

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS CENIZAS HOLOCENAS, EN EL TRAMO DEL CORREDOR METRO DE QUITO

**TRABAJO DE TIUTULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
GEÓLOGA**

OPCIÓN: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

VALLEJO QUEVEDO KATHERINE VANESSA

katherine.vallejo@epn.edu.ec

DIRECTORA: MSc. PATRICIA ANN MOTHES

pmothes@igeptn.edu.ec

CO-DIRECTOR: DR. DANIEL ANDRADE VARELA

dandrade@igeptn.edu.ec

Quito, febrero de 2019

DECLARACIÓN

Yo Katherine Vanessa Vallejo Quevedo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría y que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias aquí mencionadas.

La Escuela Politécnica Nacional tiene derecho de propiedad intelectual del presente trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Katherine Vanessa Vallejo Quevedo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por Katherine Vanessa Vallejo Quevedo, bajo mi supervisión.

MSc. Patricia Ann Mothes
Directora del trabajo

Dr. Daniel Andrade Varela
Co-director

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme pasar una vida junto a las personas que amo, por sus bendiciones.

A mi madre Yolanda, su sonrisa recompensa todos los esfuerzos. Por ser una madre abnegada y darme su amor desde que supo que venía al mundo.

A mi padre Oswaldo, mi primer amor, por mirarme como a la niña de sus ojos.

A mi padrino Eduardo, por educarme y corregirme en mi infancia y juventud. Por su apoyo y cariño. Gracias por ayudar a forjar mi carácter.

A mi hermana Evelyn, por nuestra relación de amor odio durante 24 años. Por ser mi mejor amiga y confidente.

A mi tía Ninfa, por amarme como si fuese su hija propia y acogerme siempre.

A Emy y Joshua, por llegar al mundo y alegrar mis días de forma mágica, espero ser un ejemplo.

A mis mejores amigas, Edith y Cecy por acompañarme durante todo este tiempo y compartir hermosos momentos junto a ustedes y mostrarme lo maravilloso de la amistad.

A mis amigos Vick, Chapu, Mony, Jhonny, Johnny (cuñis), Pablito, Karen, Joss, Jum y Jose (realmente gracias) por las risas, salidas, apoyo, etc. A Pipo, gracias por tu cariño, tiempo y la libertad que me brindas.

A mis profesores, en especial al Ing Sevilla, la Ing. Halina y el Ing. Renán, por su vocación para transmitir conocimientos y tocar mi espíritu estudiantil.

A la Inge Majo por confiar en mí y ayudarme a crecer en el proyecto de vinculación.

A mi Nick, Siwi y Aragorn, por amarme y recibirme a diario con alegría y enseñarme la verdadera lealtad.

A la Ing. Paty mi directora de tesis.

A a la consultora en Patrimonio y Cultura Amelia Sánchez Mosquera y a todo el equipo que conforma el “Metro de Quito” por facilitar el acceso a las muestras.

A todas las personas que han formado parte de mi vida y que han contribuido a que llegue este momento.

DEDICATORIA

A Dios y mi familia. Gracias!

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la ciudad de Quito, Ecuador. Se consideró el estudio mineralógico y vulcanología del Holoceno en el Ecuador. La parte teórica fue seleccionada de autores anteriores, enfocada en los productos eruptivos y en como estos influyeron en la vida de las poblaciones asentadas a lo largo de la cuenca de Quito. La información práctica fue recopilada en 27 secciones arqueológicas que fueron sometidas a estudios petrográficos.

A lo largo de la cuenca de Quito se ha encontrado varias capas de cenizas de diferentes erupciones, algunas están identificadas la procedencia y la edad, pero otros estratos carecen de esta información. Para esta investigación, se tomaron en cuenta los volcanes con actividad durante el Holoceno, donde sus erupciones hayan tenido un VEI entre 4-6, se citan a continuación de sur a norte los volcanes con su edad de las cenizas: Quilotoa (800 a AP), Cotopaxi (4500 a AP), Complejo volcánico Atacazo-Ninahuilca (2300 y 4600 a AP), Complejo volcánico Pichincha (290, 1000 y 3300 a AP), Complejo volcánico Pululahua (2400 a AP) y el volcán Cuicocha (2900 y 3100 a AP). Estos edificios volcánicos están localizados en la Cordillera Real y Occidental y las muestras de cenizas del proyecto y cenizas padre provienen de estos, realizándose una correlación tefroestratigráfica.

Las cenizas del estudio fueron tomadas a lo largo del tramo del Proyecto "Metro de Quito" en un recorrido de 14,5 km de distancia, de las cuales fueron analizadas la petrografía y particularidades principales, y así caracterizarlas, estos análisis fueron mediante el binocular. Dentro del análisis de la pómez para identificar proveniencia se toma en cuenta los parámetros como presencia y propiedades de los minerales, características físicas de la pómez y de los líticos, redondeamiento o no de las partículas tipos de vidrios y tamaño de grano.

Un total de 9 cenizas recogidas de las proximidades de los volcanes fuentes, a las que se les denomina cenizas padre se analizaron bajo el binocular, siguiendo el mismo procedimiento que las cenizas del proyecto.

Finalmente al correlacionar las cenizas desde los estratos de la ruta del Metro se obtuvo que existen niveles de la capa del Quilotoa (800 a AP), 5 sitios donde aparecía ceniza pertenecientes al Pichincha (290 – 3300 a AP), 3 sitios donde aparece la ceniza del Pululahua (2400 a AP), un sitio donde aparece la ceniza del Cuicocha (3100 a AP), del Ninahuilca se obtuvieron 4 sitios en los años (2300 y 4600 AP) y del Cotopaxi presenta 4 sitios donde aparece la ceniza procedentes de la erupción riolítica de hace (4500 a AP). Hay un sitio de origen desconocido. Con esta información se tiene una idea del alcance de los volcanes en cada erupción.

ABSTRACT

The present work was done in the city of Quito, Ecuador. The mineralogical study and volcanology in the Holocene was found in Ecuador. The theoretical part was selected from previous authors, focused about the eruptive products and how they influenced the lives of the populations settled along the Quito basin. The practical information was compiled in 27 archaeological sections that whose volcanic ashes were submitted to petrographic studies.

Along the Quito basin, several ash layers of different eruptions have been found, in some are the provenance and ages are identified, but others don't have this information. For this investigation, the volcanoes with activity during the Holocene were used for this project, where their eruptions were between VEI 4-6, they are cited: Quilotoa (800 y BP), Cotopaxi (4500 y BP), Atacazo-Ninahuilca volcanic complex (2300 and 2600 y BP), Pichincha Volcanic Complex (290, 1000 and 3300 y BP), Pululahua volcanic complex (2400 to BP) and Cuicocha volcano (2900 and 3100 y BP). These volcanic edifices are located in the Occidental and Real Cordillera and the ash samples of the project and the parent ashes coming from these, were determined based on tefrostratigraphic correlation.

The ashes of the study were taken along a S-N section of the "Metro de Quito" Project over a distance of 14.5 km. The petrography and main characteristics were analyzed, thus characterizing them. These analyzes were made by means of the binocular microscope. An analysis of the pumice identified the evidence, parameters such as the presence and properties of the minerals, the physical characteristics of the pumice and the types of glasses, factors that were taken into consideration.

A total of 9 ashes collected from the proximity of the possible parents volcanoes and were observed under the binocular, following the same procedures of analisis as the ashes collected in the Metro project were subjected.

Finally, correlating the ashes shows that, there are 9 samples resulting from the eruption of Quilotoa. Five that; possibly belong to Guagua Pichincha (290 – 3300 y BP) by 3 samples that pertain to Pululahua (2400 y BP) and one who precedence is Cuicocha (3100 y BP). Of the

youngest Ninahuilca eruptions 3 samples were obtained and finally, Cotopaxi presents 4 ashes of the rhyolitic eruption of (4500 y BP). One ash of unknown origin. With this information you have an idea of the extent of the volcanoes in each eruption.

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| DECLARACIÓN | I |
| CERTIFICACIÓN | II |
| AGRADECIMIENTOS | III |
| DEDICATORIA | IV |
| RESUMEN | V |
| ABSTRACT | VII |
| TABLA DE CONTENIDOS | IX |
| ÍNDICE DE FIGURAS | XI |
| ÍNDICE DE TABLAS | XIII |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS | XV |
| Capítulo I | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1. ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.2. OBJETIVO..... | 7 |
| 1.2.1 Objetivo general..... | 7 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 7 |
| 1.3. ALCANCE..... | 7 |
| 1.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO..... | 8 |
| 1.4.1. Localización..... | 8 |
| 1.4.2. Vías de acceso..... | 10 |
| 1.4.3. Morfología..... | 10 |
| 1.4.4. Hidrografía..... | 12 |
| 1.4.5. Clima, vegetación y fauna..... | 15 |
| 1.5. ESTUDIOS ANTERIORES..... | 16 |
| Capítulo II | 18 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 18 |
| 2.1. CONTEXTO GEODINÁMICO..... | 18 |
| 2.2. GEOLOGÍA REGIONAL..... | 20 |
| 2.3. NATURALEZA DEL VOLCANISMO EN EL ECUADOR..... | 21 |
| 2.3.1. Clasificación de las erupciones..... | 24 |
| 2.3.2. Fuentes volcánicas..... | 26 |
| 2.3.2.1 Complejo Volcánico Pululahua..... | 28 |

| | |
|---|-----|
| 2.3.2.2. Complejo Volcánico Pichincha..... | 34 |
| 2.3.2.3. Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca..... | 36 |
| 2.3.2.4. Cotopaxi..... | 41 |
| 2.3.2.5. Quilotoa..... | 47 |
| 2.3.2.6. Volcán Cuicocha..... | 52 |
| 2.3.3. Síntesis Erupciones Volcánicas y sus Productos..... | 55 |
| Capítulo III | 57 |
| 3. NATURALEZA DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS..... | 57 |
| 3.1. PRODUCTO DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS (CENIZAS)..... | 57 |
| 3.1.1. Clasificación de las erupciones volcánicas..... | 57 |
| 3.1.1.1. Erupciones efusivas..... | 57 |
| 3.1.1.2. Erupciones explosivas..... | 58 |
| 3.1.1.3. Productos eruptivos..... | 58 |
| 3.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO..... | 62 |
| Capítulo IV | 67 |
| 4. CORRELACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS..... | 67 |
| 4.1. INTRODUCCIÓN..... | 67 |
| 4.2. ANÁLISIS PETROGRÁFICO..... | 67 |
| 4.2.1. Ubicación y descripción de las muestras de ceniza..... | 68 |
| 4.2.1.1. Colector Galte 353 (Av. Rodrigo de Chávez)..... | 69 |
| 4.2.1.2. Morán Valverde 300, 301 y 302..... | 70 |
| 4.2.1.3. Solanda 156..... | 72 |
| 4.2.1.4. Solanda 276 y 279..... | 74 |
| 4.2.1.5. El Calzado 26..... | 76 |
| 4.2.1.6. El Recreo 76..... | 77 |
| 4.2.1.7. Jipijapa 109..... | 78 |
| 4.2.1.8. La Alameda 194..... | 79 |
| 4.2.1.9. La Alameda 318..... | 81 |
| 4.2.1.10. La Alameda 320..... | 82 |
| 4.2.1.11. La Alameda mQ-421..... | 83 |
| 4.2.1.12. El Ejido 165 y 166..... | 84 |
| 4.2.1.13. Santa Clara 243..... | 87 |
| 4.2.1.14. PV 12 La Carolina 371 y 373..... | 88 |
| 4.2.1.15. La Carolina 114, 115 y 116..... | 90 |
| 4.2.1.16. La Carolina 307..... | 92 |
| 4.2.1.17. PV 13 Iñaquito 375 y 378..... | 93 |
| 4.2.1.18. Fondo de Saco 57 y 60..... | 94 |
| 4.2.2. Carácter petrográfico de las cenizas padre..... | 96 |
| 4.2.3. Carácter petrográfico de las cenizas del Proyecto “Metro de Quito” | 100 |
| 4.2.3.1. Correlación de las cenizas del Proyecto e identificación de propiedades..... | 105 |
| 4.3. RESULTADOS..... | 113 |

| | |
|--|------|
| 4.3.1. Cálculo del VEI para las erupciones establecidas | I |
| Capítulo V | VI |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | VI |
| 5.1. CONCLUSIONES | VI |
| 5.2. RECOMENDACIONES | VIII |
| BIBLIOGRAFÍA | X |
| ANEXOS | XX |
| 2. ANEXO 1: UBICACIÓN DE LAS CENIZAS DEL PROYECTO | 2 |
| 3. ANEXO 2: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS DEL PROYECTO | III |
| 4. ANEXO 3: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS PADRE..... | LVII |

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

| | |
|--|----|
| Figura 1. 1 Volcanes cuaternarios del Ecuador continental (Foto: Modificado de Bernard y Andrade, 2011 IG-IRD) | 3 |
| Figura 1. 2 Mapa del Valle de Quito con los puntos de muestreo (Google Earth) | 9 |
| Figura 1. 3: Mapa neotectónico de Quito, Los ríos se muestran en celeste. Sistema de Fallas de Quito y Sistema de Fallas de Guayllabamba (Alvarado et al., 2014). | 11 |
| Figura 1. 4: La toponimia abarca edificios volcánicos, segmentos volcánicos y ríos principales. Área de máxima intensidad para el terremoto histórico Guayllabamba 1587 (6.4 Mlc ~ Mw).. El punto rojo corresponde al terremoto del 8 de noviembre de 1990 (Mw 5.3). C: Catequilla de cúpula andesítica y P: Pacpo de cúpula dacítica. (Alvarado et al., 2016). 14 | |

Capítulo II

| | |
|---|--|
| Figura 2. 1 Mapa tectónico activo del Ecuador. Líneas rojas: segmentos de falla. Puntos negros: zonas de sutura. Astilla Andina del Norte: NAS; Falla de Cosanga-Méndez, según lo definido por Aspden y Litherland [1992]: Cosanga-MF; Sutura Peltetec: Peltetec; Melange Pujilí: Pujili; Falla de Jubones: Jubones; Zona de cizalla Toachi: Toachi; Zona | |
|---|--|

| | |
|--|----|
| Pisayambo: Py. QFS: Sistema de Fallas activas de Quito. Ciudades: Quito: Q; Latacunga: L; Cuenca: C; Riobamba: R; Guayaquil: G..... | 19 |
| Figura 2. 2 Mapa de Unidades Geológicas del Ecuador (Modificado de De Berc et al 2005) | 21 |
| Figura 2. 3 Criterios para la estimación del Índice de Explosividad Volcánica (VEI). (Modificado de Newhall et al., 1982)..... | 24 |
| Figura 2. 4 Lista de erupciones de impacto en la población en Ecuador. (Hall y Mothes, 1999). | 26 |
| Figura 2. 5 Complejo Volcánico Pululahua (Foto: P. Ramón IG-EPN). | 28 |
| Figura 2. 6 Estratigrafía y nomenclatura de los productos de las erupciones formadas en la caldera de Pululahua. Las unidades eruptivas U1 a U10 están separadas unas de otras por inconformidades erosivas. BF y F2 a F7 representan capas de caída pómez pliniana y / o subpliniana. Los números en el lado izquierdo de la columna indican el grosor en cm. | 33 |
| Figura 2. 7 Columnas estratigráficas de las erupciones representativas del Guagua Pichincha. (Robin et al, 2008)..... | 36 |
| Figura 2. 8 Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (Foto: Vallejo. IG-EPN)..... | 37 |
| Figura 2. 9. Estratigrafía del Complejo volcánico Ninahuilca. (Hidalgo et al., 2008)..... | 41 |
| Figura 2. 10. Volcán Cotopaxi. (Foto: Nature Galápagos y Ecuador). | 41 |
| Figura 2. 11 Columna estratigráfica reconstruida de la historia eruptiva del Cotopaxi posterior al siglo XII.. La columna corresponde a la secuencia de caída de tefra. Los depósitos de escoria se incluyen en esta reconstrucción estratigráfica, pero solo son visibles en áreas específicas alrededor del volcán. Las estrellas se refieren a las fechas del siglo XIV en los suelos (Modificado de Pistolesi et al, 2011). | 46 |
| Figura 2. 12. Caldera Quilotoa. (Foto: Quito tour). | 47 |
| Figura 2. 13. Estratigrafía del Quilotoa en el Holoceno (Modificado de Mothes y Hall, 2008) | 51 |
| Figura 2. 14. Complejo Volcánico Cuicocha- Cotacachi. (Foto: Modificado de M. Almeida. IG-EPN). | 52 |

Capítulo III

Figura 3. 1 Caída: pluma generada en una erupción explosiva que lleva partículas, excepto las más gruesas, de kilómetros a decenas de kilómetros de altura sobre la superficie;

| | |
|--|----|
| partículas sedimentadas de la pluma para formar depósitos; la dispersión de la pluma está controlada por la dirección y fuerza del viento. Los clastos más gruesos (flechas) siguen las trayectorias balísticas y caen entre 3 a 5 km de distancia, independientemente del viento (Wilson y Houghton, 2015)..... | 60 |
| Figura 3. 2 Diagrama esquemático de los cuatro controles principales sobre los procesos de depositación durante la formación de depósitos piroclásticos: Trayectoria de partículas, concentración de partículas, presencia o ausencia de cohesión y fluctuaciones en la concentración de partículas con el tiempo..... | 62 |
| Figura 3. 3 Binocular OLIMPUS SZ61 (Foto de Vallejo, 2018)..... | 64 |
| Figura 3. 4 Image J INFINITY 2-3C (Foto de Vallejo, 2018)..... | 64 |
| Figura 3. 5 Formato de las Descripción de las muestras (Modificado de Vallejo, 2011) | 66 |

Capítulo IV

| | |
|--|-----|
| Figura 4. 1 Secuencia estratigráfica ideal. | 105 |
| Figura 4. 2 Mapa de isópaca idealizada de la ceniza proveniente del volcán Quilotoa..... | 114 |
| Figura 4. 3 Mapa de isópacas idealizadas provenientes de las erupciones del Guagua Pichincha | 115 |
| Figura 4. 4 Mapa de isópacas idealizadas provenientes de las erupciones del Ninahuilca. | 116 |
| Figura 4. 5 Mapa de isópaca idealizada proveniente de la erupción del Pululahua. | 117 |
| Figura 4. 6 Mapa de isópaca idealizada de la erupción proveniente del Cuicocha..... | 118 |
| Figura 4. 7 Mapa de isópaca idealizadas de las erupciones provenientes del Cotopaxi..... | 119 |

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

| | |
|--|----|
| Tabla 2. 1. Criterios para la estimación del Índice de Explosividad Volcánica (VEI). (Modificado de Newhall et al., 1982)..... | 24 |
| Tabla 2. 2 .Lista de erupciones de impacto en la población en Ecuador. (Hall y Mothes, 1999). | 26 |

| | |
|---|----|
| Tabla 2. 3. Columna Estratigráfica Condensada Cuicocha (Modificado de Hillebrandt, 1989). | 54 |
| Tabla 2. 4. Erupciones más importantes de los volcanes en estudio durante el Holoceno (Hall y Mothes, 1994). | 56 |

Capítulo III

| | |
|---|----|
| Tabla 3. 1 Relación de las características y elementos en una muestra (Modificado de Vallejo, 2011)..... | 66 |
|---|----|

Capítulo IV

| | |
|--|-----|
| Tabla 4. 1. Localización de las muestras | 69 |
| Tabla 4. 2. Sumario de la comparación mineralógica y las características de la pómez en las cenizas padre. Abreviaturas: PL: plagioclasa, QZ: cuarzo, BIOT: biotita, HBL: hornblenda, HIP: hipersteno, AUG: augita, MGT: magnetita, SH: shards, HIL: hilos de vidrio, MAS: masivo y OBS: obsidiana. | 99 |
| Tabla 4. 3 Sumario de la composición mineralógica y las características de la pómez en las cenizas del proyecto. Abreviaturas: PROF: Profundidad, Cmb: centímetros bajo la superficie, MIN: minerales, POM: pómez, VID: vidrio, LIT: líticos, PL: plagioclasa, QZ: cuarzo, BIOT: biotita, HBL: hornblenda, HIP: hipersteno, AUG: augita, HEM: hematita, SH: shards, HIL: hilos de vidrio, MAS: masivo, ESC: escoria, MEL: melcocha y OBS: obsidiana. | 104 |
| Tabla 4. 4 Cenizas del proyecto posteriores al Quilotoa (800 años AP). | 106 |
| Tabla 4. 5 Cenizas del Proyecto provenientes del Quilotoa (800 años AP). | 107 |
| Tabla 4. 6 Cenizas del Proyecto provenientes del Guagua Pichincha (290-3300 años AP). | 108 |
| Tabla 4. 7 Cenizas del Proyecto provenientes del Ninahuilca (2300 y 4600 años AP). | 109 |
| Tabla 4. 8 Cenizas del proyecto provenientes del Pululahua (2400 años AP). | 110 |
| Tabla 4. 9 Cenizas del Proyecto provenientes del Cuicocha (3100 años AP). | 111 |
| Tabla 4. 10 Cenizas del proyecto provenientes del Cotopaxi (4500 años AP). | 112 |
| Tabla 4. 11 Cenizas de depósitos no identificados. | 112 |
| Tabla 4. 12 Síntesis de las cenizas del proyecto con sus volcanes fuente. | 113 |
| Tabla 4. 13 Cálculo del área de distribución de las cenizas con un espesor representativo (Modificado de Vallejo, 2011). | 1 |

| | |
|---|----|
| Tabla 4. 14. Comparación del VEI calculado con el VEI de la literatura (Modificado de Vallejo, 2011)..... | II |
|---|----|

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Capítulo IV

| | |
|---|----|
| Fotografía 4. 1. Moran Valverde, muestras 300, 301 y 302 (Foto: Metro de Quito). | 72 |
| Fotografía 4. 2 Solanda, muestra 156 (Foto: Metro de Quito). | 74 |
| Fotografía 4. 3 Solanda, muestras 276 y 279 (Foto: Metro de Quito). | 75 |
| Fotografía 4. 4 El Calzado, muestra 26 (Foto: Metro de Quito). | 77 |
| Fotografía 4. 5 El Recreo, muestra 76 (Foto: Metro de Quito). | 78 |
| Fotografía 4. 6 Sección de la muestra 194 en La Alameda (Foto: Metro de Quito). | 81 |
| Fotografía 4. 7 Muestra de la sección 318, La Alameda (Foto: Metro de Quito). | 82 |
| Fotografía 4. 8 Sección de proveniencia de la muestra 320 en la Alameda (Foto: Metro de Quito). | 83 |
| Fotografía 4. 9 Muestra 165, El Ejido (Foto: Metro de Quito). | 86 |
| Fotografía 4. 10 Muestra 166, El Ejido (Foto: Metro de Quito). | 86 |
| Fotografía 4. 11 Estrato muestra 243, en Santa Clara (Foto: Metro de Quito) | 88 |
| Fotografía 4. 12 PV La Carolina 371 y 373 (Foto: Metro de Quito). | 90 |
| Fotografía 4. 13 La Carolina, muestras 114-116 (Foto: Metro de Quito). | 92 |
| Fotografía 4. 14 Fondo de Saco, muestras 57 y 60 (Foto: Metro de Quito). | 96 |

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Durante el Holoceno existió actividad volcánica con influencia en los asentamientos humanos situados alrededor de los volcanes. La mayoría de los volcanes en el Ecuador continental pertenecen a las Cordilleras Oriental y Occidental. Esta ubicación influye en la depositación de los productos eruptivos afectando de manera directa al Valle Interandino, pues este se encuentra entre las dos cordilleras. En este periodo se produjeron erupciones con VEI entre 4 y 6 que le dieron un carácter explosivo con depósitos de cenizas como principal fenómeno eruptivo con capacidad de llegar a zonas distales.

Adecuado a la construcción del Metro de Quito, se hicieron estudios arqueológicos en Quito tomando muestras de ceniza que forman la base de este trabajo, para conocer e identificar las posibles fuentes y el alcance que tuvieron los eventos eruptivos de la época y la influencia sobre las culturas.

1.1. ANTECEDENTES

Los eventos históricos y la asociación de las culturas, se puede estudiar a través de la actividad volcánica de la época y de los depósitos dejados por estos eventos, dado que se exponen zonas geográficas gracias a las capas guías de ceniza (Villalba y Alvarado 1999).

En la zona del Ecuador continental se alberga un total de 84 volcanes de edad cuaternaria. Los vestigios más importantes de la actividad volcánica en la Sierra se registran a través de capas de ceniza y pómez, los relieves y morfologías en todo el Valle Interandino que van desde Riobamba al sur hasta la frontera con Colombia.

Durante el Holoceno en la región Interandina 15 volcanes estuvieron activos y fueron los causantes de abundante material piroclástico depositado y a su vez sobre los asentamientos de los pueblos, afectando la forma de vida de la población a través de la caza, agricultura y

otras formas de subsistencia. (Mothes, 1998). Según Knapp y Ryder (1983) las antiguas culturas de la Sierra sobrellevaron las huellas de las erupciones. Se registra que los flujos piroclásticos, flujos de lodo y las caídas de ceniza fueron los fenómenos volcánicos que más afectaron a estas poblaciones. Los flujos piroclásticos por las altas temperaturas y las grandes velocidades alcanzadas afectaron la vegetación, la población y los animales domésticos incluso cobrando vidas. Los lahares cuyos depósitos dejaron capas con espesores entre 1 -10 metros y la dinámica destructiva de estos dejaron damnificados en cada pueblo principalmente los que se asentaron en las orillas de los ríos (Hall y Mothes, 1999).

Los eventos volcánicos más importantes registrados en el Ecuador que dejaron rastros en los pueblos durante el Holoceno son de los volcanes:

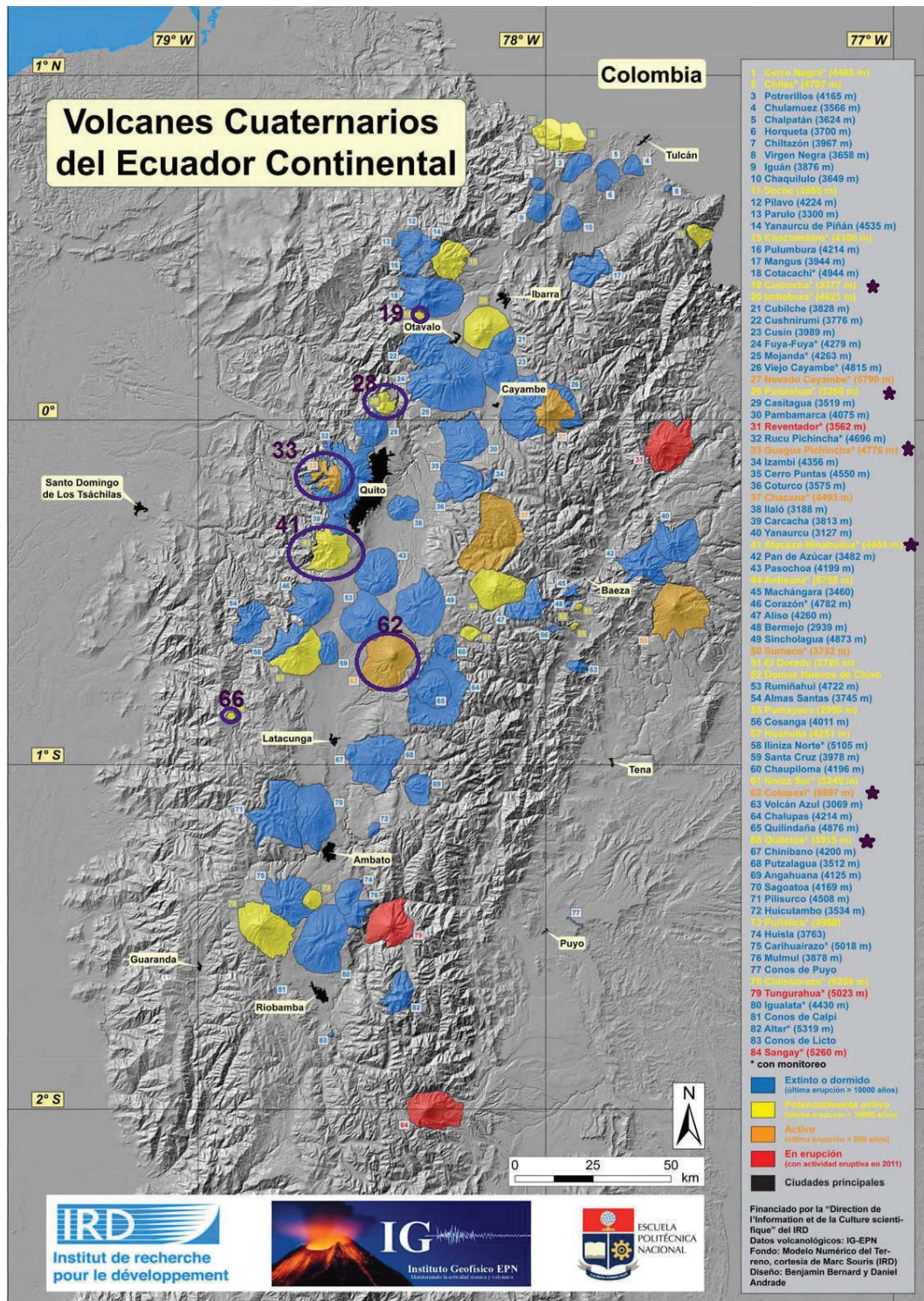


Figura 1. 1 Volcanes cuaternarios del Ecuador continental, en lila está representados los volcanes que está en este estudio (Foto: Modificado de Bernard y Andrade, 2011 IG-IRD).

Volcán Cuicocha: Se relaciona con dos flujos piroclásticos datados de los años 2900 y 3100 AP que cubrieron las zonas de Quiroga y Cotacachi con un estrato de 20 m de ceniza y pómez, viajaron pendiente abajo desde el cráter de la laguna hasta Atuntaqui e Imantág (Hall y Mothes, 1994).

Volcán Pululahua: Los 4 periodos de actividad volcánica se caracterizaron por la caída de flujos piroclásticos, de bloques y de ceniza, el material fue depositado desde San Antonio de Pichincha hasta Pomasqui. Otro fenómeno volcánico son los flujos de lodo intercalados con las nubes ardientes. Las caídas de ceniza han influido en culturas de la Costa, mientras que en la cuenca de Quito se reconoció un estrato de ceniza de 10 cm de espesor producto de una erupción de hace 2300 años AP, no se tiene registros pero se intuye que afectó a la población, cultivos y ganado de esa época. Los depósitos de esta erupción se localizan en las riberas del río Guayllabamba y más que todo el valle del río Monjas en los alrededores de San Antonio de Pichincha y Pomasqui (Alvarado, 1996).

Volcán Guagua Pichincha: Este edificio volcánico ha tenido varios periodos eruptivos importantes durante el Holoceno, los principales fueron en los años 11750 AP, 8150 AP, 980 AP y el periodo 1582 – 1566 d.c, 1660 d.c. De estos eventos se tienen caídas de ceniza, lapilli y piroclastos depositados en la cuenca de Quito y que se extienden hasta Pifo y Tumbaco (Hall y Mothes, 1994).

En la cuenca de Quito se reconocen varias secuencias de cenizas de erupciones de los volcanes Quilotoa y Cotopaxi en los años 810 AP y 5800 AP respectivamente, además de la erupción más reciente del volcán Pululahua que influyeron en el desarrollo de las culturas de la cuenca (Knapp, 1988).

Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (Ninahuilca): Según Hidalgo et al., 2008, este edificio volcánico muestra 6 episodios mayores en el Holoceno, los fenómenos característicos son los flujos piroclásticos que llegaron hasta cerca de Santo Domingo y hacia el este en Amaguaña. El material proveniente del volcán dejó depósitos de capas de ceniza y lapilli de 5-10 cm de

espesor, que interrumpieron la conexión entre la Sierra y la Costa. La mayoría de material se depositó al occidente del edificio porque los vientos principalmente iban a ese lado.

Volcán Cotopaxi: La historia eruptiva de este volcán es amplia y ha experimentado erupciones andesíticas y riolíticas y el fenómeno volcánico más común son los flujos de lodo o escombros. Los productos de las erupciones riolíticas tienen un alcance mayor, los depósitos son más grandes, por lo tanto, el nivel de afectaciones superior. La vida de las poblaciones en estas circunstancias se trasladó a otras zonas. Uno de los eventos que tuvieron trascendencia está datado de hace 4 500 años AP, el material fue depositado en el Valle de los Chillos con una capa de 2 m de espesor (Mothes et al., 1998). Mientras en Quito según Alvarado (1996) el material detrítico que arriba la va enterrando bajo metros de depósitos de arena y gravas que tienen una sedimentación rápida. Este evento cubre información significativa de los pueblos asentados en esta zona.

Volcán Quilotoa: La erupción más importante datada se suscita hace 800 años AP. La ceniza está depositada ampliamente en varias zonas de la Sierra, que sirve como capa guía, su espesor es normalmente de unos 10-15 cm. La potente erupción dejó a su paso suelos áridos imposibles de cultivar la tierra y poblaciones que difícilmente podían habitar cerca del volcán (Hall y Mothes, 1994).

Las erupciones mencionadas anteriormente tuvieron un impacto en las culturas situadas en el Callejón Interandino y en las condiciones ambientales de la época. Varios de los eventos en sí, no fueron los que afectaron las poblaciones, sino que fueron los desencadenantes de eventos secundarios. En el Holoceno existieron 8 periodos marcados de reposo en los cuales el desarrollo de las culturas tuvo su auge en las estribaciones de la Cordillera Oriental y Occidental, además del Valle Interandino (Hall y Mothes, 1994).

Los primeros habitantes localizados en el Valle Interandino se enfrentaron a condiciones climáticas inhóspitas, principalmente en la glaciación, porque predominaron los fuertes vientos, tierras áridas. Los suelos estuvieron cubiertos esencialmente por cangahua (Hall y Mothes, 1997).

Las erupciones volcánicas, los eventos tectónicos y las condiciones ambientales ocurridos en el último millón de años cambiaron la morfología de la meseta de Quito, puesto que Quito es una zona de actividad sísmica y volcánico. Estos eventos influyeron en la forma de vida y comportamiento de las poblaciones (Villalba y Alvarado 1999).

Según Knapp y Rider (1983) una capa de ceniza proveniente del Quilotoa fue encontrada como relleno de una zanja en Chillogallo datada del año 1000-1500 AD, 800 años después aún mantiene su color blanco y bajo contenido de materia orgánica.

Además se encontró depositado una capa de ceniza de grano grueso y pómez proveniente del Guagua Pichincha.

En Pichincha, en la zona de Cotocollao: Según el trabajo de Porras (1982), durante el periodo formativo entre 2000 a 500 años AC se asentó una población alrededor de lagos pocos profundos que tras un evento eruptivo del Pululahua se vio obligada a desplazarse a zonas periféricas. La secuencia estratigráfica expone en la parte superior cenizas, lapilli y bombas volcánicas que representan los depósitos de tefra de la erupción del año 467cal a AC. Este depósito sobreyace al periodo formativo que consta de paleosuelo rico en zonas materia orgánica datado de 819 a 168 cal BC. La capa base se compone de tefra con un espesor de 35 cm, suelo estéril, 5 cm tiene características de material piroclástico correspondiente al Periodo Formativo Temprano (Isaacson y Zeidler, 1994).

Al oeste de Pichincha en los Valles de Tulipe y Valle de Mindo: se identificaron dos culturas prehistóricas la Fase de Tulipe del Periodo de Integración y la Fase Nueva Era, se encuentra enterrada profundamente y pertenece al Periodo Formativo Medio a Tardío equivalente a Cotocollao. La Fase Tulipe se caracteriza por exhibir depósitos volcánicos de 13 cm de espesor que retratan 3 episodios volcánicos ocurridos en un periodo corto de tiempo. Las tres etapas se produjeron en un solo intenso ciclo eruptivo. Bajo la tefra se encuentra depositado paleosuelo de 24 cm de espesor que corresponde a materia orgánica del Periodo Formativo Medio. La capa base está conformada por estratos de arcilla y limo estéril (Villalba y Alvarado, 1999).

1.2. OBJETIVO

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar las erupciones volcánicas más importantes del Holoceno y correlacionarlas estratigráficamente y así establecer la influencia de la actividad volcánica en las culturas asentadas en la cuenca de Quito.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la mineralogía y características principales de las capas de ceniza guía que se encontraron en la zona de estudio.
- Determinar la mineralogía y características principales de las cenizas padre de los volcanes con actividad Holocénica que se tomaron en consideración para ese estudio.
- Establecer una probable distribución de las cenizas padre desde la ubicación de los edificios volcánicos hasta su depositación a lo largo del tramo del Metro de Quito.
- Estimar la superficie de distribución y el volumen de cenizas en la zona de estudio.
- Estimar los daños que se dieron en los pueblos asentados por las caídas de ceniza.
- Definir la distribución de las cenizas e identificar las posibles fuentes de estas.

1.3. ALCANCE

- Registro de la estratigrafía en las diferentes secciones de la zona de estudio a lo largo del tramo del Metro de Quito.
- Características petrológicas de las 26 muestras de ceniza y de las cenizas padre de los volcanes seleccionados para el estudio.
- Correlación de las cenizas del proyecto con las cenizas padre.
- Identificación de una posible distribución de las cenizas desde la ubicación de los centros eruptivos.

- Valoración del efecto de las erupciones sobre los habitantes del Valle Interandino del proyecto, este trabajo se divide en cuatro etapas:

1.4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.4.1. Localización

La zona de estudio está localizada en la provincia de Pichincha, con los límites de trabajo N9973548/E775842 Parada Morán Valverde (Quitumbe) al sur y N9983194/E774619 Parada Fondo de Saco (El Labrador) al norte. Las muestras de ceniza tomadas en trabajo de campo fueron recogidas a lo largo del recorrido del proyecto Metro de Quito en perforaciones realizados por la tuneladora (topo). En la **figura 1.2** se presenta la zona de estudio y la ubicación.

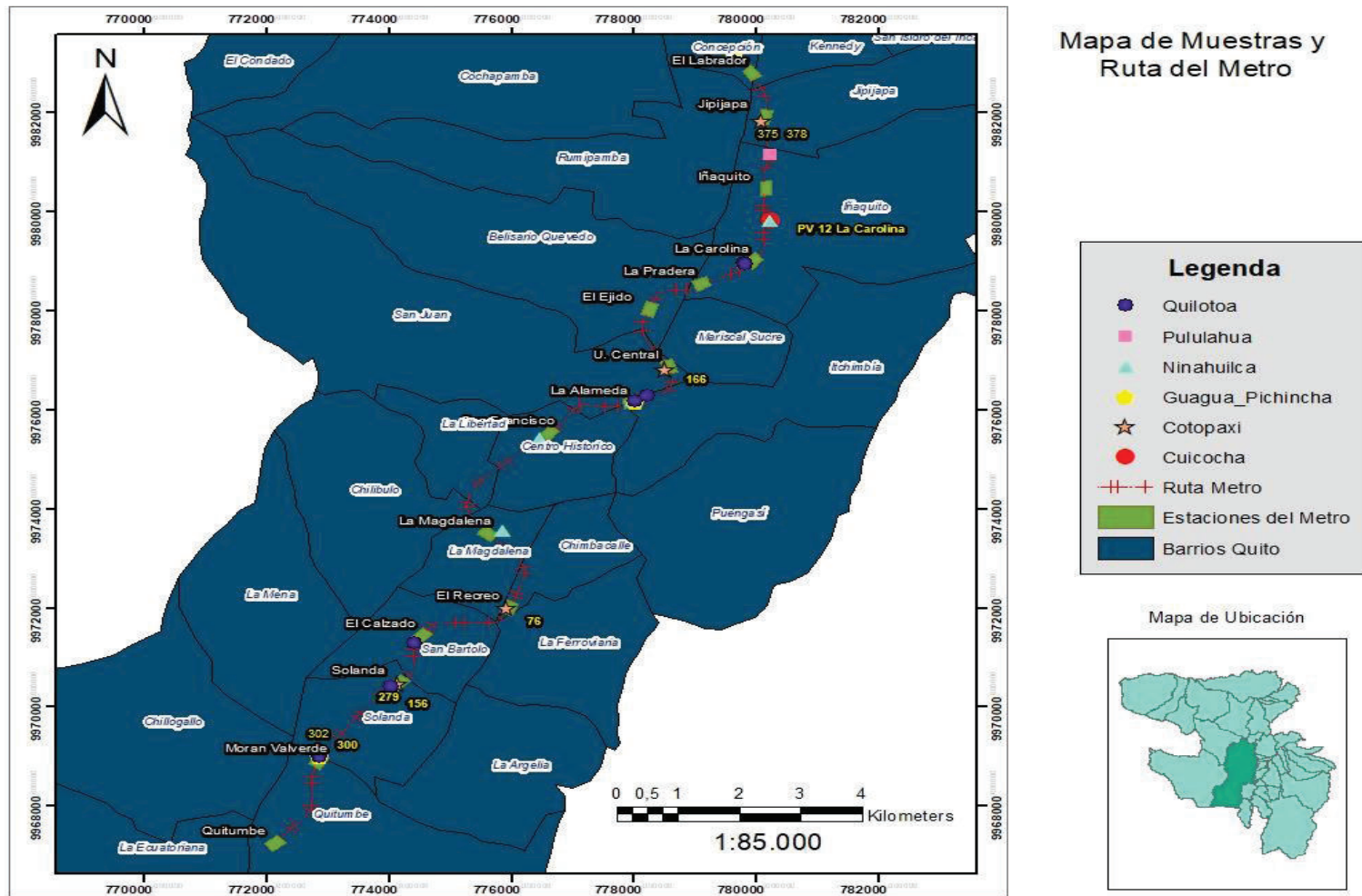


Figura 1. 2 Mapa del Valle de Quito con los puntos de muestreo (Autor propio).

1.4.2. Vías de acceso

Dentro de la provincia de Pichincha, específicamente la ciudad de Quito cuenta con una red de vías en buen estado, que permite una conexión entre todos los sectores de la ciudad. Para la toma de muestras de ceniza se lo hizo en vías de primer y segundo orden.

1.4.3. Morfología

La cuenca de Quito es atravesada por un sistema de fallas que recorren una distancia de 60 km, dos sistemas de fallas activas principales afectan los depósitos volcanoclásticos del cuaternario, además la interrupción de los drenajes y la deformación de la corteza.

El sistema de fallas en Quito influyó directamente en la formación de la cuenca, dando lugar a varias lomas en la parte oriental de la ciudad con un buzamiento hacia el Oeste (Torres, 2016).

La ciudad está edificada sobre tres cuencas pliocuaternarias, Machángara, El Batán y San Antonio que se rellenan con material volcanoclástico cuaternarios. Las fallas y pliegues que están distribuidos a lo largo de la zona están deformando activamente los depósitos en la cuenca de San Pedro- Guayllabamba y en las subcuencas del Machángara o Guayllabamba.

La tendencia de las fallas va de N-S a NE-SW como se muestran en la **figura 1.3**, además de las características de falla y la geometría del patrón de deformación a gran escala. En el trabajo de campo (Alvarado et al., 2014) se identifica la presencia de depósitos lacustres observados en la parte más al norte del segmento Bellavista-Catequilla. Estos sedimentos volcánicos de lagos volcánicos extinguidos, originalmente horizontales, ahora están inclinados 30° hacia el oeste y tienen fallas secundarias pequeñas normales. Estos depósitos son parte de la formación de San Miguel que tiene una edad inferior en el Pleistoceno (Villagómez, 2003). Casi horizontal, los depósitos de suelo oscuro yacen en discordancia sobre los depósitos lacustres. Finalmente, las caídas de ceniza y pómez que probablemente son depósitos del Holoceno del volcán Pululahua cubren todas estas secuencias. Los escarpes secundarios de fallas inversas parecen estar asociadas a las principales estructuras de inmersión del oeste a lo largo del segmento norte de Bellavista-Catequilla, oeste del valle de Guayllabamba (Alvarado et al., 2014).

Al existir un Sistema de Fallas en Quito de inmersión al oeste se observa una asimetría topográfica neta para cada segmento de pliegue N-S. En consecuencia, los deslizamientos con pendiente controlada son más frecuentes a lo largo del borde más inclinado del este de la falla y el sistema de segmentos plegados. Además, las tendencias de uno o dos ejes pueden definir un segmento de un solo pliegue, la mayoría de los ejes del segmento son curvos, como el cerro Ilumbisí-La Bota, lo que sugiere una estructura compleja que se propaga hacia el este (Alvarado, 2014).

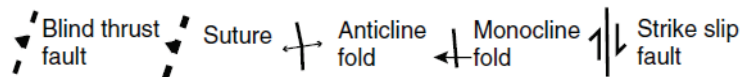
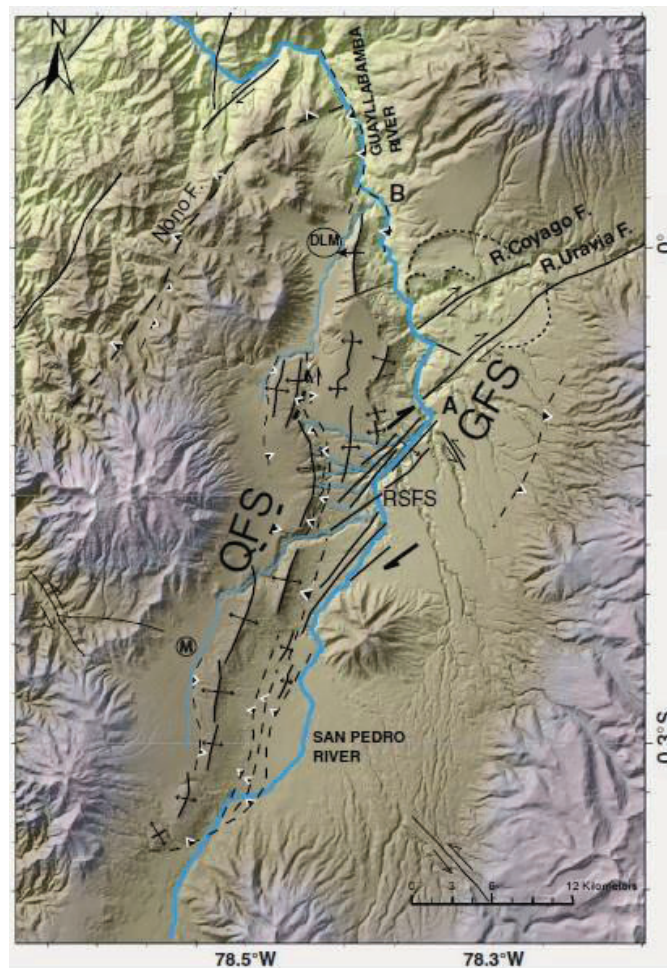


Figura 1. 3: Mapa neotectónico de Quito, Los ríos se muestran en celeste. Sistema de Fallas de Quito (QFS) y Sistema de Fallas de Guayllabamba (GFS), Río Monjas (DML), Sistema de Fallas Río San Pedro (RSFS), Río Machángara (M) (Alvarado et al., 2014).

Debido a que los sismos no son tan profundos en la Depresión Interandina, la expresión superficial no es tan clara como otras estructuras tectónicas clásicas en la cuenca de Quito. Esta característica está relacionada con el desarrollo de un sistema de fallas inversas de alto ángulo y alto escalón hacia el norte y su conexión con fallas de deslizamiento hacia el este. Aunque a menudo se forman cinturones de pliegue dentro de capas sedimentarias.

Varias estructuras tectónicas afectan la orientación, conexión y abandono de la red de drenaje o están curvadas alrededor de edificios volcánicos que implican la preexistencia de la actividad volcánica en comparación con la actividad tectónica. De acuerdo con sus características, estas estructuras se pueden separar en dos clases. Tanto la definición morfoestructural de la depresión interandina (ID) como la actividad tectónica del volcán cuaternario parecen estar asociadas a los sistemas de fallas de tendencia NS y NNE-SSW. Aparentemente, la actividad neotectónica está reutilizando algunas de las antiguas estructuras de tendencias NE heredadas regionalmente al este de la ID (Alvarado et al., 2014). La deformación en el campo está influenciada por el volcanismo activo.

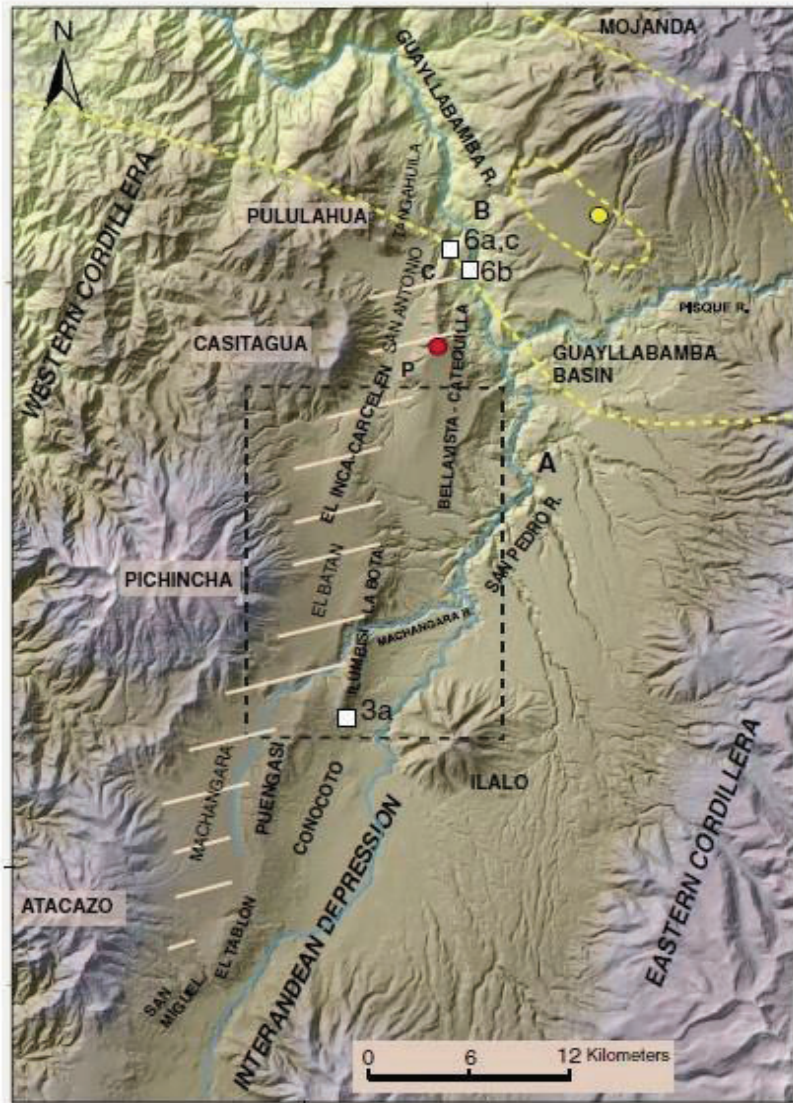
1.4.4. Hidrografía

Los ríos son muy sensibles a los cambios topográficos causados por la elevación o hundimiento y, por lo tanto, son marcadores ideales para identificar la actividad tectónica reciente. El reconocimiento del proceso neotectónico se basa en parte en la interpretación de las formas terrestres aluviales, la evolución del drenaje, ya que la red de ríos intermitentes muestra patrones sistemáticos de desviaciones del curso cuando encuentra los escarpes o pliegues de fallas en los depósitos superficiales.

En la región de Quito, los barrancos intermitentes forman un sistema de drenaje denso, con evidencia de incisión rápida, especialmente durante la estación húmeda (la precipitación anual promedio varía de 1000 a 2000 mm con los valores más altos de 45 mm / h; Noni., et al. 1986). Los canales de corriente intermitentes en comparación con los cauces principales de los ríos constituyen marcadores perfectos para los estudios regionales tectónicos. Mientras que las principales afluentes del río Machángara demuestran que el río está penetrando continuamente, existen evidencias de antiguos cursos laterales del río en canales

abandonados, así como fragmentos de canales abandonados, es decir, brechas con sedimentos fluviales y terrazas aluviales que ocurren hasta unos cientos de metros de altura sobre el canal moderno (Alvarado et al., 2014).

Los ríos Guayllabamba y San Pedro hacen aparentes giros a la derecha en sus cursos, empujados por el creciente cinturón de plegado hacia el este y por la interconexión de segmentos de plegado individuales con el principal Sistema de fallas de Guayllabamba (GFS) hacia el noreste. De manera similar, el río Machángara adopta una tendencia NE después de cruzar el anticlinal ILB (Ilumbisí La Bota) relacionado los esfuerzos (**Figura 1.4**). Y el curso del río Guayllabamba también se desvía bruscamente hacia el oeste y se une a la traza de empuje al norte del segmento BC (Guayllabamba) punto B. En la actualidad, la mayoría de estas anomalías en el patrón de drenaje son valles fósiles abandonados, desviados o colgados. Estas características generalmente se consideran en regiones tectónicamente activas como consecuencia de cambios de pendiente localizados debido a la actividad tectónica cuaternaria (Alvarado et al., 2014).



Cuenca de Quito



1990 (Mw5.3)
sismo



Contorno de confianza del
Centro de Intensidad del
terremoto de 1587.

Figura 1. 4: La toponimia abarca edificios volcánicos, segmentos volcánicos y ríos principales. Área de máxima intensidad para el terremoto histórico Guayllabamba 1587 (6.4 Mlc ~ Mw).. El punto rojo corresponde al terremoto del 8 de noviembre de 1990 (Mw 5.3). C: Catequilla andesítica y P: Pacpo dacítica. (Alvarado et al., 2016).

Quito se encuentra ubicada en la cuenca hidrográfica del Río Guayllabamba y está formada por ríos que nacen en las partes altas (DMQ, 2015). Sus principales subcuencas son:

Río San Pedro: Nace al sur de la provincia de Pichincha en los deshielos de los Illinizas a una altura de 2760 msnm y termina a una altura de 2080 msnm en el Río Machángara, posee una longitud aproximada de 53,9 km (DMQ, 2015; Avilés, 2015).

Río Machángara: nace a partir de varias quebradas ubicadas al sur de Quito a una altura de 2180 msnm y en este río se descargan el 75% de los residuos de la parte norte y sur de la ciudad de Quito, tiene una longitud aproximada de 22.5 km (DMQ, 2015; Valencia, 2008).

Río Guayllabamba: Formado por la intersección de las afluentes de los Ríos Machangara y San Pedro a una altura de 2080 msnm, tiene una longitud de 173.5 km aproximadamente (DMQ, 2015).

Río Monjas: Se origina a 2470 msnm y se interseca con el Río Guayllabamba a los 1655 msnm aproximadamente. Este Río recibe el 20% de los desechos de la ciudad de Quito. Tiene un recorrido en la zona noroccidental de Quito con una longitud de 24,3 km (DMQ, 2015; Reinoso, I. 2015; FICHTNER, 2009).

1.4.5. Clima, vegetación y fauna

Clima: en la ciudad de Quito el clima varía, va desde sequías hasta altas precipitaciones. Quito se encuentra ubicado a una altura promedio de 2800 msnm, por lo que posee un clima templado existiendo una variación de temperatura dependiendo de la hora en la que se encuentre; es decir en el día es templado mientras que en la noche se torna frío el ambiente. Sobre el cañón de Guayllabamba se localizan las masas de aire caliente y húmedo que son las reguladoras del clima de Quito. Los meses con mayor lluvia están entre mayo y octubre, menor lluvia se presenta en diciembre y enero. Mientras que la estación de verano es notoria en los meses de junio a septiembre, alcanzando altas temperaturas en el mes de agosto. La

temperatura en la ciudad varía de 10 °C hasta 27 °C con una media de 15 °C (Municipio del DMQ, 2015).

Vegetación: En la ciudad se reconocen 7 ecosistemas que varían desde bosques montanos pluviales bajos hasta páramos húmedos, los cuales albergan aproximadamente unas 346 246 de especies de plantas que están distribuidas mayormente en la estribación occidental de los Andes del Norte. Existe una menor concentración de especies en la zona urbana y en la parte del valle interandino (DMQ, 2015).

Fauna: En toda el área del Distrito se encuentra alrededor de 524 especies de aves concentradas en los bosques y en menor proporción en las urbanizaciones, existe un pequeño porcentaje de aves migratorias que se encuentran entre los meses de septiembre y abril. En la hiperfauna, existe al menos unas 76 especies de anfibios y 46 de reptiles. La mayor concentración de especies existe en zonas altas de la ciudad mientras que en los valles y parques el número desciende. (Municipio del DMQ, 2015).

1.5. ESTUDIOS ANTERIORES

Un estudio de tefroestratigrafía fue realizado por Hall y Mothes (1994), con varios volcanes situados en la Cordillera Real y Frente Volcánico, se determinó que cada volcán tiene su propia firma geoquímica, mineralogía y tipo de erupción, además se evidencia el alcance de las erupciones de cada volcán.

Trabajos de Hidalgo (2005, 2008, 2012), Robin et al., (2008, 2010), Andrade (2002), describen características de los volcanes en estudio con un análisis profundo de la geoquímica, morfologías y productos volcánicos típicos de los edificios.

En la tesis de Vallejo (2011), se realizó una correlación de cenizas distales y proximales ayudado por la estratigrafía y geoquímica, se obtuvo finalmente el volumen mínimo de material piroclástico, a partir de este se calculó un índice de explosividad volcánica (VEI) obtenido y se comparó con el observado en literatura.

La neotectónica de la ciudad de Quito está recopilada en trabajos recientes de Alvarado (2014, 2016), donde explica el origen de la cuenca de Quito, además de la influencia del volcanismo, la complejidad del terreno, el cambio de dirección del drenaje y la sismicidad en las subcuencas.

Volcanes, cenizas y ocupaciones antiguas en perspectiva geoarqueológica en América Latina, recopilado por la editora María Fernanda Ugalde se destaca la actividad volcánica relacionada con la cosmovisión de antiguas civilizaciones asentadas en América Latina, el impacto que provocaron estos eventos y características específicas de cada uno de ellos.

Otro de los trabajos de importancia a nivel geológico es “El paisaje volcánico de la Sierra Ecuatoriana”. 7 artículos enfocados en la geomorfología, fenómenos volcánicos y recursos asociados de volcanes activos o apagados del cuaternario.

Entrando en lo que se refiere a erupciones volcánicas con productos eruptivos como ceniza, está una recopilación de trabajos de “Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador”. Los vestigios dejados de eventos eruptivos del Holoceno en forma de depósitos de ceniza y pómez en el Valle Interandino han transformado la morfología de la zona, mostrando la influencia de los volcanes en la vida diaria.

Capítulo II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONTEXTO GEODINÁMICO

La Costa ecuatoriana está ubicada en un margen continental activo, donde la placa Nazca se subduce bajo la placa Sudamericana (15 Ma), a una velocidad de 5-7 cm/a en dirección N80°E con una inclinación menor a 35° (Trenkamp et al., 2002; Gutscher. M et al., 1999. La deformación continental activa se localiza mayormente en un solo sistema de fallas principales que conecta el Golfo de Guayaquil hasta la Cordillera Oriental (**Figura 2.1**).

Según Pennington (1981) el ángulo de subducción varía a lo largo de toda la costa Sudamericana, debido a que la placa Nazca no es homogénea y se intercala con regiones asísmicas (Hall y Wood, 1985), el volcanismo en el Ecuador está influido por este ángulo (Gutscher et al., 1999, Font et al., 2013).

La característica más importante de este evento es la formación de la cadena montañosa de los Andes, que representa un cinturón orogénico compuesto que se desarrolló durante todo el Neógeno (Delfaud et al., 1999; Spikings et al., 2001; Christophoul et al., 2002), por esta razón Ecuador tiene una variedad de magmas que van desde calco-alcalino, alcalino hasta adaquítico (Hall et al., 2008).

A lo largo del margen noroeste de América del Sur, la subducción de la placa oceánica de Farallón se produce desde al menos 190 Ma e interactúa con el desarrollo progresivo del dominio del Caribe hacia el Norte. Esta interacción de placa condujo a una deformación litosférica a gran escala del norte de Sudamérica que involucró varios bloques continentales individualizados (Alvarado, 2016).

Entre los 75 y 58 Ma, los terrenos oceánicos se han acrecionado en el margen continental ecuatoriano a través de episodios sucesivos (Spikings et al., 2001) antes de que comenzara

la fase de orogenia principal, hace 23 Ma (Audemard, 2002). En la etapa más reciente de la evolución de los Andes del Norte, un sliver superior, conocido como el “North Andean Sliver” que comprende Ecuador y Colombia, está atrapada entre la fosa y el cratón sudamericano está "escapando" del NE desde el Mio-Plioceno (Nocquet et al., 2009; Alvarado et al., 2016). Publicaciones anteriores han reconocido que la placa superior en las zonas de subducción experimenta una deformación intensa, lo que lleva a la formación de dominios continentales parcialmente separados a bordo, acopladas entre la fosa y la parte estable de la placa superior.

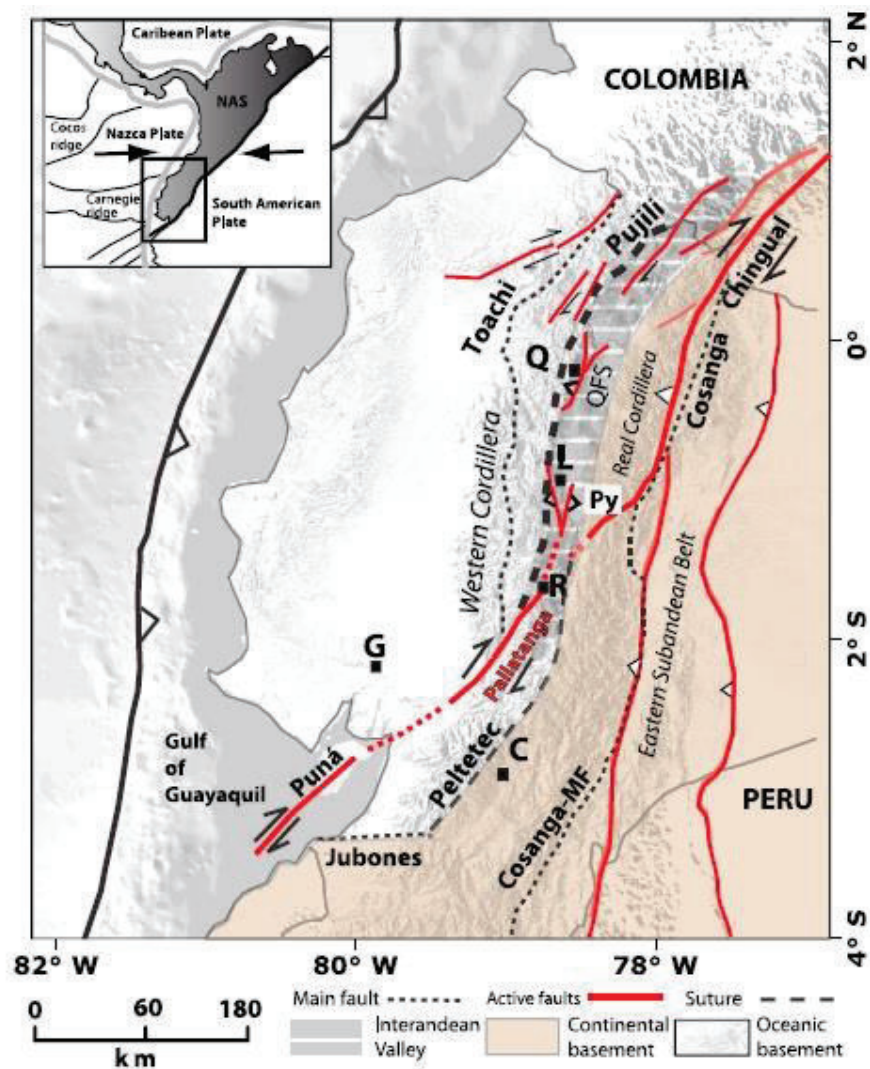


Figura 2. 1 Mapa tectónico activo del Ecuador. Líneas rojas: segmentos de falla. Puntos negros: zonas de sutura. Astilla Andina del Norte: NAS; Falla de Cosanga-Méndez, según lo

definido por Aspden y Litherland [1992]: Cosanga-MF; Sutura Peltetec: Peltetec; Melange Pujilí: Pujilí; Falla de Jubones: Jubones; Zona de cizalla Toachi: Toachi; Zona Pisayambo: Py. QFS: Sistema de Fallas activas de Quito. Ciudades: Quito: Q; Latacunga: L; Cuenca: C; Riobamba: R; Guayaquil: G.

2.2. GEOLOGÍA REGIONAL

En Ecuador se sitúa un imponente arco volcánico, el cual alberga cerca de un centenar de volcanes, cuatro edificios registran actividad eruptiva desde 1999 y docenas como potencialmente activos. A través de los años se han estudiado los volcanes empezando con Ch. La Condamine y H. Bouguer en 1796, más tarde con A. Von Humbolt en 1830 hasta el presente.

Desde finales del Plioceno hasta la actualidad se han expuesto 4 grupos de manifestaciones volcánicas con características morfológicas, química, estilo eruptivo y petrografía que varía. Así tenemos la Cordillera Occidental, la Cordillera Oriental o Real, el Valle Interandino y la Cuenca Oriente (**Figura 2.2**).

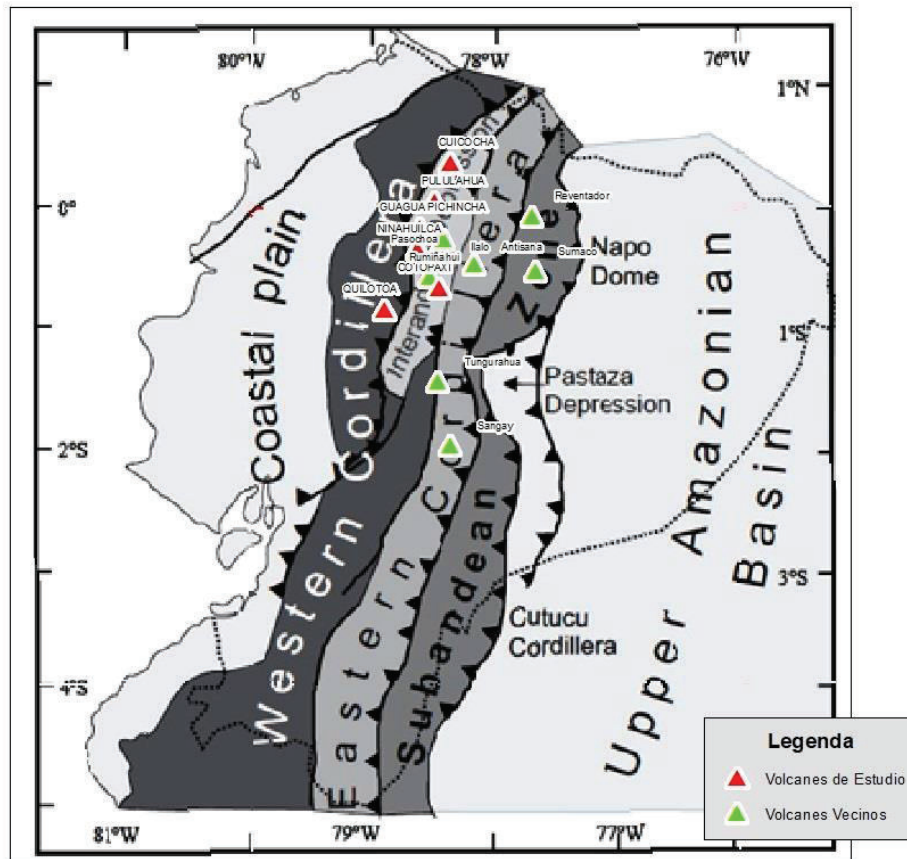


Figura 2. 2 Mapa de Unidades Geológicas del Ecuador (Modificado de De Berc et al 2005)

2.3. NATURALEZA DEL VOLCANISMO EN EL ECUADOR

Según Monzier et al., 2003 las rocas volcánicas alcalinas, calcoalcalinas y adauquíticas han sido reportadas en el arco volcánico ecuatoriano.

Se halla una marcada zonación de oeste a este con un enriquecimiento de K_2O y elementos incompatibles, esto puede ocurrir debido a fluidos en el slab de subducción al alcanzar cierta profundidad, y el grado de fundición parcial de la cuña mantélica (Barragán et al., 1998). Además de la asimilación de las rocas de la corteza por magmas que ascienden derivados del manto, como en la caldera de Chalupas (Hammersley, 2003).

- **Cordillera Occidental**

Ubicada en la región Sierra, la Cordillera Occidental o Frente Volcánico, se establece sobre un basamento (Formación Pallatanga y Formación San Juan) (Allibon et al., 2005) constituido por rocas máficas (basaltos) de afinidad de plateau oceánico y rocas volcano sedimentarias del Cretácico Superior (Hughes y Pilatasig, 2002). A estas secuencias les sobreyace rocas volcánicas y turbidíticas de arco de isla intraoceánico pertenecientes al granito de Pujilí y el Grupo Río Cala del Cretácico Superior también. Aproximadamente en el Maastrichtiano Superior - Paleoceno con grandes depósitos de minerales volcánicos derivado de la corteza se asienta en un ambiente terrestre el arco volcánico Silante y como continuación de este arco se depositaron las rocas de composición química bimodal (toleítica y calcoalcalina) de Macuchi que se presume es arco volcánico submarino del Eoceno Medio (Vallejo et al., 2007).

Los centros eruptivos (**Figura 1.1**) tienen una distancia entre ellos de aproximadamente 30 a 35 km y su actividad volcánica durante el Pleistoceno Tardío y Holoceno se caracteriza por una composición andesítica o dacítica, son construcciones de estratovolcanes con 10 a 20 km de ancho. Según la morfología la mayoría de estos centros, se caracterizan por ser conos compuestos con un conducto de migración o vento. A menudo tienen una caldera de 2 – 3 km de ancho con una ruptura hacia el oeste donde se encuentran domos silíceos que se emplaza en el centro de la caldera o en los bordes (Hall y Samaniego, 2008).

- **Valle Interandino**

Son volcanes de composición andesítica que se ubican de forma aleatoria a lo largo del Valle Interandino. Cerca de Quito están el Ilaló, Pasochoa y Rumiñahui del Pleistoceno Medio. Varios están ubicados en una zona curva de la cadena andina, cerca de Otavalo están Cusín, Mojanda, Fuya Fuya e Imbabura y entre Ambato y Riobamba están Igualata, Llimpi-Huisla. En su mayoría son grandes estratovolcanes con un ancho entre 10 – 20 km y alturas de 3800 – 4700, muchos son calderas que están extintas a excepción del Cayambe que presenta actividad volcánica a partir del Holoceno hasta el Pleistoceno (**Figura 1.1**).

- **Cordillera Oriental**

La Cordillera Real se sitúa sobre un basamento de edad paleozoica y mesozoica, compuesto por rocas metamórficas (Aspden y Litherland, 1992) y rocas volcanoclásticas del Cenozoico. Se caracteriza por poseer estratovolcanes de composición andesítica con un ancho de 15 a 20 km, que se exponen a lo largo de la Cordillera.

Estos centros eruptivos pueden alcanzar alturas de 5700 m y 5900 m y conos que tienen tres km de relieve topográfico.

Varios de estos volcanes como Tungurahua, Cotopaxi, Sangay, Reventador han tenido colapsos sectoriales a través de los años de 2-10 km³ en volumen de material.

Se difiere del frente volcánico porque los volcanes de la Cordillera Oriental en sus magmas tienden a tener menos contenido de sílice y producen flujos de lava andesítica que viajan a través de los flancos inferiores y recorren distancias de hasta 40-50 km por valles cercanos como es el caso de los volcanes Antisana, Cotopaxi y Tungurahua (**Figura 1.1**).

El material expulsado de estos volcanes de la Cordillera Oriental varía entre flujos piroclásticos, caídas de cenizas abundantes y lahares que forman flujos incandescentes que atraviesan las capas de hielo. Durante el Holoceno los centros eruptivos de la Cordillera Real han sido más activos que los de la Cordillera Occidental, pues los volcanes Cotopaxi y Tungurahua han tenido un periodo de erupción de cada 100 ± 50 años, los periodos eruptivos de los volcanes Cayambe y Antisana son menos frecuentes. Sangay y Reventador tienen sus erupciones con mayor frecuencia entre 10 a 30 años.

- **Tras arco**

Consiste en un pequeño grupo de volcanes de composición alcalina que se encuentran cubiertos por selva y están localizados al este de la Cordillera Real. Caracterizada por pequeños estratovolcanes de 2000 – 4000 m de altura, que han sido erosionados por las precipitaciones de la zona.

El volcán Sumaco (**Figura 1.1**), el único volcán juvenil conocido del Tras arco, pero con pocos estudios previos, es un cono simétrico que posee flujos de lava que conlleva minerales como haüyna. Estas lavas recorren hasta 20 km de distancia, como la del río Hollín (Garrison et al., 2018). En la zona de Puyo – Mera existen conitos de escoria que afloran cerca del Puyo y son de edad Pleistoceno Medio (Hoffer et al., 2008).

2.3.1. Clasificación de las erupciones

Para clasificar a las erupciones volcánicas es imprescindible hacer mención del término VEI o Índice de Explosividad Volcánica. Newhall (1982) define al VEI como una estimación de la magnitud explosiva de una erupción volcánica en el pasado. Los parámetros utilizados son magnitud, intensidad, destructividad de Walker, poder de dispersión, violencia y velocidad de liberación de energía. El VEI tiene una escala de 0 a 8, donde 0 representa una erupción volcánica no explosiva, cuyos efectos, volumen de material y los daños son menores en comparación a los de 1 a 8 (**Tabla 2.1**).

| VEI | Descripción | Altura de la Pluma | Volumen expulsado | Duración de la explosión (hr) | Frecuencia global |
|-----|--------------|--------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0 | no explosiva | 0-100 m | 1000 m ³ | <1 | diariamente |
| 1 | moderado | 100-1000m | 10 000 m ³ | <1 | diariamente |
| 2 | explosiva | 1-5 km | 1 000 000 m ³ | 1 - 6 | semanalmente |
| 3 | intensa | 3-15 km | 10 000 000 m ³ | 1 -12 | anualmente |
| 4 | cataclísmica | 10-25 km | 100 000 000 m ³ | 1 -12 | década |
| 5 | paroxysmal | > 25 km | 1 km ³ | 6 -12 | siglo |
| 6 | colosal | > 25 km | 10 km ³ | >12 | siglo |
| 7 | supercolosal | > 25 km | 100 km ³ | >12 | 1000 de años |
| 8 | megacolosal | > 25 km | 100 km ³ | >12 | 10000 de años |

Tabla 2. 1. Criterios para la estimación del Índice de Explosividad Volcánica (VEI). (Modificado de Newhall et al., 1982).

De acuerdo a la descripción de la **tabla 2.1** se puede concluir que desde un VEI 3 son eventos volcánicos de magnitud considerables que se caracteriza por una expulsión de magma viscosa

produciendo una erupción violenta, y los productos de esto son, la dispersión de grandes cantidades de ceniza y flujos piroclásticos.

Durante el cuaternario varios volcanes del Ecuador han estado en actividad eruptiva lo que sugiere que han alcanzado estos índices.

La Ignimbrita del Chalupas representa un VEI de 7, siendo el más elevado en Ecuador y se registró hace 211000 años (Beate, 1989).

| ERUPCIONES SIGNIFICATIVAS EN EL HOLOCENO | | | | |
|--|---|-----------------------------------|--|--|
| PERIODO ARQUEOLÓGICO | AÑOS AP | EDAD AÑOS AP | EVENTO VOLCÁNICO | |
| Integración | ~-470 | 290 | Guagua Pichincha GPHLI | |
| | | 400, 700 y 900 | Cayambe | |
| | ~-1150 | 810 | Quilotoa I | |
| | | 980 | Guagua Pichincha GPHL-2 | |
| Desarrollo regional | ~-2250 | 1400 | Guagua Pichincha GPHL-3 | |
| | | <1500 | 10-20 cm de ceniza sobre cerámica-Valle del Chota. | |
| | ~3000 | 2260 | Cotopaxi (Peñas Blancas) | |
| | | 2305 | Pululahua (PULI) | |
| | | 2350 | Ninahuilca (N-6) | |
| Formativo | ~-3000 | 2990 | Cuicocha (fase B) | |
| | | 3000 | Colapso del Tungurahua | |
| | | 3100 | Cuicocha (fase C) | |
| | | 3400 | Cerro Negro | |
| | ~-4000 | 3470-4050 | Azufral de Tuqueries | |
| | | 4500 | Cotopaxi (CCS) | |
| | ~-5000 | 4770 | Ninahuilca (N-5) | |
| | | 5440 | Ninahuilca (N-4) | |
| | ~-5950 | 5700 | 1 metro de ceniza en el Lago San Pablo. | |
| | | 5800 | Cotopaxi F | |
| | | 6000 | Cotopaxi (Sub-F) | |
| | Paleo-indio | ~-7000 | 10000 | |
| | | ~-8000 | | |
| | ~-9000 | 8150 | Guagua Pichincha (GPHL-4) | |
| | | 8210 | Ninahuilca (N3) | |
| | | 8600 | El Soche | |
| | ~-10000 | Última Glaciación-Cordillera Real | Younger Dryas Glac. | |
| | >11000 | 11350 (promedio) | Pululahua (PU3) | |
| | | 11500 (est) | Ninahuilca | |
| | | 11750 | Guagua Pichincha (GPHL5) | |
| | | 12850 | Galeras | |
| | >13200 La glaciación en ambas cordilleras ha borrado la tefroestratografía más antigua. | | | |

Tabla 2. 2 .Lista de erupciones de impacto en la población en Ecuador. (Hall y Mothes, 1999).

2.3.2. Fuentes volcánicas

En Ecuador existen 84 centros volcánicos (**Figura 1.1**) Plio-Cuaternarios en la zona continental, que están divididos en 4 grupos:

- **Extintos:** están denominados así los volcanes que no han tenido actividad eruptiva hace más de 10 000 años como El Altar.
- **Potencialmente activo:** están denominados así los volcanes que han tenido actividad eruptiva hace menos de 10 000 años, dentro de este grupo está el volcán Chimborazo.
- **Activos:** se denominan así a los volcanes que han tenido su última actividad eruptiva hace más de 500 años como es el caso del Guagua Pichincha.
- **En erupción:** se denominan así los volcanes que tienen actividad eruptiva en los últimos años, como Tungurahua en erupción desde 1999 (Bernard y Andrade, 2011).

Investigaciones del arco volcánico ecuatoriano sostiene que existieron 30 volcanes que durante el Holoceno tuvieron actividad volcánica importante, que influyó en la vida de los pueblos asentados y sus productos se depositaron en las tres regiones del Ecuador continental principalmente en el Valle Interandino, provenientes de las diferentes erupciones (Hall y Mothes, 1998) (**Tabla 2.2**).

A continuación se presenta una lista de los volcanes con las erupciones más importantes, de mayor magnitud y que la zona de estudio, el trayecto del Metro de Quito probablemente tiene material de estos centros volcánicos.

- Pululahua
- Guagua Pichincha
- Ninahuilca
- Cotopaxi
- Quilotoa
- Cuicocha

Las cenizas padre o cenizas fuente provienen de los volcanes antes mencionados, definos así porque las muestras fueron recolectadas en sus alrededores, no se define la ubicación geográfica, o la estraitgrafía, tampoco se conoce el criterio con el que fueron recogidas, lo importante de estas muestras es que están datadas, conocimiento suficiente para la correlación estratigráfica.

2.3.2.1 Complejo Volcánico Pululahua

Pululahua

- **Fisiografía**

El Complejo Volcánico Pululahua se encuentra en la latitud 0,044° N; longitud 78,48° O. Forma parte del Frente Volcánico a 20 km norte de la ciudad de Quito, posee una altura de 3356 msnm. Difiere de otros volcanes porque se trata de un conjunto de 12 domos jóvenes de lava dacítica que se asientan en un área de aproximadamente 42 Km² con un cráter de 3.5 km diámetro. Dentro del complejo volcánico el pico más alto pertenece a la Loma de Sincholagua con una altura de 3356 m. Estado del volcán: Potencialmente activo (IG-EPN, 2018; Andrade, 2002).



Figura 2. 3 Complejo Volcánico Pululahua (Foto: P. Ramón IG-EPN).

- **Historia eruptiva**

Existen cuatro periodos de actividad volcánica bien localizados que Andrade (2002) sintetiza en 4 unidades:

La Unidad I o domos pre-caldera antiguos y sus depósitos

Compuesto por cinco domos con pendientes erosionadas que son: El Hospital, Maucaquito, Cashiurco, El Placer I y El Placer II, ubicados en parte noreste del Complejo. Se formaron al final del Pleistoceno producto de erupciones efusivas (Andrade, 2002).

Unidad II o domos pre-caldera jóvenes y sus depósitos

Localizados en el flanco sureste del Complejo, está formado 2 grupos de domos. El primero grupo de domos los forman Fucusucu, Guanananin, La Marca, Shaygua, Sincholagua y Trigoladera de estilo eruptivo efusivo, con depósitos de tipo bloques y ceniza por los colapsos del domo. En el segundo grupo están El Chivo I y el Chivo II caracterizados por ser criptodomas in situ, provenientes de erupciones explosivas (Andrade, 2002).

Unidad III o depósitos sin caldera

De estilo eruptivo explosivo, se reconocen 5 erupciones importantes separadas cronológicamente por ciclos de calma, las que establecieron el cráter reciente destruyendo los domos de la Unidad II. Los fenómenos volcánicos ligados a estas erupciones son oleadas y caídas de pómez con abundante lapilli, flujos piroclásticos (Andrade, 2002).

Unidad IV o domos post-caldera y sus depósitos

Presenta un estilo eruptivo efusivo tras un periodo de descanso. De composición andesítica con alto contenido de sílice. Se localizó dentro de los domos actuales.

Los domos actuales son Pondoña, Rumiloma y Rumiloma II, pocos erosionados y con pendientes fuertes. Son los edificios más jóvenes del Complejo (Andrade, 2002).

La pómez de estos eventos es caracterizada por su color blanco proveniente de magmas dacíticos, que cubrieron grandes áreas (Hall y Mothes, 1994).

- **Fenómenos volcánicos**

Depósitos piroclásticos de caída

Los productos de flujo de ceniza y bloque relacionado a la extrusión de domos post caldera muestran una oxidación de indicativa de un emplazamiento de alta temperatura. Estos depósitos de flujo de bloque y ceniza recubren la compleja secuencia de los productos piroclásticos de la fase de formación de caldera. Los depósitos piroclásticos de esta fase cubren directamente zonas arqueológicas de Cotocollao, ubicado en la zona norte de Quito. Las excavaciones indican que el sitio estuvo habitado durante más de 1000 años hasta 2450 AP, y posteriormente se abandonó repentinamente (Papele et al., 1993).

La actividad volcánica más reciente en Pululahua comenzó con la formación de antiguos domos de lava dacíticas con sus depósitos de flujo de bloque y ceniza asociados, que están cubiertos por un paleosuelo bien desarrollado.

La secuencia pliniana de 2450 AP se sobrepone a este palaeosuelo de forma conforme. La actividad explosiva que condujo a la formación de la caldera de forma irregular se produjo como una serie de erupciones volcánicas durante las cuales estallaron $\sim 5-6 \text{ km}^3$ (DRE) de magma dacítica (Papale et al., 1993) estimaron que el depósito de caída de piedra pómez (BF) principal cubre un área de más de $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ y tiene un volumen de aproximadamente 1.1 km^3 (0.34 km^3). Papale y Rosi (1993) presentaron la estratigrafía general de los depósitos de Pululahua.

(WA), Se cree que este estrato de ceniza (también definido como ceniza co-pliniana) se originó a partir del asentamiento lento de los finos ($b1 \text{ mm}$) después del cese de la columna pliniana sostenida. Si hubiera estado presente un campo de viento moderado en el momento de la erupción de la capa BF, las partículas finas de ceniza blanca se habrían advertido a favor del viento y se habrían sedimentado lejos del viento. Papale y Rosi (1993) calcularon una altura de columna máxima de 36 km. La tasa de descarga de magma se estimó en $2 \times 10^8 \text{ kg / s}$, Papale y Rosi (1993) y propuso un volumen para el BF de aproximadamente $0,58 \text{ km}^3$, basado en el método de Pyle (2000).

- **Estratigrafía**

Una compleja secuencia de erupciones volcánicas llevó al colapso de la caldera. Se han identificado al menos diez episodios eruptivos por la presencia de capas meteorizadas y / o discordancias erosivas. Utilizando la importancia del grosor e intensidad, las capas de piroclásticos se han agrupado en Unidades Inferior, Media y Superior. Los depósitos basales, enfocados en este trabajo, conforman la primera de las tres Unidades Inferiores (U1). Los depósitos de ignimbrita se concentran a lo largo de los valles alrededor de la caldera que se extiende al este y sureste de la caldera hacia San Antonio de Pichincha, alcanzando un espesor máximo de más de 30 m en el valle de Río Las Monjas. Consisten en siete capas de pómez con intercalaciones de ceniza, cada uno con un espesor inferior a 1 m. La acumulación de material es más gruesa al oeste de la caldera, donde toda la capa de tefra excede 1 m de espesor a aproximadamente 35 km de la fuente. Según Isaacson (1987), el impacto del viento a favor del Pululahua en las comunidades humanas fue severo hasta las laderas de la Cordillera Occidental y quizás hasta 150-200 km hacia la costa de Ecuador.

Las correlaciones estratigráficas dentro de los depósitos piroclásticos se establecieron utilizando las siete caídas de pómez como marcadores; las unidades de caída están etiquetadas de abajo hacia arriba con números desde 1 (= caída basal, BF) hasta 7.

Unidad 1 (U1)

La primera unidad eruptiva de Syncaldera (U1) consta de tres capas de tefra: una caída de ceniza gris basal delgada y estratificada, una caída de pómez pliniana y una ceniza blanca de grano fino. Se cree que las tres capas han sido erupcionadas y depositadas sin ninguna interrupción significativa. La ceniza gris basal (BGA) es una unidad de caída de hasta 10 cm de espesor con estratificación plana-paralela con intercalaciones de ceniza gruesa y fina. La estratificación es más evidente dentro de los 4-5 km del borde de la caldera. (BF) es una unidad de caída relativamente delgada (<1 m), muy dispersa.

Unidad 2 U (2)

La ceniza blanca (WA) es una capa normalmente gradada de ceniza fina de hasta aproximadamente 10 cm de espesor a 6 km al este del viento, aproximadamente el 97% en peso de la ceniza es más fina que 1 mm, y más del 75% en peso es más fina que 1/16 mm. Está compuesto casi en su totalidad (> 80% en peso) de fragmentos de vidrio, con una proporción menor (<20% en peso) de cristales (anfíbol y plagioclasa en igual proporción), y <1% en peso de partículas líticas. La transición entre BF y WA es gradual y se caracteriza por un gradiente granulométrico continuo. Las demás unidades están descritas en la **figura 2.6** (Papele et al., 1993).

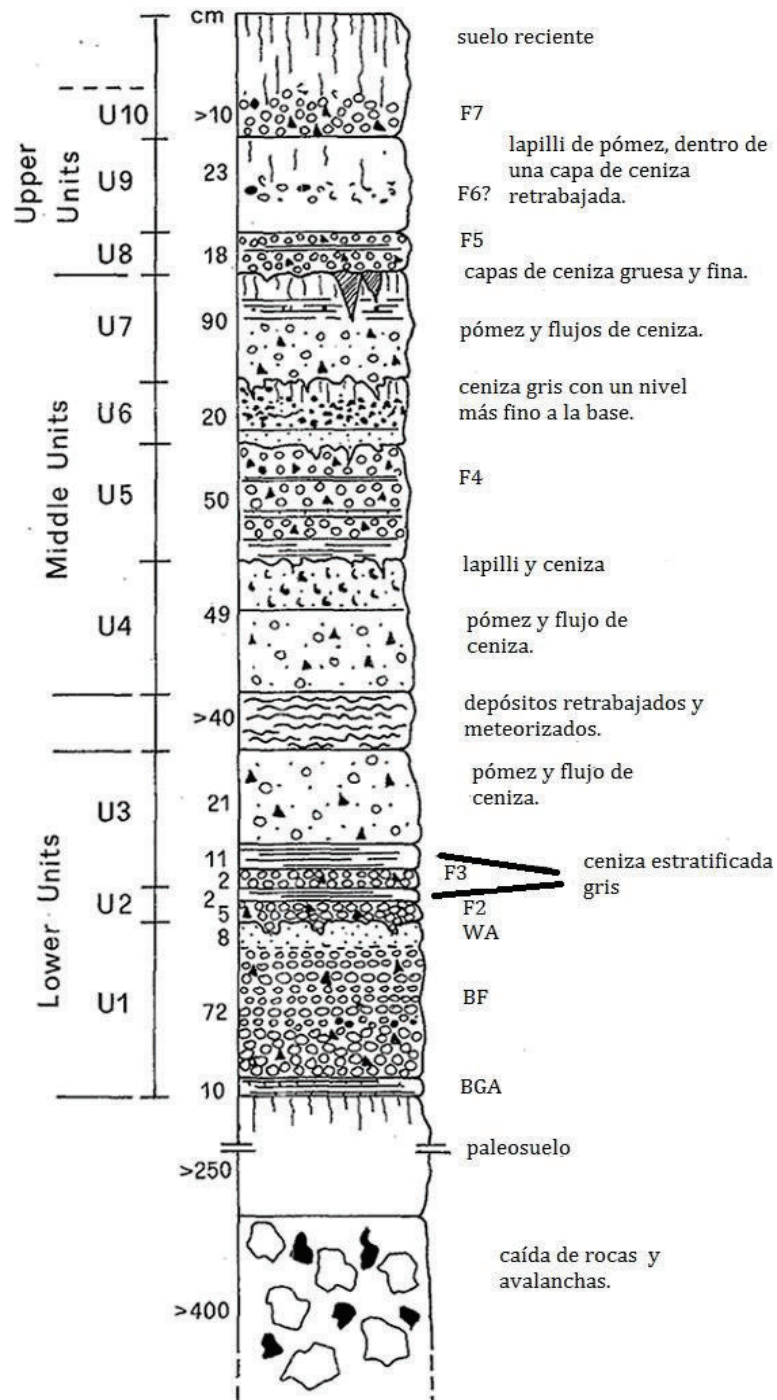


Figura 2. 4 Estratigrafía y nomenclatura de los productos de las erupciones formadas en la caldera de Pululagua. Las unidades eruptivas U1 a U10 están separadas unas de otras por inconformidades erosivas. BF y F2 a F7 representan capas de caída pómez pliniana y / o subpliniana. Los números en el lado izquierdo de la columna indican el grosor en cm.

2.3.2.2. Complejo Volcánico Pichincha

Guagua Pichincha

- **Fisiografía**

El Volcán Guagua Pichincha (GGP) se encuentra en la latitud 0,171° S, longitud 78, 609° O. Forma parte de la Cordillera Occidental a 12 Km del oeste de Quito, posee una altura de 4776 msnm El Guagua Pichincha es un estratovolcán activo localizado dentro de un escarpe de deslizamiento al occidente del complejo volcánico que también incluye a los edificios Rucu Pichincha y Cóndor Huarchana. El GGP posee una caldera joven que tiene un diámetro de 1.6 Km, dentro de esta caldera se localiza un domo con actividad fumarólica (IG, 2018; Hall y Mothes, 1994).

- **Historia eruptiva**

Primera etapa

De los años 60000 – 48000 AP el Guagua Pichincha se asentó al Oeste del Rucu Pichincha. Flujos de lava importantes dieron su origen al edificio principal. Un potente evento piroclástico (Singuna) de hace 47000 años AP evidencia material al noreste del volcán (Robin et al., 2010).

Según Robin et al., (2010) erupciones de estilo explosivo que se desarrollaron dando lugar a una serie de domos que fueron asociados a depósitos piroclásticos entre los años 47000 – 22000 AP. Al final de la primera etapa se produce un gran deslizamiento al oeste del volcán, el cual origina un depósito de avalancha de hace 11000 años, dejando el actual cráter del edificio.

Segunda etapa

Hace 10000 a 9800 años AP, actividad de estilo explosivo dio origen al edificio/domo Toaza. Los productos volcánicos principales fueron los flujos y domos de lava, finalmente flujos

piroclásticos que produjeron un deslizamiento del flanco norte del volcán con el resultado de un depósito de avalancha de hace 4000 años AP.

Tercera etapa

3700 años hasta la actualidad, se vio la formación del domo Cristal en el centro de la caldera. La característica principal de esta etapa es el estilo eruptivo explosivo pliniano con grandes flujos y domos de lava.

La erupción del año 1660 AD, se caracteriza por ser arenosa, pómez vesicular, cristales grandes de plagioclasa, hipersteno y hornblenda. La partición de los depósitos se asemeja a la erupción del año 970 DC. Es una de las erupciones más importantes de la actualidad, con depósitos de ceniza color blanco a gris, en casi toda la ciudad de Quito. Dicen los relatos históricos la erupción produjo una gran columna eruptiva, sus depósitos de ceniza amarillenta cubrieron la ciudad de Quito y entró en una etapa de obscuridad de al menos de 40 horas (Hall y Mothes, 1994).

Durante la erupción del año 970 DC se originaron importantes flujos de lava y oleadas, caídas de lapilli rica en líticos, similar a la erupción de 290 años AP, pero sus depósitos se extendieron en un área superior a la anterior mencionada erupción.

- **Fenómenos volcánicos**

Caídas de piroclastos

Las cenizas volcánicas y los fragmentos más grandes son expulsados hacia arriba por encima del viento en las erupciones explosivas. Dichos fragmentos de roca y ceniza pueden proyectarse altos y, mientras que los fragmentos grandes caen cerca del viento, las partículas más pequeñas son llevadas más lejos por el viento.

La erupción de 290 a AP ha sido la más significativa de los siglos XVI y XVII, con un depósito de ceniza y lapilli en las laderas más altas del cono y afecto al área metropolitana, las caídas

de ceniza duraron al menos un mes. La pómez es una capa de 20 cm de espesor ubicada bajo el suelo actual. La caída de ceniza distal se registró tan al norte como Popayan, Colombia (300 km), al sur hasta Loja (430 km), y al oeste hasta la costa del Pacífico (170 km) (Barberi et al., 1991).

- **Estratigrafía**

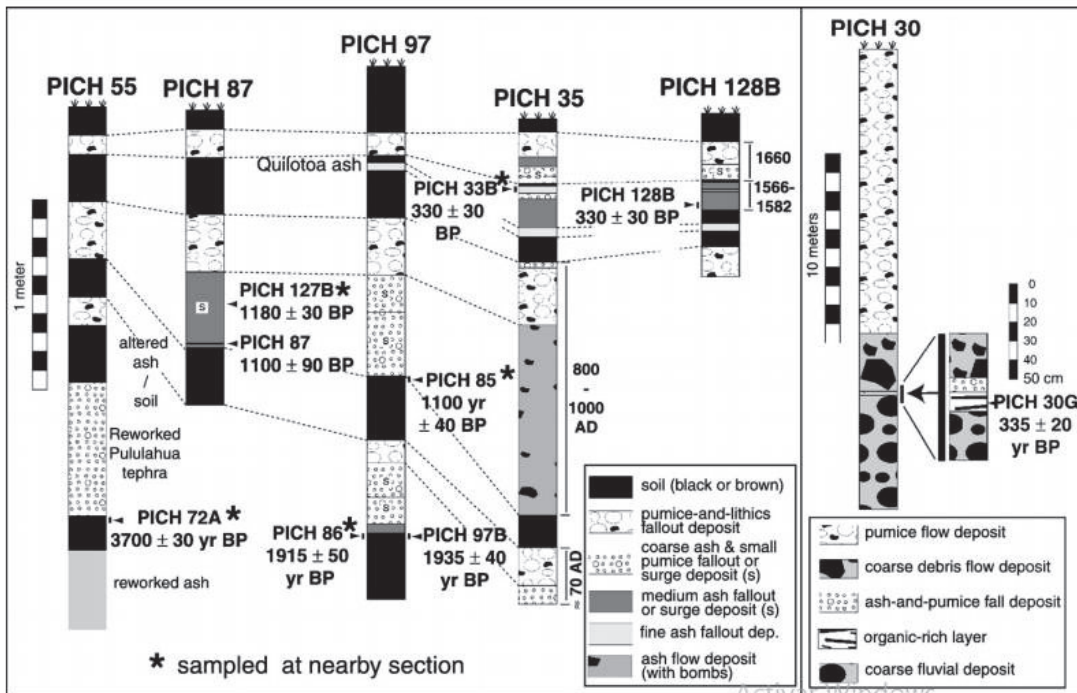


Figura 2. 5 Columnas estratigráficas de las erupciones representativas del Guagua Pichincha. (Robin et al, 2008).

2.3.2.3. Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca

Ninahuilca

- **Fisiografía**

Este edificio está dentro del Complejo Atacazo-Ninahuilca, se encuentra en la latitud 0.361° S; longitud $78, 62^{\circ}$ O. Forma parte del Frente volcánico, a 22 Km al suroeste de Quito, Es la parte más joven del complejo, se conforma por un conjunto de domos, con una altura de 3834 msnm de altura con una caldera de 3 Km de diámetro y cubre un área de aproximadamente 20 km². Se encuentra en estado potencialmente activo (IG-EPN, 2018; Hall y Mothes, 1994).

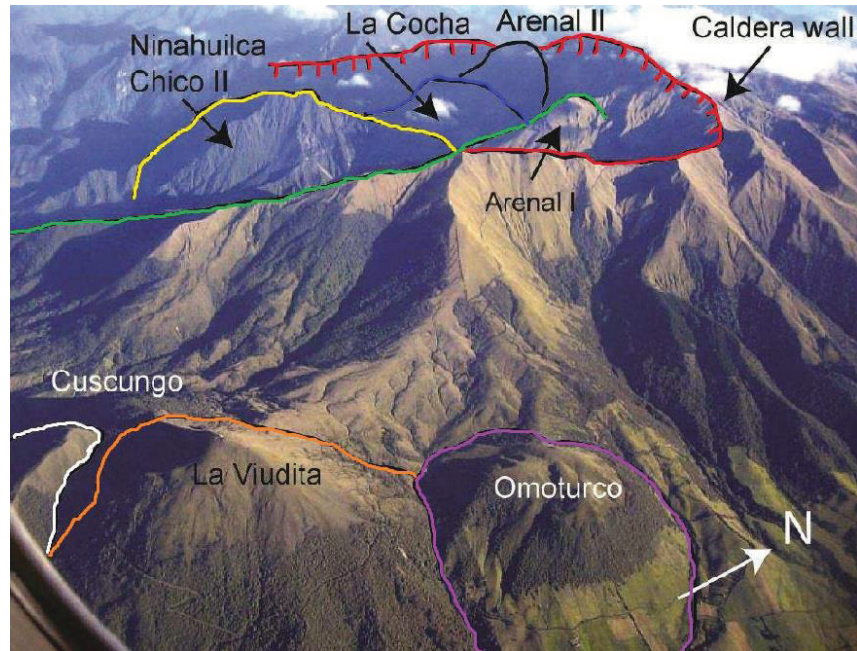


Figura 2. 6 Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (Foto: Vallejo. IG-EPN).

- **Historia eruptiva**

Se registran al menos 6 erupciones significativas entre el Pleistoceno y Holoceno que se citan como N1 a N6. El complejo se distribuye en 3 edificios desde el más antiguo denominado la Carcacha formado por una serie de lavas de composición intermedia, seguido por El Atacazo, un estratovolcán de lavas andesíticas más cinco domos satélite y finaliza con una serie de domos que son Omoturco, Cuscungo, La Viudita, Gallo Cantana y Arenal I, finalmente varios domos La Cocha I y II, Arenal II, Ninahuilca Chico I y II.

Estrato de tefra Ninahuilca 1

Este nivel cubre la parte superior del complejo, se trata de un estrato de 30 cm de ceniza café sobre un estrato de toba gris-roja consolidada de 50 cm que está en contacto con lavas del Atacazo antiguas. Sobre la ceniza está depositado un estrato de paleosuelo de 35 cm que contiene poca materia orgánica, lo que hace difícil el cálculo de la edad, pero se estima que tiene una edad entre 10 - 12 ka. Este depósito está expuesto a 5 Km al noreste de las faldas del Atacazo (Hidalgo et al., 2008).

Estrato de tefra Ninahuilca 2

Se trata de una capa de 36 cm que contiene pómez oxidada, líticos alterados hidrotermalmente, además estos están fragmentados, la matriz es de grano fino. Este estrato está cubierto por una capa de paleosuelo de 55 cm. El 62 % de contenido pertenece al SiO₂ y el resto de composición pertenece a óxidos de plagioclasa, piroxeno, hierro y titanio. La edad estimada de este depósito es menor a 10-12 ka (Hidalgo et al., 2008).

Estrato de tefra Ninahuilca 3

Se trata de una capa de ceniza en tonos amarillos con buen sorteo de 12 cm. La ceniza contiene piedra pómez rica en líticos alterados hidrotermalmente, la ceniza es fina contiene plagioclasa y óxidos ricos en hierro y titanio, la matriz es de cristales de piroxeno. La capa que cubre este nivel es un estrato de paleosuelo rico en materia orgánica de 18 cm, donde la edad en base a carbono de la base es de 8860 ± 70 años BP (Hidalgo et al., 2008).

Estrato de tefra Ninahuilca 4

Se caracteriza por ser una capa fina de ceniza de 43 cm color verde que contiene plagioclasa y cuarzo rica en líticos fragmentados y granos de pómez entre 1-2 cm. Sobre este nivel se deposita una capa de paleosuelo de 146 cm color café con contenido de pómez rica en anfíboles, la parte superior de este estrato se halla erosionada tomando un color café Los

pómez de esta capa de N4 producen 62% en peso de SiO₂ (Fig. 5) y tienen un conjunto de minerales compuesto por plg + opx + amph + Fe-Ti óxidos. (Hidalgo et al., 2008).

Estrato de tefra Ninahuilca 5

Se trata de una capa de 23 cm de espesor, de pómez en tonos amarillos y naranja bien sorteada con clastos entre 2-4 cm subangulares, líticos alterados hidrotelmalmente. La matriz constituye el 20% del depósito y está compuesta de ceniza gruesa (plagioclasa, anfíbol y fragmentos de vidrio.) En otra secuencia esta capa tiene un espesor de que cae de 50 a 103 cm. Sobre este estrato se deposita una capa de paleosuelo con un grosor que varía entre 22-30 cm. El contenido de sílice de los pómicés analizados varía de 61 a 63% en peso, con un conjunto de minerales que contiene plg + amph + opx + Fe-Ti óxidos. La parte superior del paleosol produce una edad de 4600 ± 40 años BP.

Estrato de tefra Ninahuilca 6

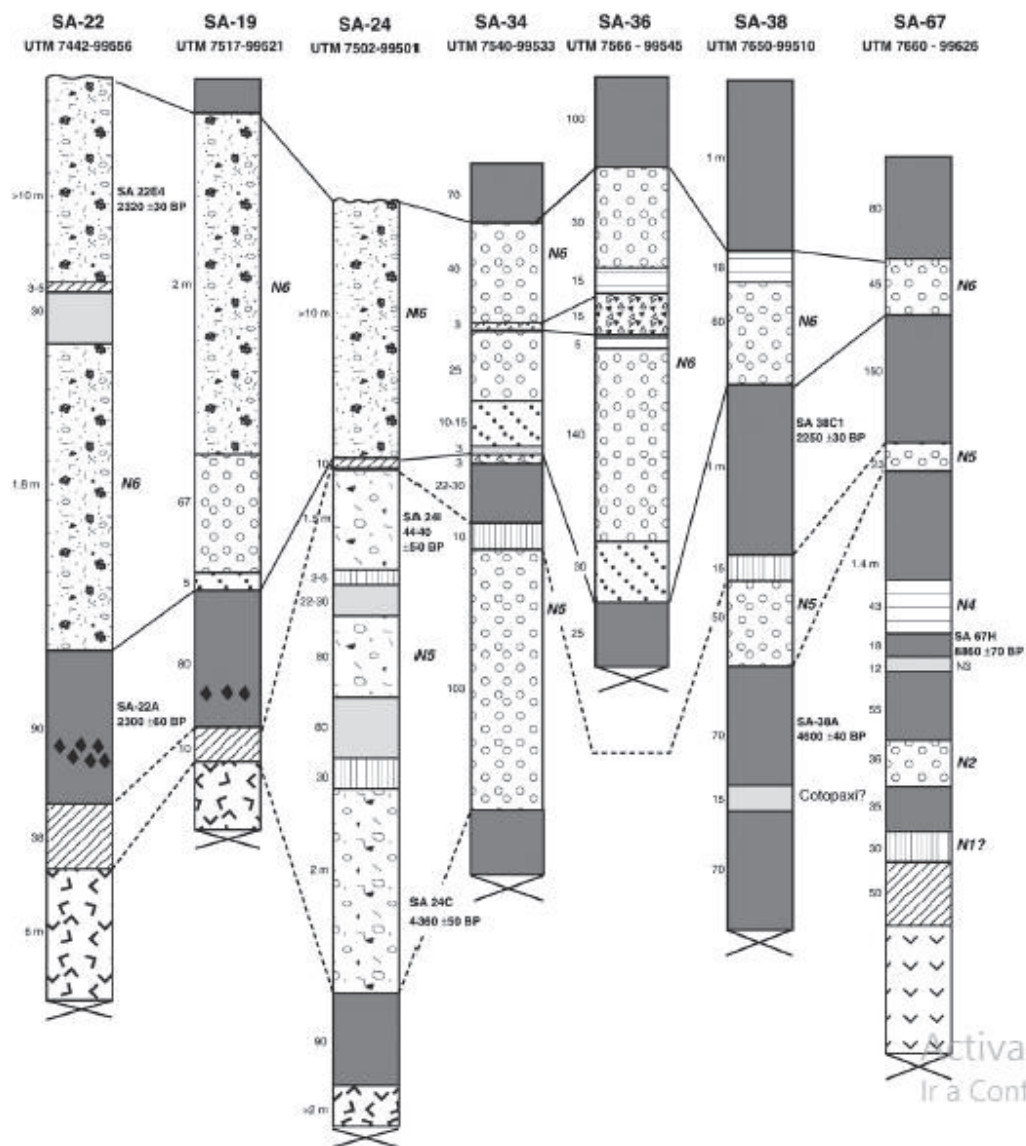
Se trata de un estrato de caída de tefra con buen sorteo de 45 cm de espesor. La capa está constituida por pómez subangular en tonos blancos a amarillos con tamaño de 2 a 5 cm y algunos granos de 10 cm, los líticos están alterados hidrotermalmente de tamaño de 2 a 3 cm. La matriz está formada por ceniza gruesa rica en plagioclasa, anfíbol y pedazos de vidrio. En el Ninahuilca Chico II se expone un depósito de 240 cm de espesor, a la base existe una capa de ceniza gruesa de 30 cm de espesor y capas de piedra pómez ricas en fenocristales de plagioclasa, anfíbol, óxidos de hierro y titanio y fragmentos de vidrio. Sobre este estrato se deposita una capa de tefra con estratificación gradada inversa de 140 cm de espesor. En la parte superior del depósito se encuentra una capa de 30 cm de espesor de caída de tefra con estratificación inversa, pómez con granos de hasta 6 cm y son el 62% del peso en SiO₂. La edad proveniente de un depósito de paleosuelo data de hace 2250 ± 30 años BP (Hidalgo et al., 2008).

- **Fenómenos volcánicos**

Depósitos de flujos de piroclásticos

Según Hidalgo (2008) El depósito de flujo de cenizas del nivel 4 de 80 cm de espesor, se data del 5440 ± 110 años BP mediante carbono, este depósito está meteorizado, pero se localiza fenocristales de plagioclasa y anfíbol, se distinguen también hojas carbonizadas en la matriz. Se estima que en las erupciones del Ninahuilca, este fenómeno volcánico alcanza las partes más altas del CVAN, además de algunas zonas de Tandapi junto con Canchacoto. Al ser mezclas calientes de material que alcanzan altas temperaturas y pueden ascender rápidamente velocidades amplias, la población se encuentra en peligro (Hidalgo et al., 2012).

- **Estratigrafía**



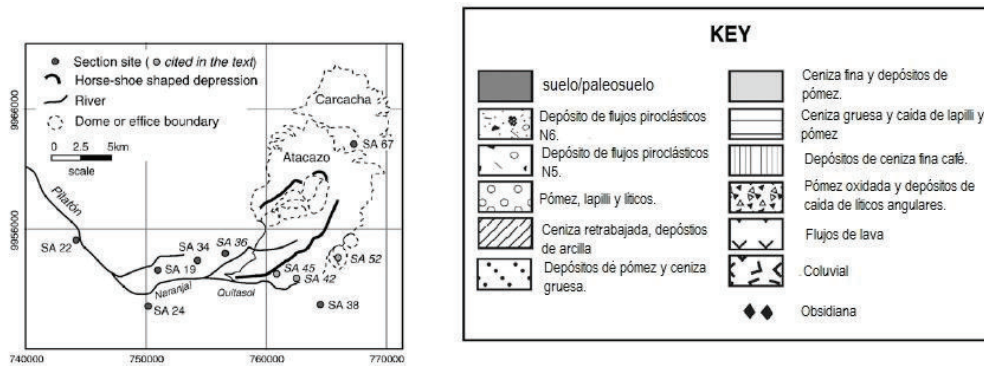


Figura 2. 7. Estratigrafía del Complejo volcánico Ninahuilca. (Hidalgo et al., 2008)

2.3.2.4. Cotopaxi

- **Fisiografía**

El Cotopaxi es un estratovolcán joven compuesto, que se encuentra en la latitud 0,683° S; longitud 78,436° O, pertenece a la Cordillera Real a 45 km del sureste de la ciudad de Quito. Este edificio volcánico posee una altura de 5897 msnm y una pendiente fuerte de 35° tiene una forma cónica y es casi perfectamente simétrico, además el diámetro basal del volcán es de aproximadamente 20 km y el diámetro del cráter casi circular varía entre 800 m y 650 m dependiendo de la dirección norte – sur y este oeste respectivamente (IG-EPN, 2018; Hall y Mothes, 1994).



Figura 2. 8. Volcán Cotopaxi. (Foto: Nature Galápagos y Ecuador).

- **Historia eruptiva**

Fase prehistórica

Cotopaxi I: periodo riolítico

Las evidencias más antiguas datan de hace aproximadamente 500 Ka AP dando lugar a la primera fase. En la actualidad el remanente de esta actividad volcánica se localiza al Suroeste del flanco del edificio con una edad de 560 y 420 Ka AP (Hall et al 2008).

Se trata de un conjunto de domos de composición ácida (riolítica) localizados sobre una fractura de 8 km en forma semicircular, la caldera del complejo tenía una magnitud superior a la del Quilotoa. Al ser la composición riolítica, las erupciones eran de estilo explosivo lo que conlleva flujos piroclásticos que alcanzan grandes distancias (Andrade et al., 2005).

Cotopaxi I: periodo andesítico

Esta fase se caracteriza por la presencia de magmas de composición intermedia (andesítica), dando lugar a erupciones con estilo eruptivo menos explosivo y con productos como flujos de lava, caídas de escoria y ceniza. A diferencia de la fase riolítica el edificio representativo fue un domo con características similares al actual, pero de 4850 msnm de altura. La evidencia más clara son los 5 flujos de lava intermedia de espesores métricos a lo largo del río Pita. La edad aproximada es posterior a 420 Ka AP tras inactividad de 350 Ka (Andrade et al., 2005).

Periodo 350 Ka:

- ✓ **Unidad Cangahua**

El material se caracteriza por la acumulación de cenizas finas retrabajadas y endurecidas de color café durante 300 Ka. Su espesor puede alcanzar varios metros de cada capa. Su depositación se localiza al Norte de la cordillera de los andes (Andrade et al., 2005).

✓ **Unidad Chalupas**

Conocida también como la Ignimbrita de Chalupas, se trata de depósitos de ceniza y pómez de textura fibrosa, con colores grises claros a blancos que se encuentran en capas de hasta decenas de metros. Estos depósitos se han localizado a lo largo del Valle Interandino y provienen de una importante y potente erupción volcánica del Chalupas de hace 200 Ka AP (Andrade, 2005). Según Beate (1989) se calcula que el depósito es de 100 km³.

Cotopaxi II-A:

Tras la pausa de actividad volcánica, hace aproximadamente 13 Ka AP, el Cotopaxi se reactivó e inició la formación de un nuevo edificio volcánico. Se identifica nuevamente magmas de composición ácida, se conocen al menos 5 grandes erupciones de estilo explosivo que sucedieron entre 13200 y 4500 años AP. Los productos de la actividad volcánica fueron caídas de pómez y cenizas con espesores métricos que han alcanzado distancias de hasta 165 km del Coca y a la zona costera según Vallejo (2011). Existió actividad de tipo andesítica pero de menor cobertura debido a su carácter eruptivo intermedio. El edificio construido era inestable y parte de él colapsó provocando una avalancha de escombros que en la actualidad se asienta al noreste del volcán. Según Hallet al., (2005, 2008) en este evento existió una mezcla de flujos piroclásticos junto con una porción de glaciar formando un lahar de gran dimensión que llegó hasta el océano Pacífico. Este es probablemente la más grande originada por el Cotopaxi. Posterior a esto recreó la parte norte del cono.

Cotopaxi II-B

Erupciones andesíticas

Posterior a la actividad del Cotopaxi II-A, la actividad volcánica ha sido permanente y es de carácter andesítico. Solo hace 2100 años AP se produjo una erupción con lavas riolíticas.

La construcción del edificio actual se debe a 18 fases eruptivas que contienen 43 erupciones con un VEI ≥ 3 , las más considerables ocurrieron entre 4060 y 1195 años AP (Hall et al., 2008).

- **Fenómenos volcánicos**

Caídas de piroclastos

Cuando el Cotopaxi entra en erupción, este es uno de los fenómenos más frecuentes, principalmente las caídas de ceniza, fragmentos de roca y pómez, las cuales dejan estratos de tefra al suroriente, oriente y nororiente del edificio. Cerca de la Panamericana se registran capas de 30 cm de espesor. Las caídas de ceniza de material ácido (riolítico) cubren distancias más amplias por la explosividad de la erupción que dejan depósitos de la ciudad de Quito (Cáceres, 2004).

- **Estratigrafía**

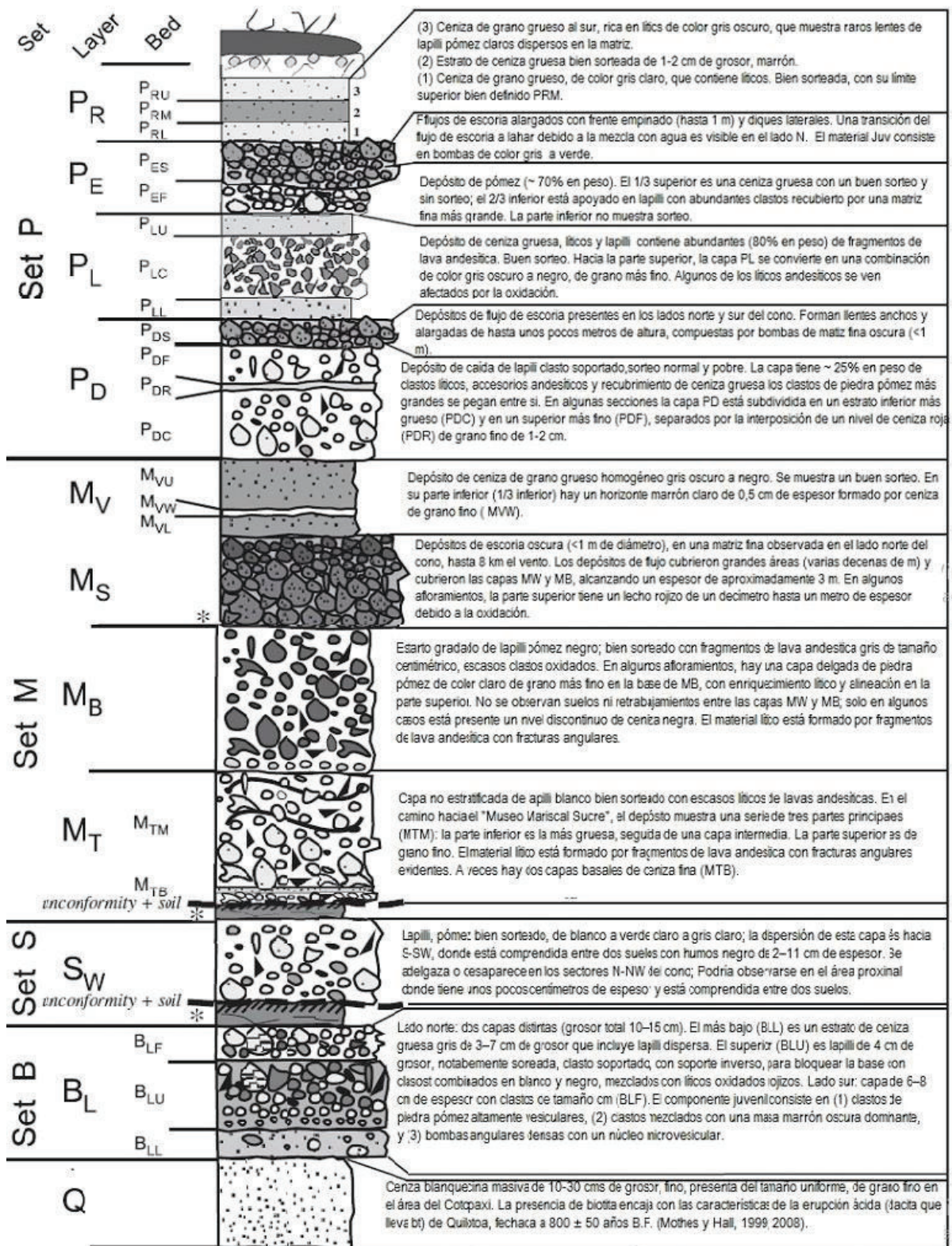


Figura 2. 9 Columna estratigráfica reconstruida de la historia eruptiva del Cotopaxi posterior al siglo XII.. La columna corresponde a la secuencia de caída de tefra. Los depósitos de escoria se incluyen en esta reconstrucción estratigráfica, pero solo son visibles en áreas específicas alrededor del volcán. Las estrellas se refieren a las fechas del siglo XIV en los suelos (Modificado de Pistolesi et al, 2011).

Se identificaron 10 estratos sobre el depósito de cenizas del Quilotoa (Q 800 AP), agrupadas en 4 sets (P, M, B y S). Los conjuntos B y S corresponden capas de tefra que están alternadas con suelo de decímetro de espesor y discordancias erosivas. El conjunto inferior B representa un depósito de tefra intercalado entre dos suelos de grano grueso que corresponden a períodos de intensa erosión (inconformidades estratigráficas). El set superpuesto S está formado por una única capa de pómez (SW) (Figura 2.11) (Pistolesi et al, 2011).

La secuencia superior (sets M y P) consiste en una sucesión plano-paralela de capas de tefra con continuidad lateral, inconformidades erosivas y sin intercalaciones de suelo. El intervalo de tiempo entre el set S y el set superior M está marcado por una capa de suelo y una discordancia erosiva estratigráfica. El set M consta de dos eventos principales Plinianos relacionados directamente con episodios de flujos de escoria. Las capas del conjunto P más joven está separado por una discordancia de erosión y deposición de material retrabajado (Figura 2.11) (Pistolesi et al, 2011).

2.3.2.5. Quilotoa

- **Fisiografía**

La Caldera Volcánica Quilotoa se encuentra en la latitud 0,859° S; longitud 78,904° O. Forma parte del Frente volcánico a 35 km al oeste de la ciudad de Latacunga. El edificio posee un diámetro basal de 6 Km y una caldera de 2.5 Km de diámetro. Se propone que existe 0.6-0.7 Km³ de agua en el cráter. El material depositado en las zonas aledañas al volcán y lejanas a este cubren hasta un área de aproximadamente 150 Km², debido a las erupciones plinianas de entre 4-6 VEI (IG-EPN, 2018; Hall y Mothes, 1999). Se presenta como volcán potencialmente activo.



Figura 2. 10. Caldera Quilotoa. (Foto: Quito tour).

- **Historia eruptiva**

El Quilotoa presenta al menos 8 grandes erupciones (hace 200 ka) piroclásticas de composición dacítica, de estilo explosivo, fases de inactividad típico de la Cordillera Occidental. Existen 5 erupciones importantes que se tiene la edad registrada es orden 40 000, 34 000, 23 000, 14 800 y 800 años BP (Hall y Mothes, 1994; Mothes y Hall, 2008) todas con un VEI superior a 4.

Actividad volcánica en el tiempo del volcán Quilotoa resumida de los 5 eventos relevantes (Mothes y Hall, 2008).

Unidad Quilotoa I

Evento: $840 \pm 50 - 785 \pm 50$ AP. Es el evento más joven suscitado, resultado de una erupción pliniana, posteriormente oleadas y flujos piroclásticos. Producto de este evento son las caídas de lapilli de pómez y líticos, pómez en tonos blancos a grises con vesículas, grandes fenocristales de anfíbol (hornblenda), mica (biotita negra), abundante plagioclasa, cuarzo. Capas de espesores de 30 cm.

El material en su mayoría está depositado al noroccidente del volcán y se expande hacia el Norte de Cayambe, Oeste de Pujilí, Este de Toacazo y finalmente al Sur de Angamarca.

Unidad Quilotoa II

Evento: 14770 ± 100 años AP. Existe un periodo de inactividad con respecto a la Unidad Quilotoa I, se debe al resultado de una erupción volcánica pliniana, posteriormente oleadas y grandes flujos de piroclastos. Mineralógicamente se parecen a la anterior unidad. Caídas de lapilli de pómez rica en líticos. La pómez tiene un color blanco con tendencia al gris, un poco vesicular. Grandes fenocristales especialmente de plagioclasa, en menor proporción cristales de cuarzo, hornblenda y biotita. Los flujos piroclásticos presentan líticos de varias composiciones en una matriz de pómez. Los depósitos tienen capas de espesor de 40 cm.

Unidad Quilotoa III

Evento: 24000 años AP. Periodo de caída pliniana de piroclastos seguido uno de otro, posterior a esto oleadas y flujos piroclásticos. La pómez de color blanco con tendencia al gris tiene grandes cristales de plagioclasa en mayor porcentaje y en menos cantidad fenocristales de cuarzo, hornblenda y biotita negra (5 mm). Se registran potentes estratos de ceniza en la zona de La Maná (100 cm de espesor). Un promedio del espesor de las capas es de 60 cm.

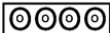
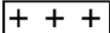
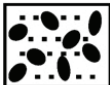


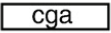



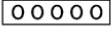


Unidad Quilotoa IV

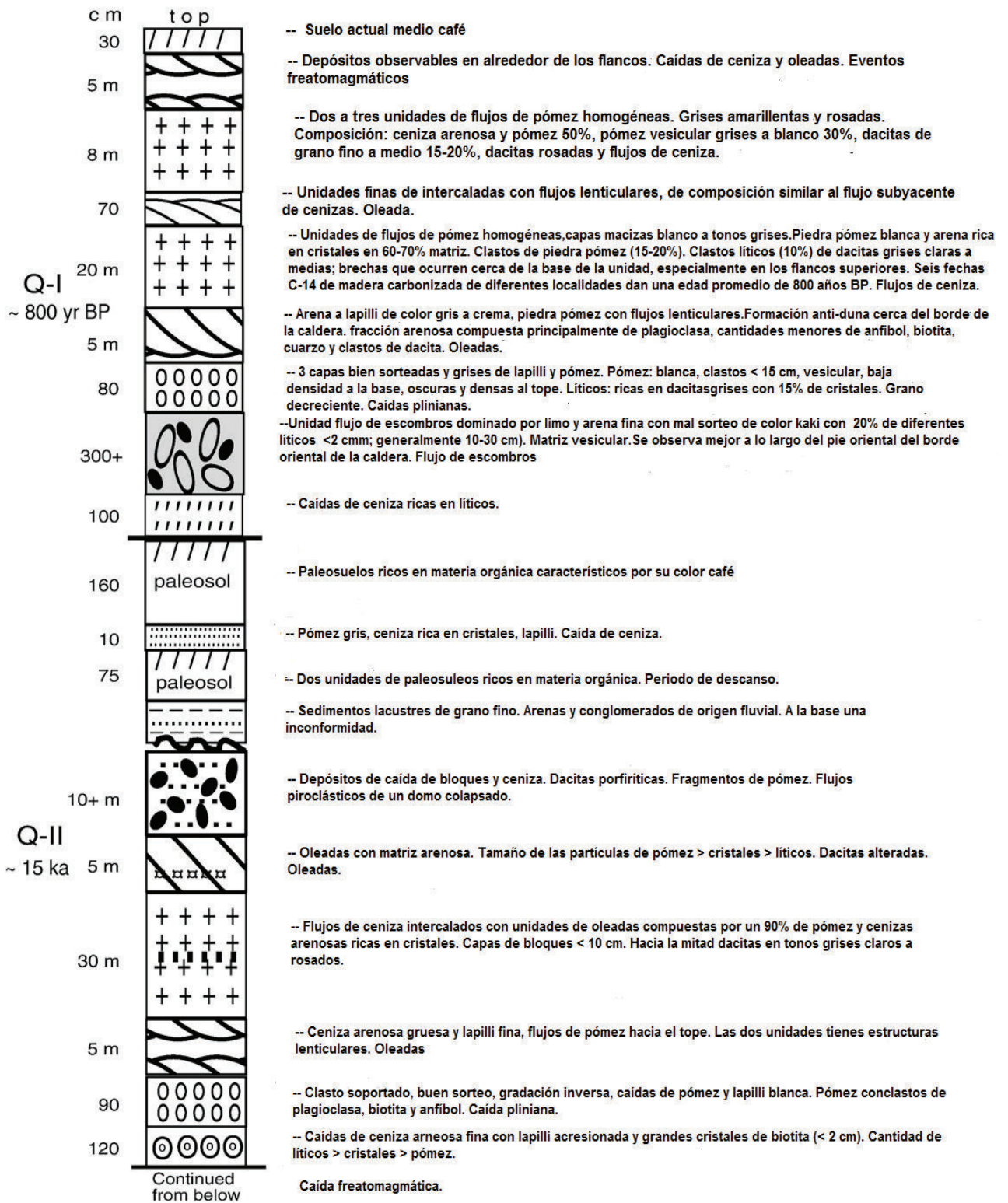
Evento: 33710 ± 560 años AP. Se manifestó una erupción volcánica de estilo pliniano de piroclastos, posteriormente oleadas y grandes flujos piroclásticos. La mineralogía es comparable con los episodios de erupción anteriores. Caída de lapilli de pómez rica en líticos. La pómez de color gris con tendencia al blanco, fenocristales principalmente de plagioclasa y en menor proporción cuarzo, hornblenda y grandes cristales de mica negra.

Unidad Quilotoa V

Evento: 40000 años AP. Este suceso es el primero de las 5 erupciones más recientes, la información es escasa acerca de la erupción en sí, pero se encuentran vestigios en dos lugares. Se caracterizó por una erupción de estilo pliniano con oleadas, líticos y pómez de color blanco y material de grano fino.

- **Estratigrafía**

| LEYENDA: SÍMBOLOS USADOS EN LA COLUMNA ESTRATIGRÁFICA | |
|---|---|
|  | Unidad de caída de ceniza con lapilli acrecionado |
|  | Depósitos de ceniza |
|  | Depósitos de bloques y cenizas |
|  | Unidad caída de brecha (balística) |
|  | Unidad de caída de ceniza fina a arenosa, rica en cristales o de origen de oleada |
|  | Toba volcánica indurada de origen regional |
|  | Depósito de flujo de escombros (lahar) |
|  | Unidad de flujo ceniza con caída de brecha |
|  | Unidad de caída de cenizas rica en líticos |
|  | Unidad pliniana de caída de lapilli de pómez |
|  | Unidad de cama con lentes |
|  | Suelo o paleosuelo |



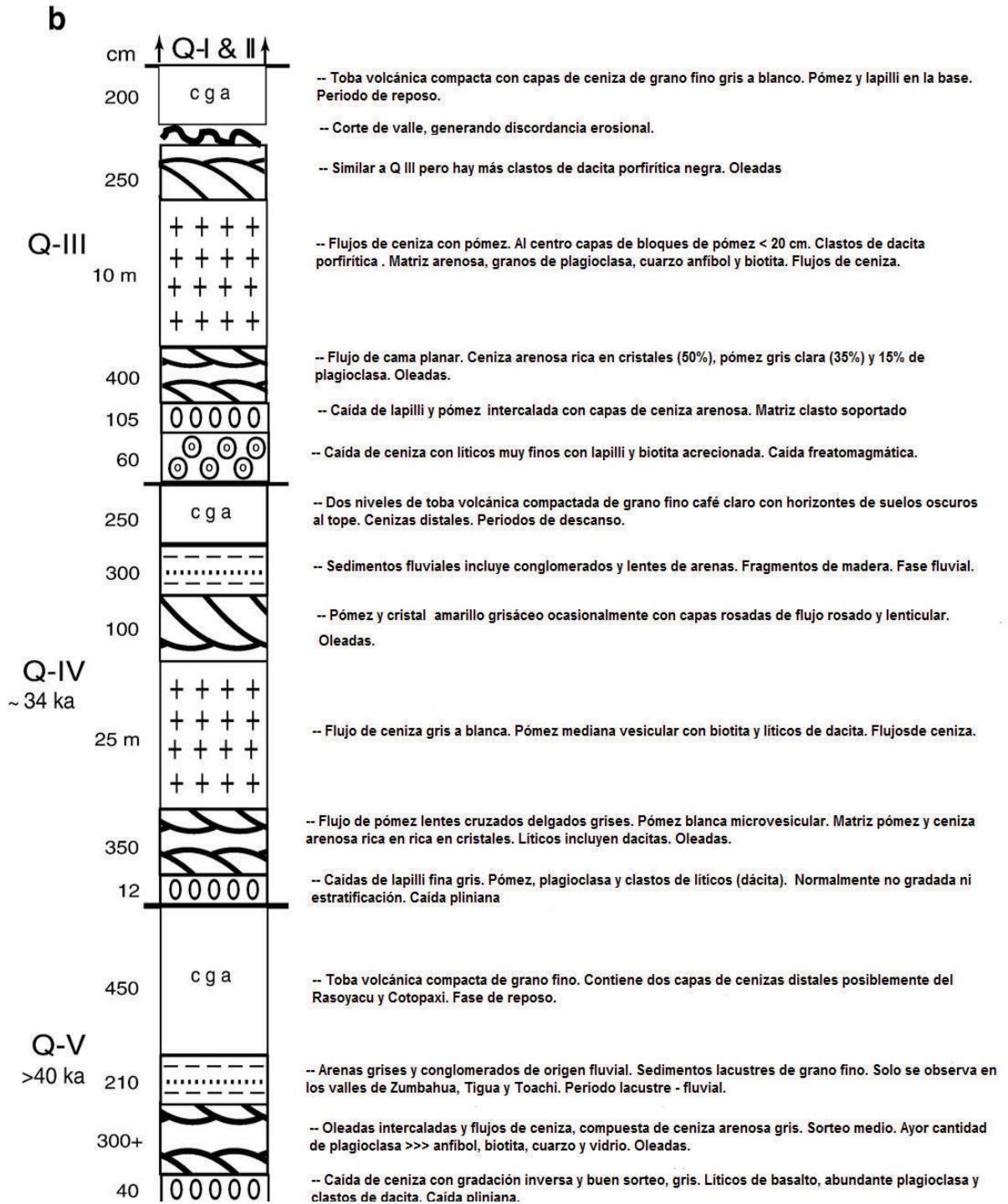


Figura 2. 11. Estratigrafía del Quilotoa en el Holoceno (Modificado de Mothes y Hall, 2008).

2.3.2.6. Volcán Cuicocha

- **Fisiografía**

El Cuicocha se encuentra en la latitud $0,368^{\circ}$ N; longitud $78,347^{\circ}$ O. Forma parte del Frente Volcánico a aproximadamente 10 km de la ciudad de Cotacachi, pertenece al Complejo Volcánico Cotacachi – Cuicocha, con una altura de 3250 msnm. Se trata de una caldera volcánica de 2,5 km de diámetro, además de cinco domos de lava alrededor de su caldera, en el centro de la laguna yacen dos domos lávicos. En la actualidad el volcán se encuentra en un estado potencialmente activo, registrando su última erupción hace ya 2900 años AP (IG-EPN, 2018).

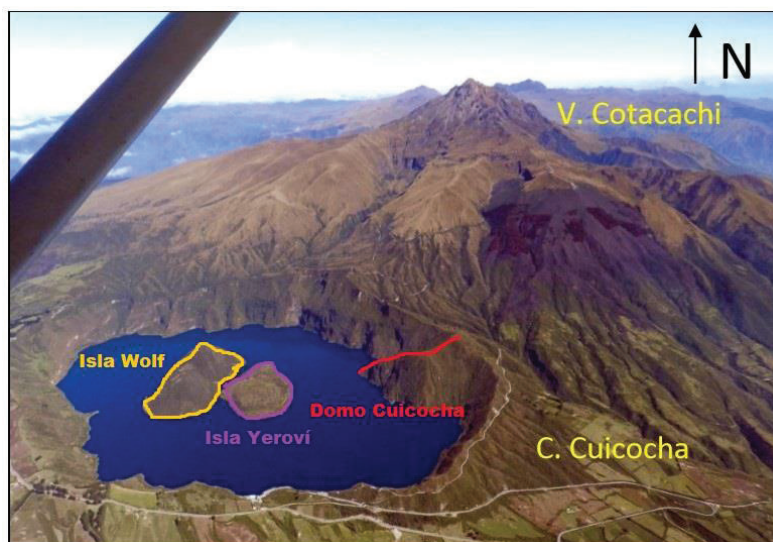


Figura 2. 12. Complejo Volcánico Cuicocha- Cotacachi. (Foto: Modificado de M. Almeida. IG-EPN).

- **Historia eruptiva**

Según Hillebrandt (1989), la erupción más antigua de este Complejo Volcánico se originó hace aproximadamente 40000 años AP, solo la caldera de Cuicocha ha tenido actividad en el Holoceno. Se observa 4 periodos eruptivos siendo el más antiguo la Fase D y el más reciente la Fase A.

➤ **Fase D**

Es la etapa más antigua, en este periodo está la formación del domo Cuicocha y la renovación de la actividad del Complejo Volcánico Cuicocha - Cotacachi. Principalmente estuvo presente los flujos de colapso de domo, a diferencia de la fase C, no existen vestigios de caída de piroclastos, tampoco se conoce su edad. No produjo grandes cantidades de ceniza aérea.

➤ **Fase C**

Erupciones con índice de explosividad alto caracterizaron a este periodo. El volumen de material expulsado fue considerable, principalmente flujos y oleadas piroclásticas que descendieron por los flancos del volcán. Este material se depositó en las cercanías del volcán con intercalaciones de sedimentos de la Laguna de San Pablo.

Los depósitos de caída muestran alto contenido de pómez y poco de lapilli, la pómez de características similares a la de la fase B gris clara. En este periodo se originaron los domos pertenecientes a la isla Yeroví. Tiene una edad aproximada de 3100 años AP (Hall y Mothes, 1994).

➤ **Fase B**

A aproximadamente 2900 años AP. La actividad eruptiva se caracterizó por oleadas, flujos y caídas piroclásticas que descendieron por los flancos cubriendo las fases anteriores. En este periodo se produjo la construcción de los domos de la isla Wolf dentro de la caldera de Cuicocha. El VEI de la erupción fue de 4 (Vallejo, 2011).

➤ **Fase A**

Periodo de reposo (Hall y Mothes, 1994).

- Fenómenos volcánicos

Caída de ceniza y lapilli

Durante la erupción de hace 3100 años AP, la caída de ceniza se produjo a nivel local. El material resultante tuvo características similares a la fase B, Pómez gris clara. Durante todas las erupciones registradas estuvo presente este fenómeno volcánico en mayor o menor cantidad (Hall y Mothes, 1994; Ruiz, 2015).

- Estratigrafía

| cm | unidad | Características del depósito | Edad años AP |
|----|------------|---|--------------|
| 50 | | Suelo actual: arenoso, color café | |
| | CUICOCHA B | Oleadas, flujos piroclásticos y caídas. Caída: lapilli fino y ceniza gruesa gris de pómez y líticos. Pómez blanca amarillenta. Composición mineralógica de la pómez: plagioclasa 70%; hornblenda 25%; hipersteno 1%; magnetita %; cuarzo 1%; formación de los domos de la isla Wolf | 2990±300 |
| 15 | | Paleosuelo negro, arenoso | |
| | CUICOCHA C | Flujos piroclásticos masivos y oleadas. Caídas de lapilli de pómez en la región. Pómez gris clara. Composición mineralógica de la pómez: similar a la unidad B. formación de domos de la isla Yeroví. | 3100±150 |
| 25 | | Paleosuelo orgánico, negro arcilloso | |
| | CUICOCHA D | Formación del domo Cuicocha y su colapso - evento local; no generó mucha ceniza aérea. | |
| 75 | | Paleosuelo orgánico, negro, arcilloso. | |

Tabla 2. 3. Columna Estratigráfica Condensada Cuicocha (Modificado de Hillebrandt, 1989).

2.3.3. Síntesis Erupciones Volcánicas y sus Productos

Durante la actividad volcánica del Holoceno, los productos arrojados estuvieron presentes en el Valle Interandino principalmente de los siguientes volcanes: Complejo Volcánico Pululahua, Volcán Guagua Pichincha, Volcán Ninahuilca, Volcán Cotopaxi, Quilotoa y la Caldera de Cuicocha. Mencionado anteriormente la magnitud y depósitos volcánicos, se presenta un resumen de las erupciones más importantes de cada volcán, cuyos vestigios se encuentran representados en la estratigrafía, además de los cuales se conocen que tuvieron un impacto a nivel cultural (**Tabla 2.4**).

| Volcán | Periodo eruptivo | Características | Fenómenos volcánicos | Pómez | Líticos |
|-------------------|--|---|--|---|---|
| Quilotoa | Unidad Quilotoa I 800 años AP | Erupción pliniana | Oleadas y flujos piroclásticos. Caídas de lapilli de pómez y líticos | blanca grisáceo, vesicular; fenocristales de hornblenda, biotita, plagioclasa y cuarzo | dacitas grises y dacitas alteradas hidrotermalmente |
| Pichincha | 1000 años AP | Erupción pliniana | Flujos y oleadas piroclásticas. Caída: arena y lapilli de líticos rojos | gris amarillenta, microvesicular; fenocristales de plagioclasa, hornblenda, hipersteno y magnetita. | dacitas. |
| Ninahuilca | Estrato de tefra Ninahuilca 6 2370 ± 70 | Erupción pliniana | Flujos piroclásticos. Caídas de lapilli de pómez y líticos. Capas de 600 mm | crema, vesicular; plagioclasa, hornblenda, biotita, hipersteno, magnetita, curazo y trazas de augita. | líticos alterados hidrotermalmente. |
| Pululahua | Unidad III odepósitos sin caldera ~2400 años AP | Erupción pliniana | oleadas y flujos piroclásticos, caídas de lapilli de pómez, flujos block and hash. | blanca grisácea, densa, poco vesiculada, plagioclasa incolora, hornblenda acicular, hipersteno, magnetita y cuarzo. | dacitas alteradas. |
| Cuicocha | Fase C 3100 años AP | Erupción pliniana | Flujos piroclásticos masivos y oledas. Caídas de lapilli de pómez. | Pómez gris clara, vesiculada; fenocristales de plagioclasa, hornblenda, hipersteno, magnetita y cuarzo. | fragmentos de rocas hidrotermalmente alteradas y basaltos antiguos. |
| Cotopaxi | Cotopaxi IIA 4500 años AP | Erupción pliniana, explosiones freatomagmáticas | Flujos de brecha riolítica, caída de lapilli de pómez, flujos de ceniza, flujos piroclásticos. | pómez gris, vesicular; fenocristales de biotita negra y dorada, cuarzo, plagioclasa, magnetita, hipersteno. | dacitas africa gris, bandeada |

Tabla 2. 4. Erupciones más importantes de los volcanes en estudio durante el Holoceno (Hall y Mothes, 1994).

Capítulo III

3. NATURALEZA DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS

3.1. PRODUCTO DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS (CENIZAS)

3.1.1. Clasificación de las erupciones volcánicas

Los eventos volcánicos difieren en gran manera en el tamaño y en el impacto que estos causan. Van desde flujos de lava que fluyen por los flancos del edificio hasta erupciones de magnitudes colosales, donde el material proveniente del volcán emerge con violencia. La interpretación de la dinámica y comportamiento del planeta como un sistema está dado a través del tiempo y tamaño de las erupciones volcánicas que se registran en el planeta en millones de años (Papale, 2018).

La cantidad de material que es expulsado durante un evento volcánico es la norma para calcular la cantidad de material que emana del volcán es decir la magnitud, se aplica para erupciones efusivas y explosivas (Pyle, 2000).

3.1.1.1. Erupciones efusivas

Las erupciones efusivas se describen como la salida de lava en forma no explosiva hacia la superficie. Este tipo de vulcanismo expone varios estilos eruptivos, ambiente y depósitos. Estas erupciones volcánicas ocurren tanto en ambientes subaéreos como en submarinos, el tamaño de la erupción va desde muy pequeña a muy grande y a veces está asociada a vulcanismo explosivo. La composición de las lavas está dominada por basaltos, las rocas más comunes del planeta. Las características principales de estas erupciones son: mientras más fluida es la lava la composición de esta es más máfica, el contenido de volátiles y sílice es bajo, la lava fluye a altas temperaturas (Sigurdsson, 2000).

3.1.1.2. Erupciones explosivas

El tipo de actividad más destructivo son las erupciones volcánicas explosivas, producen grandes cantidades de material piroclástico que se desplaza en el aire en forma de columnas eruptivas o lateralmente en forma de flujos piroclásticos de gran energía, los cuales tienen efectos devastadores en la población alterando la vida cotidiana

Estas erupciones se producen mediante dos mecanismos:

- Erupciones magmáticas o secas: conducidas únicamente por gases disueltos en el magma.
- Erupciones freatomagmáticas o húmedas: se producen cuando el magma interactúa con agua que proviene de alguna fuente externa (Cashman, 2000).

3.1.1.3. Productos eruptivos

- **Caída de piroclastos**

Los depósitos de caídas de piroclastos son producidos por la lluvia de clastos a través de la atmósfera desde una erupción o pluma durante un evento explosivo. Los depósitos de caída son los más simples de los productos piroclásticos y su valor reside en la simplicidad con la que sus propiedades se pueden usar para inferir los parámetros de una erupción. Estos depósitos resultan de erupciones freatomagmáticas tanto secas, como mojadas y húmedas. La distribución del tamaño de grano y la morfología de los piroclastos en un depósito reflejan el tipo de fragmentación (Houghton, 2015).

Productos piroclásticos incluyen pómez, líticos o fragmentos de roca y ceniza durante un evento volcánico. Depende de la explosividad de la erupción para que el material migre más lejos o se deposite más cerca. Si una erupción es explosiva los productos pueden viajar hasta kilómetros y sus depósitos pueden ser hasta de centímetros, pero si una erupción es menos violenta el material se deposita cerca del volcán pero los depósitos pueden tener espesores hasta métricos (Le Pennec et al., 2005).

Generación de caídas piroclásticas

El volcanismo explosivo implica la transferencia de magma junto con fenocristales, volátiles disueltos y material de roca arrastrado desde las paredes de los conductos del volcán. Después viene un sistema de transporte que es el responsable de llevar el material fragmentario y un sistema de depositación que controla la forma en que descansa el material. La mayoría de los sistemas de transporte piroclásticos (que incluyen prácticamente todas las erupciones explosivas del volumen 1 km^3) comienzan con la expulsión del material fragmentario de un conducto como un chorro de alta velocidad que interactúa con la atmósfera. Sin embargo, en algunos casos, el sistema de transporte se crea a través de un proceso intermedio de extrusión de lava o formación de criptodomas y se inicia mediante (i) la ruptura de los sistemas que están en presión, especialmente los criptodomas o (ii) colapso gravitacional de flujos o cúpulas de lava sin presión (Wilson y Houghton, 2015).

Sistemas de transporte

Existen dos clases principales de transporte que presentan las erupciones explosivas. Se distinguen principalmente por la densidad del flujo emergente con respecto a la atmósfera en los primeros cientos de metros a kilómetros por encima del conducto.

En primer orden, estas corresponden respectivamente a (1) columnas verticales (donde la trayectoria dominante del movimiento es inicialmente ascendente) que generan depósitos de caída de nubes impulsadas por el viento en elevaciones de varios kilómetros a decenas de kilómetros en la superficie de la tierra (**figura 3.1**)

(2) Son sistemas que se mueven lateralmente (donde la trayectoria dominante del movimiento es inicialmente hacia los lados), que generan depósitos de oleada y flujo a partir de corrientes de densidad controladas por la gravedad y que cubren el terreno.

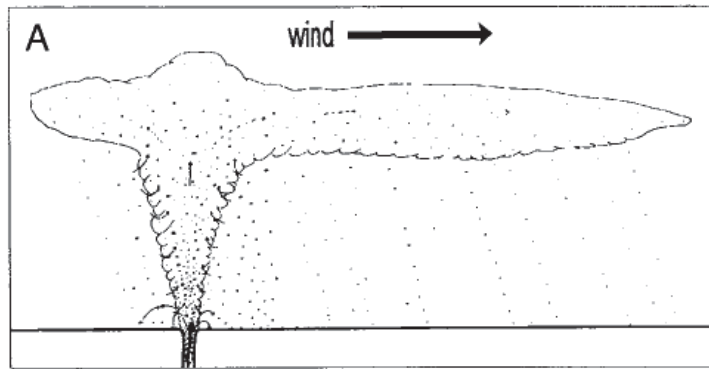


Figura 3. 1Caída: pluma generada en una erupción explosiva que lleva partículas, excepto las más gruesas, de kilómetros a decenas de kilómetros de altura sobre la superficie; partículas sedimentadas de la pluma para formar depósitos; la dispersión de la pluma está controlada por la dirección y fuerza del viento. Los clastos más gruesos (flechas) siguen las trayectorias balísticas y caen entre 3 a 5 km de distancia, independientemente del viento (Wilson y Houghton, 2015).

Sistema de depositación

Cada clasto involucrado en una erupción explosiva tiene un período de transporte. El sistema de depositación se ha propuesto como un concepto para enfatizar que las características del depósito reflejan los procesos que operan solo en las últimas etapas del movimiento, pero la aplicabilidad de esto es claramente diferente entre los depósitos de caída, sobrecarga y flujo. Por ejemplo, se observa que los depósitos de caída gruesos (estilo pliniano) se forman por la acumulación de grano por grano de los fragmentos individuales, y no existe un sistema de depositación separado como tal. En contraste, los clastos soportados por suspensión turbulenta en una corriente diluida deben pasar por algún tipo de sistema de depositación discreta, ya que se ralentizan y se depositan. El concepto de un sistema de depositación separado es importante, ya que limita las características que pueden inferirse para el sistema de transporte a partir de los depósitos, y la naturaleza de las erupciones explosivas hace que las mediciones directas de las propiedades del sistema de transporte a menudo sean difíciles o imposibles.

Mecánica de depositación simple

A gran escala, hay cuatro controles fundamentales activos durante la depositación de depósitos piroclásticos.

(1) Las trayectorias de los clastos a medida que se depositan, que pueden variar de vertical a horizontal. Estas trayectorias controlarán la medida en que los clastos cubren la superficie del suelo o muestran evidencia de emplazamiento lateral.

(2) La concentración en volumen de sólidos en el material de depósito determinará en gran medida el grado de sorteo.

(3) La presencia o ausencia de cohesión de partículas. La cohesión de la partícula hará que la depositación tienda a ser más rápida e irreversible, además de aumentar el ángulo de máxima pendiente en el que puede ocurrir la depositación.

(4) La concentración de partículas con el tiempo, es decir, es el sistema de depositación estable o inestable. Esto determinará si la depositación produce una capa única uniforme o una sucesión de capa de carácter contrastante.

Nosotros consideramos que los primeros dos items son los más importantes y varían entre límites absolutamente definibles que se pueden cuantificar en mayor o menor medida con la tecnología y la comprensión actual. Los items tercero y cuarto varían más ampliamente, ejercen un control primario solo en una minoría de casos, y en la actualidad se tratan en su mayoría de forma cualitativa (figura 3.2).

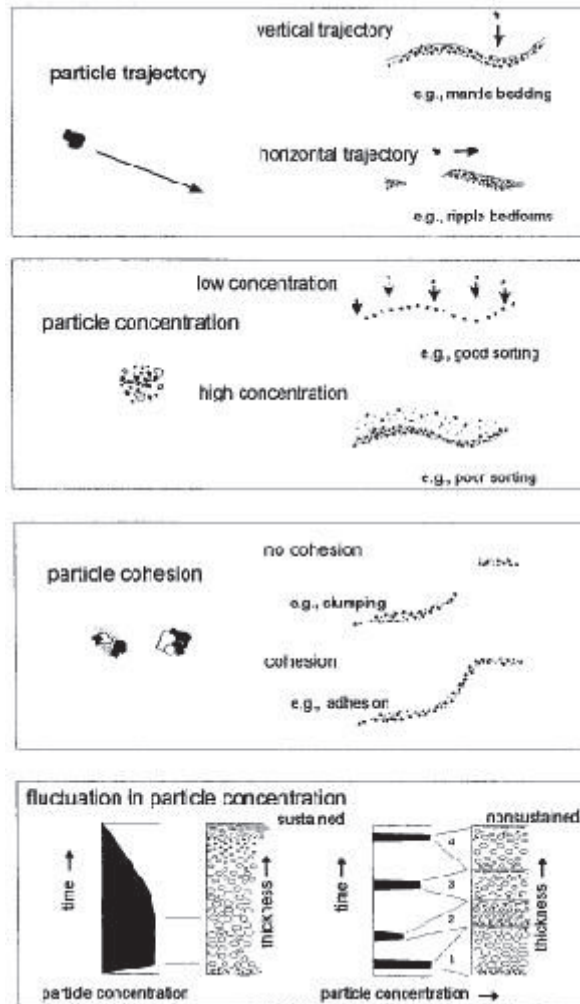


Figura 3. 2 Diagrama esquemático de los cuatro controles principales sobre los procesos de deposición durante la formación de depósitos piroclásticos: Trayectoria de partículas, concentración de partículas, presencia o ausencia de cohesión y fluctuaciones en la concentración de partículas con el tiempo.

3.2. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Los efectos de la tefra sobre la población, animales, edificaciones y desarrollo de actividades son varios. Aquí radica la importancia del estudio de las cenizas, el volumen de los depósitos, el alcance del material, las características físicas. En los humanos, el daño es directamente a la salud, afectando órganos relacionados con la respiración. Depende de la magnitud de la erupción para diagnosticar la influencia que los productos piroclásticos tendrán sobre el

desarrollo de las poblaciones, las erupciones de estilo explosivo son las que actúan y modifican la vida y desarrollo de las culturas.

Como base del proyecto se realiza un análisis mineralógico de las cenizas recolectadas en la ruta del Metro de Quito, como de las cenizas padre, mediante binocular y así definir sus características físicas, dependiendo de este análisis se puede intuir la procedencia u origen, además de correlaciones las muestras de las secciones.

Muestras del proyecto “Metro de Quito”.

Existen un total de 27 muestras a estudiar. Estas fueron recolectadas por arqueólogos del proyecto, lo largo del tramo del “Metro de Quito”, aproximadamente 15 Km.

Recolección de muestras

- 1.- En algunas secciones se pueden recolectar más de una muestra.
- 3.- Las muestras se obtuvieron a diferentes profundidades, van desde centímetros hasta metros.
- 4.- Una vez expuesta la estratigrafía de la sección, se procedió a tomar la muestra.
- 5.- La muestra se recogió en una funda hermética, con la ubicación (coordenadas), lugar, nombre.
- 6.- El peso de la muestra varía dependiendo del espesor del estrato.
- 7.- Se fotografió la sección de muestreo.

- **Análisis mineralógico**

- 1.- Preparación del material para el análisis mineralógico, detallado a continuación
- 2.- Una vez la muestra está en el laboratorio se procedió a tomar una porción y luego colocándola en un recipiente de aluminio se lavó el material ligeramente. Este paso se hace con el objetivo de tener una limpieza parcial de impurezas, debido a que la ceniza se encuentra entre capas de suelo y se debe liberar de residuos externos. El lavado es simple, agitar suavemente dentro del recipiente y escurrir el agua.

- 3.- Se etiquetó el envase con información de la muestra.
- 4.- Posteriormente, la muestra fue colocada en el horno a 40°, por un periodo de 24 horas.
- 5.- Una vez lavada la muestra, se tamizó. El producto correcto de los tamices se encuentra entre los 350 y 500 µm. Después de utilizar una muestra, los tamices fueron limpiados con una brocha y alcohol para no dejar residuos.
- 6.- Para el análisis mineralógico se procedió a tomar una fracción de la muestra sobre una caja Petri y esta se dejó bajo el binocular y sobre un trozo de papel milimetrado para la escala.
- 7.- Con un tamaño correcto de lente y luz se condujo a revisar cada uno de los minerales y características que poseía la muestra (**Figura 3.3**).
- 8.- Finalmente, la muestra fue fotografiada para la ficha de información.
- 9.- Este proceso se realizó para todas las muestras.



Figura 3. 3 Binocular OLIMPUS SZ61 (Foto de Vallejo, 2018)

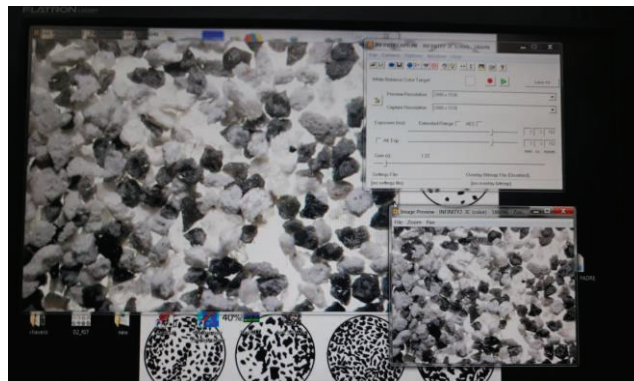


Figura 3. 4 Image J INFINITY 2-3C (Foto de Vallejo, 2018).

Proceso adicional

En el caso de las muestras 76 (El Recreo), 194 (La Alameda), 114 (La Carolina) y 109 (Jipijapa), parte de la metodología cambia, como resultado de partículas muy finas.

- ◆ Colocar parte de la muestra en un vaso de precipitación con agua casi hasta el borde, y esta a su vez dentro del limpiador ultrasónico, lo que hace esta herramienta es utilizar ultrasonido con una frecuencia entre 15 -400 Hz. Mediante el movimiento que este dispositivo causa las partículas se van separando, dejando en la parte inferior el material de mayor densidad.
- ◆ Cambiar varias veces el agua, hasta que adquiriera un color claro y las impurezas hayan desaparecido.
- ◆ Dejar secar sobre papel periódico el resultante.
- ◆ Colocar en una funda etiquetada la muestra.
- ◆ Al binocular con el mismo procedimiento que las otras muestras.

Muestras de las cenizas padre.

Estas muestras se denominan así por su origen, proceden de los alrededores de los volcanes en estudio. No se conocen exactamente sus datos como ubicación o columnas estratigráficas, pero está identificada la edad, suficiente para realizar una correlación con las muestras del proyecto. Estas muestras fueron entregadas por la MSc. Patricia Mothes del Instituto Geofísico para facilitar el trabajo.

Las cenizas padre solo fueron sometidas a estudio de laboratorio, similar a las cenizas del proyecto.

1. Las muestras fueron trituradas hasta alcanzar tamaños idóneos para el tamizado.
2. Estas cenizas no fueron sometidas a lavado porque los granos estaban limpios.
3. Posterior al tamizado, se enfundó en distintos tamaños los residuos de muestras para el análisis.
4. Bajo el microscopio se observan los minerales, pómez, vídrio y líticos para llenar la **tabla 3.1.** de descripción de una muestra.

- **Formato de la descripción de una muestra**

| | | | | | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Lugar | | | | | | | | | |
| Muestra | | | | | | | | | |
| Ubicación | | | | | | | | | |
| Color | | | | | | | | | |
| Tamiz | | | | | | | | | |

| Pómez | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicularidad | Otros | Tamaño | % total |
|-------|-------|--------|-------|-------------|---------------|-------|--------|---------|
| | | | | | | | | |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | % mineralógico | % total |
|----------------------|-------|--------|------------------|-------------|----------------|-------|-----------------|----------------|---------|
| cuarzo | | | | | | | | | |
| anfíbol (hornblenda) | | | | | | | | | |
| piroxeno (augita) | | | | | | | | | % |
| plagioclasa | | | | | | | | | |
| mica (biotita) | | | | | | | | | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------|--------|-------|-------------|-------|--------|---------|
| obsidiana | | | | | | | |
| hilos de vidrio | | | | | | | |
| masivo | | | | | | | |
| shards | | | | | | | |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-------|-------|---------------|------------|-------|--------|---------|
| | | | | | | | |

Figura 3. 5 Formato de las Descripción de las muestras (Modificado de Vallejo, 2011)

| Características | Pómez | Minerales | Vidrio | Líticos | Otros |
|------------------|-------|-----------|--------|---------|-------|
| Color | X | X | X | X | X |
| Brillo | X | X | X | | |
| Forma | X | | X | X | X |
| Inclusiones | X | X | X | | X |
| Vesicularidad | X | | X | X | |
| Tamaño | X | X | X | X | X |
| Forma cristalina | | X | | | |
| Fracturamiento | | X | | | |
| Alteración | | | | X | |
| % Mineralógico | | X | | | |
| % Total | X | | X | X | X |

Tabla 3. 1 Relación de las características y elementos en una muestra (Modificado de Vallejo, 2011).

Capítulo IV

4. CORRELACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS

4.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de este trabajo es la correlación petrográfica y mineralógica de las cenizas volcánicas. La caracterización de las cenizas padre junto con la correlación de las cenizas del proyecto contribuye al conocimiento y búsqueda del volcán donde se originaron.

La localización de las cenizas en el estudio están distribuidas en el Valle de Quito, cerca o relativamente cerca de los volcanes fuente, la alteración de estas es mínima, no desfavorece en el estudio.

De unas cenizas padres a otras de los diferentes volcanes se aprecian rasgos distintivos, para ello se asocian en grupos de estudio.

4.2. ANÁLISIS PETROGRÁFICO

En el análisis existen 38 muestras, 27 pertenecen a las cenizas del proyecto descritas en el Capítulo 3 y Anexos, además 9 son parte de las cenizas padre descritas en el Capítulo 3 y Anexos.

En todas las muestras se utilizó la metodología explicada en el Capítulo III para la obtención de características mineralógicas. En las cenizas padre, un total de 9 muestras, se caracterizan porque son representativas de los volcanes fuente y de las erupciones más importantes de cada volcán en estudio.

Las cenizas del proyecto del Metro van desde La Moran Valverde al sur hasta Fondo de Saco al norte, existe una distribución equivalente en la cuenca de Quito, en la zona de La Carolina, se registraron 3 secciones.

4.2.1. Ubicación y descripción de las muestras de ceniza

En esta sección hay una descripción del proceso de obtención de cada una de las muestras del proyecto y como analizarlas para obtener las características mineralógicas.

En el área del Distrito Metropolitano de Quito se registraron algunas secciones, donde fueron tomadas 27 muestras, en la **tabla 4.1** se localiza en coordenadas UTM y el lugar al cual pertenecen. Se encuentran en orden sur a norte en la ciudad de Quito.

Las muestras fueron recogidas durante la excavación de las paradas, en una profundidad entre 80 y 200 cm. Las muestras fueron recogidas en fundas etiquetadas para una mejor identificación.

| MUESTRA | LUGAR | UBICACIÓN (UTM) |
|---------|-------------------|-------------------|
| 353 | Colector el Galte | N9973548/E775842 |
| 300 | Morán Valverde | N9968993/E772863 |
| 301 | Morán Valverde | N9968993/E772863 |
| 302 | Morán Valverde | N9968993/E772863 |
| 156 | Solanda | N9970407/E7740920 |
| 276 | Solanda | N9970459/E774149 |
| 279 | Solanda | N9970459/E774149 |
| 26 | El Calzado | N9971287/E774405 |
| 76 | El Recreo | N9971986/E775917 |
| 109 | Jipijapa | N9981804/E780075 |
| 194 | La Alameda | N9976186/E777980 |
| 318 | La Alameda | N9976277/E778211 |
| 320 | La Alameda | N9976151/E778014 |
| mQ-421 | La Alameda | N9976165/E778005 |
| 165 | El Ejido | N9976792/E778497 |
| 166 | El Ejido | N9976792/E778497 |
| 243 | Santa Clara | N9975432/E776461 |
| 371 | PV 12 La Carolina | N9979807/E780208 |

| | | |
|-----|-------------------|------------------|
| 373 | PV 12 La Carolina | N9979807/E780208 |
| 114 | La Carolina | N9978952/E779795 |
| 115 | La Carolina | N9978952/E779795 |
| 116 | La Carolina | N9978952/E779795 |
| 307 | La Carolina | N9978945/E779799 |
| 375 | PV 13 Iñaquito | N9981146/E780204 |
| 378 | PV 13 Iñaquito | N9981146/E780204 |
| 57 | Fondo de Saco | N9983194/E774619 |
| 60 | Fondo de Saco | N9983194/E774619 |

Tabla 4. 1. Localización de las muestras

Descripción de los lugares de muestreo

4.2.1.1. Colector Galte 353 (Av. Rodrigo de Chávez)

- **Localización**

Ubicado en el centro sur de la capital, es atravesado por la avenida Rodrigo de Chávez y calle Galte. Zona: 17 m, coordenada este: 775842.00 m E, coordenada norte: 9973548,00 m N. Pertenece al barrio La Madgalena.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se encuentra a una altura de 2805 msnm, y la topografía se ve influenciada por el Complejo Volcánico Pichincha. La pendiente del terreno no muy es pronunciada, posee un ángulo de 10 a 15°, muestra de una erosión y el clima. Estratigráficamente la zona se compone de volcánicos provenientes de Pleistoceno (Villagómez, 2003).

- **Arqueología**

Durante las excavaciones no se han encontrado registros arqueológicos en esta zona, al igual que en las zonas de la Morán Valverde no se registran vestigios de asentamientos humanos, durante el Holoceno o Pleistoceno por la actividad volcánica del Pichincha y el Atacazo-Ninahuilca (Villalba y Alvarado, 1999).

- **Descripción general de las cenizas**

a.- Minerales (66%): está presente la plagioclasa, cuarzo, hipersteno horblenda y en porcentaje mínimo hematita. La muestra presenta trazas de mica retrabajada, son muy pequeñas, redondeadas y están dobladas.

b.- Pómez (30%): predomina los granos grises subredondeados, seguida de blanca rosácea con propiedades similares.

c.- Líticos (1%): granos pequeños irregulares aparentemente andesitas.

d.- Vidrio (3%): hilos de vidrio, escoria y masivo.

4.2.1.2. Morán Valverde 300, 301 y 302

- **Localización**

La sección Morán Valverde está ubicada en el sector Sur de la capital. Zona: 17 m, coordenada este: 772854.00 m E, coordenada norte: 9970581.00 m N. Pertenece al barrio Turubamba bajo.

- **Topografía y Geomorfología del lugar**

Se encuentra a una altura de 2866 msnm. Tiene lomas que son relieves de origen antrópico, son cortes y rellenos de antiguas lagunas y quebradas, zona caracterizadas por pendientes suaves (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Según Villalba y Alvarado (1999) se tiene evidencia arqueológica del Paleoindio, existieron antiguos cazadores que viajaban a los alrededores de Quitumbe en busca de comida, en ciertas temporadas, pero no permanecían en este lugar.

En el periodo de Integración, la agricultura tuvo un impacto importante dentro de las culturas, en las zonas donde se localizaron antiguas lagunas de Turubamba se encontraron camellones (Villalba y Alvarado, 1999).

- **Descripción general de las cenizas**

- **300**

a.- Pómez (30%): de color blanco lechoso con inclusiones de biotita muy pequeña.

b.- Mineral (56%): alto contenido de cristales de plagioclasa, biotita en dos tonos y tamaños, hipersteno cuarzo y horblenda.

c.- Vidrio (4%): shards muy parecidos a las plagioclasas pero el tamaño disminuye, además hilos de vidrio.

d.- Otros (10%): restos de plantas (no se conoce la especie).

- **301**

a.- Pómez (43%): tres tipos de pómez diferenciadas por la forma, las inclusiones y el tamaño, las tres han sido retrabajadas por su redondez.

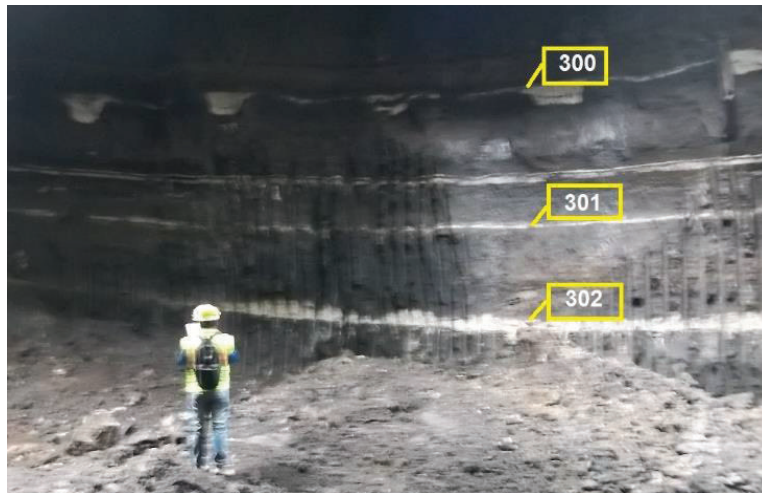
b.- Mineral (45%): plagioclasa con inclusiones de piroxeno en cantidad superior con respecto a los otros minerales, cuarzo con inclusiones de anfíbol, anfíbol e hipersteno.

c.- Vidrio (5%): presente en dos tipos shards y escorias gris oscura a café, los dos en la misma proporción.

d.- Otros (2%): baja cantidad de restos de plantas.

- **302**

- a.- Pómez (20%): granos blancos subredondeados en su mayoría, y en menos cantidad café grisácea.
- b.- Mineral (55%): abundante plagioclasa además, cuarzo, hipersteno, hornblenda, óxidos de hierro siempre en porcentajes menores. La muestra posee mayor contenido en minerales.
- c.- Vidrio (15%): parte de este material es masivo y escoria con inclusiones de piroxeno, shards.
- d.- Líticos (5%): granos de andesita gris oscura transportados por la redondez del clasto, muy alterados.
- e.- Otros (5%): restos de plantas típicos de esta sección.



Fotografía 4. 1. Moran Valverde, muestras 300, 301 y 302 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.3. Solanda 156

- **Localización**

Sección ubicada al sur de Quito. Zona: 17m, coordenada este: 7740920.00 m E, coordenada norte: 9970407.00 m N. La sección pertenece al Barrio Solanda

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se encuentra a una altura de 2852 msnm. Son cubetas escalonadas de rellenos fluviolacustres, pendientes muy suaves entre 0 a 5 °. El material se depositó en ambiente lagunar.

- **Arqueología.**

Durante el Paleoindio las temperaturas en las planicies de Quito fueron entre 3° y 4°. La ciudad estaba cubierta de páramo y la sequía predominaba en la zona, estas condiciones dificultaron el establecimiento de las poblaciones en este lugar.

En el periodo Formativo, la actividad volcánica y las condiciones climáticas cambiaron. En estos años se establecieron algunos asentamientos, lográndose adaptar (Villalba y Alvarado, 1999).

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (20%): En tres colores con inclusiones de biotita y hornblenda, con forma, vesicularidad y tamaño diferente.

b.- Minerales (80%): los minerales se encuentran en proporciones similares; biotita, augita, hornblenda y plagioclasa.

Las características de esta ceniza manifiestan su origen ácido.



Fotografía 4. 2 Solanda, muestra 156 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.4. Solanda 276 y 279

- **Localización**

Sección con dos muestras ubicada al sur de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: 774149.00 m E coordenada norte: 9970459 m N. Punto de muestreo perteneciente al barrio Solanda

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se encuentra a una altura de 2853 msnm. Al igual que la muestra de la sección de Solanda 156. Son cubetas escalonadas de rellenos fluviolacustres, pendientes muy suaves entre 0° a 5°. El material se depositó en ambiente lagunar.

- **Arqueología**

De características muy similares a Solanda 156.

- **276**

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (1%): solo hay de color blanco, subredondeada, media vesiculosa y con inclusiones de piroxeno.

b.- Minerales (19%): plagioclasa, augita y cuarzo.

c.- Vidrio (80%): dentro de la muestra destaca el alto contenido de escoria café oscura con inclusiones de piroxeno, en poca cantidad están shards, masivo e hilos de vidrio.

➤ **279**

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (27%): de tres colores, que se diferencian por la forma, inclusiones (biotita, piroxeno), además del tamaño.

b.- Minerales (62%): al to contenido de biotita en dos colores y tamaños, además, seguido de cuarzo, plagicolasa e hipersteno.

c.- Vidrio (6%): baja presencia de este material en la muestra, se compone de dos tipos de vidrio hilos y shards (no están claramente establecidos, poseen características similares a las plagioclasas).

d.- Líticos (5%): clastos de dacita masiva oxidada con baja vesicularidad. Según Hall y Mothes (1994) los líticos de esta erupción son dacitas.



Fotografía 4. 3 Solanda, muestras 276 y 279 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.5. El Calzado 26

- **Localización**

Ubicada al sur de la ciudad de Quito. Zona: 17 m, coordenada este: 774405 m E, coordenada norte: 9971287 m N. Pertenece al barrio El Calzado.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se encuentra a una altura de 2839 msnm. Se caracteriza por ser una zona con pendientes relativamente suaves. Parte del sur de la ciudad de Quito es un subsistema de cunetas escalonadas de rellenos fluviolacustres, material depositados en ambiente lagunar (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Durante las excavaciones del proyecto metro de Quito, en la zona de El Calzado se encontraron camellones (tipo de cultivo precolombino), en una dirección aproximada norte-sur, no hay una edad establecida, pero con estos hallazgos se propone la existencia de asentamientos humanos en la zona (Suárez y Sánchez, 2016).

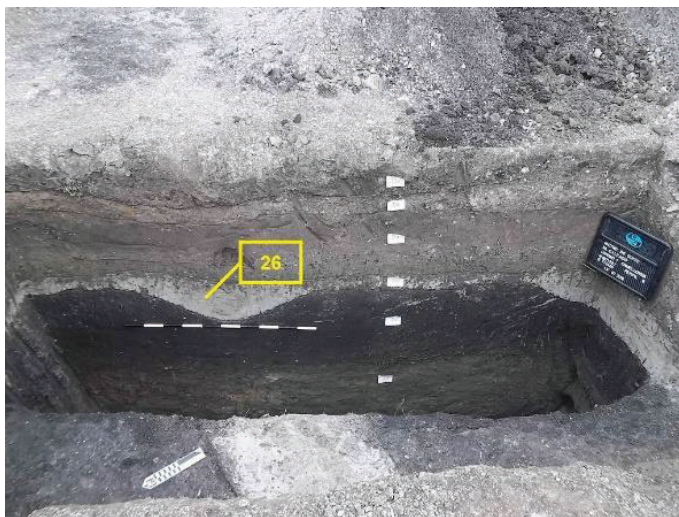
- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (18%): granos subredondeados, oxidados con inclusiones de biotita, la pómez blanca se caracteriza por un tamaño superior con respecto a la otra.

b.- Minerales (80%): alto contenido de biotita en dos tonos y tamaño, la mica café manifiesta oxidación, seguido de hornblenda, plagioclasa e hipersteno. El porcentaje de mineral dentro de la muestra es representativo.

c.- Otros (2%): Restos de plantas que no se conocen la especie.

La **fotografía 4.4** expone claramente camellones (antiguas formas de cultivo).



Fotografía 4. 4 El Calzado, muestra 26 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.6. El Recreo 76

- **Localización**

Sección de muestreo ubicada en el sur de la ciudad de Quito. Zona: 17 m, coordenada este: 775917.00 m, coordenada norte: 9971986.00 m N. Este sitio pertenece al barrio La Villaflora.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Pertenece a una unidad plana depositada en ambiente lagunar. Es un subsistema de cubetas escalonadas de rellenos fluviolacustres. Las pendientes de la zona son relativamente muy suaves, van desde 0° hasta 5°. Se encuentra localizado a una altura 2847 msnm (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Durante las excavaciones del Proyecto “Metro de Quito”, no se encontraron restos de instrumentos pertenecientes a antiguas culturas en la capa D1, mientras que en la capa D2 se

encontraron restos de cerámicas en los bordes, no se estableció una edad para este material y en las capas inferiores tampoco hubo hallazgos de antiguas civilizaciones (Navas, 2016).

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (25%): abundan los granos subredondeados con inclusiones de mica y piroxeno de color blanco y en menor proporción los grises.

b.- Minerales (70%): alto contenido de plagioclasa como en la mayoría de muestras con inclusiones de clinopiroxeno, seguido de biotita verde y naranja, además hornblenda, cuarzo y augita en menor cantidad.

c.- Vidrio (5%): shards angulares translúcidos muy pequeños e hilos de vidrio.



Fotografía 4. 5 El Recreo, muestra 76 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.7. Jipijapa 109

- **Localización**

Sección ubicada al norte de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: coordenada 780075.00 m N, norte: 9981804.00 m E. La Jipijapa es una parroquia donde se encuentran ubicados barrios emblemáticos de la capital.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se encuentra una altura de 2786 msnm. La zona de pendiente muy suave entre 0° a 10°, es una planicie depositada en ambiente lagunar de un subsistema de cubetas escalonadas de rellenos fluviolacustres.

- **Arqueología**

La Jipijapa está dentro de uno de los 94 sitios arqueológicos donde se han hallado vestigios de antiguas culturas durante el Periodo Formativo en la cuenca de Quito. La existencia de lagunas y cuerpos de agua es fundamental para el desarrollo de las poblaciones, además durante el Paleolítico la cultura Cotacollao se asentó al norte de la ciudad (Villalba y Alvarado, 1999).

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (45%): dos clases de pómez con inclusiones de biotita y cuarzo, la forma, vesicularidad y tamaño las diferencian entre si.

b.- Minerales (54%): abundante plagioclasa característica de las cenizas del volcán Cotopaxi (Hall y Mothes, 1994), cuarzo, biotita e hipersteno en concentraciones bajas, los tamaños de granos varían en estas dos últimas].

c.- Vidrio (1%): un solo tipo de vidrio masivo trasnlúcido.

4.2.1.8. La Alameda 194

- **Localización**

Sección ubicada al centro-norte de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: 777980.00 m E coordenada norte: 9976186 m N. Pertenece al barrio El Ejido.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Punto localizado a 2827 msnm. Suelos consolidados por la Cangahua con pendientes muy suaves entre 0° y 5°. Son niveles superiores de planicies fluviolacustres de un subsistema de cubeta escalonada de rellenos fluviolacustres (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Durante las excavaciones del proyecto “Metro de Quito” en la Alameda se encontraron vestigios coloniales, pero no del Paleoindio (Aguilera, 2012). Según Villalba y Alvarado (1999) La zona de El Ejido también pertenece a uno de los 94 sitios con evidencias arqueológicas del Periodo Formativo. La Alameda pertenece a unos de los 188 lugares con registros arqueológicos durante el Periodo de Integración.

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (20%): alto contenido de pómez en la muestra, predominando el material blanco subredondeado con inclusiones de biotita y alta vesicularidad.

b.- Minerales (75%): el mineral dominante es la plagioclasa, hornblenda y en proporciones similares se encuentra el cuarzo, hipersteno y biotita.

c.- Vídrio (5%): pequeños granos de shards?.



Fotografía 4. 6 Sección de la muestra 194 en La Alameda (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.9. La Alameda 318

- **Localización**

Sección ubicada en el centro-norte de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: 778211 m E, coordenada norte: 9976277 m N. Pertenece al barrio El Ejido.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Esta sección se encuentra a una altura de 2824 msnm. Las características topográficas y geomorfológicas son similares a La Alameda 318.

- **Arqueología**

Ver 3.2.1.8.

- **Descripción general de la ceniza**

- a.- Pómez (22%): prevalece la pómez de color gris subredondeada con inclusiones de biotita y piroxeno, se diferencia de la otra pómez por el color, la vesicularidad y el tamaño.
- b.- Minerales (75%): alto contenido de plagioclasa, biotita en menor cantidad y los minerales que comparten una proporción similar son el hipersteno, hornblenda y cuarzo.
- c.- Vidrio (2%): muy pocos hilos de vidrio translúcidos muy pequeños
- d.- Líticos (1%): granos de andesita color café grisáceo, baja vesicularidad, presenta oxidación.



Fotografía 4. 7 Muestra de la sección 318, La Alameda (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.10. La Alameda 320

- **Localización**

Esta sección se localiza en el centro-norte de la capital. Zona: 17 M, coordenada este: 778014.00 m E, coordenada norte: 9976151.00 m N. Pertenece al barrio El Ejido.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Se localiza a una altura de 2828 msnm. Condiciones similares a La Alameda 318.

- **Arqueología**

Ver 3.2.1.8.

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (15%): dos clases de pómez blanca y beige, la primera en mayor concentración, se diferencian únicamente por el tamaño de grano.

b.- Minerales (83%): predomina la plagioclasa blanca, en cantidades similares el cuarzo (de translúcido a blanco lechoso) e hipersteno y un poco de hornblenda.

c.- Vidrio (2%): hilos de vidrio translúcido de tamaño muy pequeño.



Fotografía 4. 8 Sección de proveniencia de la muestra 320 en la Alameda (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.11. La Alameda mQ-421

- **Localización**

Sección de muestreo ubicada en el centro – norte de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: 778005.00 m E, coordenada norte: 9976165.00 m N. Pertenece al barrio El Ejido.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Sección localizada a una altura de 2827 msnm, condiciones similares a la sección La Alameda 318 por la cercanía de los sitios.

- **Arqueología**

Ver 3.2.1.8.

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (35%): granos blancos subangulares con inclusiones de biotita y piroxeno, el material gris en menos cantidad solo posee inclusiones de piroxeno, además se diferencian entre si por la vesicularidad y tamaño.

b.- Minerales (59%): muestra alto contenido de plagioclasa y biotita, seguido de hornblenda y en pequeña cantidad augita e hipersteno, en esta muestra se distingue perfectamente la forma en la que se presenta cada mineral.

c.- Vidrio (6%): shards en mayor cantidad que vidrios de hilo, translúcidos los dos.

4.2.1.12. El Ejido 165 y 166

- **Localización**

Sección ubicada en el centro-norte de Quito, es el centro financiero más antiguo de la ciudad. Zona: 17 M, coordenada este: 778497 m E, coordenada norte: 9976792 m N. Pertenece al barrio El Ejido.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Sección localizada a una altura de 2803 msnm. La pendiente del terreno es suave entre 0° a 10°, se refiere a niveles superiores de planicies fluviolacustres en un subsistema de cubeta escalonada de rellenos fluviolacustres pertenecientes a la Cuenca Interandina (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Según Aguilera (2012) durante las excavaciones del metro de Quito se encontraron restos arqueológicos de culturas aborígenes (Paleoindio) y coloniales (Periodo de Integración), las edades exactas no están registradas, solo los periodos a los que pertenecieron.

- **Descripción general de la ceniza**

- **165**

a.- Pómez (29%): granos beige y grises (tipo ácido) subredondeados con inclusiones de biotita, vesicularidad media, se diferencian el tamaño únicamente.

b.- Minerales (65%): Mayor presencia de plagioclasa con inclusiones de piroxeno, típico de las cenizas del Cotopaxi, minerales como cuarzo u hornblenda no se encuentran, finalmente existe hipersteno y biotita en cantidades inferiores al 10% dentro de la muestra.

c.- Vidrio (6%): hilos translúcidos y vidrio masivo amarillento sin características especiales.



Fotografía 4. 9 Muestra 165, El Ejido (Foto: Metro e Quito).

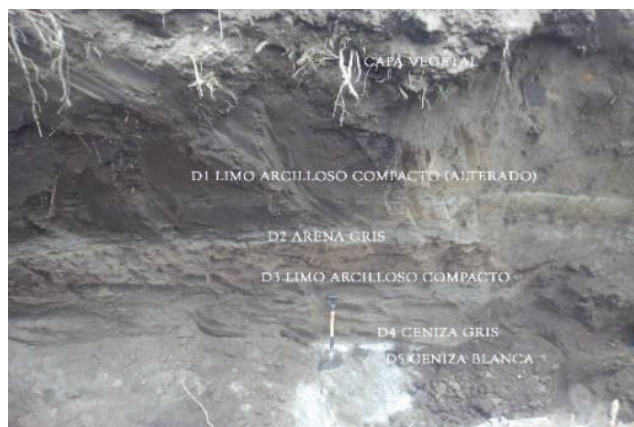
- **Descripción general de la ceniza**

- **166**

a.- Pómez (33%): material blanco subredondeado y gris con inclusiones de biotita, e ltamaño de grano los diferencian.

b.- Minerales (60%): predomina la plagioclasa, la biotita en segundo lugar, cuarzo con inclusiones de piroxeno, además augita como el material en menor cantidad.

c.- Vidrio (7%): vidrio masivo con inclusiones de piroxeno e hilos.



Fotografía 4. 10 Muestra 166, El Ejido (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.13. Santa Clara 243

- **Localización**

Esta sección se localiza en el norte de la ciudad de Quito, pertenece al barrio La Mariscal. Zona: 17 M, coordenada este: 776461.00 m E coordenada norte: 9975432.00 m N.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

La sección se localiza a una altura de 2807 msnm. La zona se caracteriza por una pendiente moderada entre 15° a 20°. Son coluviales y depósitos de pie de monte de un subsistema de cubeta escalonada de rellenos fluvioacustres.

- **Arqueología**

Según las excavaciones del Proyecto Metro de, Quito, en esta zona no hay evidencia arqueológica en ninguno de los periodos, concuerda con la literatura (Aguilera, 2012; Villalba y Alavarado, 1999).

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (21%): de colores blanco y beige con inclusiones de piroxeno, distinta vesicularidad y tamaño.

b.- Minerales (74%): gran cantidad de plagioclasa con inclusiones de piroxeno, en menor cantidad minerales como hornblenda, biotita, augita y hematita (inclusiones de piroxeno).

c.- Vidrio (5%): escoria café, shards e hilos de vidrio en proporciones iguales.



Fotografía 4. 11 Estrato muestra 243, en Santa Clara (Foto: Metro de Quito)

4.2.1.14. PV 12 La Carolina 371 y 373

- **Localización**

Dos muestras pertenecen a esta sección, localizada en el norte de la capital. Zona: 17 M, coordenada este: 780208.00 m E, coordenada norte: 9979807.00 m N. pertenece al barrio Ñaquito.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

A esta zona le pertenecen dos muestras que están a una altura de 2773 msnm. Entre las secciones de muestreo, esta se encuentra a la menor altitud. La pendiente muy suave del sitio está entre los 0° y 5°. Es una planicie depositada en ambiente lagunar de un subsistema de cubeta escalonada de rellenos fluviolacustres.

- **Arqueología**

Durante las excavaciones del proyecto se encontró una técnica de cultivo denominada camellones que son cubiertos por cenizas, la característica principal de esta técnica es la cantidad de agua en la que se presenta, es decir en zonas de pantanos o lagunas ricas en materia orgánica (Mejía, 2017). No se registró una edad exacta pero según Villalba y Alvarado, (1999) era una técnica típica, usada en la producción agrícola del Periodo de Desarrollo Regional.

- **Descripción general de la ceniza**

- **371**

a.- Pómez (35%): en tonos blanco, beige y gris con inclusiones de biotita e hipersteno de distinta vesicularidad, forma y tamaño.

b.- Mineral (57%): la plagioclasa predomina en la muestra, hornblenda, cuarzo biotita en cantidades iguales e hipersteno.

c.- Vidrio (8%): tres tipo de vidrio hilos de vidrio, shards y masivo participando en forma pequeña dentro de a muestra.

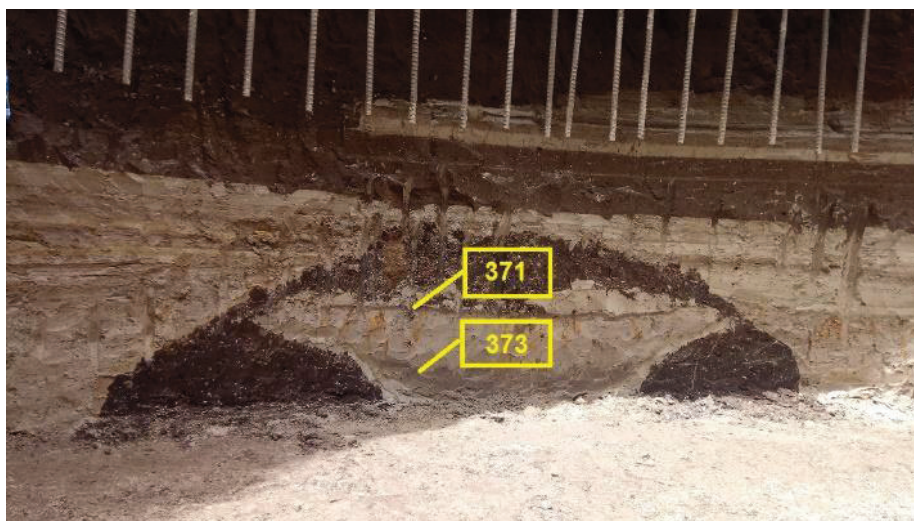
- **373**

a.- Pómez (13%): gris (inclusiones de hornblenda), blanca y amarilla con tamaño, vesicularidad y forma variada.

b.- Mineral (80%): alto contenido de plagioclasa, hornblenda, cuarzo y hematita con inclusiones de vidrio.

c.- Vidrio (6%): hilos de vidrio y shards en pequeña cantidad.

d.- Líticos (1%): Posiblemente clasto de andesita en pequeño porcentaje.



Fotografía 4. 12 PV LaCarolina 371 y 373 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.15. La Carolina 114, 115 y 116

- **Localización**

Tres muestras en esta zona, ubicada en el norte de la ciudad, zona: 17 M, coordenada este: 779795.00 m E, coordenada norte: 9978952.00 m N. Localizado en el barrio Ñaquito.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Muestras localizadas a una altura de 2777 msnm. Es una zona de pendientes muy suaves entre 0° y 5°. De características similares a PV 12 La Carolina 371 y 373 por la distancia.

- **Arqueología**

Durante las excavaciones metro se encontraron camellones con forma de espina de pescado sin edad determinada, pero podría proceder del periodo de Desarrollo Regional. Coincide con la descripción de Alvarado (1996) de camellones entre las avenidas Alpallana y Almagro a una profundidad de 3 metros.

- **Descripción general de la ceniza**

- **114**

a.- Pómez (42%): la pómez color gris oscuro subangular con inclusiones de mica y hornblenda prevalece sobre la crema subredondeada con inclusiones de mica, las dos con vesicularidad media.

b.- Minerales (55%): variedad de minerales, en mayor cantidad presente la plagioclasa, seguido biotita amarilla verdosa y negra, además hornblenda, cuarzo, augita y óxidos de hierro.

c.- Vidrio (3%): shards translúcido muy pequeños,

- **Descripción general de la ceniza**

- **115**

a.- Pómez (42%): gris claro y crema con inclusiones de biotita, piroxeno y hornblenda

b.- Minerales (45%): plagioclasa con inclusiones de piroxeno, biotita en diferentes tamaños, hornblenda fibrosa tabular, cuarzo con inclusiones de goethita, hipersteno y goethita.

c.- Vidrio (13%): predominan los hilos de vidrio beige y translúcidos, además shards en melcocha (poco comunes dentro de las muestras del Metro de Quito) y masivo en proporciones similares.

- **116**

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (16%): la pómez predominante es de color crema subangular con inclusiones de biotita, hornblenda y piroxeno además de gris subredondeada.

b.- Minerales (78%): cristales pequeños de plagioclasa dominando en la muestra, en cantidad importante hornblenda, el cuarzo e hipersteno apenas tienen presencia en la muestra.

c.- Vidrio (6%): hilos de vidrio y shards en iguales cantidades.



Fotografía 4. 13 La Carolina, muestras 114-116 (Foto: Metro de Quito).

4.2.1.16. La Carolina 307

- **Localización**

Muestreo ubicado en la zona norte de la ciudad de Quito. Zona: 17 M, coordenada este: 779799.00 m E, coordenada norte: 9978945.00 m N. Perteneció al barrio Ñaquito.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Sección localizada a una altura de 2782 msnm. La pendiente del sitio está entre 0° y 5°, es decir ángulos muy suaves. Características similares a PV La Carolina 371 y 373.

- **Arqueología**

Ver 4.2.1.15.

- **Descripción general de la ceniza**

a.- Pómez (28%): gris y crema con inclusiones de biotita en tamaño variado, por el transporte sufrido, de composición ácida.

b.- Minerales (68%): alto contenido de cristales de plagioclasa, seguido de horblenda, biotita, cuarzo y óxidos de hierro siempre en cantidades mínimas.

c.- Vidrio (4%): hilos de vidrio y shards en iguales cantidades, los tipos de vidrio más comunes dentro de las muestras del proyecto.

4.2.1.17. PV 13 Iñaquito 375 y 378

- **Localización**

Dos muestras localizadas en la zona norte de la ciudad. Zona: 17 M, coordenada este: 780204.00 m E, coordenada norte: 9981146.00 m N. Ubicado en el barrio Iñaquito.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Sección localizada una altura de 2783 msnm. Caracterizada por pendientes suaves de 0° a 5°. Planicies depositadas en un ambiente lagunar de un subsistema de cubeta escalonada de rellenos fluviolacustres (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

Durante las excavaciones del el trabajo del proyecto no se encontraron vestigios arqueológicos, pero según Villalba y Alvarado, (1999) Durante el Periodo Formativo hubo asentamientos humanos alrededor de las lagunas de Iñaquito, los cuerpos de agua ayudan al desarrollo de culturas. Una población promedio de 850 personas habitaron aquí y en sus alrededores, pero pudo haber incrementado a través de los años.

- **Descripción general de la ceniza**

- **375**

a.- Pómez (14%): gris, blanco y ocre (un poco oxidada), con características diferentes.

b.- Minerales (83%): cristales de plagioclasa en una cantidad superior a los otros minerales, hornblenda y un poco de augita.

c.- Vidrio (3%): hilos de vidrio translúcidos.

- **Descripción general de la ceniza**

- **378**

a.- Pómez (32%): en colores en taocre y crema con inclusiones de vidrio, biotita y piroxeno entamo variado.

b.- Minerales (62%): predomina la plagioclasa en cristales identificables, hornblenda de color negro, cuarzo y pequeños cristales de augita.

c.- Vidrio (6%): hilos de vidrio en mayor cantidad y shards parecidos a la plagioclasa pero de menor tamaño.

4.2.1.18. Fondo de Saco 57 y 60

- **Localización**

Dos muestras que pertenecen a esta zona localizada al norte de la capital. Zona: 17 M, coordenada este: 774619.00 m E, coordenada norte: 9983194.00 m N. Sección perteneciente al barrio La Florida.

- **Topografía y geomorfología del lugar**

Sección localizada a una altura de 2794 msnm. Zona de pendientes moderadas entre 10° y 15°. Caracterizado por niveles superiores de planicies fluviolacustres de un subsistema de cubeta escalonadas de rellenos fluviolacustres (Bermúdez, 2003).

- **Arqueología**

En las excavaciones del proyecto no se encontraron vestigios arqueológicos.

- **Descripción general de la ceniza**

➤ **57**

a.- Pómez (50%): pómez blanca grisácea subredondeada con inclusiones de hornblenda y biotita, vesicularidad media.

b.- Minerales (45%): alto contenido de plagioclasa seguido de hornblenda, en tamaño tiene los cristales más pequeños, cuarzo y augita en proporciones parecidas, carece de biotita.

c.- Vidrio (5%): hilos de vidrios translúcidos.

- **Descripción general de la ceniza**

➤ **60**

a.- Pómez (22%): mayor contenido de pómez gris subredondeada que de blanca, ambas con inclusiones de piroxeno y hornblenda de diferente vesicularidad y tamaño.

b.- Minerales (70%): predomina la plagioclasa incolora y con buen clivaje, cristales de hornblenda de tamaño superior a un mm, cuarzo y augita. No hay presencia de biotita.

c.- Vidrio (8%): vidrio masivo con inclusiones de piroxeno y hornblenda abunda en la muestra, además obsidiana, hilos de vidrio y shards en cantidades iguales.

d.- Líticos (1%): granos de dacita subredondeados oxidados de vesicularidad muy baja.



Fotografía 4. 14 Fondo de Saco, muestras 57 y 60 (Foto: Metro de Quito).

4.2.2 Carácter petrográfico de las cenizas padre

Los volcanes (Cayambe, Pululahua, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Cotopaxi, Quilotoa y Cuicocha) en estudio fueron tomados de acuerdo a su proximidad y erupciones importantes que han tenido, para el alcance de sus productos en el Valle Interandino. Estas cenizas son parte de salidas al campo de proyectos anteriores del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y fueron proporcionadas por la directora de este proyecto Patricia Mothes.

Para las cenizas fuente un proceso adicional, fue la trituración del material a un tamaño posible de visualizar en el binocular, al estar cerca del volcán fuente el tamaño de grano es superior al de las cenizas del proyecto.

La descripción detallada de cada una de las muestras de las cenizas padre se encuentran descrita en los anexos y la **tabla 4.2** es una simplificación del trabajo. Al igual que las cenizas del proyecto.

La tabla que se presenta a continuación es una modificación de Hall y Mothes (1998), simplificando las características mineralógicas de las cenizas de los volcanes fuentes.

Este sumario se divide en siete partes:

a.- Volcán: nombre del edificio volcánico, de donde provienen las cenizas padre.

b.- Muestra: el nombre de la muestra, especificando el año de erupción.

c.- Minerales: los componentes minerales de cada muestra, en este trabajo no se toma en cuenta las trazas. Plagioclasa, cuarzo, biotita, hornblenda; al piroxeno se lo divide en ortopiroxeno (hipersteno) y clinopiroxeno (augita), además de magnetita. Los cristales se distinguen por el porcentaje de presencia. En todas las muestras predomina la plagioclasa, seguida de hornblenda. La presencia o ausencia de algunos minerales son indicadores específicos para diferenciar un volcán de otro.

d.- Pómez: descripción de la pómez; color, brillo, forma, vesicularidad e inclusiones.

e.- Vidrio: en las muestras se presentaron 3 tipos de vidrio, shards, hilos y masivo.

f.- Obsidiana: presencia de obsidiana en la muestra.

g.- Líticos: clastos de roca, generalmente dacita, riolita o andesita.

| VOLCÁN | MUESTRA | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | OBS | LÍTICOS |
|---------------------|-----------------------|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|--|--------|-----|-----|-----|--------------------------------------|
| | | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | MGT | | SH | HIL | MAS | | |
| PULULAHUA | P2400 2400 a AP | 75 | 2 | .. | 17 | 3 | .. | .. | blanca sedosa, subangular, vesicularidad baja, hbl. | x | .. | .. | .. | .. |
| GUAGUA PICHINCHA | GGP-290 290a AP | 75 | 4 | .. | 8 | 5 | .. | .. | blanca amarillenta, sedosa, subredondeada , vesicularidad baja. | .. | .. | x | x | dacita gris oscuro |
| | GGP-1000 1000 a AP | 75 | 4 | .. | 7 | 5 | 3 | .. | blanca amarillenta, sedosa, subredondeada , vesicularidad baja | .. | .. | .. | x | .. |
| | GGP-3300 3300 a AP | 75 | 2 | 1 | 8 | 3 | 2 | .. | blanca amarillenta, sedosa, subredondeada , vesicularidad baja, px. | .. | .. | x | .. | dacita gris oscura |
| NINAHUILCA | N2300 - 2300 a AP | 65 | 1 | 2 | 10 | 4 | .. | 10 | blanca, sedosa, subangular, vesi- cularidad baja, hbl. | x | .. | .. | .. | andesitas gris anaranjada s |
| | N4600 - 4600 a AP | 65 | 4 | .. | 10 | 3 | .. | 10 | blanca, sedosa, subangular, vesi- cularidad media, hbl. | x | .. | .. | .. | andesitas oxidadas |
| COTOPAXI | C4500 - 4500 a AP | 84 | 3 | 5 | .. | .. | .. | .. | blanca, sedosa, angular, vesicularidad alta, biot. | x | x | .. | x | riolita gris clara |
| QUILOTOA | Q800 - 800 a AP | 65 | 6 | 5 | 15 | 4 | .. | 2 | blanca, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl y px. | x | .. | .. | .. | andesitas gris oscuras |
| CUICOCHA | C2900 - 2900 a AP | 75 | 2 | .. | 15 | .. | .. | .. | beige, sedoso, subredondeado , vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | dacitagris oscuro |
| | C3100 - 3100 a AP | 75 | 2 | .. | 15 | .. | .. | .. | blanca, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | .. |

Tabla 4. 2. Sumario de la comparación mineralógica y las características de la pómez en las cenizas padre. Abreviaturas: PL: plagioclasa, QZ: cuarzo, BIOT: biotita, HBL: hornblenda, HIP: hipersteno, AUG: augita, MGT: magnetita, SH: shards, HIL: hilos de vidrio, MAS: masivo y OBS: obsidiana.

La síntesis presentada en la tabla anterior ratifica lo escrito por Andrade (2002), Hall y Mothes (1999), Mothes y Hall (2008), Hidalgo et al., 2008, Robin et al., 2008, Andrade et al., 2005 y Hillebrandt (1989) presentados en el Capítulo II.

A continuación y en base a las características mineralógicas se agrupan los volcanes:

- **Grupo 1**

Guagua Pichincha – Ninahuilca

La cantidad de plagioclasa encontrada varía en un 10% en las muestras, al igual que la presencia de cuarzo. Los dos volcanes carecen de biotita o tiene un porcentaje muy bajo de biotita en el Ninahuilca. Existencia de hornblenda en una cantidad menor en el Guagua Pichincha, la magnetita únicamente está en el Ninahuilca. En las características de la pómez, el color, la textura y la vesicularidad son semejantes. La profundidad a la que se encuentra superior a un metro bajo la superficie, por la edad a la que fueron depositadas.

- **Grupo 2**

Cuicocha – Pululahua

La existencia de plagioclasa es alta, además está presente en cantidades iguales en ambos volcanes, al igual que el cuarzo pero en proporciones mínimas, otro cristal presente en las dos muestras es la hornblenda. La ausencia de biotita, augita y magnetita es evidente, no hay hipersteno en Q2900 y Q3100, mientras en P2400 en mínimo porcentaje. De acuerdo a las características de la pómez son blancas, sedosas, de forma subangular, la vesicularidad varía, las dos poseen inclusiones de hornblenda. Shards es el único tipo de vidrio en común. Los

líticos únicamente en una muestra del Cuicocha. La pómez de estos volcanes se caracteriza por tener tonos grises oscuros y la redondez de los granos.

- **Grupo 3**

Quilotoa – Cotopaxi

En los cristales, solo la biotita está presente en cantidades similares, la plagioclasa se encuentra presente en los dos volcanes, pero es mayor con 20% en el Cotopaxi. Otra característica similar es la presencia de shards, un tipo de vidrio. La composición de líticos es diferente, la augita es más común en estos volcanes y el carácter ácido de la pómez le da colores claros.

4.2.3. Carácter petrográfico de las cenizas del Proyecto “Metro de Quito”

En el análisis estuvieron 27 muestras descritas en los anexos, ubicadas a lo largo del Valle de Quito, las coordenadas exactas y descripción están redactadas en el Capítulo 3.

Los depósitos encontrados no han sido muy alterados, una de las causas principales es la distancia a los edificios volcánicos. Alrededor de Quito se encuentran localizados los volcanes en estudio, el más lejano está a una distancia aproximada de 110 km (Cuicocha) y el más cercano a 12 km (Guagua Pichincha).

Para este estudio se escogieron las proporciones de los tamices 500 y 355 μm , los granos se encontraron idóneos para el análisis bajo el binocular. En el procedimiento de la descripción, las cenizas del proyecto siguieron el proceso de las cenizas padre. En la siguiente tabla se recogió una síntesis de las características más importantes.

- El porcentaje de pómez y minerales es variable en las muestras, pero se encuentran casi en todas las secciones.
- Los líticos tienen escasa presencia, o simplemente están ausentes.
- La cantidad de vidrio en las muestras es mínima, pero existe en todas, en uno de sus tipos o en varios, las más comunes son shards e hilos de vidrio.

- Dentro de los cristales, predomina la plagioclasa en las muestras, en porcentajes superiores al 50% en la mayoría.
- El cuarzo, entre superior al 0 y 22% está presente en casi todas las muestras, se conoce que este mineral no es un marcador para conocer la procedencia de la ceniza.
- La biotita, en varias muestras se encuentra en una cantidad importante, la presencia y porcentaje de biotita es un marcador que ayuda a caracterizar la proveniencia de la ceniza.
- La hornblenda no se encuentra en todas las muestras, pero donde está presente, se encuentra en cantidades importantes superiores al 6%, además de estos cristales, es importante el porcentaje para conocer una posible procedencia.
- Los piroxenos están repartidos en las muestras, y en otras están los dos, las cantidades no son muy importantes pero suficientes para conocer una posible procedencia. El tipo de piroxeno se destaca porque existe en algunos volcanes. Mientras que en otros está ausente.
- Los minerales óxidos solo están en determinadas muestras, y en cantidades mínimas.
- Las características de la pómez se basan en el color, brillo, forma, vesicularidad e inclusiones, las más importantes.

| LUGAR | | PROF. Cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|-----------------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HLB | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | |
| Colector Galte | 353 | 1800 | 66 | 30 | 3 | 1 | 77 | 4 | .. | 2 | 6 | .. | 1 | gris oscura, subredondeada, vesicularidad media, hip. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. | andesitas gris oscuras, |
| Moran Valverde | 300 | 320 | 56 | 30 | 4 | .. | 73 | 3 | 7 | 2 | 6 | .. | .. | blanca lechosa, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Moran Valverde | 301 | 430 | 45 | 43 | 5 | .. | 68 | 5 | .. | 10 | 5 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hbl. | x | .. | .. | x | .. | .. | .. | .. |
| Moran Valverde | 302 | 500 | 19 | 1 | 80 | 5 | 68 | 6 | .. | 2 | 8 | .. | 1 | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hip. | x | .. | x | x | .. | .. | .. | andesita gris oscura? |
| Solanda | 156 | 30 | 20 | 20 | .. | .. | 25 | .. | 30 | 25 | .. | 20 | .. | blanca amarillenta, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Solanda | 276 | 126 | 19 | 1 | 80 | .. | 15 | 3 | .. | .. | .. | 2 | .. | gris oscuro, sedoso, subangular, vesicularidad media, hip, biot. | x | x | x | 73 | .. | .. | .. | .. |
| Solanda | 279 | 60 | 62 | 27 | 6 | 5 | 22 | 30 | 35 | .. | 2 | .. | .. | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Calzado | 26 | 60 | 80 | 18 | .. | .. | 10 | .. | 50 | 25 | 3 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Recreo | 76 | 215 | 70 | 25 | 5 | .. | 75 | 3 | 10 | 3 | .. | 2 | .. | blanca sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot y px. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |

| LUGAR | | PROF. Cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | | | |
|-------------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|----|-----|-----|-----|--|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|----|----|---------------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | | | |
| La Alameda | 194 | 130 | 75 | 20 | 5 | .. | 80 | 3 | 3 | 9 | 2 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | |
| La Alameda | 318 | 60 | 75 | 22 | 2 | 1 | 75 | 3 | 10 | 4 | 3 | .. | .. | gris, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot e hip. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | andesitas ? |
| La Alameda | 320 | 105 | 83 | 15 | 2 | .. | 79 | 7 | .. | 3 | 8 | .. | .. | blanca a beige, sedosa, subredondeada, vesicularidad media. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| La Alameda | mQ-421 | ? | 59 | 35 | 6 | .. | 34 | .. | 36 | 17 | 2 | 5 | .. | blanca, grisácea, sedoso, subangular, vesicularidad alta, px y biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Ejido | 165 | 410 | 65 | 29 | 6 | .. | 83 | .. | 7 | .. | 4 | .. | .. | gris, sedoso, subredondeada, vesicularidad media,biot. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Ejido | 166 | 425 | 60 | 33 | 7 | .. | 64 | 5 | 21 | .. | .. | 3 | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Santa Clara | 243 | 2000 | 74 | 21 | 5 | .. | 71 | .. | 6 | 10 | .. | 3 | 1 | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, px | x | x | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 12 La Carolina | 371 | 440 | 57 | 35 | 8 | .. | 72 | 3 | 3 | 10 | 4 | .. | .. | blanca, sedosa, subangular, vesicularidad alta, aug. | x | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 12 La Carolina | 373 | 480 | 80 | 13 | 6 | 1 | 75 | 4 | .. | 13 | .. | .. | 1 | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | andesita ? gris oscura |

| LUGAR | | PROF. Cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|---------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|--|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|----------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | |
| La Carolina | 114 | 125 | 55 | 42 | 3 | .. | 63 | 5 | 14 | 12 | .. | 2 | 1 | gris oscura, sedosa, subangular, vesicularidad media, bioty hbl. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| La Carolina | 115 | 129 | 45 | 42 | 13 | .. | 55 | 4 | 15 | 9 | 3 | .. | 1 | gris claro, sedoso, subredondeada, biot, px y hbl. | x | x | x | .. | x | x | .. | .. |
| La Carolina | 116 | 131 | 78 | 16 | 6 | .. | 66 | 2 | .. | 25 | 1 | .. | .. | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| La Carolina | 307 | 10 | 68 | 28 | 4 | .. | 68 | 5 | 9 | 13 | .. | .. | 1 | gris, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Jipijapa | 109 | 8300 | 54 | 45 | 1 | .. | 84 | 5 | 5 | .. | 3 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 13 Ñaquito | 375 | 980 | 83 | 14 | 3 | .. | 70 | .. | .. | 25 | .. | 2 | .. | gris, sedoso, subangular, vesicularidad baja. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 13 Ñaquito | 378 | 1000 | 62 | 32 | 6 | .. | 70 | 7 | .. | 15 | .. | 2 | .. | gris, sedoso, subangular, vesicularidad baja, aug. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Fondo de Saco | 57 | 190 | 45 | 50 | 5 | .. | 75 | 5 | .. | 11 | .. | 4 | .. | blanca grisácea, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hbl y biot. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Fondo de Saco | 60 | 400 | 70 | 22 | 8 | 1 | 71 | 4 | .. | 10 | .. | 6 | .. | blanco, sedoso, subangular, vesicularidad baja, aug y hbl. | x | x | x | .. | .. | x | .. | andesita gris oscura |

Tabla 4. 3 Sumario de la composición mineralógica y las características de la pómez en las cenizas del proyecto. Abreviaturas: PROF: Profundidad, Cmbs: centímetros bajo la superficie, MIN: minerales, POM: pómez, VID: vidrio, LIT: líticos, PL: plagioclasa, QZ: cuarzo, BIOT: biotita, HBL: hornblenda, HIP: hipersteno, AUG: augita, HEM: hematita, SH: shards, HIL: hilos de vidrio, MAS: masivo, ESC: escoria, MEL: melcocha y OBS: obsidiana.

4.2.3.1. Correlación de las cenizas del Proyecto e identificación de propiedades

Los aspectos que se toman en cuenta para la agrupación de los muestrarios: el contenido de pómez con respecto al de minerales, los tipos de vidrio presentes. El contenido de plagioclasa, biotita y hornblenda son adecuados para comprender la procedencia del material.

Algunas muestras carecen de vidrio, minerales, esto se debe al lavado de las mismas anteriormente al análisis, sin embargo fueron clasificadas en torno a características similares. En la siguiente gráfica se muestra un resumen de la secuencia estratigráfica ideal para este trabajo, desde la más joven Guagua Pichincha (~ 290 años AP) hasta la erupción riolítica de Cañón Colorado Cotopaxi (~ 4500 años AP).

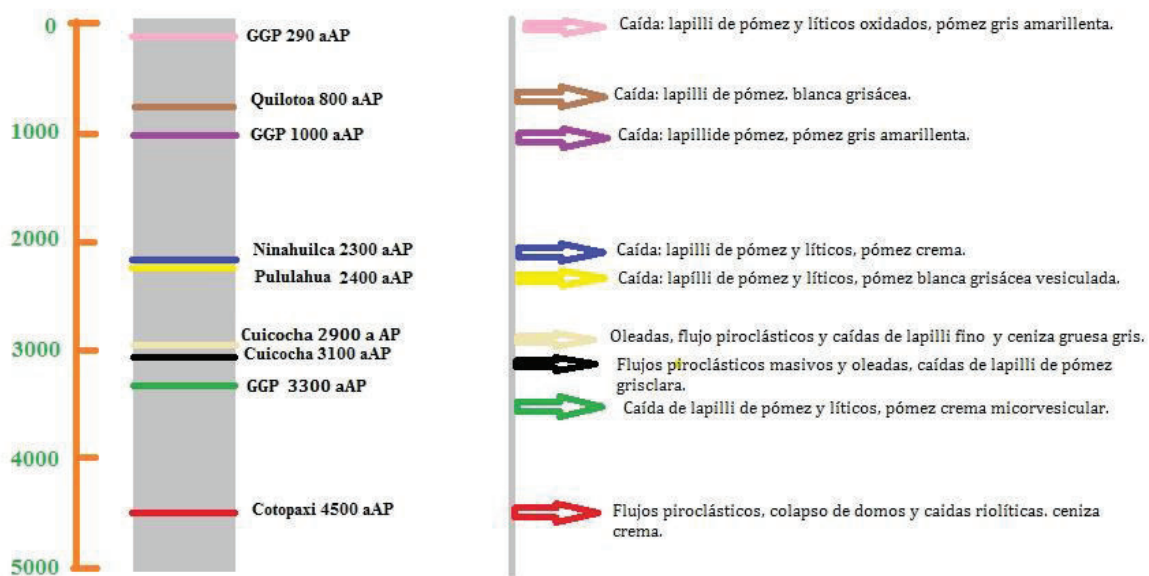


Figura 4. 1 Secuencia estratigráfica ideal.

- Depósitos provenientes de erupciones posteriores al Quilotoa (~ 800 años AP).

La muestra 114, perteneciente a la Carolina, está localizada sobre un estrato proveniente del Quilotoa (800 aAP), las características mineralógicas y de los componentes son similares a la muestra 115 La Carolina, la cual es una ceniza retrabajada del Quilotoa. La presencia de

cuarzo, plagioclasa, hornblenda y sobre todo alto contenido de biotita son características de la erupción de este volcán, Además de la pómezen con tonos claros.

| LUGAR | | PROF. cmts | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|----------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-------|--|----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | | HEM | SH | HIL | MAS | ESC | | | MEL |
| La Carolina | 114 | 125 | 55 | 42 | 3 | .. | 63 | 5 | 14 | 12 | .. | 2 | 1 | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, biot y hbl. | x | ... | .. | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 4 Cenizas del proyecto posteriores al Quilotoa (800 años AP).

- **Depósitos provenientes de la erupción del Quilotoa (~ 800 años AP)**

Entre las características principales de las cenizas provenientes del Quilotoa es el alto contenido de biotita bajo contenido de hipersteno, presencia de hornblenda y cuarzo, además un porcentaje de plagioclasa elevado. Los cristales de biotita generalmente son grandes. El tipo de vidrio encontrado más común es shards, seguido de hilos de vidrio. Los granos de pómezen se color claro de vesicularidad media a alta. Además las profundidades donde se localizan los depósitos son relativamente superficiales, no son superiores a un metro.

| LUGAR | | | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|----------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | PROFUND. cmbs | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | |
| Moran Valverde | 300 | 320 | 56 | 30 | 4 | .. | 73 | 3 | 7 | 2 | 6 | .. | .. | blanca lechosa, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Solanda | 279 | 60 | 62 | 27 | 6 | 5 | 32 | 20 | 35 | .. | 2 | .. | .. | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Solanda | 156 | 30 | 19 | 1 | 80 | .. | 25 | .. | 30 | 25 | .. | 20 | .. | blanca amarillenta, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Solanda | 279 | 60 | 62 | 27 | 6 | 5 | 32 | 20 | 35 | .. | 2 | .. | .. | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Calzado | 26 | 60 | 80 | 18 | .. | .. | 10 | .. | 50 | 25 | 3 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| La Alameda | 318 | 60 | 75 | 22 | 2 | 1 | 75 | 3 | 10 | 4 | 3 | .. | .. | gris, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot e hip. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | andesitas ? |
| La Alameda | mQ-421 | ? | 59 | 35 | 6 | .. | 34 | .. | 36 | 17 | 2 | 5 | .. | blanca, grisácea, sedoso, subangular, vesicularidad alta, px y biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| La Carolina | 115 | 129 | 45 | 42 | 13 | .. | 55 | 4 | 15 | 9 | 3 | .. | 1 | gris claro, sedoso, subredondeada, biot, px y hbl. | x | x | x | .. | x | x | .. | .. |
| La Carolina | 307 | 10 | 68 | 28 | 4 | .. | 68 | 5 | 9 | 13 | .. | .. | 1 | gris, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 5 Cenizas del Proyecto provenientes del Quilotoa (800 años AP).

- Depósitos provenientes de erupciones del Guagua Pichincha entre (290 y 3300 años AP).

A este edificio volcánico pertenecen 5 muestras, a profundidades superiores a un metro, además, con un espesor promedio de 0,30 cm (**Tabla 4.6**). Las cenizas del GGP no contienen biotita dentro de los minerales, pero sí alto contenido de plagioclasa y hornblenda en algunas muestras. Es más común el hipersteno que la augita. Los hilos de vidrio son más comunes en estas cenizas, la ceniza mayormente blanca subredondeada. Las características de estas cenizas son similares a las del volcán Pululahuá, pero el contenido de hornblenda y la pómez las diferencian. Estas cenizas se han distribuido de norte a sur. Las muestras de Fondo de Saco son muy similares, pero pertenecen a diferentes erupciones del Guagua Pichincha y no a un retrabajamiento.

| LUGAR | | PROF. Cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|----------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|--|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | |
| Moran Valverde | 301 | 430 | 45 | 43 | 5 | .. | 68 | 5 | .. | 10 | 5 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hbl. | x | .. | .. | x | .. | .. | .. | .. |
| Moran Valverde | 302 | 500 | 55 | 20 | 15 | 5 | 68 | 6 | .. | 2 | 8 | .. | 1 | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hip. | x | .. | x | x | .. | .. | .. | andesita gris oscura? |
| La Alameda | 320 | 105 | 83 | 15 | 2 | .. | 79 | 7 | .. | 3 | 8 | .. | .. | blanca a beige, sedosa, subredondeada, vesicularidad media. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Fondo de Saco | 57 | 190 | 45 | 50 | 5 | .. | 75 | 5 | .. | 11 | .. | 4 | .. | blanca grisácea, sedosa, subredondeada, vesicularidad media, hbl y biot. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Fondo de Saco | 60 | 400 | 70 | 22 | 8 | 1 | 71 | 4 | .. | 10 | .. | 6 | .. | blanco, sedoso, subangular, vesicularidad baja, aug y hbl. | x | x | x | .. | .. | x | .. | andesita gris oscura |

Tabla 4. 6. Cenizas del Proyecto provenientes del Guagua Pichincha (290-3300 años AP).

- Depósitos provenientes de erupciones del Ninahuilca entre (2300 y 4600 años AP).

Se identificaron 4 muestras correspondientes a este volcán (**Tabla 4.7**), con alto contenido de plagioclasa, típico de este volcán es la ausencia de biotita o presencia en cantidades muy pequeñas, además el piroxeno encontrado es el hipersteno, existe hornblenda pero en porcentajes inferior que en el GGP. La característica principal del Ninahuilca es la presencia de magnetita (Hall y Mothes, 1994), aunque en las muestras no se encontró. La pómez varía entre gris y blanco. Las cenizas están mayormente ubicadas en el centro de la ciudad y una al centro norte, en parte porque no tienen gran alcance. Se encuentra poco cuarzo, y el hilo de vidrio está presente casi en todas las muestras. Casi no hay líticos en las muestras.

| LUGAR | | PROFUND cmsb | COMPONENTES | | | | | MINERALES | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | | | |
|-----------|----------|-----------------|-------------|-----|-----|-----|----|-----------|------|-----|-----|-----|-----|--|---|-----|-----|-----|-----|-----|---------|----|----|------------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | | | |
| Colector | Galte | 353 | 1800 | 66 | 30 | 3 | 1 | 77 | 4 | .. | 2 | 6 | .. | 1 | gris oscura, subredondeada, vesicularidad media, hip. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | andesitas gris oscuras |
| La | Alameda | 194 | 130 | 75 | 20 | 5 | .. | 80 | 3 | 3 | 9 | 2 | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Santa | Clara | 243 | 2000 | 74 | 21 | 5 | .. | 71 | .. | 6 | 10 | .. | 3 | 1 | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, px | x | x | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 12 La | Carolina | 371 | 440 | 57 | 35 | 8 | .. | 72 | 3 | 3 | 10 | 4 | .. | .. | blanca, sedosa, subangular, vesicularidad alta, aug. | x | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 7 Cenizas del Proyecto provenientes del Ninahuilca (2300 y 4600 años AP).

- **Depósitos provenientes del Pululahua (2400 años AP).**

Del estudio solo se obtiene 3 muestras (**Tabla 4.8**), que cumple con los atributos de una ceniza del Pululahua. Presencia de plagioclasa en mayor cantidad que los otros minerales, bajo porcentaje de cuarzo, ausencia de biotita, porción de hornblenda importante, y augita en bajo porcentaje. La pómez de este volcán es siempre gris oscura y granos de tamaño mediano a grande. El porcentaje de minerales es mayor con respecto a los otros componentes. Las cenizas de este volcán están profundas alcanzando hasta los 10 metros bajo la superficie y son muy similares a las cenizas del Pichincha, únicamente diferenciadas por la pómez y el porcentaje de hornblenda.

| LUGAR | | PROF. cmts | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS |
|----------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | |
| La Carolina | 116 | 131 | 78 | 16 | 6 | .. | 66 | 2 | .. | 25 | 1 | .. | .. | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 13 Iñaquito | 375 | 980 | 83 | 14 | 3 | .. | 70 | .. | .. | 25 | .. | 2 | .. | gris, sedoso, subangular, vesicularidad baja. | .. | x | .. | .. | .. | .. | .. |
| PV 13 Iñaquito | 378 | 1000 | 62 | 32 | 6 | .. | 70 | 7 | .. | 15 | .. | 2 | .. | gris, sedoso, subangular, vesicularidad baja, aug. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 8 Cenizas del proyecto provenientes del Pululahua (2400 años AP)

- **Depósitos provenientes del Cuicocha (entre 2900 y 3100 años AP).**

El Cuicocha registra una muestra La ausencia de biotita, hipersteno y augita es una característica importante de este volcán, además de la presencia de hornblenda, alta cantidad de plagioclasa y poco cuarzo. Esta muestra pertenece a la erupción del hace 3100 años AP, por la pómez que presenta propiedades iguales a este evento, porque la parte mineralógica expone cualidades afines en ambas erupciones.

| LUGAR | | PROF. Cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|-------------------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|---------|------------------------|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | HEM | | SH | HIL | MAS | ESC | MEL | | | |
| PV 12 La Carolina | 373 | 480 | 80 | 13 | 6 | 1 | 75 | 4 | .. | 13 | .. | .. | 1 | gris, sedosa, subangular, vesicularidad media, hbl. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. | andesita ? gris oscura |

Tabla 4. 9 Cenizas del Proyecto provenientes del Cuicocha (3100 años AP).

- **Depósitos del Cotopaxi (4500 años AP).**

La ceniza padre corresponde al evento riolítico Cañón Colorado, alto contenido de plagioclasa, presencia de biotita y cuarzo. Según Hall y Mothes (1994), puede o no existir hipersteno en la muestra.

A este volcán pertenecen varias muestras (**Tabla 4.10**), distribuidas a lo largo de la cuenca de Quito, debido al alcance de la erupción. Una propiedad de esta erupción es el alto contenido de plagioclasa, más que en otros volcanes. Al provenir de una erupción de magma ácido el contenido de biotita es también alto, el cuarzo es inferior en porcentaje y la horblenda solo está presente en la muestra 76 en el Recreo, el hipersteno es más común que la augita en estas muestras. Los hilos y el tipo de vidrio masivo son más comunes en estas cenizas.

| LUGAR | | PROF. cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|-----------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-------|--|----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | | HEM | SH | HIL | MAS | ESC | | | MEL |
| El Recreo | 76 | 215 | 70 | 25 | 5 | 3 | 75 | 3 | 10 | 3 | .. | 2 | .. | blanca sedosa, subredondeada, vesicularidad media, biot y px. | x | x | .. | .. | .. | .. | .. |
| El Ejido | 165 | 410 | 65 | 29 | 6 | .. | 83 | .. | 7 | .. | 4 | .. | .. | gris, sedoso, subredondeada, vesicularidad media,biot. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. |
| El Ejido | 166 | 425 | 60 | 33 | 7 | .. | 64 | 5 | 21 | .. | .. | 3 | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | x | x | .. | .. | .. | .. |
| Jipijapa | 109 | 8300 | 54 | 45 | 1 | .. | 84 | 5 | 5 | .. | 3 | .. | .. | blanca, sedosa, subredondeada, vesicularidad alta, biot. | .. | .. | x | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 10 Cenizas del proyecto provenientes del Cotopaxi (4500 años AP).

- Depósitos no identificados

La muestra 276 (Tabla 4.11), no posee características que la asocien a alguna erupción volcánica en este estudio, el alto contenido de escoria presente en la muestra puede retratar un evento eruptivo de hace 1000 años en el Cotopaxi, cuyo producto era andesítico.

| LUGAR | | PROF. cmbs | COMPONENTES | | | | MINERALES | | | | | | PÓMEZ | VIDRIO | | | | | OBS | LÍTICOS | |
|-----------|--------|---------------|-------------|-----|-----|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-------|--|----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|
| UBICACIÓN | NOMBRE | | MIN | POM | VID | LIT | PL | QZ | BIOT | HBL | HIP | AUG | | HEM | SH | HIL | MAS | ESC | | | MEL |
| Solanda | 279 | 60 | 62 | 27 | 6 | 5 | 32 | 20 | 35 | .. | 2 | .. | .. | gris, sedosa,suba ngular, vesicularidad media, biot. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |

Tabla 4. 11 Cenizas de depósitos no identificados.

4.3. RESULTADOS

La correlación e identificación de la procedencia de las cenizas se basó en el reconocimiento mineralógico, pómez, vidrio y líticos. **La tabla 4.12** muestra un resumen de las correlaciones del capítulo 4.2.2.1., en el esquema está ubicado el nombre del volcán, la edad de las cenizas fuente y las muestras del proyecto resultado de la correlación en su respectivo periodo.

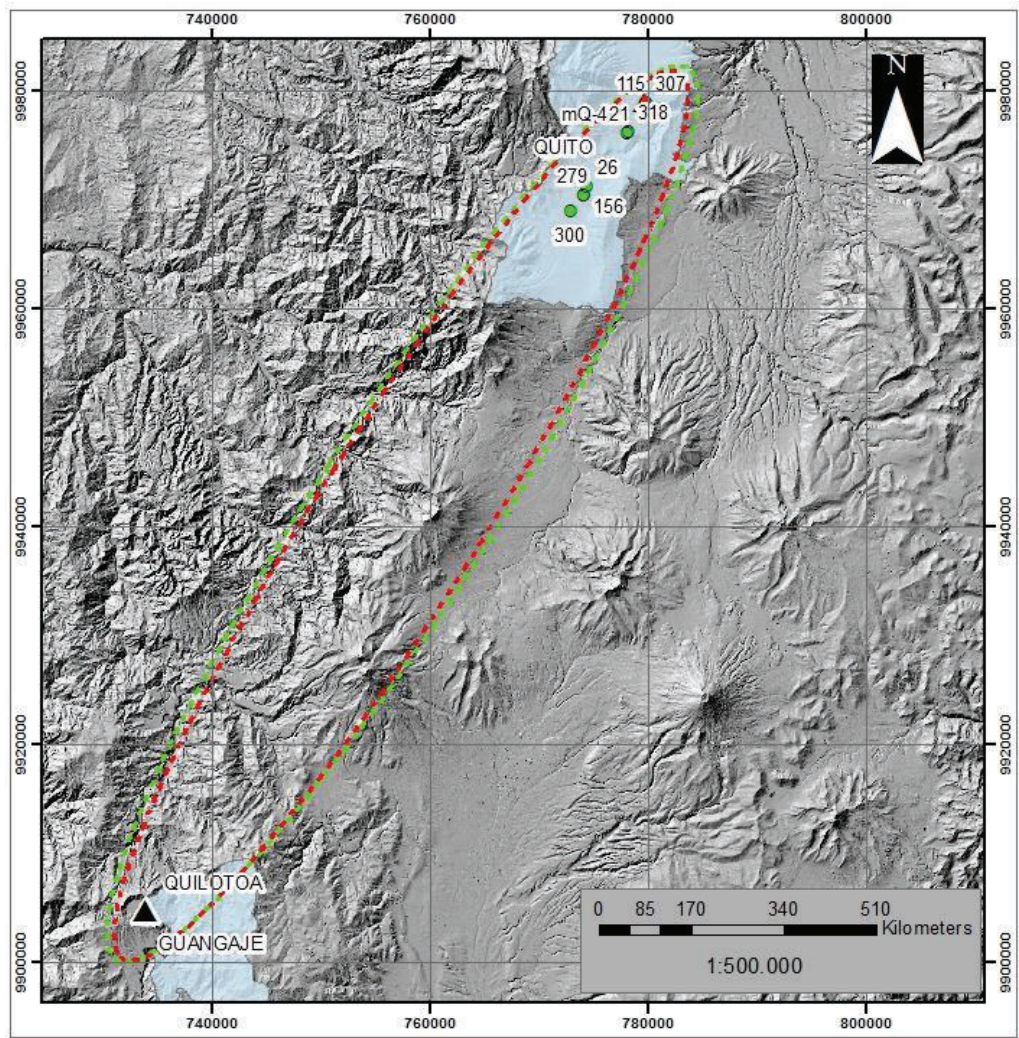
En el extremo superior, están colocadas las cenizas del proyecto más jóvenes al evento eruptivo del Quilotoa (800 años AP) y en el extremo inferior las cenizas donde su procedencia no está definida, en este estudio una ceniza no fue identificada la procedencia.

Entre estos límites se encuentran las muestras que pertenecen a los diferentes eventos eruptivos de los volcanes Quilotoa, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Pululahua, Cuicocha y Cotopaxi. Dentro de algunos volcanes existe más de una edad, las cenizas del proyecto se acomodaron de acuerdo a las características más cercanas de las cenizas padre.

| VOLCÁN | EDAD años AP | MUESTRAS DE CENIZAS DEL PROYECTO | | | | | | | |
|----------------------------|--------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|
| PRETRABAJADAS DEL QUILOTOA | < 800 | 114 | | | | | | | |
| QUILOTOA | 800 | 300 | 156 | 279 | 26 | 318 | mQ-421 | 115 | 307 |
| GUAGUA PICHINCHA | 290 | 320 | | | | | | | |
| | 1000 | 57 | | | | 301 | | | |
| NINAHUILCA | 3300 | 60 | | | | 302 | | | |
| | 2300 | 194 | | | | 371 | | | |
| PULULAHUA | 4600 | 353 | | | | 243 | | | |
| | 2400 | 116 | | | 375 | | | 378 | |
| CUICOCHA | 2900 | x | | | | | | | |
| | 3100 | 373 | | | | | | | |
| COTOPAXI | 4500 | 76 | 165 | | | 166 | 109 | | |
| DESCONOCIDAS | ? | 276 | | | | | | | |

Tabla 4. 12 Síntesis de las cenizas del proyecto con sus volcanes fuente.

Considerando los datos obtenidos, se han elaborado mapas de isópacas de las cenizas proenientes de los volcanes identificados (**Figuras 4.2 a la Figura 4.7**).



Mapa de Isopacas Idealizado del Volcán Quilotoa

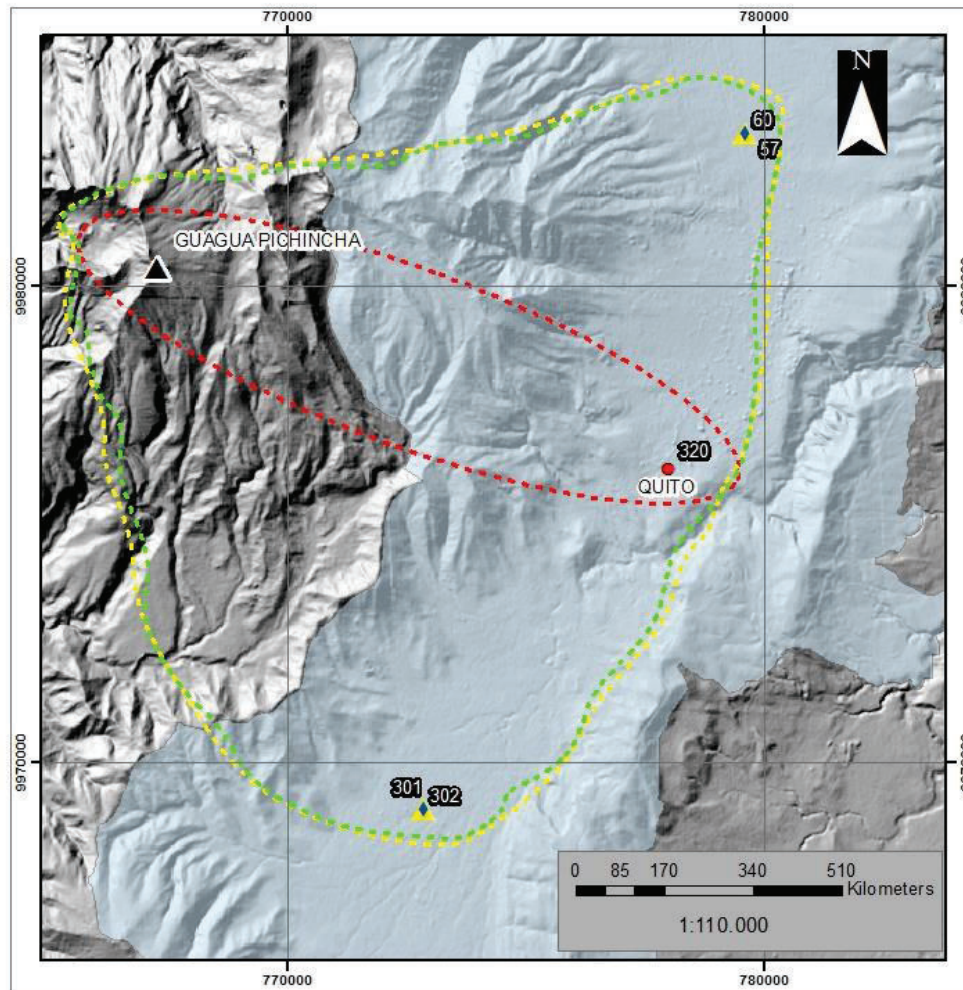
Legenda

- ▲ Volcan
- Muestra**
- ▲ <800 AP
- 800 AP
- Isopaca**
- 0.25 m
- Desconocido
- parroquias

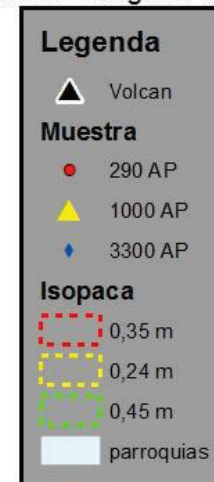
Mapa de Ubicación del Estudio



Figura 4. 2 Mapa de isópaca idealizada de la ceniza proveniente del volcán Quilotoa



Mapa de Isopacas Idealizado del Volcán Guagua Pichincha



Mapa de Ubicación del Estudio

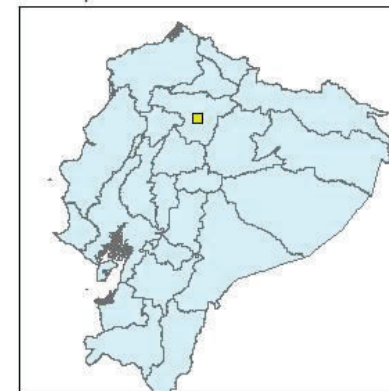
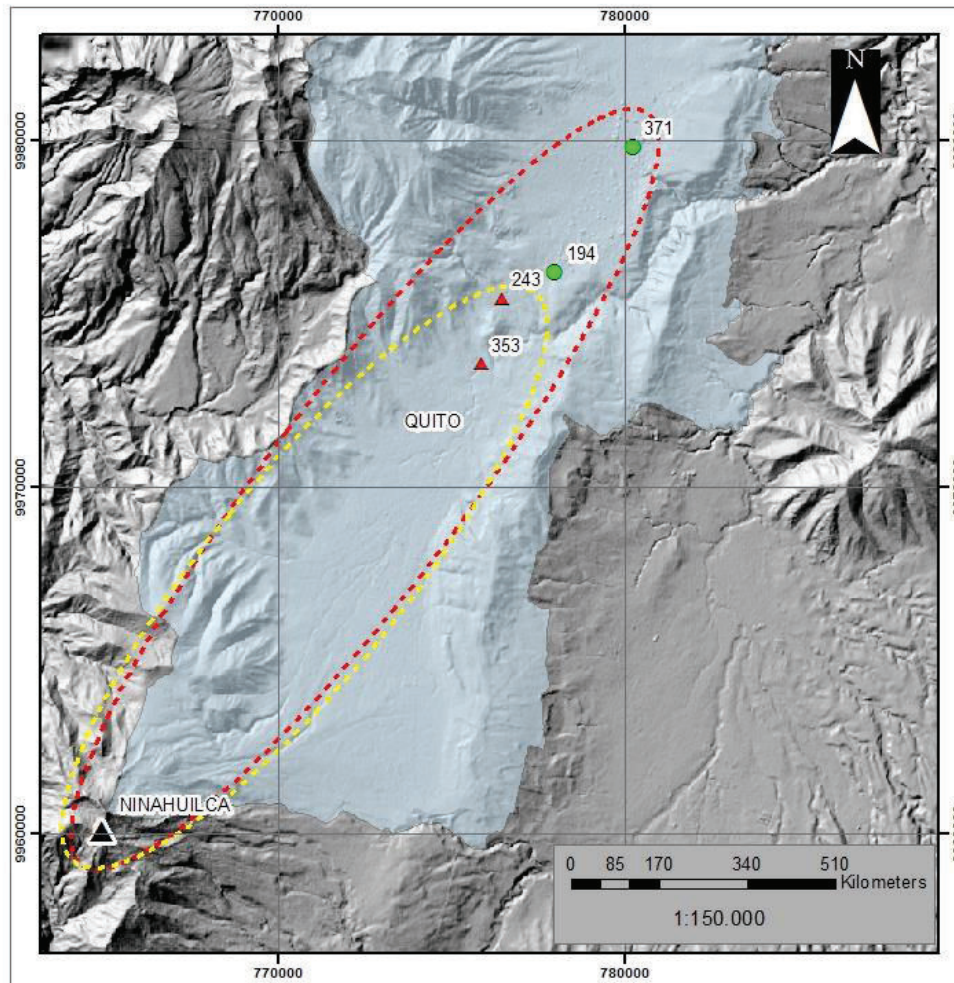


Figura 4. 3 Mapa de isópacas idealizadas provenientes de las erupciones del Guagua Pichincha



Mapa de Isopacas Idealizado del Volcán Ninahuilca



Mapa de Ubicación del Estudio

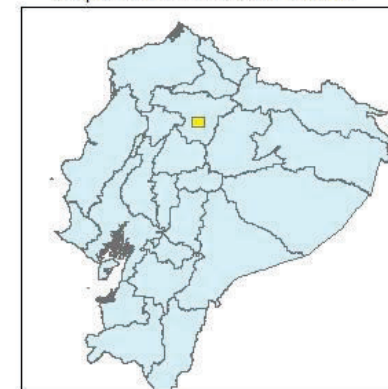
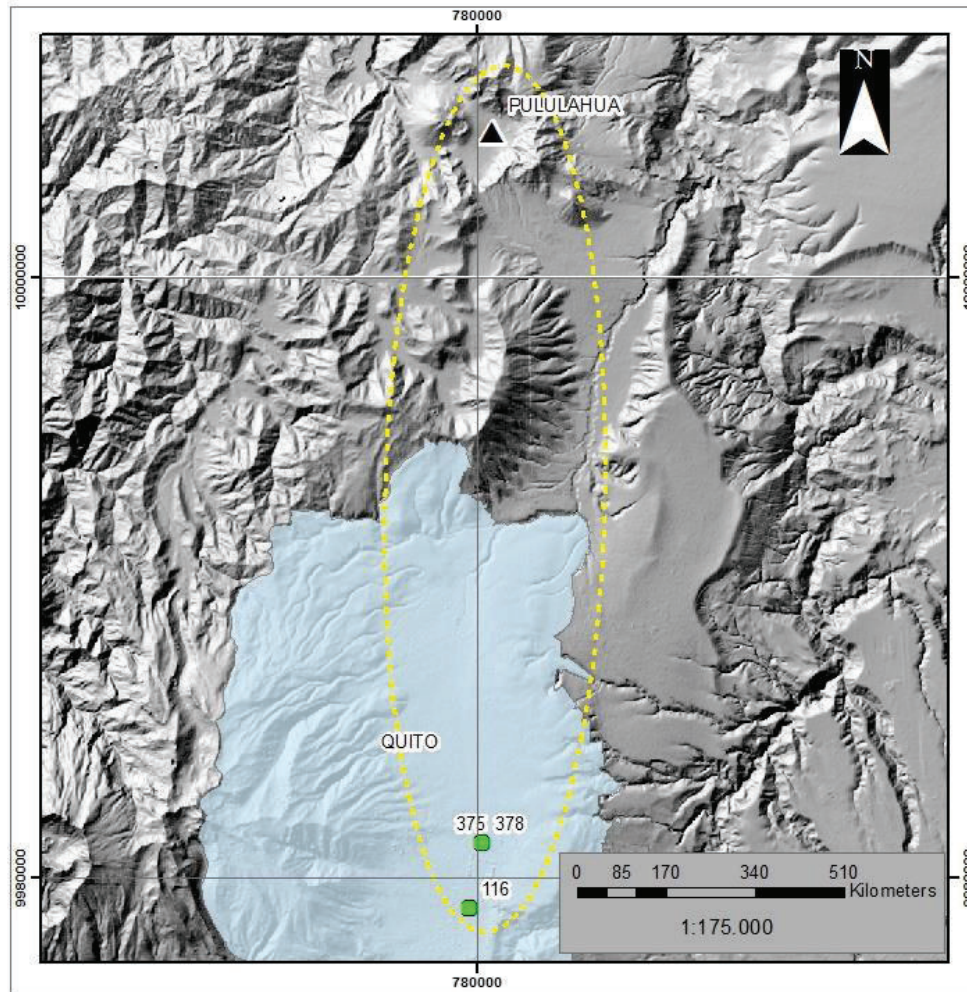
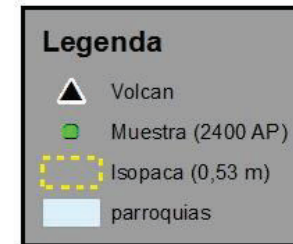


Figura 4. 4 Mapa de isópacas idealizadas provenientes de las erupciones del Ninahuilca.



Mapa de Isopacas Idealizado del Volcán Pululahua



Mapa de Ubicación del Estudio



Figura 4. 5 Mapa de isópaca idealizada proveniente de la erupción del Pululahua.

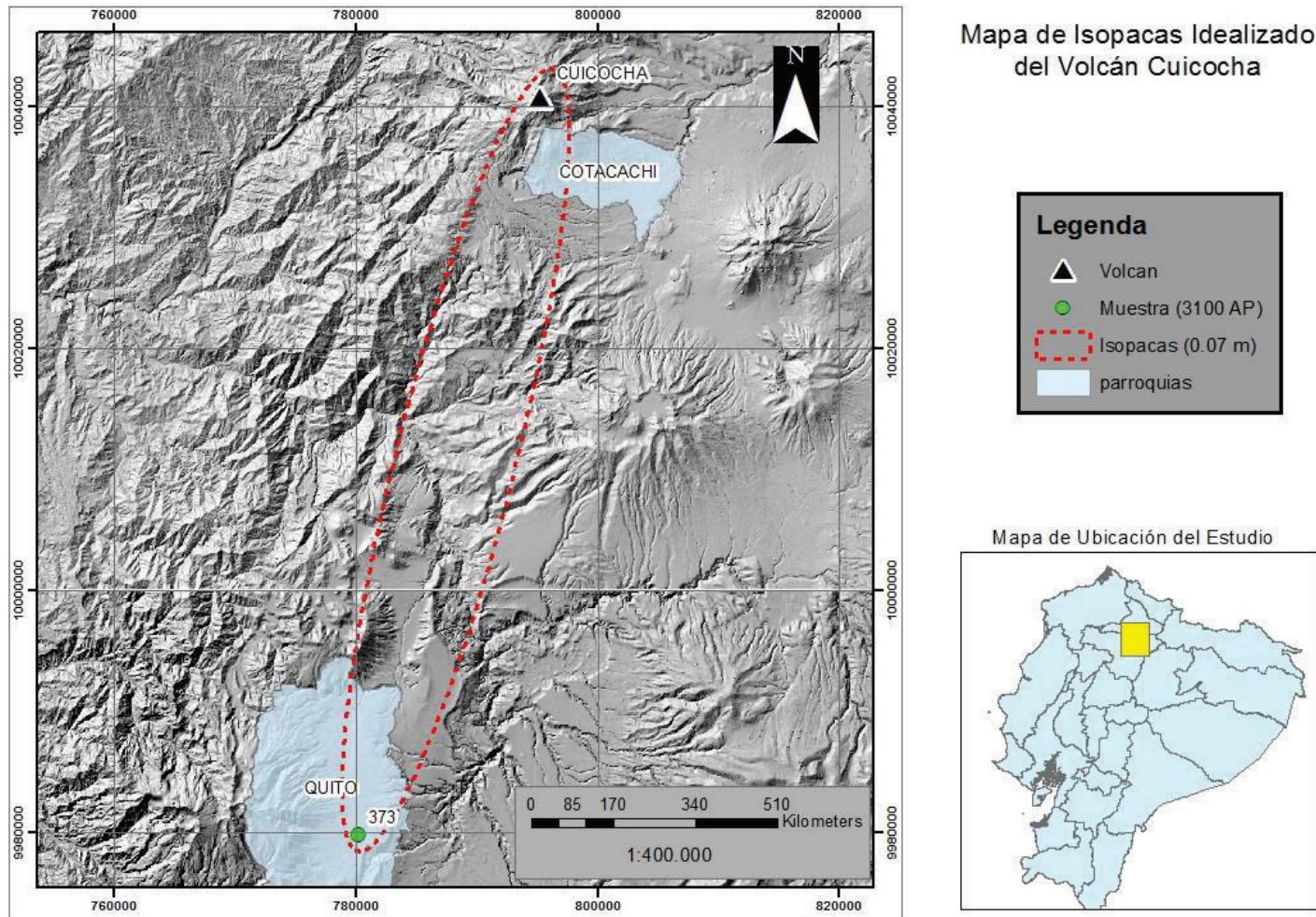
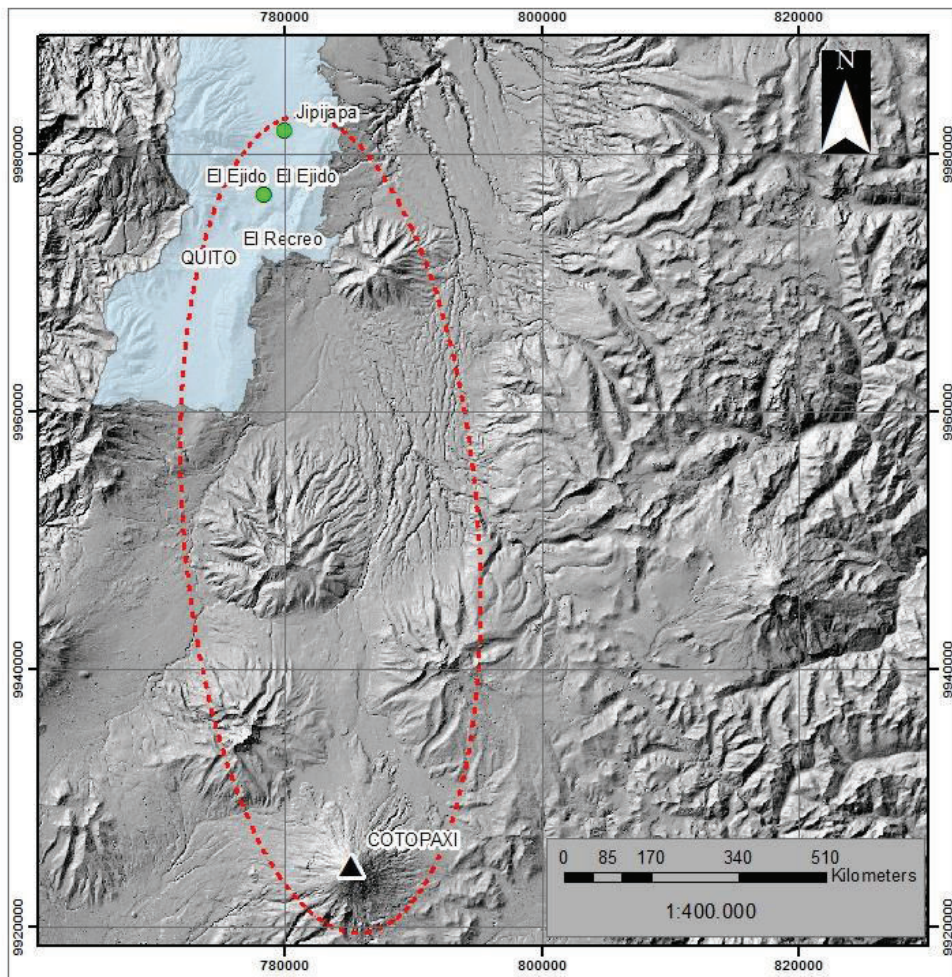
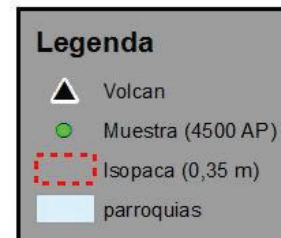


Figura 4. 6 Mapa de isópaca idealizada de la erupción proveniente del Cuicocha.



Mapa de Isopacas Idealizado del Volcán Cotopaxi



Mapa de Ubicación del Estudio

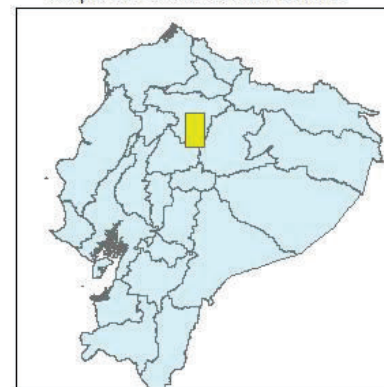


Figura 4. 7 Mapa de isópaca idealizadas de las erupciones provenientes del Cotopaxi

4.3.1. Cálculo del VEI para las erupciones establecidas

A través de estudios anteriores están establecidos los VEI de las erupciones que se presentan en este trabajo, son los Índices de Explosividad Volcánica de la literatura. El cálculo del volumen mínimo con la fórmula de Legros (2000) se obtiene a partir del área obtenida con la isópaca idealizada de la distribución de las cenizas para cada volcán, además del espesor representativo, representados en la **Tabla 4.13**.

| VOLCÁN | EDAD años AP | Espesor representativo (m) | Área (km ²) |
|------------------|--------------|----------------------------|-------------------------|
| QUILOTOA | 800 | 0,25 | 1231,7803 |
| GUAGUA PICHINCHA | 290 | 0,35 | 42,8174 |
| | 1000 | 0,24 | 172,886 |
| | 3300 | 0,45 | 172,886 |
| NINAHUILCA | 2300 | 0,2 | 119,6713 |
| | 4600 | 0,35 | 93,7209 |
| PULULAHUA | 2400 | 0,53 | 166,1571 |
| CUICOCHA | 2900 | x | x |
| | 3100 | 0,07 | 516,0039 |
| COTOPAXI | 4500 | 0,35 | 1142,123 |

Tabla 4. 13 Cálculo del área de distribución de las cenizas con un espesor representativo (Modificado de Vallejo, 2011).

La forma más fácil de obtener el volumen mínimo para el cálculo de un depósito de ceniza es a través la ecuación dada por Legros (2000), a partir de los datos de la **tabla 4.13**. La **tabla 4.14** es una representación del volumen mínimo de las erupciones en estudio, acompañado de los resultados del VEI calculado y de la literatura.

$$V_{min} = 3,69 * T * A$$

V_{min}= volumen mínimo

T= espesor

A= área máxima

El VEI calculado es una aproximación debido a que se toma en cuenta la isópaca que tenga un área mayor. Los dos VEI muestran algunas variaciones como en las erupciones del Quilotoa (800 aAP), Guagua Pichincha (290 y 1000 aAP), Ninahuilca (2300 y 4600 aAP) y Pululahua (2400 aAP) y Cotopaxi (4500 aAP). Mientras que en las erupciones del Pichincha (3300 aAP) y Cuicocha (3100 aAP), tienen el mismo VEI.

La variación más notoria se presenta en la erupción del Ninahuilca del 2300 aAP con una diferencia de magnitud de 2.

Del Cuicocha (2900 aAP) no existen datos porque no se pudieron obtener muestras del proyecto que pertenezcan a esa erupción.

| VOLCÁN | EDAD años AP | VOLUMEN (km³) | VEI calculado | VEI literatura |
|-------------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|
| QUILOTOA | 800 | 1,155 | 5 | 6 |
| GUAGUA PICHINCHA | 290 | 0,182 | 4 | 4 |
| | 1000 | 0,32 | 4 | 5 |
| | 3300 | 0,144 | 4 | 4 |
| NINAHUILCA | 2300 | 0,058 | 3 | 5 |
| | 4600 | 1,376 | 4 | 5 |
| PULULAHUA | 2400 | 0,163 | 4 | 4 |
| CUICOCHA | 2900 | xx | xx | 4 |
| | 3100 | 0,133 | 4 | 4 |
| COTOPAXI | 4500 | 1,481 | 4 | 4 |

Tabla 4. 14. Comparación del VEI calculado con el VEI de la literatura (Modificado de Vallejo, 2011).

Quilotoa

Las erupciones del volcán Quilotoa se encuentra entre un VEI=4 – 6 según Mothes y Hall, (2008) caracterizadas por caídas de lapilli de pómez, oleadas y flujos piroclásticos. El VEI calculado para este volcán es de 5, Vallejo (2011) considera que el VEI de su investigación está contemplado entre 5 – 6, lo que nos deja dentro del rango. La diferencia puede radicar en

la extensión del proyecto, debido a que este es de carácter local, mientras que los autores mencionados anteriormente lo hicieron a nivel regional.

Guagua Pichincha

290 a AP, considerada la erupción más importante del siglo VXI y VXII, por el alcance de la caída de ceniza y la afectación en la capital, el VEI

1000 a AP, caracterizada por lapilli de pómez y líticos oxidados, es similar a la erupción de 1660 DC. El VEI calculado en la literatura fue de 5, mientras que este estudio presenta un VEI de 4, lo que produce una subestimación de cálculos.

3300 a AP, cuatro ciclos principales con episodios plinianos, Según Robin et al., 2010 y Vallejo (2011) el VEI calculado para esta erupción es de 4, similar al VEI calculado en este trabajo.

Ninahuilca

2300 a AP, una de las erupciones más importantes de este volcán, VEI calculado 3 Vallejo (2011) 5, hay una subestimación de 2 puntos, la cual puede deberse a la cantidad de datos tomados en campo, en este proyecto fueron dos.

4600 a AP, el VEI calculado 4, en los trabajos de (Hall y Mothes, 1999), esta erupción alcanzó un VEI de 5, los eventos de este edificio volcánico tienen similares VEI. La subestimación de un punto se debe a la falta de datos.

Pululahua

2400 a AP es el evento más reciente con flujos y oleadas piroclásticas (Hall y Mothes, 1998), según el trabajo de Vallejo (2011) el VEI calculado es de 5, Volentik et al., 2010 evaluó el VEI con un 4, en el presente estudio se obtuvo un 4 también. La **figura 4.5**

junto con la **figura 4.8**, muestra que los resultados obtenidos están dentro del rango de estudio.

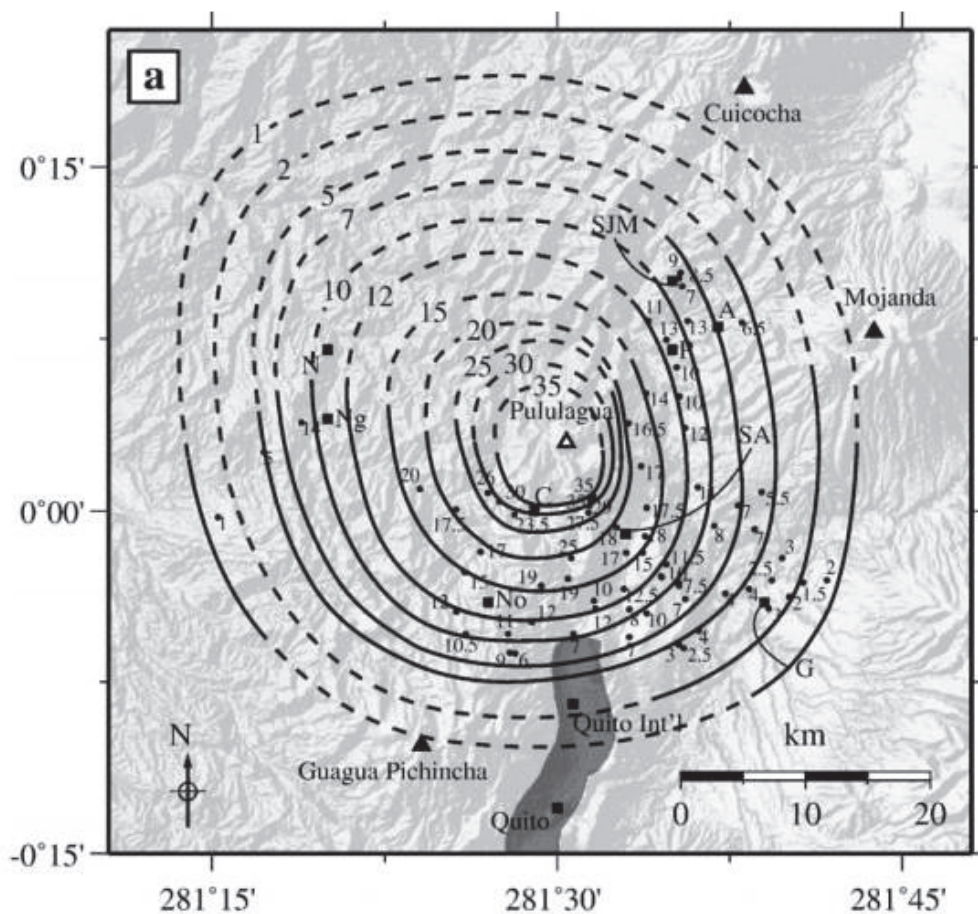


Figura 4. 8. Mapa de Isopacas para la capa BF2 de la erupción Pliniana 2450 AP del Volcán Pululahua. Se muestran los grosores y contornos de ubicación individuales. Los valores están en centímetros. Tenga en cuenta la forma circular de los isópacos. Líneas discontinuas donde se extrapolan los contornos isópacos.

Cuicocha

3100 a AP el VEI calculado de 4 al igual que en la literatura tomado de la tesis de (Hillebrandt, 1989).

Cotopaxi

4500 a AP, este evento corresponde al Cañón colorado (erupción riolítica), el VEI calculado en este estudio es de 4, los trabajos hechos por Hall y Mothes (2007) también es 4.

Capítulo V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los volcanes Quilotoa, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Pululahua, Cuicocha y Cotopaxi durante el Holoceno tuvieron erupciones importantes (VEI entre 4 y 5; resultados del estudio), según el análisis de las cenizas muestreadas en el trayecto del “Metro de Quito”.
- Los volcanes con mayor cantidad de cenizas son el Quilotoa y el Cotopaxi, debido a que las erupciones de estos fueron fuertes, y la expulsión de material tuvo un gran alcance.
- Los volcanes con menos cenizas a partir del estudio son el Cuicocha y Pululahua. Geográficamente el primero es lejano de la cuenca de Quito y las cenizas del Pululahua altamente erosionadas, además muchas de las cenizas fueron dirigidas hacia el NO.
- Las características principales en una muestra como son los componentes, pómez, vidrio y minerales son los que pueden ayudar a definir directamente una ceniza sin necesidad de estudios geoquímicos.
- El porcentaje de mineral en una muestra, la presencia o ausencia de cristales, color de la pómez, la forma de esta, los tipos de vidrio, permiten definir una ceniza y aporta directamente a la correlación. Y así identificar el volcán fuente.
- Volcán Quilotoa: 9 muestras de ceniza originadas en la erupción de hace 800 años AP. La ceniza viajó de sur a noreste. Espesor representativo: 0,25 m, área: 1231,7803km², volumen mínimo: 1,136 km³, VEI: 5.

- Volcán Guagua Pichincha: 5 muestras repartidas en las 3 erupciones. 320 (La Alameda) – evento 290 años AP, 57 (Fondo de Saco) y 301 (Morán Valverde) –evento 1000 años AP y 60 (Fondo de Saco); 302 (Morán Valverde) – evento 3300 años AP La ceniza viajó en dirección oeste – este abriéndose en abanico. Espesor representativo: 0,35; 0,24 y 0,45 m, área: 42,817; 172,886 y 172,886 km², volumen mínimo: 0,055; 0,153 y 0,287 km³ respectivamente. El primer periodo tiene un VEI:3 y los otros dos periodos tienen un VEI: 4
- Volcán Ninahuilca: 4 muestras provenientes de las erupciones 2300 años AP (194 La Alameda y 371 PV 12 La Carolina) y 4600 años AP (353 Colector Galte y 243 Santa Clara). La ceniza viajó en dirección suroeste-noreste. Espesor representativo: 0,2 y 0,35 m, área: 119,671 y 93,720 km², volumen mínimo: 0,088 y 0,121 km³, VEI: 3 y 4.
- Volcán Pululahua: 3 muestras originada en la erupción de hace 2400 años AP. La ceniza viajo en dirección norte-sur. Espesor representativo: 0,53 m, área: 166,157 km², volumen mínimo: 0,324 km³, VEI: 4.
- Volcán Cuicocha: Una muestra (373, PV 12 La Carolina) proveniente de la erupción de hace 3100 años AP. La ceniza viajó en dirección norte-sur suroeste. Espesor representativo: 0,07 m, área: 516, 003 km², volumen mínimo: 0,133 km³, VEI: 4.
- Volcán Cotopaxi: 4 muestras provenientes de la erupción de hace 4500 años AP. La ceniza viajó en dirección sur -nor noroeste. Espesor representativo: 0,35 m, área: 1142, 123 km², volumen mínimo: 1475 km³, VEI: 5.
- Una muestra de origen desconocido, con características de un evento eruptivo de hace 100 años AP proveniente del Cotopaxi.
- Se recalca que la caída de ceniza es solo uno de los aspectos que apoyó en la determinación del VEI de una erupción. Es posible que el porcentaje de cenizas de proyección del área puede ser baja en comparación con el volumen de los flujos

piroclásticos, además los volúmenes son mínimos dado que el área de las isópacas son mínimos y no necesariamente representa la cubierta en general.

- Este trabajo contribuye al estudio de peligro volcánico en la zona de la cuenca de Quito, un vistazo a través del pasado y como las culturas que habitaron en ese momento se adaptaron y desarrollaron. Además, de cómo la población debe convivir en la actualidad con esta amenaza.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para un mejor estudio de las cenizas, es necesario lavar las muestras, debido a que bajo el binocular los cristales se pueden apreciar de forma clara e identificar de que mineral se trata, además de darle características más apropiadas.
- Poseer una muestra considerable de ceniza antes del lavado es vital, porque al momento de limpiar la muestra en el agua parte del vidrio o minerales no pesados se escurren, llevando información importante.
- La cantidad de muestras es valiosa en el estudio, a mayor cantidad de muestras, los resultados se acercan más a la realidad, para este trabajo, 27 cenizas son suficientes para cubrir una distancia de ~14,5 km.
- En algunas muestras los cristales como las plagioclasas, cuarzo y piroxenos es complicado identificarlos bajo el binocular, procede a estudiarlos bajo el microscopio (binocular) y así definir exactamente de que mineral se trata.
- Es importante y preferible conocer el contexto geodinámico morfológico del lugar donde está recogida la muestra, la estratigrafía entera y las características de las cenizas en el contexto con las otras en el mismo corte, si hay. Todas las observaciones apoyan en la determinación de las fuentes volcánicas con mayor certeza. Un ejemplo es la ceniza

276 (Solanda), rica en escoria, pero no se conoce su contexto holístico del corte se limita a identificarla con la información disponible.

- Los volúmenes de las cenizas son mínimos, pues el método de Legros usa un área mínima, donde existe una isópaca de mayor espesor, sin embargo las amplitudes de las isópacas que las mostradas en la cuenca de Quito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, M. (2012). Investigación arqueológica Metro de Quito. Arqueología Preventiva. Investigación Arqueológica. Quito-Ecuador. Pág. 13
- Alvarado, A. (1996). Evolución Geológica Cuaternaria y Paleosismicidad de la Cuenca de Quito, Ecuador. Tesis inédita, Facultad de Geología y Petróleos, Escuela Politécnica Nacional, Quito. Pág. 74-93.
- Alvarado, A., Audin, L., Nocquet, J., Lagreulet, S., Segovia, M., Font, Y., Laqmarque, G., Yepes, H., Mothes, P., Rolandone, F., Jarrín, P., y Quidelleur, X. (2014). Active tectonics in Quito, Ecuador, assessed by geomorphological studies, GPS data, and crustal seismicity. American Geophysical Union. Agü publications. Research article. Pág. 2, 3, 6.
- Alvarado, A., Audin, L., Nocquet, J., Jaillard, E., Mothes, P., Jarrín, P., Segovia, M., Rolandone, D y Cisneros, D (2016). Partitioning of oblique convergence in the Northern Andes subduction zone: Migration history and the present day boundary of the North Andean Sliver in Ecuador. American Geophysical Union. Agü publications. Research article. Pág. 7-10
- Andrade, D., (2002). Estudio Geovolcanológico del Complejo Volcánico Pululahua. Tesis de Ingeniero Geólogo, Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador.
- Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J., Samaniego, P., Egred, J., Ramón. P., Rivero, D., & Yepes, H., (2005). Los peligros volcánicos asociadas con el Cotopaxi. Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador. Instituto Geofísico- Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. Pág. 3-5
- Aspden, J., & Litherland, M., (1992). The Geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. Elsevier Science Publishers. Pág. 17.

- Audemard, F. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: Relations with the South America-Caribbean geodynamic interaction, *Tectonophysics*, 345, Pág. 299–327.
- Avilés, E. (2015). Río San Pedro. *Enciclopedia del Ecuador*.
- Baby, P., Rivadeneira, M. & Barragán, R (2014). *La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. PETROPRODUCCIÓN*, Quito, Ecuador. Pág. 15
- Barberi, F., Ghigliotti, M., Macedonio, G., Orellana, H., Pareschi, M. y Rosi, M. (1991). Volcanic hazard assessment of guagua Pichincha (Ecuador) based on past behaviour and numerical models. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 49 (1992). Elsevier Science Publishers. Pág 7-13
- Barragán, R., Geist, D., Hall, M., Larson, P., Kurz, M., 1998. Subduction controls on the compositions of lavas from the Ecuadorian Andes. *Earth Planet. Planet. Phys.* Pág. 2
- Barragán, R. & Baby, P. (2004). Evolución magmática actual de la zona Subandina: volcanes El Reventador y Sumaco, modelos geodinámicos preliminares. *La cuenca Oriente geología y Petróleo*. Pág. 177-119
- Beate, B. (1989). The Chalupas Ignimbrite. In IAVCEI General Assembly. New Mexico. New Mexico Bureau of Mines & Mineral Resources Bull 131.
- Bermúdez, R. (2003). Estudio geológico y geomorfológico del área de laderas al sur y sur oriente de Quito, FASE II. Informe Regional Zonal. Programa de Saneamiento Ambiental para DMQ. PSA. Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable. EMAAPQ. Escalas 25.000 y 5000 Quito, Ecuador. (Planos Geomorfológico, Geológico e Inventarios de Fenómenos Geodinámicos - PDF. Pág. 68-79
- Bernard, B., y Andrade, D. (2011). *Volcanes Cuaternarios del Ecuador Continental*. Instituto Geofísico – Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador.

- Cáceres, B., Ramírez, J., Francou, B., Eissen, J., Taupin, J., Jordan, E., Ungererechts, L., Maisincho, L., Barba, D., Cadier, E., Bucher, R., Peñafiel, A., Samaniego, P., & Mothes, P. (2004). Determinación del volumen del casquete de hielo del volcán Cotopaxi. Pág. 18-21.
- Cashman, K., Sturtevant, B., Papale, P., & Navon, O. (2000). Magmatic Fragmentation. Part IV. Encyclopedia of Volcanoes. University of Oregon, California Institute of Technology, Grupo Nazionale per la Volcanologia and The Hebreb University. Pág. 17-25.
- Christophoul, F., Baby, P., Soula, J., Rosero, M., & Burgos, J. (2002). Les ensembles fluviatiles nèogènes du basin subandin d 'Equateur. Pág. 14, 15
- De Berc, S., Soula, J., Baby, P., Souris, M., Christophoul, F., y Rosero, J. (2005). Geomorphic evidence of active deformation and uplift in a modern continental wedgr-top-foredeep transition: Example of the eartern Ecuadorian Andes. Tectonophysics. Pág. 8.
- Delfaud, J., Sabrier, R., & Marocco, R., (1999). Recosntitution des étapes de la sucerrtion des Andes d'Equateur a pàrtir de l'èrpretation des minèraux argileux contenus dans les bassins intramontagneux (Miocène a Actuel). Bull. Soc. Gèol. Pág. 13 – 19.
- Distrito Metropolitano de Quito, (2015). Atlas Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, Recursos Naturales en el distrito Metropolitano de Quito. Pág. 23-31.
- FICHTNER/Hidroestudios, (2009). Estudios de Factibilidad y Diseños Definitivos del Plan de Descontaminación de los Ríos de Quito. Informe 3: Implementación de modelos de Simulación y Formulación de Alternativas de Intercepción/tratamiento. Págs. 45-53.
- Font, Y., Segovia, S., Vaca and T. Theunnisen (2013). Seismicity patterns along the Ecuadorian subduction zone: New constraints fromearthquakelocation in a 3-D a priori velocity model, Geophys. J. Int., Pág. 2.

- Garrison, J., Sims, K., Yogodzinski, G and Ramón, P (2018). Shallow-level differentiation of phonolitic lavas from Sumaco Volcano, Ecuador. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 173(1). Ecuador Rhyolite Province. Pág. 6.
- Geotérmica Italiana (1989) Mitigación del Riesgo Volcánica en el Área Metropolitana de Quito, Informe Final. 2 Vol. Quito. Pág. 17-25.
- Gutscher, M., Malavieille, J., Lallemand, S. & Collot, J. (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Laboratoire de Géophysique et Tectonique, Université Montpellier II, Cedex, France.* Pág. 8.
- Hall, M. & Beate, B. (1991). El volcanismo Plio-cuaternario en los Andes del Ecuador. *El Paisaje Volcánico de la Sierra Ecuatoriana. Estudios de Geografía, Vol. 4, Quito.* Pag. 15-17.
- Hall, M. & Mothes, P. (1994). “Tefroestratigrafía Holocénica de los Volcanes. Principales del Valle Interandino, Ecuador”. *Estudios de Geografía.* Págs. 48-65.
- Hall, M. & Mothes, P. (1997). El Origen y Edad de la Cangahua Superior, Valle de Tumbaco, Ecuador. En Zebrowski, C., Quantin, P. y Trujillo, G. *Memorias: Suelos Volcánicos Endurecidos. LII Simposio Internacional.* Págs. 11-13.
- Hall, M. & Mothes, P (1999). La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral: Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas. Serie: Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador. Instituto Geofísico – Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. Pá. 11 – 15.
- Hall, M. & Mothes, P (2007). The rhyolitic –andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bull volcano. Research article.* Pág. 15.
- Hall, M., & Wood, C (1985), “Volcano-Tectonic segmentation of the northern Andes.

- Hall, M., Ramón, P., Mothes, P., LePennec, J., Gracia, A., Samiengo, P. & Yepes, H. (2004). Volcanic eruptions with little warning: the case of Volcán Reventador's Surprise November 3, 2002 Eruption, Ecuador. *Revista Geológica de Chile*, Vol 31, No 2. Pág. 19.
- Hall, M., Samaniego, P., Le Pennec, J., & Johnson, J. (2008). Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity. *Instituto Geofísico, Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Pág. 16-19.
- Hammersley, L. 2003. The Chalupas caldera. PhD Dissertation. Univ. California, Berkeley. Pág. 14.
- Hidalgo, S., (2005). Les interactions entre magmas calco-alcals "classiques" et adakitiques: exemple du complexe volcanique Atacazo – Ninahuilca (Equateur). *Laboratoire Magmas et Volcans. Clermont Ferrand, Université Blaise Pascal*: 33
- Hidalgo, S., Monzier, M., Almeida, E., Chazot, G., Eissen, P., van der Plicht, J. & Hall, M (2008). Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Ninahuilca Volcanic Complex (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 176,1. Pág. 21-24.
- Hidalgo, S., Andrade, D., & Bernard, B. (2012). Presentación, histórica volcánica, actividad actual, y peligros volcánicos potenciales. Atacazo-Ninahuilca y Pululahua. *Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional*. Pág. 20-25.
- Hillebrandt, C. (1989). Estudio Geovolcanológico del Complejo Volcánico Cuicocha-Cotacachi y sus Aplicaciones, Provincia de Imbabura. Tesis de Maestría en Geología. *Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador*. Pág 24-46
- 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. *J. Volcanol. Geotherm*. Pág. 19.

- Houghton, B., Wilson, C., & Pyle, D. (2015). Pyroclastic Fall Deposits. Part IV. Encyclopedia of Volcanoes. Institute of Geological Nuclear Sciences, University of Cambridge. Pág 545-549.
- Instituto Geofísico (2018). Cotopaxi. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Volcanología URL <http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>.
- Instituto Geofísico (2018). Ninahuilca. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Volcanología URL <http://www.igepn.edu.ec/ninahuilca>.
- Instituto Geofísico (2018). Pichincha. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Volcanología URL <http://www.igepn.edu.ec/pichincha>.
- Instituto Geofísico (2018). Pululahua. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Volcanología URL <http://www.igepn.edu.ec/pululahua>.
- Instituto Geofísico (2018). Quilotoa. Escuela Politécnica Nacional. Departamento de Volcanología URL <http://www.igepn.edu.ec/quilotoa>.
- Isaacson, J. & Zeidler, J. (1994). Accidental history: Volcanic activity and the end of the Formative in northwestern Ecuador. Cultural Resources Research Center. U.S. Army Construction Engineering Laboratories Champaign Illinois. Pág. 12.
- Knapp, G. (1988). Ecología Cultural Prehispánica del Ecuador. Banco Central del Ecuador, Quito. Pág. 14-17.
- Knapp, G. & Ryder, R. (1983). Aspects of the Origin, Morphology and Function of Raised Fields in the Quito Altiplano, Ecuador. Drained field Agriculture in Central and South America. Oxford: British Archaeological Reports, International Series. Pág. 20-22.
- Legros, F., (2001). Minimum volume of a tephra fallout deposited estimated from a single isopach. Volcanol Geotherm Res. 96. Págs. 25-31.

- Le Pennec, J., Samaniego, P., Eissen, J., Hall, M., Molina, I., Robin, C., Mothes, P., Yepes, H., Ramón, P., Mozier, M., & Egred, J. (2005). Los peligros volcánicos asociados con el Tungurahua (segunda edición). Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador. Instituto Geofísico- Escuela Politécnica Nacional. Quito – Ecuador. Pág. 13-19.
- Mejía, A. (2017). Pozo de ventilación 12 La Carolina. Reportes de Rasgo. Proyecto Metro de Quito. Quito-Ecuador. Pág. 51.
- Monzier, M., Bourdon, E., Samaniego, P., Eissen, J., Robin, C., Martin, H., & Cotton, J. (2003). Slab Melting and Nb-enriched Mantle beneath NVZ. EGS-AGU-EUG joint meeting. Nice, April 2003: V GP7-1Fr1P-0621. Pág. 21-23.
- Mothes, P., Hall, M., Knapp, G., Villaba, M., Isaacson, J., Zeidler, J., Athens, S. & Villalba, F. (1998). Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador. Pág. 11-15.
- Mothes, P. & Hall, M. (2008). The plinian fallout associated with Quilotoa's 800 yr BP eruption, Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176 (2008) 56-69.
- Navas, C. (2016). Perfil suroeste de la Parada el Recreo. Proyecto "Metro Quito". Quito-Ecuador. Pág. 35.
- Newhall, C. & Self, S. (1982). The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research* 87:Pág. 1231-1238.
- Noni, B., Fernandez, M. y Peltre, P. (1986), Accidentes Climáticos y Gestión de las Quebradas de Quito: Análisis de "aluvión" de La Raya del 23 de Enero de 1986, Paisajes Geográficos (Centro Panamericano de Estudios e Investigaciones Geográficas), Pág. 17.

- Nocquet, J.-M., Mothes, P. and Alvarado, A (2009), Geodesia, geodinámica y ciclo sísmica en Ecuador. In *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador: Desde la costa Continental Hasta las Islas Galápagos*, dited by J.-Y Collott, V. Sallares and Pazmiño, N. Comisión Nacional de Derecho del Mar (CNDM); Guayaquil – Ecuador. Pág. 17.
- Papale, P. (2018). Global time-size distribution of volcanic eruptions on Earth. Scientific report. Article number 6838 (2018). Pág 7, 8.
- Papele, P. Rosi, M. (1993). A case of no-wind plinian fallout at Pululagua caldera (Ecuador), implications formodels of clast dispersal. *Bulletin of Volcanology Springer- Verlag* Pág.3-6
- Paz y Miño L., Guerreo, J., Bonifaz, C. (1931). *La exploración al Reventador*, Public Min. Edu. Pub, Imp. Nac. Pág. 7.
- Pyle, D. (2000). Size of Volcanic Eruptions. *Encyclopedia of Volcanoes*. H. Sigurdsson. San Diego, Academic Press: Pág. 263.
- Pennington, W. (1981). Subduction of the Eastern Panama Basin and Seismotectonics of Northwestern South America. Geophysical and Polar Research Center, Department of Geology and Gheophysics University of Wisconsin. Pág. 5.
- Pistolesi, M., Rosi, M., Cioni, R., Cashman, K., Rossotti, A. y Aguilera E. (2011). Physical volcanology of the post-twelfth-century activity at Cotopaxi Volcano, Ecuador: Behavior of an andesitic central volcano. *Geological Society of America Bulletin*. Pág 7-11
- Porras, P. (1982). *Arqueología de Quito. I Fase Cotocollao*. Centro de Investigaciones Arqueológicas (PUCE). Artes Gráficas “Señal”. Quito, Ecuador. Pág. 4-17.
- Reinoso, I. (2015). *Evaluación ambiental del Río Machangara*. Escuela Politécnica Nacional. Quito-Ecuador. Pág. 21.

- Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J., Mothes, P., & Van der Plicht, J. (2008). Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2008, vol. 176, no 1, Pág. 7-15.
- Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, Jean-Luc., & Van Der Plicht (2010). New radiometric and petrological constraints on the evolution of the Pichincha volcanic complex. *Bulletin of volcanology* 72 (9): Pág. 1119-1129.
- Ruiz, G (2015). Volcán Cuicocha. Geología, Peligros Potenciales y Monitoreo Volcánico. Instituto Geofísico. Escuela Politécnica Nacional.
- Sigurdsson, H. (2000). Effusive Volcanism. *Encyclopedia of Volcanoes*. Part III. University of Rhode Island, USA. Pág. 432, 433.
- Spikings, R., Seward, D., Winkler, W. & Ruiz, G. (2001). Low-temperature thermochronology of the northern Cordillera Real, Ecuador: tectonic insights from zircon and apatite fission track analysis. Pág. 21.
- Suárez, V., & Sánchez, R. (2016). Reporte específico No.1 de hallazgo imprevisto. Obra metro de Quito. Línea 1. Quito-Ecuador. Pág. 1.
- Torres, L. (2016) Estudio de Evaluación Geotécnica del Metro de Quito. Quito –Ecuador.
- Trenkamp, R., Kellogg, J., Freymueller, J. & Mora, H (2002). Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations. Department of Geological Science, University of South Carolina, Columbia, USA. Pág. 6-8.
- Valencia, J. (2008). Gestión de la microcuenca del Río Machangara. Asistencia a los países andinos en la reducción de riesgos y desastres. FAO Ecuador. Pág. 13, 14.

- Vallejo, C., (2007). Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene). Doctor of Natural Sciences. Swiss Federal Institute of Technology Zürich. Pág 49-55
- Vallejo, S., (2011). Distribución de las Cenizas Volcánicas Holocénicas – Tardías en la Costa de Ecuador. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniera Geóloga. Escuela Politécnica Nacional. Quito- Ecuador. Pág. 35-37.
- Villalba, M, & Alvarado, A. (1999). La arqueología del Valle de Quito en clave volcánica. Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Pág. 73-77.
- Villagómez, D. (2003). Evolución geológica Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (Zona de Quito Guayllabamba-San Antonio). Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional, Quito – Ecuador. Págs. 80- 95
- Volentik, A., Bonadonna, C., Connor, C., Connor, L. y Rosi., M (2010). Modeling tephra dispersal in absence of wind: Insights from the climatic phase of the 2450 BP Plinian eruption of Pululahua Volcano (Ecuador). Journal of Volcanology and Geothermal Research. Pág. 124
- Wilson, C. y Houghton, B. (2015) Pyroclast Transport and Deposition. The encyclopedia of volcanoes. Institute of Geological and Nuclear Science. Pág. 570 – 580.

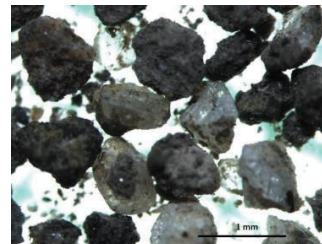
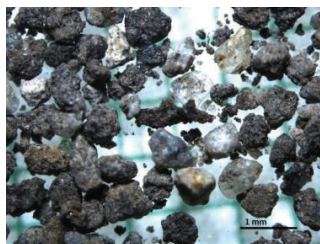
ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN DE LAS CENIZAS DEL PROYECTO

| MUESTRA | LUGAR | UBICACIÓN | PROFUNDIDAD cmbs | ESESOR cm | ESESOR m |
|---------|-------------------|------------------|---------------------|--------------|-------------|
| 353 | Colector el Galte | N9973548/E775842 | 1800 | 40 | 0,4 |
| 300 | Morán Valverde | N9968993/E772863 | 320 | 22 | 0,22 |
| 301 | Morán Valverde | N9968993/E772863 | 430 | 17 | 0,17 |
| 302 | Morán Valverde | N9968993/E772863 | 500 | 50 | 0,5 |
| 156 | Solanda | N9970407/E774092 | 30 | 15 | 0,15 |
| 276 | Solanda | N9970459/E774149 | 126 | 40 | 0,4 |
| 279 | Solanda | N9970459/E774149 | 60 | 20 | 0,2 |
| 26 | El Calzado | N9971287/E774405 | 60 | 25 | 0,25 |
| 76 | El Recreo | N9971986/E775917 | 215 | 35 | 0,35 |
| 109 | Jipijapa | N9981804/E780075 | 700 | 40 | 0,4 |
| 194 | La Alameda | N9976186/E777980 | 130 | 30 | 0,3 |
| 318 | La Alameda | N9976277/E778211 | 60 | 30 | 0,3 |
| 320 | La Alameda | N9976151/E778014 | 105 | 35 | 0,35 |
| mQ-421 | La Alameda | N9976165/E778005 | 100 ? | 30 ? | 0,3 |
| 165 | El Ejido | N9976792/E778497 | 410 | 10 | 0,15 |
| 166 | El Ejido | N9976792/E778497 | 420 | 40 | 0,4 |
| 243 | Santa Clara | N9975432/E776461 | 2000 | 30 | 0,3 |
| 371 | PV 12 La Carolina | N9979807/E780208 | 440 | 10 | 0,1 |
| 373 | PV 12 La Carolina | N9979807/E780208 | 480 | 7 | 0,07 |
| 114 | La Carolina | N9978952/E779795 | 125 | 4 | 0,04 |
| 115 | La Carolina | N9978952/E779795 | 129 | 2 | 0,025 |
| 116 | La Carolina | N9978952/E779795 | 131 | 79 | 0,79 |
| 307 | La Carolina | N9978945/E779799 | 10 | 10 | 0,1 |
| 375 | PV 13 Iñaquito | N9981146/E780204 | 980 | 40 | 0,4 |
| 378 | PV 13 Iñaquito | N9981146/E780204 | 1000 | 40 | 0,15 |
| 57 | Fondo de Saco | N9983194/E774619 | 190 | 30 | 0,3 |
| 60 | Fondo de saco | N9983194/E774619 | 400 | 40 | 0,4 |

ANEXO 2: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS DEL PROYECTO

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Colector Galte |
| Muestra | 353 |
| Ubicación | N9973548/E775842 |
| Color | café oscuro |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 1800 |
| Espesor cm | 40 |



| Pómez | | | | | | |
|----------------|--------|---------------|-------------|---------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicularidad | Otros | Tamaño |
| gris oscura | sedoso | subredondeada | hipersteno | media | | 0.5 |
| blanca rosácea | sedoso | subredondeada | negros | media | | 0.4 |

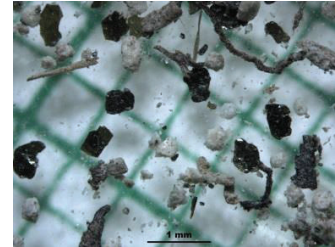
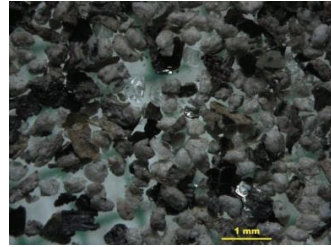
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso, amarillentos | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0.4-0.7 | 4% | 90% |
| plagioclasa | translúcida | nacarado | prismática | no presenta | clivaje perfecto | | 0.5 | 77% | |
| hornblenda | verde oscuro | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0.4 | 2% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde oscuro | vítreo | columnar | plagioclasa | clivaje mediano | | 0.5-0.8 | 6% | |
| hematita | marrón | mate | masiva | no presenta | irregular | | 0.3 | 1% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| Hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,7 | 2% |
| escoria | café oscuro | sedoso | | no presenta | | 0,5 | 4% |
| masivo | translúcido | vítreo | subanhedral | piroxeno | | 0,9 | 1% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularid. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|----------------|--------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| andesita ? | gris oscuros | anhedral | no presenta | | | 0.3 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Propuesta de volcán padre: | Ninahuilca |
|-----------------------------------|------------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Moran Valverde |
| Muestra | 300 |
| Ubicación | N9968993/E772863 |
| Color | blanca rosácea |
| Tamiz | 250 |
| Prof. cmbs | 320 |
| Espesor cm | 22 |



| Pómez | | | | | | |
|----------------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca lechosa | sedoso | subredondeada | biotita | media | | 0.3-0.5 |

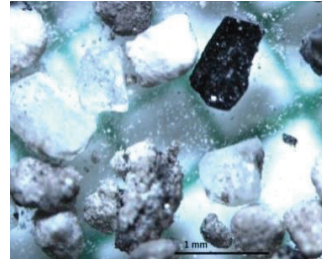
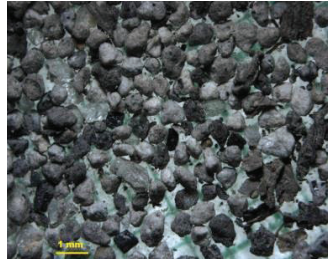
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|----------------|-------------|------------------|-------------|----------------|-----------------------------|-----------------|---------------|--------|
| biotita | verde | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | algunas presentan oxidación | 0.2-0,8 | 5% | 91% |
| | negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,5-0,8 | 2% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | biotita | concoidea | | 0.5-0.6 | 3% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | octaedros | no presenta | clivaje medio | | 0.2 | 6% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0.3 | 2% | |
| plagioclasa | translúcida | mate | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0.5 | 73% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 2% |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,4 | 2% |

| Otros | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|-------------------|------------------|--------------|----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| restos de plantas | café hasta negro | irregular | no presenta | no presenta | | 0,2-0,8 | 5% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|-------------------|
| Lugar | Moran Valverde |
| Muestra | 301 |
| Ubicación | N99668993/E772863 |
| Color | gris claro |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 430 |
| Espesor cm | 17 |



| Pómez | | | | | | |
|-------------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | anfíbol | media | | 0.6-0.8 |
| gris claro | sedoso | redondeada | piroxeno | media | | 0.5-0.7 |
| gris oscuro | sedoso | subredondeada | piroxeno | media | | 0.5 |

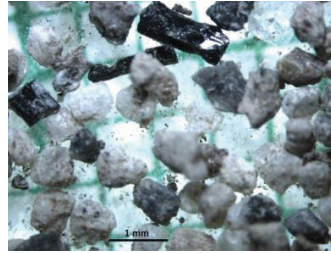
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|--------------------|----------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | incolores - grises | vítreo | anhedral | anfíbol | concoidea | | 0.5-0.6 | 5% | 88% |
| plagioclasa | incolores | nacarado | prismas | piroxeno | buen clivaje | | 0.6-0.7 | 68% | |
| anfíbol (hornblenda) | negro | metálico | prismas alargados | no presenta | bajo clivaje | | 0.6-0.8 | 10% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | tabulares-octaedros | no presenta | clivaje medio | | 0.4-0.7 | 5% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-----------------------|--------|---------------|-------------|-------|---------|---------|
| shards | incoloro | vítreo | subredondeado | no presenta | | 0.4-0.5 | 5% |
| escoria | gris oscura- cafés | sedoso | anhedral | anfiboles | | 0.6 | 5% |

| Otros | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|-------------------|-------------------------|-------------|---------------|-------------|-------|---------|---------|
| restos de plantas | café oscuro-gris oscuro | rectangular | no presenta | no presenta | | 0,5-0,7 | 2% |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Propuesta de volcán padre: | GGP |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|-------------------|-------------------|
| Lugar | Moran Valverde |
| Muestra | 302 |
| Ubicación | N99668993/E772863 |
| Color | gris rosácea |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 500 |
| Espesor cm | 50 |



| Pómez | | | | | | |
|---------------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | piroxeno | media | | 0.7 |
| café grisácea | sedoso | subredondeada | piroxeno | media | | 0.7-0.8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso- | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0.6 | 2% | 85% |
| | gris | vítreo | anhedral | piroxeno | concoidea | | 0.6 | 4% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde oscuro | vítreo | tabulares | cuarzo | clivaje perfecto | | 0.4-0.8 | 8% | |
| hematita | ocre | mate | masiva | no presenta | no presenta | | 0.2-0.3 | 1% | |
| hornblenda | verde | submetálico | tabulares | no presenta | buen clivaje | | 0.2 | 2% | |
| plagioclasa | translúcida | mate | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0.6 | 68% | |

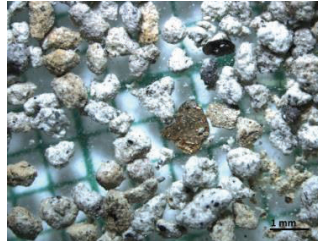
| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| escoria | negro | mate | anhedral | piroxeno | | 0.5-0.6 | 2% |
| masivo | blanco lecoso | vítreo | subanhedral | piroxeno | | 0.5 | 2% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0.2 | 5% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|----------------|--------------|---------------|----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| andesita ? | gris oscura | subredondeada | baja | exidación | | 0.5-0.6 | 3% |

| Otros | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|-------------------|-------------------|--------------|----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| restos de plantas | cafés hasta negro | irregular | no presenta | no presenta | | 0.2-0.8 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Propuesta de volcán padre: | GGP |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|-------------------|-----------------|
| Lugar | Solanda |
| Muestra | 156 |
| Ubicación | N9970407/774920 |
| Color | blanco rosáceo |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 30 |
| Espesor cm | 15 |

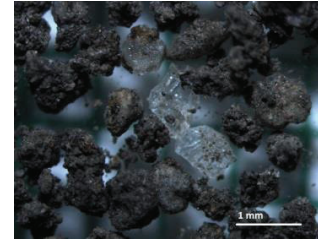
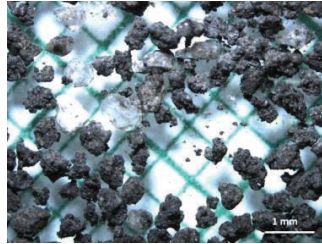


| Pómez | | | | | | |
|-------------|--------|---------------|-------------------|---------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicularidad | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | mica (hornblenda) | alta | | 0.4-0.5 |
| amarilla | sedoso | subredondeada | mica (biotita) | media | | 0.6-0.7 |
| gris oscura | sedoso | subangular | mica (biotita) | media | | 0.8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|-------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|----------------|---------|-----------------|---------------|--------|
| biotita | amarillo | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | oxidada | 0.9 - 1.5 | 20% | 100% |
| | negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0.09 | 10% | |
| piroxeno (augita) | verde oscuro | metálico | octaedros | no presenta | buen clivaje | | 0.2 | 20% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabular | | | | 0.3 | 25% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0.2 | 25% | |

| | |
|---|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|---|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Solanda |
| Muestra | 276 |
| Ubicación | N9970459/E774149 |
| Color | gris oscura |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 126 |
| Espesor cm | 40 |



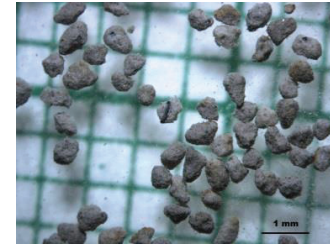
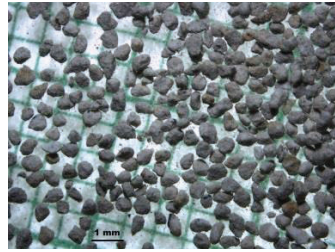
| Pómez | | | | | | |
|-------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subredondeada | piroxeno | media | | 0,5-0,7 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|----------|----------|------------------|-------------|----------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| plagioclasa | incolora | nacarado | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,5 | 15% | 20% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0.2-0.5 | 2% | |
| cuarzo | gris | vítreo | anhedral | no presenta | irregular | | 0,7-0,9 | 3% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|--------------|---------------|---------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| escoria | café oscura | sedoso | irregular | piroxeno | | 0,5-0,7 | 73% |
| shards | translúcido | vítreo | subangular | no presenta | | 0,6 | 3% |
| masivo | translúcido | vítreo | subredondeado | no presenta | | 0.3-0,5 | 2% |
| hilos | blanco | vítreo | alargados | no presenta | | 0,4-0,5 | 2% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Cotopaxi |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Solanda |
| Muestra | 279 |
| Ubicación | N9970459/E774149 |
| Color | blanco |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 60 |
| Espesor cm | 20 |



| Pómez | | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | piroxeno | alta | | 0,4-0,9 |
| gris | sedoso | subangular | biotita | media | | 0,5-0,7 |
| amarilla | sedoso | subangular | piroxeno | media | | 0,5 |

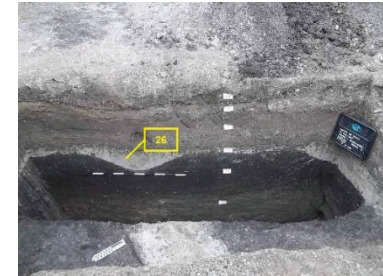
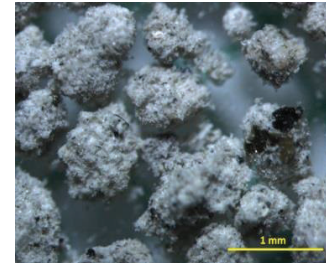
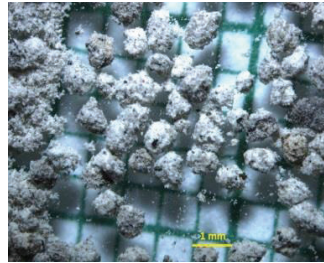
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|--------------|---------------|-------------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------------------|----------------------|---------------|
| mica (biotita) | amarilla | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,7 | 25% | |
| | negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,1 - 0,2 | 10% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,4 | 22% | |
| cuarzo | blanco | vítreo | ánhdral | no presenta | concoidea | | 0,2 | 30% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | octaedros | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 2% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|----------|-------------|--------|-----------|-------------|-------|---------|---------|
| hilos | blanco | vítreo | alargados | no presenta | | 0,4-0,6 | 3% |
| shards ? | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 3% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-------|--------|---------------|------------|-------|--------|---------|
| dacita | negra | masiva | poca | oxidación | | 0,6 | 5% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Lugar | El Calzado |
| Muestra | 26 |
| Ubicación | N9971287/E77440 5 |
| Color | blanca |
| Tamiz | 200 |
| Prof. cmbs | 60 |
| Espesor cm | 25 |



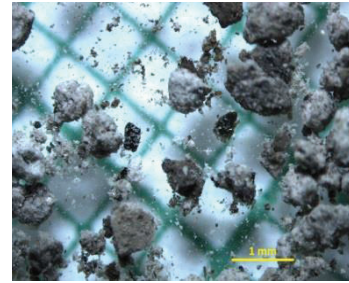
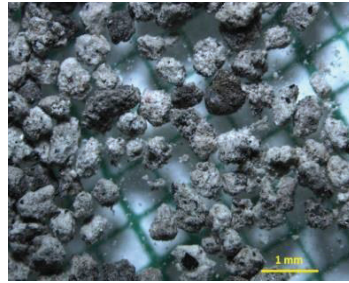
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|-----------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | biotita | alta | oxidación | 0,8-0,9 |
| gris | sedoso | subredondeada | biotita | media | | 0,5-0,6 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|----------------|-------------|-------------|------------------|-------------|--------------|-----------|-----------------|---------------|--------|
| mica (biotita) | amarilla | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,2-0,7 | 15% | 95% |
| | café oscura | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | oxidación | 0,06-0,09 | 35% | |
| Hipersteno | negro | metálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 3% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 25% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 17% | |

| Otros | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|-------------------|------------------|-----------|-------------|-------------|-------|---------|---------|
| restos de plantas | café hasta negro | irregular | no presenta | no presenta | | 0,2-0,8 | 5% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | El Recreo |
| Muestra | 76 |
| Ubicación | N9971986/E775917 |
| Color | gris claro |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 215 |
| Espesor cm | 35 |



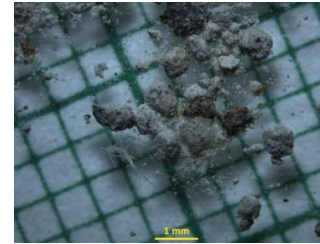
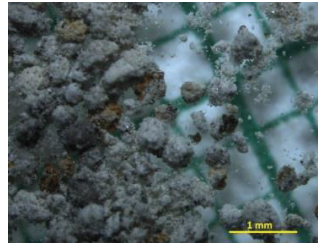
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-----------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | mica - piroxeno | media | | 0,8-0,9 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| clinopiroxeno (augita) | negro | metálico | prismático | no presenta | clivaje medio | | 0,3-0,4 | 2% | 89% |
| biotita | verde , naranja | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,08-0,1; 0,8 | 10% | |
| hornblenda | verde claro | vítreo | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 3% | |
| cuarzo | incoloro | vítreo | anhedral | no presenta | irregular | | 0,4 | 3% | |
| plagioclasa | translúcido | vítreo | prismática | piroxeno | buen clivaje | | 0,3 | 75% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|--------|---------|-------------|-------|--------|---------|
| shards ? | trasnslúcido | vítreo | angular | no presenta | | 0,1 | 6% |
| hilos de vidrio | trasnslúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,8 | 1% |

| | |
|---|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Cotopaxi |
|---|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Alameda |
| Muestra | 194 |
| Ubicación | N9976186/E777980 |
| Color | café grisácea |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 130 |
| Espesor cm | 30 |



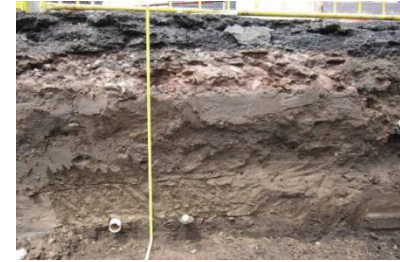
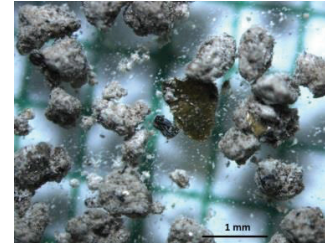
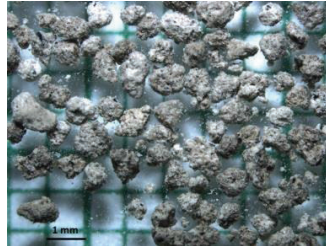
| Pómez | | | | | | |
|----------|--------|---------------|----------------|------------|-----------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | mica (biotita) | alta | | 0,3-0,7 |
| amarilla | sedoso | aubangular | mica (biotita) | media | oxidación | 0,7 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|-------------------------|----------------|-------------|------------------|-------------|--------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subanhedral | no presenta | fractura concoidea | | 0,2 | 3% | 97% |
| hornblenda | verde oscuro | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 9% | |
| ortopiroxeno hipersteno | negro | metálico | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,3 | 2% | |
| biotita | verde | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,2 | 3% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismatica | piroxeno | buen clivaje | | 0,2 | 80% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| shards ? | trasnslúcido | vítreo | angular | no presenta | | 0,1 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Propuesta de volcán padre: | Ninahuilca |
|-----------------------------------|------------|

| | |
|-------------------|----------------------|
| Lugar | La Alameda |
| Muestra | 318 |
| Ubicación | N9976277/E77821 1 |
| Color | gris clara |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 60 |
| Espesor cm | 30 |



| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|------------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subredondeada | biotita-piroxeno | media | | 0,5-0,9 |
| blanca | sedoso | subredondeada | biotita-piroxeno | alta | | 0,5 |

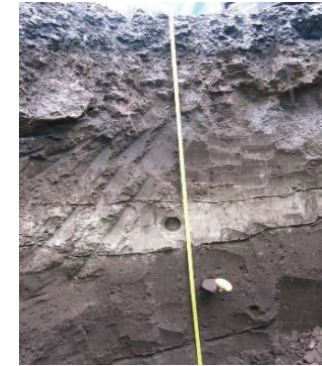
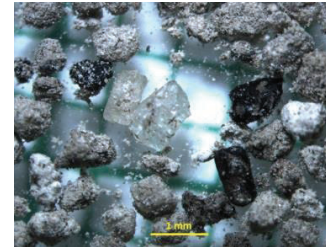
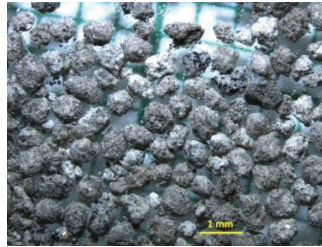
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineral. | %total |
|---------------------------|----------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|-----------|--------|
| mica (biotita) | café oscuro | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,8-0,9 | 10% | 95% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,6 | 3% | |
| hornblenda | verde | vítreo | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 4% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,5 | 3% | |
| plagioclasa | translúcida | nacarado | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,5-0,6 | 75% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|-------|-------------|-------|----------|---------|
| hilos | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,08-0,1 | 3% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|------------|---------------|------------|------------|------------|-------|--------|---------|
| andesita ? | café grisáceo | subangular | muy baja | oxidación | | 0,7 | 2% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|----------------------|
| Lugar | La Alameda |
| Muestra | 320 |
| Ubicación | N9976151/E77801 4 |
| Color | gris clara |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 105 |
| Espesor cm | 35 |



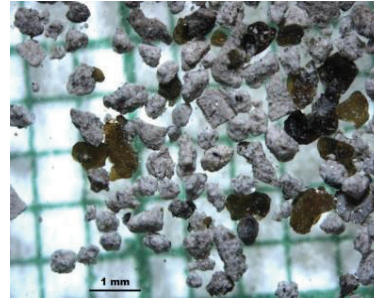
| Pómez | | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | no presenta | media | | 0,4-0,5 |
| beige | sedoso | subredondeada | no presenta | media | | 0,6-0,7 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralóg. | %total |
|---------------------------|----------------------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------|
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | vítreo | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,3-0,5 | 8% | 97% |
| hornblenda | negra | submetálico | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,3 | 3% | |
| plagioclasa | blanco | nacarado | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,6 | 79% | |
| cuarzo | translúcido-blanco lechoso | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,5-0,7 | 7% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| hilos de vidrio | traslúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Propuesta de volcán padre: | GGP |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Alameda |
| Muestra | mQ-421 |
| Ubicación | N9976165/E778005 |
| Color | gris claro |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 100 ? |
| Espesor cm | 30 ? |



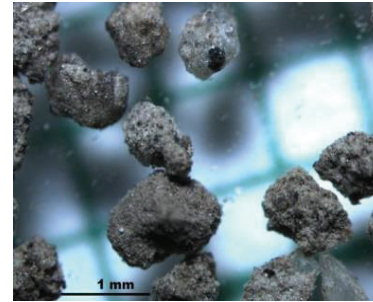
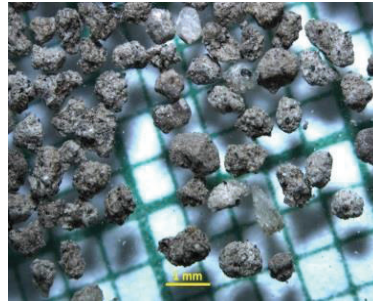
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|------------|--------------------|---------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicularidad | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | piroxeno - biotita | alta | | 0,3-0,8 |
| gris | sedoso | subangular | piroxeno | media | | 0,6 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| plagioclasa | incoloro | vítreo | prismática | no presenta | concoidea | | 0.5 | 34% | 94% |
| mica (biotita) | miel - negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,5-1,1 | 36% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | prismático | no presenta | clivaje perfecto | | 0,2-0,3 | 2% | |
| clinopiroxeno (augita) | verde oscura | metálico | octaedros | no presenta | buen clivaje | | 0,08-0,1 | 5% | |
| hornblenda | negro | submetálico | tabular | no presenta | no presenta | | 0,05 | 17% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| shards ? | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,1-0,2 | 5% |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,5 | 1% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | El Ejido |
| Muestra | 165 |
| Ubicación | N9976792/E778497 |
| Color | café grisáceo |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 410 |
| Espesor cm | 10 |



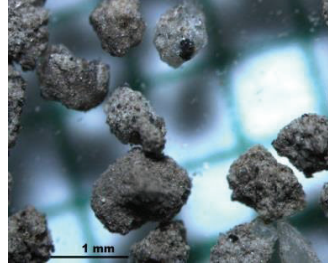
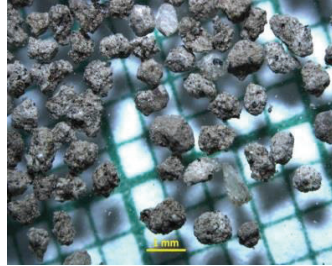
| Pómez | | | | | | |
|-------|--------|---------------|----------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| beige | sedoso | sunredondeada | mica (biotita) | media | | 0,6-0,7 |
| gris | sedoso | sunredondeada | mica (biotita) | media | | 0,4 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| plagioclasa | blanco lechoso | vítreo | prismática | piroxeno | buen clivaje | | 0,3-0,7 | 83% | 94% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | submetálico | prismático | no presenta | clivaje medio | | 0,6 | 4% | |
| mica (biotita) | amarillo verdoso | metálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,1-0,3 | 7% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------------|---------------|---------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 3% |
| masivo | blanco amarillento | vítreo | subredondeado | no presenta | | 0,4 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|----------------------|
| Propuesta de volcán padre: | Cotopaxi retrabajado |
|-----------------------------------|----------------------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | El Ejido |
| Muestra | 166 |
| Ubicación | N9976792/E778497 |
| Color | gris |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 420 |
| Espesor cm | 40 |



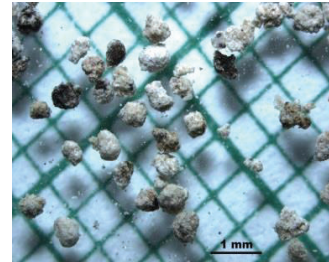
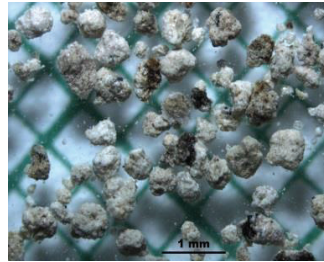
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|-------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesiculari. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | mica | alta | | 0,4-0,7 |
| gris | sedoso | subredondeada | mica | media | | 0,5 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| mica (biotita) | amarillo verdusco | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,4-0,5 | 13% | 93% |
| | negra | metálico | laminar | no presenta | | | 0,1 | 8% | |
| clinopiroxeno (augita) | verde oscuro | metálico | tabulares | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 3% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | piroxeno | concoidea | | 0,4-0,5 | 5% | |
| plagioclasa | translúcida | nacarada | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 64% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|---------------|-------------|-------|--------|---------|
| masivo | caramelo | vítreo | subredondeada | piroxeno | | 0,6 | 2% |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 5% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Cotopaxi |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Santa Clara |
| Muestra | 243 |
| Ubicación | N9975432/E776461 |
| Color | blanco |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 2000 |
| Espesor cm | 30 |



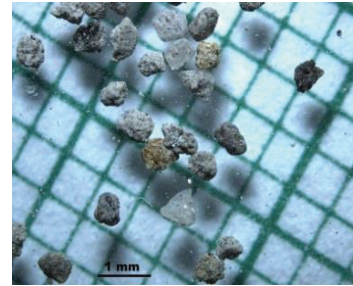
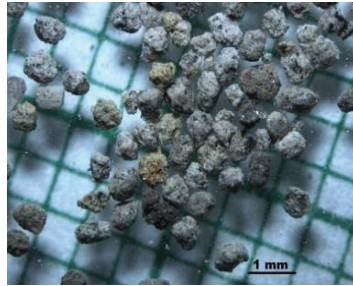
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | piroxeno | alta | | 0,5-0,6 |
| beige | sedoso | subredondeada | piroxeno | media | | 0,3-0,4 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|----------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| clinopiroxeno (augita) | negro | metálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0.4 | 3% | 91% |
| plagioclasa | blanco lechoso | vítreo | prismática | piroxeno | buen clivaje | | 0,2 | 71% | |
| mica (biotita) | amarillo | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,5 | 6% | |
| hematita | cobre | mate | botroidal | piroxeno | no presenta | | 0,3 | 1% | |
| hornblenda | negra | metálico | alargados | no presenta | clivaje medio | | 0,4 | 10% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|---------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| escoria | café negruzco | vítreo | anhedral | no presnta | | 0,5-0,6 | 3% |
| shards | translúcido | vítreo | plancha | no presenta | | 0,2-0,3 | 3% |
| hilos de vidrio | incoloro | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Propuesta de volcán padre: | Ninahuilca |
|-----------------------------------|------------|

| | |
|-------------------|-------------------|
| Lugar | PV 12 La Carolina |
| Muestra | 371 |
| Ubicación | N9979807/E780208 |
| Color | gris |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 440 |
| Espesor cm | 10 |



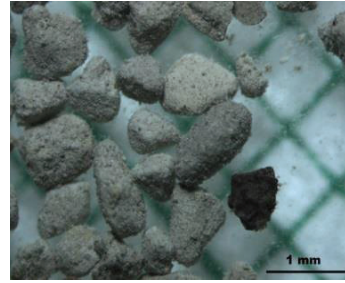
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-----------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | piroxeno | alta | | 0,5 |
| beige | sedoso | subredondeada | piroxeno - mica | media | | 0,4-0,6 |
| gris | sedoso | subangular | piroxeno | baja | | 0,5 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| mica (biotita) | café amarillento | submetálico | laminas | no presenta | buen clivaje | | 0,1-0,9 | 3% | 92% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | octaedros | no presenta | clivaje medio | | 0,2-0,3 | 4% | |
| cuarzo | translúcido | vítreo | subanhedral | no presenta | concoidea | | 0,5 | 3% | |
| hornblenda | negro | metálico | alargados | no presenta | buen clivaje | | 0,3 | 10% | |
| plagioclasa | blanca | nacarado | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,4-0,6 | 72% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|------------|--------|-----------------|-------------|-------|--------|---------|
| hilos de vidrio | traslúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 3% |
| shards | incoloro | vítreo | plancha | no presenta | | 0,2 | 3% |
| masivo | negro | vítreo | subanhedra l | no presenta | | 0,6 | 2% |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| Propuesta de volcán padre: | Ninahuilca |
|-----------------------------------|------------|

| | |
|-------------------|-------------------|
| Lugar | PV 12 La Carolina |
| Muestra | 373 |
| Ubicación | N9979807/E780208 |
| Color | gris crema |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 480 |
| Espesor cm | 7 |



| Pómez | | | | | | |
|----------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subangular | horblenda | media | | 0,5 |
| blanca | sedoso | subredondeada | no presenta | alta | | 0,3-1,0 |
| amarilla | sedoso | subredondeada | no presenta | media | | 0,5 |

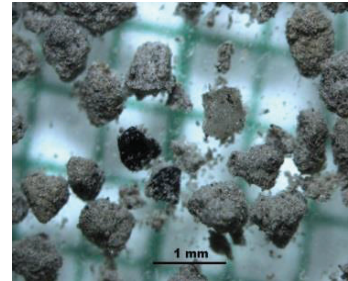
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|--------------------|--------------|--------|------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| plagioclasa | incoloro | vítreo | prismático | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,4 | 75% | 93% |
| cuarzo | blanco | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,4 | 4% | |
| hematita | café cobrizo | mate | botroidal | vidrio | no presenta | | 0,3 | 1% | |
| anfíbol hornblenda | negra | vítreo | tabular alargada | no presenta | no presenta | | 0,2 | 13% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|----------|-------------|-------|--------|---------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1 | 2% |
| shards | caramelo | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 4% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|------------|-------------|----------|---------------|-------------|-------|--------|---------|
| andesita ? | gris oscuro | anhedral | baja | no presenta | | 0,5 | 1% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Cuicocha |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Carolina |
| Muestra | 114 |
| Ubicación | N9978952/E779795 |
| Color | café grisácea |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 125 |
| Espesor cm | 4 |



| Pómez | | | | | | |
|-------|--------|--------------|-----------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subangular | mica-hornblenda | media | | 0,5-0,9 |
| crema | sedoso | subredondead | mica | media | | 0,5 |

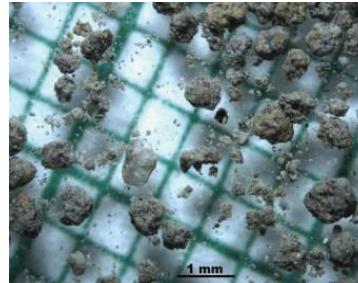
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|----------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| mica | amarilla verdosa | submetálico | laminar | no presenta | buen clivale | | 0,3-0,7% | 7% | 97% |
| | negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivale | | 0,5-0,9% | 7% | |
| anfíbol (hornblenda) | negro | vítreo | tabular algado | no presenta | clivaje medio | | 0,2 | 12% | |
| goethita | marrón | mate | acicular | no presenta | no presenta | | 0,2 | 1% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivale | | 0,6 | 63% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subanhedra | no presenta | concoidea | | 0,5 | 5% | |

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|----------|-----------|-------------|------------------|--|---------|----|--|
| clinopiroxeno (augita) | negro | metálico | octaedros | no presenta | clivaje medio | | 0,2-0,5 | 2% | |
|---------------------------|-------|----------|-----------|-------------|------------------|--|---------|----|--|

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 3% |

| | |
|---|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|---|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Carolina |
| Muestra | 115 |
| Ubicación | N9978952/E779795 |
| Color | café grisácea |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 129 |
| Espesor cm | 2 |



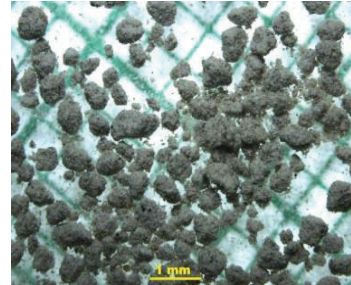
| Pómez | | | | | | |
|------------|--------|---------------|--------------------------|------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris claro | sedoso | subredondeada | mica-piroxeno-hornblenda | media | | 0,8 |
| crema | sedoso | subangular | mica-piroxeno-hornblenda | media | | 0,5 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|--------------------------|----------------|-------------|---------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | piroxeno | buen clivaje | | 0,3-0,5 | 55% | 87% |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | goethita | concoidea | | 0,5 | 4% | |
| mica (biotita) | café oscura | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,2-0,8 | 15% | |
| Ortopiroxen (hipersteno) | verde oscuro | metálico | tabulares | no presenta | buen clivaje | | 0,2-0,5 | 3% | |
| anfíbol hornblenda | verde oscuro | mate | tabulares alargados | no presenta | irregular | | 0,3-0,4 | 9% | |
| goethita | marrón | mate | botroidal | no presenta | no presenta | | 0,1-0,2 | 1% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|---------------|--------|---------------|-------------|-------|---------|---------|
| hilos de vidrio | beige | vítreo | hilos | no presenta | | 0,5 | 2% |
| | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,3 | 2% |
| masivo | caramelo | vítreo | subredondeado | no presenta | | 0,2-0,4 | 3% |
| melcocha | café grisáceo | vítreo | anhedral | no presenta | | 0,4 | 3% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Carolina |
| Muestra | 116 |
| Ubicación | N9978952/E779795 |
| Color | café grisácea |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 131 |
| Espesor cm | 79 |



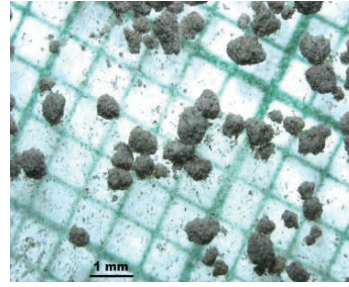
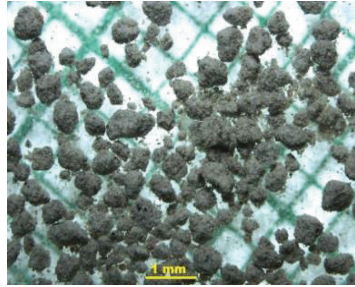
| Pómez | | | | | | |
|-------|--------|------------|-----------------------------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subangular | biotita negra-hornblenda-piroxeno | media | | 0,3-0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|--------------|--------|---------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| anfíbol (hornblenda) | negro | mate | tabulares alargados | no presenta | clivaje medio | | 0,09-0,2 | 25% | 94% |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,2 | 66% | |
| cuarzo | blanca | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,3 | 2% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde oscuro | vítreo | tabulares | no presenta | clivaje medio | | 0,3 | 1% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1-0,3 | 3% |
| shards | caramelo | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2-0,3 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Propuesta de volcán padre: | Pululahua |
|-----------------------------------|-----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | La Carolina |
| Muestra | 307 |
| Ubicación | N9978945/E779799 |
| Color | gris crema |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 10 |
| Espesor cm | 10 |



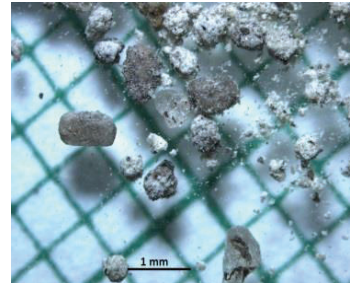
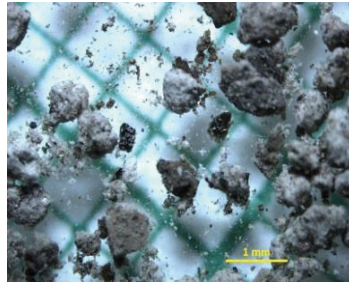
| Pómez | | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subredondeada | biotita | media | | 0,2-0,5 |
| crema | sedoso | subangular | biotita | media | | 0,8-1,0 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|--------------------|-------------------|---------------|-------------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------------------|----------------------|---------------|
| cuarzo | incolore | vítreo | subanhedral | no presenta | concoidea | | 0,3-0,7 | 5% | 96% |
| mica (biotita) | verde amarillenta | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,4 | 9% | |
| anfíbol hornblenda | verde oscuro | vítreo | tabulares alargados | no presenta | irregular | | 0,1-0,3 | 13% | |
| goethita | marrón | nacarado | acicular | no presenta | no presenta | | 0,1 | 1% | |
| plagioclasa | incolore | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,7 | 68% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|----------|-------------|-------|---------|---------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1-0,3 | 2% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 2% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Quilotoa |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Lugar | Jipijapa |
| Muestra | 109 |
| Ubicación | N9981804/E78007 5 |
| Color | blanca |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 700 |
| Espesor cm | 40 |



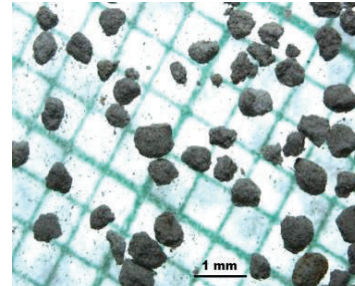
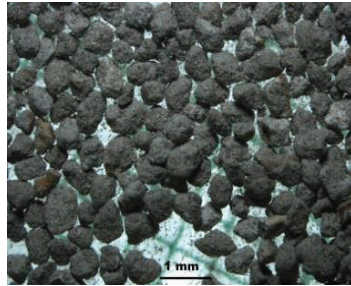
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|-------|----------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | biotita | alta | | 0,5-1,0 |
| gris | sedoso | subangular | cuarzo | media | | 0,7- 0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|-------------------|-------------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0.5 | 5% | 97% |
| mica (biotita) | verde amarillento | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,1-0,9 | 5% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | negro | metálico | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,1-0,5 | 3% | |
| plagioclasa | translúcida | mate | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,7 | 84% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|---------------|-------------|-------|---------|---------|
| masivo | translúcido | vítreo | subredondeada | no presenta | | 0,3-0,5 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|----------|
| Propuesta de volcán padre: | Cotopaxi |
|-----------------------------------|----------|

| | |
|-------------------|----------------------|
| Lugar | PV13 Iñaquito |
| Muestra | 375 |
| Ubicación | N9981146/E78020 4 |
| Color | gris |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 980 |
| Espesor cm | 40 |



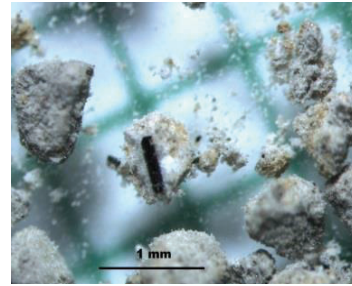
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subangular | no presenta | baja | | 0,5-0,9 |
| ocre | sedoso | subredondeada | no presenta | media | | 0,7 |
| blanco | sedoso | angular | no presenta | media | | 0,5 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|----------|-------------|------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| hornblenda | negra | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,7 | 25 | 97% |
| clinopiroxeno (augita) | negro | metálico | octaédrico | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 2% | |
| plagioclasa | incolora | vítrea | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,4 | 70% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|-------|-------------|-------|---------|---------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1-0,6 | 3% |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Propuesta de volcán padre: | Pululahua |
|-----------------------------------|-----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | PV13 Iñaquito |
| Muestra | 378 |
| Ubicación | N9981146/E780204 |
| Color | gris |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 1000 |
| Espesor cm | 15 |



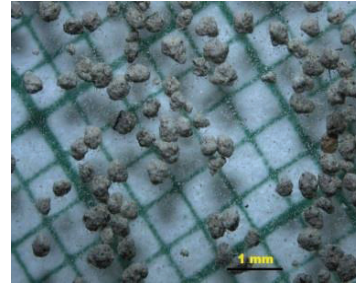
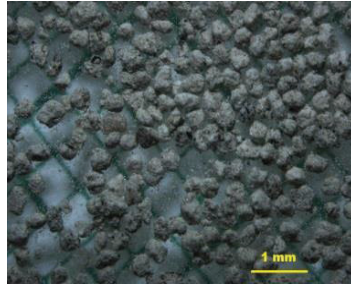
| Pómez | | | | | | |
|-------|--------|---------------|----------------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| crema | sedoso | subredondeada | vidrio-mica-piroxeno | baja | | 0,3-0,8 |
| gris | sedoso | subangular | piroxeno | media | | 0,5-0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|--------------|-------------|------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| clinopiroxeno (augita) | verde oscuro | metálico | octaédrico | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,4 | 2% | 94% |
| hornblenda | negro | submetálico | tabular | no presenta | buen clivaje | | 0,6 | 15% | |
| cuarzo | blanca | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,4 | 7% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,6 | 70% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,2-0,4 | 5% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,2 | 1% |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| Propuesta de volcán padre: | Pululahua |
|-----------------------------------|-----------|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Fondo de saco |
| Muestra | 57 |
| Ubicación | N9983194/E774619 |
| Color | gris |
| Tamiz | 355 |
| Prof. cmbs | 190 |
| Espesor cm | 30 |



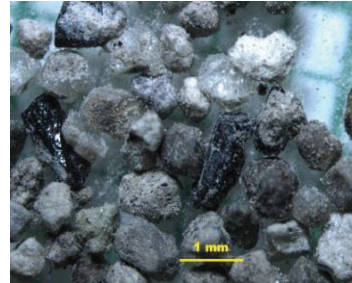
| Pómez | | | | | | |
|-----------------|--------|---------------|---------------------|------------|-------|---------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca grisácea | sedoso | subredondeada | hornblenda -biotita | media | | 0,5-0,7 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|------------------------|----------------|----------|------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| (hornblenda) | negro | nacarado | tabular | no presenta | clivaje medio | | 0,2-0,3 | 11% | 45% |
| clinopiroxeno (augita) | verde oscuro | metálico | octaedros | no presenta | buen clivaje | | 0,4-0,6 | 4% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subanhedral | no presenta | concoidea | | 0,4 | 5% | |
| plagioclasa | incolore | vítreo | anhedral | no presenta | buen clivaje | | 0,5 | 75% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|-------|-------------|-------|---------|---------|
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1-0,3 | 5% |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Propuesta de volcán padre: | GGP |
|-----------------------------------|-----|

| | |
|-------------------|------------------|
| Lugar | Fondo de saco |
| Muestra | 60 |
| Ubicación | N9983194/E774619 |
| Color | gris |
| Tamiz | 500 |
| Prof. cmbs | 400 |
| Espesor cm | 40 |



| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|---------------------|------------|-------|----------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| gris | sedoso | subredondeada | piroxeno-hornblenda | media | | 0,5-0,7% |
| blanco | sedoso | subangular | piroxeno-hornblenda | baja | | 0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|-------------|--------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | anhedral | no presenta | concoidea | | 0,5-0,7 | 4% | 91% |
| (hornblenda) | negro | mate | tabular | no presenta | buen clivaje | | 1,1 | 10% | |
| piroxeno (augita) | verde oscuro | metálico | tabular alargados | no presenta | buen clivaje | | 0,3-0,9 | 6% | |
| plagioclasa | incolora | mate | prismática | no presenta | buen clivaje | | 0,5 | 71% | |

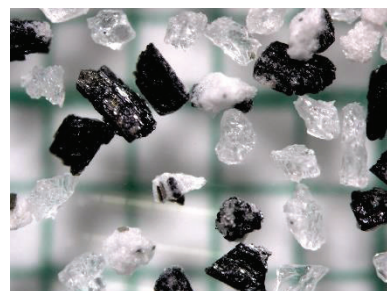
| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|------------|---------------|---------------------|-------|---------|---------|
| obsidiana | negro | adamantino | subredondeada | no presenta | | 0,7 | 1% |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,1-0,5 | 1% |
| masivo | translúcido | vítreo | anhedral | hornblenda-piroxeno | | 0,5 | 5% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | piroxeno | | 0,3 | 1% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-------------|---------------|------------|------------|-------|--------|---------|
| dacita | gris oscuro | subredondeada | muy baja | oxidación | | 0,6 | 1% |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Propuesta de volcán padre: | GGP |
|-----------------------------------|-----|

ANEXO 3: DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE LAS CENIZAS PADRE

| | |
|------------------|-----------|
| Lugar | Pululahua |
| Muestra | P2400 |
| Ubicación | |
| Color | blanca |
| Tamiz | 355 |



| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|------------|-------------|------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | hornblenda | baja | | 0,5 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|---------------------------|--------------|-------------|---------------------|-------------|------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| hornblenda | negra | submetálico | tabulares alargados | | buen clivaje | | 0,7 | 17% | 97% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde oscuro | vítreo | prismático | | clivaje perfecto | | | 3% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismático | | buen clivaje | | | 75% | |
| cuarzo | incolore | vítreo | anhedral | | concoidea | | | 2% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|---------|-------------|-------|--------|---------|
| shards | translúcido | vítreo | plachas | | | 0,3 | 3% |

| | |
|------------------|----------|
| Lugar | |
| Muestra | GGP-1000 |
| Ubicación | |
| Color | blanca |
| Tamiz | 355 |

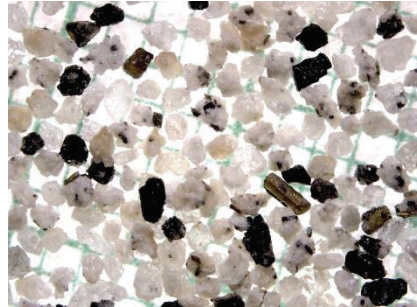


| Pómez | | | | | | |
|--------------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanco amarillento | sedoso | subredondeada | | baja | | 0,3 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralóg. | %total |
|---------------------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------|--------------|------------------------|--------------------|---------------|
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,4 | 75% | 94% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde | vítreo | prismática | | clivaje medio | | 0,6 | 5% | |
| clinopiroxeno (augita) | verde miel | submetálico | masivo | | irregular | | 0,3 | 3% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabulares alargados | | buen clivaje | | 0,7 | 7% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subnhedral | | concoidea | | 0,5 | 4% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|--------------|---------------|---------------|------------------|--------------|---------------|----------------|
| obsidiana | negro | adamantino | subredondeada | | | | 4% |

| | |
|------------------|--------------------|
| Lugar | |
| Muestra | GGP-1660 |
| Ubicación | |
| Color | blanca amarillenta |
| Tamiz | 500 |



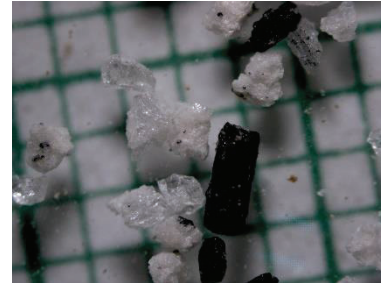
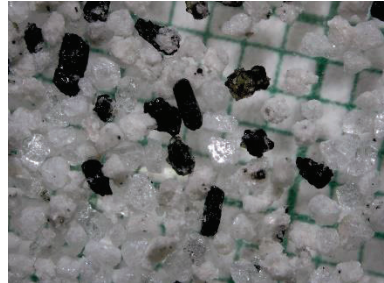
| | | | | | | |
|--------------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Pómez | | | | | | |
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca amarillenta | sedoso | subredondeada | | baja | | 0,6 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralóg. | %total |
|-------------------------|---------------------|-------------|-------------------|------------|---------------|-------|-----------------|-------------|--------|
| plagioclasa | translúcida | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,8 | 75% | 91% |
| cuarzo | lechoso amarillento | vítreo | subanhedral | | concoidea | | 0,6 | 5% | |
| hornblenda | verde oscuro, negro | submetálico | tabular alargados | | clivaje medio | | 0,8 | 8% | |
| Ortopiroxeno hipersteno | verde miel | vítreo | prismático | | irregular | | 0,5 | 5% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|---------------|--------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| obsidiana | negra | adamantino | subredonde | | | 0,7 | 3% |
| masivo | translúcido | vítreo | irregular, masivo | | | 0,5 | 3% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|----------------|--------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| dacita | gris oscura | subanhedral | baja | oxidación | | 0,7 | 3% |

| | |
|------------------|----------|
| Lugar | |
| Muestra | GGP 3300 |
| Ubicación | |
| Color | blanca |
| Tamiz | 500 |



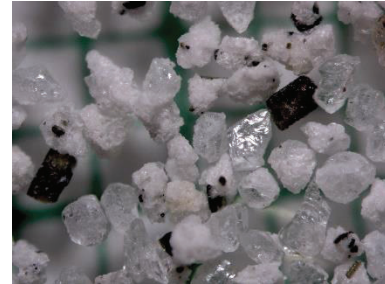
| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|---------------|-------------|------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subredondeada | piroxeno | baja | | 0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineral. | %total |
|---------------------------|---------------------|-------------|--------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|-----------|--------|
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde miel | vitreo | prismatico | | irregular | | 0,6-0,8 | 3% | 91% |
| clinopiroxeno (augita) | verde miel | vítreo | prismáticos cortos | | buen clivaje | | 0,8 | 2% | |
| plagioclasa | incoloro | vítreo | prismáticos | | buen clivaje | | 0,5 | 75% | |
| horblenda | verde oscuro, negro | metálico | tabulares | | clivaje medio | | 0,8 | 8% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subanhedral | | concoidea | | 0,6 | 2% | |
| biotita | amarilla verdosa | submetálico | laminar | | buen clivaje | | 0,1-0,2 | 1% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|----------------|------------|-------|--------|---------|
| masivo | translúcido | vítreo | subanhedra | | | 0,5 | 5% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-------------|-------------|------------|------------|-------|--------|---------|
| dacita | gris oscura | subanhedral | baja | oxidación | | 0,7 | 4% |

| | |
|------------------|--------|
| Lugar | |
| Muestra | N2300 |
| Ubicación | |
| Color | blanca |
| Tamiz | 355 |



| | | | | | | |
|--------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Pómez | | | | | | |
| Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | hornblenda | baja | | 0,4 |

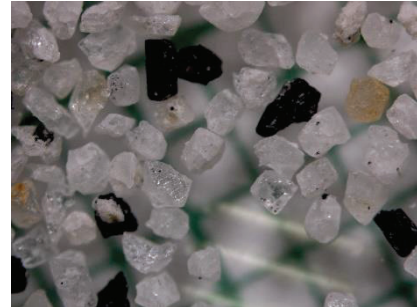
| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralóg. | %total |
|---------------------------|--------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|-------------|--------|
| magnetita | negro | metálico | octaédrica | | irregular | | | 10% | 93% |
| hornblenda | negro | submetálico | tabulares alargados | | clivaje medio | | | 10% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | | buen clivaje | | | 65% | |
| biotita | café | submetálico | laminar | | buen clivaje | | | 2% | |
| cuarzo | blanco amarillento | vítreo | subanhedral | | concoidea | | | 1% | |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde | vítreo | prismático | magnetita | clivaje medio | | | 4% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------|--------|-------|-------------|-------|--------|---------|
|--------|-------|--------|-------|-------------|-------|--------|---------|

| | | | | | | | |
|--------|-------------|--------|----------|--|--|--|----|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | | | | 3% |
|--------|-------------|--------|----------|--|--|--|----|

| Líticos | Color | Forma | Vesicular. | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|----------|-----------------------|-------------|------------|------------|-------|--------|---------|
| andesita | gris - anaranjados | subanhedral | baja | oxidación | | 0,7 | 4% |

| | |
|------------------|--------------------|
| Lugar | 4600 |
| Muestra | N4600 |
| Ubicación | |
| Color | blanco grisáceo |
| Tamiz | 500 |



| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|------------|-------------|------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | hornblenda | media | | 0,6 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusiones | Fractura | Otros | Tamaño de grano | %mineralóg | %total |
|---------------------------|-------------|-------------|---------------------|-------------|---------------|-------|-----------------|------------|--------|
| magnetita | negra | metálico | octaédrica | | irregular | | 0,4 | 10% | 92% |
| ortopiroxeno (hipersteno) | verde | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,5 | 3% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabulares alargados | | clivaje medio | | 0,8 | 10% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,8 | 65% | |
| cuarzo | trasnlúcido | vítreo | subanhedral | | concoidea | | 0,5 | 4% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|----------|-------------|-------|--------|---------|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | | | | 3% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|----------|-----------------------|-------------|---------------|------------|-------|--------|---------|
| andesita | gris - anaranjados | subanhedral | baja | oxidación | | 0,7 | 4% |

| | |
|------------------|------------|
| Lugar | |
| Muestra | C2900 |
| Ubicación | |
| Color | café claro |
| Tamiz | 355 |



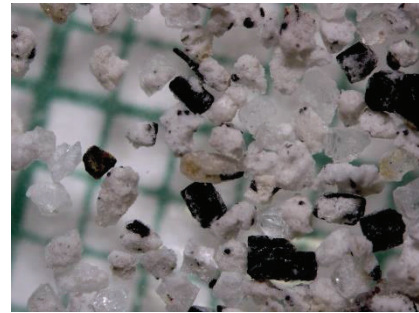
| | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|
| Pómez | | | | | |
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros |
| beige | sedoso | subredondeada | hornblenda | media | |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura. | Otros | Tamaño de grano | %mineral. | %total |
|-------------|----------------|-------------|---------------------|------------|---------------|-------|-----------------|-----------|--------|
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | redondeado | | concoidea | | 0,5 | 2% | 92% |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,5-0,8 | 75% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabulares alargados | | clivaje medio | | 0,7 | 15% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|-------------|--------|----------|-------------|-------|--------|---------|
| shards | translúcida | vítreo | planchas | | | 0,3 | 4% |
| hilos de vidrio | trasnlúcido | vítreo | hilos | | | 0,7 | 2% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|-------------|------------|---------------|------------|-------|--------|---------|
| dacita | gris oscuro | subangular | baja | | | | 2% |

| | |
|------------------|--------------------|
| Lugar | |
| Muestra | C3100 |
| Ubicación | |
| Color | blanca grisáceo |
| Tamiz | |



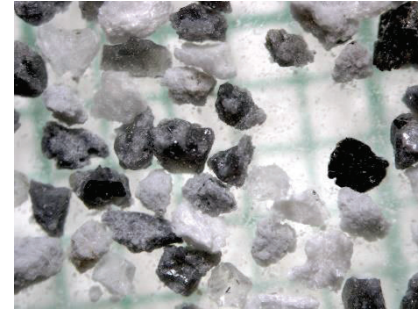
| Pómez | | | | | | |
|--------------|---------------|---------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | hornblenda | media | | 0,5 |
| crema | sedoso | subredondeada | horblenda | alta | | 0,4 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fracturamiento | Otros | Tamaño de grano | %mineral. | %total |
|----------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|--------------|------------------------|------------------|---------------|
| hornblenda | negro | mate | tabulares alargados | | clivaje medio | | 0,8 | 15% | 92% |
| plagioclasa | translúcida | vítreo | prismática | | buen clivaje | | 0,5-0,7 | 75% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | subredondeada | | concoidea | | 0,4 | 2% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | 0,4 | 2 |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,6 | 4% |

| Otros | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|-------------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|--------------|---------------|----------------|
| restos de plantas | café oscuro | hilos | no presenta | no presenta | | 0,8 | 4% |

| | |
|------------------|--------------------|
| Lugar | |
| Muestra | Coto-4500 |
| Ubicación | |
| Color | blanco grisáceo |
| Tamiz | 500 |



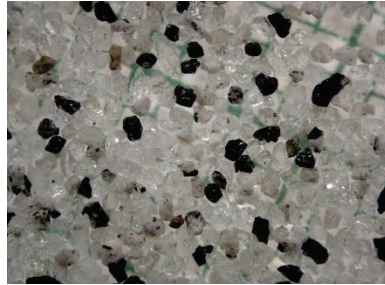
| Pómez | | | | | | |
|--------------|---------------|--------------|--------------------|-------------------|--------------|---------------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | angular | biotita | alta | | 0,8 |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura. | Otros | Tamaño de grano | %mineraló. | %total |
|----------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------|------------------|--------------|------------------------|-------------------|---------------|
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | no presenta | buen clivaje | | | 84% | 92% |
| biotita | dorada | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,6 | 2% | |
| | negra | submetálico | laminar | no presenta | buen clivaje | | 0,8 | 3% | |
| cuarzo | blanco lechoso | vítreo | prismática | no presenta | concoidea | | 0,7 | 3% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusiones | Otros | Tamaño | % total |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|--------------|---------------|----------------|
| obsidiana | gris clara | adamantino | acicular | no presenta | | 0,7 | 3% |
| shards | translúcido | vítreo | planchas | no presenta | | | 2% |
| hilos de vidrio | translúcido | vítreo | hilos | no presenta | | 0,9 | 1% |

| Líticos | Color | Forma | Vesicularidad | Alteración | Otros | Tamaño | % total |
|---------|------------|-------------|---------------|------------|-------|--------|---------|
| riolita | gris clara | subanhedral | baja | | | 0,8 | 2% |

| | |
|------------------|------------|
| Lugar | |
| Muestra | Q800 |
| Ubicación | |
| Color | gris claro |
| Tamiz | 355 |



| Pómez | | | | | | |
|--------|--------|------------|-----------------------|------------|-------|--------|
| Color | Brillo | Forma | Inclusion. | Vesicular. | Otros | Tamaño |
| blanca | sedoso | subangular | hornblenda y piroxeno | media | | |

| Mineral | Color | Brillo | Forma Cristalina | Inclusion. | Fractura. | Otros | Tamaño de grano | %mineralógico | %total |
|-----------------------|-------------------------|-------------|---------------------|------------|------------------|-------|-----------------|---------------|--------|
| magnetita | negra | metálico | octaédrica | | irregular | | 0,3 | 2% | 97% |
| biotita | verde amarillenta | submetálico | laminar | | laminar | | 0,5-0,8 | 5% | |
| plagioclasa | incolora | vítreo | prismática | | clivaje perfecto | | 0,5 | 65% | |
| cuarzo | translúcido amarillento | vítreo | anhedral | | concoidea | | 0,4 | 6% | |
| Ortopirox (hipersten) | verde oscuro | vítreo | prismática | | irregular | | 0,6 | 4% | |
| hornblenda | negra | submetálico | tabulares alargados | | buen clivaje | | 0,8 | 15% | |

| Vidrio | Color | Brillo | Forma | Inclusion | Otros | Tamaño | % total |
|--------|-------------|--------|----------|-----------|-------|--------|---------|
| shards | translúcido | vítreo | planchas | | | 0,3 | 3% |

