



A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN INTERNO SIN FINANCIAMIENTO

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN:

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

2. UNIDAD EJECUTORA (*Departamento, Instituto o Estructura de Investigación*):

1. Instituto Geofísico

3. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Origen, evolución y transporte de los magmas en Ecuador
2. Análisis y evaluación de la amenaza volcánica en el Ecuador

4. TÍTULO DEL PROYECTO (*mínimo 10 palabras*):

Levantamiento geológico y estudio petrológico de los productos eruptivos del volcán Puñalica

5. RESUMEN (*máximo 200 palabras*)

El volcán Puñalica es un cono volcánico de 300 m de altura localizado en la provincia de Tungurahua, junto al poblado de Mocha. Este volcán es considerado un volcán potencialmente activo cuyos productos volcánicos son principalmente flujos de lava y caídas de escoria de composición andesítica. Actualmente, sobre los flujos de lava del Puñalica se ubica el poblado de Mocha e infraestructura vial. Pocos estudios han sido llevados a cabo en este volcán y por lo tanto se desconoce en detalles su historia y dinámica eruptiva. Su morfología sugiere una edad relativamente joven en comparación con volcanes cercanos mas antiguos como el volcán Carihuairazo y volcán Chimborazo. El estudio de los depósitos volcánicos para la generación de un mapa geológico, así como la determinación del tipo de erupciones y las condiciones pre-eruptivas de erupciones pasadas nos permitirá cuantificar la amenaza de este volcán (ej. recurrencia de una actividad eruptiva, alcance de los productos volcánicos) cuya potencial erupción afectaría a más de 50 000 personas que habitan en sus alrededores. Esta cuantificación, de ser necesaria, se plasmaría en un mapa de peligro para este volcán, una herramienta necesaria para la gestión de riesgo y planificación urbana por parte de las autoridades.

6. PALABRAS CLAVE (*4-6*)

Puñalica, peligro volcánico, volcanismo cuaternario, mapa geológico, historia eruptiva

7. OBJETIVOS

7.1. OBJETIVO GENERAL

Mapear los depósitos volcánicos y determinar las condiciones pre-eruptivas de las erupciones pasadas del volcán Puñalica.



7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar un mapeo geológico del volcán Puñalica.
- b. Determinar los estilos eruptivos del volcán Puñalica mediante la descripción de sus depósitos volcánicos.
- c. Determinar las condiciones pre-eruptivas de las erupciones pasadas del volcán Puñalica mediante el estudio geoquímico de rocas y minerales.

8. HIPÓTESIS (opcional)

No aplica

9. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS (con relación a los objetivos)

- **Objetivo 1.** Realizar un mapeo geológico del volcán Puñalica.
- **Resultado 1.** Mapa geológico que muestre las unidades, morfología, y estructuras de la zona de estudio
- **Objetivo 2.** Determinar los estilos eruptivos del volcán Puñalica mediante la caracterización de sus depósitos volcánicos.
- **Resultado 2.** Columnas estratigráficas detalladas de la zona de estudio y análisis vulcanofísicos de los depósitos.
- **Objetivo 3.** Determinar las condiciones pre-eruptivas de las erupciones pasadas del volcán Puñalica mediante el estudio geoquímico de rocas y minerales.
- **Resultado 3.** Datos cuantitativos de presión y temperatura a las que se equilibraron los minerales presentes en las rocas provenientes del volcán Puñalica.

10. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (científico, social, económico u otros (máximo una carilla))

Impacto científico

Un mapeo geológico y descripción detallada de los depósitos volcánicos asociados a la actividad eruptiva del volcán Puñalica, sería el primero para este volcán. La química y mineralogía de las rocas de este volcán son diferentes al resto de volcanes cercanos y están caracterizadas por presentar composiciones primitivas (i.e. alto contenido de $Mg/Mg+Fe$, $^{143}Nd/^{144}Nd$ y bajo $^{87}Sr/^{86}Sr$, [Ancellin et al., 2017](#)) con cristales de olivinos ricos en Mg, también primitivos (cf. [Narváez et al., 2018](#)). El carácter primitivo de estos magmas indica que su química no ha sufrido mayores cambios desde su formación en la cuña del manto y, por lo tanto, le hace interesante como objeto de estudio para estudiar procesos profundos que afectan la composición del magma. El estudio de sus depósitos volcánicos mejorará el conocimiento de las erupciones volcánicas de volcanes monogenéticos en el Ecuador. Específicamente, el levantamiento de columnas estratigráficas en la zona de estudio permitirá conocer la explosividad de las erupciones ocurridas en este volcán. En la actualidad, solamente se han descrito erupciones efusivas con emisión de flujos de lava, sin embargo, en sus alrededores se observan depósitos centimétricos de caídas y corrientes piroclásticas asociadas a erupciones explosivas que podrían estar asociadas al volcán Puñalica. El estudio de las condiciones pre-eruptivas en base al estudio de la composición química de los minerales nos indicará la profundidad de la cámara magmática de la cual provienen los magmas emitidos y posiblemente el desencadenante de las erupciones pasadas.

Impacto social

El volcán Puñalica está considerado como un volcán potencialmente activo en la última edición de “Volcanes cuaternarios del Ecuador continental” publicada por investigadores del Instituto Geofísico ([Bernard & Andrade, 2011](#)). El estudio de erupciones pasadas en volcanes potencialmente activos se lo realiza mediante el estudio de sus depósitos volcánicos los cuales guardan información sobre la explosividad, extensión y recurrencia de sus erupciones. La importancia de determinar estos parámetros para el volcán Puñalica radica en la necesidad de evaluar la amenaza que este volcán representa para las poblaciones asentadas en sus cercanías, y así estar mejor preparados en caso de una reactivación en el futuro. En los alrededores de este volcán se ubican cabeceras cantonales importantes como son Mocha, Tisaleo, Quero y Cevallos que en total poseen una población de ~50 000 personas ([INEC, 2010](#)). La población más cercana es Mocha, ubicado a 3.5 km al Este de la cumbre del volcán Puñalica, la cual está construida sobre flujos de lava emitidos por este volcán ([Clapperton, 1990; Fig. 1](#)).

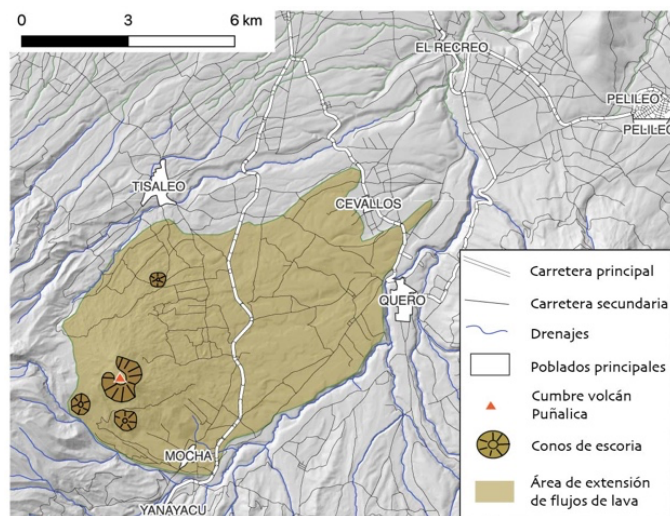


Figura. 1. Mapa de ubicación del volcán Puñalica y de la extensión de sus depósitos



11. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO (máximo tres carillas)

Existen muy pocos estudios realizados en este volcán, a pesar de estar caracterizado como volcán potencialmente activo en el catálogo de volcanes cuaternarios del Instituto Geofísico (Bernard & Andrade, 2011). Uno de estos trabajos es el de Kilian et al. (1995) quienes analizaron la química de sus rocas y las compararon con muestras provenientes de los volcanes Chimborazo y Carihuairazo. En su trabajo, Kilian et al. (1995) concluyen que la química de los magmas provenientes del volcán Puñalica son producto de una mezcla entre magmas provenientes del manto y fundidos de la corteza localizada bajo este volcán. Según los autores, la misma conclusión sobre la evolución de los magmas aplica para los magmas emitidos por el volcán Chimborazo, específicamente para las rocas provenientes del edificio Chimborazo III (Samaniego et al., 2012). Más recientemente, Narváez et al. (2018) analizaron la composición de inclusiones magmáticas contenidas en olivinos ricos en magnesio y su conclusión difiere de aquella alcanzada por Kilian et al. (1995). Así, Narváez et al. (2018) concluyen que la corteza tiene poca o nula influencia en la composición de los magmas emitidos por este volcán y que su composición es una propiedad típica de los magmas provenientes del manto e independiente de la composición de la corteza. Otra conclusión de Narváez et al. (2018) para el volcán Puñalica es que la fractura oceánica de Grijalva, localizada en el slab subductante, está localizada bajo este volcán e influencia la composición de los magmas, especialmente gracias al aporte a altas concentraciones de cloro a través del componente del slab.

En el trabajo de Ancellin et al. (2017), en donde se reporta valores de las razones isotópicas de Nd, Sr y Pb para varios volcanes en el Ecuador, se reporta la composición geoquímica de tres rocas provenientes del volcán Puñalica. Estas rocas del Puñalica se diferencian de rocas provenientes de sus volcanes vecinos por presentar altos valores de $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ y bajos valores de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ indicativos de un carácter geoquímico primitivo. El carácter primitivo indica que los magmas emitidos no han sido afectados con intensidad por procesos crustales y que sus propiedades químicas podrían guardar las composiciones originales al tiempo de su formación en el manto.

Estudios sobre la edad de las erupciones del volcán Puñalica también son escasos. A través del estudio de morfología de glaciares, Clapperton (1990) propone una edad de construcción del volcán Puñalica entre 18-14 ka antes del presente (Clapperton, 1990). Bablón et al. (2019) reporta la edad de 18 ± 3 ka para una sola muestra de roca de este volcán y confirma la edad más antigua previamente propuesta por Clapperton (1990), sin embargo, ninguno indica cuando fue la última erupción de este volcán.

Investigaciones previas del equipo

Ancellin, M.-A., Samaniego, P., Vlastélic, I., Nauret, F., Gannoun, A., & Hidalgo, S. (2017). Across-arc versus along-arc Sr-Nd-Pb isotope variations in the Ecuadorian volcanic arc. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. <https://doi.org/10.1002/2016GC006679>

Bablón, M., Quidelleur, X., Samaniego, P., Le Penneç, J.-L., Audin, L., Jomard, H., Baize, S., Liorzou, C., Hidalgo, S., & Alvarado, A. (2019). Interactions between volcanism and geodynamics in the southern termination of the Ecuadorian arc. *Tectonophysics*, 751, 54-72. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.010>



Narváez, D. F., Rose-Koga, E. F., **Samaniego, P.**, Koga, K. T., & **Hidalgo, S.** (2018). Constraining magma sources using primitive olivine-hosted melt inclusions from Puñalica and Sangay volcanoes (Ecuador). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 173(10), 80.
<https://doi.org/10.1007/s00410-018-1508-8>

Samaniego, P., Barba, D., Robin, C., Fornari, M., & Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound volcano in the Northern Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 221-222, 33-51.
<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.01.014>



12. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas)

El volcán Puñalica se localiza en la provincia de Tungurahua. El Puñalica es un edificio volcánico cónico que alcanza 300 m de altura desde su base, y su cumbre se encuentra a 3988 m snm. En los alrededores de este volcán se ubican cabeceras cantonales importantes como son Mocha, Tisaleo, Quero y Cevallos que en total poseen una población de ~50 000 personas (INEC, 2010). La población mas cercana es Mocha, ubicado a 3.5 km al Este de la cumbre del volcán Puñalica, la cual está construida sobre flujos de lava emitidos por este volcán (Clapperton, 1990; Fig. 1). Flujos de lava de composición andesítica son los productos volcánicos más comunes del volcán Puñalica y cubren un área aproximada de 49 km² (Fig. 1).

Existen varias interrogantes sobre la actividad eruptiva del volcán Puñalica debido a la falta de estudios en esta zona. Por ejemplo, en el mapa de Clapperton (1990) y Kilian et al. (1995) se muestran flujos de lava como los únicos fenómenos volcánicos, sin embargo, en nuestras misiones de campo hemos observado depósitos centimétricos relacionados a una actividad eruptiva explosiva como son: caídas y corrientes piroclásticas. La falta de esta información impide, por ejemplo, realizar un mapa de amenazas volcánicas en caso de una erupción volcánica futura. Una actividad eruptiva con corrientes piroclásticas es más peligrosa que una actividad efusiva con únicamente emisión de flujos de lava. Otra característica que tampoco se ha discutido en ningún trabajo es el número de ventos de emisión que han dado origen al paquete de lavas cartografiados en esta zona. En el mapa de Clapperton (1990) se muestran al menos 3 ventos en la zona de este volcán. Adicionalmente, no se conoce las condiciones pre-eruptivas del volcán, por ejemplo, no se ha determinado el desencadenante de las erupciones pasadas ni la profundidad a la cual se ubica la cámara magmática. Estos parámetros son importantes para modelamientos geofísicos que están fuera del alcance de este estudio.

Todas estas interrogantes podrán ser respondidas mediante un estudio a detalle de los depósitos volcánicos asociados al volcán Puñalica. En un principio realizaremos el mapeo geológico y levantamiento de columnas estratigráficas. La descripción de los depósitos volcánicos permitirá definir el tipo de actividad eruptiva (i.e. explosiva, efusiva) así como su intensidad (i.e. generación de corrientes piroclásticas). Segundo, enviaremos muestras de rocas para su análisis geoquímico y prepararemos láminas delgadas de rocas para ser estudiadas bajo microscopio petrográfico. Mediante el estudio de la composición de sus rocas y minerales podremos determinar las condiciones pre-eruptivas de las erupciones pasadas de este volcán y proponer un modelo de evolución del magma desde su formación hasta su emisión en superficie. La composición química las rocas serán analizadas mediante técnicas de espectrometría de absorción atómica (ICP-AES, Cotten et al. 1995), mientras que para la composición de los minerales se utilizará una microsonda electrónica (EMP, Narváez et al., 2018).

Los análisis geoquímicos de rocas y minerales serán financiados por el Instituto de investigación para el desarrollo del Gobierno Francés (IRD). La Escuela Politécnica Nacional, a través de sus docentes, realizará el trabajo de campo, recolectará las muestras y analizará los datos.



Bibliografía (Normas APA)

Ancellin, M.-A., Samaniego, P., Vlastélic, I., Nauret, F., Gannoun, A., & Hidalgo, S. (2017). Across-arc versus along-arc Sr-Nd-Pb isotope variations in the Ecuadorian volcanic arc. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. <https://doi.org/10.1002/2016GC006679>

Bablon, M., Quidelleur, X., Samaniego, P., Le Pennec, J.-L., Audin, L., Jomard, H., Baize, S., Liorzou, C., Hidalgo, S., & Alvarado, A. (2019). Interactions between volcanism and geodynamics in the southern termination of the Ecuadorian arc. *Tectonophysics*, 751, 54-72. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.12.010>

Bernard, B., & Andrade, D. (2011). Mapa de los Volcanes Cuaternarios del Ecuador Continental [Map]. IG-EPN/IRD.

Clapperton, C. M. (1990). Glacial and volcanic geomorphology of the Chimborazo-Carihuairazo massif, Ecuadorian Andes. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 81(02), 91-116.

Cotten, J., Le Dez, A., Bau, M., Caroff, M., Maury, R. C., Dulski, P., Fourcade, S., Bohn, M., & Brousse, R. (1995). Origin of anomalous rare-earth element and yttrium enrichments in subaerially exposed basalts: Evidence from French Polynesia. *Chemical Geology*, 119(1), 115-138. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00102-E](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00102-E)

Kilian, R., Hegner, E., Fortier, S., & Satir, M. (1995). Magma evolution within the accretionary mafic basement of Quaternary Chimborazo and associated volcanos (Western Ecuador). *Andean Geology*, 22(2), 203-218.

Narváez, D. F., Rose-Koga, E. F., Samaniego, P., Koga, K. T., & Hidalgo, S. (2018). Constraining magma sources using primitive olivine-hosted melt inclusions from Puñalica and Sangay volcanoes (Ecuador). *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 173(10), 80. <https://doi.org/10.1007/s00410-018-1508-8>

Samaniego, P., Barba, D., Robin, C., Fornari, M., & Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound volcano in the Northern Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 221-222, 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2012.01.014>

13. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

Infraestructura			Equipos	
Laboratorio			Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio	Magmas	et	Microsonda electrónica	Laboratorio Magmas et Volcans, Francia
Volcans				

14. VINCULACIÓN CON POSGRADOS

No se contempla la vinculación de estudiantes de programas de posgrado de la EPN

