÑO 1**

**Título del proyecto**

**Estudio, identificación, caracterización y evaluación de los productos eruptivos del Volcán Sumaco**

| Lista de Items     |  | Cantidad | Unidad      | Precio Unitario Referencial         | Precio Total Referencial         | Precio Unitario Referencial con IVA / Aporte del IESS | Precio Total Referencial con IVA / Aporte del IESS |
|--------------------|--|----------|-------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|
| <b>1</b>           | <b>Contratación de servicios personales por contrato</b>   |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 1,1                | Ayudante de investigación  |          | mes         | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 1,2                | Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) | 8        | mes         | \$ 986,00                           | \$ 7.888,00                      | \$ 1.104,32   | \$ 8.834,56  |
| <b>Subtotal 1</b>  |  |          |             | <b>\$ 986,00</b>                    | <b>\$ 7.888,00</b>               | <b>\$ 1.104,32</b>                                    | <b>\$ 8.834,56</b>                                 |
| Lista de Items     |  | Cantidad | Unidad      | Precio Unitario Referencial sin IVA | Precio Total Referencial sin IVA | Precio Unitario Referencial con IVA                   | Precio Total Referencial con IVA                   |
| <b>2</b>           | <b>Trabajo de campo para muestreo</b>  |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 2,1                | Viaticos y subsistencias al interior   | 30       | días        | \$ 80,00                            | \$ 2.400,00                      | \$ 89,60  | \$ 2.688,00  |
| 2,2                | Pago de guías  | 10       | días        | \$ 50,00                            | \$ 500,00                        | \$ 56,00  | \$ 560,00  |
| <b>Subtotal 2</b>  |  |          |             | <b>\$ 130,00</b>                    | <b>\$ 2.900,00</b>               | <b>\$ 145,60</b>                                      | <b>\$ 3.248,00</b>                                 |
| <b>3</b>           | <b>Equipo informático</b>  |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 3,1                | Laptop I9 Dell Alienware 17 Gtx1080 1.3tb 32gb para simulaciones de los fen                        | 1        | unidad      | \$ 3.000,00                         | \$ 3.000,00                      | \$ 3.360,00   | \$ 3.360,00  |
| 3,2                | Disco duro externo portatil 5tb  | 2        | unidad      | \$ 200,00                           | \$ 400,00                        | \$ 224,00   | \$ 448,00  |
| 3,3                | Gps Garmin Map 64csx   | 1        | unidad      | \$ 600,00                           | \$ 600,00                        | \$ 672,00   | \$ 672,00  |
| 3,4                | Software ENVI + optical scape  | 1        | unidad      | \$ 9.000,00                         | \$ 9.000,00                      | \$ 10.080,00  | \$ 10.080,00                                       |
| <b>Subtotal 3</b>  |  |          |             | <b>\$ 12.800,00</b>                 | <b>\$ 13.000,00</b>              | <b>\$ 14.336,00</b>                                   | <b>\$ 14.560,00</b>                                |
| <b>4</b>           | <b>Análisis de Laboratorio</b>   |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 4,1                | Dataciones 14C (Beta Analytic Lab. Miami USA)  | 4        | unidad      | \$ 580,00                           | \$ 2.320,00                      | \$ 649,60   | \$ 2.598,40  |
| 4,2                | Elaboración de láminas delgadas  | 20       | unidad      | \$ 40,00                            | \$ 800,00                        | \$ 44,80  | \$ 896,00  |
| 4,3                | Análisis geoquímicos   | 3        | unidad      | \$ 130,00                           | \$ 390,00                        | \$ 145,60   | \$ 436,80  |
| 4,4                | Dataciones radiométricas Ar/Ar   | 2        | unidad      | \$ 800,00                           | \$ 1.600,00                      | \$ 896,00   | \$ 1.792,00  |
| <b>Subtotal 4</b>  |  |          |             | <b>\$ 1.550,00</b>                  | <b>\$ 5.110,00</b>               | <b>\$ 1.736,00</b>                                    | <b>\$ 5.723,20</b>                                 |
| <b>5</b>           | <b>Literatura especializada</b>  |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 5,1                | Cantidad de libros (especificar el area)   |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 5,2                | Adquisición de artículos científicos   |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 5</b>  |  |          |             | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>  |
| <b>6</b>           | <b>Salidas de campo y de muestreo</b>  |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 6,1                | Pasajes al interior  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 6,2                | Viaticos y subsistencias al interior   |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 6</b>  |  |          |             | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>  |
| <b>7</b>           | <b>Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>                                   |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 7,1                | Pasajes al interior  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 7,2                | Viaticos y subsistencias al interior   |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 7</b>  |  |          |             | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>  |
| <b>8</b>           | <b>Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>                              |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 8,1                | Pasajes al exterior  | 1        | pasaje      | \$ 2.000,00                         | \$ 2.000,00                      | \$ 2.240,00   | \$ 2.240,00  |
| 8,2                | Viaticos al exterior   | 7        | días        | \$ 130,00                           | \$ 910,00                        | \$ 130,00   | \$ 910,00  |
| <b>Subtotal 8</b>  |  |          |             | <b>\$ 2.130,00</b>                  | <b>\$ 2.910,00</b>               | <b>\$ 2.370,00</b>                                    | <b>\$ 3.150,00</b>                                 |
| <b>9</b>           | <b>Pago de inscripciones</b>   |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 9,1                | Pago de inscripciones al interior  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 9,2                | Pago de inscripciones al exterior  | 1        | inscripción | \$ 750,00                           | \$ 750,00                        | \$ 1.027,50   | \$ 1.027,50  |
| <b>Subtotal 9</b>  |  |          |             | <b>\$ 750,00</b>                    | <b>\$ 750,00</b>                 | <b>\$ 1.027,50</b>                                    | <b>\$ 1.027,50</b>                                 |
| <b>10</b>          | <b>Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>   |          |             |                                     |                                  |   |  |
| 10,1               | Pago de publicaciones  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 10,2               | Pago de publicaciones al exterior  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 10,3               | Pago de suscripciones  |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 10,4               | Pago de patentes   |          |             | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 10</b> |  |          |             | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>  |
| <b>TOTAL</b>       |  |          |             |                                     | <b>\$ 32.558,00</b>              |   | <b>\$ 36.543,26</b>                                |

**AÑO 2**

**Título del proyecto**

**Estudio, identificación, caracterización y evaluación de los productos eruptivos del Volcán Sumaco**

| Lista de Items  |  | Cantidad | Unidad | Precio Unitario Referencial         | Precio Total Referencial         | Precio Unitario Referencial con IVA/Aporte del IESS | Precio Total Referencial con IVA/Aporte del IESS |
|---|--|----------|--------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|
| <b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>              |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 1,1   | Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) | 12       | mes    | \$ 986,00                           | \$ 11.832,00                     | \$ 986,00   | \$ 11.832,00                                     |
| 1,2   | Ayudante de investigación 2  |          | mes    | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 1,3   | Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) |          | mes    | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 1,4   | Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos) |          | mes    | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 1</b>   |  |          |        | <b>\$ 986,00</b>                    | <b>\$ 11.832,00</b>              | <b>\$ 986,00</b>                                    | <b>\$ 11.832,00</b>                              |
| Lista de Items  |  | Cantidad | Unidad | Precio Unitario Referencial sin IVA | Precio Total Referencial sin IVA | Precio Unitario Referencial con IVA                 | Precio Total Referencial con IVA                 |
| <b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>                              |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 2.1   | Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 2.2   | Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 2.3   | Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 2.4   | Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 2.5   | Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 2</b>   |  |          |        | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>                                      |
| <b>3 Equipo informático</b>   |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 3.1   | Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 3.2   | Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 3.3   | Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 3.4   | Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 3.5   | Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)                                     |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 3</b>   |  |          |        | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>                                      |
| <b>4 Insumos y reactivos</b>  |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 4.1   | Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 4.2   | Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 4.3   | Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 4.4   | Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 4.5   | Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 4</b>   |  |          |        | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>                                      |
| <b>5 Literatura especializada</b>                                       |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 5.1   | Cantidad de libros (especificar el area)   |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 5.2   | Adquisición de artículos científicos   |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 5</b>   |  |          |        | <b>\$ -</b>                         | <b>\$ -</b>                      | <b>\$ -</b>   | <b>\$ -</b>                                      |
| <b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>                                 |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 6.1   | Pasajes al interior  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 6.2   | Viáticos y subsistencias al interior   | 10       | días   | \$ 80,00                            | \$ 800,00                        | \$ 89,60  | \$ 896,00  |
| <b>Subtotal 6</b>   |  |          |        | <b>\$ 80,00</b>                     | <b>\$ 800,00</b>                 | <b>\$ 89,60</b>                                     | <b>\$ 896,00</b>                                 |
| <b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>      |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 7.1   | Viáticos y subsistencias al interior para capacitaciones a las comunidades                         | 10       | días   | \$ 80,00                            | \$ 800,00                        | \$ 89,60  | \$ 896,00  |
| 7.2   |  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 7</b>   |  |          |        | <b>\$ 80,00</b>                     | <b>\$ 800,00</b>                 | <b>\$ 89,60</b>                                     | <b>\$ 896,00</b>                                 |
| <b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b> |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 8.1   | Pasajes al exterior  | 1        | pasaje | \$ 1.500,00                         | \$ 1.500,00                      | \$ 1.680,00   | \$ 1.680,00                                      |
| 8.2   | Viáticos al exterior   | 7        | días   | \$ 130,00                           | \$ 910,00                        | \$ 130,00   | \$ 910,00  |
| <b>Subtotal 8</b>   |  |          |        | <b>\$ 1.630,00</b>                  | <b>\$ 2.410,00</b>               | <b>\$ 1.810,00</b>                                  | <b>\$ 2.590,00</b>                               |
| <b>9 Pago de inscripciones</b>  |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 9.1   | Pago de inscripciones al interior  |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| 9.2   | Pago de inscripciones al exterior  | 1        | unidad | \$ 750,00                           | \$ 750,00                        | \$ 1.027,50   | \$ 1.027,50                                      |
| <b>Subtotal 9</b>   |  |          |        | <b>\$ 750,00</b>                    | <b>\$ 750,00</b>                 | <b>\$ 1.027,50</b>                                  | <b>\$ 1.027,50</b>                               |
| <b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>               |  |          |        |                                     |                                  |   |  |
| 10.1  | Pago diseño e impresión de tripticos del Sumaco  | 500      | unidad | \$ 3,00                             | \$ 1.500,00                      | \$ 3,36   | \$ 1.680,00                                      |
| 10.1  | Pago de diseño e impresión del mapa de amenazas potenciales del Sumaco                             | 300      | unidad | \$ 5,00                             | \$ 1.500,00                      | \$ 5,60   | \$ 1.680,00                                      |
| 10.2  | Pago publicaciones   | 1        | unidad | \$ 2.100,00                         | \$ 2.100,00                      | \$ 2.877,00   | \$ 2.877,00                                      |
| 10.3  | Pago de patentes   |          |        | \$ -                                | \$ -                             | \$ -  | \$ -   |
| <b>Subtotal 10</b>  |  |          |        | <b>\$ 2.105,00</b>                  | <b>\$ 3.600,00</b>               | <b>\$ 2.882,60</b>                                  | <b>\$ 4.557,00</b>                               |
| <b>TOTAL</b>  |  |          |        | <b>\$ 2.105,00</b>                  | <b>\$ 20.192,00</b>              | <b>\$ 2.882,60</b>                                  | <b>\$ 21.798,50</b>                              |



**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



Título del proyecto

Estudio, identificación, caracterización y evaluación de los productos eruptivos del Volcán Sumaco

**Presupuesto consolidado sin IVA**

| AÑO          | Contratación de servicios personales por contrato | Maquinaria y equipo especializado | Equipo informático  | Insumos y reactivos | Literatura especializada | Salidas de campo y de muestreo | Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas | Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas | Pago de inscripciones | Pago de publicaciones y patentes | Total sin IVA       |
|--------------|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|---|--|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| 1            | \$ 7.888,00                                       | \$ 2.900,00                       | \$ 13.000,00        | \$ 5.110,00         | \$ -                     | \$ -                           | \$ -  | \$ 2.910,00  | \$ 750,00             | \$ -                             | \$ 32.558,00        |
| 2            | \$ 11.832,00                                      | \$ -                              | \$ -                | \$ -                | \$ -                     | \$ 800,00                      | \$ 800,00   | \$ 2.410,00  | \$ 750,00             | \$ 3.600,00                      | \$ 20.192,00        |
| 3            | \$ -  | \$ -                              | \$ -                | \$ -                | \$ -                     | \$ -                           | \$ -  | \$ -   | \$ -                  | \$ -                             | \$ -                |
| <b>TOTAL</b> | <b>\$ 19.720,00</b>                               | <b>\$ 2.900,00</b>                | <b>\$ 13.000,00</b> | <b>\$ 5.110,00</b>  | <b>\$ -</b>              | <b>\$ 800,00</b>               | <b>\$ 800,00</b>  | <b>\$ 5.320,00</b>   | <b>\$ 1.500,00</b>    | <b>\$ 3.600,00</b>               | <b>\$ 52.750,00</b> |

**Presupuesto consolidado con IVA**

| AÑO          | Contratación de servicios personales por contrato | Maquinaria y equipo especializado | Equipo informático  | Insumos y reactivos | Literatura especializada | Salidas de campo y de muestreo | Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas | Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas | Pago de inscripciones | Pago de publicaciones y patentes | Total con IVA       |
|--------------|---|-----------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|---|--|-----------------------|----------------------------------|---------------------|
| 1            | \$ 8.834,56                                       | \$ 3.248,00                       | \$ 14.560,00        | \$ 5.723,20         | \$ -                     | \$ -                           | \$ -  | \$ 3.150,00  | \$ 1.027,50           | \$ -                             | \$ 36.543,26        |
| 2            | \$ 11.832,00                                      | \$ -                              | \$ -                | \$ -                | \$ -                     | \$ 896,00                      | \$ 896,00   | \$ 2.590,00  | \$ 1.027,50           | \$ 4.557,00                      | \$ 21.798,50        |
| 3            | \$ -  | \$ -                              | \$ -                | \$ -                | \$ -                     | \$ -                           | \$ -  | \$ -   | \$ -                  | \$ -                             | \$ -                |
| <b>TOTAL</b> | <b>\$ 20.666,56</b>                               | <b>\$ 3.248,00</b>                | <b>\$ 14.560,00</b> | <b>\$ 5.723,20</b>  | <b>\$ -</b>              | <b>\$ 896,00</b>               | <b>\$ 896,00</b>  | <b>\$ 5.740,00</b>   | <b>\$ 2.055,00</b>    | <b>\$ 4.557,00</b>               | <b>\$ 58.341,76</b> |