

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE GEOLOGÍA Y PETRÓLEOS

**DISTRIBUCIÓN DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS
HOLOCÉNICAS - TARDÍAS EN LA COSTA DEL ECUADOR**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA GEÓLOGA**

SILVIA XIMENA VALLEJO VARGAS

DIRECTOR: DR. MINARD HALL

svallejo@igeptn.edu.ec

mhall@igeptn.edu.ec

Quito, Febrero del 2011

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Silvia Ximena Vallejo Vargas, bajo mi supervisión.

Minard L. Hall, PhD.

Director del Proyecto

DECLARACION

Yo, Silvia Ximena Vallejo Vargas, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional pude hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Silvia Ximena Vallejo Vargas

ÍNDICE GENERAL

Índice General	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tablas	ix
Resumen	xii

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.1.1 Objetivo General	1
1.1.2 Objetivo Específicos	2
1.2 ALCANCE	2
1.3 JUSTIFICATIVOS	3
1.4 ZONA DE ESTUDIO	3
1.4.1 Localización	3
1.4.2 Vías de Acceso	5
1.4.3 Hidrografía	5
1.4.4 Clima, vegetación y fauna	6
1.5 ESTUDIOS ANTERIORES	8

CAPÍTULO 2

EL VOLCANISMO EN EL ECUADOR	11
2.1 MARCO GEODINÁMICO DEL ECUADOR	11
2.2 HISTORIA GEOLÓGICA DEL ECUADOR	13
2.3 CARÁCTER DEL VOLCANISMO EN EL ECUADOR	16
2.3.1 Generalidades	16
2.3.2 Clasificación de erupciones	20
2.3.3 Probables Fuentes Volcánicas	22

A.	COMPLEJO VOLCANICO CUICOCHA	24
B.	COMPLEJO VOLCÁNICO PULULAHUA	27
C.	VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA	31
D.	COMPLEJO VOLCÁNICO ATACAZO – NINAHUILCA	34
E.	VOLCÁN COTOPAXI	39
2.4	CONCLUSIÓN	46

CAPÍTULO 3

CARACTER DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y SU ESTUDIO 48

3.1	CENIZAS COMO PRODUCTO DE DIFERENTES TIPOS DE ERUPCIONES	48
3.1.1	Tipos de Erupciones Volcánicas	48
3.1.1.1	La erupción efusiva	48
3.1.1.1	La erupción explosiva	50
3.2	EL ESTUDIO DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y LA METODOLOGÍA UTILIZADA.....	54
3.2.1	Localización de Muestras	55
3.2.2	Trabajo de Campo y Recolección de Muestras	56
3.2.3	Análisis de las Cenizas volcánicas	56

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE LAS CENIZAS DE LA COSTA ECUATORIANA 60

4.1	INTRODUCCIÓN	60
4.1.1	Cronología de la Ocupación Humana en el Ecuador	61
4.2	TRABAJO REALIZADO	63
4.2.1	Desarrollo del trabajo	63
4.2.2	Ubicación de lugares de muestreo	64
4.3	DESCRIPCIÓN DE SITIOS MUESTREADOS DE LA COSTA	66
4.3.1	Sitio La Tola – La Laguna	66

4.3.2	Sitio Atacames – Tonsupa	70
4.3.3	Sitio Cabañas Camarones	72
4.3.4	Sitio Río Jama	73
4.3.5	Sitio de San Isidro – Río Cangrejo	77
4.3.6	Sitio Río Muchacho - Hacienda San Francisco	81
4.3.7	Sitio Canoa	83
4.3.8	Sitio Chirije	83
4.3.9	Sitio Japoto	86
4.3.10	Río Cañas	91
4.3.11	Sitio Isla de la Plata	93
4.3.12	Sitio Sitio Norte Puerto Cayo	95
4.3.13	Sitio Aguas Blancas	95
4.3.14	Sitio Río Salango	97
4.3.15	Sitio El Pital	99
4.3.16	Sitio Río Juancho	101
4.3.17	Sitio Río Chico	103

CAPÍTULO 5

CORRELACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LAS CENIZAS

VOLCÁNICAS: SU INTERPRETACIÓN Y SIGNIFICADO	104	
5.1	INTRODUCCION	104
5.2	ANÁLISIS PETROGRÁFICO	104
5.2.1	Carácter Petrográfico de las Fuentes Potenciales	105
5.2.2	Carácter Petrográfico de las Cenizas de la Costa	109
5.2.2.1	Correlación e Identificación de Rasgos Característicos	113
5.2.2.2	Columna estratigráfica resumida	122
5.3	DISCUSIÓN DE LA GEOQUÍMICA	122
5.3.1	Geoquímica de los Productos Proximales de los Volcanes Fuentes Potenciales	124
5.3.1.1	Comportamiento de los Elementos Mayores	124

5.3.1.2 Comportamiento de los Elementos en Traza	127
5.3.2 Geoquímica de los Productos Distales en la Costa Ecuatoriana	130
5.3.2.1 Comportamiento de los Elementos Mayores	131
5.3.2.2 Comportamiento de los Elementos en Traza	133
5.4 RESULTADOS	138
5.3.1.1 Cálculo del Índice de Explosividad Volcánica para las erupciones Identificadas	143
 CAPÍTULO 6	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
6.1 CONCLUSIONES	147
4.2 RECOMENDACIONES	150
 CAPÍTULO 7	
REFERENCIAS	151
 ANEXO 1 UBICACIÓN DE CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES Y DISTALES	
	165
 ANEXO 2 DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES Y DISTALES	
	168
 ANEXO 3 DIAGRAMA UNIFICADO DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LAS CENIZAS DISTALES EN LA REGIÓN COSTA	
	242
 ANEXO 4 DATOS GEOQUÍMICOS DE CENIZAS PROXIMALES Y DISTALES .	
	243

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1.1. Mapa con la ubicación de la zona de estudio	4
--	---

CAPÍTULO 2

FIGURA 2.1. Esquema geodinámico del sistema de subducción Nazca – Sudamérica, región Ecuador, Modificado a partir de <i>Gutscher et al. (1999)</i>	13
FIGURA 2.2. Mapa esquemático de las regiones fisiográficas del Ecuador, y corte a $\pm 0.5^\circ$ N (Modificado de <i>Aspden et al., 1992.</i>).....	16
FIGURA 2.3. Distribución de los volcanes continentales en el Ecuador, en las dos cordilleras, valle interandino y tras arco. (Modificado de <i>Hall et al., 2008</i>)	19
FIGURA 2.4. Caldera del Volcán Cuicocha con sus lagunas y domos. (Foto: <i>P. Ramón, IG-EPN</i>)	28
FIGURA 2.5. Complejo volcánico Pululahua visto desde el WNW. (Foto: <i>P. Ramón, IG-EPN</i>)	28
FIGURA 2.6. Estratigrafía resumida del Complejo Volcánico Pululahua. Tomado de <i>Andrade (2002)</i>	30
FIGURA 2.7. En la parte delantera se observa la caldera y domos del volcán Guagua Pichincha visto del Oeste, mientras que en la parte trasera se encuentra el volcán extinto Rucu Pichincha (Foto: <i>J. Bustillos, IG-EEPN</i>).....	31
FIGURA 2.8. Columna estratigráfica de los eventos eruptivos ocurridos durante los últimos 2000 años del volcán Guagua Pichincha. Tomado de <i>Robin et al. (2008)</i>	34
FIGURA 2.9. Vista desde el suroccidente del Complejo Volcánico Atacazo – Ninahuilca (Foto: <i>M. Monzier, IRD</i>).....	35
FIGURA 2.10. Estratigrafía representativa del Complejo Volcánico Atacazo - Ninahuilca (<i>Hidalgo, et al., 2008</i>)	38

FIGURA 2.11. Volcán Cotopaxi visto desde el Occidente (<i>Foto: J.Bustillos, IG-EPN</i>)	39
FIGURA 2.12. Columna estratigráfica del Episodio riolítico Cañón Colorado (<i>Hall y Mothes, 2008</i>).....	42
FIGURA 2.13. Volcán Quilotoa visto desde el sur oeste (<i>Foto: P. Ramón, IG-EPN</i>)	43
FIGURA 2.14. Estratigrafía resumida de la historia eruptiva del volcán Quilota según <i>Hall y Mothes (2008)</i>	46

CAPÍTULO 3

FIGURA 3.1. Ceniza lavada, se muestran los elementos de la ceniza completamente limpios	58
--	----

CAPÍTULO 4

FIGURA 4.1. Cronología de las Culturas según las diferentes regiones geográficas del Ecuador. (<i>Zeidler y Pearsall, 1994</i>).....	62
FIGURA 4.2. Ubicación de cenizas distales muestreadas en la Costa ecuatoriana .	65
FIGURA 4.3. Estratigrafía de La Tola – La Laguna (Cantón Eloy Alfaro)	69
FIGURA 4.4. Estratigrafía de la Playa Tonsupa Central y Norte (Cantón Atacames)	71
FIGURA 4.5. Estratigrafía del Sitio Cabañas Camarones (Cantón Jama).....	74
FIGURA 4.6. Ubicación de los sitios Río Jama (1) y San Isidro (1) (<i>Zeidler y Kennedy, 1994</i>)	75
FIGURA 4.7. Estratigrafía de los Sitios Río Jama y San Isidro (Cantón Jama).....	76
FIGURA 4.8. Ubicación de las columnas estratigráficas de San Isidro y sus alrededores	78
FIGURA 4.9. Columnas estratigráficas, Río Jama. <i>Donahue (1994)</i>	80
FIGURA 4.10. Estratigrafía del Sitio Río Muchacho – Hda. San Francisco (Cantón Canoa)	82
FIGURA 4.11. Estratigrafía de los Sitios Cabo Pasado y Canoa (Cantón Canoa).....	84
FIGURA 4.12. Esquema del Sitio de Chirije, modificado de <i>Usselman (2006)</i>	85
FIGURA 4.13. Estratigrafía de los Sitios Chirije y Japoto	87

FIGURA 4.14. Fotografía de la excavación realizada en la Tola 7, en el sitio Arqueológico de Japoto. <i>Foto: S. Vallejo, IG-EPN</i>	88
FIGURA 4.15. Estratigrafía de los Sitios de Manta (Cantón Manta)	90
FIGURA 4.16. Estratigrafía del Sitio Río Cañas	92
FIGURA 4.17. Estratigrafía de los Sitios de la Isla de la Plata (Cantón Puerto López	94
FIGURA 4.18. Estratigrafía del Sitio Norte de Puerto Cayo	96
FIGURA 4.19. Estratigrafía del Sitio Aguas Blancas	98
FIGURA 4.20. Estratigrafía del Sitio El Pital	100
FIGURA 4.21. Estratigrafía de los Ríos Juancho y Chico, Cantón Puerto López El Pital.....	102
 CAPÍTULO 5	
FIGURA 5.1. Secuencia eruptiva idónea	115
FIGURA 5.2. Ubicación de cenizas distales muestreadas en la Costa ecuatoriana	125
FIGURA 5.3. Diagrama de <i>Pecerrillo y Taylor (1976)</i> de los volcanes fuente considerados en este trabajo	126
FIGURA 5.4. Diagramas Fe_2O_3 vs K_2O de los volcanes fuente	127
FIGURA 5.5. Diagramas de ciertos elementos en trazas con respecto a SiO_2 wt% de los productos de los volcanes fuentes	128
FIGURA 5.6. Diagramas multielementos de los tres grupos de volcanes fuente	129
FIGURA 5.7. Diagramas Harker de las muestras de ceniza distales conjuntamente con las cenizas proximales de volcanes fuente	132
FIGURA 5.8. Diagramas multielementales de las muestras de ceniza distales conjuntamente con las cenizas proximales de volcanes fuente	134
FIGURA 5.9. Diagramas Harker y Pseudo Harker para las muestras que corresponden a la erupción del volcán Quilotoa (800 a AP)	135
FIGURA 5.10. Diagramas Harker y Pseudo Harker para las muestras que corresponden a la erupción del volcán Cotopaxi (4500 a AP)	137
FIGURA 5.11. Mapa de isópacas de distribución idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Quilotoa y Guagua Pichincha	140

FIGURA 5.12. Mapa de isópacas idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Ninahuilca y Pululahua.....	141
FIGURA 5.13. Mapa de isópacas idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Cuicocha y Cotopaxi.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

TABLA 2.1	Clasificación del Índice de Explosividad Volcánica. (Adaptada de <i>Newhall y Self, 1982</i>) 20
TABLA 2.2	Importantes erupciones Holocénicas. * Esta lista no está completa, pues no incluye erupciones de poco impacto. (Modificado de <i>Hall y Mothes, 1999</i>)..... 22
TABLA 2.3	Columna estratigráfica del Volcán Cuicocha, tomado de <i>Hillebrandt (1989)</i> . *Las siglas utilizadas son: plag: plagioclasa, hbd: horblenda, hip: hipersteno, mgt: magnetita, czo: cuarzo, CMP: composición mineralógica de la pómez. 27
TABLA 2.4	Síntesis de los procesos eruptivos del Cotopaxi (<i>Hall y Mothes, 2008</i>)..... 40
TABLA 2.5	Descripción de las series riolíticas F, volcán Cotopaxi. (Modificado de <i>Hall et al., 2008</i>) 41
TABLA 2.6	Descripción de los productos eruptivos de las erupciones más grandes para los seis volcanes estudiados. El significado de las siglas utilizadas en la Tabla son: Xtales: cristales, Plag: plagioclasa, Qzo: cuarzo, Hda: hornblenda, Hip: hipersteno, Mag: magnetita, Bta: biotita, Cpxno: clinopiroxeno, Anf: anfíbol, Ox:) 47

CAPITULO 3

TABLA 3.1	Detalle de mapas topográficos utilizados en este estudio 55
TABLA 3.2	Relación entre los rasgos principales de los componentes de las cenizas. 59

CAPITULO 5

TABLA 5.1	Síntesis de la composición y descripción de las pómez de los volcanes fuentes. Significado de las abreviaturas: AUG: Augita, BIOT: Biotita, BOTR: Botroidal, CZO: Cuarzo, FS: Feldespato, HIL: Hilos de vidrio, HIP: Hipersteno, HBD: Horblenda, MEL: Vidrio melcocha, OBS:Obsidiana, SHRD: Shards, x: presencia de este tipo de vidrio u obsidiana en la	107
TABLA 5.2	Síntesis de la composición y descripción de las pómez de las cenizas distales desde los sitios norteños a los sureños. Significado de las abreviaturas: AUG: Augita, BIOT: Biotita, BOTR: Botroidal, CZO: Cuarzo, FS: Feldespato, HIL: Hilos de vidrio, HIP: Hipersteno, HBD: Horblenda, MEL: Vidrio tipo melcocha	111
TABLA 5.3	Muestras de ceniza que pertenecen a una fuente más joven que la erupción del volcán Quilotoa de 800 a AP	116
TABLA 5.4	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Quilotoa de 800 a AP.	116
TABLA 5.5	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Guagua Pichincha.	118
TABLA 5.6	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Ninahuilca de 2270 a AP.	118
TABLA 5.7	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Pululahua de 2485 a AP	119
TABLA 5.8	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Cuicocha de 2990 a AP	119
TABLA 5.9	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Cotopaxi de 4500 a AP	120
TABLA 5.10	Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Cotopaxi más antiguas que 4500 a AP	121
TABLA 5.11	Depósitos de cenizas no identificadas	122
TABLA 5.12	Grupos identificados en base al análisis de elementos mayores de las cenizas distales	133

TABLA 5.13	Resultados de identificación de muestras de cenizas distales	138
TABLA 5.14	Tabla de áreas de isópacas obtenidas para las diferentes erupciones	144
TABLA 5.15	Tabla de áreas de isópacas obtenidas para las diferentes erupciones	144

RESUMEN

Los volcanes del Ecuador forman la parte de la zona volcánica norteña (NVZ). Más de setenta volcanes cuaternarios abarcan el arco volcánico continental. Muchos han tenido intensa actividad en el pasado y varias de estas erupciones causaron muertes y daño en las culturas antiguas debido a los diversos productos volcánicos que se emiten en las erupciones explosivas, un ejemplo claro es la ceniza volcánica. Las primeras ocupaciones en Ecuador datan de ~4500 a AP y los registros arqueológicos indican que fueron afectadas por erupciones volcánicas en varias ocasiones.

A lo largo del margen costero se encuentran muchas capas volcánicas de ceniza volcánica distal, la mayoría de los arqueólogos no han podido identificar la fuente ni la edad de estos productos eruptivos. Existen varios volcanes que tuvieron erupciones grandes en los últimos 7000 años en el Ecuador, con VEI entre 4 y 6. De norte al sur son los volcanes: Cuicocha (2990 a AP), Pululahua (2485 a AP), Guagua Pichincha (1100 y 3350 a AP), Ninahuilca (2270 a AP), Cotopaxi (4500 a AP) y Quilotoa (800 a AP); los cuales se encuentran localizados entre las cordilleras occidental y oriental. En este trabajo se ha decidido proponer que estos volcanes son las fuentes para las capas volcánicas distales encontradas en la región costera. Para identificar la fuente de las cenizas volcánicas distales se hizo una correlación tefro-estratigráfica entre 76 cenizas distales y proximales.

Las cenizas volcánicas proximales fueron tomadas en las cercanías a las fuentes volcánicas conocidas, mientras que las cenizas volcánicas distales fueron tomadas en sitios arqueológicos y en terrazas fluviales en la región costera para identificar la relación con las culturas antiguas. Se realizaron 29 secciones

estratigráficas distribuidas entre las provincias de Esmeraldas y Manabí y en total se encontraron 56 muestras de la ceniza distal en esta región.

Las secciones están situadas entre 1 y 5 km al interior de la costa, en los sitios con evidencia de ocupaciones antiguas. Los resultados de las investigaciones de arqueólogos son de gran utilidad ya que en base a sus dataciones se puede relacionar las capas de ceniza con las ocupaciones humanas antiguas.

Las muestras de ceniza volcánica distales y proximales se analizaron bajo microscopio binocular con el fin de identificar las características principales de los diversos componentes. El objetivo principal de este análisis es reconocer la mineralogía típica y las características de la pómez.

Con este análisis se determinó que cierta información de la pómez es clave al momento de correlacionar e identificar la fuente, por ejemplo:

- ❖ Presencia y porcentaje de minerales, ejemplo: biotita, hornblenda, augita, hipersteno.
- ❖ Características de la pómez (color, vesicularidad, forma)
- ❖ Diferentes formas del cristal (color, tamaño y forma)
- ❖ Diferentes formas del vidrio (color, interacción con los minerales)
- ❖ Líticos y presencia de obsidiana

Los resultados de esta información es básica encontrar relaciones entre los diferentes depósitos de ceniza de los seis volcanes mencionados, de manera que sea más fácil relacionar con las muestras de ceniza distales.

Los análisis químicos permitieron identificar la firma de las cenizas volcánicas proximales en base a elementos mayores y traza, con los cuales fue posible reconocer tres grupos diferentes: 1. Cuicocha y Pululahua (61.79-62.18% de SiO₂), 2. Guagua Pichincha, Ninahuilca y Quilotoa (63.64-65,6% de SiO₂), y 3. Cotopaxi (74-

74,5% de SiO₂), sin embargo los elementos Sr, Ba, Rb y Nb resultan muy útiles al momento de comparar una muestra de ceniza con otra. La correlación de los análisis de los elementos mayores y traza entre las cenizas volcánicas proximales y distales permitió encontrar asociaciones geoquímicas para evaluar el origen de las muestras distales.

Las correlaciones estratigráficas de las cenizas indican que grandes áreas de la región costera fueron cubiertas por este depósito, indicando que las culturas antiguas que ocupaban éstas áreas pudieron haber sido afectadas.

La presencia y características de minerales como: biotita, hornblenda, piroxeno y vidrio volcánico se utilizaron para caracterizar y asociar las caídas de ceniza volcánica distales con las fuentes volcánicas potenciales. La firma geoquímica proporciona una pista importante para identificar y evaluar la fuente para las cenizas volcánicas distales.

Las cenizas volcánicas distales en la región costera corresponden claramente a las fuentes volcánicas que se propone en este estudio, sosteniendo que existen dos erupciones principales que cubrieron una gran área de la región costera: Quilotoa (800 a AP) y Cotopaxi (4500 a AP) y Pululahua (2485 a AP), la erupción de Cuicocha (2990 a AP) afectó principalmente el noroeste del país. Finalmente se identificaron dos niveles de ceniza distal que corresponden a las erupciones de 1100 y 3350 a AP del volcán Guagua Pichincha, las cuales se distribuyen entre el NW y SW correspondientemente; los depósitos de la erupción del volcán Ninahuilca de 2270 a AP se encuentran directamente al W, lo que indica que la dispersión de estas dos erupciones ha sido muy restringida y por lo tanto ha representado un impacto muy limitado en la región costera. Sin embargo las cenizas del volcán Guagua Pichincha se encuentran directamente sobre un piso cultural perteneciente a Valdivia Tardío lo que indicaría que este depósito causó el declive o migración de esta cultura.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Ecuador posee varios centros volcánicos activos cuyas erupciones han afectado de manera significativa tanto a lugares cercanos como lejanos de los mismos, debido a los diferentes productos emitidos. El Valle Interandino y la región de la Costa fueron afectados, mayormente por caída de ceniza, la cual es el principal producto que se emite en una erupción volcánica explosiva. Grandes erupciones reconocidas indican que la actividad volcánica fue muy intensa principalmente en el Holoceno y el Pleistoceno tardío sin dejar de lado el presente. En las últimas décadas se han realizado numerosos estudios arqueológicos a lo largo de la zona costera, en los cuales se ha observado depósitos de ceniza volcánica en varios sitios. Lamentablemente la fuente o la edad de estos depósitos no ha sido identificada.

El propósito del presente estudio es realizar un análisis detallado de algunas capas de ceniza que afloran en la zona centro norte de la costa ecuatoriana, para determinar su fuente, estimar la magnitud de las erupciones asociadas e identificar cuáles de éstas posiblemente causaron algún tipo de afectación en las culturas pre-incaicas que habitaron dicha región.

1.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.1.1 Objetivo General

Con el propósito de contribuir al conocimiento de los depósitos de las diferentes erupciones volcánicas ocurridas durante el Holoceno tardío, que afloran en la Costa Ecuatoriana, es necesario estudiarlos en detalle. Esto permitirá caracterizar dichas erupciones, además de correlacionarlas estratigráficamente, definir su distribución e identificar las posibles fuentes. Esto ayudará a establecer algún grado

de afectación de las erupciones volcánicas sobre los pueblos pre-incáicos que vivieron en esa región.

1.1.2 Objetivos Específicos

A continuación se listan los objetivos específicos de este trabajo:

- ❖ Determinar la estratigrafía y definir las capas guías de las principales cenizas volcánicas con el fin de utilizarlas para realizar una correlación directa entre los diferentes depósitos identificados en el área de estudio.
- ❖ Caracterizar la mineralogía, textura y composición geoquímica de las capas guías de cenizas volcánicas encontradas en el área de estudio.
- ❖ Caracterizar los rasgos mineralógicos y geoquímicos de las capas de ceniza Holocénicas generadas por las fuentes volcánicas, que se encuentran localizadas en la región Sierra Centro - Norte.
- ❖ Determinar la posible distribución de las diferentes capas de cenizas principales desde su centro volcánico hasta su depositación distal en la costa ecuatoriana.
- ❖ Estimar el área de distribución y volumen de los depósitos de las capas de cenizas principales identificadas.
- ❖ Estimar la afectación de las caídas de ceniza sobre los habitantes pasados.

1.2 ALCANCE

A continuación se presentan los alcances del presente estudio:

- ❖ Documentación general de la estratigrafía en distintos sectores de la zona centro-norte de la costa ecuatoriana.
- ❖ Caracterización petrográfica, mineralógica y geoquímica de las capas de cenizas identificadas en 21 sitios a lo largo de la Costa Centro-Norte.
- ❖ Correlación de dichas capas entre los diferentes sitios y con las posibles fuentes volcánicas de la Sierra Norte.

- ❖ Obtención de la cronología de los posibles eventos que afectaron la Costa Central y determinar las posibles fuentes eruptivas.
- ❖ Cartografía de las isópacas a escala 1:3'000.000 en la cual se ilustrará la distribución de las cenizas para cada erupción identificada en el área de estudio.
- ❖ Estimación del volumen de los depósitos para cada una de las capas de cenizas principales encontradas en el área de estudio; y de la magnitud de las erupciones asociadas.
- ❖ Estimación del impacto de las erupciones sobre las culturas pre-incáicas.

1.3 JUSTIFICATIVOS

Columnas estratigráficas en las cuales se mostrarán todas las capas de ceniza encontradas a lo largo de la costa centro norte. Estas columnas serán de gran utilidad para futuros estudios arqueológicos.

Con el conocimiento de que en gran parte del Ecuador la mayoría de los depósitos volcánicos Holocénicos no han sido estudiados a detalle (exceptuando el Valle Interandino y sus alrededores), es importante realizar un estudio para este tipo de depósitos en la zona centro-norte de la costa, que contemple: caracterización petrográfica, mineralógica y geoquímica, correlación estratigráfica, distribución, identificación de posibles fuentes volcánicas y evaluación del tipo y magnitud de las erupciones correspondientes. A partir de estos resultados, se podría determinar marcadores estratigráficos que logren ser relacionados con datos arqueológicos para determinar la afectación a poblados pre-incáicos debido a este fenómeno. Posteriormente, este estudio puede ser utilizado para evaluar el impacto de futuras erupciones a la zona costera.

1.4 ZONA DE ESTUDIO

1.4.1 Localización

La zona de estudio se localiza en la región centro norte de la costa ecuatoriana, en las provincias de Esmeraldas y Manabí, teniendo como límites referenciales las poblaciones de La Tola (UTM 718500/131000) al norte y Salango (UTM 516500/9823000) al sur. Las muestras de ceniza que fueron analizadas para el presente estudio fueron recolectadas en sitios arqueológicos, cortes de río y de carretera, a lo largo de la línea costera. En la Figura 1.1 se muestra la zona de estudio y su ubicación con respecto a las otras regiones del país.

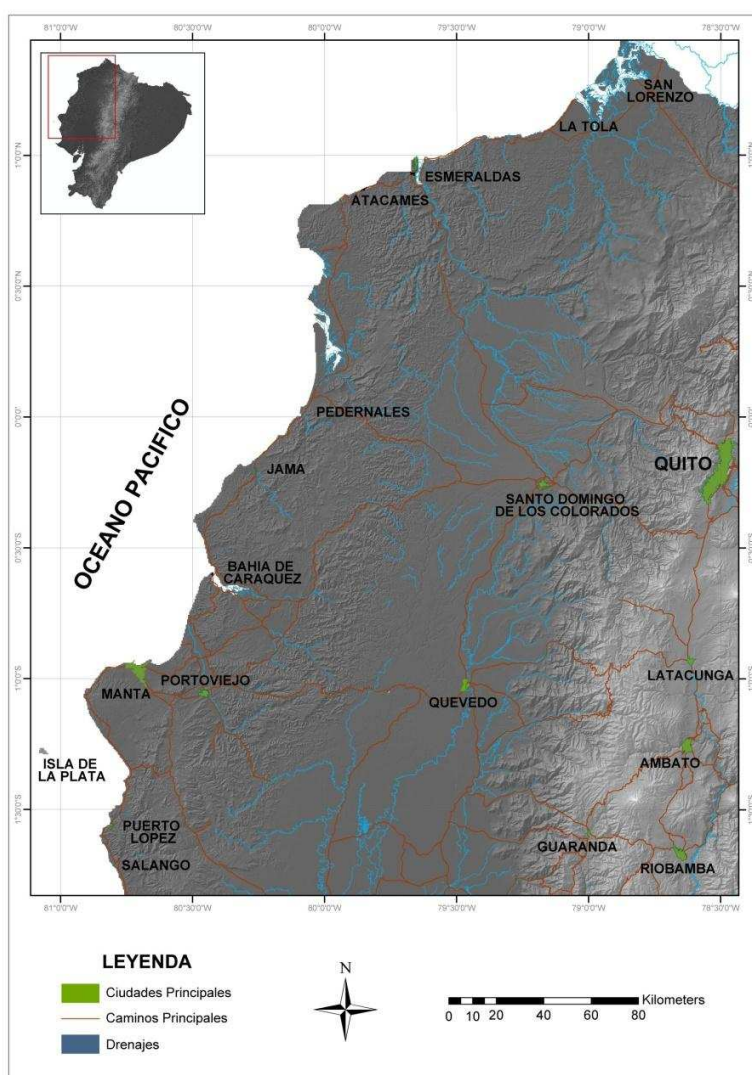


FIGURA 1.1. Mapa con la ubicación de la zona de estudio

1.4.2 Vías de Acceso

La costa ecuatoriana cuenta con una red de carreteras bien desarrollada, que permiten una buena comunicación tanto en sentido norte - sur como de manera transversal entre las diferentes ciudades y pueblos. La vía marginal de la Costa o Vía del Pacífico, (Carretera E15, 748 km de longitud), recorre el borde occidental costero, desde Mataje en la provincia de Esmeraldas, frontera con Colombia, hasta Salinas en la Provincia de Santa Elena.

Para acceder a los lugares de muestreo se utilizó vías de segundo y tercer orden; y senderos locales.

1.4.3 Hidrografía

Existen varias cuencas hidrográficas importantes en esta región, cuyos afluentes nacen en las estribaciones de la cordillera de la Costa y en la Cordillera Occidental de la sierra ecuatoriana. A continuación se describe las principales características de las cuencas más importantes de norte a sur:

Cuenca del Río Santiago (La Tola) nace en la cordillera occidental en los páramos de Piñán, y recoge las aguas de las zonas altas de Lachas, Chacras y Cayapas. Sus afluentes son el Uimbí, el Bogotá, el Tulubí y el Palabí. Se une con el río Cayapas y en la desembocadura forma un delta en la Bahía de Ancón de Sardinas. El sistema de los ríos Santiago y Cayapas riega toda la zona norte de la provincia de Esmeraldas.

Cuenca del Río Esmeraldas baña la provincia del mismo nombre. Es muy caudaloso ya que su cuenca hidrográfica es muy vasta, tiene un área de 21.000 km² y una longitud de 385 km. Sus afluentes más importantes son los ríos: Blanco, Guayllabamba, Viche y Tiaone, siendo los dos últimos navegables. Desemboca en el océano Pacífico formando un notable estuario, en cuyo lado se levanta la ciudad de Esmeraldas.

Cuenca del Río Jama se encuentra bajo la línea ecuatorial (0° 0' 15" S) al norte de la Provincia de Manabí, entre la Bahía de Cojimíes al norte, y la Bahía de Caráquez al Sur. Nace en las estribaciones de la cordillera de la Costa y representa la cuenca más grande de la región septentrional de Manabí. Cubre un área de 1612 km², mientras que su curso principal tiene una longitud de 75 km.

Cuenca del río Chone, se encuentra en el sector central. Es uno de los ríos más grandes e importantes de la costa del Pacífico que nace en la Cordillera Occidental. Sus afluentes recorren la Provincia de Manabí, atravesando la localidad de Chone, desemboca en el Océano Pacífico, en un amplio estuario frente a Bahía.

Cuenca del Río Portoviejo forma una llanura extensa que se extiende desde San Clemente al Norte hasta Crucita en el Sur, donde se presenta un cordón litoral arenoso, playas bajas y un valle bajo que se beneficia del río y de sus aluviones.

1.4.4 Clima, vegetación y fauna

La costa ecuatoriana recibe el influjo de masas de aire húmedo ecuatorial en invierno, y de masas subtropicales, cálidas y secas, procedentes del Pacífico, en verano. La acción de la contra corriente ecuatorial del Oeste contribuye en baja medida a incrementar las lluvias en esta región, por el contrario, son mayores los efectos de la corriente de Humboldt, cuyas aguas frías abandonan la línea de la costa a la altura de Manabí, para dirigirse hacia las islas Galápagos.

Las temperaturas medias oscilan alrededor de 28° C en invierno y 25° C en verano. Ayuda a mitigar el calor del verano un viento del suroeste, frío y seco, procedente del mar. Los principales meses de lluvia se sitúan entre diciembre y mediados de mayo, período considerado como invierno.

Principalmente se consideran dos grandes zonas climáticas de la Costa ecuatoriana:

❖ *Zona cálida-fresca-seca*

Se extiende desde el puerto de Manta al sur y al este hasta la Isla Puná y desde el perfil costanero hasta la cordillera costanera. Sus tierras son secas y áridas. La temperatura ambiental oscila entre 23 y 26 °C, con constantes corrientes de aire procedentes del mar.

❖ *Zona cálida-ardiente-húmeda*

Esta comprende los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera occidental de los Andes. Por estar alejada del mar, su clima es extremadamente caluroso, la temperatura varía entre 26 y 30 °C, con lluvias frecuentes.

En el sector septentrional de la Costa (Esmeraldas y el norte de Manabí), las copiosas lluvias favorecen el desarrollo de frondosas selvas tropicales, donde crecen árboles de maderas finas, árboles de caucho, ceibos, tagua, banano, fibras como las de abacá y toquilla.

Los niveles que corresponden a las "hoyas" interiores templadas, son aptos para la subsistencia de ganado productor de leche y para cultivo de maíz, algunos frutales, trigo, papa; sin embargo toda la región está afectada por los graves estragos de la erosión.

La escasez de las lluvias sobre los relieves más acentuados es la causante del crecimiento de bosques de hoja caduca, entre los cuales hay sabanas de yerbas durísimas.

En la costa se encuentra una fauna de tipo ecuatorial, incluye a el jaguar o tigre americano, los perezosos o "pericos ligeros", osos hormigueros, guacamayos, loros, tucanes, gallinetas, piqueros, golondrinas de mar, lagartos, serpientes venenosas, ganado cebú, etc.

1.5 ESTUDIOS ANTERIORES

En la Región Costera se han realizado varios estudios geológicos principalmente relacionados con la estratigrafía de las diferentes cuencas sedimentarias existentes, estudios de deslizamientos, de geología estructural, etc. Sin embargo, en estos trabajos no mencionan la presencia de depósitos de cenizas volcánicas, los mismos que llegan a tener espesores grandes en varios sectores a lo largo de la zona costera. Lo contrario ocurre en el contexto arqueológico, donde es más común encontrar estudios relacionados con la identificación de este tipo de depósitos.

A continuación se realiza una pequeña reseña de diferentes publicaciones que han contribuido de manera significativa a la realización del presente estudio.

Estrada (1962), en su libro “Arqueología de Manabí Central” realiza una breve descripción de las culturas prehispánicas que ocuparon la provincia mencionada, los sitios excavados hasta aquella época y los diferentes tipos de cerámica recuperados en los diferentes sectores. Presenta varias edades de las culturas prehispánicas útiles para el presente estudio.

Mosquera (1989) en su proyecto de titulación de Ingeniería en la Escuela Politécnica Nacional realizó una breve descripción de dos depósitos de cenizas volcánicas que son parte de la estratigrafía relacionados con vestigios del asentamiento de la cultura Manteña (800 -1535 DC). Dichas cenizas fueron analizadas mineralógicamente sin relacionarlas directamente con algún centro volcánico en la Sierra.

Norton (1992), después de varios años de estudios relacionados con la cultura Valdivia, presenta su libro “5000 años de ocupación”, en el cual menciona que esta cultura quizá fue afectada por eventos volcánicos y tectónicos en los sectores de ocupación.

Zeidler (1994a) en su estudio “Investigaciones Arqueológicas en el Valle Medio del Río Jama” situado en el poblado de San Isidro, se refiere a un sitio de 40 ha aproximadamente, en cuya parte central se encuentra una tola de grandes dimensiones en el Norte de Manabí. La información más importante es que en este sector se desarrolló la Cultura Jama Coaque durante un período de 2.900 años y posiblemente aquí se localiza el asentamiento ápice del área cultural ya mencionada. En este lugar se reconocen tres niveles de tefras, las mismas que sirvieron como marcadores para diferenciar distintas fases de los niveles ocupacionales en los períodos de Integración y de Desarrollo Regional.

Zeidler (1994b) en su trabajo “Investigaciones Arqueológicas en el Valle Bajo del Río Jama” se realizan varios cortes a lo largo del Río Jama y sus afluentes. Se registran tres niveles de ceniza, los mismos que son correlacionados con los encontrados en San Isidro. Se concluye que estas capas son buenas guías para identificar los asentamientos culturales en esta zona. En base a análisis químicos de las cenizas, el autor determinó que están asociadas a los volcanes Atacazo, Tungurahua, ó Pululahua, sin especificar cuál es cual.

Isaccson y Zeidler (1998) analizan la importancia de la afectación en pequeña o gran escala de desastres naturales a los pueblos prehistóricos. En este trabajo se hacen estudios geoquímicos, arqueológicos y de cronología de las cenizas encontradas en sitios arqueológicos tanto de la sierra como de la costa. Determinan que uno de los eventos que han afectado a la zona fue la erupción de 2305 ± 65 a AP del volcán Pululahua.

Hall y Mothes (1999), en base a estudios realizados durante las últimas décadas, presentan un listado de los eventos eruptivos mayores ocurridos en los últimos 13.000 años, cuyos productos fueron depositados principalmente en la Sierra y Costa u Oriente. En un breve resumen se relata los períodos eruptivos de 12 volcanes principales, así como su tipo de erupción, depósitos, y distribución de los

mismos. Este estudio es de suma importancia ya que con los datos presentados se puede correlacionar de una manera sencilla los diferentes niveles ocupacionales en la costa que probablemente fueron afectados por los eventos ya mencionados.

McEwan, Colin y María Isabel Silva (2000), en su libro “La presencia Inca en la costa central de Ecuador y en la Isla de la Plata”, mencionan la presencia de capas de ceniza en las excavaciones realizadas en los trabajos de campo reportadas por *Dorsay (1901)*.

Guinea y Bouchard (2006) presentan en “Avances de investigación en el Ecuador prehispánico” que es la recopilación de varios estudios arqueológicos realizados en el área andina ecuatorial y septentrional, presentando nuevas pautas para investigaciones futuras.

CAPITULO 2

EL VOLCANISMO EN EL ECUADOR

2.1 MARCO GEODINÁMICO DEL ECUADOR

El Ecuador se encuentra en un margen continental activo, caracterizado por la subducción de la Placa Oceánica Nazca por debajo de la Placa Continental Sudamericana desde el Oligoceno (26 Ma) hasta el presente (*Pardo - Casas y Molnar, 1987*) (Fig. 2.1), con una velocidad de 6-7 cm/año y una dirección W a E (*Trenkamp et al., 2002*). La inclinación de la placa subducida varía entre 25 y 30° (*Pennington et al., 1981; Guillier et al., 2001*). Según *Hall y Wood, (1985)*, y *Gutscher et al. (1999)*, el valor de éste ángulo ha tenido una influencia directa en el desarrollo del volcanismo a lo largo del Ecuador.

Dos rasgos geomorfológicos han sido generados por este proceso de subducción. Estos son: 1) la fosa colombo-chilena cuya dirección varía a lo largo del borde de la placa Sudamericana, sin embargo la dirección predominante es N - S, y 2) el desarrollo de la cadena montañosa de Los Andes (Fig. 2.1).

La Cordillera submarina asísmica de Carnegie, que se ubica encima de la placa Nazca, representa uno de los rasgos morfológicos más importantes en el marco geodinámico del Ecuador. Se subduce bajo el continente entre 1°N y 2°S de latitud, con una orientación casi Este-Oeste (*Gutscher et al., 1999; Guillier et al., 2001*). Empezando hace 23 Ma (*Harpp et al., 2003*), el viaje de la Placa Nazca sobre el punto caliente de Galápagos ha dejado una traza de volcanismo sobre la misma (*Sallarés y Charvis, 2003, Collot et al., 2005*), la cual está expresada por esta cordillera submarina de 3 km de altura y 200 km de ancho (*Lonsdale, 1978*). La edad de arribo a la margen continental aún es tema de debate, proponiéndose varias

hipótesis para este evento: *Lonsdale (1978)* y *Pennington et al. (1981)* mencionan una edad de 2 Ma; *Gutscher et al. (1999)* estiman una edad entre 2 y 5 Ma; *Witt et al. (2006)*, 2 Ma; *Spikings et al. (2010)* proponen una edad entre 9 y 15 Ma.

Debido a su naturaleza morfológica y geoquímica, la subducción de Carnegie por debajo de la Placa Sudamericana influye directamente en la tectónica regional y la química del volcanismo activo en el Ecuador continental (*Gutscher et al., 1999; Bourdon et al., 2003; Samaniego et al., 2005, Hidalgo et al., 2007, Hoffer et al., 2008, Samaniego et al., 2009*). Datos más precisos de estos procesos están dados por: *Lonsdale, (1978); Daly, (1989); Pedoja, (2003); y Cantalamesa y Di Celma, (2004)*, quienes atribuyen el levantamiento a lo largo del margen continental y la formación de cuencas ante-arco al ingreso de la cordillera de Carnegie en subducción.

El ingreso de Carnegie por debajo del continente, según varios autores (*Cantalamesa y Di Celma, 2004 y Witt et al., 2006*), es el responsable del desplazamiento relativo del Bloque Nor-Andino, hacia el NNE. Este bloque se encuentra limitado al este y al sur por el sistema mayor de fallas transpresivas dextrales Dolores-Guayaquil, y al oeste por la zona de subducción de la Placa Nazca (*Ego et al., 1996*) (Fig. 2.1).

Soulas et al. (1991), propone que el sistema de fallas, el límite sur y oriental del Bloque Nor-Andino, se origina en el Golfo de Guayaquil, continúa a lo largo del segmento de fallas Pallatanga, atraviesa al nido sísmico de Pisayambo, y luego con una dirección NNE continúa a través de la Falla Chingual – La Sofía. En Colombia atraviesa al Borde Llanero con dirección NNE y termina en el sistema de fallas Boconó en Venezuela.

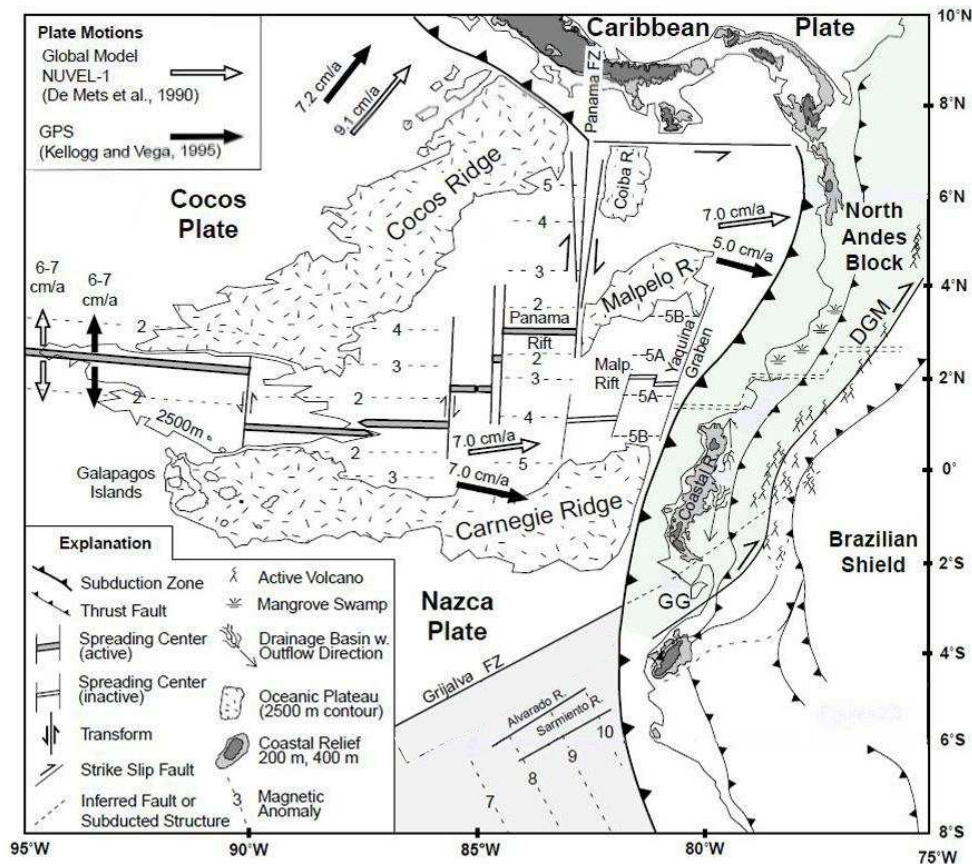


FIGURA 2.1: Esquema geodinámico del sistema de subducción Nazca – Sudamérica, región Ecuador, Modificado a partir de *Gutscher et al. (1999)*.

2.2 HISTORIA GEOLÓGICA DEL ECUADOR

En el Ecuador se pueden identificar tres regiones fisiográficas, las cuales reflejan un mismo número de provincias geológicas (Fig. 2.2). Estas son: el “Oriente” o Llanura Amazónica al este de los Andes, “Sierra” que comprende la Cordillera de los Andes, y “Costa” que se refiere a las zonas de baja elevación al occidente de los Andes. A continuación se hace una descripción de cada una de éstas regiones:

El **Oriente** lo constituye una cuenca sedimentaria de trasarco formada bajo un régimen compresivo, de edad Mesozóica a Cenozóica (*Baby et al., 2004*), la cual

incluye una secuencia calcárea de lutitas de plataforma y se encuentra sobreyaciendo a un basamento cratónico de edad Paleozóico y pre-Cámbrico (*Tchopp, 1953*).

La región **Sierra** está conformada por dos cordilleras paralelas, la Cordillera Occidental y Cordillera Real u Oriental, ambas separadas por una depresión estructural denominada el Valle Interandino, el cual se encuentra cubierto por volcano-sedimentos de edad Cuaternaria (*Hall y Beate, 1991*). A continuación se describen el basamento de los tres rasgos estructurales que constituyen la Región Sierra:

La **Cordillera Occidental (CO)** está constituida por un basamento oceánico, el terreno Piñón – Pallatanga de edad Cretácico temprano (*Cosma et al., 1998; Reynaud et al., 1999*) acrecionado al continente a través de la sutura Calacalí – Pujilí – Palenque (*McCourt et al., 1998; Hughes y Pilatasig, 2002*) durante el Campaniano (*Aspden et al., 1992; Hughes y Pilatasig, 2002*). También se encuentra asociada una secuencia de rocas volcánicas oceánicas y turbiditas marinas de Cretácico temprano - tardío, así como una secuencia volcanosedimentaria de arco insular de edad Paleocénica (*Hughes y Pilatasig, 2002, Jaillard et al., 2004*).

La **Cordillera Real (CR)** está conformada por rocas metamórficas de edad Paleozóica a Mesozóica (*Litherland et al., 1994*) las cuales forman un cinturón de rumbo NNE a lo largo de la Cordillera desde el límite norte con Colombia hasta el límite sur con Perú. Al límite SW se encuentra el Bloque Amotape Tahuín (BAT) (*Aspden et al., 1995*) formado enteramente por rocas metamórficas de características similares a la CR, sin embargo su orientación es este-oeste aproximadamente. Se presume que el BAT se formó por un desmembramiento de la CR durante el Jurásico tardío – Cretácico temprano en sentido anti horario (*Aspden et al., 1992*) generando así la formación de la Cuenca Alamor – Lancones (*Jaillard et al., 1999; Egüez y Poma, 2001*).

Sobre un presumido basamento de rocas metamórficas, que correspondería a la extensión de la CR (*Feininger y Saguin, 1983*), se ha formado el **Valle Interandino (VI)** el cual se encuentra relleno por rocas volcánico – sedimentarias cuyas edades varían desde el Mioceno hasta el Presente (*Barberi et al., 1988; Hall y Beate, 1991*). El VI tiene una longitud de 300 km y su ancho varía entre 20 y 30 km, forma una depresión cuya altura varía entre 2000 y 3000 m snm. El VI desaparece a la latitud de 2° 30' S en la unión de las dos cordilleras Oriental y Occidental para formar una sola al Sur de esta latitud (*Hall et al., 2008*). Su formación se atribuye al fallamiento complejo ocurrido en el Cuaternario (*Hall et al., 2008*).

La **Costa** está caracterizada por una serie de cuencas de ante-arco, cuyas rocas de edades Mesozóicas a Cenozóicas yacen sobre un basamento formado por rocas oceánicas, terreno Piñón de edad Cretácico temprano (*Hughes y Pilatasig, 2000*). Desde el Paleoceno estas cuencas tienen el aporte de sedimentos de la CO (*Jaillard et al., 1997; 2005*), siendo las más importantes de Norte a Sur las de: Borbón, Esperanza, Progreso, Esperanza y Jambelí (*Witt et al., 2006*).

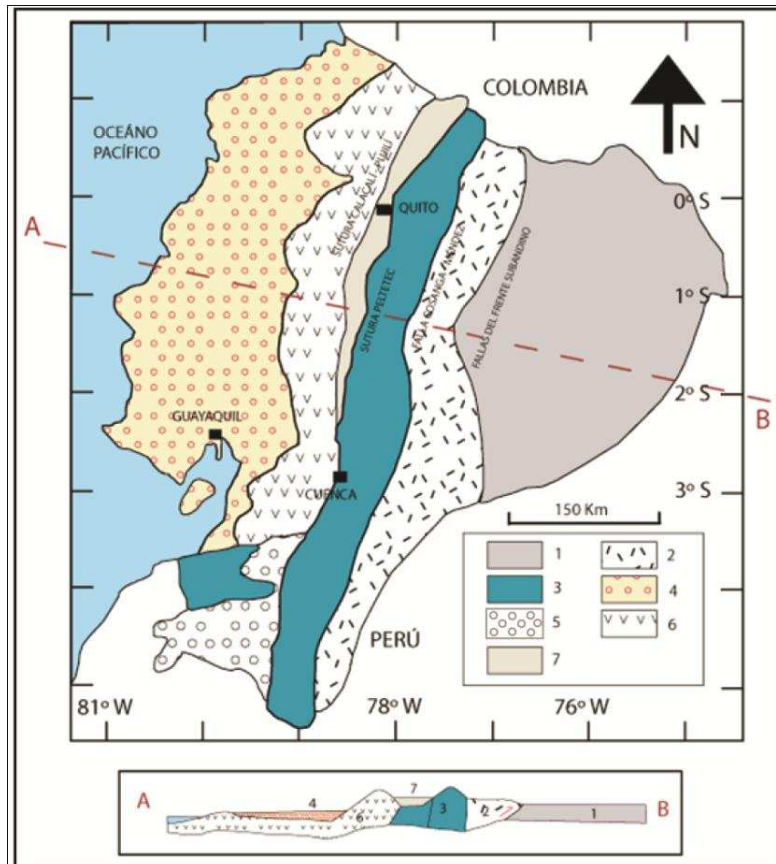


FIGURA 2.2 Mapa esquemático de las regiones fisiográficas del Ecuador, y corte a $\pm 0.5^\circ$ N.
 Leyenda: 1.- Cuenca Oriente; 2.- Zona Sub-andina; 3.- Cordillera Real y Bloque Amotape Tahuín;
 4.- Costa; 5.- Cuenca Alamor-Lancones; 6.- Cordillera Occidental y 7.- Valle Interandino.
 (Modificado de *Aspden et al.*, 1992.)

2.3 CARÁCTER DEL VOLCANISMO EN EL ECUADOR

2.3.1 Generalidades

Ecuador junto con Colombia forma parte de los Andes septentrionales, conocida internacionalmente como la “Northern Volcanic Zone” (NVZ). En el Ecuador la NVZ tiene rumbo de NNE-SSW, alturas que varían entre 3500 y 6000 msnm, una longitud de 650 km y un ancho de 150 km aproximadamente. Está conformada por dos cordilleras paralelas: la Oriental o Real y la Occidental, las

cuales se encuentran separadas por el Valle Interandino, como ya se ha indicado anteriormente.

Desde el Plioceno tardío hasta el presente, las dos cordilleras y el Valle Interandino han sido los sitios del volcanismo caracterizado por la formación de un gran número de estrato – volcanes. Adicionalmente, se reconoce otra zona de volcanismo, el Tras Arco que se ubica al pie oriental del la CR, en la zona sub-andina. Se destaca el agrupamiento de los centros eruptivos en base a sus características morfológicas, estilo eruptivo, la diversidad petrográfica y química (*Hall y Beate, 1991; Monzier et al., 2003; Hall et al., 2008*).

Se presenta a continuación la división de éstas agrupaciones según *Hall et al., 2008* (Fig. 2.3):

❖ ***Cordillera Occidental:***

Los centros eruptivos localizados en la Cordillera Occidental corresponden al Frente Volcánico ecuatoriano. Se sitúan sobre rocas de plateau oceánico y volcano-sedimentos que conforman el basamento de la Cordillera Occidental. Los centros se presentan con espaciamentos de 30-35 km entre sí. Son estrato - volcanes del Plioceno tardío al Holoceno con actividad andesítica, silícica, o dacítica. Las erupciones más recientes e importantes correspondientes a este período han sido las de los volcanes Quiltoa (800 a AP), Guagua Pichincha (1999, 1660 a AD), Pululahua (2300 a AP), Ninahuilca (2270 a AP), y Cuicocha (3000 a AP).

❖ ***Cordillera Real***

Los centros volcánicos localizados en la CR se desarrollaron sobre rocas metamórficas mesozóicas y volcánicas terciarias tardías. Son estrato-volcanes cuya altura varía entre 4700 y 5900 m snm, varios han presentado colapsos sectoriales sucesivos, entre ellos se encuentran: Tungurahua, Cotopaxi y Reventador (ubicado en el Tras Arco, pero con afinidad geoquímica similar a la de los volcanes de la

Cordillera Real). Los volcanes Antisana y Cayambe también pertenecen a este grupo, sin embargo su actividad no ha sido tan frecuente en comparación con los volcanes antes mencionados. La actividad característica de estos volcanes es la generación de flujos de lava, flujos piroclásticos, caída de ceniza y escoria con una dirección preferencial hacia el W, debido al régimen de los vientos dominantes. Las rocas representativas son andesitas ácidas, de afinidad calco-alkalina (56–61% SiO₂, 1–2% K₂O). Sin embargo se ha identificado varios períodos con actividad riolítica importante en el volcán Cotopaxi (*Hall y Mothes, 2008*).

❖ **Valle Interandino**

Los volcanes pertenecientes a este grupo son edificios andesíticos antiguos. Los volcanes Illaló, Pasochoa y Rumiñahui representan edificios del Pleistoceno; otros ejemplos son los volcanes Cusín, Mojanda, Fuya Fuya, Imbabura, Igualata, Llimpi – Huisla. La altura de estos edificios varía entre 3800 y 4700 m snm. Varios de ellos presentan remanentes de calderas con domos. Las rocas de estos volcanes consisten de andesitas básicas de dos piroxenos y su composición química está representada por 57–60% SiO₂ y 0,5–1% K₂O.

❖ **Tras arco**

Estos volcanes se encuentran en la Amazonía al Este de la CR. Son volcanes alcalinos cuya altura varía entre 2000 y 4000 m snm. El volcán Sumaco es un claro ejemplo de este grupo, cuyos flujos de lava ricos en haüina han recorrido varias decenas de kilómetros, sin embargo no se conoce sus edades. Otros ejemplos de este grupo de volcanes son los conos que se encuentran cerca al Puyo cuya afinidad es alcalina. Las rocas son principalmente basanitas y tefritas con una composición de 42-53% SiO₂, 1–5% K₂O. Otros volcanes representativos son Cerro Negro de Yanaurco y Pan de Azúcar.

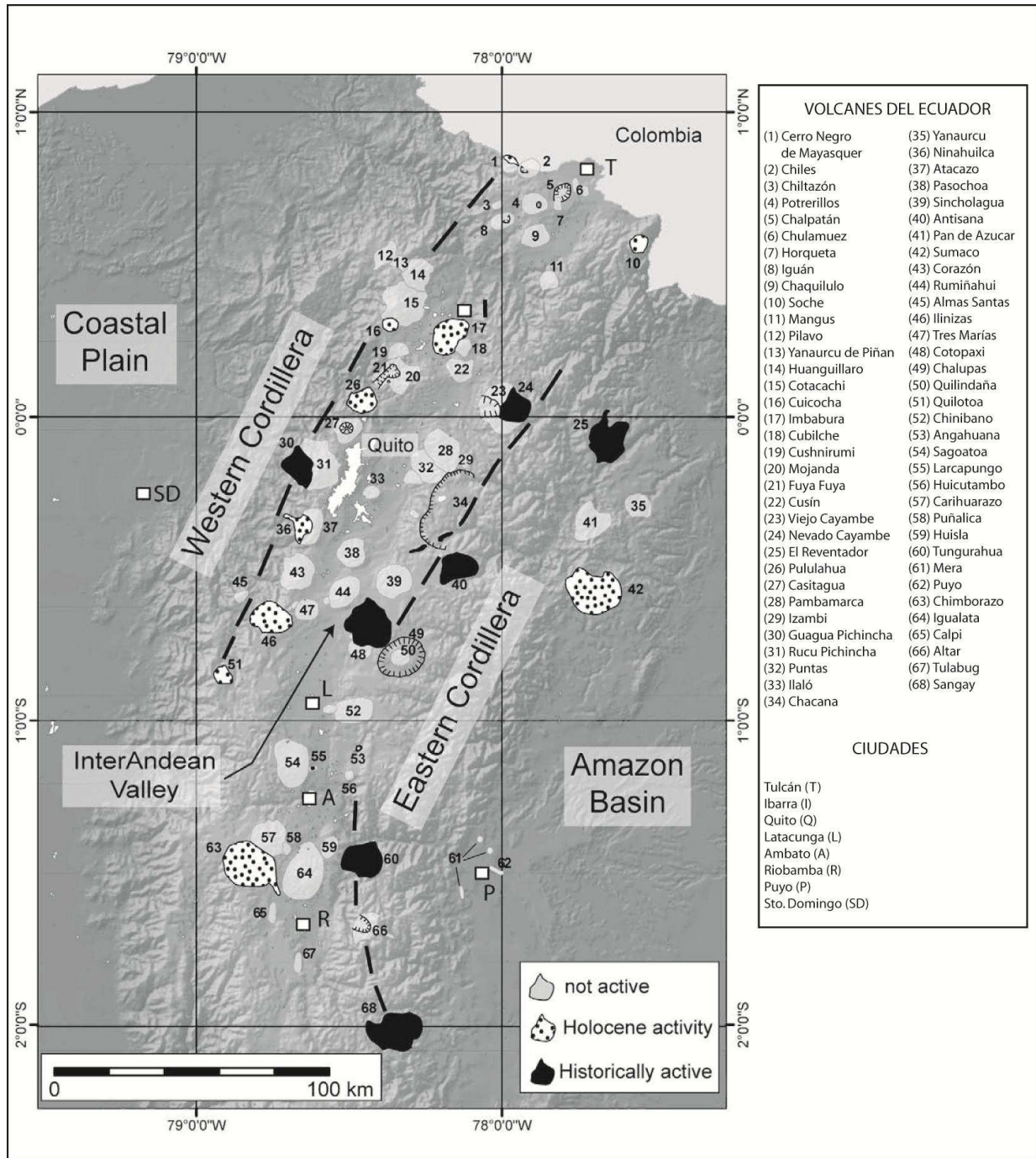


FIGURA 2.3 Distribución de los volcanes continentales en el Ecuador, en las dos cordilleras, valle interandino y tras arco. (Modificado de Hall *et al.*, 2008)

2.3.2 Clasificación de erupciones

Al hacer referencia a un episodio eruptivo importante acaecido en el pasado es indispensable hablar del Índice de Magnitud y Explosividad Volcánica (VEI) (*Newhall y Self, 1982*), de manera que sea posible tener una idea de la dimensión de la erupción, los productos emitidos, el volumen depositado y la distribución en la superficie terrestre.

Existen varios conceptos del VEI y a continuación se hace mención a algunos de ellos: **(1)** Se refiere a una amplia clasificación para describir el tamaño de las erupciones explosivas, y se basa principalmente en la masa o volumen del depósito emitido (*Pyle, 2000*); **(2)** Medida del tamaño de una erupción, basada principalmente en la magnitud, intensidad y poder de destrucción de una erupción, tiene una escala de 8 puntos (*Cioni, 2000*), **(3)** Una medida de la energía y magnitud de las erupciones volcánicas basadas en importantes parámetros básicos que incluyen la duración de la erupción y su estilo, volumen y productos de erupción, y la altura de la columna de erupción. (*Begét, 2000*). En la Tabla 2.1 se presenta la clasificación adaptada del VEI.

Índice de Explosividad Volcánica (VEI)

Índice VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción general	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada-grande	Grande	Muy grande			
Descripción cualitativa	Gentil	Efusiva	← Explosiva →		← Cataclísmica, paroxysmal →				
Volumen eruptivo máximo de tefra (m ³)	10 ⁴	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	10 ¹⁰	10 ¹¹	10 ¹²	10 ¹³
Altura de columna eruptiva (km)	<0.1	0.1 - 1	1 - 5	3 - 15	10 - 25	>25			

TABLA 2.1 Clasificación del Índice de Explosividad Volcánica.

(Adaptada de *Newhall y Self, 1982*)

Como se observa en la Tabla 2.1, erupciones volcánicas con VEI igual o mayor a 4 son eventos de gran magnitud, produciendo depósitos de flujos piroclásticos, surges, depósitos de caída de ceniza (tefra), etc., material que llega a depositarse hasta varios cientos de kilómetros del centro de emisión.

En el Ecuador varias erupciones volcánicas han alcanzado estos índices, de manera que es posible encontrar depósitos de ceniza muy bien conservados en varias regiones del país. El ejemplo más claro es la erupción pliniana (VEI 6-7) del volcán Chalupas hace 211 Ma (referencia para la edad) produjo un gran flujo de pómez y ceniza de varias decenas de metros de espesor, el cual es posible trazar a lo largo del Valle Interandino por decenas de kilómetros (*Hall y Mothes, 2007*). En la región costera se encuentran depósitos de la caída de ceniza asociada a este evento que alcanzan hasta tres metros de espesor (cf. capítulo IV y V).

Adicionalmente, otros niveles de ceniza han sido reportados en Manta y en la Isla de la Plata (*Dumont et al., 2006*) indicando que la actividad volcánica en el pasado fue muy importante.

En la Tabla 2.2, *Hall y Mothes (1999)* muestra un registro de las erupciones más importantes generadas durante el Holoceno tardío, relacionadas con los períodos arqueológicos existentes. Se debe tomar en cuenta que desde esta publicación, otros estudios recientes destacan erupciones que también han dejado huellas en los períodos arqueológicos, por ejemplo, la erupción del volcán Guagua Pichincha hace 3500 a AP (*Samaniego et al., 2009*).

IMPORTANTES ERUPCIONES HOLOCÉNICAS CONOCIDAS		
Período Arqueológico*	Edad aAP	Evento Volcánico
	290	Guagua Fichincha (GPHL1)
	400,700 & 900	Cayambe
Integración	810	Quilotoa I
	980	Guagua Fichincha (GPHL-2)
Desarrollo Regional	1400	Guagua Fichincha (GPHL-3)
	<1500	10 - 20 cm de ceniza sobre cerámica - V. de Chota
Formativo	2260	Cotopaxi (Peñas Blancas)
	2305	Pululahua (PUL1)
	2350	Ninahuilca (N6)
	2990	Cuicocha (Fase B)
	3000	Colapso del Tungurahua
	3100	Cuicocha (Fase C)
	3400	Cerro Negro
	3470 - 4050	Azufral de Túqueres
	3550	Guagua Fichincha - Colapso domo Toaza
	4500	Cotopaxi (CCS)
	4770	Ninahuilca (N5)
	5440	Ninahuilca (N4)
	5700	1 metro de ceniza
5800	Cotopaxi (F)	
Paleo - Indio	6000-10000	Cotopaxi (Sub - F)
	8150	Guagua Fichincha (GPHL-4)
	8210	Ninahuilca (N3)
	8600	El Soche
	10000	Última Glaciación - Cordillera Real
	11350 (promedio)	Pululahua (PU3)
	11500	Ninahuilca
	11750	Guagua Fichincha. (GPHL5)
	12850	Galeras
	>13200	La glaciación en las dos cordilleras ha borrado la tefroestratigrafía más antigua

TABLA 2.2 Importantes erupciones Holocénicas. * Esta lista no está completa, pues no incluye erupciones de poco impacto. (Modificado de *Hall y Mothes, 1999*)

2.3.3 Probables Fuentes Volcánicas

En el Ecuador continental existe un total de 68 volcanes (Fig. 2.3), de los cuales 50 se consideran extintos y 18 como activos durante el Holoceno. Estos 18 han producido erupciones importantes en las épocas pre-incáica, histórica, y en la

actualidad (Tab. 2.2). Muchas de ellas resultaron en muertes y daños materiales en muchas poblaciones (*Hall et al., 2008*). Estos volcanes se extienden desde el volcán Cerro Negro de Mayesquer en la frontera con Colombia hasta el volcán Sangay en el sur.

Durante el Holoceno en el Ecuador se han reconocido 6 erupciones mayores cuyos depósitos cubrieron cientos de kilómetros cuadrados a partir del centro de emisión y que probablemente coinciden con los encontrados a lo largo de la zona costera. Los seis volcanes, fuentes probables de los depósitos de ceniza encontrados en la zona costera, se encuentran en la Cordillera Occidental y Cordillera Real.

Hall y Mothes (1999), presentan una compilación de los volcanes que pudieron haber causado algún tipo de afectación a los grupos prehispánicos en los diferentes períodos ocupacionales durante el Holoceno, más precisamente durante los últimos 7000 años. Al considerar erupciones de gran impacto (Tab. 2.2), se observa claramente que existen seis volcanes principales que tuvieron erupciones importantes durante el período mencionado, de Norte a Sur, estos son:

- A.** Cuicocha
- B.** Pululahua
- C.** Guagua Pichincha
- D.** Ninahuilca
- E.** Cotopaxi
- F.** Quilotoa

A continuación se realiza una corta descripción de las características principales de los 6 volcanes mencionados, así como también su historia eruptiva y sus productos volcánicos típicos, haciendo énfasis en las erupciones cuyos VEI alcanzaron valores altos entre 3 y 5, éstos son:

A. COMPLEJO VOLCANICO CUICOCHA

❖ Marco Fisiográfico

El volcán Cuicocha (0.31°N , 78.36°W ; 3250 m snm) (Fig. 2.3), se encuentra en la Cordillera Occidental en la Provincia de Imbabura, al NO de los poblados de Otavalo y Cotacachi. Figura como ventos satélite del Volcán Cotacachi cuya actividad parece haber estado restringida al Pleistoceno (*Barberi et al., 1988*). Está formado por una caldera de 2.5 km de diámetro y cinco domos lávicos localizados en la pared de la caldera y en las dos islas dómicas en la laguna que actualmente ocupa la caldera. Forma parte del complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha, (Fig. 2.4) (*Hillebrandt, 1989; Hall y Mothes, 1994*).



FIGURA 2.4 Caldera del Volcán Cuicocha con su laguna y sus domos.

Atrás se observa el volcán Cotacachi (Foto: P. Ramón, IG-EPN)

❖ **Carácter e Historia Eruptiva Reciente:**

La historia eruptiva ha sido extensa. Se cree que la erupción más antigua fue hace 40.000 a AP (*Hillebrandt, 1989*), con la formación de varios centros de actividad localizados en todo el edificio. Se han identificado por lo menos cuatro períodos de actividad del Cuicocha. Los depósitos característicos de los eventos incluyen: flujos piroclásticos, que llegaron hasta las ciudades de Otavalo y Cotacachi; y depósitos de “block and ash” por colapso de domo productos del crecimiento y colapso de los domos. Cada evento está caracterizado por una dacita de color gris claro, con fenocristales de hornblenda, hipersteno, plagioclasa y cuarzo (*Hillebrandt, 1989*).

Según *Hillebrandt (1989)*, se han reconocido cuatro fases en el proceso eruptivo del Cuicocha: Fase D, Fase C, Fase B y Fase A. A continuación se hace una reseña de las fases mencionadas:

- **Fase D (CUI D):** Se refiere al período más antiguo. Corresponde a la reactivación del complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha. En este período se forma el centro volcánico Cuicocha y el domo que lleva su mismo nombre en el lado oriental. Ha sido posible identificar flujos de colapso del domo, localizados en las cercanías a la laguna, sin embargo hasta la actualidad no se ha reconocido una caída de piroclastos relacionados a este evento.

- **Fase C (CUI C):** Se caracterizó por fuertes erupciones con grandes flujos piroclásticos y oleadas que descendieron por los flancos S-SE hasta llegar a las ciudades de Cotacachi y Otavalo, dejando así, por colapso, la caldera actual. Los depósitos de caída de lapilli y ceniza se localizan principalmente al O del centro de emisión, sin embargo es posible encontrarlos intercalados con sedimentos tanto de las lagunas Cunro y San Pablo (*Athens, 1990; Steinitz-Kannan et al., 1988*), como en Mojanda y en el valle de Cayambe, donde subyacen a un horizonte cultural.

Los depósitos de caída consisten en lapilli y ceniza con mucha pómez y pocos líticos. La pómez es de color gris claro, liviana, bien vesiculada y contiene abundantes fenocristales de plagioclasa, cuarzo y hornblenda y pequeños cristales de hipersteno y magnetita.

Es típico encontrar fragmentos de roca hidrotermalizada y basaltos antiguos. Las oleadas que finalizan esta actividad han sido datadas en 3100 ± 150 a AP (*Rubin, 1987*). La erupción concluyó con la formación de los domos de la Isla Yerovi los cuales son más erosionados que los de la isla Wolf (Fig. 2.4).

- **Fase B (CUI B):** Se desarrolló cientos de años después de la Fase C. En esta fase se generaron flujos piroclásticos y oleadas menos voluminosos, los cuales bajaron por los flancos y cubrieron el abanico piroclástico generado en las fases anteriores, Esta fase se terminó con la generación de los domos no erosionados de la Isla Wolf de la Laguna de Cuicocha (Fig. 2.4).

La petrografía de esta fase es similar a la de la fase C, cuyo detalle se encuentra en la Tabla. 2.3. La edad del flujo piroclástico es 2990 ± 300 a AP (*Rubin, 1987*).

- **Fase A:** Corresponde a los últimos 3000 años, sin embargo no existen evidencias de actividad eruptiva en el volcán Cuicocha durante este período (*Hall y Mothes, 1994*), sugiriendo que esta fase fue de reposo.

❖ **Estratigrafía**

A continuación se presenta en la Tabla 2.3 la columna estratigráfica sintética de la historia eruptiva del Volcán Cuicocha.

Espesor (cm)	Unidad	Descripción del depósito*	Edad (a AP)
50		Suelo actual: arenoso, color café	
	CUI B	Oleadas, flujos piroclásticos y caídas. Caída: lapilli fina y ceniza gruesa gris de pómez y líticos. Pómez blanca amarillenta. CMP: plag. 70%; hbd. 25%; hip. 1%; mgt 5%; czo 1%. Formación de domos de la Isla Wolf	2990 ± 300
15		Paleosuelo negro, arenoso	
	CUI C	Flujos piroclásticos masivos y oleadas. Caídas de lapilli de pómez en la región. Pómez gris clara CMP: similar a la unidad B. Formación de domos de la isla Yerovi.	3100 ± 150
25		Paleosuelo orgánico, negro, arcilloso	
	CIU D	Formación del domo Cuicocha y su colapso-evento local; no generó mucha ceniza aérea	No hay datación
75		Paleosuelo orgánico, negro, arcilloso	

TABLA 2.3 Columna estratigráfica del Volcán Cuicocha, tomado de *Hillebrandt (1989)*. *Las siglas utilizadas son: plag: plagioclasa, hbd: horblenda, hip: hipersteno, mgt: magnetita, czo: cuarzo, CMP: composición mineralógica de la pómez.

Según Hillebrandt las capas de caídas de estas fases no son muy evidentes en las cercanías del volcán. Pero si han sido identificadas al O del mismo (*Hall y Mothes, notas no publicadas*).

B. COMPLEJO VOLCÁNICO PULULAHUA

❖ Marco Fisiográfico

El volcán Pululahua, (0.02°N, 78.49°W; 3360m snm) (Fig. 2.3) se encuentra en la Provincia de Pichincha al O de San Antonio de Pichincha, 20 km al N de Quito. Forma parte del complejo volcánico que lleva el mismo nombre y consiste de una caldera abierta hacia el O y una docena de domos distribuidos tanto en las paredes de la caldera como al interior de la misma (*Andrade, 2002*) (Fig. 2.5).

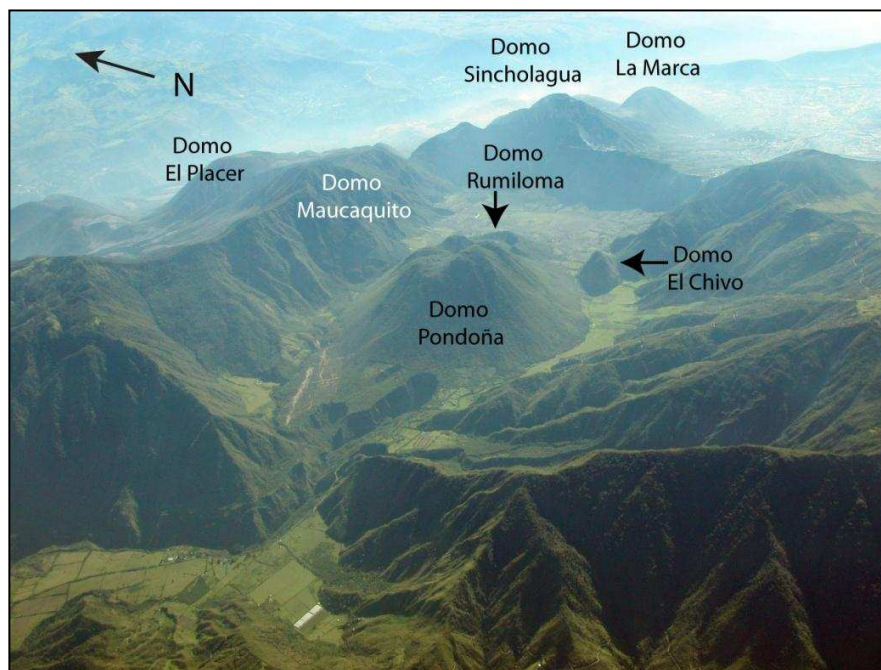


FIGURA 2.5 Complejo Volcánico Pululahua visto desde el WNW. (Foto: P. Ramón, IG-EPN)

❖ **Carácter e Historia Eruptiva Reciente:**

La larga historia eruptiva del complejo volcánico Pululahua se ha caracterizado por la formación de domos y sus subsiguientes colapsos, la formación de su caldera, flujos piroclásticos, caídas de ceniza y otros eventos volcánicos (*Hall y Mothes, 1994; Andrade, 2002*).

Según *Andrade (2002)*, la historia volcánica del complejo volcánico Pululahua puede resumirse de la siguiente manera:

1. En el Pleistoceno tardío hubo extrusión de domos (**Unidad I**), al norte del volcán. Estas erupciones se caracterizaron por ser no - explosivas. Los depósitos asociados a estos domos son flujos tipo “block and ash” producidos por colapso de domos.

2. Posteriormente, un segundo grupo de domos (**Unidad II**) creció al sur y oeste de la Unidad I, destruyendo parcialmente a los domos más sureños de la misma. El estilo de las erupciones de esta Unidad fue muy similar al de la Unidad I,

depositándose solamente productos de los flujos “block and ash” (colapso de domo). El domo más joven de la Unidad II (domo La Marca) fue extruido posiblemente entre 11940 y 10800 a AP.

3. La siguiente fase se caracteriza por una serie de grandes eventos explosivos que produjeron la destrucción de gran parte de los domos anteriores, resultando así en una caldera y la generación de grandes flujos piroclásticos y caídas ricas en lapilli de pómez. Estos eventos explosivos comenzaron en ~2485 a AP y parecen haber tenido una duración relativamente prolongada en el tiempo dado que se formaron superficies de erosión evidentes y pequeños suelos incipientes entre los mismos.

Según *Hall y Mothes, (1994)*; la tefra de lapilli y ceniza blanca de esta fase se distribuyó regionalmente sobre miles de kilómetros cuadrados. Es fácilmente reconocible por su posición estratigráfica, por la naturaleza de su pómez blanca, de los fragmentos líticos alterados de basalto y argilitas negras, y por su mineralogía característica. Esta caída ha sido reconocida en algunos cortes, hasta Cayambe al NE; al O hasta San Isidro y al S hasta San Juan, entre el Guagua Pichincha y el Atacazo; y en Nanegalito y los alrededores de Mindo.

Según *Isaacson y Zeidler, (1999)* esta erupción influye en la terminación del nivel cultural Formativo Tardío en el Norte de Manabí. Esto fue determinado a partir de la identificación de la ceniza volcánica en cortes realizados en varios sectores arqueológicos de Tulipe, NO de Pichincha, y San Isidro en la Provincia de Manabí.

Al terminar la fase explosiva, se produjo la extrusión de un nuevo grupo de domos (**Unidad III**). El crecimiento de estos domos rellenó parcialmente la caldera y produjo nuevos flujos tipo “block and ash” que se orientan sobre todo al occidente, generando una serie de pequeñas caídas de pómez, sobre todo en los flancos occidental y suroccidental de la caldera. Se debe considerar que estos depósitos tienen un rango de edad entre 2485 a AP y 800 a AP, en base a la capa guía de la erupción del volcán Quilotoa (*Mothes y Hall, 2008*).

La composición típica en estas erupciones es: pómez de color blanco a gris claro, fragmentos líticos alterados, y una composición mineralógica que consiste en 70% de plagioclasa, 20% de hornblenda, 1-3% de hipersteno, 5% de cuarzo y 3% de magnetita, aproximadamente; no se observa biotita ni clinopiroxeno (Hall, 1994).

❖ Estratigrafía

La estratigrafía del Complejo Volcánico Pululahuá se puede resumir en las siguientes columnas estratigráficas de lugares en los cuales afloran la mayor parte de las Unidades descritas por Andrade, (2002) (Fig. 2.6).

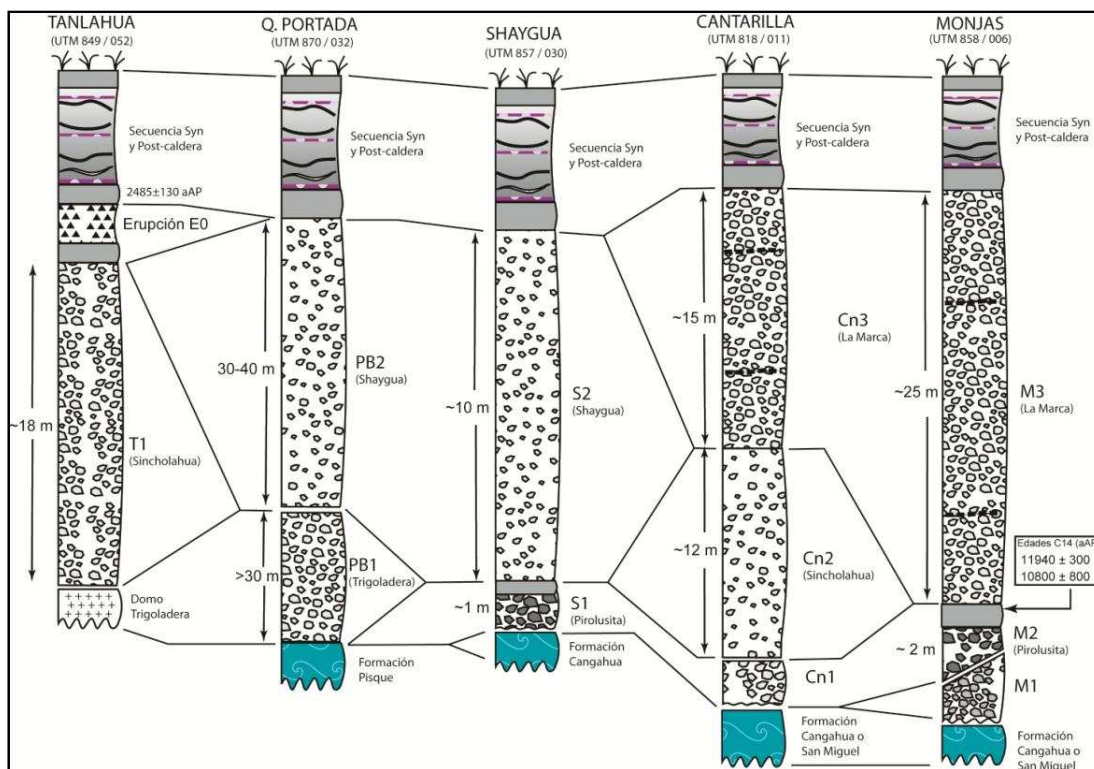


FIGURA 2.6 Estratigrafía resumida del Complejo Volcánico Pululahuá.

Tomado de Andrade (2002).

C. VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA

❖ Marco Fisiográfico

El volcán Guagua Pichincha (0.17°S , 78.61°W ; 4794 m snm) (Fig. 2.3), se encuentra en la Cordillera Occidental, en la Provincia de Pichincha, ubicado a unos 9 km al O de Quito. Es el centro eruptivo más joven y occidental del complejo volcánico Pichincha junto a los otros centros ya apagados, Rucu – Pichincha y Cónдор-Huarchana. Es un estrato-volcán con una caldera abierta hacia el O en cuyo piso se encuentra un pequeño domo volcánico, que da origen a mucha actividad fumarólica y a explosiones freáticas (Fig. 2.7) (Hall y Mothes, 1994). En 1999 el volcán se reactivó y se produjeron una serie de erupciones cuyos flujos piroclásticos y caídas de ceniza tuvieron un gran impacto socio-económico sobre Quito.



FIGURA 2.7 En la parte delantera se observa la caldera y domos del Volcán Guagua Pichincha visto del Oeste, mientras que en la parte trasera se encuentra el volcán extinto Rucu Pichincha (Foto: J. Bustillos, IG-EPN).

❖ **Carácter e Historia eruptiva reciente:**

Los estudios realizados por *Geotérmica Italiana*, (1989) y *Barberi et al.* (1992); mencionan varios eventos volcánicos ocurridos en el pasado. Las edades de los mismo son: 550 DC, 970, 1582, 1575, 1566 y, en 1660 DC, los cuales fueron caracterizados por caídas de lapilli en Quito, flujos piroclásticos, colapsos de domos y lahares en los valles de los flancos occidentales del complejo volcánico. En los últimos doscientos años se han producido varios períodos de actividad fumarólica y freática, el último de ellos ocurrido desde 1981 al presente (*Robin et. al*, 2008). Según *Aristizabal*, (2007); la etapa eruptiva ocurrida entre 1999 y 2001 incluyó explosiones plinianas y subplinianas, con la generación de flujos de bloques y ceniza, flujos de escombros, y caídas de ceniza y lapilli.

Robin et al. (2008); realizan la más reciente cronología de los eventos volcánicos ocurridos en el volcán Guagua Pichincha, desde 4000 a AP hasta las erupciones históricas. Esta cronología se muestra a continuación:

a. Actividad explosiva entre 3000 y 4000 a AP (Holoceno Tardío)

Estos depósitos son principalmente flujos tipo “block and ash” desde el domo central, y depósitos de flujos de escombros, localizados en los valles de los Ríos Cristal y Cinto. Las rocas varían de andesitas ácidas a dacitas (62-65% SiO₂). Nuevas dataciones indican que el crecimiento del domo Toaza sucedió entre 4000 y 3000 a AP, produciendo varias caídas de ceniza relacionadas con su actividad explosiva.

b. Primer ciclo de los últimos 2000 años AP (1900 y 1800 a AP)

La estratigrafía de este primer ciclo muestra una secuencia de los eventos del Guagua Pichincha conjuntamente con depósitos de tefra de los volcanes Pululahua y Quilotoa. Está comprendida por depósitos de surges, lapilli pobremente vesiculada y ceniza gruesa. El volumen de la erupción es estimado en 0.5 km³, alcanzando un VEI 4.

c. Ciclo eruptivo intermedio (1100 y 1000 a AP)

Capas de ceniza gruesa y lapilli fueron depositadas durante este segundo ciclo con espesores de 30 cm en las partes superiores de los flancos y alcanzando hasta 15 cm a 15-20 km al O, NO y, SO del viento. Esta erupción corresponde a un VEI 5. La pómez está compuesta por agrupamientos de fenocristales de plagioclasa y hornblenda, más xenolitos del basamento. La composición química de la pómez es típicamente 65.1 – 65.7 % SiO₂ y las dataciones indican una edad de 970 a AP.

d. Ciclo eruptivo histórico (400 y 300 aAP)

Dos episodios eruptivos ocurrieron en este ciclo: el período de 1566-1582 y el de 1660. La última gran erupción ocurrió el 27 de Octubre de 1660 y generó una gran columna eruptiva y caída densa de ceniza y lapilli de pómez en Quito, dejándola en penumbras por más de 40 horas. También bajaron flujos piroclásticos por los valles occidentales. La caída de ceniza se depositó hasta varios cientos de kilómetros del volcán y se caracteriza por ser blanquecina-amarillenta o gris clara. Su composición está entre 62.6 y 64.2% de SiO₂.

Según *Hall y Mothes, (1994)*, estos dos episodios eruptivos han tenido un fuerte impacto en la provincia de Pichincha, de manera que es posible encontrar sus depósitos al E hasta Cumbayá, al S en el Atacazo y el sector de Chillogallo, y al O hasta Mindo.

❖ Estratigrafía

La Figura 2.8 se muestra la estratigrafía resumida según *Robin et al. (2008)*.

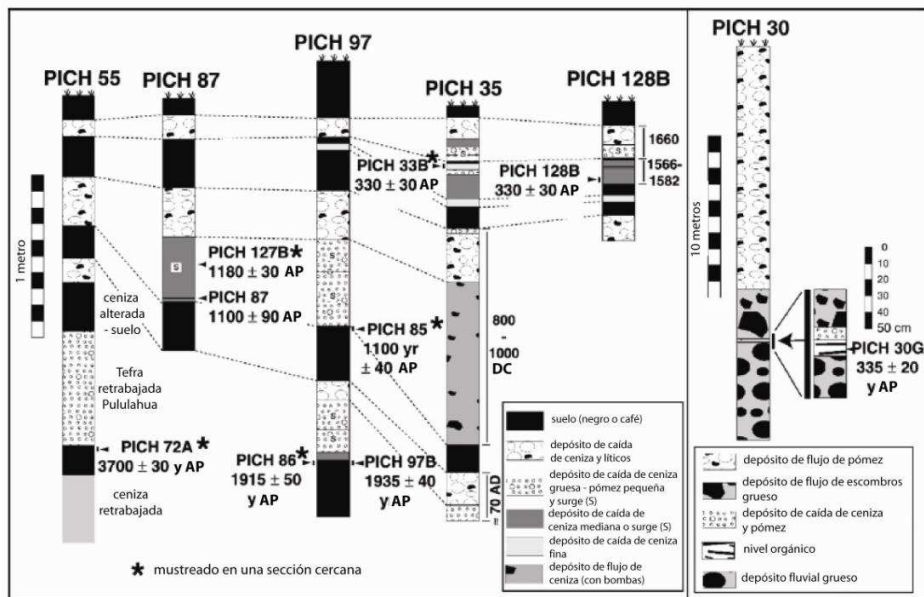


FIGURA 2.8 Columna estratigráfica de los eventos eruptivos ocurridos durante los últimos 2000 años del volcán Guagua Pichincha. Tomado de *Robin et al. (2008)*.

D. COMPLEJO VOLCÁNICO ATACAZO - NINAHUILCA

❖ Marco Fisiográfico

El Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (0.38°S, 78.64°W; 3830m snm), (Fig. 2.3), se encuentra en la Cordillera Occidental, entre los complejos volcánicos de Pichincha (al norte) y Corazón (al sur) en la Provincia de Pichincha a 22 km al SO de la ciudad de Quito, (Fig. 2.9).

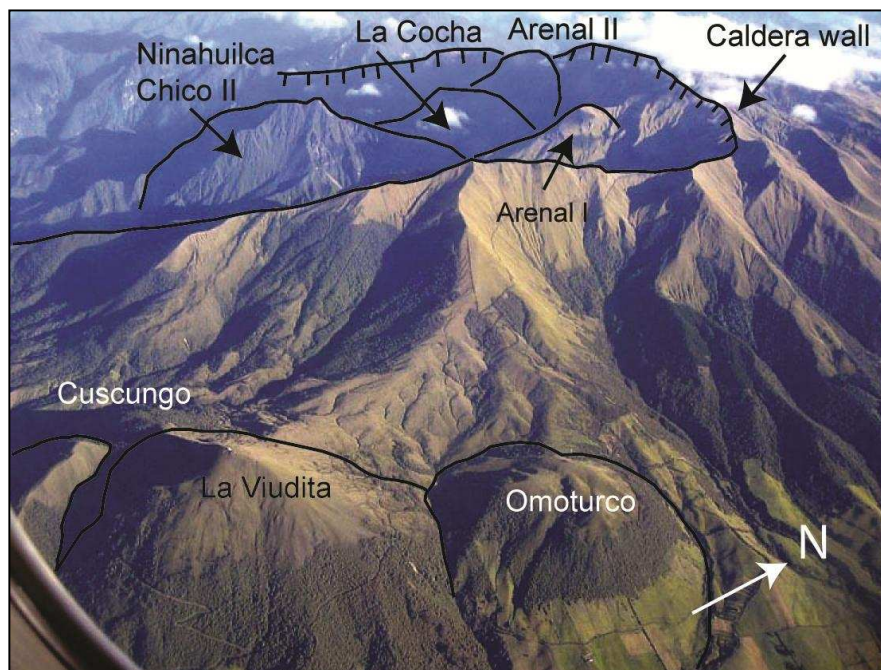


FIGURA 2.9 Vista desde el suroccidente del Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca
(Foto: M. Monzier, IRD)

❖ **Carácter e Historia Eruptiva Reciente**

Se han realizado varios trabajos acerca de las diferentes erupciones de este complejo, los cuales incluyen los de *Maruri (1994)*, *Almeida (1996)* y los más recientes por *Hidalgo (2006)* e *Hidalgo et al. (2008)*. Han sido identificadas seis erupciones importantes cuyos productos fueron grandes depósitos de tefra y flujos piroclásticos, los cuales se distribuyeron al occidente del viento.

Según *Hidalgo et al. (2008)*; el complejo volcánico Atacazo – Ninahuilca se divide en tres edificios principales: el **primero**, llamado *La Carcacha* (más antiguo, compuesto de flujos de lava andesíticos); el **segundo**, el *Atacazo* (compuesto por flujos de lava andesíticos y domos satelitales dacíticos: Omoturco, Cuscungo, La Viudita, Gallo Cantana y Arenal I; y **tercero**, *Domos Recientes* o Internos (La Cocha I y II, Arenal II, Ninahuilca Chico I y II).

Se reconocen al menos seis episodios eruptivos cuya estratigrafía se basa en los trabajos de *Almeida, (1996) e Hidalgo et al. (2008)*. A continuación se describen las erupciones desde la más antigua a la más joven:

a. Nivel de tefra N1: Una secuencia de ceniza y pómez color café, toba gris rojiza y, lavas andesíticas, cuya edad es probablemente mayor a 10 – 12 ka AP.

b. Nivel de tefra N2: El depósito asociado está compuesto por un nivel de pómez oxidada, fragmentos de líticos hidrotermalizados, y una matriz fina compuesta de: plagioclasa + pómez + líticos + shards. Su edad es probablemente menor a 10 - 12 ka AP y las pómez tienen una composición de 61 wt. %SiO₂.

c. Nivel de tefra N3: Este depósito es a una ceniza amarilla que contiene pómez blancas amarillentas y líticos fragmentados con alteración hidrotermal, la matriz está compuesta de ceniza fina, líticos, plag, óxidos de Fe-Ti y opx. La asamblea mineral es semejante al nivel de tefra N2 (plg + opx + óxidos de Fe-Ti ± cpx. Su edad es un poco más antigua que 8860 ± 70, y tiene una composición en SiO₂ de 64%.

d. Nivel de tefra N4: Tiene una composición química en SiO₂ de 62%, el depósito es una ceniza verdosa con plag, czo, líticos fragmentados, pómez gris. La composición mineral es: plag + opx + anf + óxidos Fe-Ti. La edad del depósito se ha definido más joven que 5440 ± 110 a AP en base a una datación de carbón a la base del depósito (*Almeida, 1996*).

e. Nivel de tefra N5: Es un nivel con pómez amarillas subangulares, líticos angulares grises, y líticos hidrotermalizados; la matriz está compuesta por ceniza gruesa (plag + anf + shards de vidrio). La composición mineral está dada por: plag + anf + opx + óxidos de Fe-Ti. El VEI para esta erupción es de 5. Su edad es de 4600 ± 40 a AP, y tiene una composición química en SiO₂ de 63%.

f. Nivel de tefra N6: Corresponde a la caída de tefra más reciente reconocida. Es una secuencia de gran espesor, en cuya base se encuentra ceniza gruesa constituida por: cristales de plag + anf + óxidos Fe-Ti + opx + shards de vidrio + pómez fina subangular. La siguiente capa está gradada inversamente y se compone de: pómez angulares (65%), líticos hidrotermalizados (5%) y una matriz (plag + anf + óxidos Fe-Ti, shards de vidrio), pómez fina y fragmentos de líticos.

La tercera unidad corresponde a una ceniza de composición mineral similar a la matriz de la capa anterior. La cuarta unidad se refiere a una ceniza con pómez angular (40%), líticos rojos hidrotemalizados (30%), y una matriz (30%) similar a la de las unidades mencionadas anteriormente. La quinta unidad se refiere a una ceniza gruesa y pómez, gris – café, shards de vidrio, pómez y fragmentos de líticos. La última unidad es una tefra con gradación inversa con pómez amarilla clara. El VEI para esta erupción es de 5. La edad de esta erupción es 2270 ± 15 a AP y la composición en SiO_2 varía entre 62 y 65%.

El período de recurrencia para estos eventos es aproximadamente entre 1000 y 4000 años.

❖ **Estratigrafía**

En la Figura. 2.10 se presenta la estratigrafía representativa del volcán Atacazo – Ninahuilca según *Hidalgo et al. (2008)*.

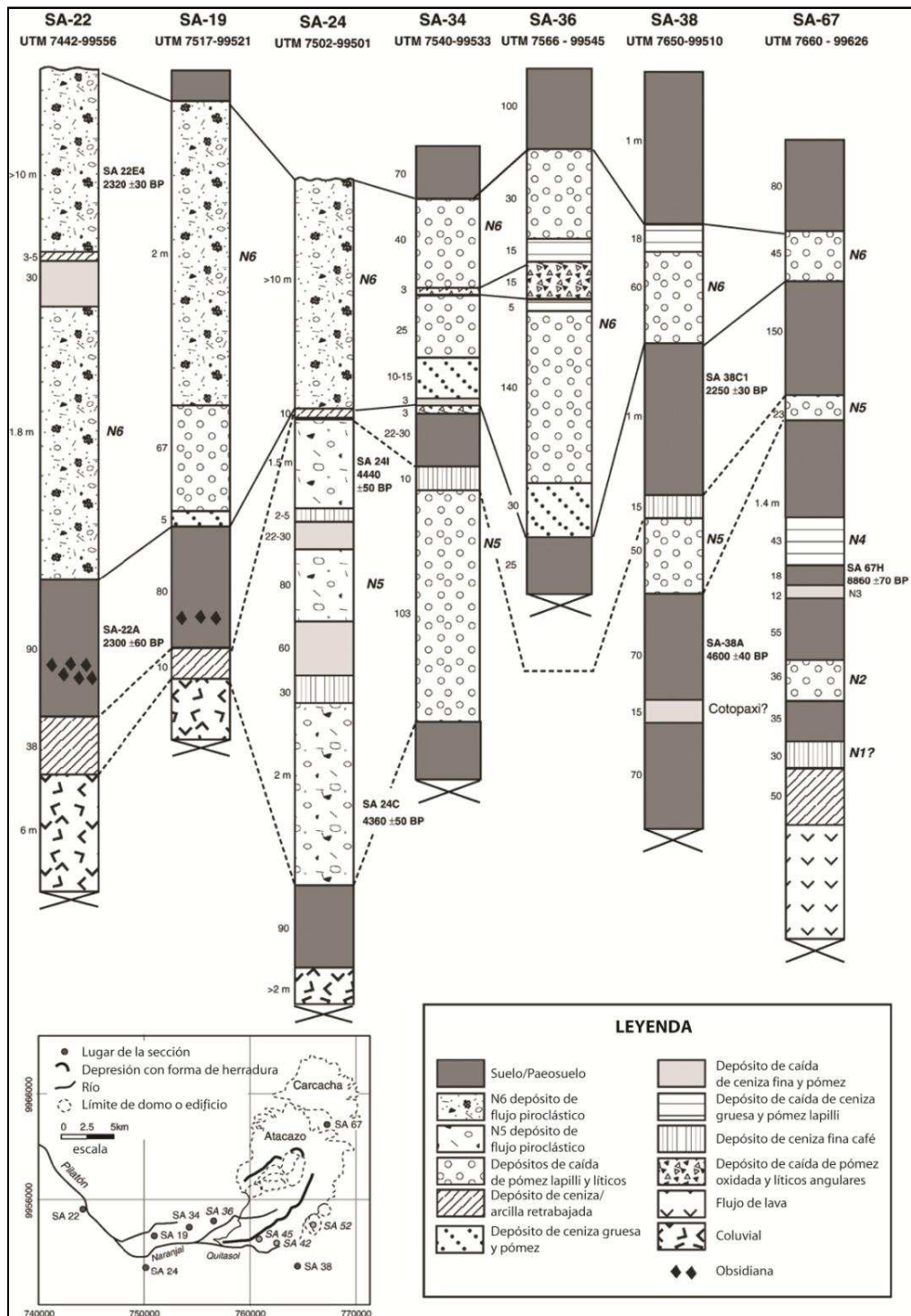


FIGURA 2.10 Estratigrafía representativa del Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (Hidalgo, et al., 2008)

E. VOLCÁN COTOPAXI

❖ Marco Fisiográfico

Volcán Cotopaxi ($0^{\circ}38' S$; $78^{\circ}26' W$, 5897m snm) (Fig. 2.3) se encuentra ubicado en la Cordillera Real de los Andes Ecuatorianos, 60 km al sur de Quito y 35 km al NE de Latacunga, en la provincia del Cotopaxi. La imponente de este volcán activo está dada por su forma cónica y simetría cuyo diámetro basal es 20 km; cuenta con un casquete glacial sobre sus flancos cuya pendiente varía de los 30° - 35° (Fig. 2.11) (Hall y Mothes, 1994; 2008).



FIGURA 2.11 Volcán Cotopaxi visto desde el Occidente (Foto: J. Bustillos, IG-EPN).

❖ Carácter e Historia eruptiva

A lo largo de su historia el volcán Cotopaxi ha producido dos tipos de erupciones: las andesíticas (erupciones de tamaño leve a moderado) y las riolíticas (erupciones muy grandes, cuyos productos tienen una amplia distribución). Por esta razón se lo cataloga como un volcán con carácter bi-modal. La historia eruptiva del

volcán Cotopaxi comenzó hace ~560 ka, y ha sido posible definir tres periodos eruptivos principales: Cotopaxi I, IIA y IIB (*Hall y Mothes, 2008*). Durante los últimos 4000 años sus magmas han sido de composición andesítica. Desde 1534 se ha tenido 13 erupciones significativas, las últimas ocurrieron en el período 1877 – 1880 (*Hall et al., 2008*). A continuación en la Tabla 2.4 se presenta una breve síntesis de los períodos eruptivos del Volcán Cotopaxi desde sus inicios (~ 560 ka) hasta el Holoceno Tardío, según *Hall y Mothes (2008)*:

PERIODOS ERUPTIVOS	EPISODIO	f	DESCRIPCION
COTOPAXI IIB	Andesítico	Holoceno tardío	La historia andesítica empieza desde los 4000 a AP, envuelve varias erupciones caracterizadas por caídas de escoria y tefra, flujos piroclásticos con escoria, líticos y pómez, flujos de escombros y varios flujos de lava, todos estos han contribuido a la formación del presente cono. Actividad riolítica poco importante ocurrió cercade los 2100 a AP.
		4000 a AP	
COTOPAXI IIA	Riolita Cañón Colorado	4500 a AP	Este episodio representa el término de la actividad riolítica Holocénica en el Cotopaxi. Está compuesto de explosiones freatomagmáticas, flujos de brecha riolíticas, importante caída de lapilli de pómez, muchos flujos de ceniza, y finalmente un colapso de un sector del flanco Ne del cono del Cotopaxi. Esta actividad fue el disparador del lahar del Valle de los Chillos, un gran flujo de escombros compacto. El volumen para esta erupción fue 1.2 km ³ aproximadamente.
	Series Riolíticas F		El volcán Cotopaxi permaneció 400 ma sin actividad aparente. La reactivación se caracterizó por una serie de de seis episodios riolíticos, llamados series F, los cuales consisten en caída de tefra de pómez, flujos de ceniza, flujo de colapso de domo, y flujos de escombros, que se tomaron lugar entre 13.2 y 4.5 ma. Baja actividad andesítica en varios episodios caracterizada por la caída de escoria.
		~20 - 13 ka	
Unidades de Cangagua y Chalupas		~ 300 ka?	Un largo reposo en la actividad del Cotopaxi se registra por la depositación regional de dos unidades de Cangagua, una inferior y otra superior, en medio de las cuales se encuentra una unidad de flujo de ceniza del volcán Chalupas (211 ma). Las dos unidades de Cangagua forman un manto regional sobre los Andes ecuatorianos del Norte, aparentemente se originaron por el retrabajamiento eólico del loes glaciar y ceniza de pómez de Chalupas y de otros erupciones riolíticas.
COTOPAXI I	Abanico Aluvial y Lavas Andesíticas		Período de erosión en el cual abanicos aluviales se formaron en las partes SW y W del edificio. Se formaron con brechas, conglomerados, areniscas, niveles de cenizas y pocas unidades de flujos piroclásticos. Flujos de lava andesíticas provenientes del vento satelital Morurco y del Cotopaxi propiamente viajaron al SE. Otros flujos de lava andesíticas máficas viajaron mas de 40 km al norte por el Río Pita.
		~ 420 ka	
	Series Riolíticas Barrancas	~ 560 ka	La historia temprana del Cotopaxi se relaciona con las series riolíticas de Barrancas, comprende varias caídas de tefra con biotita, flujos de ceniza, crecimiento y colapso de domos, y flujos "block and ash" ocurridos entre 560 y 420 ma. Estos erupcionaron desde domos riolíticos y diques alineados a lo largo de la zona fracturada en los sectores SW y S del presente edificio.
			La secuencia del Cotopaxi sobreyace discordantemente a la Fm. Latacunga (Pleistoceno), la cual se refiere a una secuencia detrítica de conglomerados, areniscas, ceniza volcánica retrabajada y ocasionales flujos de lava.

TABLA 2.4 Síntesis de los procesos eruptivos del Cotopaxi (*Hall y Mothes, 2008*)

Es necesario estudiar con mayor detalle el período eruptivo Cotopaxi II A (13 – 4 ka AP) debido a que contiene varios episodios riolíticos de gran magnitud, cuyos productos fueron depositados a varias decenas hasta cientos de kilómetros del centro volcánico. A continuación se detallará las Series riolíticas F y Cañón Colorado.

Las **Series Riolíticas F**, al depositar gran cantidad de material tanto en las cercanías como a varios kilómetros del volcán son claves para el presente estudio. En la Tabla. 2.5 se hace una pequeña reseña de los productos generados en estos episodios, así como su composición química y el volumen estimado:

EPISODIO	EDAD (a AP)	PRODUCTOS	QUIMICA	VOLUMEN ESTIMADO km ³
F-1	13.200	caídas de lapilli andesítica	SiO ₂ =56-57wt. %; K ₂ O=1.1-1.3wt %	0.002
		Caída de ceniza riolítica	SiO ₂ =75wt. %; K ₂ O=3.1wt.%	
F-2	7.770	flujos y caídas de ceniza		8.6
		caída pliniana riolítica	SiO ₂ =74-76wt%; K ₂ O=2.7-2.9wt%	
F-3	6.300	caídas de escórea, lapilli, ceniza, flujos de ceniza, surges, co-ignimbrita		1.18
		caída pliniana	SiO ₂ =75wt%; K ₂ O=2.7wt%	
F-4	5.940	caída regional pliniana de lapilli	SiO ₂ =75wt%; K ₂ O=2.8wt%	~8.3
		flujos de ceniza y tipo "block and ash"		
F-5	5.830	caídas de escoria y lapilli de pómez, flujos de lava de bloque y flujos de escombros	SiO ₂ =58-62wt%; K ₂ O=1.4-1.8wt%	~1.1
		flujos de lava andesíticos	SiO ₂ =57wt%; K ₂ O=1.2wt%	
		flujo de lava dacítico	SiO ₂ =66wt%; K ₂ O=1.7wt%	

TABLA 2.5 Descripción de las series riolíticas F, volcán Cotopaxi. (Modificado de *Hall et al., 2008*)

En la Tabla 2.5 se puede notar claramente que los volúmenes de magmas riolíticos emitidos por el volcán Cotopaxi han sido de magnitud considerable (alcanzando en total un poco más de 18 km³), en especial los correspondientes a las fases 2 y 4. La distribución de los depósitos de estas fases ha sido muy amplia, pudiendo encontrarlos hasta 70 km al W del volcán, esto sugiere que la dinámica de la velocidad y dirección de los vientos jugó un papel muy importante al momento del transporte y depósito de los mismos.

El episodio del Cañón Colorado abarca una secuencia muy variada de eventos, incluye una explosión freatomagmática, erupciones plinianas, colapso sectorial, avalancha de escombros y un gran lahar que se trasladó por el Valle de los Chillos y del río Cutuchi en Latacunga. Las pómez (minerología y química) de este evento son muy parecidas a las del flujo de ceniza de Chalupas, y ligeramente distintas a las de la serie riolítica F (*J. Garrison, et al., en prensa 2010*). Las pómez se caracterizan por ser altamente vesiculares, fibrosas, contienen plagioclasa, cuarzo, magnetita y “libros” de biotita con tamaño entre 2 y 3 mm.

❖ Estratigrafía

En la Figura 2.12 se muestra la estratigrafía correspondiente al episodio del Cañón Colorado que es de evidente interés para el presente estudio.

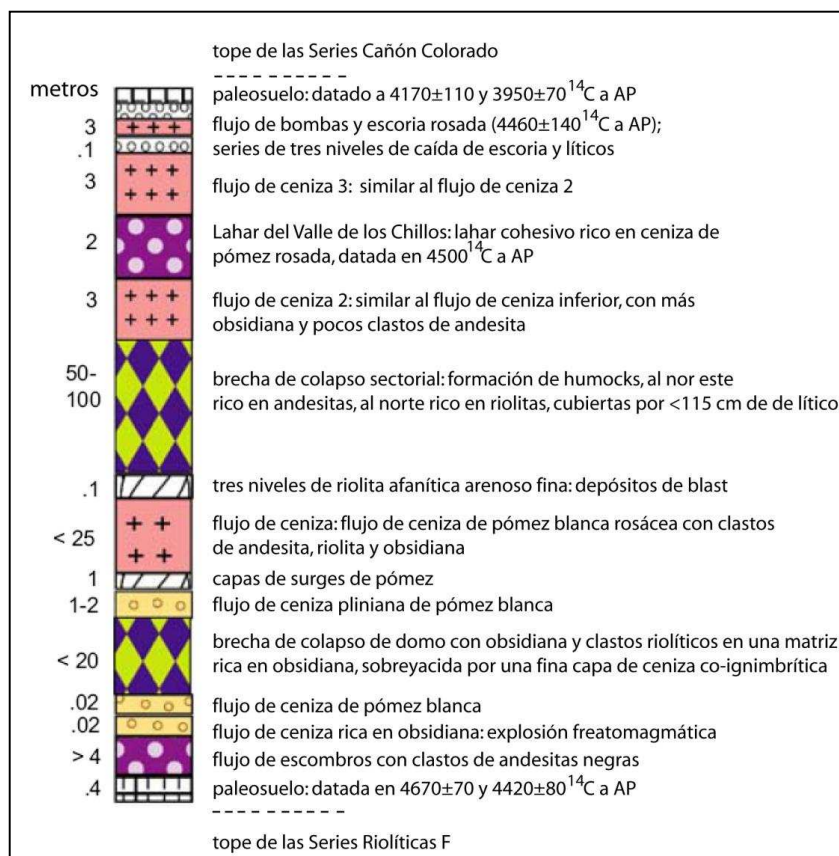


FIGURA 2.12 Columna estratigráfica del Episodio riolítico Cañón Colorado, (*Hall y Mothes, 2008*)

F. VOLCÁN QUILOTOA

❖ Marco Fisiográfico

El Volcán Quilotoa (0.85°S , 78.90°W) (Fig. 2.3), se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental en la Provincia de Cotopaxi, 35 km al occidente de Latacunga. Tiene una altura de 3914 msnm y sobreyace a un basamento de sedimentos Eocénicos y volcánicos alterados Pliocénicos (Hall y Mothes, 1994; Rosi et al., 2004; Hall y Mothes, 2008; Mothes y Hall, 2008) (Fig. 2.13). Este volcán consiste en una caldera semicircular de 2.5 km de diámetro, en la cual se encuentra un lago de agua salada con un volumen de 0.35 km^3 cuya profundidad alcanza los 240 m (Aguilera et al., 2000).

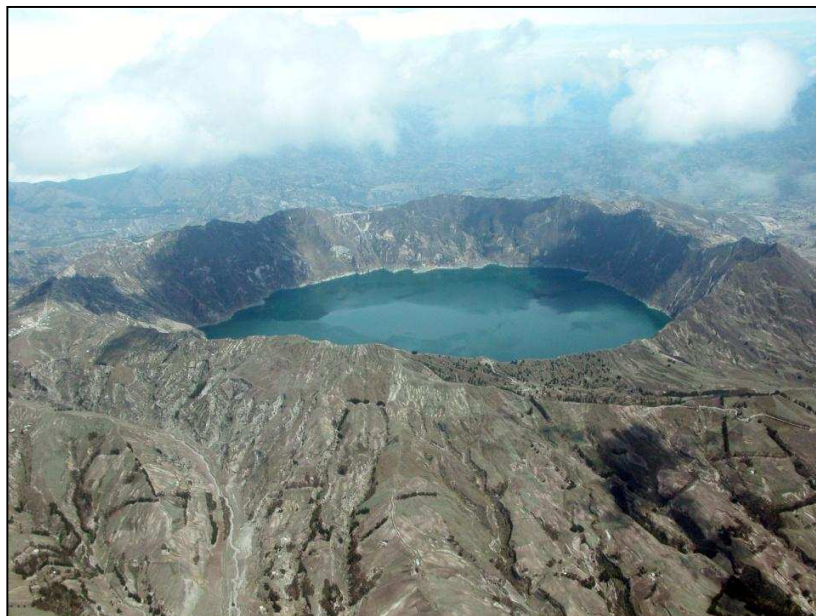


FIGURA 2.13 Volcán Quilotoa visto desde el sur oeste (Foto: P. Ramón, IG-EPN)

❖ Carácter e Historia Reciente:

El Volcán Quilotoa ha experimentado al menos ocho ciclos eruptivos, los cinco más recientes sucedieron hace 40.000, 34.000, 23.000, 14.000 y 800 a AP (Hall y

Mothes, 2008). Estas erupciones se han caracterizado por ser explosivas generando así columnas plinianas, flujos piroclásticos, caídas de lapilli de pómez y la formación de domos de composición riódacítica (*Hall, 1996; Hall y Mothes, 2008*).

A continuación se hace una pequeña reseña de la actividad eruptiva según *Hall y Mothes (2008)*, quienes denominan entre Q-I y Q-VIII a los ocho ciclos eruptivos importantes describiendo desde el más antiguo al más joven:

Unidad Q- VIII es la unidad más antigua reconocida de este volcán, y sobreyace al depósito de flujo de pómez y ceniza de Chalupas datado en 211 ka (*Hammersley, 2003*). Es una secuencia de ceniza gris y lapilli de pómez.

Unidad Q-VII consiste en una caída pliniana con clastos de pómez, líticos dacíticos oscuros y cristales de feldespato y un bajo porcentaje de mica negra y anfíbol.

Unidad Q-VI se evidencia claramente un mayor volumen de material magmático, con pómez blanca micro-vesiculada; además la matriz contiene feldespato, anfíbol y biotita.

Unidad Q-V pertenece a actividad freatomagmática evidenciada en por las unidades ricas en líticos y cristales de tamaño de arena gruesa; además contiene de pómez de color amarillo-grisáceo. Su edad es >40000 a AP.

Unidad Q-IV consiste en una secuencia de una caída pliniana de pómez y lapilli rica en cristales. Su edad es de ~34000 a AP.

Unidad Q-III compuesta principalmente por depósitos de surge, de composición similar a los ciclos precedentes. Su edad es ~33770 a AP.

Unidad Q-II corresponde a la actividad inicial de origen freatomagmático. Los depósitos incluyen ignimbritas que rellenan los valles, surges en las partes superiores de las colinas y caídas regionales de tefra. Se caracteriza por depósitos

de ceniza, con líticos, cristales y lapilli acrecionado. Cuenta con una edad 14770 a AP.

Unidad Q-I se refiere a la gran erupción pliniana dacítica más reciente de este volcán hacia 800 a AP, generando una gran dispersión de material que cubre un área de 810.000 km² aproximadamente con un volumen de 18.3 km³ (*Mothes y Hall, 2008*). Consiste principalmente de surges, colapsos de columna y flujos piroclásticos. El VEI para esta erupción es de 6 y se cree que la columna eruptiva alcanzó 35 km snc. La composición del depósito pliniano consiste en pómez fresca, cristales y rocas frescas, con ligera presencia de clastos hidrotermales en las partes basales del depósito pliniano.

❖ **Estratigrafía**

En la Figura 2.14 se presenta la estratigrafía resumida de las ocho unidades mencionadas anteriormente según *Hall y Mothes (2008)*, en donde se puede apreciar claramente las grandes potencias que tienen cada una de estas unidades.

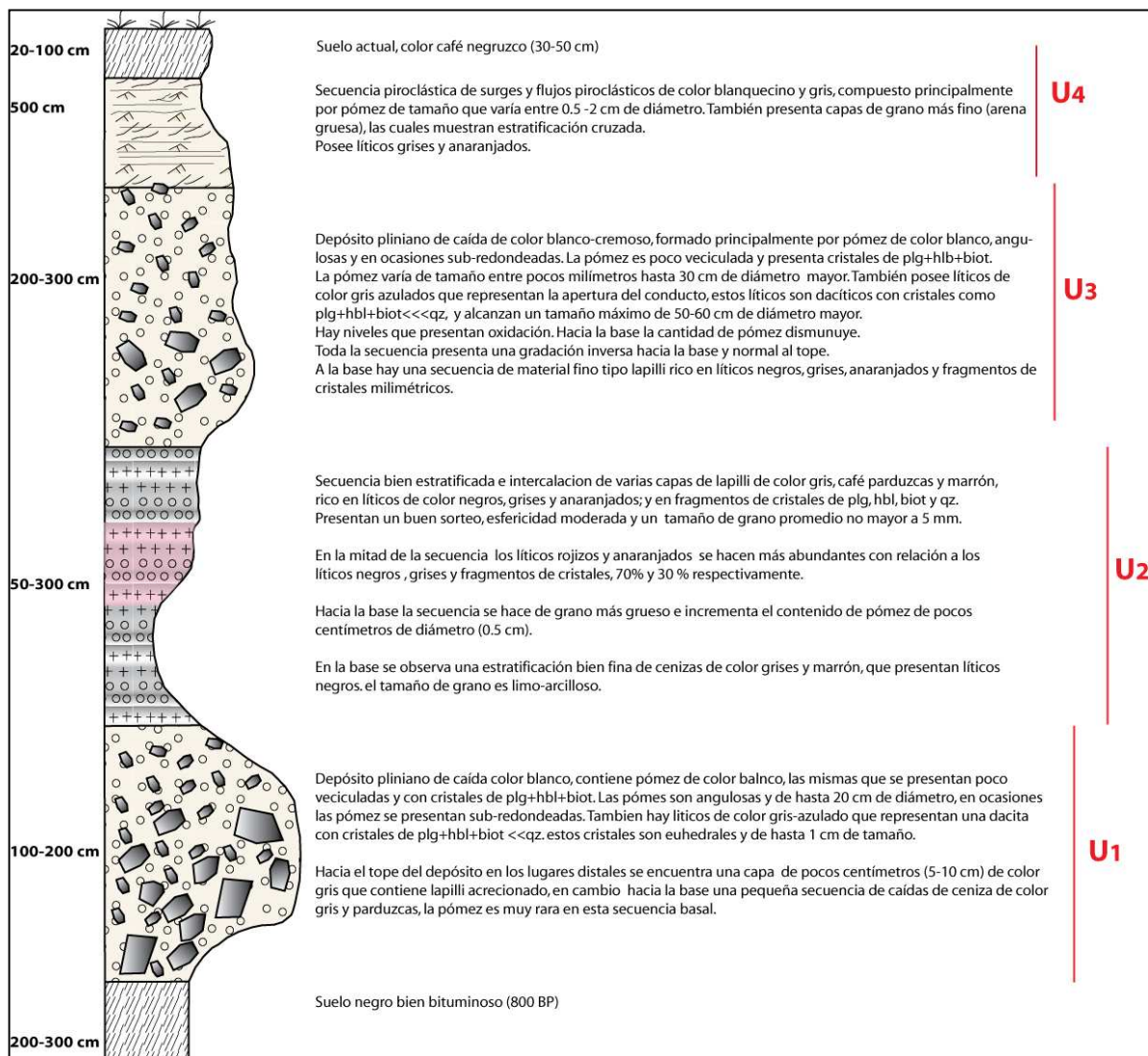


FIGURA 2.14 Estratigrafía resumida de la historia eruptiva del volcán Quilotoa según Hall y Mothes (2008).

2.4 CONCLUSIÓN

La información de la descripción de los diferentes procesos eruptivos más importantes de los seis volcanes analizados en el presente trabajo, así como de sus productos volcánicos, es la guía principal para identificar y diferenciar a primera mano un depósito de otro.

En la Tabla. 2.6 se muestra una compilación de los rasgos distinguibles de los depósitos para las erupciones más grandes de los seis volcanes considerados aquí presentados en orden cronológico desde el más joven al más antiguo, lo que facilitará una comparación de capas en los cortes a presentarse en el Capítulo 4 de este trabajo.

Volcán	Fecha Fase eruptiva	Depósitos	Pómez	Líticos
QUILOTOA	Unidad Q-I (~800 a AP)	explosiones freatomagmáticas	pómez blanca gris media con textura microvesicular y finamente vesicular	dacita porfirítica gris claro a medio - rosada, dacitas hidrotermalmente alteradas
		flujos piroclásticos, surges		
QUILOTOA	Unidad Q-I (~800 a AP)	flujos de ceniza	composición mineralógica: plag, anf, bta, qzo, óx Fe-Ti	hidrotermalmente alteradas
		caída de lapilli de pómez		
GUAGUA PICHINCHA	Ciclo eruptivo intermedio (1100±40 a AP)	flujos block and ash	pómez gris kaki	dacita gris oscura y rosada
		flujos de escombros		
GUAGUA PICHINCHA	(1100±40 a AP)	caídas de ceniza, lapilli	plag, hda, hip, no bta	
ATACAZO NINAHUILCA	Episodio N-6 (~2270 a AP)	depósitos de tefra	ceniza gruesa: 65% pómez angular, 5% líticos hidrotermalmente alterados, 30% matriz (plag, anf, ox Fe-Ti, shards, pómez fina y fragmentos líticos)	hidrotermalmente alterados
		flujos piroclásticos		
ATACAZO NINAHUILCA	(~2270 a AP)	caídas plinianas		
ATACAZO NINAHUILCA	(~2270 a AP)	oleadas		
PULULAHUA	Fase 3: eventos explosivos (~2485 a AP)	flujos block and ash	blanco a gris claro, composición mineralógica: 70% plag, 20% hda, 1-3% hip, 5% qzo, 3% mag. No bta ni cpxno	dacitas alteradas
		flujos piroclásticos grandes		
PULULAHUA	(~2485 a AP)	caída de lapilli de pómez		
CUICOCHA	Fase C (~2990 a AP)	flujos piroclásticos	pómez gris claro, liviana, bien vesiculada con muchos cristales de plag, qzo, hda y pequeños xtales de hip y mag	hidrotermalmente alterados y basaltos antiguos
		oleadas		
CUICOCHA	(~2990 a AP)	depósitos de caída: lapilli de pómez y líticos		
COTOPAXI	Episodio riolítico Cañón Colorado (~4500 a AP)	explosiones freatomagmáticas	pómez blanca altamente vesicular fibrosa con plag, qzo, mag, bta (libros)	riolita afanítica gris clara y obsidiana
		flujos de brechas riolíticas		
COTOPAXI	(~4500 a AP)	caída de lapilli de pómez		
COTOPAXI	(~4500 a AP)	flujos de ceniza		

TABLA 2.6 Descripción de los productos eruptivos de las erupciones más grandes para los seis volcanes estudiados. El significado de las siglas utilizadas en la Tabla son: Xtales: cristales, Plag: plagioclasa, Qzo: cuarzo, Hda: hornblenda, Hip: hipersteno, Mag: magnetita, Bta: biotita, Cpxno: clinopiroxeno, Anf: anfíbol, Ox: óxidos

CAPITULO 3

CARACTER DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y SU ESTUDIO

3.1 CENIZAS COMO PRODUCTO DE DIFERENTES TIPOS DE ERUPCIONES

3.1.1 Tipos de Erupciones Volcánicas

Las erupciones volcánicas pueden desencadenar una serie de eventos que producen grandes volúmenes de material expulsado. Una erupción puede ser cuantificada de varias maneras, a través de su magnitud, o sea a la masa de material emitido, y/o a su intensidad que refiere a la rata de erupción de masa. Estos parámetros han sido muy importantes tanto para determinar cuán grande fue una erupción, sea ésta moderna o antigua y también para caracterizarla en base a su explosividad, ya sea efusiva y explosiva, las mismas que representan los dos tipos principales de erupción (*Pyle, 2000*).

Excepto a las erupciones de volcanes basálticos, la mayor cantidad de material emitido en una erupción corresponde principalmente a erupciones explosivas. Cuyas composiciones magmáticas son andesitas, dacitas o riolitas.

3.1.1.1 La erupción efusiva

Se refiere a una erupción volcánica no o poco explosiva en la cual el magma o la roca fundida es extruida como flujo desde el ventro formando derrames ó coladas de lava. Existe una gran variedad de estilos eruptivos, ambientes y depósitos.

Además depende de si son erupciones subaéreas o submarinas. A continuación se mencionan los principales productos de este tipo de erupción efusiva:

❖ **Flujos de lava**

Son flujos de magma coherente que salen a la superficie terrestre durante una erupción volcánica efusiva. Están controlados por la rata de efusión de la fuente y por sus propiedades físicas. Un factor importante es su viscosidad, cuya variación se manifiesta por tres clases de lava: pahoehoe (lava basáltica, lisa formando mantos y regular), aa (lava basáltica, rota formando bloques espinosos e irregular), y blocky (de composición más silíceo que el tipo de lava aa, fragmentada) (*Cas y Wright, 1988*). Las erupciones se caracterizan por no ser explosivas, esto se debe a que los volátiles se mantienen en solución y su exsolución no es violenta. Por otro lado al estar muy caliente (1000-1200°C) se mantienen más fluidos y móviles. Los flujos demuestran una gran variedad tanto en tamaño, volumen y forma, como en sus características externas e internas. Viajan a través de los valles y quebradas con velocidades apreciables, hasta 60 km/h. El alcance de estos flujos depende de su volumen y de su caudal. Sin embargo la gran mayoría de flujos de lava ha transitado distancias diarias entre decenas o cientos de metros, dada la baja velocidad las poblaciones pueden salir de las zonas de peligro.

❖ **Domos**

Son montículos de magma extruidos desde un ventó volcánico. Debido al enfriamiento relativamente rápido de un magma viscoso cuando toma contacto con la superficie terrestre se forman domos. La composición de los domos abarca un amplio rango del contenido de sílice. Los que predominan, son los que contienen un alto porcentaje de sílice. El diámetro de los domos varía notablemente, entre pocos metros a varios kilómetros y su altura desde pocos metros a más de un kilómetro. Su crecimiento puede ser lento (muchos años) o muy rápido (pocas horas) y la rata de efusión también varía entre menos de 1 m³ /s a más de 100 m³/s. Existe un

peligro asociado a los domos de lava ya que estos pueden colapsar produciendo avalanchas de escombros (*Fink, 2000*).

3.1.1.2 La erupción explosiva

Corresponde a un magma en el cual están disueltos muchos volátiles, que al erupcionar provoca su fragmentación; y en particular vuelve sólido los fragmentos de todos los tamaños que son llevados a la atmósfera en forma de columnas convectivas o transportados lateralmente como flujos piroclásticos (*Cashman, 2000*).

Este tipo de erupción puede generar varios mecanismos de transporte como flujos de masa (flujos piroclásticos), flujos de tracción (surges u oleadas), y nubes de suspensión (caída de ceniza). Existen dos tipos de erupciones explosivas: erupciones magmáticas en las cuales no figura el agua externa, sino solamente los gases disueltos en el magma, y erupciones freatomagmáticas, que se suceden cuando el magma se mezcla con el agua externa (meteórica, de río o laguna, glaciario, mar, etc.). Los productos más importantes en una erupción explosiva son:

❖ Tefra

El término “tefra” se refiere al producto volcánico, compuesto únicamente de partículas y fragmentos de magma sólido, que varían mucho en su tamaño. Se produce cuando el magma muy cargado con volátiles llega a la superficie con mucha fuerza, formándose así un chorro o jet, compuesto de gases y partículas (magma fragmentado o reventado). Se refiere a dichas partículas como ceniza volcánica o tefra y su dispersión dependerá de las características de la atmósfera (viento), tamaño de las partículas y la fuerza de ascenso de la columna.

En el presente trabajo es de vital importancia conocer la formación de la ceniza volcánica, sus componentes en base al tipo de erupción, y sus rasgos característicos. Por tal motivo se presenta a continuación una amplia descripción del objeto de nuestro estudio: la ceniza volcánica.

Existen 3 mecanismos básicos para la formación de ceniza volcánica: (1) la expansión y el incremento de gases en el magma como resultado de descompresión al ascender el magma (erupciones magmáticas), (2) fragmentación violenta y cuando el magma entra en contacto con agua, hielo, y nieve (erupciones freatomagmáticas), y (3) eyección de partículas desde las paredes del ventó o escombros del cráter durante una erupción de agua caliente o vapor (erupciones freáticas).

La forma, tamaño y composición de la ceniza volcánica puede utilizarse para interpretar propiedades físicas de un magma y su contenido en volátiles; este dato podría utilizarse para indicar el decrecimiento de la interacción entre el magma y el agua/hielo de alrededor o sobre el conducto volcánico.

En erupciones magmáticas la ceniza volcánica se forma a partir de la vesiculación y fragmentación del magma. Este proceso depende de la composición química, temperatura, y el contenido de volátiles del magma; estos parámetros controlan la viscosidad y la tensión superficial del magma.

Diferentes tipos de ceniza se forman como función de la viscosidad del magma, por lo tanto los productos son diferentes y varían notablemente entre uno y otro tipo de magma. A continuación se presenta una pequeña reseña del tema:

a. *Ceniza de composición basáltica:*

- En erupciones hawaianas, los productos principales son: flujos de lava de baja viscosidad, y tefra que forma pequeñas gotas de vidrio (esferas vesiculadas con

formas de lágrimas, ovoides), hilos de vidrio (pelo de Pelée), coágulos de vidrio, escoria, sideromelano, reticulita, cinders.

- En erupciones estrombolianas, el magma es un poco más viscoso, y se caracteriza por la eyección de bombas fundidas. Produce una variedad de piroclastos que varía de ceniza fina hasta escorias y bombas. El vidrio de los piroclastos varía desde sideromelano irregular hasta tachylita (piroclastos microcristalinos negros a café oscuros).

b. Ceniza de composición silícica per- alcalina:

Erupciones explosivas de magmas riolíticos - traquíticos, típicamente más viscosos, producen flujos piroclásticos y grandes cantidades de tefra, que varía desde ceniza muy fina (<2 mm) y lapilli (2 – 64 mm) hasta bloques de pómez (≥64 mm). Las formas de piroclastos tipo per-alcálicos en el depósito varía a veces entre la parte basal hasta el tope; por ejemplo depende de la rapidez de la extrusión del chorro magmático, en la base las pómez son elongadas (tubulares) o con vesículas esféricas, mientras que en la parte superior a veces los piroclastos vítreos tienden a ser más esféricos.

c. Cenizas de composición andesítica a riolítica:

- La ceniza producto de volcanismo andesítico es una compleja mezcla de vidrio, cristales y líticos. El vidrio varía de color, de café a coloreados, y su homogeneidad o heterogeneidad depende de la composición del magma. La forma de las pómez depende de la densidad y geometría de las vesículas existentes, algunas forman “pipe-like”, “fibras” paralelas a la elongación de la partícula, formas con superficies irregulares. Los minerales durante la explosión se fracturan. Los fragmentos líticos provienen de las paredes del cráter o del viento del volcán, pueden ser angulares o redondeados, polilíticos, alterados o no.

- La ceniza producto del volcanismo dacítico y riolítico es principalmente pómez, la cual es angular y tiene un alto porcentaje de vesículas (60-70%), estas son esféricas y muy finas. La mayoría de tefras silícicas de grano fino son el producto de la fragmentación por explosión de pómez (shards), fenocristales individuales (fracción cristalina) y fragmentos líticos (xenolitos).

d. Cenizas de composición carbonatítica:

Algunos piroclastos contienen principalmente carbonato de sodio y calcio en su composición. La actividad puede variar entre pequeñas plumas de ceniza hasta erupciones Plinianas. (*Heiken, 1985*). Las carbonatitas son rocas excepcionales y en la actualidad solo el volcán Ol Doinyo Lengay en Tanzania tiene productos con esta composición.

❖ **Flujos Piroclásticos**

Avalanchas calientes controladas por la gravedad, contienen fragmentos de pómez, roca, ceniza, gases, ocurren principalmente en erupciones explosivas. Pueden viajar a velocidades hasta de 150 km/h y tener temperaturas que varían entre 100 y 800°C, fluyen principalmente por valles y quebradas, y pueden alcanzar varias decenas a cientos de kilómetros de distancia. Es por esto que son altamente peligrosos.

Existen varios mecanismos que pueden resultar en la formación de sus depósitos, como: colapso de la columna de erupción, colapso gravitacional de un domo o lava, colapso explosivo de un domo y colapso de columna interrumpida por explosiones discretas. Los flujos piroclásticos se dividen en surges (flujos más diluidos) y flujos basales (menos diluidos y densos), los cuales tienen patrones y velocidades diferentes. Los más peligrosos son los diluidos ya que pueden sobrepasar los valles, mientras que los densos se limitan en general a los mismos.

❖ **Avalanchas de escombros**

Es un producto resultado de un colapso sectorial a gran escala de un edificio volcánico. El depósito es caracterizado por dos facies deposicionales, “facies de bloques” y “facies de matriz”. Las características topográficas de una avalancha de escombros están representada por: 1) cicatriz de deslizamiento, que puede tomar la forma de un anfiteatro y 2) los “hummocks”. El disparador típico de un colapso sectorial es la intrusión de un nuevo magma, una explosión freatomagmática o un sismo (Ui et al., 2000)

3.2 EL ESTUDIO DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y LA METODOLOGÍA UTILIZADA

Es bien conocido que el material piroclástico puede causar efectos dañinos en la población, las caídas de ceniza pueden afectar la vida diaria de las comunidades y provocar devastación total en áreas cercanas al volcán. Además la ceniza fina y los aerosoles se inyectan en la estratósfera y pueden modificar el clima incluso durante varios años después de la erupción. Debido a estas razones es importante estudiar sus características físicas, químicas, así como su comportamiento en la atmósfera.

El análisis, tanto visual como geoquímico, de las diferentes muestras de cenizas recolectadas es fundamental para el desarrollo del presente trabajo, ya que en base a este estudio se podrá identificar rasgos característicos que permitan hacer una correlación entre las muestras de los diferentes depósitos de ceniza.

El análisis se realizará tanto en muestras de cenizas recolectadas en la Costa como en depósitos localizados en las proximidades de los diferentes centros volcánicos considerados en este estudio. La metodología será la misma para todas las muestras.

La correlación de las diferentes cenizas se desarrollará en base a observación visual (bajo microscopio binocular) y análisis químicos (elementos mayores y elementos en trazas).

3.2.1 Localización de Muestras

Para la realización del presente trabajo fue necesaria la utilización de hojas topográficas publicadas por el Instituto Geográfico Militar, las cuales se ubican principalmente a lo largo de la línea costera. El detalle de estas se mencionan en la Tabla 3.1.

CÓDIGO	NOMBRE	ESCALA
MIII - F1, 3591 - IV	El Pueblito	1:50000
MIII - F4, 3594 - II	Pedernales	1:50000
MIII - E2, 3491 - I	San Jacinto	1:50000
MIII - D4, 3595 - II	Cojimíes	1:50000
MIII - E4, 3491 - II	Manta	1:50000
MIII - E3, 3491 - III	San Mateo (Chacras de Manta)	1:50000
MIV - A1, 3490 - IV	San Lorenzo	1:50000
MIV - E4, 3488 - II	Manglar Alto	1:50000
MIV - E1, 3488 - IV	Olón	1:50000
3489 - III	Puerto López	1:50000
MIV - A3, 3490 - III	Río de Caña	1:50000
MIV - C1, 3489 - IV	Machalilla	1:50000
MII - D2, 3595 - I	Muisne	1:50000
CT - NII - A2, 3596 - II	Esmeraldas	1:50000
NII - A2, 3696 - IV	Atacames	1:50000
NI - F3, 3797 - III	Río Verde	1:50000
MII - F2, 3594 - I	Cañaveral	1:50000
MIII - B3, 3593 - III	Jama	1:50000
MIII - B2, 3593 - I	Diez de Agosto	1:50000
MIII - D1, 3592 - IV	Canoa	1:50000
MII - B4, 3596 - II	Galera	1:50000

TABLA 3.1. Detalle de mapas topográficos utilizados en este estudio

DEM (Digital Elevation Model) a escala 1:50000 en UTM, WGS84 para la generación de mapas de ubicación de las diferentes muestras, proporcionado por el Instituto Geofísico.

3.2.2 Trabajo de Campo y Recolección de Muestras

Las muestras de ceniza que se analizan en el presente trabajo son el resultado de una recolección desde hace varios años por parte de M. Hall y P. Mothes, varios arqueólogos en sus sitios de trabajo, y mi persona (durante el 2008), en la zona costera. Esta recolección se fue efectuada en diferentes tipos de afloramientos:

- Visita a lugares arqueológicos, en los cuales se ha reportado la existencia de depósitos de ceniza entre niveles culturales pre-incáicos.
- Recorridos a través de los esteros cercanos a la línea costera.
- Cortes a lo largo de carreteras de primer, segundo y tercer orden.

El muestreo de las cenizas sigue el siguiente procedimiento:

- 1) Limpiar correctamente el corte para exponer su estratigrafía.
- 2) Realizar una columna estratigráfica, identificando las principales unidades litológicas.
- 3) Tomar la muestra de ceniza preferiblemente la parte central ya que generalmente está menos contaminada que el tope y la base del depósito. El peso ideal es de 200 gr.
- 4) Depositar la muestra en una funda de muestreo para evitar la contaminación.
- 5) Registrar la muestra obtenida tanto en la funda como en la libreta de campo.
- 6) Tomar un punto de localización con GPS del lugar visitado.
- 7) Tomar fotografías del sitio de muestreo y los alrededores.

3.2.3 Análisis de las Cenizas volcánicas

En el presente estudio se realiza dos tipos de análisis: visual, bajo microscopio binocular y geoquímico, con el fin de encontrar rasgos característicos de las muestras. El primero ayuda a determinar rasgos característicos morfológicos,

texturales, mineralógicos, etc., mientras que el segundo realiza un estudio de las relaciones entre elementos mayores y/o en traza de las cenizas.

A. Análisis Microscópico

El estudio óptico (visual) de cenizas pretende caracterizarlas en términos de tamaño, forma, vesicularidad, color, angularidad, mineralogía, etc., para de esta forma identificar los rasgos más importantes de las mismas. Sin embargo es importante mencionar que algunos aspectos analíticos no fueron tomados en cuenta en el presente estudio, estos se mencionan a continuación:

1. En el presente trabajo no se realiza un estudio granulométrico detallado, dado que el objetivo del estudio es netamente descriptivo tomando en cuenta la mineralogía, morfología, textura de los diferentes elementos que conforman la ceniza, de manera que nos permitan correlacionar con el resto de muestras a estudiar. Por otro lado, dado que la ceniza volcánica que se va a analizar ha sido transportada cientos de kilómetros, se prevé que el tamaño de las partículas será mayormente súper fino (<0.2 mm) y de buen sorteo, de manera que en este tipo de depósitos el estudio granulométrico no es un factor importante para caracterizarlas y diferenciarlas.

2. Por otro lado para el análisis de las cenizas es importante que la fracción muy fina (<0.16 mm) sea eliminada totalmente con el objetivo que los cristales, pómez, vidrio, líticos, etc., puedan ser identificados claramente: debido a que los componentes de menor tamaño al mencionado no pueden ser identificados bajo el binocular. El resultado del lavado es una porción uniforme de componentes los cuales se estudiarán después de que la muestra se haya secado en su totalidad.

Tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente se sigue el siguiente procedimiento desde la preparación de la muestra en bruto hasta el estudio bajo el microscopio:

1. Cuartear la muestra hasta obtener una cantidad significativa para ser analizada.
2. Lavarla con agua a través del tamiz 0.16 mm.
3. Obtener la fracción lavada y secarla a temperatura ambiente, utilizando papel especial que absorbe la humedad rápidamente.
4. Cuartear la muestra lavada y escoger una muestra representativa para el análisis.
5. Proceder al análisis visual bajo microscopio binocular, identificando los componentes mencionados anteriormente.
6. Luego de obtener los rasgos característicos de las diferentes cenizas procedemos a correlacionar. En la Figura 1 se muestra una fotografía de cómo se observan los elementos constituyentes de las cenizas volcánicas



FIGURA 3.1. Ceniza lavada, se muestran los elementos de la ceniza completamente limpios.

Para obtener análisis visuales de las cenizas con un mismo patrón, se diseñó un formato que se encuentra adjunto en el Anexo 2 como base de las descripciones de cada una de las muestras de cenizas que se analizan en este trabajo, el cual se basa en la descripción de los rasgos importantes de los diferentes componentes de las cenizas, estos aspectos son similares a los que se utilizan para hacer análisis sedimentológicos, debido a que una que una ceniza se comporta como un sedimento por su dinamismo de transporte, depositación, etc.

Se identificaron 11 rasgos importantes para la descripción de las cenizas, como se muestra en la Tabla 2, sin embargo es evidente que los componentes no siempre pueden identificarse con todos los rasgos descritos, debido a que varios de ellos no son distinguibles en todos los componentes; por esta razón en la mencionada tabla se marca con una x, únicamente los rasgos propios que puedan ser identificados para cada componente.

Componentes Rasgos	Pómez	Minerales	Vidrio	Componentes exógenos	Líticos
Color	x	x	x	x	x
Brillo	x	x	x	x	
Forma (Bullok 1985)	x		x		x
Vesicularidad	x				x
Inclusiones minerales	x	x	x		
Forma cristalina		x			
Tralucidez		x	x	x	
Estructuras fluidales	x		x		
Fracturamiento		x	x	x	
Alteración	x	x			x
CaCO ₃	x			x	x

TABLA 3.2. Relación entre los rasgos principales de los componentes de las cenizas.

CAPITULO 4

ESTUDIO DE LAS CENIZAS DE LA COSTA ECUATORIANA

4.1 INTRODUCCIÓN

Se podría decir que la historia arqueológica del Ecuador empieza a mediados de siglo XVIII con relatos de historiadores españoles en cuyos escritos se puede encontrar descripciones de rasgos de asentamientos culturales en las tres regiones fisiográficas continentales del Ecuador. Además se puede atribuir a aquellos escritores la asignación de nombres aborígenes a varios sitios importantes en esa época. Por ejemplo el nombre del sitio arqueológico conocido hoy en día como Chirije fue denominado como “Punta de Chirije” por *La Condamine* en 1751.

Se considera al Ecuador como una parte del área intermedia entre Perú y Mesoamérica debido a que se atribuye a nuestro país como el origen de rasgos estilísticos y tradiciones que florecieron varios cientos de años después en otras regiones de civilizaciones más avanzadas.

“Así pues el Ecuador fue punto crucial en la prehistoria americana su posición geográfica, su relación con la cordillera de los Andes, la Amazonía y las corrientes marinas le convirtieron en un centro emisor y receptor de cultura. Fue nación precursora en la técnica y el arte a través de los cuales se plasmó su vigoroso espíritu” (*Fragmento, Museo Banco Central del Ecuador*).

4.1.1 Cronología de la Ocupación Humana en el Ecuador

La primera ocupación humana en el Ecuador se remonta a 11.000 a AC aproximadamente basada en los restos humanos encontrados en el sitio “Chalán” en la quebrada Punín en la provincia de Chimborazo. Otra fecha importante corresponde a la datación obtenida del “Hombre de Paltacalo” ubicado en el valle del Río Jubones en Loja indicando una edad de 6000 a AC aproximadamente. Este período comprendido entre 11.000 y 4.000 a AC corresponde al Período Precerámico, en el cual los primeros habitantes eran nómadas, recolectores y cazadores (*Porras, 1984*).

Desde el Período Precerámico los arqueólogos han identificado cuatro períodos ocupacionales de interés distribuidos en las tres regiones fisiográficas del Ecuador continental, las cuales han sido divididas en varias fases debido a la evolución o decaimiento de las mismas a través del tiempo.

Uno de los objetivos del presente estudio es determinar la afectación de las diferentes caídas de ceniza analizadas anteriormente (cf. Capítulo 3) en las ocupaciones humanas antiguas. En la Figura 4.1 se presenta un cuadro cronológico de las ocupaciones a lo largo de la Costa ecuatoriana, edades y fuentes de las grandes erupciones que pudieron haber causado algún tipo de afectación a las culturas indicadas en la figura mencionada.

Se observa claramente que hace 3500 a AP ya existía una densa ocupación humana a lo largo de la Costa ecuatoriana con culturas desarrolladas en los períodos Formativo temprano y tardío. La cultura Valdivia ha sido la de mayor ocupación en tiempo (2000 años) sin embargo muy restringida en espacio, lo que no ocurre con las culturas, Machalilla y Chorrera que pudieron extenderse en espacio en lo que hoy conocemos como las provincias de Guayas y Esmeraldas.

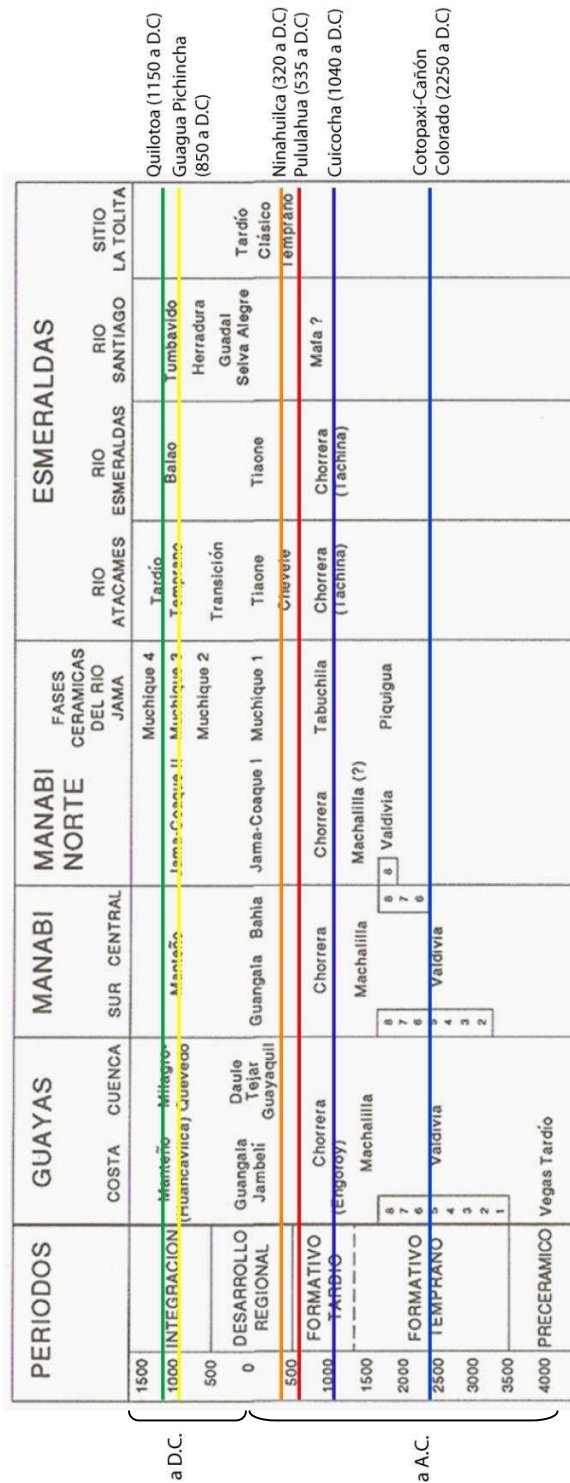


FIGURA 4.1. Cronología de las Culturas según las diferentes regiones geográficas del Ecuador. (Zeidler y Pearsall, 1994)

Estrada (1962) menciona ya la importancia de los movimientos tectónicos y volcánicos en el impedimento del desarrollo de la vida en varias zonas del país durante varios siglos, debido a depósitos volcánicos encontrados en lugares arqueológicos sin poner mucho énfasis en la identificación de las fuentes o probable edad de los mismos. No es hasta veinte años atrás aproximadamente, que los arqueólogos se han dado cuenta de la importancia de las consecuencias de las erupciones en el pasado, de tal manera que así, ahora se trata de identificar la fuente, edad y posible afectación a las culturas pre incaicas.

Arqueólogos como Isaacson, Zeidler, Bouchard, Valdez, entre otros, han incluido en sus estudios la identificación de depósitos de ceniza volcánica como tal en “cortes estratigráficos” sin embargo los estudios no han sido lo suficientemente específicos para poder determinar la fuente y edad de las erupciones asociadas. La importancia por parte de los arqueólogos está en determinar la fuente y edad para poder relacionar los niveles arqueológicos tanto en tiempo como el posible efecto causado a los mismos, ya que en varios lugares se ha podido constatar la íntima relación que llevan.

4.2 TRABAJO REALIZADO

4.2.1 Desarrollo del trabajo

El presente trabajo se ha enfocado principalmente en estudiar cenizas volcánicas relacionadas con las edades asignadas por los arqueólogos a los diferentes niveles culturales, debido a escasas dataciones con C¹⁴. Sin embargo ha sido posible encontrar otros depósitos tanto en esteros, cortes de carretera, en la línea de costa, etc. Es importante mencionar parte de este trabajo ha sido realizado de manera conjunta entre geólogos y arqueólogos de manera que juntando conocimientos se ha podido llegar a acuerdos en base a depósitos encontrados en el campo.

En el presente trabajo el aporte arqueológico en base a la estratigrafía realizada ya en algunos trabajos de investigación en la zona costera es de mucha utilidad de manera que los pisos arqueológicos existentes en la mayoría de los casos son reconocidos. Esto evidentemente, ayuda a tener una idea aproximada de las edades de los diferentes depósitos de ceniza identificados como tales.

4.2.2 Ubicación de lugares de muestreo

Como se ha mencionado en el Capítulo 1 el área de estudio se ha limitado a la zona costera litoral central. En la Figura 4.2 se puede observar la distribución de los sectores visitados y analizados en la zona mencionada, cada lugar se presenta con un código el cual será utilizado a lo largo del presente y próximos capítulos para facilidad del manejo de la información. En total se indican 24 lugares recorridos, en los cuales se ha podido obtener un total de 56 muestras de cenizas volcánicas cuyo análisis se ha realizado siguiendo la metodología indicada en el Capítulo 3 para determinar marcadores que ayuden a realizar una correlación exitosa entre las

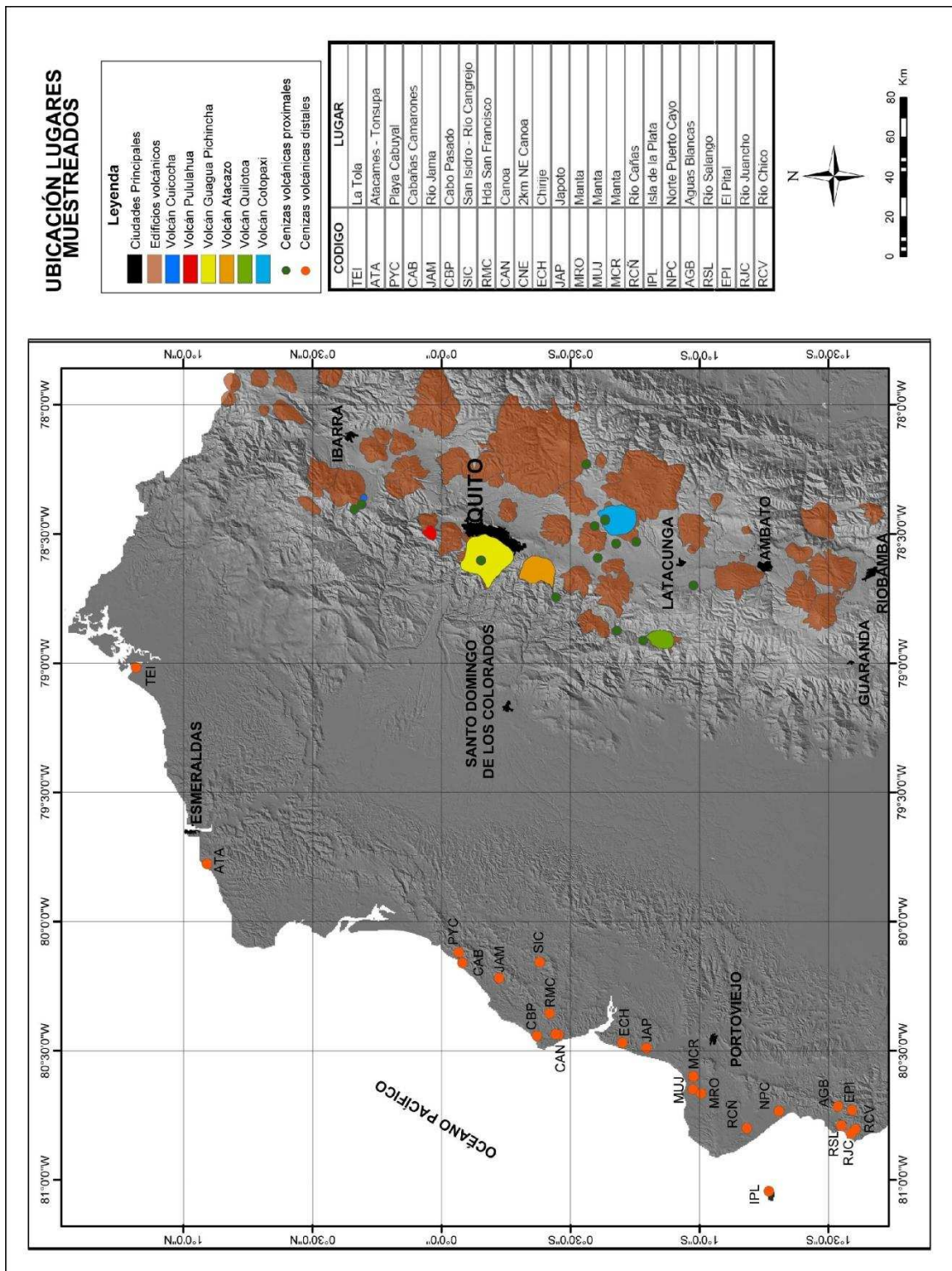


FIGURA 4.2. Ubicación de cenizas distales muestreadas en la Costa ecuatoriana.

diferentes muestras a lo largo de la zona costera. Sin embargo es notorio un gap de muestras en la provincia de Esmeraldas, esto se debe principalmente a la ausencia de estudios en este sector o a la falta de afloramientos evidentes.

Es un hecho significativo que varios lugares analizados y descritos a continuación tengan una íntima relación con otros de acuerdo a su posición geográfica y cronológica, de esta manera la descripción en su morfología, arqueología y estratigrafía son muy similares. Así se ha podido juntar descripciones de lugares que comparten la misma información en un solo literal.

Al encontrarnos en la zona costera es evidente indicar que la estratigrafía de los lugares analizados es parte de cuencas sedimentarias reconocidas en el Ecuador. En la zona delimitada del presente trabajo, de norte a sur, éstas son: Borbón y Progreso.

4.3 DESCRIPCIÓN DE SITIOS MUESTREADOS DE LA COSTA

La descripción de los lugares visitados y analizados es importante para entender el ambiente en el cual las diferentes capas de ceniza fueron depositadas así como para entender las razones por las cuales las culturas pasadas se ubicaron en dichos lugares. A continuación se presenta una descripción sencilla, que sin embargo no deja de ser completa de los 24 lugares visitados, siguiendo un orden de norte a sur:

4.3.1 Sitio La Tola – La Laguna

A. Localización

La Ciudad de la Laguna se ubica en la margen Suroccidental de la desembocadura del Río Santiago-Cayapas, aproximadamente a unos 6 km en línea recta del poblado cultural de La Tola. Sus coordenadas geográficas se comprenden

a groso modo entre 1° 05' y 1° 12' N y 79° 01' y 79°05' W. La parroquia La Tola, pertenece al cantón Eloy Alfaro, y se encuentra en la provincia de Esmeraldas (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

La actual llanura aluvial, ubicada entre la playa marina y la margen sur del Río Santiago – Cayapas, se formó paulatinamente por la re-deposición de los sedimentos fluviales que transporta el río. Al salir al mar, los sedimentos en suspensión son acarreados por las corrientes marinas y luego son re depositados a lo largo de la línea de playa existente. Forman así una serie de cordones litorales que van expandiendo la orilla con la acumulación sucesiva de dunas, alineadas de manera paralela a la playa (*Tihay, 1988, Tihay y Usselman, 1995, 1998*). Según estos trabajos, al parecer este proceso se inició a partir del fin de la última trasgresión marina (llamada de Flanders), hace 5000 años y se mantiene activo hasta la actualidad.

C. Arqueología:

Lo que hoy en día se conoce sobre La Tolita se debe a las investigaciones arqueológicas efectuadas en Esmeraldas por el Museo del Banco Central de Quito, la cuales se iniciaron en el año de 1983 y culminaron con un informe final en 1994. La isla La Tolita fue un centro ceremonial antiguo. Sus restos arqueológicos, debido a la utilización de oro y platino, nos muestran que fue una civilización rica.

Según *Valdez (2006)*, la ocupación en este lugar se realizó en tres fases distintas, desde 3.000 - 2.500 a AP llamada Ocupación temprana con la evidencia de asentamientos en los manglares litorales en la frontera con Colombia así como también en las cabeceras de los ríos Santiago y Cayapas; la era Tolita (2.400 – 1.060 a AP) se caracterizó por un asentamiento en las partes altas, además de un desarrollo de caminos elevados utilizados para el drenaje de agua de los pantanos;

la era post La Tolita (1.100 – 700 a A.P) es el periodo en el cual se produjo el decline de este centro regional lo que resultó en la pérdida del prestigio ganado anteriormente.

D. Estratigrafía

En la Figura 4.3 se muestra un compendio de la información obtenida de este sitio. *Valdez* en el 2006 presenta una estratigrafía arqueológica (Fig. 4.3c) correspondiente al sitio de Las Balsas, el cual se encuentra a una distancia relativamente corta con relación al sector de la columna estratigráfica en el sector de La Tola – La Laguna de la Ciudad Perdida (Fig. 4.3a), en la cual se hace mención a una capa de ceniza volcánica blanca de un espesor entre 3 y 5 cm (Fig. 4.3c, nivel tomate) que recubre todos los depósitos culturales tardíos sellando de esta manera las últimas ocupaciones prehispánicas en la Laguna; concluye diciendo que “la importante caída de ceniza alteró el destino de los asentamientos en la Laguna, provocando eventualmente el abandono de la región pantanosa hacia inicios del siglo XIII”.

En esta sección ha sido posible identificar dos niveles de ceniza, los cuales se encuentran intercalados con pisos arqueológicos debidamente datados, esta información ayuda a restringir de mayor forma las fuentes posibles de estos depósitos.

FIGURA 4.3 Estratigrafía de La Tola - La Laguna (Cantón Eloy Alfaro)

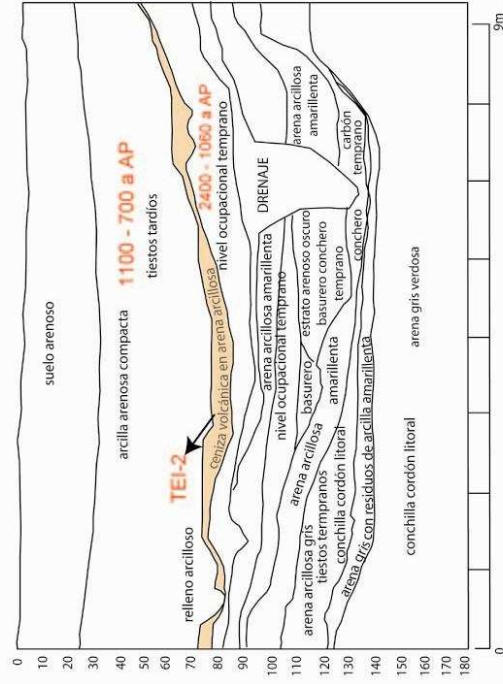
UTM 718500, 10131000, 6m snm
14 Junio, 2007; FV, JH, PM

a) Columna estratigráfica

metros	Topo
0.15	Suelo orgánico arcilloso color negro con restos de plantas. Pocos rasgos culturales
0.10	Ceniza fina con granos de pómez, color moreno - beige. Tamaño arena fina con abundante xis de hbd y plag.
0.45	Suelo orgánico con abundante cerámica. Nivel ocupacional Integración Taráia (1100 - 700 aAP)
0.10	Ceniza superfina, xis de hbd y plag. Pómez - blanca fina.
0.20 - 0.30	Datación 14C - 1800 aAP Suelo orgánico con abundante cerámica. Nivel ocupacional temprano (2400-1060 aAP?) Nivel de ceniza sin posición definida con respecto a los niveles culturales de formativo tardío.

Toda la sección cultural se sienta por encima de un nivel de conchilla cordón litoral que tiene por lo menos 3000aAP.

c) Estratigrafía arqueológica del Sitio Arqueológico Las Balsas (Valdez, 2006)



b) Descripción Petrográfica simplificada de cenizas volcánicas

SUFIO	COMPONENTES %					MINERALES %					PÓMEZ			VIDRIO		
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
TEI-2	79	10	6	5		57	19	3	13	3	5				x	x
TEI-1	89		10	1		76	7	1	11	3	2				x	x

4.3.2 Sitio Atacames – Tonsupa

A. Localización

El lugar se encuentra ubicado en el lugar de Tonsupa que pertenece al cantón de Atacames Provincia de Esmeraldas, exactamente en las coordenadas (UTM) 633833/1015600 (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El lugar analizado se encuentra en un ambiente fluvial marino gobernado por ríos de segundo y tercer orden, la topografía más bien baja tiene una altura de 200 m snm.

C. Arqueología:

El lugar Atacames – Tonsupa fue ocupado durante el Período de Integración por la Cultura Atacames caracterizada por el desarrollo de conjuntos habitacionales sobre montículos alcanzando 1500 casas con calles y plazas (*Sámano, 1985*). Es importante mencionar el arte que esta cultura alcanzó en el desarrollo de la pesca con la generación de mallas de red con diferentes diseños y utilidades, en instrumentos líticos, molienda y labranza como por ejemplo manos de metate, morteros, hachas etc.; indicando que el desarrollo agrícola en esa época fue muy importante (*Iglesias, 1998*).

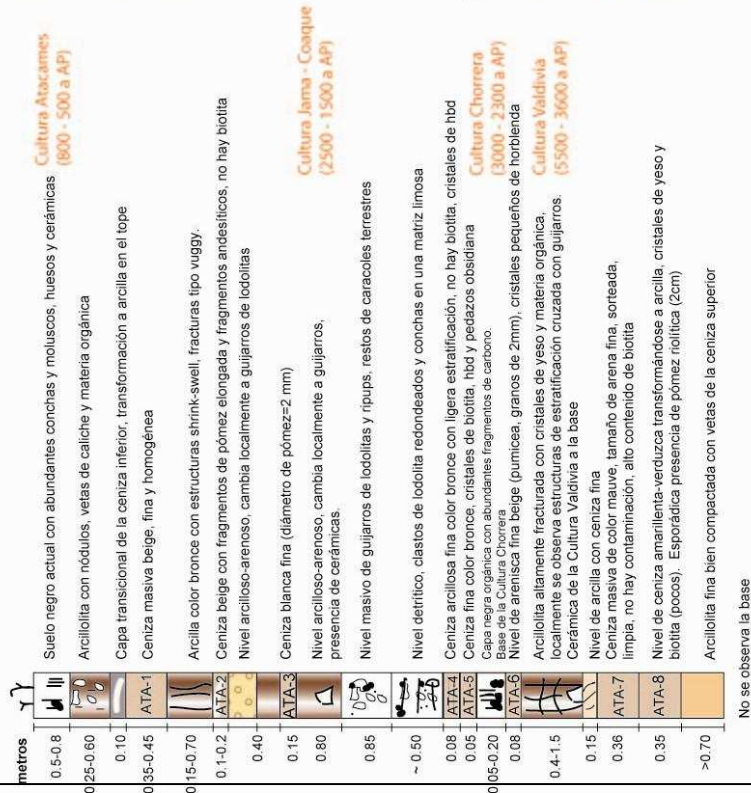
D. Estratigrafía

En la Figura 4.4 se presenta la columna estratigráfica del sector Tonsupa – Atacames, en la cual se describe 8 capas de ceniza intercaladas con varios niveles culturales muy bien identificados como: Atacames (800 – 500 a AP), Jama-Coaque (2500 – 1500 a AP), Chorrea (3000 – 2300 a AP) y Valdivia (5500 – 3600 a AP), siendo ésta el último nivel encontrado que subyace una capa de ceniza (*Villalba, 2006*).

FIGURA 4.4 Estratigrafía de la Playa Tonsupa Central y Norte (Cantón Atacames)

UTM 0633833, 0100156, 3m snm
02 Julio, 2005; PH, PM, MV

a) Columna estratigráfica



No se observa la base

b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUPUIO	COMPONENTES %						MINERALES %						PÓMEZ		VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	H. VID.	V. MEL.	SHARDS		
ATA - 1	7	93				14	15	57	14						x	
ATA - 2	31	57	3	6	3	56	15	11	7	11				x		
ATA - 3	10	76	3	7	4	63	12	12	13						x	
ATA - 4	79	16	2	1	2	90	8	2							x	
ATA - 5	5	73	5	15	2	50	25	25							x	
ATA - 6	35	59	1	5		78	19		3						x	
ATA - 7	37	55	7	1		20	10	67	3					x		
ATA - 8	63	1	32	3		77	21		1						x	

c) Fotografías de la estratigrafía en la Playa de Tonsupa - Atacames, se observan los diferentes niveles de ceniza



Estas capas de ceniza muestran información muy valiosa. Para diferenciarlas entre ellas, se destaca componentes como la biotita como una buena guía para poder discriminar las posibles fuentes propuestas en el Capítulo 2.

Las edades determinadas mediante C^{14} indican que varias culturas ocuparon el sitio de Atacames y Tonsupa y esto a su vez nos indica claramente que varias de ellas fueron afectadas por la ceniza volcánica. Esto pudo haber causado la migración de los asentamientos humanos en la región ya que no se encuentran ocupaciones inmediatas al depósito de ceniza.

4.3.3 Sitio Cabañas Camarones

A. Localización

El presente lugar se encuentra a 22 km de la cabecera del cantón Jama, cerca del poblado de Tabuga en la Provincia de Manabí, por la vía Pedernales – San Vicente, exactamente está dada por las coordenadas UTM 591254/9991163 (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del sitio

El sitio se encuentra junto al río Camarones, el área se extiende desde el nivel del mar, pasando por acantilados alcanzando algunos centenares de metros snm al ascender a las estribaciones de la cordillera costanera

C. Arqueología

En este sector las primeras prospecciones fueron realizadas en la Hacienda Camarones la cual tiene un área de 2000 ha. Mediante esos estudios fue posible encontrar una serie de montículos (Tolas) alineadas con el movimiento aparente del sol en un sentido Este – Oeste.

Según Loor et al. (2003) se llegó a la conclusión que eran montículos habitacionales, con una distancia promedio de 50 metros entre uno y otro, y un promedio de 25 metros en la línea paralela de montículos que acompañan a las

construcciones principales. Forman una perfecta urbanización de viviendas preconcebidas y planificadas, ubicadas de una manera estratégica, ya que están situadas al margen derecho del río Camarones y frente a la costa del Océano Pacífico, dos fuentes fundamentales de materia prima para preservar una sociedad organizada.

D. Estratigrafía

En la Figura 4.5 se muestra un resumen de la estratigrafía, se observa que existen dos niveles de ceniza que encierran un nivel cultural no identificado. En la Figura 4.5 c se muestra las fotografías de los niveles de ceniza.

4.3.4 Sitio Río Jama

A. Localización

El presente lugar se encuentra en las riberas del Río Jama del cantón del mismo nombre dado por las coordenadas UTM 584647/9975420, pertenecientes a la Provincia de Manabí (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

En medio de un ambiente fluvial, el río Jama se encuentra al pie de la Cordillera Camarones, se refiere a un valle fluvial pequeño a mediano que cubre un área de 1612 km², en el cuyas riberas es posible observar diferentes terrazas aluviales. El río Jama tiene un rumbo hacia el Noroeste, paralelo a varias fallas presentes (Zeidler, 1994b). En la Figura 4.6 se muestra la ubicación de los sitios Jama y San Isidro, de aquí se puede inferir que existe una amplia relación tanto en los tipos de depósitos encontrados así como en las diferentes ocupaciones humanas debido a la gran cercanía de los sitios (Fig. 4.6).

FIGURA 4.5 Estratigrafía del Sitio Cabañas Camarones (Cantón Jama)
 UTM 0591254, 9991163, 8m snm
 19 Junio, 2006; PM, PH

a) Columna estratigráfica

Metros	Topo	Descripción
1.30		Suelo orgánico arcilloso, características shrink-swell No hay rasgos culturales
0.14		Ceniza fina, puntitos de pómez, color moreno - beige. Tamaño arena fina.
0.75		Suelo orgánico características shrink - well. Nivel cultural, presencia de cerámica.
0.20-0.30		Ceniza fina homogéneo, color mauve-gris. Tamaño arena fina al tope, en la base mas gruesa. Muchos xis de bita dorada.
1.00		Ceniza muy fina endurecida.
>0.20		Suelo arcilloso rico en xis y turrones de yeso con vetas muy obvias. Color beige. Base

c) Fotografía del lugar donde fueron muestreadas las cenizas junto a las Cabañas en Camarones



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFUO	COMPONENTES				MINERALES						PÓMEZ		VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
CAB - 1	40	30	3	26	1	82	5		13		beige, café, blanca lechosa		x	
CAB - 2	46	29	8	12	5	71	8	9	12		gris, blanca lechosa, beige	x	x	

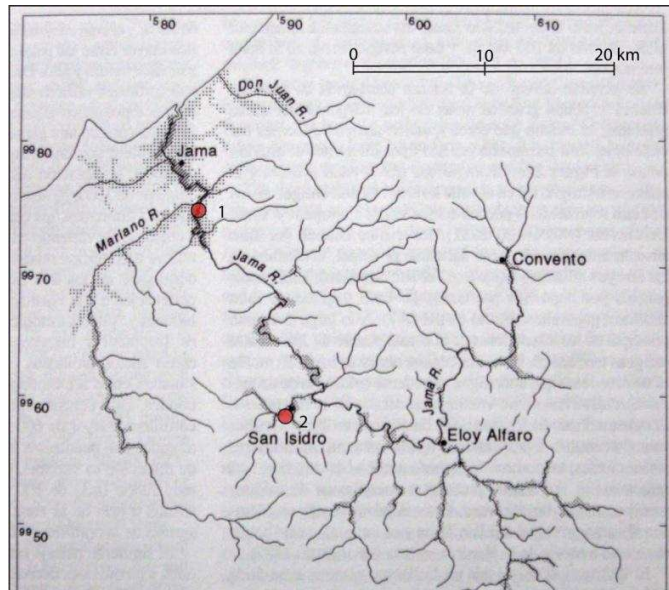


FIGURA 4.6 Ubicación de los sitios Río Jama (1) y San Isidro (2) (Zeidler y Kennedy, 1994)

C. Arqueología

Las riberas del río Jama al ser terrenos llanos como terrazas aluviales fueron centros importantes de asentamientos humanos. En este sector se han encontrado vestigios de tres culturas importantes: Valdivia Terminal, Chorrera y Jama -Coaque (en la cual se desarrollaron tres fases de la cultura Muchique) (Zeidler y Kennedy, 1994). Tiene una gran relación con el Sitio Arqueológico de San Isidro ya que este se encuentra junto al río Cangrejo el cual es afluente del río Jama.

D. Estratigrafía

Zeidler y Kennedy, (1994); realizó varios trabajos de investigación en el sector del río Jama, sin embargo no existe un corte estratigráfico correspondiente a la ubicación correspondiente a este sitio.

En la Figura 4.7 se presenta la estratigrafía de los sitios Jama y San Isidro, según la posición estratigráfica así como de los componentes de las cenizas se puede realizar ciertas analogías y parentescos que ayuden a relacionar una ceniza con otra

FIGURA 4.7 Estratigrafía de los Sitios Río Jama (1) y San Isidro (2) (Cantón Jama)
 (1) UTM 0584647, 9975420, 29m snm
 11 Junio 2006; PM, MH

a) Columna estratigráfica

1. Sitio del Río Jama

Metros	Topo
0.50	Suelo orgánico arcilloso, shrink-swell característicos. Rasgos culturales.
0.15	Ceniza fina #1 (Tope). Color moreno - beige. Tamaño arena fina.
2.50	Suelo orgánico, shrink - well característicos. Nivel cultural, presencia cerámicas.
0.20	Ceniza fina #2 (Basal), homogéneo, color mauve - gris. Tamaño arena fina.
>0.20	Nivel endurecido, estéril? Base - nivel Río Jama

2. Sitio del Río San Isidro

Metros	Topo
1.00	Suelo orgánico arcilloso, color beige/gris. Posibles rasgos culturales
0.20	Ceniza volcánica fina, polvo-gris
1.50	Suelo-con arenas y material orgánico
0.25	Ceniza volcánica- arenoso, con pomez
0.10	Suelo- color negro-muy orgánico
0.15	Ceniza volcánica- arenosa, buen sorteo
0.20	Nivel de gujarros - redondeados en matriz de arena fluvial.
2.00	Suelo-Color chocolate- rico en arcilla con clastos de rocas pirocénicas. Blen compactada. Tiene "rip-ups" de suelo seco
0.15	Ceniza- color beige-arenosa fina
0.15	Arenas reabajadas con ripups
2.00	Suelo con arena-color chocolate-beige
0.30	Ceniza reabajada- color beige-gris Base de la Sección

b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

1. Sitio del Río Jama

SUFIDIO	COMPONENTES						MINERALES						VIDRIO	
	MIN	POM	VID	UT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	V. MEL	SHARDS	
JAM-1	21	44	5	20		67	6		26					X
JAM-2	49	41	8	2		69	16	10	12					X

2. Sitio del Río San Isidro

SUFIDIO	COMPONENTES						MINERALES						PÓMEZ		VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	V. MEL	SHARDS			
SIC-1	1	98		1		80	10	10								
SIC-2	64	31		3	2	65	12	23						X		
SIC-3	15	79	3	3		68	6	15	5							
SIC-4	30	60	4	4	2	70	20	3	6					X		
SIC-5	26	68	3	3		55	21	11	10	2						

c) Fotografías de la estratigrafía en el Río Jama (1) y San Isidro (2)



En el corte estratigráfico del sitio de Jama se observan únicamente dos niveles de ceniza, esto puede deberse a que los otros niveles (posibles correlacionables con los de San Isidro se encuentren bajo la superficie del río en el corte realizado en este trabajo).

4.3.5 Sitio de San Isidro – Río Cangrejo

A. Localización

Se encuentra en la costa centro-norte a 25 km aproximadamente al SE de la ciudad de Jama, en el valle del mismo nombre; su ubicación exacta está dada por las coordenadas 5917000 / 9958800, ver Figura. 4.2. San Isidro se refiere a una parroquia del cantón Sucre perteneciente a la Provincia de Manabí. Se encuentra delimitada por los ríos Cangrejo y Estero Bravo, ambos afluentes del Río Jama.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Se encuentra en el valle fluvial del río Cangrejo el cual junto a sus afluentes bañan el sector, corresponde a la llanura costera cuya elevación no supera los 200 m snm, es afluente del río Jama. En la Figura. 4.8 se observa la ubicación de San Isidro con respecto al valle fluvial del río Jama.

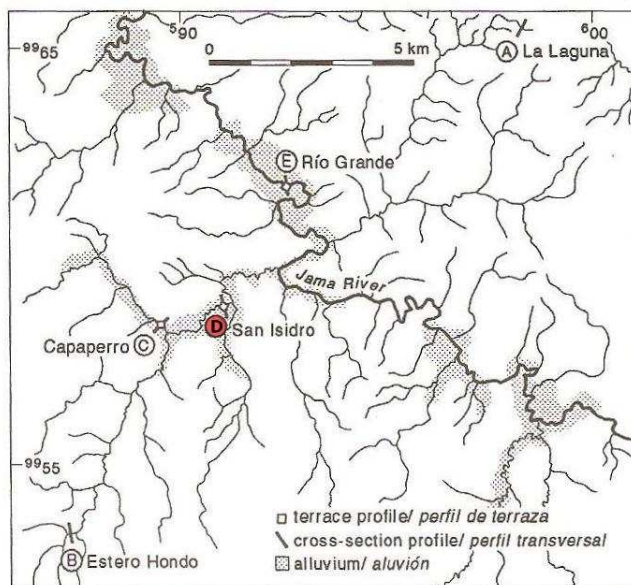


FIGURA 4.8 Ubicación de las columnas estratigráficas de San Isidro y sus alrededores.
(Donahue y Harbert, 1994)

C. Arqueología:

San Isidro ha sido reconocido como un centro ceremonial regional, en el cual se desarrolló la cultura Jama–Coaque. Cubre un área de 40 ha aproximadamente y hoy en día el pueblo de San Isidro reside sobre este lugar.

El rasgo arqueológico principal es una tola o montículo, localizado en la parte central con 17 m sobre de altura y 100 m de diámetro resultando en 88.458 m³ de material, lo que sugiere que San Isidro funcionó como un centro ceremonial y administrativo regional durante la larga ocupación de Jama–Coaque, la cual representó una sociedad cacical (serie de cacicazgos regionales temporales) (Donahue y Harbert, 1994).

Representó el asentamiento ápice del área cultural Jama–Coaque. Su ocupación cultural fue de 2900 años (1660 a.C. – 1250 d.C.) que corresponden a la

Fase Piquigua del Formativo Temprano y a la Fase Muchique 3, período de Integración terminal, respectivamente.

La construcción inicial de la Tola corresponde a Valdivia, sin embargo la mayor parte fue desarrollada entre las Fases Muchique 1 y 3.

D. Estratigrafía

En la estratigrafía desarrollada por *Donahue y Harbert (1994)* se determina la existencia de tres niveles de tefra (Fig. 4.9) y ponen énfasis en determinar a qué nivel cultural podría corresponder:

- Tefra 1, de edad 3600 a.C., corresponde a la Fase Piquigua.
- Tefra 2, separa los componentes Chorrera y Jama – Coaque I, y corresponde a una ceniza volcánica retrabajada. Edad ~2500 a A.P.
- Tefra 3, útil marcador de un horizonte para distinguir las ocupaciones del período de Desarrollo Regional y las del período de Integración en el Norte de Manabí. Edad ~1627 a A.P.

En la Figura. 4.7 se presenta la columna estratigráfica realizada en el sector de San Isidro en el Río Cangrejo por parte de P. Mothes y M. Hall, en la cual se reconocieron cinco cenizas diferentes. El componente arqueológico es importante para tener estratos culturales guías que ayuden a identificar de mejor manera cada nivel. Por afinidad química *Isaacson (1994)* postula que la Tefra II probablemente corresponde a la erupción del Pululahua de 2485 a AP.

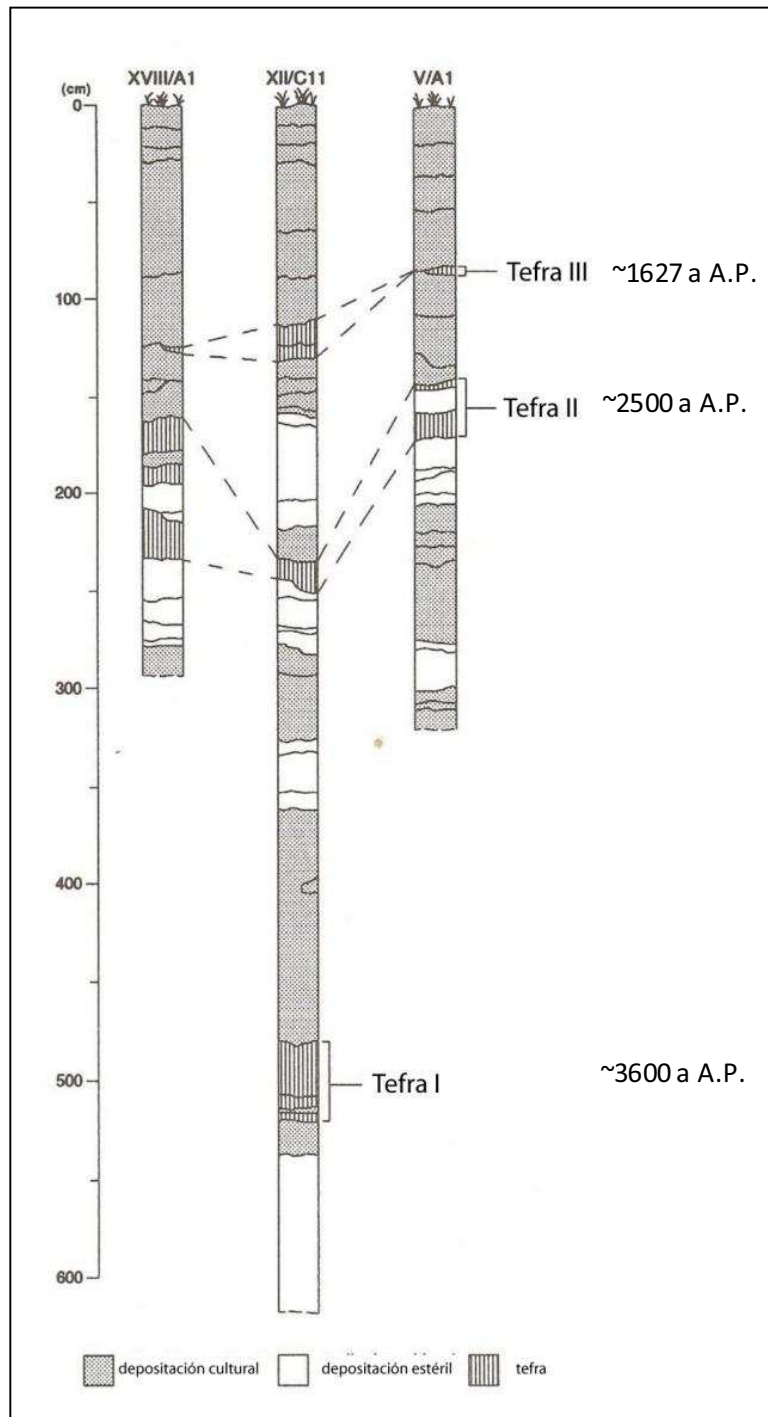


FIGURA 4.9 Columnas estratigráficas, Río Jama. Donahue (1994).

4.3.6 Sitio Río Muchacho - Hacienda San Francisco

A. Localización

El lugar se encuentra al norte del Cantón Canoa, perteneciente a la provincia de Manabí, sus coordenadas UTM son: 569477/9953828 (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Se refiere a una llanura fluvial no muy extensa, sin embargo importante en este sector. Junto a pequeños afluentes el Río Muchacho desemboca en el Océano Pacífico. La morfología del terreno se caracteriza por la planicie costera cuya altitud varía entre los 0 – 200 m snm.

C. Arqueología:

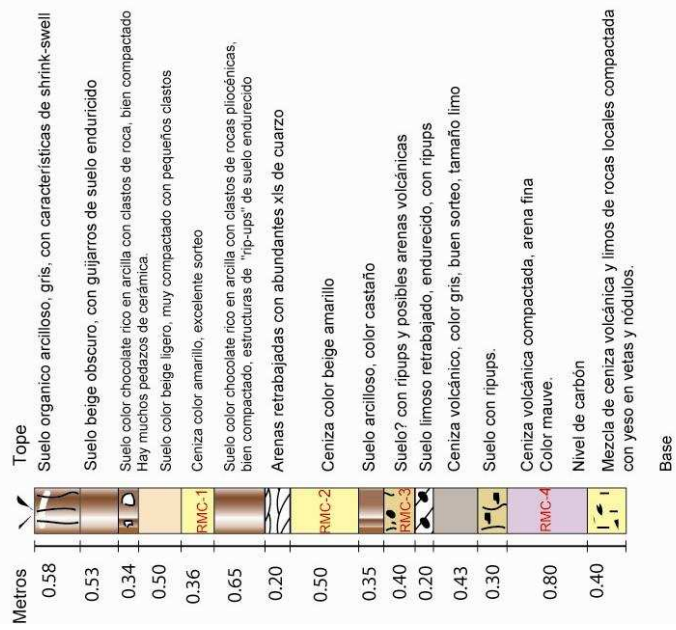
Se ha encontrado restos de cerámica en el sector y en el sitio del corte estratigráfico sin embargo no existe una investigación detallada de este sector.

D. Estratigrafía

En la Figura. 4.10, se observa la columna estratigráfica del sector analizado, así como la descripción de los cinco niveles de ceniza encontrados. En la Figura 4.10c se muestra los cuatro niveles de ceniza en el corte estratigráfico en la rivera del río Muchacho. Existen algunos niveles con presencia de cerámica sin embargo no ha sido posible identificarla.

FIGURA 4.10 Estratigrafía del Sitio Río Muchacho - Hda. San Francisco (Cantón Canoa)
 UTM 0569477, 0053828, 125m snm
 10 Junio, 2006; PM, MH

a) Columna estratigráfica



La muestra de ceniza RMC-5 se localiza a 2km al NE de Canoa, cercano al sector aquí mencionado.

b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFUJO	COMPONENTES					MINERALES					POMEZ	VIDRIO V. MEL.	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	F5	CZO	BIOT	HBD	HIP			AUG
RMC - 1	18	50	13	18		50	30	10	10			blanca lechosa, beige, gris	
RMC - 2	41	54		5		56	34	3	7			blanca lechosa, beige amarillenta, naranja, gris	
RMC - 3	37	64				82	12	3	3			blanca lechosa, beige, traslúcida, gris oscura, naranja	
RMC - 4	12	88				85	15					blanca lechosa, gris clara - oscura, beige café	
RMC - 5	1	90	5	4		75	10	5	10			blanca lechosa, blanca traslúcida, café gris, gris	X

c) Fotografías de la estratigrafía en el Río Muchacho



4.3.7 Sitio Canoa

A. Localización

Se encuentra al sur de Cabo Pasado y al norte de Bahía de Caráquez, pertenece a la provincia de Manabí, su ubicación está dada por las coordenadas UTM 560350/9950000m snm (Fig. 4.2).

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Ambiente de llanura aluvial en la cual el río Muchacho va irrigando la zona en una topografía baja, no mayor a 100 m snm. Tierra adentro se puede encontrar topografía más alta con más de 200 m snm.

C. Arqueología

No existe información de este sitio.

D. Estratigrafía

Se presenta la estratigrafía típica del lugar con la presencia de 3 niveles de ceniza, Figura. 4.11.

4.3.8 Sitio Chirije

A. Localización

Se encuentra al sur de la línea ecuatorial, a 10 km al sur de Bahía de Caráquez, cercano a la línea costera, inmediatamente al norte de San Clemente, su ubicación exacta está dada por las coordenadas UTM 556850/9922550, al lugar es posible acceder únicamente por la playa en bajamar, el lugar arqueológico se localiza 1.5 km costa adentro, siguiendo el estero de Chirije Grande.

FIGURA 4.11 Estratigrafía de los Sitios Cabo Pasado y Canoa (Cantón Canoa)
 (1) UTM 559776, 9959250, 157m snm
 02 Julio, 2008; SV, MH, PM

a) Columna estratigráfica

1. Cabo Pasado

Componente	Topo	Descripción
0.40		Suelo arcilloso beige claro con presencia de cerámica, no identificada
1.15		Ceniza blanca, tamaño arena fina, presenta yeso en la base y el topo del estrato, no presenta retrabajamiento, alto contenido de CaCO3
0.70		Suelo arcilloso beige, ligeras fracturas rellenadas con yeso
0.70		Ceniza Basal, color blanca, tamaño arena fina, probablemente retrabajada, material orgánico presente, pequeños lentes de areniscas, no existe evidencia de yeso o CaCO3

2. Canoa

Componente	Topo	Descripción
2.00		Suelo orgánico con nivel cultural al topo.
0.20 - 0.25		Ceniza blanca muy fina.
1.00		Suelo orgánico color ocre con algunos guijarros redondeados. Arcilla con tubos de lombrices, shrink-swell.
1.50		Suelo rico en xis de yeso con vetas muy obvias. Color beige.
0.60		Ceniza fina blanco beige, homogénea. Capa de arcilla en la base.
		Base

b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

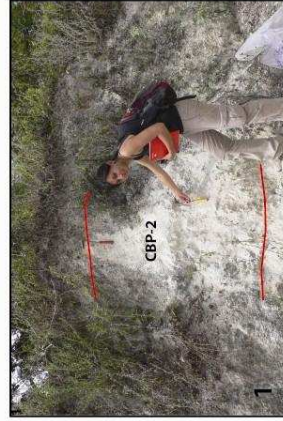
1. Cabo Pasado

SUFIO	COMPONENTES							MINERALES					PÓMEZ	VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	SHARDS		BOTRL	
CBP - 1	48	40	6	1	5	97	3							X	X
CBP - 2	24	40		35	1	85	13				2				

2. Canoa

SUFIO	COMPONENTES							MINERALES					PÓMEZ	VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	V. MEL.		BOTRL	
CAN - 1	1	81	3		15	75	10	5	10						X
CAN - 2	42	56	1	1		58	10	tz	23		9				
CAN - 3	2	96	1	1		75	10	5	10					X	X

c) Fotografías de la estratigrafía en Cabo Pasado (1) y Canoa (2)



B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El litoral entre Bahía de Caráquez y 30 km al sur se presenta de forma contrastada presentando abruptos acantilados que ocupan la mayor parte del norte, mientras, que hacia el sur se desarrolla una llanura costera de cordones litorales y ciénegas. El presente sitio se encuentra sobre los abanicos-terrazas de los esteros Chirije Grande y Chirije Chico, no superan los 20 m de altura; los mismos que conjuntamente con otros cortan perpendicularmente a los acantilados que alcanzan los 100 m de altura, que al ser continuamente atacados en sus bases por el océano, presenta el aspecto típico de una costa de erosión. Los esteros mencionados permanecen la mayor parte del tiempo sin agua. En marea baja, la playa tiene un centenar de metros de ancho. Sin embargo los eventos ENSO (El Niño/La Niña-Southern Oscillation) pueden traer gran cantidad de material a los esteros (Usselman, 2006) (Fig. 4.12).

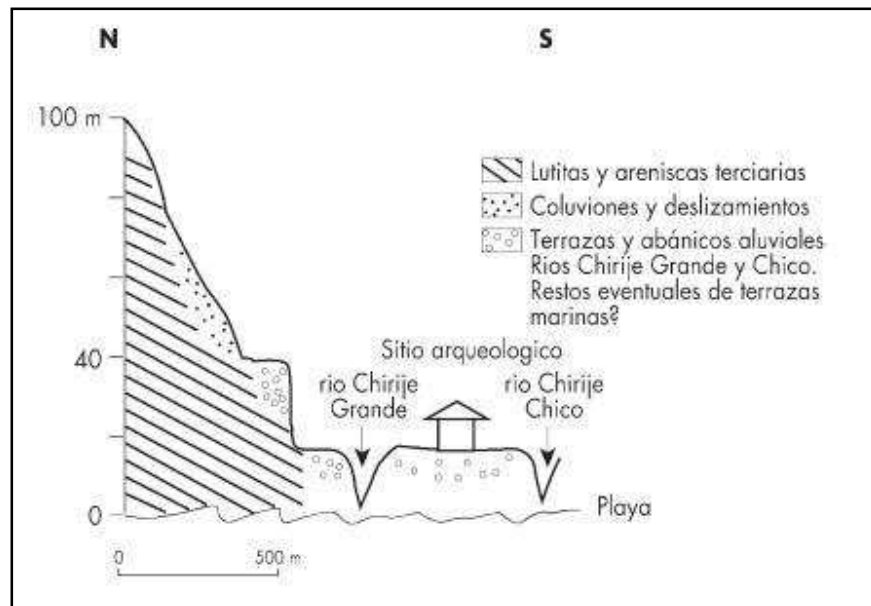


FIGURA 4.12 Esquema del Sitio de Chirije, modificado de Usselman, 2006

C. Arqueología:

Los estudios arqueológicos en este sector son muy pocos, aunque existan varios hallazgos de cerámica en el sector. *Bouchard* en el 2006, según la información de *Estrada (1962)*, describe el asentamiento en Chirije. En total se describen tres momentos de ocupaciones sucesivas, en este sector; en orden cronológico estos son: Bahía–Chirije–Manteño. Sin embargo *Bouchard* en los últimos años ha identificado influencia de otras culturas como Jama-Coaque y La Tolita, en este sitio.

D. Estratigrafía

Estrada obtiene una datación en la cual indica que la ceniza volcánica se encuentra sobre un piso cultural de edad 850 ± 105 a AP. *Bouchard*, (2006), menciona la identificación de dos capas de ceniza volcánica, las cuales se encuentran en íntima relación con los restos arqueológicos encontrados en el sector.

4.3.9 Sitio Japoto

A. Localización

El sitio arqueológico de Japoto se encuentra en las cercanías de San Jacinto, a 28 km de Bahía de Caráquez, en la provincia de Manabí. Se localiza a 2 km de la línea de playa, Figura. 4.3. El lugar se identifica por las coordenadas UTM 554522/9912277.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El sector se encuentra en una zona costa fluvio–lagunar de acumulación. El río Portoviejo desemboca en el océano inmediatamente al sur de San Jacinto. Se observan cordones litorales antiguos y actuales, entre los cuales se ha formado un glacis de acumulación entre las lagunas y las bajas colinas cercanas. Aquí se encuentra el sitio arqueológico de Japoto/San Jacinto (*Usselman, 2006*).

FIGURA 4.13 Estratigrafía de los Sitios Chirije(1) y Japoto(2)
 (1) UTM 556850, 9922550, 20m snm
 18 Julio, 2008; SV
 (2) UTM 554522, 9912277
 9 Julio, 2009; SV

a) Columna estratigráfica

1. Chirije

Metros	Topo
0.25	Suelo orgánico, café negruzco, negro, limoso - arcilloso, desleñable
0.30	Ceniza blanca fina con biotita y pequeños granos de pómez.
0.40	Suelo arenoso arcilloso, beige, bajo contenido de materia orgánica, pequeñas fracturas rellenas de carbonato de calcio

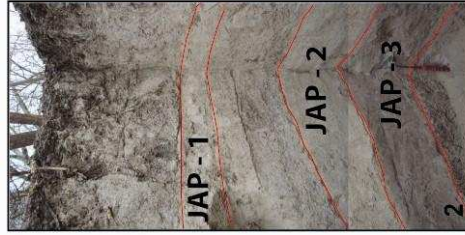
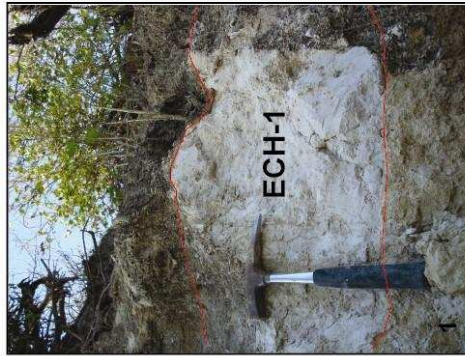
2. Japoto

Metros	Topo
0.15	Suelo orgánico, negro, limoso - arcilloso, bien compactado, fracturas milimétricas, cantos alterados, hematita
0.20	Suelo arenoso arcilloso, mala estratificación, bajo contenido de material orgánico
0.20	Arenisca fina, poco consolidada, bancos de arcillolita
0.11	Arena, beige bajo contenido material orgánico, bioturbaciones, Arcillolita, gris oscura, fracturada, con patina de goethita
0.10	Ceniza volcánica muy contaminada, beige clara, endurecida pro H2O
0.20	Ceniza volcánica menos compactada, beige oscura, muy contaminada Arcillolita compactada y fracturada, gris oscura con material orgánico, fracturas rellenas de hematita y sales
0.27	Ceniza volcánica color beige, tamaño arena fina, parches blancos, contaminada, material orgánico abundante
0.30	Ceniza volcánica color gris con parches blancos, (hbda, plag, pocos lílicos), ceniza pura, bioturbaciones, poco material orgánico, a la base presenta un ligero endurecimiento
>0.20	Suelo gris oscuro con alto contenido de arcilla, material orgánico, patinas de sales.
	Base del pozo

b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFIJO	COMPONENTES										MINERALES				VIDRIO		
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG				V. MEL.	SHARDS	BOTR.
ECH - 1	34	43	13	10		35	9	43	9	4		blanca lechosa, beige clara					
JAP - 1	18	45	4	30	3	83	17					blanca lechosa, beige, beige gris, traslúcida					
JAP - 2	5	87	4	3	1	85	10	5				blanca lechosa, beige, gris, blanca lechosa					
JAP - 3	23	67	2	5	3	64	8	5	23			gris, blanca lechosa, blanca gris, obsidiana					

c) Fotografías de la estratigrafía en Chirije (1) y Japoto (2)



C. Arqueología:

Los vestigios del sector de Japoto pertenecen a la cultura Manteña, exactamente a la última fase cultural prehispánica del área, probablemente pertenezca las Fases Manteñas Antigua y Tardía. En Japoto se han podido encontrar al menos 60 montículos artificiales o tolas con estructuras manteñas visibles en todo sitio y sus alrededores, las mismas que reflejarían la última ocupación (Bouchard, 1996). En la Figura. 4.14 se observa la excavación realizada en la Tola 7, en la cual fue posible identificar la construcción de un mural con escalinatas, además de varias vasijas en buen estado. Los niveles de ceniza no fueron identificados en esta Tola. Guinea, (2010) (com. pers.) menciona dataciones de 1300 a AP obtenidas en la Tola 7.



FIGURA 4.14 Fotografía de la excavación realizada en la Tola 7, en el sitio Arqueológico de Japoto. Foto: S. Vallejo, IG-EPN

D. Estratigrafía

La estratigrafía que se presenta a continuación se la realizó en la Tola 8 del sitio arqueológico de Japoto (Fig. 4.13).

4.3.10 Sitio Manta

Varios lugares fueron muestreados en las cercanías de Manta, estos fueron: Camino Manta-Crucita, Base de Manta, Camino Manta-Rocafuerte, By Pass Montecristi, Urbanización Ciudad Jardín. A continuación se realiza una descripción por todos estos sectores.

A. Localización

Los sectores analizados se encuentran en el cantón Manta, provincia de Manabí, las coordenadas UTM de estos lugares son: 542000/9892200, 536779/9892450, 534974/9888888, 533802/9889154, 542360/9892266, respectivamente, Figura.4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Manta al encontrarse en la planicie costera no presenta mayores cambios en su topografía, sin embargo tiene un rasgo morfológico muy notorio, este es la gran bahía que se adentra algunos cientos de metros en la desembocadura del Río Manta, cuyo caudal aumenta mucho en épocas de invierno.

C. Arqueología:

Manta representa uno de los lugares con mayores concentraciones de población de los últimos tiempos prehispánicos. En este sector se formó la cultura Manteña (Huancavilcas y Punáes). La importancia de esta cultura radica en que representa la proto – historia de la costa. En ninguno de los cortes estratigráficos analizados en este trabajo se encontró evidencias de ocupaciones humanas antiguas.

FIGURA 4.15 Estratigrafía de los Sitios de Manta (Cantón Manta)

1. Camino Manta - Rocafuente
UTM 542000/9892200, 58 m
Abril 2, 2008, P.M., M.H.

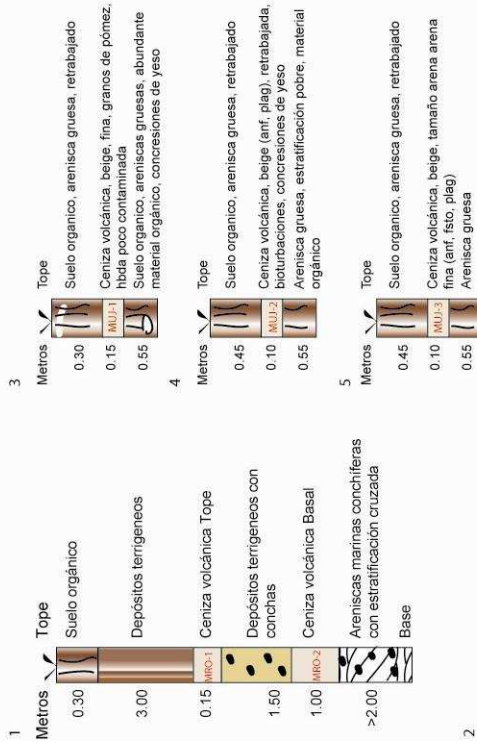
2. Camino Manta - Crucita
UTM 0542360/9892266, 51 m
Julio 6, 2008, S.V., P.M., M.H.

3. Manta Norte
UTM 0536779/989245, 5 m
Julio 4, 2008, S.V., P.M., M.H.

4. Manta By Pass Montecristi
UTM 0534974/9888880, 102 m
Julio 4, 2008, S.V., P.M., M.H.

5. Urbanización Ciudad Jardín, Vía Montecristi,
UTM 0533802/9889154, 102 m
Julio 4, 2008, S.V., P.M., M.H.

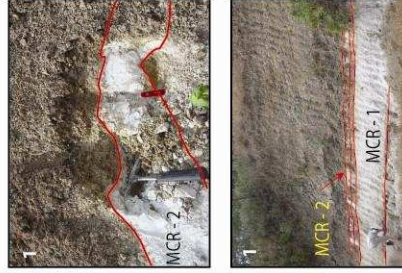
a) Columnas estratigráficas



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUPIO	COMPONENTES						MINERALES						PÓMEZ			VIDRIO		
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG				H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.
MRO - 1	11	4	85			51	16	1	32			blanca lechosa, beige				x		x
MRO - 2	46	10	44			18	9	70	3			blanca lechosa, beige				x		x
M LU - 1	80	4	3	4	9	88	10		2			blanca lechosa						
M LU - 2	84	10	1	2	3	78	9		7	6		blanca lechosa, beige						
M LU - 3	89	5		1	5	77	9		9	5		blanca lechosa, blanca beige				x	x	x
MCR - 1	19	66	10	5		20	6	63			11	blanca lechosa, beige						x
MCR - 2	27	70	2	1		56	4	4	36			blanca lechosa, beige						

c) Fotografías de la estratigrafía en el camino Manta Crucita (1) y Manta Montecristi (2)



D. Estratigrafía

En los lugares visitados en las cercanías de Manta ha sido posible muestrear siete cenizas volcánicas, que posiblemente correspondan únicamente a dos episodios eruptivos diferentes. Se puede identificar fácilmente que son grandes depósitos bastante puros, y varios de ellos contienen alto porcentaje de biotita, lo cual es un gran indicador en el momento de asignar un volcán fuente a dicho depósito (Fig. 4.15).

4.3.11 Río Cañas

A. Localización

El sitio visitado se encuentra al Norte de Puerto Cayo, en el corte de carretera litoral, cercana a la línea de costa, pertenece a la provincia de Manabí, sus coordenadas son: 519975/9869366 Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Topografía irregular, con presencia de pequeños esteros.

C. Arqueología

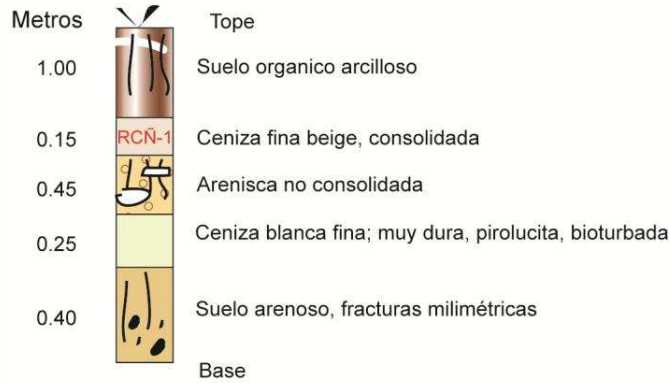
No existe información de restos arqueológicos en este sector.

D. Estratigrafía

Se presenta la estratigrafía del lugar en el cual se encontró dos capas de ceniza Figura. 4.16, de las cuales la capa superior fue muestreada dada su pureza relativa.

FIGURA 4.16 Estratigrafía del Sitio Río Cañas
 UTM 519975, 9869366, 100m snm
 06 Julio, 2008; SV, PM, MH

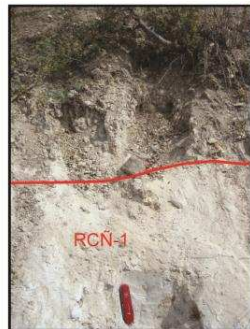
a) Columna estratigráfica



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFIJO	COMPONENTES					MINERALES						PÓMEZ
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	
RCÑ - 1	15,00	73,00		12,00		65		7	21		7	beige

c) Fotografías de la estratigrafía en el Sitio Río Cañas



4.3.12 Sitio Isla de la Plata

A. Localización

La Isla de la Plata se encuentra en el Océano Pacífico, parte del Parque Nacional Machalilla, a dos horas en bote de Puerto López, pertenece al cantón Puerto López, en la provincia de Manabí, sus coordenadas UTM son: 549289/9959850. Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

La isla de la Plata es una secuencia de cuatro terrazas marinas afectadas por una alta actividad tectónica de levantamiento en el sector durante los últimos 500 ka, teniendo una tasa de levantamiento de 0.4 m/ka. (*Cantalamessa y Di Celma, 2004.*)

C. Información Arqueológica:

La Isla de la Plata fue estudiada desde la historia. Es notable que varios relatos españoles señalen excursiones hacia este sitio, probablemente por la existencia de importantes objetos principalmente de plata inca, lo que probablemente le dio el nombre a la Isla. Varios arqueólogos como *Estrada (1975)* y *Norton (1981)* realizaron estudios en el sector determinando que este lugar fue ocupado o transitado por el hombre desde hace 3.500 a AP, en base al hallazgo de la concha *Spondylus príncipes* en el sector. Por su parte *McEwan y Silva, (2000)*, mencionan la existencia de capas de ceniza volcánica en las excavaciones realizadas en los trabajos de campo.

D. Estratigrafía

Se pudo encontrar tres niveles de ceniza en los cortes de las terrazas más jóvenes, dos de los cuales presentan una alta contaminación. Sin embargo las tres muestras podrían corresponder a un mismo nivel de ceniza. Figura. 4.23.

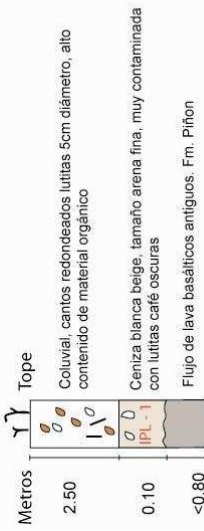
FIGURA 4.17 Estratigrafía de los Sitios de la Isla de la Plata (Cantón Puerto López)

UTM 0549280/9959850, 120m snm

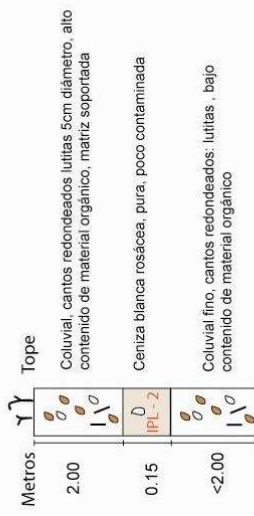
18 Diciembre, 2008; SV, MH

a) Columnas estratigráficas

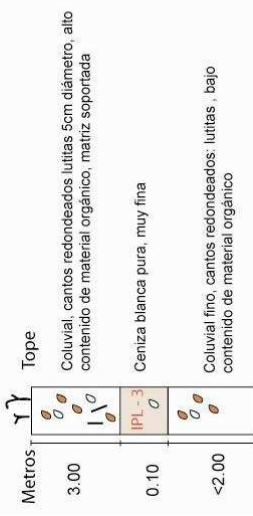
1. UTM 0549280/9959850



2. UTM 0549275/9959760



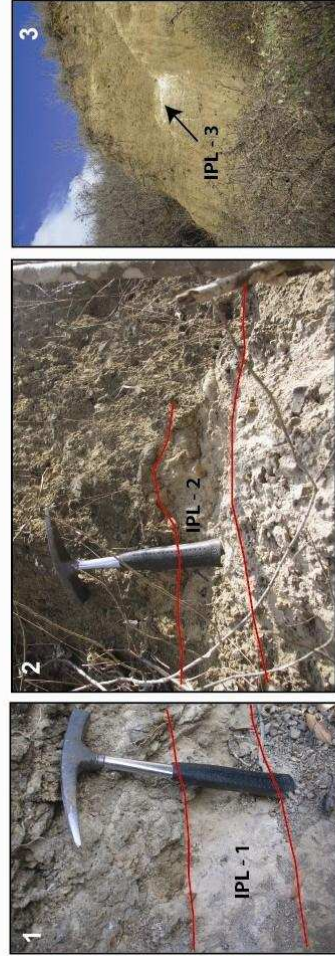
3. UTM 0549270/9959710



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFLIO	COMPONENTES						MINERALES						PÓMEZ	VIDRIO H. VID.
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG			
IPL - 3	15	70		15		51		8	41				blanca lechosa, gris	x
IPL - 2	10	30		52	8	75	10	5	10				beige blanca lechosa, beige, blanca gris	
IPL - 1	10	15		75		75	10		15				blanca lechosa, beige	

c) Fotografías de la estratigrafía en las terrazas jóvenes de la Isla de la Plata



4.3.13 Sitio Norte Puerto Cayo

A. Localización

El sector visitado se encuentra al Norte de Puerto Cayo, no existe ningún caserío cercano a este lugar, sus coordenadas UTM son: 0520694/9865586, pertenece a la provincia de Manabí Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El lugar del afloramiento se encuentra cerca a la línea de costa, presenta topografía irregular con pequeños esteros que bañan el sector en época de invierno.

C. Arqueología:

No existe información de este tipo en este sector.

D. Estratigrafía

En este lugar se ha podido encontrar la capa de ceniza con mayor espesor de todos los lugares visitados, alcanzando 4 metros y encontrándose muy bien conservada (Fig. 4.17). El depósito contiene un alto porcentaje de biotita así como la clara presencia de vidrio “tipo melcocha”, estos componentes son claves para poder identificar una fuente ya que no todas las erupciones los contienen.

4.3.14 Sitio Aguas Blancas

A. Localización

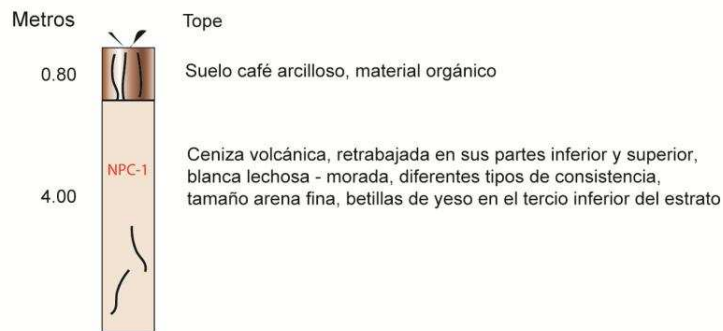
El lugar arqueológico de Aguas Blancas se encuentra en el Parque Nacional Machalilla de la provincia de Manabí, sus coordenadas UTM son: 529358/9830236, Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El lugar de Aguas Blancas se encuentra en el valle del Río Buena Vista y se encuentra rodeado por pequeñas montañas.

FIGURA 4.18 Estratigrafía del Sitio Norte de Puerto Cayo
 UTM 520694/9865586, 28m snm
 06 Julio, 2008; SV, PM, MH

a) Columna estratigráfica



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFIJO	COMPONENTES					MINERALES						PÓMEZ	VIDRIO
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		SHARDS
NPC - 1	14,00	50,00	36,00			51	7	35				7 blanca lechosa, beige	x

c) Fotografía de la estratigrafía en el Sitio Norte de Puerto Cayo



C. Información Arqueología

En el sector se han identificado un promedio de 600 estructuras arqueológicas principalmente son muros y hornos. Se considera que cuatro señoríos manteños existieron en el área durante la época procolombina, siendo el actual sitio de Agua Blanca el lugar de asentamiento del más grande de ellos. Estos lugares principalmente se encuentran en las zonas húmedas de las montañas de valle de Buena Vista. Según *McEwan (2000)* seis culturas arqueológicas se han

identificado en el sitio, éstas son Valdivia, Machalilla, Chorrera, Bahía, Guangala y Manteño.

D. Estratigrafía

Mosquera en 1989, realiza un estudio en el Sitio Arqueológico de Aguas Blancas con el fin de analizar los productos pétreos que utilizaban las personas pertenecientes a culturas antiguas. En la estratigrafía del sector, Mosquera menciona la existencia de dos niveles de ceniza claramente identificables, en la Figura. 4.19 se observa la descripción de estos dos depósitos de ceniza.

4.3.15 Sitio Río Salango

A. Localización

Salango se encuentra al sur de Puerto López, al límite del Parque Nacional Machalilla, pertenece al cantón Puerto López en la provincia de Manabí, sus coordenadas son. 1° 15' S, 80° 50' 30" W. Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

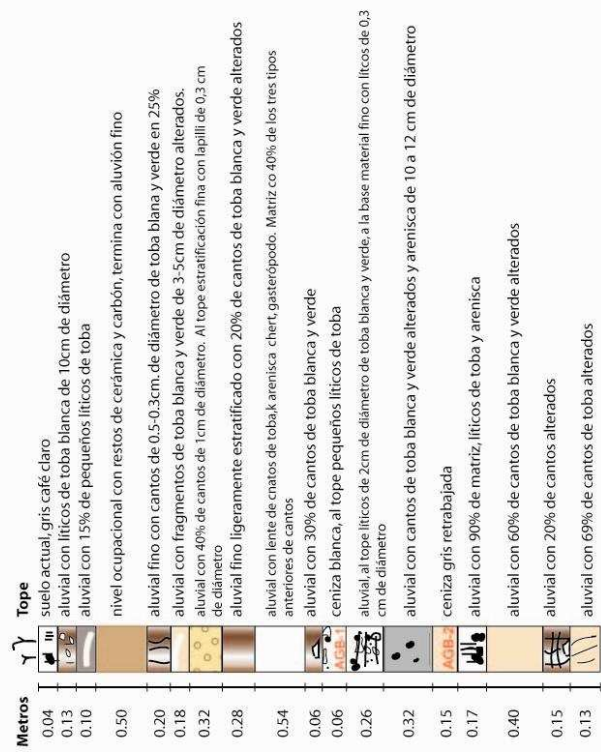
Se encuentra en la llanura costera al borde de la línea de costa, la topografía más bien irregular presenta montañas hasta 300 m snm.

C. Arqueología

La investigación en este sector parte de los estudios realizados por Presley Norton en 1979 en las excavaciones realizadas en las cercanías al Río Chico, de tal forma que fueron identificados seis estratos culturales estos son: Valdivia, Machalilla, Chorrera, Bahía, Guangala y Manteño. Las investigaciones arqueológicas definieron que los habitantes precolombinos del sitio se aprovecharon de los recursos del mar y los ríos aledaños, logrando configurarse más tardíamente como señoríos que habrían practicado el comercio a larga distancia.

FIGURA 4.19 Estratigrafía del Sitio Aguas Blancas
 UTM 529358/9830236, 175m snm
 Enero, 1994; PM, MH

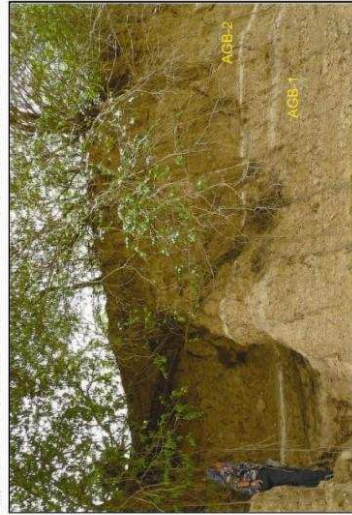
a) Columna estratigráfica



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFIJO	COMPONENTES					MINERALES					PÓMEZ	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP		AUG
AGB - 1	88	10		2		84	11		5			blanca lechosa, beige
AGB - 2	87	10	3			87	6	1	6			blanca lechosa

c) Fotografías de la estratigrafía en las cercanías al sitio Arqueológico de Aguas Blancas, se observan los dos niveles de ceniza



4.3.16 Sitio El Pital

A. Localización

EL Pital pertenece al cantón Puerto López en la provincia de Manabí, desarrollado a partir de un proyecto eco-turístico en el sector. Sus coordenadas son: 0527795/9824248 Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Localizado costa adentro, la topografía es más bien irregular con pequeños riachuelos y esteros que bañan el sector en época de invierno.

C. Arqueología

No existe información de restos arqueológicos en este sector.

D. Estratigrafía

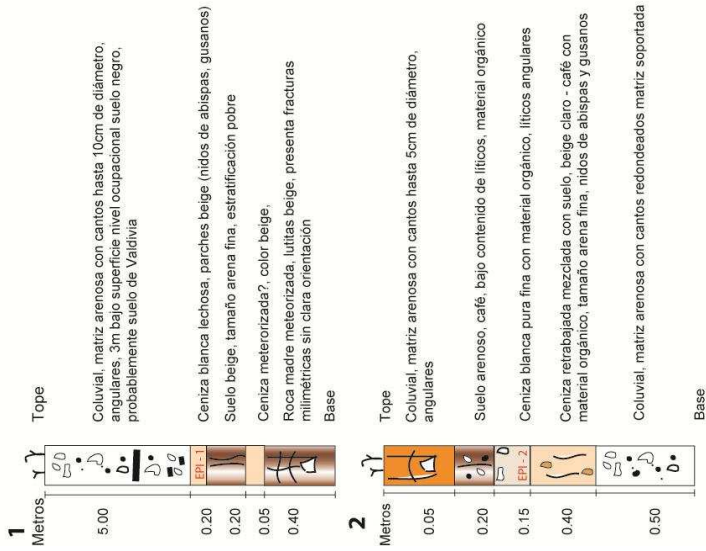
En cortes de carretera fue posible encontrar dos niveles de ceniza. Figura. 4.20

FIGURA 4.20 Estratigrafía del Sitio El Pital

(1) UTM 527795/9824248, 174m
Julio 6, 2009, SV, MH, PM

(2) UTM 0526812/9824510, 241m
Julio 6, 2009, SV, MH, PM

a) Columna estratigráfica



b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFILIO	COMPONENTES						MINERALES						POMEZ		VIDRIO	
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG	POMEZ	SHARDS	BOTR.		
EPI-1	26	45	10	19		91			6,5	2,5		blanca lechosa, blanca traslúcida, beige	x	x		
EPI-2	52	30		18		97	3					blanca lechosa, beige- grís				

c) Fotografías de la estratigrafía en el Sitio El Pital



4.3.17 Sitio Río Juancho

A. Localización

El Río Juancho se encuentra al sur de Salango, en el cantón Puerto López en la provincia de Manabí, sus coordenadas UTM son. 0519579/9823242, Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

Se refiere principalmente a un estero el cual se activa con gran caudal en invierno, la topografía es irregular hasta los 350 m snm, el lugar donde se encontró la muestra es un nivel de terraza no muy antiguo.

C. Arqueología

Poco se conoce de este lugar sin embargo hay presencia de restos cerámicos sin que se haya atribuido hasta el momento un nombre de alguna cultura o fase existente.

D. Estratigrafía

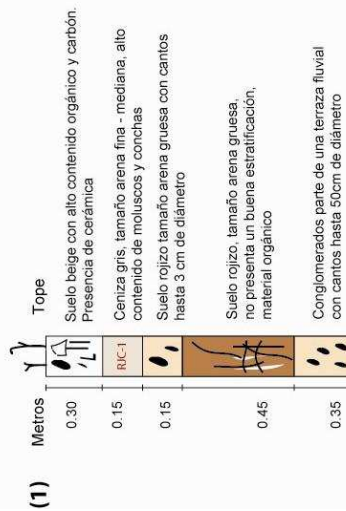
Se pudo identificar un nivel de ceniza en el corte de la terraza, Figura. 4.21.

FIGURA 4.21 Estratigrafía de los Ríos Juancho (1) y Chico (2), Cantón Puerto López

(1) UTM 0519579/9823242, 52m.
Julio 5, 2008, S.V. MH, PM, YG

(2) UTM 05919647/982265400
Julio 5, 2008, S.V. MH, PM, YG

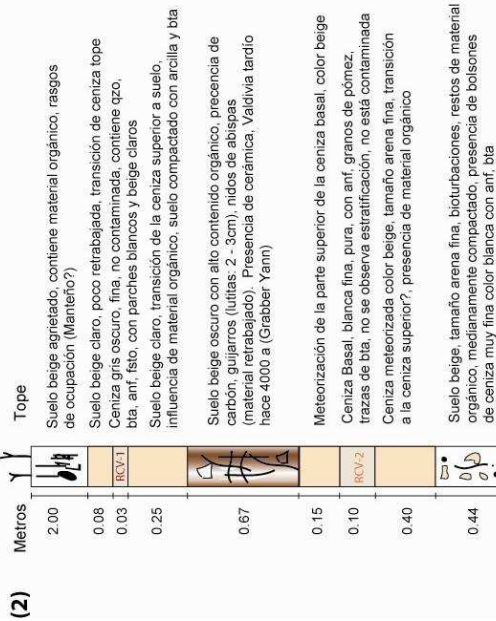
a) Columna estratigráfica



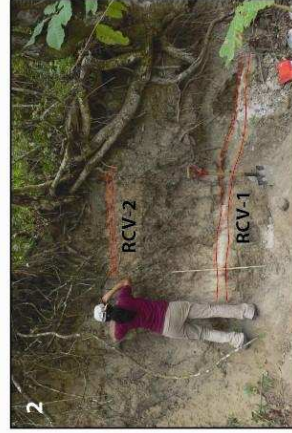
b) Descripción simplificada de cenizas volcánicas

SUFIO	COMPONENTES						MINERALES						POMEZ
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		
RJC - 1	11	60		17	12	91	9						blanca, gris, beige
RCV - 1	44	45		5	6	78	8		5	5	4		blanca lechosa, gris, beige, obsidiana
RCV - 2	11	75		14		45			10	45			blanca lechosa, beige

(2) Metros



c) Fotografías de la estratigrafía en cortes estratigráficos de los Ríos Juancho (1) y Chico (2)



4.3.18 Sitio Río Chico

A. Localización

El Sitio Río Chico (UTM 519647/9822654) se encuentra al sur del Salango, a 5 km aproximadamente de la línea de costa, pertenece al cantón Puerto López en la provincia de Esmeraldas. Figura. 4.2.

B. Descripción topográfica y geomorfológica del Sitio

El Río Chico en épocas de verano permanece completamente seco, mientras que en épocas de invierno su caudal es importante y baña todo el sector, las zonas aledañas son principalmente terrazas del río, la topografía es irregular.

C. Información Arqueológica:

Y. Grabber (*com. pers*) menciona que en el sector se ha encontrado restos arqueológicos pertenecientes a varias fases de la cultura Valdivia.

D. Estratigrafía

En la estratigrafía que se realizó en ese lugar se pudo encontrar dos niveles de ceniza intercaladas con un piso de la fase tardío de la Cultura Valdivia. Figura. 4.21.

CAPITULO 5

CORRELACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS: SU INTERPRETACIÓN Y SIGNIFICADO

5.1 INTRODUCCION

La identificación de rasgos característicos tanto mineralógicos, petrográficos y geoquímicos de cenizas proximales y distales permite una amplia discusión entre las mismas para poder identificar marcadores útiles que sirvan en la definición de la fuente de cenizas distales. La contaminación o alteración de cenizas distales puede alterar el contenido de varios elementos disminuyendo la probabilidad de identificar la fuente de estas cenizas en base únicamente de la geoquímica. Sin embargo los rasgos característicos tanto mineralógicos como petrográficos son de gran utilidad y hasta en ocasiones indispensables para poder identificarlas.

5.2 ANÁLISIS PETROGRÁFICO

Para el presente análisis petrográfico se cuenta con un total de 76 muestras de ceniza de las cuales 55 corresponden a muestras recolectadas en la Costa ecuatoriana (cf. Capítulo 4) y 21 corresponden a muestras representativas de las seis fuentes volcánicas más probables que han sido consideradas para el desarrollo de este trabajo (cf. Capítulo 2). Todas las muestras fueron analizadas bajo microscopio binocular con la última porción de cuarteo realizado siguiendo la metodología mencionada en el Capítulo 3; para este fin se utilizó un microscopio LEICA S8 APO del IRD (Institut de recherche pour le développement).

En los Capítulos 3 y 4 se determinó que la distribución de las muestras analizadas se encuentra principalmente en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Imbabura, Pichincha y Cotopaxi. En el Anexo 1 se muestra una lista de la ubicación exacta de todos los lugares de recolección de muestras en las provincias mencionadas.

La descripción de cada una de las muestras de ceniza se encuentra en el Anexo 2 según los aspectos petrográficos importantes que se han mencionado en el Capítulo 3, mientras que para una mejor visualización y utilización de los datos se realizó la Tabla 5.2, que abarca los aspectos más importantes de las descripciones, los cuales han sido utilizados para poder identificar marcadores que ayuden a correlacionar las muestras entre sí.

En la Figura 4.2 se presentó la ubicación geográfica de las fuentes y todas las muestras analizadas en este trabajo.

5.2.1 Carácter Petrográfico de las Cenizas de las Fuentes Potenciales

Conjuntamente a las muestras de las fuentes potenciales (Cuicocha, Pululahua, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Cotopaxi, y Quilotoa; Capítulo 2), se considera una muestra petrográfica del volcán Chalupas debido a que durante el trabajo de campo se obtuvo una muestra distal del depósito y aunque la edad de la erupción no se encuentra dentro del rango estudiado se considera que es importante estudiarla y reconocerla, ya que grandes depósitos de esta erupción se encuentran localizados en la región costera de Manabí.

En total se analizaron 21 muestras de cenizas proximales a los volcanes fuentes. Las muestras fueron tomadas en las principales unidades correspondientes a las grandes erupciones mencionadas en el Capítulo 2. Al referirnos a “depósitos proximales” se infiere que el tamaño de grano será mayor (0.3 – 7 cm) al de los “depósitos distales”. Para comparar muestras del mismo tamaño fue necesario

disgregarlas hasta obtener una fracción que se asemeje a 0.2 mm aproximadamente, el cual es el tamaño típico de las cenizas distales. Posteriormente se siguió la metodología descrita en el Capítulo 3.

Las descripciones resumidas de las cenizas se muestran en la **Tabla 5.1**, la cual se divide en cinco partes principales que son: **a)** los componentes minerales, **b)** descripción de pómez, **c)** características del vidrio, **d)** existencia de obsidiana en la muestra y **e)** contenido de líticos. En forma más detallada también se indica el porcentaje mineralógico, color de pómez, diferentes formas del vidrio y los líticos existentes en cada una de las muestras.

Con estos datos se genera información clave que sirve para agrupar muestras según el contenido de los diferentes elementos, entre ellos están:

- ❖ Porcentaje aproximado de los cristales
- ❖ La presencia de ciertos minerales que resultan ser buenos indicadores para diferenciar una muestra de otra, *p.e.* la biotita, hipersteno, ausencia de augita
- ❖ Las formas diversas del vidrio, interacción con los cristales, transición de colores y forma
- ❖ Tipo y aspecto de líticos
- ❖ Presencia de pómez
- ❖ La vesicularidad y el color de las pómez

VOLCAN	MUESTRA	MINERALES (%)						POMEZ	VIDRIO				OBS	LITICOS
		FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		HIL	MEL	SHRD	BOTR		
Cuicocha	CUI-1 Pliniana Principal AF	70	1	--	25	1	--	blanca gris, lechosa, traslúcida, vidrio tipo melcocha, hbd, plag	x	x				dacitas gris claros
	CUI-2 Pliniana Superior PF	70	1	--	25	1	--	blanca gris, lechosa, traslúcida, vidrio tipo melcocha, hbd, plag	x	x				dacitas grises, basaltos?
Pululahua	PLH-1 Pliniana AF 2400	70	5	--	20	2	--	blanca traslúcida-lechosa, hbd, plag	x	x				dacitas gris
Guagua Pichincha	GGP-1 Pliniana ~980 a AP	75	2	tr	9	7	3	gris blanca, vidrio melcocha, hbd, hyp, plag	x	x		x		dacita gris
Ninahuilca	NIN-1 Pliniana AF	65	3	1	15	7	1	blanca lechosa, hbd, pxno, plag	x	x				dacitas gris clara, andesitas
	NIN-2 2400 a AP	65	3	1	15	7	1	blanca lechosa, hbd, pxno, plag	x	x				dacitas gris clara, andesitas
	NIN-3 Pliniana AF 2400 a AP	65	3	1	15	7	1	blanca lechosa, hbd, pxno, plag	x	x				dacitas gris clara, andesitas
Cotopaxi	CTX-1 Riolita Piniana principal	85	5	5	3	2	--	blanca lechosa, fs, biot	x	x		x	x	dacitas gris
	CTX-2 Riolita F1 Pliniana AF	86	2	4	--	--	--	blanco gris		x				dacitas gris
	CTX-3 Riolita Pliniana AF proximal Peñas Blancas	87	5	5	--	--	--	beige clara, vidrio tipo melcocha, plag, qzo, biot			x	x	x	dacitas grises, andesitas
	CTX-4 Riolita AF Principal Cañón Colorado	85	3	5	--	--	--	beige clara, plag, biot	x	x				
	CTX-5 Riolita Pliniana AF F2 distal ~Quil.	84	4	4	--	--	--	beige claras y oscuras, plag, biot					x	dacitas, andesitas
	CTX-6 Riolita Pliniana AF F2 Proximal	85	3	4	--	--	--	blanco gris, obsidiana gris	x	x	x	x	x	dacitas, andesitas
	CTX-7 Riolita F4 Pliniana AF Distal ~Quil.	85	2	4	2	1	--	blanca lechosa, vidrio melcocha, plag, bta, anf						andesitas, dacitas
	CTX-8 Riolita F4 Pliniana AF Proximal	85	3	2	--	--	--	blanca lechosa, plag, biot	x				x	andesitas, dacitas
	CTX-9 Riolita F4 PF Pucahuaico	85	3	3	2	1	--	blanca lechosa, plag, biot	x	x	x			dacitas, andesitas
	CTX-10 AP Cañón Colorado ~ 4500 aAP	85	4	5	2	--	--	beige café, plag, biot	x	x				dacitas
Quilotoa	QIL-1 Quilotoa I Pliniana muy distal	65	8	9	13	tr	--	gris blanca, vidrio melcocha, hbd, hyp, plag						--
	QIL-2 AF Pliniana proximal	65	7	9	15	--	--	gris clara	x	x				--
	QIL-3 AF Pliniana distal	65	8	8	14	1	--	blanca gris, plag, anf, biot						dacitas?

TABLA 5.1. Síntesis de la composición y descripción de las pómez de los volcanes fuentes. Significado de las abreviaturas: AUG: Augita, BIOT: Biotita, BOTR: Botroidal, CZO: Cuarzo, FS: Feldespato, HIL: Hilos de vidrio, HIP: Hipersteno, HBD: Horblenda, MEL: Vidrio melcocha, OBS: Obsidiana, SHRD: Shards, x: presencia de este tipo de vidrio u obsidiana en la muestra.

Los resultados que se muestran en la **Tabla 5.1** corroboran las descripciones de los depósitos de ceniza para los volcanes: Cuicocha, Pululahua, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Cotopaxi y Quilotoa realizadas por *Andrade (2002)*; *Hall y Mothes (1996, 2007)*; *Mothes (2008)*; *Hidalgo (2008)* y *Samaniego, (2009)*, también indicadas en el Capítulo 3. La utilidad de estos datos para el presente trabajo es muy amplia: se puede realizar clasificaciones o asociaciones de las muestras analizadas en base a los minerales existentes y las distintas formas del vidrio. Vale indicar que muchas de las características son muy sutiles y solamente con mucha práctica el observador logra confianza en su identificación

En base a la mineralogía se distinguen claramente tres grupos:

❖ **Grupo 1 - Volcanes Pululahua y Cuicocha.** La similitud de sus cenizas mineralógicamente se basa en la ausencia de biotita y augita, presencia de alto contenido de hornblenda, además del bajo contenido de cuarzo e hipersteno. Sin embargo un factor que pueda ayudar a identificar una muestra de un volcán y de otro es el tono del color de la pómez y la forma del vidrio. Aunque el porcentaje de cuarzo en las dos muestras sea diferente (5 y 1% respectivamente) no es un buen marcador del origen de la ceniza pues es difícil distinguir cuarzo de plagioclasa bajo el binocular, debido a que algunas de sus características ópticas son similares.

❖ **Grupo 2 - Volcanes Guagua Pichincha y Ninahuilca.** Se presentan en su composición mineral feldespato de potasio, cuarzo, hornblenda, hipersteno, augita y biotita en trazas. Una ceniza de otra puede identificarse en base al contenido de hornblenda y augita, además por las características propias de los granos de pómez (color y forma del vidrio).

❖ **Grupo 3 – Volcanes Cotopaxi y Quilotoa.** La composición mineral de estas cenizas es feldespato de potasio, cuarzo, biotita, hornblenda, bajo contenido de hipersteno y ausencia de augita. Sin embargo identificar una ceniza de otra no

resulta muy complicado debido al porcentaje de biotita, hornblenda, además que la biotita de los dos volcanes no presenta semejanza y es fácilmente distinguible.

A priori estos rasgos que ayudan a asociar las diferentes muestras permitirán correlacionar e identificar a cual volcán corresponde cada uno de los depósitos de ceniza distal analizados.

Sin embargo existe un factor que influye directamente en el contenido mineralógico de las cenizas distales con respecto a las proximales: la distancia de transporte. Mientras más distante se encuentre la ceniza volcánica, la posibilidad de encontrar minerales pesados es mucho menor, por ejemplo el contenido de lúlicos y minerales máficos será diferente al original.

5.2.2 Carácter Petrográfico de las Cenizas de la Costa

Se realizó el análisis de 55 muestras de ceniza distribuidas en las provincias de Esmeraldas y Manabí (cf. Capítulo 4); la ubicación exacta de las mismas se encuentra en la Figura 4.2. Existen varios factores que pueden influir en la buena o mala calidad de los depósitos de ceniza ya que al encontrarse en la región litoral o costera (Capítulo 1), precisamente en esteros y en cortes de la línea de la costa, son muy vulnerables a alteración y contaminación de agentes externos como: erosión, meteorización mecánica y química, clima, precipitación, escorrentías, etc., influyendo así directamente en los componentes de los depósitos de cenizas.

Otro punto importante es el factor del espesor del depósito. Si este fue pequeño el depósito pudo haberse perdido fácilmente debido a la erosión; sin embargo depósitos con espesores grandes han podido conservarse de mejor manera e indican grandes erupciones.

Como se mencionó en el Capítulo 3, para el análisis de los depósitos se utilizó la fracción resultante más gruesa del tamiz de diámetro 0.16mm. Con estas

muestras se realizó la descripción basada en los aspectos mencionados anteriormente, generando así una tabla resumen (Tabla 5.2).

Inmediatamente se observa que el porcentaje de líticos de las muestras de ceniza es variable, entre 0 y 75% del total. Sin embargo solamente 16 muestras (celdas de color celeste) de las 51 analizadas presentan porcentajes altos de contenido de líticos, es decir >10% (valores en rojo), el cual no necesariamente se refiere a líticos volcánicos sino más bien sedimentarios. El alto porcentaje de líticos en la muestra significa que la muestra fue retrabajada, contaminada por partículas extrañas de los estratos superiores o inferiores, ó que el espesor del depósito fue más bien pequeño lo que no permitió que se conserve este se conserve de mejor manera perdiendo seguramente su fracción más fina. Este factor influye mucho en una posible correlación, ya que los rasgos característicos de las cenizas no serán fácilmente reconocibles o simplemente no estarán presentes más en la muestra.

Utilizando los criterios empleados en la Tabla 5.1 se realizó una primera clasificación basada en:

- *el contenido mineral (principalmente biotita)*
- *contenido de vidrio (formas de vidrio),*

de manera similar a las muestras de cenizas proximales. Las muestras de ceniza que contienen biotita son 33, mientras que las que no llevan biotita son 22; con estos datos se puede hacer una primera clasificación para determinar si pertenece en primera instancia al **Grupo 1** (Volcanes Pululahua y Cuicocha), al **Grupo 2** (Volcanes Guagua Pichincha y Ninahuilca), o al **Grupo 3** (Volcanes Cotopaxi y Quilotoa).

SITIO		COMPONENTES(%)				MINERALES						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
LUGAR	SUFIJO	MIN	POM	VIDR	LIT	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		HIL	MEL	SHRD	BOTR	
Ceniza sobre cerámica	TEI - 1	89		10	1	76	7	1	11	3	2	beige muy fina	x	x			
La Laguna	TEI - 2	79	10	6	5	57	19	3	13	3	5	blanca lechosa	x		x	x	
Atacames - Tonsupa 1	ATA - 1	7	93			62	7	23	7			blanca lechosa, beige amarillenta, naranja café, gris, café rosácea			x		
Atacames - Tonsupa 2	ATA - 2	31	57	3	6	55	15	11	7	11		blanco lechoso, beige, beige amarillenta, gris rosácea, gris oscura	x		x	x	
Atacames - Tonsupa 8	ATA - 3	10	76	3	7	63	12	12	13			blanco lechoso, beige, rosácea		x	x		
Atacames - Tonsupa 7	ATA - 4	79	16	2	1	90	8	2				blanca lechosa, gris clara - oscura, beige clara, negra		x	x		
Atacames - Tonsupa 5	ATA - 5	5	73	5	15	50	25	25				blanca lechosa, beige, gris clara, negra		x	x		
Atacames - Tonsupa 3	ATA - 6	35	59	1	5	78	19		3			blanca lechosa, beige, beige oscura			x		
Atacames - Tonsupa 4	ATA - 7	37	55	7	1	20	10	67	3			blanca lechosa, beige, gris	x		x	x	
Atacames - Tonsupa 6	ATA - 8	63	1	32	3	77	21		1			blanca lechosa			x		
Playa Cabuyal	PYC - 1	6	14	70	3	74	19		6			blanco beige, beige oscuro, gris clara, café		x	x	x	
Cabañas Camarones	CAB - 1	40	30	3	26	82	5		13			beige, café, blanca lechosa				x	
Cabañas Camarones	CAB - 2	46	29	8	12	71	8	9	12			gris, blanca lechosa, beige		x		x	
Río Jama	JAM - 1	21	44	5	20	67	6		26			blanca lechosa, beige amarillenta, gris, blanca traslúcida		x			
Río Jama	JAM - 2	49	41	8	2	69	16	10	12			blanca traslúcida, blanca lechosa, gris, beige		x			
Cabo Pasado	CBP - 1	48	40	6	1	97	3					blanca lechosa			x	x	
Cabo Pasado	CBP - 2	24	40		35	85	13		2			blanca lechosa					
San Isidro - Río Cangrejo	SIC - 1	1	98		1	81	4	1	11		3	blanca lechosa, gris café, gris oscura					
San Isidro - Río Cangrejo	SIC - 2	64	31		3	69	10	10	11			blanca lechosa, beige amarillenta		x			
San Isidro - Río Cangrejo	SIC - 3	15	79	3	3	68	6	6	15	5		blanca, lechosa, beige café, rosácea, beige amarillenta, gris clara					

TABLA 5.2. Síntesis de la composición y descripción de las pómez de las cenizas distales desde los sitios norteños a los sureños. Significado de las abreviaturas: AUG: Augita, BIOT: Biotita, BOTR: Botroidal, CZO: Cuarzo, FS: Feldespato, HIL: Hilos de vidrio, HIP: Hipersteno, HBD: Horblenda, MEL: Vidrio tipo melcocha,

SITIO		COMPONENTES(%)				MINERALES						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
LUGAR	SUFIJO	MIN	POM	VIDR	LIT	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		HIL	MEL	SHRD	BOTR	
San Isidro - Río Cangrejo	SIC - 4	30	60	4	4	70	20	3	6			beige, blanca lechosa, naranja, gris			x		x
San Isidro - Río Cangrejo	SIC - 5	26	68	3	3	55	21		11	10	2	blanca lechosa, beige café					
Hda San Francisco	RMC - 1	18	50	13	18	69	10	10	11			blanca lechosa, beige, gris					
Hda San Francisco	RMC - 2	41	54		5	81	4	1	11		3	blanca lechosa, beige amarillenta, naranja, gris					
Hda San Francisco	RMC - 3	37	64			82	12	3	3			blanca lechosa, beige, traslúcida, gris oscura, naranja					
Hda San Francisco	RMC - 4	12	88			75	13		12			blanca lechosa, gris clara - oscura, beige café					
2km NE Canoa	RMC - 5	1	90	5	4	75	10	5	10			blanca lechosa, blanca traslúcida, café gris, gris		x			
Acantilado	CAN - 1	1	81	3		75	10	5	10			blanca lechosa, blanca traslúcida, café - naranja		x		x	x
Estero	CAN - 2	42	56	1	1	58	7	tr	32			blanca lechosa, blanca traslúcida, gris clara					
Estero	CAN - 3	2	96	1	1	75	10	5	10			beige rosáceo, blanca lechosa, blanca traslúcida		x		x	x
Chirije	ECH - 1	34	43	13	10	68	6	16	5	5		blanca lechosa, beige clara		x		x	
Tola 8, C2	JAP - 1	18	45	4	30	82	17	1				blanca lechosa, beige, beige gris, traslúcida			x		
Tola 8, C1	JAP - 2	5	87	4	3	81	10	5	4			blanca lechosa, beige, gris, blanca lechosa		x	x		
Tola 8, C3	JAP - 3	23	67	2	5	67	23	5	3			gris, blanca lechosa, blanca gris		x			x
Manta - Rocafuerte	MRO - 1	11	4	85		73	12	12	3			blanca lechosa, beige		x		x	
Manta - Rocafuerte	MRO - 2	46	10	44		17	9	70	3			blanca lechosa, beige		x	x	x	
Manta Ciudad Jardín	MUJ - 1	80	4	3	4	86	10		2	1	1	blanca lechosa, blanca beige			x		
Manta	MUJ - 2	84	10	1	2	77	9		7	5	1	blanca lechosa, beige					
Manta	MUJ - 3	89	5		1	75	9		9	3	2	blanca lechosa					
Manta Crucita	MCR - 1	27	70	2	1	86	5	3	6			blanca lechosa, beige			x		
Manta Crucita	MCR - 2	19	66	10	5	32	5	63				blanca lechosa, beige	x	x		x	

TABLA 5.2 Continuación

SITIO		COMPONENTES(%)				MINERALES						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
LUGAR	SUFIJO	MIN	POM	VIDR	LIT	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		HIL	MEL	SHRD	BOTR	
Río Cañas	RCÑ - 1	15	73		12	80	7	7	6			beige					
Isla de la Plata	IPL - 1	10	15		75	75	10		15			blanca lechosa, beige					
Isla de la Plata	IPL - 2	10	30		52	80	10	5	5			blanca lechosa, beige, blanca gris					
Isla de la Plata	IPL - 3	15	70		15	80	8	8	3			blanca lechosa, gris beige	x				
Norte Puerto Cayo	NPC - 1	14	50	36		58	7	35				blanca lechosa, beige			x	x	
Aguas Blancas	AGB - 1	88	10		2	84	11		5			blanca lechosa, beige					
Aguas Blancas	AGB - 2	87	10	3		87	6	1	6			blanca lechosa					
Río Salango	RSL - 1	5	88	1	4	80	20					beige clara, blanca		x	x	x	
El Pital	EPI -1	26	45	10	19	83	7		6	3	2	blanca lechosa, blanca traslúcida, beige			x	x	
El Pital	EPI -2	52	30		18	97	3					blanca lechosa, beige - gris					
Río Juancho	RJC - 1	11	60		17	91	9					blanca, gris, beige					
Río Chico	RCV - 1	44	45		5	68	18		10	2	4	blanca lechosa, gris, beige				x	
Río Chico	RCV - 2	11	75		14	75	10	10	5			blanca lechosa, beige					

TABLA 5.2 Continuación

5.2.2.1 Correlación e Identificación de Rasgos Característicos

Se eligieron varios criterios para agrupar las diferentes muestras de ceniza; entre ellos se encuentra la posición estratigráfica, la mineralogía, la presencia de vidrio y sus diferentes formas, el contenido total de minerales con respecto al de pómez y vidrio resultan buenos guías al tiempo de correlacionar e identificar una fuente.

Al analizar las muestras de ceniza que contienen biotita se puede realizar una subclasificación en base al porcentaje de la misma. El contenido es variable en las diferentes muestras (entre 1 y 70%), sin duda este rango genera un amplio espectro de datos que permite definir varias familias de muestras lo cual ayudará a identificar la fuente de las mismas.

En base a los criterios mencionados anteriormente se ha podido definir nueve grupos de muestras.

Vale indicar que no todas las cenizas contienen en las mismas proporciones los componentes característicos. Esto puede deberse a tres factores: **1)** el porcentaje mineral puede ser muy pequeño (1-10%) lo que significa que no sea posible identificar todos minerales, **2)** la contaminación con agentes externos impide la visualización de los componentes propios de las cenizas, **3)** en varios casos la ausencia del vidrio puede deberse a que fue lavado por agua, o sorteado por el viento.

Sin embargo ha sido posible identificar las muestras en una forma global.

A continuación se presenta una caracterización de las muestras que pertenecen y de las que probablemente deban pertenecer a depósitos distales de las fuentes consideradas en el presente, empezando con las unidades de ceniza más jóvenes de las columnas estratigráficas.

Vale recalcar que ya se conoce la secuencia idónea de las capas volcánicas, si en caso ideal todas están presentes (ver Tabla 2.6, Capítulo II). Esto sirve como guía, ayudando mucho para identificar capas individuales. La Figura 5.1 muestra la secuencia eruptiva idónea con la cual se ha trabajado en el presente estudio.

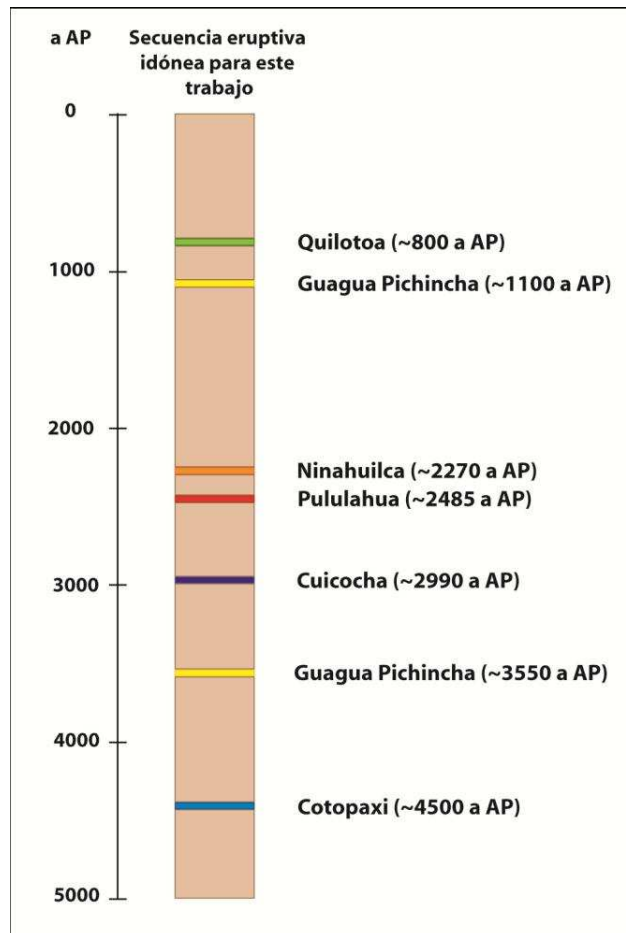


FIGURA 5.1 Secuencia eruptiva idónea

❖ **Depósitos distales más jóvenes que 800 a AP**

En dos sitios existe una ceniza que sobreyace la capa guía de la erupción de Quilotoa hace 800 a AP, la cual se discute en la próxima sección. Estos depósitos se encuentran en los sitios Cabañas Camarones y Jama. No ha sido posible identificarlas con la información de los volcanes fuentes considerados en este trabajo. Sin embargo se puede notar claramente que no contienen biotita y están compuestas principalmente por feldespato, cuarzo y hornblenda. Lo principal es que estos depósitos son más jóvenes que la erupción de 800 a AP del volcán Quilotoa. Sin embargo, dada la presencia de hornblenda en 4 de las 5 muestras, se sugiere

que pertenece a una erupción de un volcán de la Cordillera Occidental, sin que sea del volcán Quilotoa.

Se concluye que el volcán Guagua Pichincha es la fuente más probable, pues es el único volcán del grupo con actividad reportada luego de los 800 a AP.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
CAB - 1	40	30	3	26		82	5		13			beige, café, blanca lechosa				x	
JAM - 1	21	44	5	20		67	6		26			blanca lechosa, beige amarillenta, gris, blanca traslúcida		x			

TABLA 5.3 Muestras de ceniza que pertenecen a una fuente más joven que la erupción del volcán Quilotoa de 800 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Quilotoa (800 a AP)**

En total ha sido posible identificar siete muestras de ceniza pertenecientes al volcán Quilotoa, las cuales se encuentran distribuidas entre Atacames al norte y Japoto al sur, lo que nos indica que la distribución de la ceniza fue muy amplia, ocupando una gran área. Todas las muestras están caracterizadas por contener feldespato, cuarzo, hornblenda y biotita. También es importante la similitud de los granos de pómez existentes así como las formas de vidrio presentes en las muestras. Estratigráficamente corresponde muy bien a depósitos de esta edad. Tabla. 5.4.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
ATA - 1	7	93				62	7	23	7			blanca lechosa, beige amarillenta, naranja café, gris, café rosácea			x		
CAB - 2	46	29	8	12		71	8	9	12			gris, blanca lechosa, beige		x		x	
JAM - 2	49	41	8	2		69	16	10	12			blanca traslúcida, blanca lechosa, gris, beige		x			
SIC - 1	1	98		1		81	4	1	11		3	blanca lechosa, gris café, gris oscura					
RMC - 1	18	50	13	18		69	10	10	11			blanca lechosa, beige, gris					
CAN - 2	42	56	1	1		58	7	tr	32			blanca lechosa, blanca traslúcida, gris clara					
JAP - 3	23	67	2	5		67	23	5	3			gris, blanca lechosa, blanca gris		x			

TABLA 5.4 Depósitos de cenizas distales de la erupción del volcán Quilotoa de 800 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Guagua Pichincha (1100 a AP ó 3550 a AP)**

Únicamente fue posible asociar tres muestras fueron a estas erupciones (Tabla 5.5).

Con respecto a la erupción datada en 1100 a AP, se ha identificado una muestra que se encontraría localizada en el sector de la Tola, hacia el NW del centro de emisión, ésta corresponde bien con dataciones arqueológicas cuyo piso ha sido datado en 1100 a AP.

Con respecto a la erupción correspondiente a 3550 a AP se han identificado dos muestras, aunque se pensaría que la distribución de la pluma de ceniza estuviera hacia el occidente, debido a que los vientos predominantes en la región del Ecuador se dirigen principalmente a la dirección mencionada; esta ocasión se dirigió hacia el sur occidente y aunque el espesor de la misma es muy pequeño, aproximadamente 5 cm, fue posible encontrarla en estos dos sectores: Río Chico y El Pital.

La edad de esta erupción calza bien en la estratigrafía arqueológica, en la cual este depósito se encuentra sobre un suelo que corresponde a la fase tardía de la Cultura Valdivia (2000 - 1700 a AP). Si bien las cenizas del volcán Guagua Pichincha pertenecieron a la erupción 1100 a AP, también pertenecen a la erupción de 3550 a AP, la cual ha sido asociada con una explosión y colapso de domo Toaza (*Samaniego, 2009*).

La mineralogía de los productos es similar. Entonces, la capa de ceniza identificada como la de 1100 a AP, fácilmente podría pertenecer a la erupción más antigua ya mencionada siempre y cuando no exista conflicto en la estratigrafía. Una capa de ceniza de 3550 a AP sobreyaciendo un nivel cultural de Valdivia tardío también es factible.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
TEI - 1	89		10	1		76	7	1	11	3	2	blanca lechosa	x		x	x	
EPI - 1	26	45	10	19		83	7		6	3	2	blanca lechosa, blanca traslúcida, beige			x	x	
RCV - 1	44	45		5		68	18		10	2	4	blanca lechosa, gris, beige					

TABLA 5.5 Depósito de cenizas distales de la erupción del volcán Guagua Pichincha de 1100 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Ninahuilca (2270 a AP)**

Se han identificado dos muestras que se asocian con esta erupción, las mismas que se localizan en San Isidro y Río Muchacho, lo que indica que la pluma eruptiva se dirigió directamente hacia el Occidente Tabla 5.6.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
SIC - 5	26	68	3	3		55	21		11	10	2	blanca lechosa, beige café					
RMC - 4	12	88				75	13		12			blanca lechosa, beige, gris					

TABLA 5.6 Depósito de cenizas distales de la erupción del volcán Ninahuilca de 2270 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Pululahuá (2485 a AP)**

En total ha sido posible identificar diez depósitos de ceniza localizados entre las poblaciones de San Isidro (al norte) hasta el Río Juancho (al sur), lo cual indica que la columna de ceniza se dirigió y se depositó hacia el W – SW. Pocas de las cenizas indicadas en la Tabla 5.7 contienen todas las formas de vidrio similares a las expuestas en la Tabla 5.1, sin embargo en base a la mineralogía ha sido posible distinguirlas.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
SIC - 3	15	79	3	3		68	6	6	15	5		blanca, lechosa, beige café, rosácea, beige amarillenta, gris clara					
RMC - 2	41	54		5		81	4	1	11		3	blanca lechosa, beige amarillenta, naranja, gris					
CBP - 2	24	40		35		85	13		2			blanca lechosa					
MUJ - 3	89	5		1		75	9		9	3	2	blanca lechosa					
MUJ - 2	84	10	1	2		77	9		7	5	1	blanca lechosa, beige					
MUJ - 1	80	4	3	4		86	10		2	1	1	blanca lechosa, blanca beige			x		
RSL - 1	5	88	1	4		80	20					beige clara, blanca		x	x	x	
AGB - 1	88	10		2		84	11		5			blanca lechosa, beige					
EPI - 2	52	30		18		97	3					blanca lechosa, beige - gris					
RJC - 1	11	60		17		91	9					blanca, gris, beige					

TABLA 5.7 Depósito de cenizas distales de la erupción del volcán Pululahua de 2485 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Cuicocha (2990 a AP)**

Para la erupción del volcán Cuicocha de 2990 a AP, se ha podido identificar una sola muestra de ceniza ubicada en el sector de Atacames-Tonsupa, lo que sugiere que la pluma de ceniza se dirigió hacia en NW. Tabla 5.8.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
ATA - 6	35	59	1	5		78	19		3			blanca lechosa, beige, beige oscura			x		

TABLA 5.8 Depósito de cenizas distales de la erupción del volcán Cuicocha de 2990 a AP.

❖ **Depósitos distales del volcán Cotopaxi (4500 a AP y más antiguas)**

Se han identificado quince sitios con ceniza que corresponden a la erupción de 4500 a AP distribuidos desde el sector Atacames-Tonsupa al norte hasta el Río Cañas (al sur) e incluso en la Isla de la Plata. Con estos datos se puede apreciar que la distribución de la ceniza fue bastante amplia con una dirección aproximada de entre NNW y WSW. La identificación de este depósito se basó principalmente en el

contenido y color de la biotita, así como también en las diferentes formas del vidrio (Tabla 5.9). El nivel de ceniza 1 de la Isla de Plata podría corresponder a esta erupción, sin embargo un alto grado de contaminación ha impedido la identificación total de los rasgos característicos. La muestra de San Isidro presenta gran analogía con cenizas del Cotopaxi, sin embargo estratigráficamente no podría corresponder, debido a que se encuentra sobre una muestra que corresponde a la erupción de Ninahuilca de 2270 a AP. Así queda la duda de que la muestra SIC-4 corresponda a una erupción más joven que 4500 a AP.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
ATA - 3	10	76	3	7		63	12	12	13			blanco lechoso, beige, rosácea		x	x		
SIC - 4	30	60	4	4		70	20	3	6			beige, blanca lechosa, naranja, gris			x		x
RMC - 5	1	90	5	4		75	10	5	10			blanca lechosa, blanca traslúcida, café gris, gris		x			
CAN - 1	1	81	3			75	10	5	10			blanca lechosa, blanca traslúcida, café - naranja		x		x	x
CAN - 3	2	96	1	1		75	10	5	10			beige rosáceo, blanca lechosa, blanca traslúcida		x		x	x
MRO - 1	11	4	85			73	12	12	3			blanca lechosa, beige		x		x	
MCR - 1	27	70	2	1		86	5	3	6			blanca lechosa, beige			x		
ECH - 1	34	43	13	10		68	6	16	5	5		blanca lechosa, beige clara		x		x	
RCÑ - 1	15	73		12		80	7	7	6			beige					
IPL - 3	15	70		15		80	8	8	3			blanca lechosa, gris beige	x				
IPL - 2	10	30		52		80	10	5	5			blanca lechosa, beige, blanca gris					
IPL - 1	10	15		75		75	10		15			blanca lechosa, beige					
AGB - 2	87	10	3			87	6	1	6			blanca lechosa					
RCV - 2	11	75		14		75	10	10	5			blanca lechosa, beige					

Tabla 5.9 Depósito de cenizas distales de la erupción del volcán Cotopaxi de 4500 a AP.

De las muestras analizadas existen seis capas que tienen semejanza a las muestras correspondientes a la erupción de 4500 a AP, sin embargo se encuentran estratigráficamente bajo el nivel identificado para dicha erupción. Se concluye por tanto que estas seis muestras corresponden a erupciones del Cotopaxi pero

seguramente más antiguas. Estos niveles se encuentran en los cortes estratigráficos de Atacames, Manta–Crucita y Manta-Rocafuerte. Las descripciones de estas muestras se encuentran en la Tabla 5.10.

SUFIJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
ATA - 8	63	1	32	3		77	21		1			blanca lechosa			x		
ATA - 5	5	73	5	15		50	25	25				blanca lechosa, beige, gris clara, negra		x	x		
ATA - 7	37	55	7	1		20	10	67	3			blanca lechosa, beige, gris	x		x		x
ATA - 4	79	16	2	1		90	8	2				blanca lechosa, gris clara - oscura, beige clara, negra		x	x		
MRO - 2	46	10	44			17	9	70	3			blanca lechosa, beige		x	x	x	
MCR - 2	19	66	10	5		32	5	63				blanca lechosa, beige	x	x		x	

Tabla 5.10 Depósito de cenizas distales de erupciones del Cotopaxi más antiguas que 4500 a AP.

Aunque la erupción del volcán Chalupas de **211 ka AP** no entra en el presente estudio se la consideró debido a que aflora con un gran espesor en la zona de estudio. Los componentes de la muestra de ceniza distal analizada tienen una gran similitud con los que constituyen la ignimbrita asociada a dicho evento (*Beate, 1985*). La muestra presenta un alto contenido de biotita y de vidrio (shards), además, la pómez se caracteriza por ser muy vítrea y traslúcida. Esta muestra corresponde al depósito que aflora en Puerto Cayo (NPC-1)

❖ **Depósitos distales no identificados**

Existen ocho muestras que no pudieron ser identificadas. Estas corresponden a **TEI-2** (La Tola), **ATA-2** (Atacames), **PYC-1** (Playa Cabuyal), **CBP-1** (Cabo Pasado), **SIC-2** (San Isidro), **RMC-3** (Río Muchacho), **JAP-1** y **JAP-2** (Japoto), cuyas descripciones no presentan similitudes con las muestras de las cenizas proximales de las fuentes consideradas en este trabajo, Tab, 5.11.

La muestra que corresponde a **TEI-2**, en base a las dataciones arqueológicas se puede asumir que se encuentra entre los pisos de 1100 y 2400 a AP. Las muestras **ATA-2**, **SIC-2** y **RMC-3** se encuentran estratigráficamente entre la capas de Quilotoa (800 a AP) y Pululahua (2485 A AP) consideradas en este trabajo. La muestra correspondiente a **CBP-1** se asume que es más joven que la capa de Pululahua, no se tiene un control estratigráfico superior. Las capas de ceniza identificadas como **JAP-1** y **JAP-2**, corresponden a eventos más jóvenes que la erupción del volcán Quilotoa hace 800 a AP.

SUFUJO	COMPONENTES %					MINERALES %						PÓMEZ	VIDRIO				OBS
	MIN	POM	VID	LIT	OTROS	FS	CZO	BIOT	HBD	HIP	AUG		H. VID.	V. MEL.	SHARDS	BOTR.	
ATA - 2	31	57	3	6		55	15	11	7	11		blanco lechoso, beige, beige amarillenta, gris rosácea, gris oscura	x		x		x
TEI - 2	79	10	6	5		57	19	3	13	3	5	blanca lechosa	x		x	x	
PYC - 1	6	14	70	3		74	19		6			blanco beige, beige oscuro, gris clara, café		x	x	x	
CAB - 1	40	30	3	26		82	5		13			beige, café, blanca lechosa				x	
SIC - 2	64	31		3		69	10	10	11			blanca lechosa, beige amarillenta		x			
JAP - 2	5	87	4	3		81	10	5	4			blanca lechosa, beige, gris, blanca lechosa		x	x		
JAP - 1	18	45	4	30		82	17	1				blanca lechosa, beige, beige gris, traslúcida			x		
RMC - 3	37	64				82	12	3	3			blanca lechosa, beige, traslúcida, gris oscura, naranja					

Tabla 5.11 Depósitos de cenizas no identificadas.

5.2.2.3 Columna estratigráfica resumida

En el Anexo 3 se presenta la correlación estratigráfica entre todos los cortes de ceniza realizados a lo largo de la costa en base al análisis petrográfico, en la cual se observa la distribución de los depósitos en esta área. Se observa claramente que la erupción que más área abarca es la de Cotopaxi de 4500 a AP.

5.3 DISCUSIÓN DE LA GEOQUÍMICA

Con el propósito de mejorar la identificación y correlación de las cenizas transportadas con sus fuentes, se optó por comparar la composición química (elementos mayores y en trazas) de ambos. Se conoce que la composición química

del vidrio de una ceniza es muy constante, independientemente de la distancia de transporte, y por lo tanto nos ofrece una herramienta muy útil para establecer su identidad. En total se ha considerado 44 análisis provenientes de varios laboratorios, los análisis químicos de los productos proximales de los volcanes considerados del laboratorio de Petrología de la Universidad de Bretagne Occidental, Brest – Francia de la base de datos del IRD (Institut de Recherche pour le Développement); mientras que la mayoría de los análisis de las muestras de ceniza recolectadas en la costa fueron realizadas por el GeoAnalytical Laboratory de la School of Earth and Environmental Sciences de la Universidad Estatal de Washington, USA. Para el primer caso los análisis se realizaron por el método de Fluorescencia por Rayos X (XRF) para elementos mayores, ICP-AES para elementos traza y espectrometría de absorción para el Rb; para el segundo caso se realizó Fluorescencia por Rayos X (XRF).

De las cenizas analizadas se tiene análisis de óxidos mayores y elementos en traza, 18 corresponden a las cenizas de las fuentes proximales y 26 corresponden a análisis de las muestras distales. Los resultados de los análisis químicos se encuentran en el Anexo 4. Además de los análisis mencionados, al principio de este trabajo se consideró análisis presentados por *Isaccson y Zeidler (1998)* de la zona de Aguas Blancas, sin embargo no han sido utilizados en la discusión por no existir concordancia de valores con los demás resultados de las muestras restantes.

Es importante mencionar que los análisis químicos al no provenir de un mismo laboratorio pueden tener variaciones de los elementos analizados, sin embargo se han encontrado en muchos estudios realizados en el IG, que los análisis realizados por los dos laboratorios mencionados típicamente son muy comparables, y por lo tanto no se espera complicaciones al comparar sus resultados. Por otro lado es claro que la presencia de otros materiales extraños a la ceniza, tales como minerales de alteración, granos líticos, o el retrabajamiento de la ceniza, podrían causar una variación en la signatura geoquímica original de los materiales. Por lo tanto ha sido

sumamente importante seleccionar con mucho cuidado la muestra a analizarse y los elementos de referencia.

5.3.1 Geoquímica de los Productos Proximales de los Volcanes Fuentes Potenciales

5.3.1.1 Comportamiento de los Elementos Mayores

La composición de las muestras de los volcanes analizados al formar parte del arco continental ecuatoriano varía de andesitas a riolitas según el diagrama de clasificación química de rocas volcánicas de *Peccerrillo y Taylor (1976)*. El rango de variación del SiO₂ de las muestras de los volcanes analizados es de 61.8 a 76% peso (Figura 5.2). Con respecto al contenido de SiO₂ se puede distinguir tres grupos principales: **Grupo I:** Cuicocha y Pululahua representan el grupo más básico (61.79 – 62.18% SiO₂) y presentan muy poca diferencia en K₂O; **Grupo II:** comprende a las muestras de Guagua Pichincha, Ninahuilca y Quilotoa con composiciones de SiO₂ intermedias (64 – 66% SiO₂) y con pequeñas diferencias de K₂O; y **Grupo III:** las muestras de Cotopaxi que representa el grupo más silíceo (68 - 74% SiO₂).

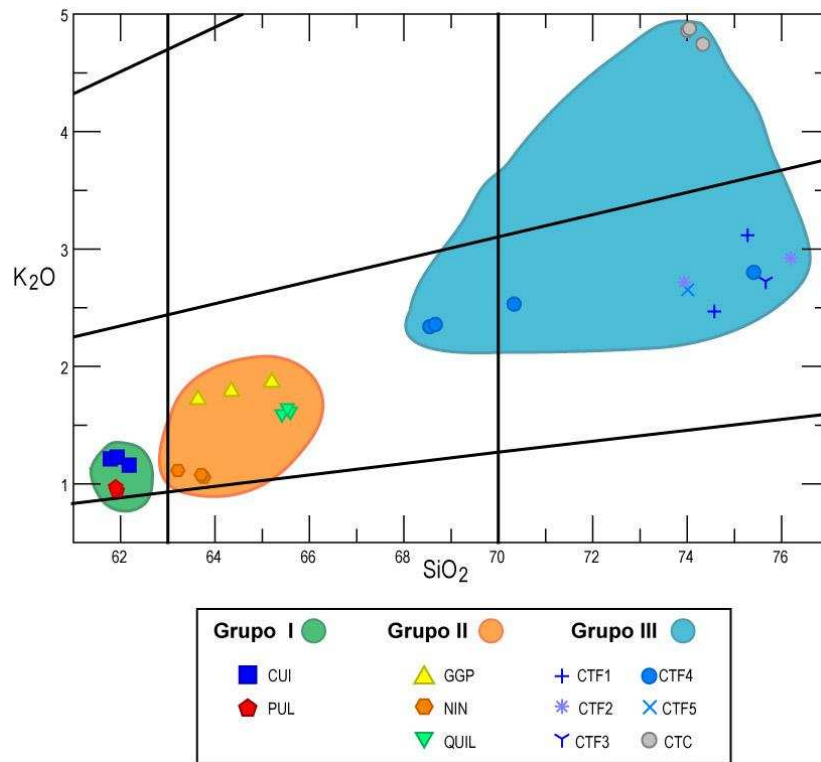


FIGURA 5.2 Diagrama de Pecerrillo y Taylor (1976) de los volcanes fuente considerados en este trabajo.

Al emplear los diagramas Harker, que relacionan el contenido en SiO₂ wt% con el contenido de los óxidos mayores igualmente en porcentaje en peso (Figura 5.3) se nota claramente que hay distintas agrupaciones que permiten distinguir las fuentes.

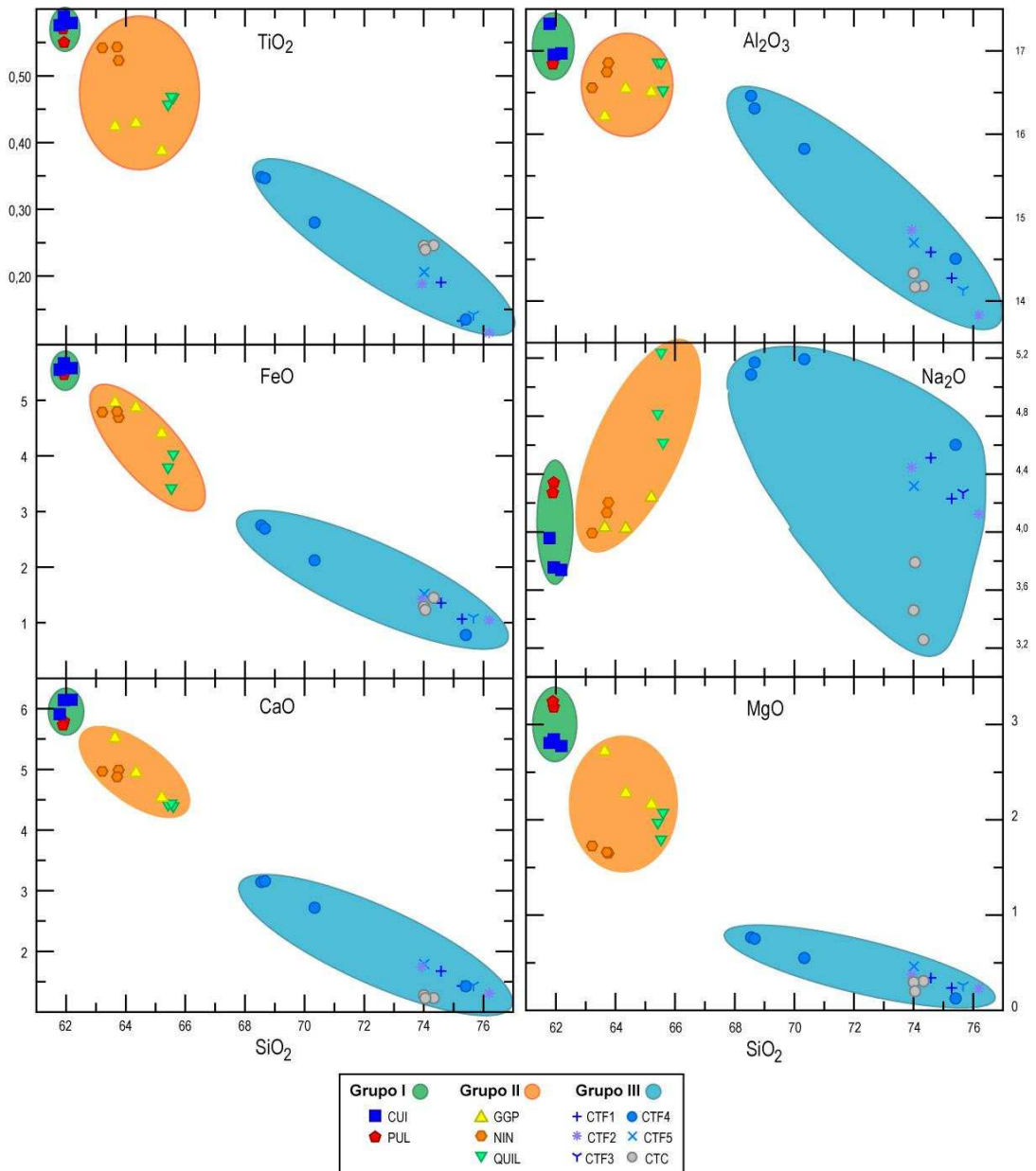


FIGURA 5.3 Diagramas Harker de los volcanes fuentes considerados en este trabajo.

Todos los diagramas de la Figura 5.3 sirven para destacar que las cenizas jóvenes de cada volcán fuente tienen una composición casi única, distinguible de las otras fuentes, y que la composición de cada fuente es relativamente homogénea entre sí.

Igualmente la relación entre los óxidos Fe_2O_3 y K_2O también sirve para mostrar las diferencias químicas entre las fuentes (Figura 5.4), y esto es de gran ayuda para identificar las cenizas distales que pertenezcan a cada fuente.

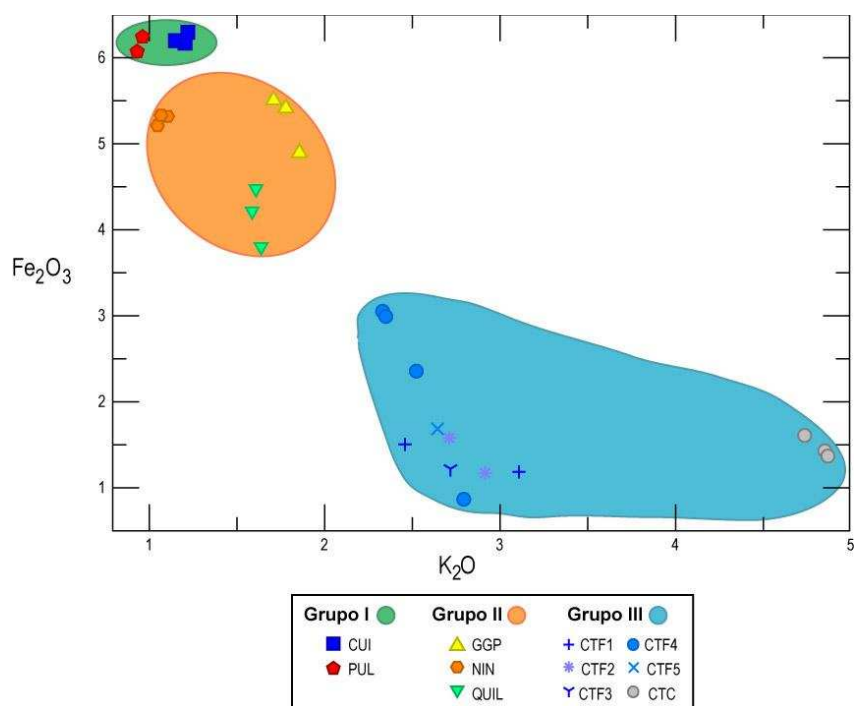


FIGURA 5.4 Diagramas Fe_2O_3 vs K_2O de los volcanes fuente.

5.3.1.2 COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS EN TRAZA

Para este análisis se tomaron en cuenta los elementos en trazas compatibles e incompatibles, los cuales aunque presentan concentraciones en “ppm” en las rocas, son muy importantes informadores de los procesos petrológicos que han sufrido las rocas. Analizando estos datos, se observa claramente que se puede distinguir tanto las tres familias de composiciones similares como las fuentes individuales. La Figura 5.5 muestra estas claras diferencias que son útiles para identificar las fuentes.

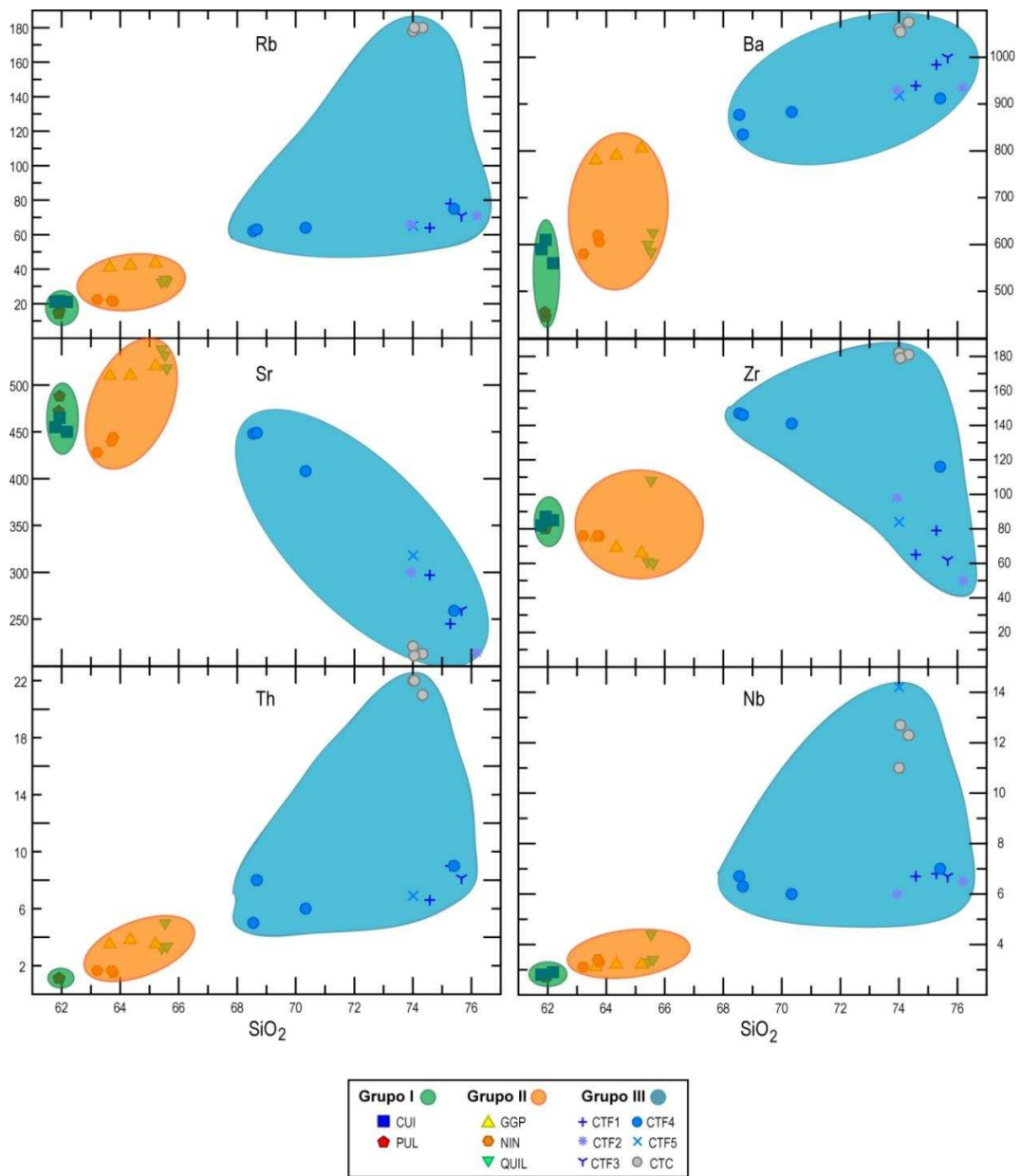


FIGURA 5.5 Diagramas de ciertos elementos en trazas con respecto a SiO₂ wt% de los productos de los volcanes fuentes.

❖ Diagramas Multielementos

Para obtener el Diagrama Multielementos se utilizaron los valores normalizados con respecto al N-MORB (*Sun y McDonough, 1989*). De esta manera se pudieron obtener también tres familias de volcanes fuente que concuerdan con las

obtenidas en base a los diagramas Harker y Pseudo Harker, concluyendo así que los volcanes fuente asociados en estas familias tienen una gran afinidad geoquímica tanto en elementos mayores como en elementos trazas compatibles e incompatibles, Figura 5.6.

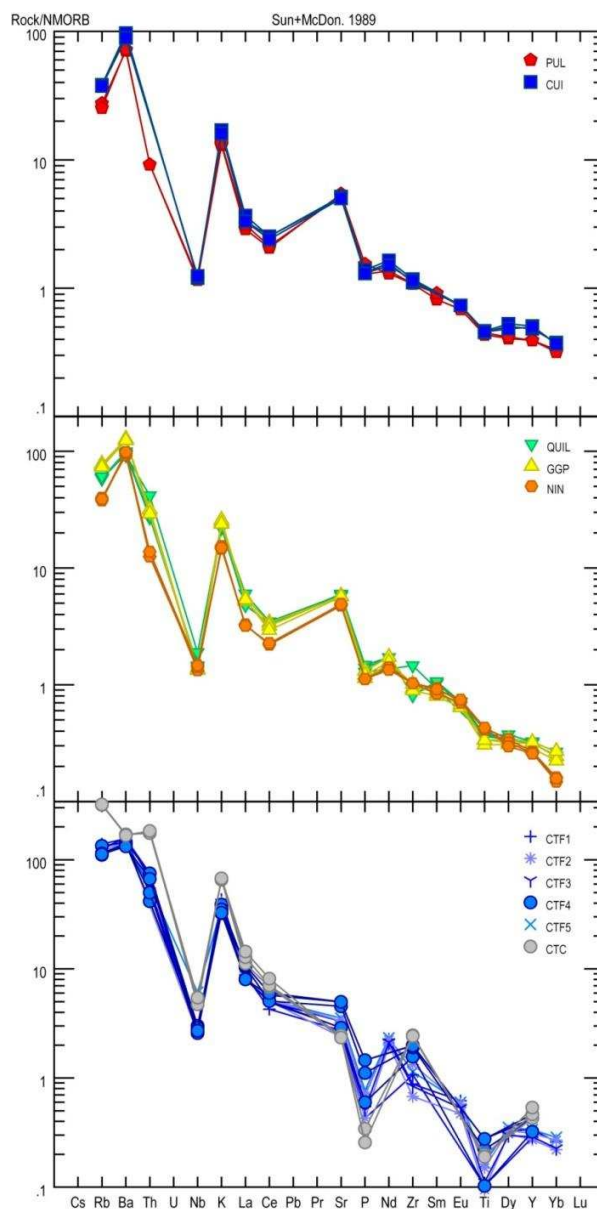


FIGURA 5.6 Diagramas multielementos de los tres grupos de volcanes fuente.

Entre los diagramas mencionados se puede notar claramente que entre las muestras asociadas en los diagramas multielementos existen diferencias (anomalías positivas y negativas) entre las muestras de un volcán y otro, sin embargo resulta que estas diferencias son tan pequeñas en los valores de los diferentes elementos que no son muy útiles al momento de intentar diferenciar uno de otro.

5.3.2 Geoquímica de los Productos Distales en la Costa Ecuatoriana

Los datos geoquímicos de las muestras distales fueron tratados de la misma manera que los datos de las muestras de los productos proximales asociados a las diferentes fuentes. Antes de emplear la química de las cenizas para identificarlas, vale recalcar que es la estratigrafía la que provee el mejor control y guía en la identificación de una ceniza volcánica.

En la Figura 5.1 se presenta una columna de la estratigrafía idónea, en la cual se muestra las capas de ceniza estudiadas en este trabajo.

La mayoría de los análisis químicos de las 26 muestras distales se consideran como buenos y aceptables en base los buenos resultados que presentan, con la excepción de dos muestras de Cabo Pasado (CBP-1, CBP-2) debido a que presentan valores muy bajos de SiO₂ (45 – 50%, Anexo 4), con respecto a los valores de SiO₂ de las fuentes propuestas en este trabajo, de manera que estos datos no se utilizan en el presente análisis.

Aquí es importante tomar en cuenta que desde su volcán fuente, la ceniza volcánica compuesta principalmente de vidrio volcánico más minerales experimenta ciertas variaciones físicas y químicas durante su transporte por el viento.

Con mayor distancia:

1. Aumenta la fracción de partículas pequeñas respecto a partículas o fragmentos de mayor tamaño
2. La cantidad de vidrio aumenta por ser más liviano

3. La cantidad de minerales pesados disminuye por su alta densidad
4. Los componentes de las cenizas van a tener una tendencia a ser más esféricos que tabulares

Por estas razones se esperaría un enriquecimiento en la cantidad de vidrio en función de la distancia recorrida, y dado que el vidrio corresponde a la fracción más diferenciada químicamente, también hay que esperar un enriquecimiento en SiO_2 y los elementos incompatibles.

5.3.2.1 Comportamiento de los Elementos Mayores

❖ Diagramas Harker

Al emplear estos diagramas tipo Harker para cenizas distales se discriminan los datos en tres grupos de muestras. Desafortunadamente no resultan buenas herramientas, ya que no se puede discriminar claramente la fuente específica de las muestras, sino solamente tener una idea de a qué grupo de volcanes podría corresponder (Grupo I, II ó III, este capítulo).

Los diagramas de los 24 análisis químicos utilizando los diagramas Harker indican a grosso modo tres grupos de muestras, lo cual se relaciona con los tres grupos identificados para las muestras proximales de las fuentes volcánicas.

En la Figura 5.7 se observa la distribución de estas muestras, teniendo así tres grupos diferentes: Grupo A, B y C. Tabla 5.12.

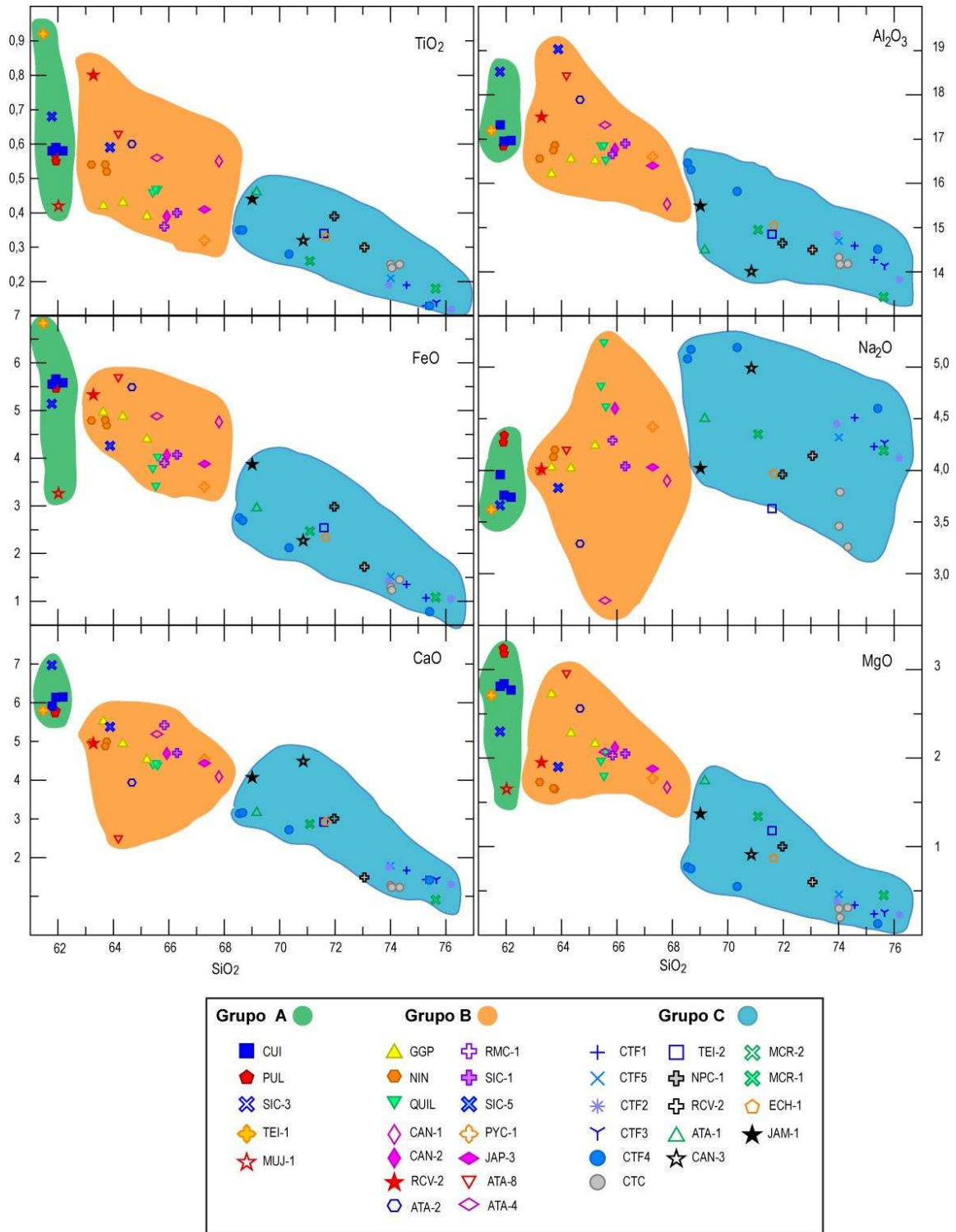


FIGURA 5.7 Diagramas Harker de las muestras de ceniza distales conjuntamente con las cenizas proximales de volcanes fuente, definiendo tres agrupaciones.

Grupo A	Grupo B			Grupo C		
TEI - 1	CAN-1	PYC-1	ATA-8	TEI-2	ATA-1	MCR-1
SIC - 3	CAN-2	JAP-3	ATA-4	NPC-1	CAN-3	ECH-1
MUJ-1	RCV-2	SIC-5	SIC-1	RCV-2	MCR-2	JAM-1
	ATA-2	RMC-1				

TABLA 5.12 Grupos identificados en base al análisis de elementos mayores de las cenizas distales.

5.3.2.2 COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS EN TRAZA

De la misma manera que con los diagramas de Harker se observa una afinidad de las muestras distales en tres grupos, sin embargo no es muy evidente.

Los datos geoquímicos de las muestras distales también fueron analizadas mediante diagramas multielementos en base a los grupos identificados anteriormente para las muestras fuentes. Estos resultados conjuntamente con los obtenidos mediante el análisis de los diagramas Harker se pueden obtener ciertas tendencias individuales, de tal manera que se puede hacer una identificación de las fuentes para estas cenizas distales. En la Figura 5.8 se observa una primera clasificación de la mayor parte de las cenizas en base a ciertos elementos que ayudan a discriminar una fuente de otra.

Con lo concluido del análisis dado en la Figura 5.6, se nota que no existen muchos elementos con los que se pueda tener una clara diferencia en las concentraciones, sin embargo al trabajar con Rb, Y, La, Th, Ce, Sr y Zr, y analizando los datos a detalle se puede discriminar una fuente de otra para cada una de las cenizas distales.

De esta manera se puede notar que existe concordancia con lo obtenido mediante el análisis visual realizado en el presente trabajo.

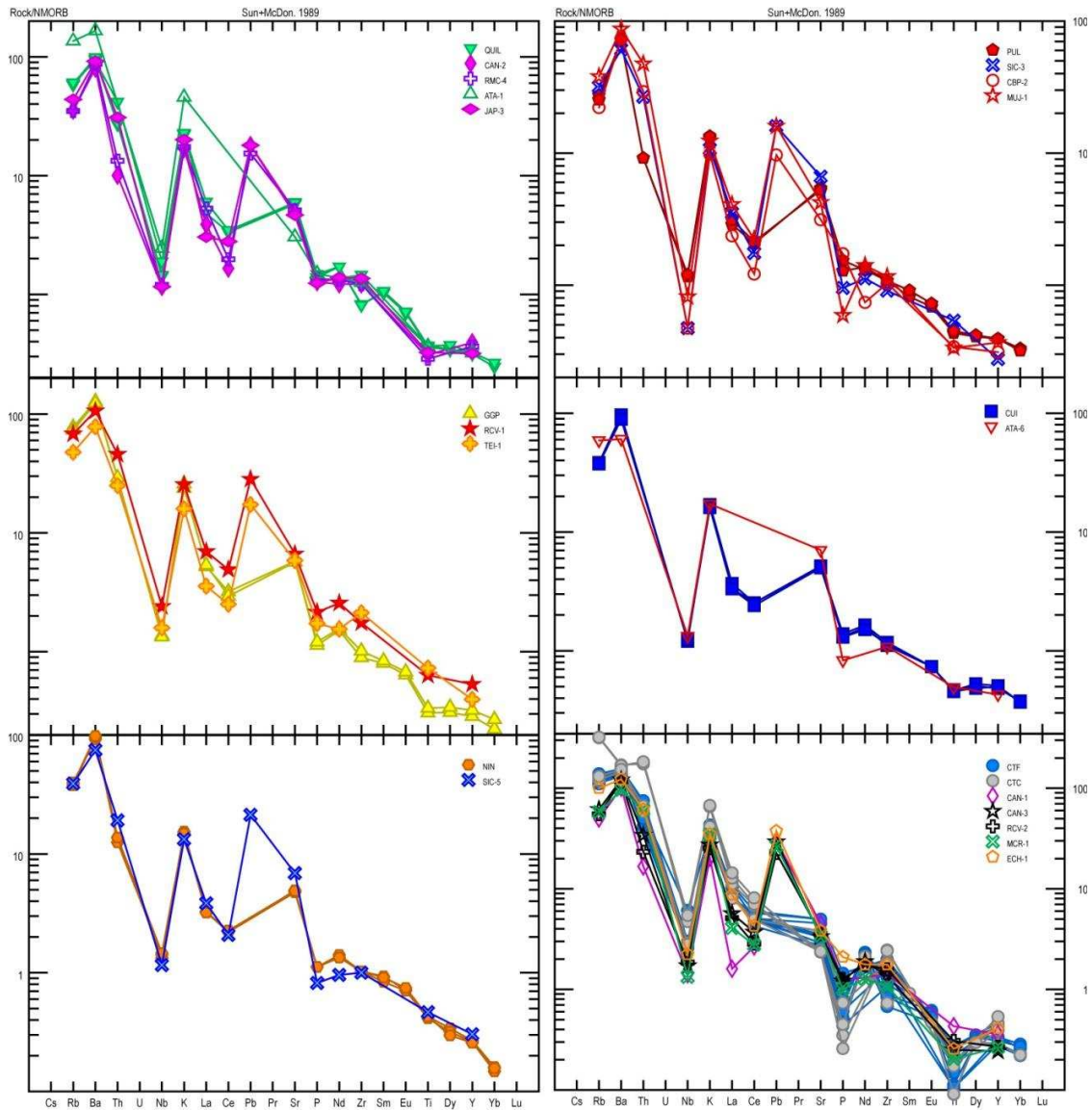


FIGURA 5.8 Diagramas multielementos de las muestras de ceniza distales conjuntamente con las cenizas proximales de volcanes fuerte.

En base al análisis de la información obtenida con los diagramas anteriores se pudo determinar que la utilización de algunos elementos químicos resulta más útil que otros. Un claro ejemplo es la compilación de los diagramas de elementos compatibles e incompatibles (Ba, Rb, Nb y Sr) y los óxidos de CaO y FeO que se

muestra en la Figura 5.9, la cual indica la clara agrupación de las muestras de cenizas distales que corresponden a la erupción de Quilotoa de 800 a AP.

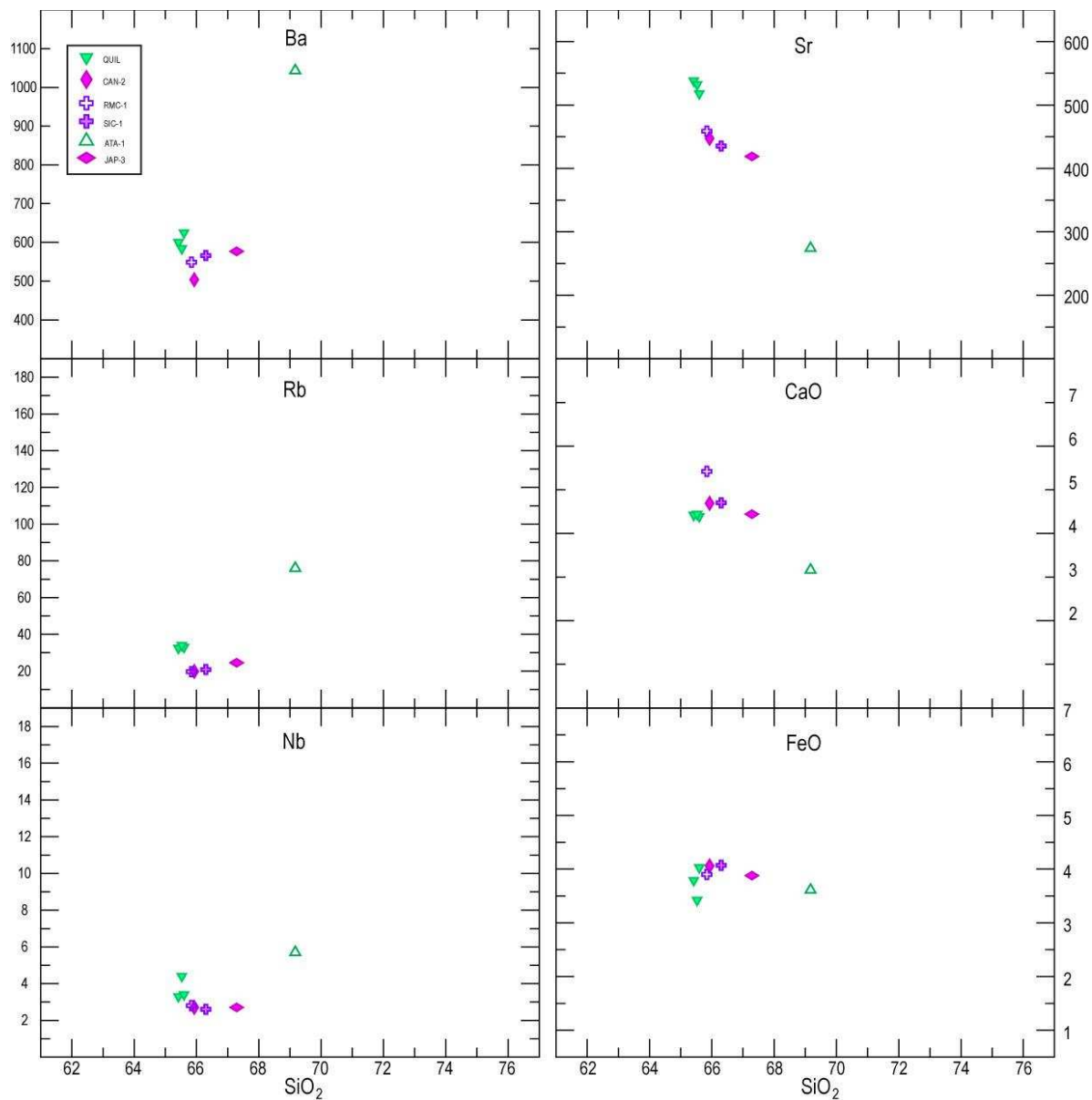


FIGURA 5.9 Diagramas Harker y Pseudo Harker para las muestras que corresponden a la erupción del volcán Quilotoa (800 a AP).

Tanto el análisis visual como geoquímico de las muestras RMC-1, CAN-2, JAP-3, y ATA-1 indican que son muestras que corresponden a la erupción de 800 a AP de

Quilotoa. En la Figura 5.9 se observa el agrupamiento de estas muestras en los diferentes diagramas, además que presentan ligeras tendencias de incremento o decrecimiento, lo cual indicaría lo siguiente: en el caso de elementos incompatibles (Ba, Rb, Nb) se observa un incremento de acuerdo con un aumento en SiO_2 , indicando que este incremento se debe a la mayor distancia recorrida por la ceniza volcánica, ya que mientras más distancia ha recorrido las partículas se vuelven más pequeñas y como se mencionó anteriormente el contenido de vidrio aumentará ya que es uno de los componentes más livianos de las cenizas volcánicas.

Lo contrario se da para los elementos compatibles (Sr, CaO, FeO). Vale indicar que en todos los ejemplos dados en la Figura 5.9, las cenizas distales se han vuelto más ricas en SiO_2 a través de la distancia, con valores desde 65% a 69%. Esta tendencia se observa únicamente en los casos de los volcanes Quilotoa y Cotopaxi que contienen el mayor número de muestras, para los otros volcanes considerados en este estudio fue posible identificar una o dos muestras por erupción, lo cual hace que definir una correlación entre el contenido de los diagramas analizados se vuelva más difícil.

En la Figura 5.10 se muestra la distribución de las muestras para el volcán Cotopaxi, no existe una tendencia muy clara como la mostrada en el caso de Quilotoa, sin embargo esto podría deberse a que las muestras corresponden a diferentes erupciones, ya que sus características ópticas son muy similares a las muestras e las fuentes de este volcán. La muestra CAN-1 es un “outlayer” y podría corresponder otra erupción del volcán Cotopaxi.

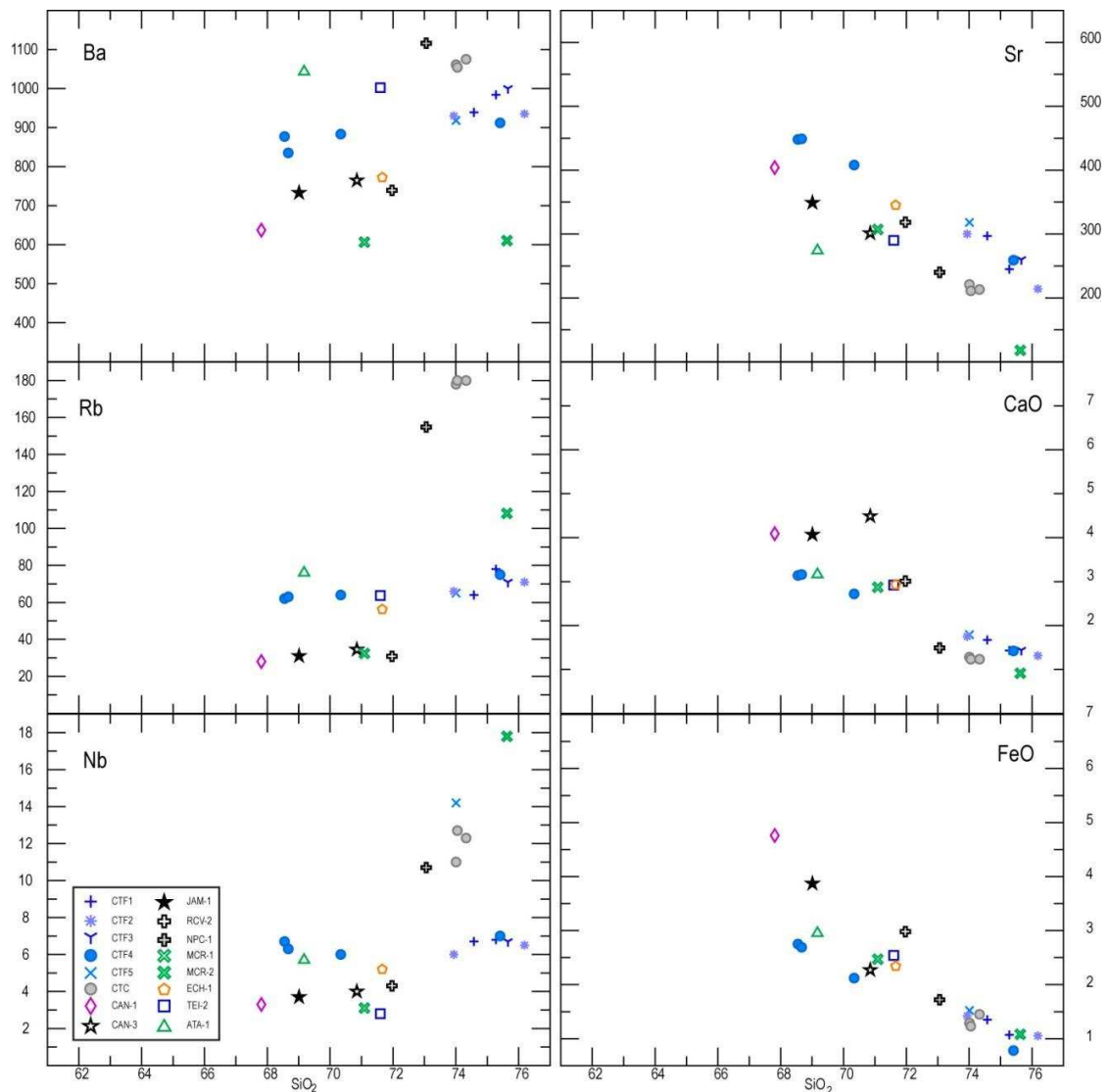


FIGURA 5.10 Diagramas Harker y Pseudo Harker para las muestras que corresponden a la erupción del volcán Cotopaxi (4500 a AP).

Cabe acotar que en la Figura 5.10 la muestra ATA-1 que corresponde a la muestra de ceniza más joven de la estratigrafía, se sitúa entre las muestras de la erupción riolítica de la Serie F4 del volcán Cotopaxi, sin embargo no se considera que sea un dato correcto debido a que al ser más joven que otras muestras de ceniza reconocida, la probabilidad que corresponda a F4 es nula además que la

similitud petrográfica con las muestras de Quilotoa de 800 a AP es muy clara, así que se asume que esta muestra corresponde al volcán Quilotoa.

5.4 RESULTADOS

El correcto estudio de las diferentes capas de ceniza analizadas en este trabajo basada en **1)** la estratigrafía, **2)** componentes (minerales, pómez, vidrio y líticos), y **3)** química de los granos de pómez, generó valiosa información que ayudó a realizar la correlación entre las diferentes capas y la identificación de las fuentes de las mismas. Se debe mencionar que en todos los casos la identificación y correlación petrográfica concordaron claramente con la geoquímica, lo cual indica que son dos herramientas muy útiles en este tipo de estudio (*Vallejo et al., 2010*). Los resultados de la correlación se ven reflejados en la Tabla 5.13 y en el Anexo 3.

La Tabla 5.13 indica los nombres de las 43 cenizas distales cuyas fuentes corresponden a las propuestas en el Capítulo II. En base a la estratigrafía fue posible identificar que dos niveles de ceniza tienen una edad menor a 800 a AP debido a su posición estratigráfica con respecto a las cenizas correspondientes a la erupción de Quilotoa de la edad mencionada.

VOLCAN	EDAD (aAP)	MUESTRAS DE CENIZA DISTALES						
Más joven que Quilotoa	??	CAB-1			JAM-1			
QUILOTOA	800	ATA-1	CAB-2	JAM-2	SIC-1	RMC-1	CAN-2	JAP-3
GUAGUA PICHINCHA	1100	TEI-1						
	3550	EPI-1			RCV-1			
NINAHUILCA	2270	SIC-5			RMC-4			
PULULAHUA	2485	SIC-3	RMC-2	CBP-2	MUJ-3	MUJ-2	MUJ-1	RSL-1
		AGB-1			EPI-2		RJC-1	
CUICOCHA	2990	ATA-6						
COTOPAXI	5940-5830	ATA-3	SIC-4	RMC-5	CAN-1	CAN-3	MRO-1	MCR-1
		ECH-1	RCÑ-1	IPL-3	IPL-2	IPL-1	AGB-2	RCV-2
COTOPAXI MAS ANTIGUA	??	ATA-4	ATA-5	ATA-7	ATA-8	MRO-2	MCR-2	

TABLA 5.13 Resultados de identificación de muestras de cenizas distales.

Por su parte el Anexo 3 muestra el diagrama unificado de la tefroestratigrafía realizada entre las capas de ceniza identificadas en los 22 sitios analizados y descritos en el Capítulo IV, la ubicación geográfica de estos sitios se observan en la Figura 4.2. Para facilitar el reconocimiento gráfico de estas capas en las columnas estratigráficas se optó por definir un color para cada uno de estos episodios eruptivos identificados en este trabajo.

Con este diagrama se puede tener una clara idea de la distribución de las capas de ceniza de las erupciones de los volcanes mencionadas en la Tabla 5.13, de manera que los niveles de ceniza de los volcanes Cotopaxi, Pululahua y Quilotoa se encuentran presentes en la mayoría de las columnas estratigráficas; lo cual indica que la distribución de estas cenizas es amplia y de carácter regional. Mientras que la distribución de los depósitos de ceniza de los volcanes Cuicocha, Ninahuilca y Guagua Pichincha es más restringida.

Por otro lado, en el Anexo 3 también se observa que los depósitos de cenizas de las cuales no fue posible identificar las fuentes, se encuentran concentradas en el norte de la provincia de Manabí. Con este resultado se presume que exista una o varias fuentes volcánicas en el Norte que no han sido identificadas hasta el momento.

En base a la clara distribución de los depósitos de ceniza que se observa en el Anexo 3 y en la distribución general de las principales cenizas volcánicas – Valle Interandino en el Ecuador (*Hall y Mothes, 1994*), se pudo determinar las isópacas de los niveles de ceniza de los seis volcanes identificados. En las Figuras 5.11, 5.12 y 5.13 se muestran los esquemas idealizados de las isópacas de las cenizas de los volcanes mencionados, desde la erupción más joven a la más antigua.

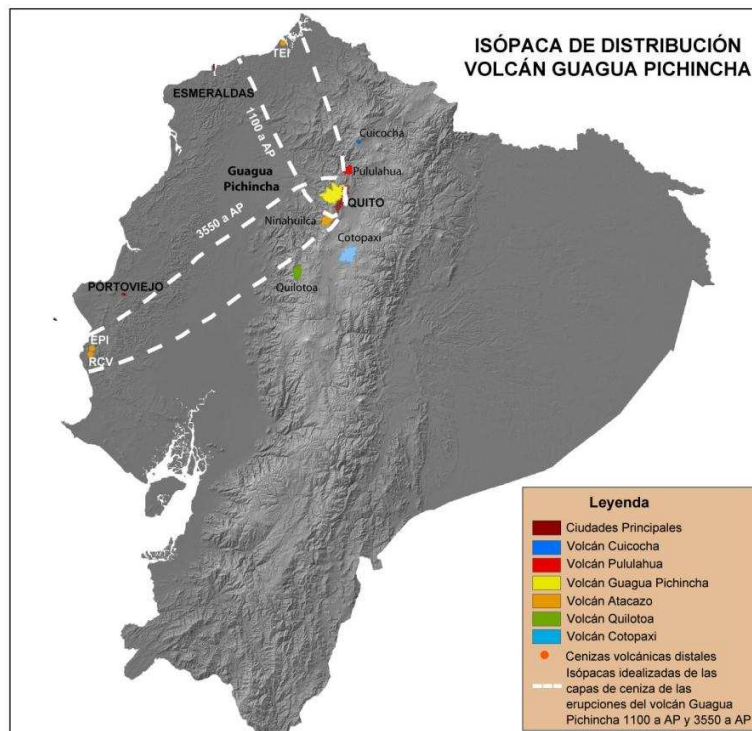
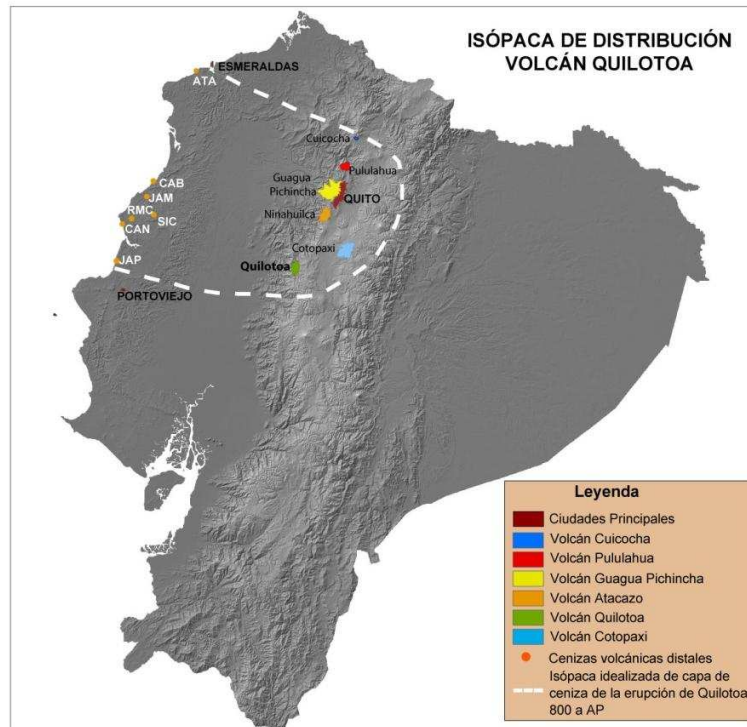


FIGURA 5.11 Mapa de isópacas de distribución idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Quilotoa y Guagua Pichincha

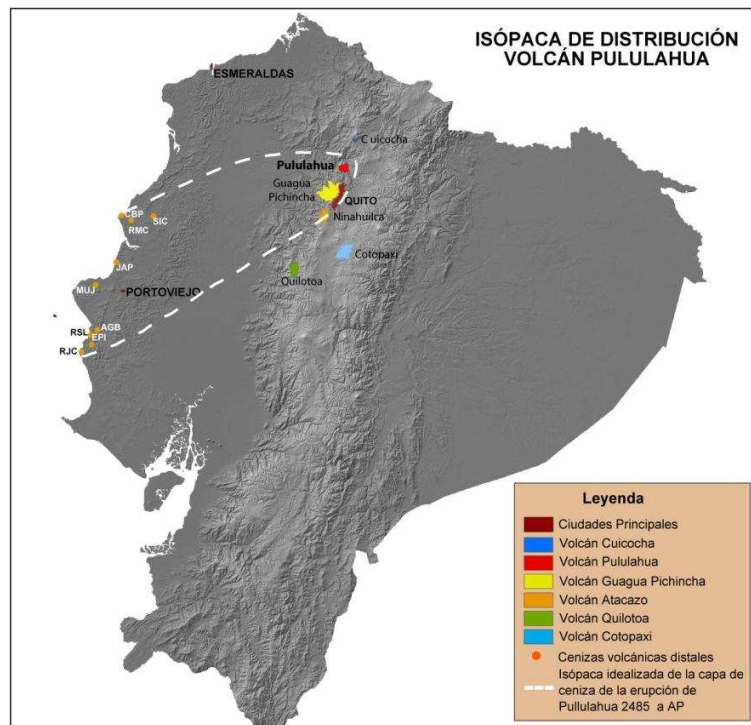
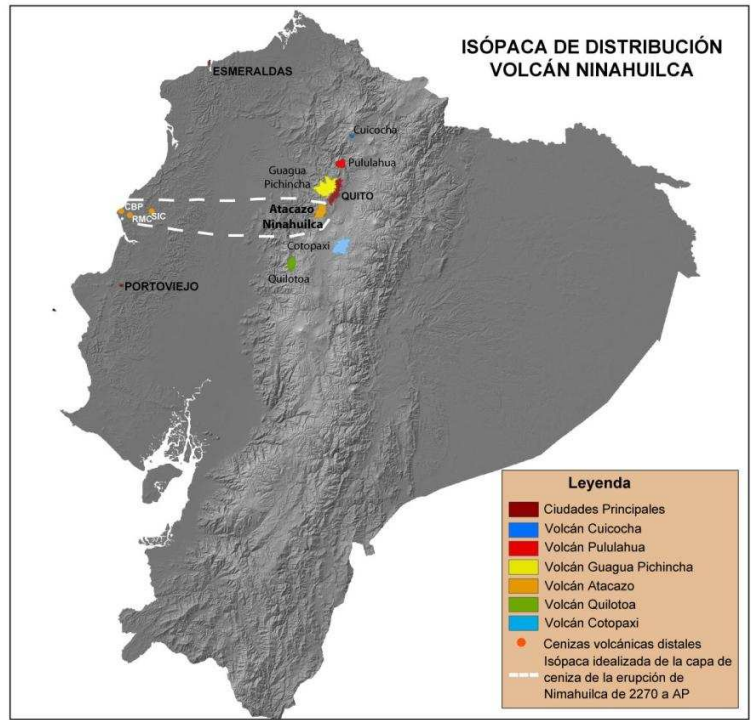


FIGURA 5.12 Mapa de isópacas idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Ninahuilca y Pululahua

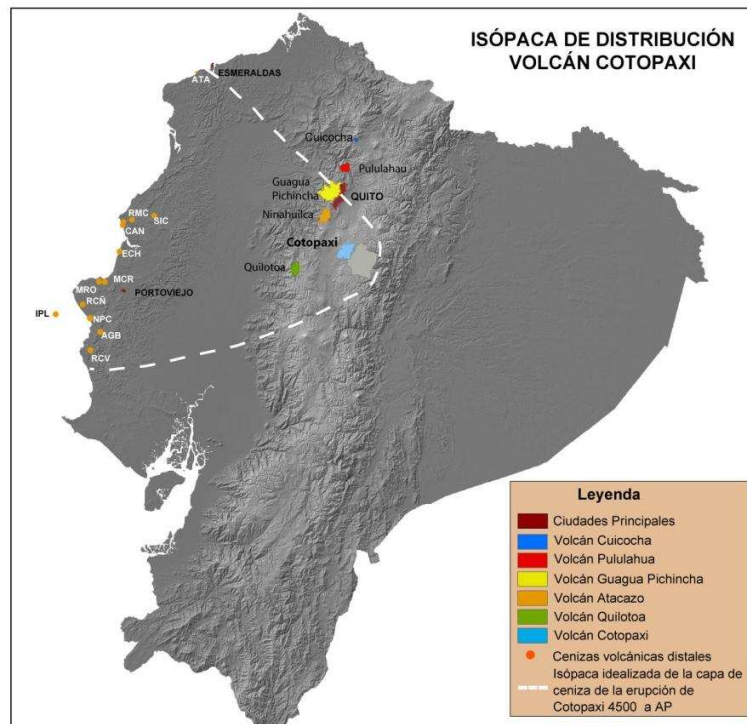
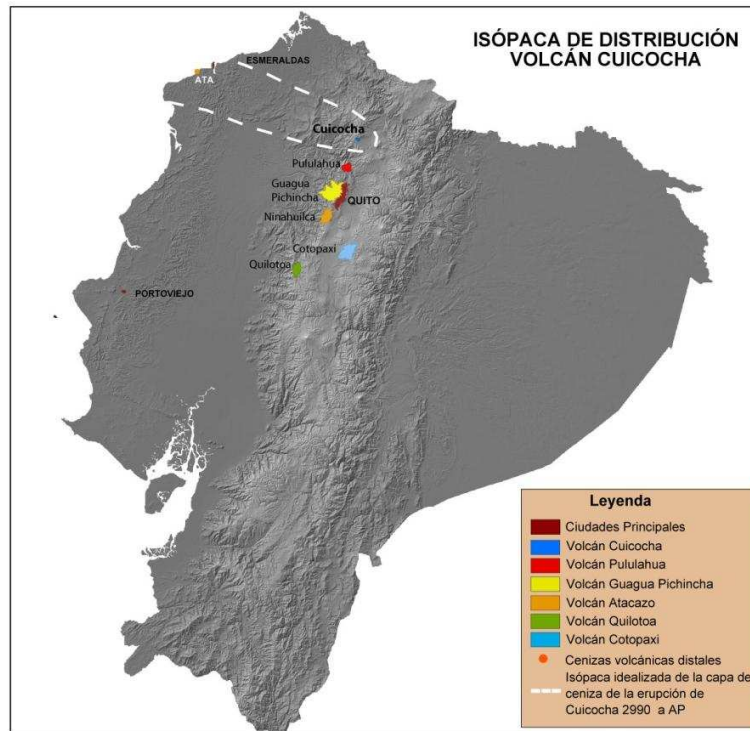


FIGURA 5.13 Mapa de isópacas idealizadas para las capas de ceniza de los volcanes Cuicocha y Cotopaxi

En base a las isópacas obtenidas se concluye lo siguiente:

La distribución de la ceniza correspondiente a la erupción del volcán Quilotoa (800 a AP) al igual que la del volcán Cotopaxi (4500 a AP), es muy amplia. Para el primer caso la distribución se concentra entre el sur de la provincia de Esmeraldas y el centro-norte de la provincia de Manabí, para el segundo caso la ceniza está distribuida entre el sur de la provincia de Esmeraldas y toda la provincia de Manabí. Esta amplia distribución se debe al cambio en el régimen del viento en el período de tiempo en el cual la erupción se llevaba a cabo.

Lo contrario ocurre con los depósitos de ceniza para las erupciones de los volcanes Guagua Pichincha (1100 y 3550 a AP), Ninahuilca (2270 a AP), Pululahua (2485 a AP) y Cuicocha (2990 a AP), ya que su distribución es más restringida, este resultado puede deberse a la alta velocidad de los vientos, duración de los eventos volcánicos, altura de las columnas, etc. Un ejemplo reciente de esta situación se observó en la erupción del volcán Tungurahua el 28 de mayo del 2010, la alta velocidad de los vientos (~50-60 nudos/hora) produjo que la pluma de ceniza se dirigiera rápidamente hacia el W-SW del volcán sin generar mayor dispersión (*Bustillos et al., 2010*).

Los resultados obtenidos mediante el análisis petrográfico y químico permitieron identificar las fuentes de las cenizas distales y la distribución de las mismas en la costa ecuatoriana.

5.4.1 Cálculo del Índice de Explosividad Volcánica para las erupciones Identificadas

Con la utilización del área de las isópacas de distribución de los depósitos de ceniza correspondientes a las erupciones importantes de los volcanes mencionados en el Capítulo 2 se puede obtener el volumen mínimo del depósito.

Para este fin se utiliza la isópaca representativa para cada una de las erupciones reconocidas e identificadas en la Costa ecuatoriana, debido a que la línea de costa es el último lugar (sobre la superficie) en el cual se puede conservar un depósito; se lo ha decidido tomar como límite occidental de las diferentes isópacas.

En la Tabla 5.14 se muestra el área obtenida para la isópaca y el espesor representativos de cada una de las erupciones, con el fin de aplicar el método de cálculo de volumen mínimo de tefra propuesto por *Legros* en el año 2000. Se ha decidido utilizar este método ya que realiza el cálculo del volumen utilizando una sola isópaca, y en este trabajo la mayoría presenta depósitos de ceniza con un espesor similar, lo que impide que se realicen varias isópacas para cada erupción.

Volcán	Edad erupción (a AP)	Espesor representativo (m)	Área (km ²)
Cuicocha	2990	0.08	6.8 x 10 ⁹
Pululahua	2400	0.15	19.4x10 ⁹
Pichincha	1100	0.10	5.9 x 10 ⁹
	3500	0.03	15 x 10 ⁹
Ninahuilca	2270	0.30	10.8 x 10 ⁹
Cotopaxi	5940	0.15	51 x 10 ⁹
	7770	0.35	30 x 10 ⁹
Quilotoa	800	0.22	43 x 10 ⁹

TABLA 5.14 Tabla de áreas de isópacas obtenidas para las diferentes erupciones.

Únicamente dos erupciones, las correspondientes a los volcanes Quilotoa y Cotopaxi, presentan niveles de ceniza de diferente espesor; sin embargo para obtener una homogeneidad en el procesamiento de los datos se ha decidido realizar el cálculo del volumen con la utilización de la isópaca representativa de cada una de las erupciones, es decir la isópaca que mayor área abarque.

El método del cálculo de volumen mínimo de tefra se basa en la fórmula de Legros (1999), la cual realiza el cálculo del volumen en base a una sola isópaca, esta se muestra a continuación:

$$V_{\min} = 3.69 TA$$

donde:

V_{\min} = Volumen mínimo

T = Espesor de la isópaca

A = Área de la isópaca

Con la utilización de los valores mencionados en la Tabla 5.14 se pueden obtener los valores mínimos de volúmenes y de esta forma se puede asignar un VEI “aparente o aproximado” para cada una de las erupciones, tomando en cuenta que este valor no es real ya que en el presente estudio no se considera muestras entre la fuente volcánica y el depósito que se encuentra generalmente en o cerca a la línea de costa, lo que impide obtener una isópaca más precisa del depósito.

La tabla 5.15 muestra los resultados del cálculo del volumen de los depósitos de ceniza utilizando una isópaca idealizada para cada una de las erupciones consideradas en este trabajo. Con el valor del volumen se ha podido inferir un valor de VEI, el cual puede ser comparable con los obtenidos en estudios anteriores (c.f. Capítulo. 2).

Volcán	Edad erupción (a AP)	Volumen (km ³)	VEI (este trabajo)	VEI (literatura)
Cuicocha	2990	2.02	4	4
Pululahua	2400	10.77	5	5
Pichincha	1100	2.20	4	5
	3500	1.66	4	--
Ninahuilca	2270	12.04	5	5
Cotopaxi	5940	17.54	5	4
	7770	32.29	5-6	4
Quilotoa	800	20.91	5-6	6

TABLA 5.15 Tabla de áreas de isópacas obtenidas para las diferentes erupciones.

Realizando una comparación entre los valores de VEI de este trabajo con los obtenidos en trabajos anteriores, se puede determinar que existe una buena correspondencia entre los mismos para los volcanes: Cuicocha, Pululahua, Ninahuilca y Quilotoa. Para los volcanes Pichincha, y Cotopaxi el orden de diferencia de magnitud varía de uno a dos, para el volcán Guagua Pichincha puede deberse a que solo existe un depósito que corresponde a esta erupción de manera que la isópaca resultante puede estar subestimada y por lo tanto su valor de volumen.

Con respecto a los valores obtenidos para el volcán Cotopaxi se observa que existe una sobreestimación de los valores de volumen para las dos erupciones importantes de este volcán que se han considerado en este trabajo (5940 y 7770 a AP), y por ende el valor de VEI también se encuentra sobreestimado. La gran similitud petrográfica y química que existen entre las muestras de las erupciones riolíticas de las series "F" del Cotopaxi, hace complicada una identificación individual entre este tipo de erupciones.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES:

- ❖ Las seis fuentes volcánicas que se consideraron en este trabajo, al haber tenido grandes erupciones, si corresponden a las fuentes de las cenizas distales analizadas. Ellos incluyen los volcanes Cuicocha, Pululahua, Guagua Pichincha, Ninahuilca, Cotopaxi y Quilotoa. Sin embargo existen capas de ceniza en la costa que no se han identificado su fuente, dejando la posibilidad de que hay volcanes o erupciones no bien definidas.
- ❖ El reconocimiento de los rasgos más importantes de las cenizas de los volcanes fuentes ayuda a identificar y correlacionar con las cenizas distales. Además se los convierten en una guía para un reconocimiento directo sin utilizar análisis químicos, tanto en el campo como en el laboratorio.
- ❖ Los elementos característicos más útiles en la correlación de cenizas volcánicas son: minerales, vidrio volcánico y pómez. En base al color, forma, deformación y abundancia se ha podido caracterizar los depósitos y correlacionar con otros.
- ❖ Con la mayoría de diagramas tipo Harker, pseudo Harker y Multielementos se ha podido definir tres agrupaciones de volcanes según su composición química: Grupo I: volcanes Cuicocha – Pululahua, Grupo II: volcanes Guagua Pichincha, Ninahuilca y Quilotoa, y Grupo III: volcán Cotopaxi.

- ❖ A pesar que en este estudio no se consideró la erupción del volcán Chalupas, se pudo identificar que una muestra de su caída de 200 ka si corresponde a este depósito y corresponde a la localizada en el Norte de Puerto Cayo (NPC), fácilmente identificable por ciertos rasgos mineralógicos y análisis químicos que muestran el alto contenido de Si y a las anomalías positiva en Th y negativa en Sr.
- ❖ Volcán Cuicocha: a pesar que el VEI de la erupción ocurrida en 2990 a AP fue alto, pareciera que el impacto en la zona costera no fue muy grande. Según lo obtenido la pluma se dirigió principalmente al NW, pudiéndose encontrar sus cenizas en Atacames. Ni al sur ni al norte de esta localidad se ha encontrado otros depósitos relacionados con esta actividad. El área de la isópaca de 0.08 m es de $7 \times 10^9 \text{ km}^2$, mientras que el volumen estimado para esta erupción es 2 km^3 , indicando de esta forma que el VEI para esta erupción es de 4.
- ❖ Volcán Pululahua: de la erupción de 2485, sus cenizas se encuentran solo en la costa centro norte en los sectores de Cabo Pasado, San Isidro, Río Muchacho, Manta, Aguas Blancas, El Pital, Río Salango y Río Juancho. Estos resultados sugieren que la pluma de ceniza se dirigió al W SW y NW; se esperaría encontrar este depósito en los cortes de Playa Cabuyal, Jama y Canoa, sin embargo deben encontrarse bajo la base de la sección estratigráfica expuesta. El área de la isópaca de 0.15m fue de $2 \times 10^{10} \text{ km}^2$, generando de esta forma un volumen de 10.77 km^3 ; el VEI calculado para esta erupción es 5.
- ❖ Guagua Pichincha: existieron dos erupciones importantes y corresponden a las datadas en 1100 y 3550 a AP, encontrándose sus depósitos de caídas en el sector de La Tola y El Pital – Río Chico respectivamente; se puede notar que la dispersión de este depósito fue muy restringido. Para la erupción de 1110 a AP se obtuvo un área de $6 \times 10^9 \text{ km}^2$ con la isópaca de 0.10 m, de

manera que el volumen tiene un valor de 2 km^3 , por lo tanto el VEI calculado para esta erupción es de 4. La erupción de 3350 a AP depositó un volumen de 1.6 km^2 , con un espesor de 0.03 m y un área de 2×10^{10} , resultando en un VEI de 4.

- ❖ Ninahuilca: se observa que sus depósitos de caída se encuentran directamente al occidente en los sitios Cabo Pasado, Río Muchacho y San Isidro, de igual manera que con el volcán Guagua Pichincha se concluye que la dirección de la pluma fue muy restringida al igual que su depositación. El área que se obtuvo con la isópaca de 0.30m es de $1 \times 10^{10} \text{ km}^2$, mientras que el volumen obtenido fue de 12 km^3 , cuyo valor indica que el VEI de esta erupción fue de 5.
- ❖ Cotopaxi: se determinó que existen depósitos correspondientes a 5940 y probablemente de 7770 a AP. Se determinó que la mayoría de capas reconocidas como cenizas distales del volcán Cotopaxi corresponden a la erupción riolítica de la Serie F4 (5940 a AP) cuyo área de depositación es de $51 \times 10^9 \text{ km}^2$, y su volumen correspondiente utilizando un espesor de 0.35m tiene un valor de 32.3 km^3 , de manera que esta erupción tendría un VEI de 5. Este depósito de ceniza se distribuyó en Atacames, Canoa, Jama, Manta, Estero Chirije, San Isidro, Río Cañas, Isla de la Plata, Aguas Blancas y Río Chico. Con respecto a los depósitos de ceniza más antiguos y que tienen afinidad geoquímica con las muestras del volcán Cotopaxi, se asume que podrían corresponder a una erupción grande como la de 7700 a AP y que corresponde a una erupción riolítica de la Serie F2, se estimó con los depósitos distales un volumen de 17.54 km^3 , utilizando un espesor de 0.15m; los depósitos de esta erupción se encuentran en Atacames y Manta. En el sector de Atacames existen otros niveles con gran similitud a depósitos de Cotopaxi, sin embargo no se posee geoquímica para estas muestras lo que resulta complicado identificar a que erupción del Cotopaxi pertenecen.

- ❖ Quilotoa: la erupción de 800 a AP, tuvo una amplia distribución entre las provincias de Esmeraldas y Manabí, pudiendo encontrarse este depósito en Atacames, Cabañas Camarones, Jama, Río Muchacho, San Isidro, Canoa y Japoto, el espesor para este depósito en la región es uniforme, un promedio de 0.22 m, de esta forma el área de la isópaca es de $3 \times 10 \text{ km}^2$, obteniéndose un volumen de 20.91 km^3 , de manera que el VEI para esta erupción fue de 6.
- ❖ La estratigrafía y secuencia de las capas volcánicas confirmadas en este estudio representa una herramienta poderosa para los arqueólogos en sus investigaciones, pocas proveen una escala de tiempo fácil a utilizar en el campo. En unos casos sea posible inferir que una caída de cenizas forzó la migración de los residentes indígenas
- ❖ Finalmente un conocimiento de la estratigrafía de la secuencia de cenizas caídas, con su control temporal, podría ayudar a elucidar la geodinámica de la región, incluyendo el levantamiento de la costa, fallamiento, derrumbes, etc.

6.2 RECOMENDACIONES

- ❖ El muestreo de cenizas distales debe enfocarse a obtener cenizas volcánicas poco alteradas, con el fin de realizar una mejor identificación de los rasgos principales ya estudiados en el presente trabajo
- ❖ Realizar estudios más detallados de los rasgos de las cenizas volcánicas utilizando microscopio electrónico, de esta manera se podrá corroborar los resultados obtenidos.
- ❖ Es importante completar el muestreo de cenizas volcánicas con muestras localizadas entre cenizas proximales y distales, para darle un mayor valor y mayor precisión a los valores de área y volúmenes de las isópacas.

CAPÍTULO 7

REFERENCIAS

- ❖ **Aguilera, E., Chiodini, G., Cioni, R., Guidi, M., Marini, L. y Raco, B.,** (2000). "Water chemistry of Lake Quilotoa (Ecuador) and assessment of natural hazards." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 56-69.
- ❖ **Almeida, E.** (1996). *Dinámica de las Erupciones del Volcán Ninahuilca*. 7° Congreso de Geología, Minas, Petróleo y Medio Ambiente. Quito.
- ❖ **Andrade, D.** (2002). *Estudio Geovolcanológico del Complejo Volcánico Pululahua*. Quito-Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. Tesis de Ingeniero Geólogo: 186.
- ❖ **Aspden, J., Bonilla, W. y Duque, P.** (1995). "The El Oro metamorphic complex, Ecuador: geology and economic mineral deposits." *Overseas Geology and Mineral Resources, British Geological Survey* (67): 63.
- ❖ **Aspden, J., Harrison, S. y Rundle, C.** (1992). "New chronological control for the tectono-magmatic evolution of the metamorphic basement, Cordillera Real and El Oro Province of Ecuador." *Journal of South American Earth Sciences* 6(1-2): 77-96.
- ❖ **Athens, J.** (1990). "Prehistoric Agricultural Expansion and Population Growth in Northern Ecuador: Interim Report for 1989 Fieldwork. Informe preparado para el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, Quito." 96 p.

- ❖ **Baby, P., Rivadeneira, M. y Barragán, R.** (2004). La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. Quito, IFEA, Institut de recherche pour le développement, Petroecuador: 295.

- ❖ **Barberi, F., Coltelli, M., Ferrara, G., Innocenti, F. y Navarro, J.** (1988). "Plio-Quaternary volcanism in Ecuador." *Geological Magazine* 125(1): 1-14.

- ❖ **Barberi, F., Ghigliotti, M., Macedonio, M., Orellana, G., Pareschi, H. y Rosi, M.** (1992). "Volcanic hazard assessment of Guagua Pichincha (Ecuador) based on past behaviour and numerical models." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 49: 53-68.

- ❖ **Begét, J.** (2000). Volcanic Tsunamis. *Encyclopedia of Volcanoes*. H. Sigurdsson. San Diego, Academic Press: 1005.

- ❖ **Bouchard, J.** (2006). Aldeas y pueblos prehispánicos en la costa de Manabí: Chirije y Japoto. *Avances de investigación en el Ecuador prehispánico*, Tomo 35, N° 3. M. Guinea and J.-F. Bouchard. Quito, IFEA: 243.

- ❖ **Bourdon, E., Samaniego, P., Monzier, M., Robin, C., Eissen, J. y Martin, H.** (2003). "Dubious case for slab melting in the Northern Volcanic Zone: a comment." *Geology* line doi. 10.1130/0091-7613(2003)31<e46:DCFSMI>2.0.CO;2.

- ❖ **Bustillos, J.** (2010). Transición del estilo eruptivo durante las erupciones andesíticas en sistema abierto: Contribución al estudio de los depósitos de ceniza del volcán Tungurahua, Tesis de Máster 2, Universidad de Nice Sophia Antipolis – Francia, 48 pp

- ❖ **Cantalamessa, G. y Di Celma, C.** (2004). "Origin and chronology of Pleistocene marine terraces of Isla de la Plata and of flat, gently dipping surfaces of the southern coast of Cabo San Lorenzo (Manabí-Ecuador)." *Journal of South American Earth Sciences* 16: 633-648.

- ❖ **Cas, R. y Wright, J.** (1988). "Volcanic successions (Modern and Ancient). A Geological Approach to Processes Products and Successions." Londres: 528.

- ❖ **Cashman, K., Sturtevant, B., Papale, P. y Navon, O.** (2000). Magmatic Fragmentation. *Encyclopedia of volcanoes*. H. Sigurdsson. San Diego Academic Press: 421.

- ❖ **Cioni, R., Marianelli, P., Santacroce, R. y Sbrana, A.** (2000). Plinian and Subplinian Eruptions. *Encyclopedia of Volcanoes*. H. Sigurdsson. San Diego, Academic Press: 477.

- ❖ **Collot, J.-Y., Migeon, S., Spence, G., Legonidec, Y., Marcaillou, B., Schneider, J., Michaud, F., Alvarado, A., Lebrun, J., Sosson, M. y Pazmino, A.** (2005). "Seafloor Margin Map Helps in Understanding Subduction Earthquakes." *EOS Transactions, American Geophysical Union* 86(46): 464-466.

- ❖ **Cosma, L., Lapierre, H., Jaillard, E., Laubacher, G., Bosch, D., Desmet, A., Mamberti, M. y Gabriele, P.** (1998). "Pétrographie et géochimie des unités magmatiques de la Cordillère Occidentale d'Equateur (0°30'S): implications tectoniques." *Bulletin de la Société Géologique de France* 169(6): 739-751.

- ❖ **Daly, M.** (1989). "Correlations between Nazca/Farrallon plate kinematics and forearc basin evolution in Ecuador." *Tectonics* 8: 769-790.

- ❖ **Donahue, J. y Harbert, W.** (1994). Historia Fluvial del Drenaje del Río Jama. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol. 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburgh y Quito, Universidad de Pittsburgh, Departamento de Antropología, Ediciones Libri Mundi: 44.

- ❖ **Dumont, J., Santana, E. Valdez, F., Iturralde, D. y Navarrete, E.** (2006). "Geomorphologic evidences of tectonic controlled surface deformation involving drainage and coastal changes occurred by 2800-3200 BP landward the Esmeraldas-Tumaco seismic zone (San Lorenzo region, Northern Ecuador)." *Geomorphology* 74(1-4): 100-123.

- ❖ **Ego, F., Sébrier, M., Lavenu, A., Yepes, H. y Egeuz, A.** (1996). "Quaternary state of stress in the Northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes." *Tectonophysics* 259(1-3): 101-116.

- ❖ **Egüez, A. y Poma, O.** (2001). La cuenca Alamor-Lancones en el contexto geodinámico de los Andes de Huancabamba, SW Ecuador. IV Jornadas en Ciencias de la Tierra, Quito-Ecuador, Escuela Politécnica Nacional.

- ❖ **Estrada, E.** (1962). Arqueología de Manabí Central, Publicación del Museo Víctor Emilio Estrada.

- ❖ **Feininger, T. y Seguin, M. K.** (1983). "Simple Bouguer gravity anomaly field and the inferred crustal structure of continental Ecuador." *Geology* 11: 40-44.

- ❖ **Fink, J. y Anderson, S.** (2000). Lava Domes and Coulees. H. Sigurdsson, Academic Press: 307.

- ❖ **Guillier, B., Chatelain, L., Jaillard, E., Yepes, H., Poupine, G. y Feis, J.** (2001). "Seismological evidence on the geometry of the orogenic system in

central-Northern Ecuador (South-America)." *Geophysical Research Letters* 28(19): 3749-3752.

- ❖ **Guinea, M. y Bouchard, J.** (2006). Avances de investigación en el Ecuador prehispánico - Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines. Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, IFEA, Tomo 35, N° 3:460.
- ❖ **Gutscher, M., Malavieille, J. Lallemand, S. y Collot, J.** (1999). "Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision." *Earth and Planetary Science Letters* 168(3-4): 255-270.
- ❖ **Hall, M. y Mothes, P.** (1994). "Tefroestratigrafía Holocénica de los Volcanes Principales del Valle Interandino, Ecuador." *Estudios de Geografía* 6: 47-67.
- ❖ **Hall, M. y Mothes, P.** (1999). La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral, Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas. *Actividad Volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. P. Mothes. Quito-Ecuador, Ediciones ABYA-YALA: 205.
- ❖ **Hall, M. y Mothes, P.** (2007). "The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador." *Bull Volcanol* 70: 675-702.
- ❖ **Hall, M. y Mothes, P.** (2008). "Quilotoa volcano - Ecuador: An overview of young dacitic volcanism in a lake-filled caldera." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 44-55.
- ❖ **Hall, M. y Beate, B.** (1991). El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador. *El Paisaje Volcánico de la Sierra Ecuatoriana*. P. Mothes. Quito . 4: 5-18.

- ❖ **Hall, M., Samaniego, P., Le Pennec, J. y Jonhson, J.** (2008). "Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 1-6.

- ❖ **Hall, M. y Wood, C.** (1985). "Volcano-tectonic segmentation of the northern Andes." *Geology* 13: 203-207.

- ❖ **Harpp, K., Fornari, D., Geist, D. y Kurz, M.** (2003). "Genovesa Submarine Ridge: A manifestation of plume-ridge interaction in the northern Galapagos Islands." *Geochemistry Geophysics Geosystems* 4(9).

- ❖ **Heiken, G.** (1972). "Morphology and Petrography of Volcanic Ashes." *Geological Society of America Bulletin*: 1961-1988.

- ❖ **Hidalgo, S.** (2006). Les interactions entre magmas calco-alcalins "classiques" et adakitiques: exemple du complexe volcanique Atacazo-Ninahuilca (Equateur). *Laboratoire Magmas et Volcans. Clermont Ferrand, Université Blaise Pascal*: 333.

- ❖ **Hidalgo, S., Monzier, M., Almeida, E., Chazot, G., Eissen, J-P., van der Plicht, J. y Hall, M.** (2008). "Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Ninahuilca Volcanic Complex (Ecuador)." *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.

- ❖ **Hidalgo, S., Monzier, M., Martin, H., Chazot, G., Eissen, J. y Cotten, J.** (2007). "Adakitic magmas in the ecuadorian volcanic front: Petrogenesis of the Iliniza Volcanic Complex (Ecuador)." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 159(4): 366-392.

- ❖ **Hillebrandt, C.** (1989). Estudio Geovolcanológico del Complejo Volcánico Cuicocha-Cotacachi y sus aplicaciones, Provincia de Imbabura. Quito-Ecuador, Escuela Politécnica Nacional. Magister en Geología: 167.

- ❖ **Hoffer, G., Eissen, J., Beate, B., Bourdon, E., Fornari, M. y Cotton, J.** (2008). "Geochemical and petrological constraints on rear-arc magma genesis processes in Ecuador: The Puyo cones and Mera lavas volcanic formations." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 107-118.

- ❖ **Hughes, R. y L. Pilatasig** (2002). "Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Andes of Ecuador." *Tectonophysics* 345: 29-48.

- ❖ **Iglesias, J. y A. Gutiérrez** (1998). Evidencias Líticas de los Procesos de Apropiación y Procesamiento en la Actividad de Subsistencia de la Cultura Atacames, Esmeraldas, Ecuador. El Área Septentrional Andina, Arqueología y etnohistoria. M. Guinea. Quito, Abya-Yala: 111-156.

- ❖ **Isaacson, J.** (1994). Sedimentos Volcánicos en Contextos arqueológicos del Occidente del Ecuador. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol. 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburg y Quito, Universidad de Pittsburgh, Departamento de Antropología, Ediciones Libri Mundi: 132.

- ❖ **Isaacson, J. y J. Zeidler** (1999). Accidental History: Volcanic activity and the end of the Formative in Northwestern Ecuador. *Actividad Volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. P. Mothes. Quito-Ecuador Ediciones Abya-Yala: 41.

- ❖ **Italiana, G.** (1989). Mitigación del riesgo volcánico en el área metropolitana de Quito. Informe final. vol. 2. Evolución geo-vulcanológica del Guagua Pichincha. ed. Pisa: 105.

- ❖ **Jaillard, E., Benitez, S. y Mascle, G.** (1997). "Palaeogene deformations of the forearc zone of south Ecuador in relation to the geodynamic evolution." Bulletin de la Société Géologique de France 168(4): 403-412.

- ❖ **Jaillard, E., Ordóñez, M., Suárez, J., Toro, J., Iza, D. y Lugo, W.** (2004). "Stratigraphy of the late Cretaceous-Paleogene deposits of the cordillera occidental of central Ecuador: geodynamic implications." Journal of South American Earth Sciences 17(1): 49-58.

- ❖ **Jaillard, E. y J. Toro** (2005). "Provenance of the Upper Cretaceous to upper Eocene clastic sediments of the Western Cordillera of Ecuador: Geodynamic implications." Andean Geodynamics 399(1-4): 279-292.

- ❖ **Legros, F.** (2000). "Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach." Journal of Volcanology and Geothermal Research 96: 25-32.

- ❖ **Litherland, M., Aspden, J. A. y Jemielita, R.A.** (1994). The metamorphic belts of Ecuador, British Geological Survey.

- ❖ **Lonsdale, P.** (1978). "Ecuadorian subduction system." The American Association of Petroleum Geologist Bulletin 62(12): 2454-2477.

- ❖ **Maruri, W.** (1994). Estudio Volcanológico del volcán Ninahuilca, Provincia de Pichincha. Facultad de Geología. Quito, Escuela Politécnica Nacional: 126.

- ❖ **McCourt, W., Duque, P. y Pilatasig, B.** (1998). PRODEMINCA, Report N°3: Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 1° y 2° S, CODIGEM-Quito, BGS-Nottingham.

- ❖ **McEwan, C. y M. I. Silva** (2000). La presencia Inca en la costa central de Ecuador y en la Isla de la Plata. Compendio de Investigaciones en el Parque Nacional Machalilla. M. Iturralde and C. Jose. Quito - Ecuador, Corporación CDC y Fundación Natura.

- ❖ **Monzier, M., Bourdon, E., Samaniego, P., Eissen, J.P., Robin, C., Martin, H. y Cotton, J.** (2003). Slab Melting and Nb-enriched Mantle beneath NVZ. EGS-AGU-EUG joint meeting. Nice, April 2003: VGP7-1Fr1P-0621.

- ❖ **Mosquera, M.** (1989). Geología Arqueológica de Agua Blanca, Puerto López Provincia de Manabí. Facultad de Geología y Petróleos. Quito, Escuela Politécnica Nacional. Ingeniero Geólogo: 220.

- ❖ **Mothes, P. y Hall, M.** (2008). "The plinian fallout associated with Quilotoa's 800 yr BP eruption, Ecuadorian Andes." *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176: 56-69.

- ❖ **Newhall, C. y Self, S.** (1982). "The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism." *Journal of Geophysical Research* 87: 1231-1238.

- ❖ **Norton, P.** (1992). 5000 Años de Ocupación - Parque Nacional Machalilla. Quito, Talleres Gráficos ABYA-YALA.

- ❖ **Pardo-Casas, F. y P. Molnar** (1987). "Relative motion of the Nazca (Farallon) and South America plate since late Cretaceous time." *Tectonics* 6: 233-248.

- ❖ **Peccerillo, P. y Taylor, S.** (1976). "Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey." *Contributions to Mineralogy and Petrology* 58: 63-81.

- ❖ **Pedoja, K.** (2003). *Les terrasses marines de la marge Nord Andine (Equateur et Nord Péroa): Relations avec le contexte géodynamique.* Paris, Univ. Paris. Ph.D, thesis: 413.

- ❖ **Pennington, W. D.** (1981). "Subduction of the eastern Panama Basin and seismotectonics of northwestern South America." *Journal of Geophysical Research* 86(B11): 10753-10770.

- ❖ **Pyle, D.** (2000). *Sizes of Volcanic Eruptions.* Encyclopedia of Volcanoes. H. Sigurdsson. San Diego, Academic Press: 263.

- ❖ **Reynaud, C., Jaillard, E., Lapierre, H., Mamberti, M. y Mascle, G.** (1999). "Oceanic plateau and island arcs of southwestern Ecuador: their place in the geodynamic evolution of northwestern South America." *Tectonophysics* 307: 235-254.

- ❖ **Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J., Mothes, P. y 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* 176: 7-15.

- ❖ **Rosi, M., Barbieri, R. y Massa, G.** (1997). "The transition fallout/surge/flow during the 800 yr BP Eruption, Ecuadorian Andes." *Journal of Volcanology and Geothermal Research (Ecuadorian Special Issue)* 176: 56-69.

- ❖ **Sallarès, V. y P. Charvis** (2003). "Crustal thickness constraints on the geodynamic evolution of the Galapagos Volcanic Province." *Earth and Planetary Science Letters* 214(3-4): 545-559.

- ❖ **Samaniego, P., Martin, H., Monzier, M., Robin, C., Fornari, M., Eissen, J. y Cotton, J.** (2005). "Temporal evolution of magmatism at Northern Volcanic Zone of the Andes: The geology and petrology of Cayambe volcanic complex (Ecuador)." *Journal of Petrology* 46: 2225-2252.

- ❖ **Samaniego, P., Robin, C. y Gilles, C.** (2009). "Envolving metasomatic agent in the Northern Andean subduction zone, deduced from magma composition of the long-lived Pichincha volcanic complex (Ecuador)." *Contributions to Mineralogy and Petrology* 160(2): 239-260.

- ❖ **Sámano** (1985). ""Relación Sámano" en Verdadera Relación de la Conquista del Perú." Madrid: *Historia* 16: 175-184.

- ❖ **Soulas, J.-P., Egüez, A., Yepes, H. y Pérez, V.H.** (1991). "Tectónica activa y riesgo sísmico en los Andes Ecuatorianos y el extremo sur de Colombia." *Boletín Geológico Ecuatoriano* 2(1): 3-11.

- ❖ **Spikings, R. A., Winkler, W., Seward, D. y Handler, R.** (2001). "Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust." *Earth and Planetary Science Letters* 186: 57-73.

- ❖ **Steinitz-Kannan, M., Nienaber, M., Riedinger, M., Petty-Hareell, L. y Miller, M.** (1982). "Estudios limnológicos en la Laguna de San Marcos con descripciones de las especies principales de diatomeas." *Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales* 3(3): 39-65.

- ❖ **Sun, S. y McDonough, W.** (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. *Magmatism in the Ocean Basins*. A. D. Saunders and M. J. Norry. London, Geological Society Special Publication. 42: 313-345.

- ❖ **Tihay, J.** (1988). Aspects géomorphologiques de l'environnement du site archéologique de La Tolita (Equateur). Universidad de Pau et des Pays de l'Adour, Pau, Manuscrito en archivo proyectos IRD. Quito.

- ❖ **Tihay, J. y Usselman, P.** (1995). Medio ambiente y ocupación humana en el litoral Pacífico Colombo-ecuatoriano, In: *Cultura y Medio Ambiente en el Área Andina Septentrional*. Quito, Abya-Yala: 377-399.

- ❖ **Tihay, J. y Usselman, P.** (1998). Ambientes húmedos de la costa pacífica ecuatorial (Colombia y Ecuador) y uso antrópico; geodinámica y aportes de los sensores remotos, In: *El Área Septentrional Andina*. Quito, ABYA-YALA: 67-80.

- ❖ **Trenkamp, R., Kellogg, J. Freymueller, J. y Mora, H.** (2002). "Wide plate margin deformation, southern Central America and northwestern South America, CASA GPS observations." *J. South Am. Earth Sci.* 15: 157-171.

- ❖ **Tschopp, J. H.** (1953). "Oil explorations in the Oriente of Ecuador." *AAPG Bulletin* 37: 2303-2347.

- ❖ **Usselman, P.** (2006). Dinámica geomorfológica y medio ambiente en los sitios arqueológicos Chirije y San Jacinto/Japoto (costa del Manabí central, Ecuador). *Avances de investigación en el Ecuador prehispánico*, Tomo 35, N° 3. M. Guinea and J. Bouchard. Quito, IFEA.

- ❖ **Valdez, F.** (2006). Drenajes, camellones y organización social: Usos del espacio y poder en La Tola, Esmeraldas. Agricultura Ancestral Camellones y Albarradas, Contexto Social, usos y retos del pasado y del presente. F. Valdez. Quito Abya-Yala: 189.

- ❖ **Vallejo, S., Mothes, P. y Hall, M.** (2010), Distribution of Late Holocene Volcanic Ashes in the Coastal Region of Ecuador, American Geophysical Union, The Meeting of the Americas, Poster, Foz do Iguassu – Brasil.

- ❖ **Witt, C., Bourgois, J., Michaud, F., Ordóñez, M. y Sosson, M.** (2006). "Development of the Gulf of Guayaquil (Ecuador) during the Quaternary as a response to the North Andean Block tectonic escape" *Tectonics* 25: TC3017, doi: 10.1029/2004TC001723.

- ❖ **Zeidler, J.** (1994a). Investigaciones Arqueológicas en el Valle Medio del Río Jama. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburgh y Quito Universidad de Pittsburg, Departamento de Antropología - Ediciones Libri Mundi: 224.

- ❖ **Zeidler, J.** (1994b). Investigaciones Arqueológicas en el Valle Bajo del Río Jama. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburgh y Quito, Universidad de Pittsburgh, Departamento de Antropología - Ediciones Libri Mundi: 224.

- ❖ **Zeidler, J. y Kennedy, R.** (1994). Escenario Medio Ambiental. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburgh y Quito Universidad de Pittsburgh, Departamento de Arqueología, Libri Mundi: 13.

- ❖ **Zeidler, J. y D. Pearsall** (1994). El Proyecto Arqueológico/Paleobotánico del Valle de Jama: Una Introducción. Arqueología Regional del Norte de Manabí, Ecuador, Vol 1. J. Zeidler and D. Pearsall. Pittsburgh y Quito, Universidad de Pittsburg, Departamento de Antropología, Ediciones Libri Mundi: 2.

ANEXO 1

UBICACIÓN DE CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES Y DISTALES

UBICACIÓN DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES A LAS FUENTES

SITIO	LUGAR	NOMBRE CENIZA	X	Y	CODIGO
CUICOCHA	Cuicocha	Pliniana Principal AF	789087	10037323	CUI - 1
		Pliniana Superior PF	791200	10034200	CUI - 2
PULULAHUA	Pululahua	Pliniana AF	785025	9997787	PLH - 1
GUAGUA PICHINCHA	Guagua Pichincha	Refugio, Pliniana	767000	9883000	GGP - 1
NIÑAHUILCA	Niñahuilca	Pliniana AF	751100	9950900	NIÑ - 1
		Carretera Aloat	765300	9951000	NIÑ - 2
		Pliniana AF	751100	9950900	NIÑ - 3
COTOPAXI	Cotopaxi	Cañón Colorado, Pliniana Principal AF	784700	9929800	CPX - 1
		Pliniana AF, F1	768000	9933000	CPX - 2
		Peñas blancas, Pliniana Proximal	781800	9934300	CPX - 3
		Cañon Colorado, PF Principal	784200	9929800	CPX - 4
		Plinian AF, F2 (Distal), ~Quilotoa	736700	9924800	CPX - 5
		Pliniana AF, F2 Proximal	775000	9916500	CPX - 6
		Plinian AF, F4 (Distal), ~Quilotoa	736700	9924800	CPX - 7
		Plinian AF, F4 (Proximal),	768000	9933000	CPX - 8
		Plinian AF, F4 (Proximal), Pucahuaico	774200	9925100	CPX - 9
		Cañon Colorado, AP (4500 AP)	784200	9929800	CPX - 10
QUILOTOA	Cotopaxi	Quilotoa I, Pliniana, muy distal	808426	9937856	QIL - 1
		Quilotoa I, AF, Pliniana proximal	732501	9913533	QIL - 2
		Quilotoa I, AF, Pliniana distal	756160	9891965	QIL - 3

UBICACIÓN DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS DISTALES

SITIO	PROVINCIA	NOMBRE CENIZA	X	Y	CODIGO
LA TOLA	Esmeraldas	Ceniza sobre cerámica	131000	7185000	TEI - 1
		La Laguna	131000	7185000	TEI - 2
ATACAMES - TONSUPA	Esmeraldas	Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 1
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 2
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 3
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 4
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 5
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 6
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 7
		Atacames - Tonsupa	633833	1001560	ATA - 8
PLAYA CABUYAL	Manabí	Playa Cabuyal	574000	9978300	PYC - 1
CABAÑAS CAMARONES	Esmeraldas	Cabañas Camarones	591254	9991163	CAB - 1
		Cabañas Camarones	591254	9991163	CAB - 2
RIO JAMA	Manabí	Río Jama	584647	9975420	JAM - 1
		Río Jama	584647	9975420	JAM - 2
CABO PASADO	Manabí	Cabo Pasado	559700	9959200	CBP - 1
		Cabo Pasado	559700	9959200	CBP - 2
SAN ISIDRO - RIO CANGREJO	Manabí	San Isidro - Río Cangrejo	591500	9958000	SIC - 1
		San Isidro - Río Cangrejo	591500	9958000	SIC - 2
		San Isidro - Río Cangrejo	591500	9958000	SIC - 3
		San Isidro - Río Cangrejo	591500	9958000	SIC - 4
		San Isidro - Río Cangrejo	591500	9958000	SIC - 5
RIO MUCHACHO		Hda San Francisco	569477	9953828	RMC - 1
		Hda San Francisco	569477	9953828	RMC - 2
		Hda San Francisco	569477	9953828	RMC - 3
		Hda San Francisco	569477	9953828	RMC - 4
		2km NE Canoa	560510	9951200	RMC - 5
CANOA	Manabí	Acantilado	560350	9950000	CAN - 1
		Estero	560350	9950000	CAN - 2
		Estero	560350	9950000	CAN - 3
CHIRIJE	Manabí	Chirije	556800	9922500	ECH - 1
JAPOTO	Manabí	Tola 8, C2	554500	9912200	JAP - 1
		Tola 8, C1	554500	9912200	JAP - 2
		Tola 8, C3	554500	9912200	JAP - 3
MANTA	Manabí	Manta - Rocafuerte Rd	542000	9892200	MRO - 1
		Manta - Rocafuerte Rd	542000	9892200	MRO - 2

UBICACIÓN DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS DISTALES

SITIO	LUGAR	NOMBRE CENIZA	X	Y	CODIGO
MANTA	Manabí	Manta Ciudad Jardín	533802	9889154	MUJ - 1
		Manta	534974	9888888	MUJ - 2
		Manta	536779	9892450	MUJ - 3
	Manabí	Manta Crucita	542360	9892266	MCR - 2
		Manta Crucita	542360	9892266	MCR - 1
RIO CAÑAS	Manabí	Río Cañas	519975	9869366	RCÑ - 1
NORTE PUERTO CAYO	Manabí	Norte Puerto Cayo	520694	9855586	NPC - 1
AGUAS BLANCAS	Manabí	Aguas Blancas	529358	9830236	AGB - 1
		Aguas Blancas	529358	9830236	AGB - 2
RIO SALANGO	Manabí	Río Salango			RSL - 1
EL PITAL	Manabí	El Pital	526817	9824510	EPI - 1
		El Pital 2	527795	9824248	EPI - 2
RIO JUANCHO	Manabí	Río Juancho	519579	9823242	RJC - 1
RIO CHICO	Manabí	Río Chico	519647	9822654	RCV - 1
		Río Chico	519647	9822654	RCV - 2
ISLA DE LA PLATA	Manabí	Isla de la Plata	549289	9959850	IPL - 1
		Isla de la Plata	549289	9959850	IPL - 2
		Isla de la Plata	549289	9959850	IPL - 3

ANEXO 2

DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA DE CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES Y DISTALES

Lugar	Volcán Cuicocha
Muestra	CUI-1
UTM	789087/0037323
Color Muestra	beige blanca

Muestra pura:	en algunas pómez se observa pátina naranja debido a la oxidación de hematita, el tamaño varía entre 0.5y 6.5 cm, muy duras, la forma predominante es subangular esférica
----------------------	--

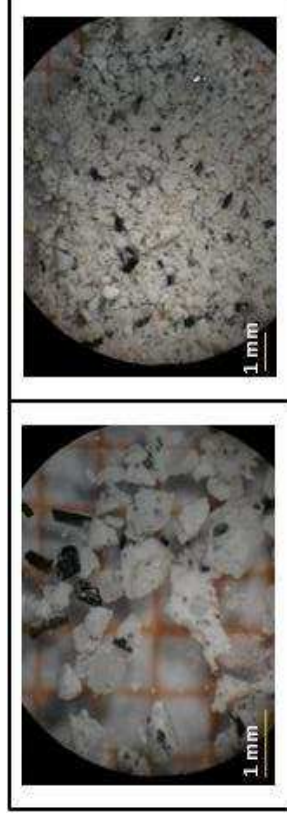


Figura 1. Fotografías de la ceniza CUI-1

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	blanca						
Brillo	sedoso	subangular esférica	media	no	vesículas alargadas	--	
Color	beige	subangular esférica	media	no	vesículas alargadas	--	como oxidación de la hornblenda

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora, traslúcida	prismáticos	vítreo	no	clivaje	no	bordes angulares	0.3-1.5	70
cuartzo	grisáceo	angular esférica	vítreo	no	concoléa	no		0,2	1
hornblenda	verde oscuro, algunos traslúcidos, café oscuro	prismáticos	vítreo	no	clivaje	no	también formando cumulatos, bordes angulares, orientados en la misma dirección de las vesículas	0.1-1.5	25
hipersteno	pardo	prismáticos	vítreo	no		no		0,4	1
hematita	naranja	anhedral	mate	no		producto de	alrededor de la hornblenda		1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	blanco lechoso, incoloro	agujas	sedoso	no	si	junto a la hornblenda toma una coloración amarillenta debido a la alteración a hematita	estructura de melcocha, hilos orientados en la dirección de las vesículas, forman ramales, hilos muy frágiles	0.9

Lífticos dactitas	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño
	gris claro	subangular esférica	no	no	no		no	0,5
Otros:	no existen shards, no existen plagioclasas alteradas, vesicularidad promedio en cada pómez 10%.							

Lugar	Volcán Cuicocha
Muestra	CUI-2
UTM	789087/0037323
Color Muestra	blanca gris

Muestra pura: blanca gris
 pómez blanca gris moteada con pátina naranja en algunos sectores debido a la presencia de hematita, el tamaño varía entre 0.5 y 7 cm

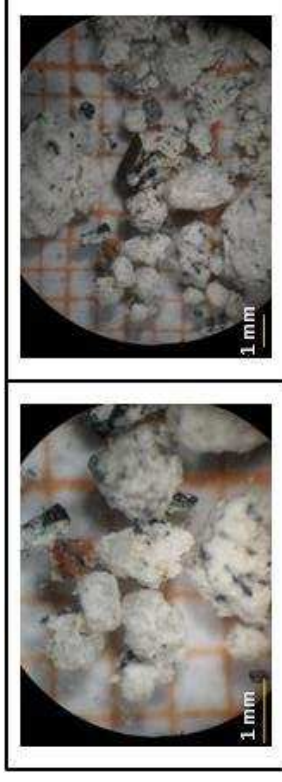


Figura 2. Fotografías de las cenizas de CUI-2

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
blanca lechosa	sedoso-vítreo	subangular esférica	media	no		-	vesículas alargadas
blanca lechosa	sedoso-vítreo	subangular esférica	media	anf., hem?, traslúcidas (5%)		-	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora, traslúcida, blanca lechosa, amarillenta	prismáticos	adamantino	negras	clivaje	algunas argilitizadas	bordes redondeados, muy frágil	0.2-0.4	70
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea		bordes angulares, también como cumulos, en algunas pómez se observa orientación en las pómez	0.2	1
hornblenda y oxihornblenda	verde oscuro y claro	prismáticos	vítreo		clivaje			2 - 30	25
hipersteno	pardo	prismáticos	vítreo	no				0.4	1
hematita, goethita	naranja, amarillo	anhedral	mate	no	no	producto de	alrededor de hornblenda y oxihornblenda	tr	1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	incoloro	hilos	vítreo	no	si	muy finas y frágiles		<1mm de ancho y 4mm de largo
melcocha	blanco lechoso	anhedral	graso	no	no		melcocha con vesículas alargadas	1

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	gris	subangular esférica	no	no	no	afaníticos	no	2-5
Otros:	Vesicularidad promedio en cada pómez 15%. Los hilos de vidrio se forman como estructura en la matriz de pómez y también como una red junto a los cristales de hornblenda y plagioclasa incluso formando estructuras de tres patas							

Lugar	Volcán Pululahua
Muestra	PLH-1
UTM	
Color Muestra	beige claro

Muestra pura:	algunas pómez presentan un a ligera patina anaranjada, hematita como producto de alteración de magnetita, predomina la forma angular subesférica, tamaño 3.5 - 7.5 cm
----------------------	---

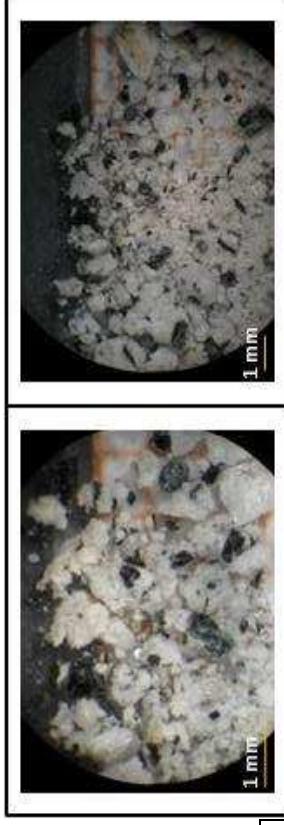


Figura 3. Fotografías de las cenizas de PLH-1

Pómez disgregada					
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Otros
blanca traslúcida lechosa	sedoso-vítreo		vesículas alargadas	trazas anf o mag?	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolore traslucido	prismas alargados	vítreo	hornblenda	clivaje		algunos cristales alterados	1 - 3.5	70
cuarzo	gris	subredondeado esférico			concoidea			0.4	5
hornblenda	negros, algunos traslúcidos	prismas alargados	vítreo	no	clivaje			trazas - 1.2	20
hipersteno	verde claro	prismas	vítreo	no		producto de		1	2
hematita	rojo	prismas				no	bordea a min máficos	0.2	tr
apatito	amarillentos	prismas	vítreo intenso	no	no	no	minerales muy duros	tr	tr

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	incoloros, traslúcidos	hilos muy finos				matriz de la pómez, no hay shards	no estructuras botroidales	0.5

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacita	gris	irregular	no	no		con plag y qzo		0.4

Lugar	Volcán Guagua Pichincha
Muestra	GGP-1
UTM	767000/9883000
Color Muestra	beige



Muestra pura:	beige con pátina naranja que cubre casi toda la muestra	el tamaño de la muestra varía entre 0.2 y 3.5 cm, la forma predominante es subredondeado esférica - subangular esférica, la vesicularidad es muy evidente entre el 15 y 20%, las vesículas pueden ser grandes (3mm y orientadas) y pequeñas (<1mm), la estructura que forma el vidrio es tipo melcocha
----------------------	---	--

Figura 4. Fotografías de las cenizas de GGP-1

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	Brillo	subredondeada esférica	alta	hbd, hip, plag			
beige	sedoso						

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	trasiucidos, incoloro, amantientos	prismáticos	vítreo	no	clivaje		bordes redondeados	0,5	75
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concolidea			0,3	2
biotita	dorada	láminas	graso	no			como accesorio	0.3-0.6	tr
hornblenda	verde oscuro casi negro	prismáticos	vítreo	no	clivaje		bordes angulares, bordes redondeados, agujunos cristales entre hilos de vidrio y vidrio botroidal	0.5-1-5	9
hipersteno	miel o verde pardo	prismáticos	vítreo				bordes redondeados	0.3-0.5	7
augita	verde claro	prismáticos	vítreo	no			bordes angulares	0.3-0.6	3
magnetita	negro	cúbica	metálico	no					tr
hematita	naranja	anhedral	mate	no	no			tr	tr

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
pedazo de pómez	trasiucido incoloro	irregular	vítreo				botroidal	0.2-0.4
melcocha	blanco lechoso	alargadas	graso o perlino				vesículas alargadas y curvadas	0.2-1.2
hilos de vidrio	incoloros	hilos	vítreo				formando "rejas" alrededor de los cristales air', pxno, plag	0,2

Lugar	Volcán Nimahuilca
Muestra	NIN-1
UTM	751100/995090 0
Color	
Muestra	beige naranja

Muestra pura: beige anaranja
con pátina de hematita, la muestra disgregada es blanca gris, la forma predominante es subangular subesférica, subangular esférica

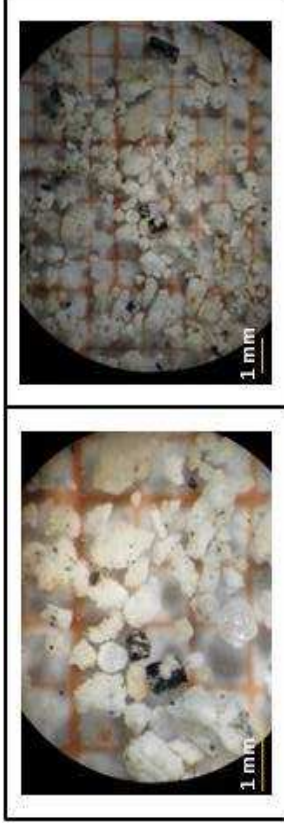


Figura 5. Fotografías de las cenizas de NIN-1

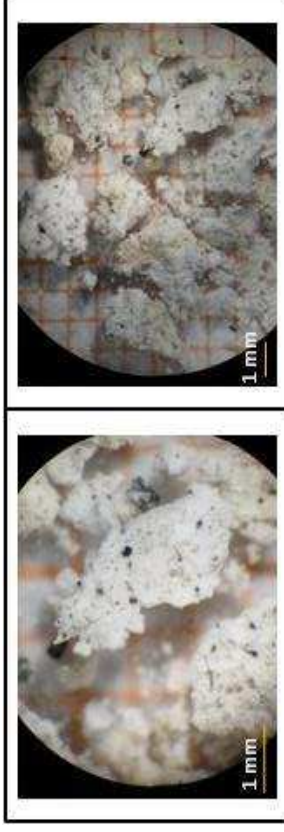
Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
blanca lechosa	sedosa	subangular subesférica		hbd, px no, plag, qzo		

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro, traslúcido, blanca lechosa	prismático	vitreo				bordes redondeados	0.2-0.6	65
cuarzo	incoloro, traslúcido	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.3-0.4	3
biotita	café amarillenta	laminar	graso	no	no			0.2	1
hornblenda	verde oscuro, traslúcidos	prismático	vitreo		clivaje	oxidación (algunas)	bordes angulares	0.1-1	15
hipersteno	café pardo	prismático	vitreo	magnetita			bordes redondeados	0.4-1	7
augita	verde claro	prismático	vitreo					0.2	1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	incoloros, traslúcidos	hilos	vitreo	no		muy finos, algunos están orientados		0,3

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
andesitas	negros	angular subesférica						0.5-5
	café naranja	angular subesférica		si				0.5-5
dacita	gris	irregular	no			con hbd		0.5-5

Lugar	Volcán Ninahuilca
Muestra	NIN-2
UTM	
Color	
Muestra	beige naranja



Muestra pura:	el tamaño de las pómez varía entre 4 y 6 cm y la forma predominante es subangular esférica, vesicularidad de 25%
----------------------	--

Figura 6. Fotografías de las cenizas de NIN-2

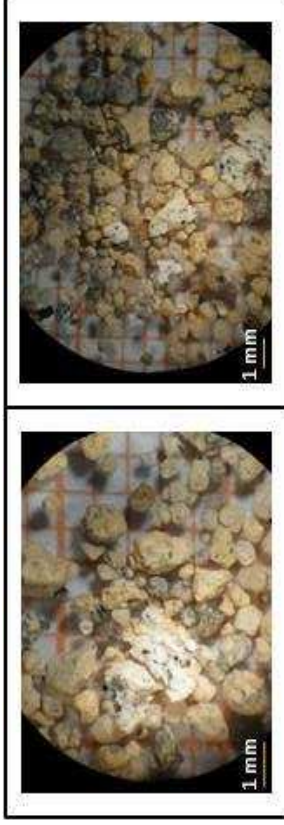
Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
blanca lechosa	sedosa	subangular subesférica	media	anf, pxno, plag, qzo	melcocha	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro, traslucido, blanca lechosa	prismático	vítreo				bordes redondeados	0.2-0.6	65
cuarzo	incoloro, traslucido	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.3-0.4	3
biotita	café amarillenta	laminar	graso	no	no			0.2	1
hornblenda	verde oscuro, traslucidos	prismático	vítreo		clivaje	oxidación (algunas)	bordes angulares	0.1-1	15
hipersteno	café pardo	prismático	vítreo	magnetita			bordes redondeados	0.4-1	7
augita	verde claro	prismático	vítreo					0.2	1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	traslucido	hilos	sedoso	no	si			0,5
melcocha	blanco	anhedral	sedoso	no	no	vesículas alargadas		0,8

Otros:	Las vesículas en la pómez se encuentran bien orientadas y son alargadas, se observan minerales máficos y traslucidos como nbd y plag, los anf son gruesos y finos, se observan estructura como melcocha, hilos de vidrio muy finos con brillo graso/perlitino
---------------	---

Lugar	Volcán Ninahuilca
Muestra	NIN-3
UTM	751100/9950900
Color Muestra	café claro



forma predominante de los granos de pómez es angular subvolcánica - subangular esférica, presentan una patina naranja por alteración de minerales máficos.

Muestra pura:	café claro
----------------------	------------

Figura 7. Fotografías de las cenizas de NIN-3

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	media	anf, pxno, plag, qzo	melcocha, hilos de vidrio		

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolore, traslucido, blanca lechosa	prismático	vitreo				bordes redondeados	0.2-0.6	65
cuarzo	incolore, traslucido	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.3-0.4	3
biotita	café amarillenta	laminar	graso	no	no			0.2	1
hornblenda	verde oscuro, traslucidos	prismático	vitreo		civaje	oxidación (algunas)	bordes angulares	0.1-1	15
hipersteno	café pardo	prismático	vitreo	magnetita			bordes redondeados	0.4-1	7
augita	verde claro	prismático	vitreo					0.2	1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	incolores, traslucidos	hilos	vitreo	no		muy finos, algunos están orientados		0.4

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-1
UTM	784700/99298
Color Muestra	gris blanquecina

Muestra pura: gris blanquecina
 por dentro es de color blanca intensa, el tamaño de los granos varía entre 1 y 40mm, muestra rica en vidrio, la forma predominantemente es subangular esférica



Figura 8. Fotografías de las cenizas de CTX-1

Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	media	veñillas de qzo, bta	melcocha, hilos de vidrio	
blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	media	no	melcocha	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
feldespato	incoloro traslucido, blanco lechoso, rosácea	prismáticos	vítreo					0.2-0.8	85
cuartzo	incoloro	anhedral	vítreo					0,5	5
biotita	negra-dorada, café naranja, dorada-verde	lámimar	adamantino	no		?	algunas alteradas otras frescas	0,3	5
hipersteno	pardo café traslucido	prismáticos		no			bordes redondeados y angulares	0,2	3
augita	verde claro	prismáticos	vítreo	no				0,2	2

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
botroidal	incoloro	botroidal	vítreo	no				0,5
obsidiana	gris	anhedral	vítreo	negras				0,6
hilos de vidrio	traslucidos incolores	hilos	vítreo	no				0,8

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	grises, azulados, rojizos	irregular			oxidación			1

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-2
UTM	786800/993300
Color Muestra	gris



la forma predominante de la muestra es subredondeada o esférico-subangular esférica, muestra rica en pómez

Figura 9. Fotografías de las cenizas de CTX-2

Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
gris clara	sedoso	subangular esférica	media	negras, rojas, traslúcidas	melcocha en bajo %	
blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	media	como trazas	melcocha en bajo %	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro traslucido, blanco lechoso, rosácea	prismáticos	vítreo					1	86
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	2
biotita	negra-dorada, café naranja, dorada-verde	laminar	adamantino	no				0,8	4

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	negros, rojizos							1

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-3
UTM	786800/993300
Color Muestra	beige clara

Muestra pura:	beige clara	muestra rica en líticos grises y rojizos, el tamaño de las pómez varía entre 0.5 y 3 mm y la forma predominante es subredondeada esférica- subangular esférica
----------------------	-------------	--

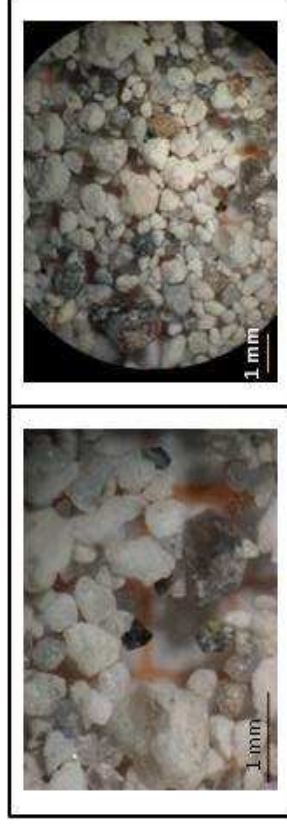


Figura 10. Fotografías de las cenizas de CTX-3

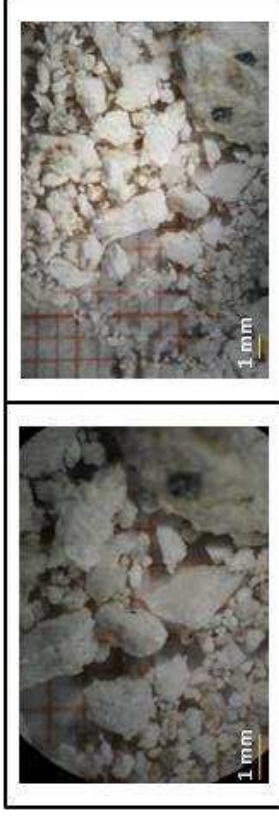
Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
beige clara	sedoso	subredondeado esférica	media	plag. bia, shards	melcocha	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro traslucido	prismática	vítreo	no	clivaje	no		0,2-1	87
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	5
biotita	verde amarillenta, negra, café	laminar	graso					0,5	5

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
shards	incoloro	placas	vítreo	no				0,4
botroidal	pardo	botroidal	vítreo					0,5
obsidiana	gris traslucida	anhedral	vítreo	mag?				0,8

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas-riolitas	gris, gris oscuro, rojos, negros	irregulares	no	no	no			1,2

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-4
UTM	784200/992980
Color Muestra	beige clara



Muestra pura:	beige clara	muy vesicular, vesículas alargadas, hilos de vidrio inter cruzados en las vesículas, muestra muy rica en pómez, tamaño varía entre 4 y 5 cm, la forma predominante es subangular esférica
----------------------	-------------	---

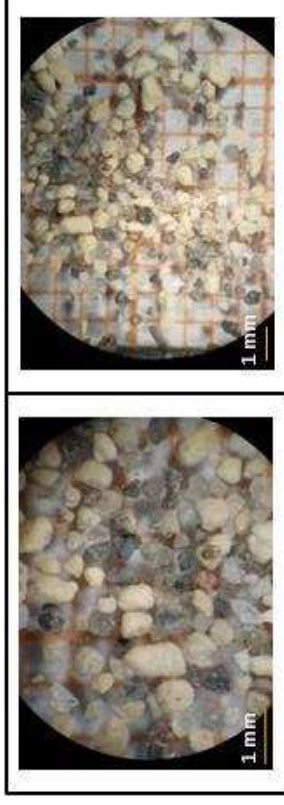
Figura 11. Fotografías de las cenizas de CTX-4

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	Brillo	subangular esférica	media	bta, plag, mag	melcocha		
beige clara	sedoso						

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora traslúcida	prismática	vítreo	no	clivaje	no	bordes angulares	0,8	85
cuarzo	incoloro negra oscura, amarillenta,	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	3
biotita	naranja	laminar	graso	no			en libros	0,5	5

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
melcocha	blanco	anhedral	sedoso	no	no		melcocha	1

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-5
UTM	736700/992480
Color Muestra	beige



Muestra pura:	beige	el tamaño de las pómez es 0.1 y 2 mm, la forma predominante es subangular esférica y subredondeado esférica, los líticos abarcan el 10%
----------------------	-------	---

Figura 12. Fotografías de las cenizas de CTX-5

Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
beige	sedoso	subangular esférica	baja	trazas (1%): traslúcidas, oscuras y rojas	masivas	
beige oscura	sedoso	subangular esférica	baja	bita		

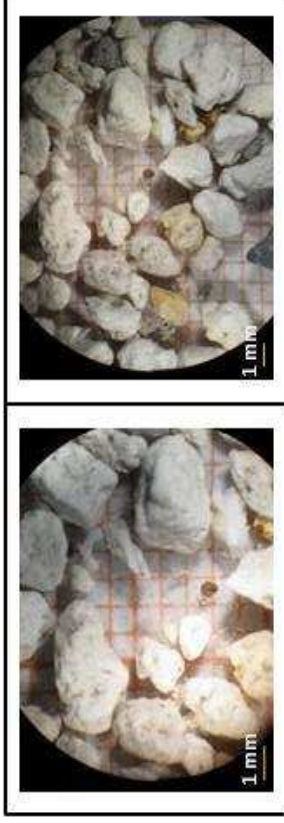
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso, incolora	prismático	vítreo	no	clivaje			0.4-1	84
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.8	4
biotita	dorada	laminar	graso				libros	0.5-1	4

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
obsidiana	gris clara	subangular esférica		(2%); mag?	concoidea			0.5-1.5

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
andesitas	negros	subangular esférica	no	no				1
dacitas	grises	subangular esférica subredondeado esférica						1
	naranja				líticos oxidados			1

Cristales deformados: dobladas

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-6
UTM	775000/99165
Color Muestra	beige



Muestra pura:	beige	con ligera pátina naranja por óxidos, el tamaño de las pómez varía entre 0.5 y 35mm, el 10% de los granos son más grandes que 10mm, la forma predominante es subangular esférica - angular esférica
----------------------	-------	---

Figura 13. Fotografías de las cenizas de CTX-6

Pómez disgregada							
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
blanco gris	sedoso	subangular esférica	media	(1-2%) bta	melcocha, hilos de vidrio, botroidal, shards		vesículas alargadas orientadas
beige lechosa	sedoso	subangular esférica	media	no			vesículas alargadas orientadas
gris	sedoso	subangular esférica	media	no	bandeada melcocha		

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismática	vitreo	no	clivaje	no		2,5	85
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo	no	concoidea			0,8	3
biotita	café oscura, verde café	laminar	sedoso	no	algunas		libros	0,8	4

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
obsidiana	gris	subangular subesférica	vitreo	no	concoidea			0,8

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas-riolitas	gris-negro	irregulares	no	no	no			0,6

Otros:	mezcla de magmas, blanco y gris							
---------------	---------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-7
UTM	736700/992480
Color Muestra	beige

Muestra puro:	beige	muestra uniforme, tamaño varía entre 0.5 y 0.6 mm, la forma predominante de los granos es subangular esférica
----------------------	-------	---

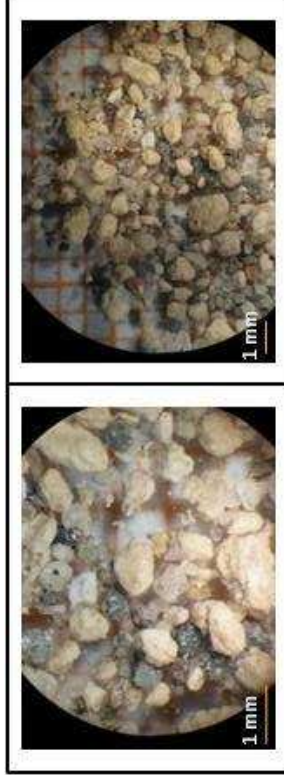


Figura 14. Fotografías de las cenizas de CTX-7

Pómez disgregada					
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Otros
beige	sedoso	subangular esférica	baja	trasiúcidos, rojos, negros	
blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	baja	no	melcocha

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismática	vítreo	no	clivaje	no		1	85
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.8	2
biotita	negra oscura, amarillenta, naranja	laminar	graso	no			en libros	0.5	4
hornblenda	verde oscuro	prismática	vítreo	no	clivaje	no		1	2
hipersteno	verde claro	prismática	vítreo	no				0.6	1

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	grises, negros	subangular subesférica	no					1

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-8
UTM	776800/993300
Color Muestra	beige



Muestra pura:	blanco gris	la forma predominante es angular subesférica - subangular esférica, v vesicularidad media, v esículas alargadas
----------------------	-------------	---

Figura 15. Fotografías de las cenizas de CTX-8

Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
blanca gris	sedoso	angular subesférica	media	bta		
blanca lechosa	sedoso	angular subesférica	media	plag, máficos	hilos de vidrio	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismática	vítreo	no	clivaje			0,4	85
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	3
biotita	café oscura, verde amarillenta, dorada	laminar	graso	no				0,5	2

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
obsidiana	gris	angular esférica	vítreo	mag?	concoidea			0,6

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	negros	subangular esférica						2

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-9
UTM	774200/9925100
Color Muestra	beige

Muestra pura:	beige claro- café
	la vesicularidad es alta, estructura de melcocha, hilos de vidrio y shards, con cristales de bta, plagy czo; la forma predominante es subangular esférica - subredondeado esférica, el tamaño de los granos v aria entre 20 y 45 mm.



Figura 16. Fotografías de las cenizas de CTX-9

Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	Brillo	subangular esférica	alta	bta, plag, czo	melcocha, hilos de vidrio, shards		minerales orientados con las vesículas, las vesículas alcanzan 1mm de diámetro
beige clara	sedoso - graso						

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismático	vítreo	no	clivaje			0.6	85
cuartzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.6	3
biotita	café verdosa	laminar	graso	no	no				3
homblanda	verde oscuro traslucido	prismático	vítreo	no	clivaje			0.5-1.2	2
hipersteno	café pardo	prismático	vítreo	no				0.5	1

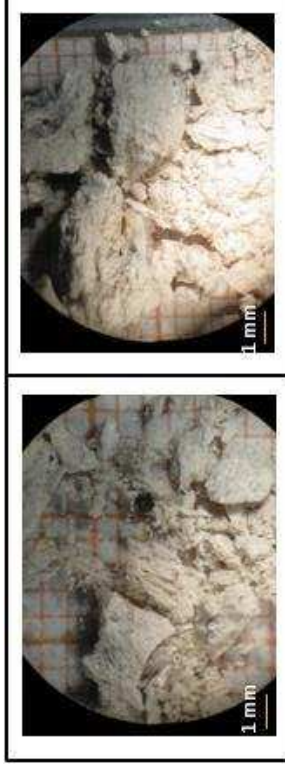
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
melcocha	blanco lechoso, traslucido	anhedral	sedoso	no	no		melcocha	0.6
hilos de vidrio	blanco lechoso, traslucido	hilos	sedoso	no	no	forma enrejado con los cristales		0.8
shards	incoloro	placas	vítreo	no	no			0.6

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño
andesitas	negros	angular subesférico	no	no				1-1.5
dacitas	grises	subredondeado esférica	no					1-1.5

Otros: no se observó oxidación en las muestras

Cristales delmados. Ligeramente doblados

Lugar	Volcán Cotopaxi
Muestra	CTX-10
UTM	784200/992980
Color Muestra	beige café



Muestra pura:	beige café	vesicularidad alta, muy fibrosa (estructura de melcocha muy fuerte) en casi toda la muestra, vesículas muy largas; forma predominante es subangular esférica - subangular subesférica, el tamaño varía entre 15 y 75 mm
----------------------	------------	---

Figura 17. Fotografías de las cenizas de CTX-10

Pómez disgregada							
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
beige	sedoso	subangular esférica	alta	anf, bta, plag, vidrio, rojas	melcocha, hilos de vidrio		
blanca	sedoso-graso	subangular esférica	alta	no	melcocha, hilos de vidrio		

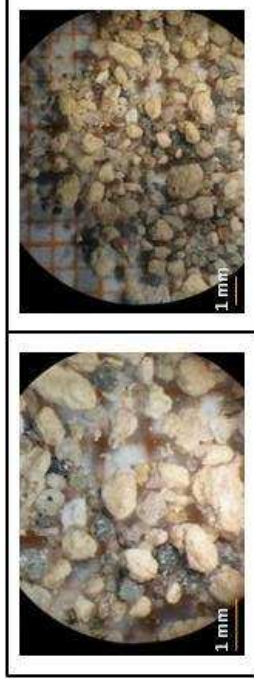
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismático	vítreo	no	clivaje	no		1	85
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	4
biotita	café verdoso	laminar	graso	no	si		bordes redondeados, libros	0.5-0.8	5
hornblenda	verde oscuro	prismático	vítreo	no	clivaje	no		1	2

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	incoloros traslucidos	hilos alargados	sedoso	no	--		enrejado con los cristales	0.5
masivo	incoloro			mag?	--			0.4
melcocha	blanco lechoso	fibroso	sedoso-graso	no	--			0.8

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	grises	subangular esférica						1

Cristales deformados: un poco dobladas

Lugar	Volcán Quilotoa
Muestra	QLL-1
UTM	
Color	
Muestra	beige



Muestra pura: beige

tamaño de arena fina con agregados de pómez (2-15 mm), la forma predominante de la pómez es subredondeado esférica - redondeado esférica, alto contenido de minerales

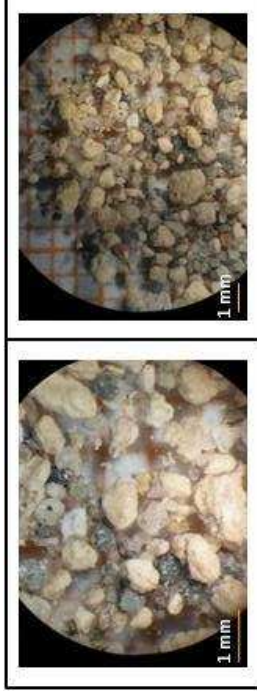
Figura 18. Fotografías de las cenizas de QLL-1

Pómez disgregada							
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
beige	sedoso	subredondeado esférica	baja	hbd, bta, plag			
gris blanca	sedoso	subredondeado esférica	baja	no			

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora traslúcida	prismática						0,3	65
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,8	8
biotita	café verde clara, verde oscura				si			0.2-0.5	9
homblanda	verde oscuro traslucido							0.1-0.5	13
hipersteno	verde claro	prismas	vítreo	no				0,2	tr

Cristales deformados: un poco dobladas

Lugar	Volcán Quilotoa
Muestra	QIL-2
UTM	
Color Muestra	beige



Muestra pura:	beige naranja	tamaño predominante es angular subesférica - subangular esférica, pátina de óxidos que cubre a las pómez, vesicularidad muy alta, el tamaño varía entre arena fina y 65 mm
----------------------	---------------	--

Figura 19. Fotografías de las cenizas de QIL-2

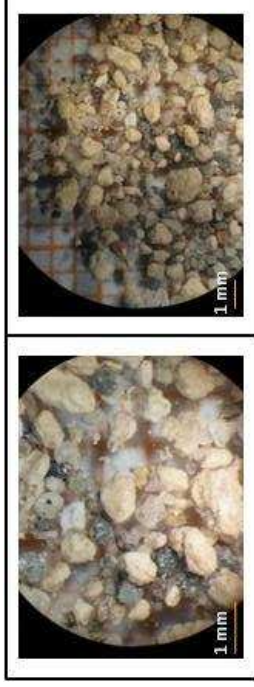
Pómez disgregada						
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3
blanco gris	sedoso	angular subesférica	alta	bta, plag, hbd	espumosa, melcocha, hilos de vidrio	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismática	vítreo	no	civraje	no		0,5	65
cuarzo	incolore	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,5	7
biotita	café oscura	laminar	graso	no	si	?	libros, fracturas naranjas	0,6	9
hornblenda	verde oscuro	prismática	vítreo	no	civraje	no		0,6	15

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
hilos de vidrio	blanco	hilos	sedoso	no	no		enrejado con los cristales	0,4
melcocha	blanco	anhedral	sedoso	no	no			0,5

Cristales del omados

Lugar	Volcán Quilotoa
Muestra	QIL-2
UTM	
Color Muestra	beige oscura



el 5% de pómez son más grandes que 1mm, su tamaño preferencial es redondeada esférica - subredondeada esférica

Figura 20. Fotografías de las cenizas de QIL-3-2

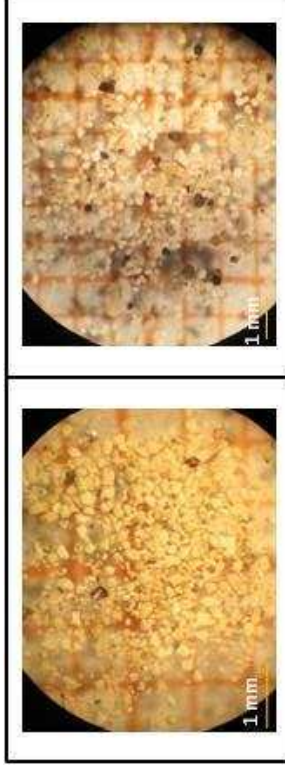
Pómez disgregada		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros
Color	Brillo	redondeada esférica	baja	bta, hda, plag	no se observa		
beige oscura	sedoso						

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora, traslúcida	prismática	vítreo	no	civaje			0.2-1	65
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.8	8
biotita	naranja, café oscura, verde amarillenta	laminar	graso	no	no			0.1-1	8
hornblenda	negra oscura	prismática	vítreo	no	civaje			0.5	14
hipersteno	pardo	prismática	vítreo	no				0.4	1

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño
botroidal	pardo café	botroidal	vítreo	no	no			0.4

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño
dacitas	gris	subredondeada subangular	no	no	no			0.5

Lugar	La Tola - Esmeraldas
Muestra	TEI-1
UTM	131/7185
Color	
Muestra	gris
Tamiz (mm)	0.2



Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Figura 2. Fotografías de las cenizas de TEI-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		subredondeada esférica		trazas: negras y rojas (1%)			no se aprecia la vesicularidad		1,1
gris	mate		subangular esférica		rojas (mag?) (5%)			no se aprecia la vesicularidad		0,6
beige	mate		subangular esférica		rojas (mag?) (5%), xtales traslúcidos			no se aprecia la vesicularidad		0,6

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
horblenda	verde, café rojizas	prismáticas	vítreo		clivaje		bordes angulares		41,90
plagioclasa	blanca lechosa	prismáticas	adamantino		clivaje				37,43
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea				6,70
clorita	veerde opaco	anhedral	mate						2,79
feldespato de K	amarillentos	prismáticas							5,03

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidiana	gris oscuro		vítreo		concoidea				1,12
retículas	traslúcido	amorfo	vítreo	negras					1,12
hilos	traslúcido café y traslúcidos	reticular alargados	vítreo						0,56
									1,12

Lugar	La Tola - Esmeraldas												
Muestra	TEI-1												
UTM	131/7185												
Color Muestra	gris												
Tamiz (mm)	0.2												
Muestra sin lavar:													

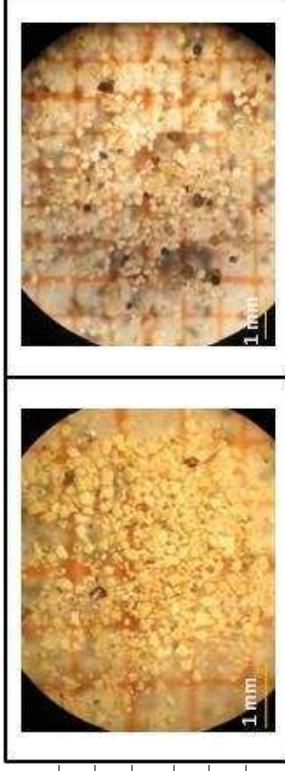


Figura 2. Fotografías de las cenizas de TEI-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate	subredondeada esférica	trazas: negras y rojas (1%)			no se aprecia la vesicularidad				1,1
gris	mate	subangular esférica	rojas (mag?) (5%)			no se aprecia la vesicularidad				0,6
beige	mate	subangular esférica	rojas (mag?) (5%), xtales traslúcidos			no se aprecia la vesicularidad				0,6

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
horblenda	verde, café rojizas	prismáticas	vítreo		clivaje		bordes angulares		41,90
plagioclasa	blanca lechosa	prismáticas	adamantino		clivaje				37,43
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea				6,70
clorita	verde opaco	anhedral	mate						2,79
feldespato de K	amarillentos	prismáticas							5,03

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidiana	gris oscuro		vítreo		concoidea				1,12
retículas	traslúcido	amorfo	vítreo	negras					1,12
hilos	traslúcido café y traslúcidos	reticular alargados	vítreo						0,56
									1,12

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-1
UTM	633833/30056
Color	beige clara
Muestra Tamiz (mm)	0.16

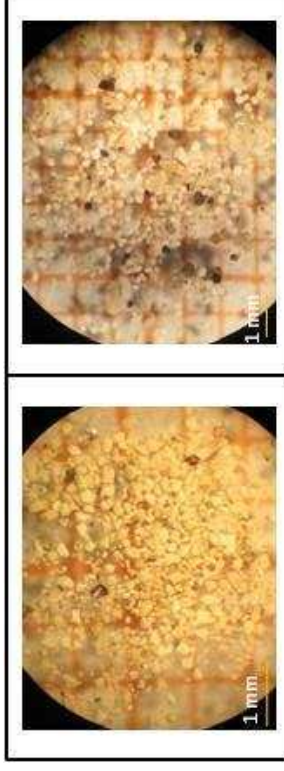


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-1

Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	adamantino		angular subesférica, tabular angular	mucho	trazas: negras (anf?), rojas 1%				0.16-0.48	
beige amarillenta	mate		subangular esférica		trazas: rojas y negras (1%)				0.16	
tomate-café	mate		subangular subesférica	poco	trazas: rojas				0.16	
gris	adamantino		subangular esférica, aplanados	poco	trazas: negras, traslucidos			bordes redonde ados	0.16-0.32	93
gris oscura			subangular esférica	mucho	trazas: negras			bordes redonde ados		
café rosada	vitreo		angular subesférica		trazas: Rojas				0.16	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato de K	rosácea, amarillento	prismática	vitreo		civaje	argilitización	bordes redonde ados	0.32	62
cuarzo	traslucido, incoloro	anhedral	vitreo	trazas: negras (1%)	concoidea		bordes redonde ados	0.48	7
biotita	dorada verdosa, rojas	laminar, hexagonal	perfito	trazas: negras (1%)			bordes redonde ados	0.16-0.32	23
horblenda	verde	prismática	vitreo					0.32	7

Otros:	materia orgánica, restos de insectos, raíces
---------------	--

Cristales doblados

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-2
UTM	633833/30056
Color	beige
Muestra	amarillento
Tamiz (mm)	0,074
Muestra sin lavar:	

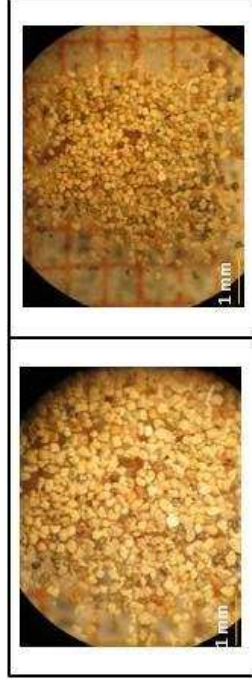


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-2

	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanco lechoso	adamantino	angular subesférica	poco	tr.: (anf., mag?), (óxidos), (1%) anf., mag (1-2%), (plag., czo., vidrio?)			pálinas tomates, amarillentas, rosáceas	0.16-0.32	
	beige *	adamantino	redondeado esférica	poco	plag., czo., vidrio? anf?, mag?			pálinas tomates, amarillentas, rosáceas	0.16-0.48	57
	beige amarillenta*	mate adamantino	subangular subesférica	poco	trazas: negras (anf?), x sales (anf)				0.16-0.48	
	gris rosácea	mate adamantino	subangular subesférica	poco	negras				0.16	
	gris negra	adamantino	subangular esférica	mucha					0.16-0.32	
	Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso		prismática	adamantino		cliveje		bordes redondeados	0.16-0.32	
feldespató de K	amarillentos, verd		relicto prismático	vitréo, graso		cliveje		bordes redondeados	0.16-0.32	55
cuarzo	traslucido incolor		anhedral	vitréo		concoideas			0.16-0.48	15
	café, verdoso,									
	amarillento, café									
	oscuro, traslucido		laninar	graso	no	si		bordes redondeados, angulares	0.32	11
biotita	verde oscura, clara		prismática	vitréo	negras	cliveje		bordes redondeados	0.16-0.48	7
horblenda	verde oscura, clara		subredondeado esférica	graso	no				0.16	11
clorita	verde oliva, café		granular, esferas	mate	no			producto de alteración, rayroja	0.16	acc
hematita	roja		granular	mate	no			bordes redondeados, raya tomate	0.16-0.32	acc
goethita	tomate		granular	mate	no				0.16-0.32	acc
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%	
masivo	gris	granular	vitréo	negras	concoidea	b. angulares		0.16		
shards	traslucido	aplanado	vitréo			b. angulares	enrejada	0.16		3
obsidiana	gris	anhedral	vitréo			b. angulares	vacuolas	0.16		
Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño			
esferas	beige-tomate	esférica	mate	no	hueca, porosa		0.16			
esferas	blanca lechosa	esférica	graso	no	con puntos blancos		0.16-0.32			
	incoloro	alargada	vitréo				0.16			
	negro, rojo, trasl.	vesicular	vi		con vesículas		0.16			
platos	traslucido, rosáceo	plato concrción en el centro	mate				0.16			
Otros:	posiblemente hematita y goethita son alterada en las pómez por el alto contenido de magnetita * varias pómez presentan pálinas tomates-rosáceas (fucsia) en diferentes tonos, así como alteración en gran parte del grano de este mismo tono, también tonos anaranjados como pálinas y alteración del grano ~ alteración de magnetita o anfíbol									

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-6
UTM	633833/30056
Color	beige
Muestra	beige
Tamaño (mm)	0,074

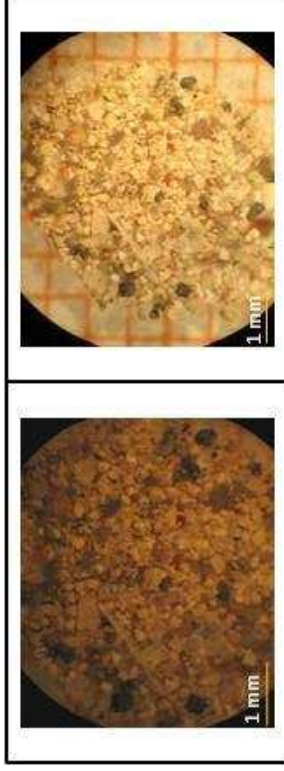


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-6

Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	graso		subangular esférica		trazas: negras, rojas, (1-3%), xtales anf	vesículas alargadas			0.16	
beige	graso		subangular esférica		trazas: negras (1%)				0.16-0.64	59
beige oscura	mate		angular esférica		trazas: negras, rojas, (5%)				0.16-1.28	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcido, blanco lechoso, amarillento	prismático	adamantino			argilitización		0.16	78
cuarzo	traslúcido	anhedral	vitreo		concoidea		bordes redondeados	0.16-0.64	19
biotita	plateada	laminar	graso				bordes redondeados	0.16-1.28	
hornblenda	verde oscura, traslúcida	prismático	vitreo		clivaje		bordes redondeados	0.16	3
clorita	verde	anhedral	mate					0.16	acc
hematita	tomate	anhedral	mate				raya tomate	0.16	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro	placas	vitreo			bordes angulares		0.2	1

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-7
UTM	633833/30056
Color	beige
Muestra	beige
Tamiz (mm)	0.16

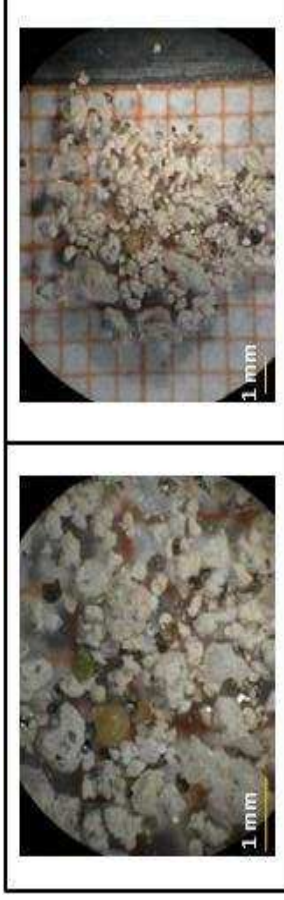


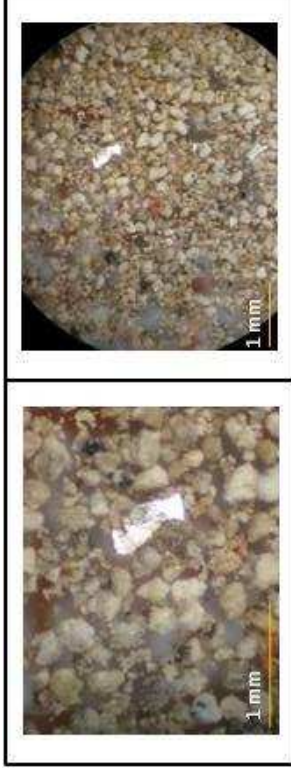
Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-7

Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa traslúcida	adamantino	subangular esférica		xtales: mag, anf, bta, trazas: negras mag?, anf? (1%)				0.16-1.6	
beige	adamantino	subangular esférica		xtales: mag, anf, bta, trazas: negras mag?, anf? (1%), trazas: negras y rojas (3%)				0.16-1.6	55
gris	adamantino	subredondeado esférica		trazas: mag, anf?					
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato de K	tomate	prismático	mate				dureza alta	0.48	20
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo				bordes redondeados	0.16-1.28	10
biotita	parco verdosa, dorada, café	laminar	perfino				bordes redondeados, angulares	0.16-0.8	67
horblenda	verde traslúcido	prismático	vitreo	trazas: negras				0.16-0.32	3
hematita	roja	anhedral	mate				raya tomate	0.16	acc
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidiana	gris	anhedral	vitreo					0.48	
	traslúcido incoloro,	acicular	vitreo		concoidea			0.96	
acicular	rosáceo	acicular	vitreo					0.32	7
	negro	acicular	vitreo					0.64	
shard	incoloro	laminar	vitreo		si				
Otros:	muestra con abundante biotita								

Cristales deformados: algunos cristales se encuentran doblados

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-5
UTM	633833/30056
Color	café
Tam iz (mm)	0.16



Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		redondeada subesférica		negras (1%) negras y rojas (1%)			con pátina tomate cubriendo el 25% del grano	0.16	
beige	sedoso		subangular subesférica		negras (2%)				0.16	73
gris clara y oscura	adamantino		subredondeado ovoide		no				0.16	
negra	mate		subangular esférica		no			bordes angulares	0.16	
incoloro	vítreo		tubular		no				0.16	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida, blanca lechosa	prismática	graso				bordes redondeados	0.16	50
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo				bordes redondeados	0.16-1.28	25
biotita	café verdoso, café oscuro, plateadas	laminar	perilino	con inclusiones negras	si		bordes redondeados	0.16-0.32	25
goethita	tomate	subredondeada subesférica	mate				ray a tomate	0.16	acc
hematita	roja	redondeada subesférica	mate				ray a roja	0.16	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
hilos	blanco lechoso	alargados	vítreo					1.28	
shards	traslucido incoloro		vítreo		si	bordes angulares como meicocha		0.32	5
alargada	incolora	alargados	vítreo				con flamas		

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	café	irregular	no					0.2	15

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
platos	blanco lechoso traslucido		mate	concreción en el centro			0.16

Cristales del omados

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-8
UTM	633833/30056
Color	
Muestra Tamiz (mm)	8

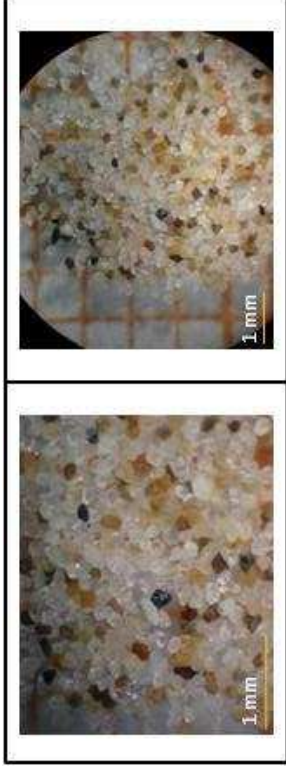


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-8

Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
banca lechosa	mate		subredondeado esférica		no				0,16	1

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa K	incoloro, blanco lechoso, amarillento	prismática	vitreo	no	clivaje		bordes angulares y redondeados	0,16	77
feldespato de K	rosáceo	prismática	mate					0,2	
hornblenda	verde oscuro, traslucido	prismática	vitreo		clivaje		bordes angulares	0,2	21
clorita	verde	anhedral	mate	trazas: negras y rojas (2%)			bordes redondeados	0,1	1
cuartzo	incoloro	anhedral	vitreo		concoidea			0,1	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
incoloros y rojizos	vitreo	anhedral		negras y rojas	concoidea			0,16	32

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	negros v erdosos	subredondeados subesférica		si				0,18	3

Cristales deformados

Lugar	Atacames Tonsupa
Muestra	ATA-4
UTM	633833/30056
Color	
Muestra	beige clara
Tamiz (mm)	0.16
Muestra sin lavar:	

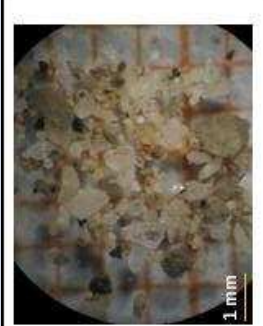
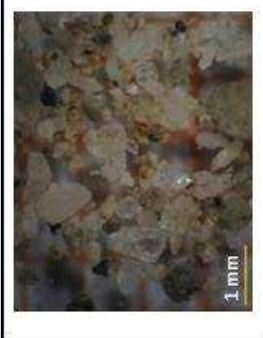
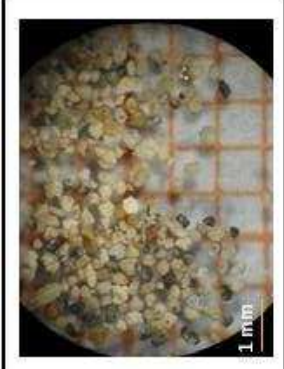
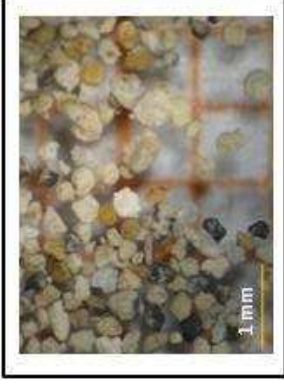


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ATA-4

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	M inerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		subredondeado esférica		no				0,16	
gris clara	mate		subangular tubular		trazas: negras (anf, mag?)				0,2	
gris oscura	mate		angular o voido		negras				0,2	16
beige clara	mate		redondeado esférica		trazas: rojas, negras (%)				0,2	
negra	sedoso		subangular esférica	alta					0,2	
M ineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato de K	to mate, amarillo, verdoso		prismática	mate				bordes redondeados, se rompen fácilmente	0,16	90
cuartzo	incoloro		anhedral	vítreo				bordes redondeados	0,16	8
biotita	café, café dorada		laminar	graso	negras			bordes redondeados	0,2	2
clorita	verde o oscuro,		anhedral	mate				raya to mate	0,2	acc
hematita	to mate amarillo		subredondeado esférico	mate				bordes redondeados; mineral secundario	0,16	acc
yeso	traslucido		alargados	graso					0,16	acc
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro, traslucido		planar	vítreo	no	si		bordes angulares	0,16	
hilos tres patas	incoloro, traslucido			vítreo					0,2	
esferas	blanca lechosas		esférica	vítreo				si CaCO3, huecas por dentro	0,2	2
como cacao	blanca lechosas			mate				si CaCO3	0,16	
melcocha	incoloro, traslucido			vítreo				vesículas estradas	0,16	

Lugar	Atacames
Muestra	ATA-3
UTM	633833/30056
Color Muestra	beige claro
Tamiz (mm)	0,074



Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanco lechoso	sedoso	subangular subesférico	media	tr opacos y rojos plag, qzo, vidrio, hem, pxono?, anf?				0,1	76
	blanco lechoso	sedoso	angular subesférico	media					0,08	
	beige	sedoso	subangular subesférico		tr(1%) opacos, rojas				0,1	
	rosáceas	sedoso	angular subesférico		opacos, rojos, vidrio, plag, qzo				0,08	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	naranja		prismática	vitreo			argilización		0,08	63
cuarzo	amarillento		anhedral	vitreo					0,08	12
anf fbol	verde oscuro		prismática	vitreo				bordes angulares	0,06	13
biotita	café dorada, café verdoso			graso		si		bordes redondeados, algunas corrugadas	0,1	12
hematita	naranja		subredondeada-subesférica	mate				ray a naranja	0,07	acc
clorita	verde		anhedral	mate					0,06	acc
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro	placas		vitreo		si				
melcocha	incoloro traslucido	anhedral		vitreo				b. angulares vesículas tubulares		3
Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Brillo	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lava?	gris oscura	anhedral								
opacos	negros	redondeada-subesférica					con min de Fe			7
Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%	
esferas	beige	esférica	graso							
tubos	blanco lechoso	tubular	adamantino							
anjillo	rosáceo y blanco									
tubos			adamantino							

Cristales delormados: débilmente dobladas

Lugar	Playa Cabuyal-EI
Muestra	Matel PYC-1
UTM	
Color Muestra	0.16
Tamiz (mm)	gris

Muestra sin lavar: beige café
Muestra muy rica en matriz, contiene vidrio, qzo, plag, anf

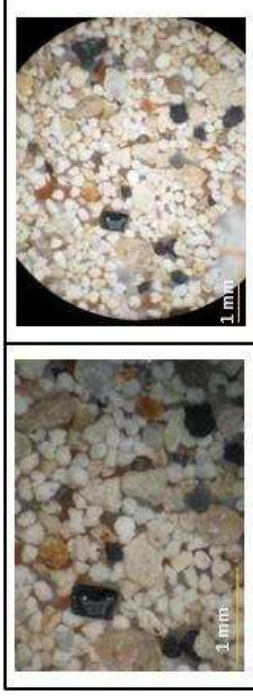


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza PYC-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanco beige	sedoso	angular esférica		tr: negras, rojas(1%)					
	beige oscuro	sedoso	angular subesférica		tr: negras, rojas(3%)					14,0
	gris clara	sedoso	subangular esférica		tr: negras, rojas(5%)					
	café o gris oscuro	sedoso	subredondeado esférica		trazas: negras y traslúcidas					
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida, blanca lechosa		prismática	adamantino vítreo	trazas: negras 1%	clivaje concordea	argilitización			74,0
cuarzo	incoloro		anhedral		negras y rojas 1%			las incl. alteradas a hem? Goet?		
cuarzo	gris		anhedral	vítreo	negras (3%)					19,0
anfíbol	v verde oscuro		prismática tabular	vítreo						6,0
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro traslúcido		shards	vítreo	no	si	bordes angulares			
medias esferas	beige		esférica	mate	no					
vidrio negro	negro		reticular	vítreo y mate				alterados vesículas tubulares alargadas con vesículas		70,0
vidrio café traslúcido	café traslúcido		reticular	vítreo				b. angulares polvo de pómez rellena v esic.		
vidrio	incoloro traslúcido			vítreo						
vidrio masivo	incoloro				negras (5%)	concoidea				
Lífticos	Color	Forma	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	café moteados	granular								3,0
Externos	Color	Forma	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño	Tamaño	%
concreciones de CaCO3	blanca lechosa-beige			mate		con xtales, estructuras tubulares	si			
agregados de pómez	beige						si			
Otros:	algunos cuarzos presentan su forma original, los agregados de polvo de pómez con cemento de CaCO3 pero que forman estructuras tubulares									

Lugar	Cabañas Camarones
Muestra	CAB-1
UTM	591254/9991163
Color	
Muestra	café amarillenta
Tamiz (mm)	0,148

Muestra sin lavar: café amarillenta Matriz sin CaCO₃, está conformada por vidrio, anf, líticos, plag.
Los elementos más grandes son líticos, qz, plag y pómez.



Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza CAB-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO ₃	Otros	Tamaño	%
	beige, café	mate adamantino	redondeado subesférica- esférica	poco	negras (magnetita)				0.1-0.9	
	café, color miel	mate	subangular subesférica	poco	café				0.1-0.3	30
	blanca lechosa	adamantino	subangular esférica	poco	negras (magnetita)				0.1	
	gris	mate	subredondeada esférica		negras (magnetita)				0.1	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
Feldespato de K	miel		subangular ovoide redondeado esférica	mate	no	no		parecidos a líticos	0,1	
plagioclasa	lechosas, traslucidas.		prismáticos	adamantino	no	en el clivaje		bordes angulares	1.1-0.6	82
cuarzo	traslucido verde oscuro, claro, café		anhedral, granular	vitreo	no	si		alguno con bordes angulares	0,1	5
anfíbol	verde oscuro y claro		prismáticos	vitreo	si	en el clivaje			0,3	13
clorita	claro		anhedral	mate	no	no			0,2	acc
hematita	tomate		anhedral, granular	mate	no	no		raya tomate	tr	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	gris	subangular esférica	vitreo	negras (magnetita)		traslúcida, dura		0,2	3
Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO ₃	Tamaño	%
beige	beige	subangular ovoide, redondeado esférica	no					0,3	30

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO ₃	Tamaño
estructuras tubulares	tomates, rojas	tubulares	mate	no			0,3
agregados cristalinos	moteado beige	agregado		no	con plag, qz, vidrio cemento		0,4
estructuras tubulares	blanca lechosa	tubulares		no	idem 5 y 6		0,2

Lugar	Cabañas Camarones
Muestra	CAB-2
UTM	591254/9991163
Color	café amarillenta
Tamiz (mm)	0,148

Muestra sin lavar:	habana	Matriz cristalina, compuesta de vidrio, plag, qz y anf. Los fenocristales son: anf, qz, plag, chl. También pómez y líticos.
---------------------------	--------	---

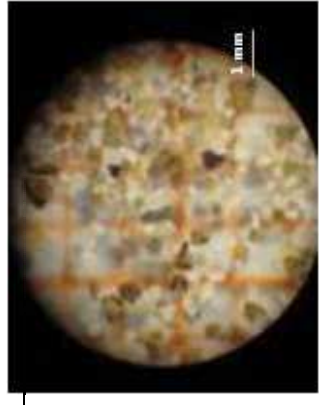


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza CAB-2

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
gris	mate		subangular subesférica	poco	negras	--	--	Otros	0,3	
blanca	adamantino		alargadas, granulares	poco	negras pocas	fluidales	--		0.3-0.1	
blanca lechosa	mate		redondeado subesférica	poco	negras rojas (finas) negras	--	--		0,6	
beige clara	mate		subangular subesférica	poco		--	--		0.1-0.6	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro y blanca lechosa		prismática	adamantino	--	en el clavaje	--	bordes angulosos	0,1	8,6
cuarzo	incoloro		anhedral	vitreo	--	concoidea	--	--	0,3	26,3
anfíbol	verde café, traslúcidos		prismática	vitreo	--	en el clavaje	--	--	0,1	5,3
biotita	café dorado		laminar	graso	--	si	--	bordes angulosos y redondeados	0,3	3,8
clorita	verde		anhedral	mate	--		producto de	bordes redondeados	0,1	1,4
gohetita	tomate		anhedral	mate	--		--	bordes redondeados	0,6	0,4
hematita	roja		anhedral	mate	--		--	bordes redondeados	0,4	
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	incoloro, traslucido, rojizos		anhedral	vitreo	negras	concoidea	con vesículas grandes	fluidales	0.1-0.3	8,1
Líticos	Color	Vesicularidad	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	café, amarillo, beige		subangular subesférica	--	--	--	--	--	0,6	
	verde olivá		subangular esférica	--	--	--	--	--	0,6	12,3
Externos tubulares	Color	Brillo	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño	%	
	blanca lechosa		tubular	graso	--	aplastada, cristalina	--	0,1	4,8	
Otros:	No reacciona con HCl.									

Cristales deformados

Lugar	Río Jama
Muestra	JAM-2
UTM	584647/9975420
Color	beige
Muestra	amarillenta
Tamiz (mm)	0,148

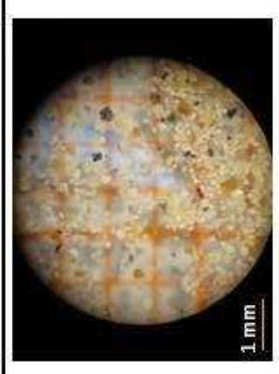
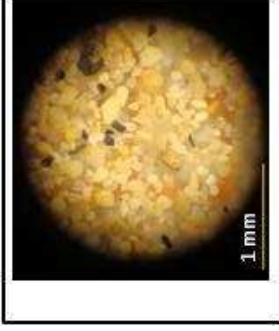


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza JAM-2

Muestra sin lavar:	kaki	Matriz cristalina compuesta de anfíbol, plag, qz, pómez, vidrio y líticos.
---------------------------	------	--

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca traslúcida	adamantino		angular redondeado	poco	magnetita (1%)	fluidal	--		0.1-0.4	
blanca lechosa	mate		alargados	poco	magnetita (1%)	--	--		0.1-0.4	
gris	adamantino		angulosa irregular	poco	magnetita (1%)	--	--		0.1-0.4	4.1
gris	adamantino		anguloso subredondeado	poco	rojas-rosácea (Fe)	fluidal	--		0.1-0.4	
traslúcida	adamantino		angular irregular			fluidal	--		0.1-0.4	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato de K,	traslúcida, amarillenta		prismáticos	graso	--	--	si	bordes redondeados	0.1	
plagioclasa	adamantino		prismáticos	incolora	--	en el clivaje	--	bordes angulosos	0.1	6.9
cuarzo	incoloro blanco		anhedral	vitreo	--	concoidea	--		0.1	1.6
biotita	rojiza-café		láminar	graso	--	si	--	bordes angulosos	0.1	1.0
horblenda	v verde		prismáticos	vitreo	negras	en el clivaje	--	bordes angulosos	0.1	1.2
clorita	v verde		anhedral	graso	--	--	producto	--	0.1	tr
hematita	tomate		anhedral	mate	--	--	producto	bordes angulosos	0.1	tr
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	incoloro, café			vitreo	--	concoidea	--	fluidales	0.1	
	gris			vitreo	--	concoidea	masmo	--	0.1	8
Lífticos	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	tomates, café		granulares, irregulares			si	--			
agregados de pómez	negros		irregulares			--	--		0.1-0.7	
negra	cubiertos de pátina					--	--		0.1-0.7	
Externos	Color	Brillo	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño	%	
	blancas lechosas, rosáceas, café, beige		esférica	vitreo		porosas	--	tamaño uniforme, 0.3		
esferas	blancos lechosos, rosáceos, café		platos	vitreo		porosas, con concreción en el centro	--	tamaño uniforme, 0.3		
platos	blancos lechosos		tubular hueco en el centro	vitreo			--	diámetro 0.148, tamaño 0.3		
tubos	blancos lechosos			vitreo			--			

Lugar	Río Jama
Muestra	JAM-1
UTM	584647/9975420
Color Muestra	beige amarillenta
Tamiz (mm)	0,074



Muestra sin lavar: beige
Matriz cristalina muy fina, máficos, qz, plag, hem, tamaño uniforme, pómez y líticos.

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		redondeados, irregulares granular irregular, alargados	poco	magnetita (tr)		--		0,1-0,6	
beige amarillenta	mate		redondeados-angulosos	poco			--		0,1-0,2	44
gris	adamantino		anguloso subredondeado	poco	magnetita (tr)		--	el color varía por el % de min	0,1	
blanca traslúcida	mate-adamantino		angulosa	alta	magnetita (tr)	fluidal	--		0,1	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismáticos	vítreo				0,1	67
cuarzo	incoloro	irregular	vítreo		concoidea		0,1	6
anfíbol	verde	prismáticos	vítreo		en el clivaje		0,1	26
hematita	tomate	irregular	mate					tr

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	incoloro	irregular	vítreo	--			masivos y fluidal	0,3	5

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
agregados	moteado gris	irregulares						0,3	
	verdes opacos	granulares				bordes redondeados		0,3	20

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
tubos	blancos	alargados	sedoso		--		0,1
platos	blancos	aplanadas	vítreo		--		0,1
esferas	morados		adamantino			porosas	0,1

Lugar	Cabo Pasado
Muestra UTM	CBP-2
Color Muestra	beige clara
Tamiz (mm)	0,074

Muestra sin lavar:	beige clara	muestra con alto contenido de carbonatos
---------------------------	-------------	--

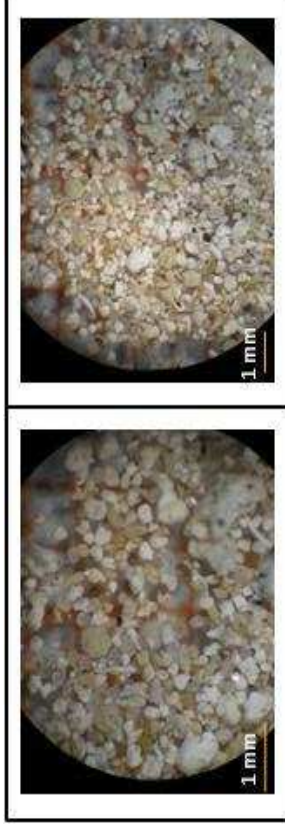


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza CBP-2

Pómez	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanco lechosa	mate	subangular esférica, angular esférica		negros, traslúcidos, rojas				0,2	40

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida	prismático	vítreo	no	clivaje	argilitizados		0,2	85
feldespato	amarillentos	prismático	vítreo	no	clivaje	argilitizados		0,2	
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea		bordes redondeados	0,2	13
anfíbol	café oscuro	prismático	vítreo	no	clivaje			0,2	2

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
tubos	blanco lechoso	tubular	vítreo				0,3
platos	rosáceo traslúcido	platos	vítreo		concreción en el centro		0,4

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	beige	angular subesférica			si			0,5	35

Otros:	alto contenido de CaCO3								
---------------	-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

Cristales deformados

Lugar	Cabo Pasado
Muestra	CBP-1
UTM	
Color	
Muestra	beige
Tamiz (mm)	0,16



Muestra sin lavar:	blanca lechosa
---------------------------	----------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza CBP-1

Pómez		Minerales	Estructuras	CaCO ₃	Otros	Tamaño	%
Color	blanca lechosa	mate	subredondeado subesférica - subangular esférica	algunas con tz de mag			
Color	blanca lechosa	mate				0.2 -1	40

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
feldespato	kaki	mate			clivaje			0.1-0.5	
plagioclasa	traslúcida	vitreo			clivaje		bordes redondeados	0.1	97
cuarzo	incolono	anhedral	vitreo		concoidea			1	3

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
pedazo de pómez	incolono	anhedral	vitreo	no			melcocha estirada	0.2	6

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO ₃	Tamaño	%
	gris claro	bordes angulares						0.2	1

Otros:	los granos de pómez se encuentran cubiertos por mucho CaCO ₃
---------------	---

Cristales deformados

Lugar	San Isidro
Muestra	SIC-5
UTM	59150/995800
Color Muestra	beige café
Tamaño (mm)	0.2

Muestra sin lavar:	beige café	Muestra pobre en matriz
---------------------------	------------	-------------------------

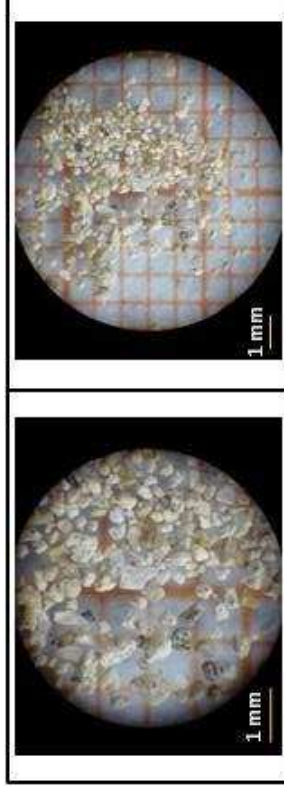


Figura Anexo 3. Fotogramas de la ceniza SIC-5

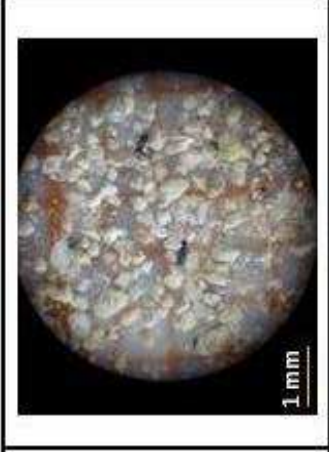
Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	vitreo	subredondeado subangular	subredondeado subangular	poco	rojas como trazas (1%), xtales anf (3%)				0.5	2,6
beige-café	mate	subangulares subredondeados	subangulares subredondeados	poco	xtales (czo, plag, anf, 0.1 mm, 5%), rojas (hem)	muy desheñables			0.1-0.5	65,2

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
trasiúcido, blanco lechoso, amarillento	trasiúcido, blanco lechoso, amarillento	prismático	adamantino	no				0.1-1.0	55
plagioclasa	incoloro	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.2	21
cuazo	café miel	prismático	vitreo	negras (mag?)1%			bien conservado	0.5	
horblenda	café rojizo	prismático	vitreo	no				0.5	11
hipersteno	pardo	prismático	vitreo	mag?			granular	0.5	10
augita	verde agua	prismático	vitreo		si		irregular	0.2	2

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	gris	anhedral	vitreo	trazas negras (3%)	concoidea			0.1	3

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lulitas?	café verdosos	aplanados				bordes redondeados		0.2-1.0	2
	grises	subredondeado angular						0.2	1

Lugar	San Isidro
Muestra	SIC-4
UTM	59150/995800
Color Muestra	beige amarillenta
Tamiz (mm)	0.2



Muestra sin lavar:	Muestra rica en matriz
---------------------------	------------------------

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	beige	mate	subangular subredondeado		negras y rojas como trazas, xtales (anf, plag, czo)			no tan granulares	0.2-0.8	29
	blanca lechosa	mate	medias aplanadas	poco	negras y rojas como trazas	fluidales, bordes redondeados			0.2-1.2	24
	tomate	mate	no tan granular	poco	no	bordes redondeados			0.2	4
	gris	adamantino	no tan granular		negras como trazas	bordes redondeados			0.2-0.6	3

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora, blanca lechosa	prismática	adamantino	no	clivaje		bordes redondeados	0.2-0.6	70
feldespato de K	amarillenta, rosácea	prismática	mate	no	clivaje		bordes redondeados	0.2	
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.2	20
biotita	dorada	laminar	graso	negras como trazas				0.2	3
anfíbol oscuro	negro, verde oscuro	prismática	vitreo	no				0.8	6
clorita	verde	anhedral	graso	no				0.2	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	plomo	anhedral	vitreo	negras	concoidea			0.2	4

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
tubos	blanco lechoso	tubulares			huecos	no	0.2
placas de vidrio	blanco lechoso	placa				no	0.2
agregados	beige				minerales		0.2

Lugar	San Isidro
Muestra	SIC-3
UTM	59150/995800
Color	beige
Muestra	amarillenta
Tamiz (mm)	0.2



Muestras in lavar:	beige amarillenta
	Muestra rica en matriz

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		subangular subesférica	poco	negras y rojas como trazas	fluidales			0.2	23,2
beige-café	mate		subredondeado subesférica	poco	xiales (czo?, anf?), tb trazas	bordes redondeados			1.2	13,4
rosáceo	adamantino		redondeado subesférica	poco	negras y rojas como trazas	bordes redondeados			0.2	9,3
beige amarillenta	mate		redondeado subesférica, alargados no granulares		xiales (czo?, plag)	bordes redondeados			0.6-0.8	27,4
gris clara-oscuro	adamantino		subangular subesférica	poco	negras como trazas				0.2	5,7

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro, traslúcido	prismático	adamantino	no	clivaje			0.2	68
feldespato de K	amarillento verdoso	prismático	mate	no				0.2	6
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.2	6
biotita	transparente	laminar	graso	negras como trazas				0.2	15
anfíbol	verde claro	prismático	vitreo	negras como trazas				0.6	5

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	gris claro-oscuro	anhedral	vitreo	negras como trazas	concoidea	color depende del % de inclusiones		0.2	3

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	verdosos, tomate amarillo	granular				frágiles		0.2	3

Lugar	San Isidro
Muestra	SIC-2
UTM	59150/995800
Color	beige
Muestra	amarillenta
Tamiz (mm)	0.2



Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza SIC-2

Muestra sin lavar:	beige amarillenta	Muestra rica en matriz. La matriz consiste en pómez y minerales
---------------------------	-------------------	---

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate		subangular subesférica	poco	negras (anf?) y rojas como trazas				0.2-0.4	10.2
beige amarillento	mate		aplanados, granulares	poco	negras como trazas				0.2-1.0	17.8

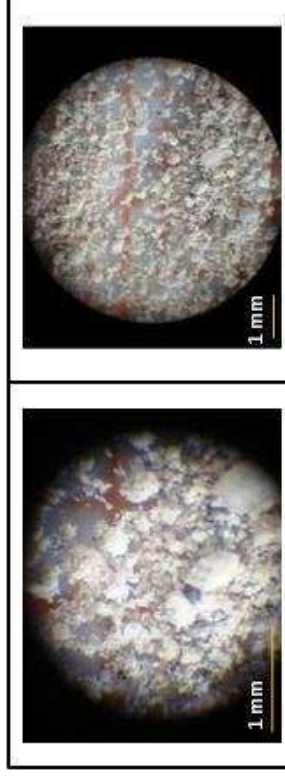
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso, traslúcido	prismático	adamantino	no				0.2-1.0	65
cuarzo	incoloro, amarillento	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.6	12
anfíbol	verde claro a oscuro traslúcido	prismático	vítreo	negras como trazas	clivaje		bordes redondeados	0.8	23
goethita	tomate	anhedral	mate				raya tomate	0.2	tr

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	plomo	anhedral	vítreo	negras	concoidea			0.2	2
	incoloro, traslúcido	anhedral	vítreo	no		con vesículas y rellenado con polvo de pómez		0.2	1

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	café verde moteado	granular				bordes redondeados		0.8	3

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
agregados cristalinos	moteados				con cuarzo, plag, anf		1.6

Lugar	San Isidro- Manabí
Muestra	SIC-1
UTM	59150/995800
Color Muestra	beige claro
Tamiz (mm)	0.2



Muestra sin lavar:	beige claro	Muestra cristalina, es de la misma composición que las pómez, se observa minerales pequeños, pómez beige y blancas
---------------------------	-------------	--

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza SIC-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate, adamantino		subredondeado subangular	poco	negras y rojas				0.2	
gris café	mate		subredondeado subangular, alargados		xles ant, czo, plag, tb trazas	bordes redondeados			0.2-1.2	98
gris oscura	mate		subangular subesférica						0.2	

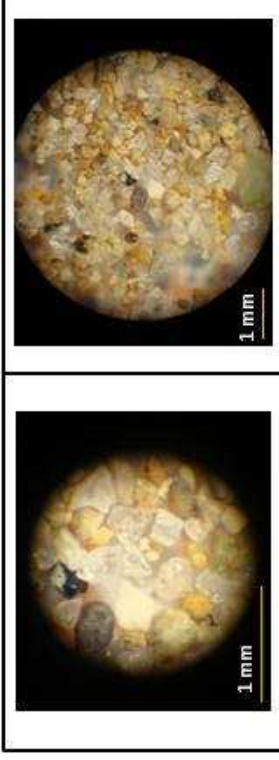
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismática	adamantino		si		bordes angulares	0.2	80
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo	no	concoidea			0.2	10
anfíbol	verdes	prismática	adamantino						10

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	café moteados negros	subredondeada esférica				brillo mate		0.2	1
	tomates	subredondeada esférica						0.2	

Otros:	Abundante materia orgánica
---------------	----------------------------

Lugar	Río Muchacho
Muestra	RMC-1
UTM	569477/9953829
Color Muestra	beige clara
Tamaño (mm)	0.2

Muestra sin lavar: color café
La matriz es cristalina muy fina, rica en cristales como cuarzo, anfíbol, rica en matriz con respecto a las otras cenizas



Pómez Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa, beige	mate	subangular esférica	poco	negras muy fina, anfíbol, como trazas 1%				0.4	33.6
beige	mate	granular	poco	rojas y negras como trazas (magnetita-anfíbol) como trazas				0.6	
gris	mate	subangular esférica	poco	negras como trazas, magnetita				0.4	16.8
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro	prismática	adamantino	no				0.4-0.6	50
cuarzo	incoloro, amarillentos	subangular esférica	vítreo	no	concoidea			0.4-0.6	30
anfíbol	café y verdes oscuros	prismáticos alargados	vítreo	no				0.2-0.3	10
biotita	café dorados	laminar redondeado esférico, granular	graso	no	si		bordes redondeados	0.2	10
goethita	amarillo		mate		no		raya amarilla	0.2	tr
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	traslucido	angular subesférica	vítreo	algunos, negras (magnetita)		bordes redondeados y angulosos		0.2-0.3	13
Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	CaCO3	Tamaño	%	
	v erduzcos	subangular subesférica		no			0.6-0.8	5.3	
	tomates	subredondeado esférica subredondeado subesférica		si			0.6-0.8	9	
	gris			no			0.6-0.8	1.8	
Externos estructura tubulares	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño	%	
	blancas	tubulares	vítreo	--	aplastada, cristalina	--	0.4	1.8	

Lugar	Río Muchacho
Muestra	RMC-2
UTM	569477/9953829
Color Muestra	beige
Tamaño (mm)	0.2

Muestra sin lavar: café Alto contenido de matriz, compuesta de qz, anf, pómez.

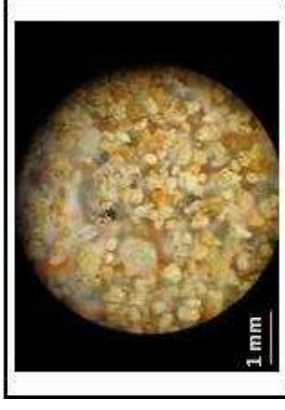


Figura Anexo 3. Fotografías de la cenizaRMC-2

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa, beige	mate		suredondeado esférica, angular subesférica	poco	muy finas, negras como trazas (mag/anf), rojas (Fe)	no fluidal			0.2-1.2	
habana amarillenta	mate		subangular esférica	poco	negras anfíbol (1% de la muestra)				0.2-0.4	41
tomate	mate		subangular esférica	poco	negras y rojas como trazas				0.2-0.4	
gris	mate adamantino		subangular esférica		inclusiones negras como trazas			cristalina	0.2	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa K	tomate amarillenta	prismático	mate, vítreo	no			bordes redondeados	0.2	56
cuarzo	incoloro-amarillento	anhedral	vítreo	no	concoidea	no		0.2-2.0	34
biotita	café dorada, plata amarillenta	laminar	graso	no	si		bordes redondeados	0.2	3
anfíbol	verde-café, traslucidos	prismático	vítreo	no	en el clivaje		bordes redondeados	0.2	7

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	gris	subredondeado-subesférico			poco			0.2	5

Cristales delimitados: ligeramente doblados

Lugar	Río Muchacho
Muestra	RMC-3
UTM	569477/995382 9
Color	café amarillenta
Tamiz (mm)	0.2

Muestra sin lavar:	kaki	Muestra rica en matriz cristalina, tamaño uniforme con fenocristales de plagioclasa, cuarzo, biotita, anfíbol, feldespatos de K, hematita y pómez.
---------------------------	------	--

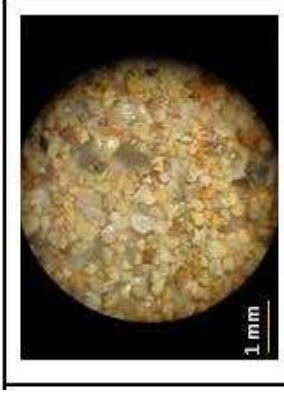


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RMC-3

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate, adamantino	subangular esférica	poco	negras (mag/anf) como trazas, xles de anfíbol					0.2	3,7
beige	mate, adamantino	angular subesférica, subredondeado esférica	poco	negras como trazas, xles de anfíbol	fluidales			algunas con pátinas amarillas	0.2-1.8	51,5
traslúcido-gris	adamantino	angular subesférica		anfíbol xtal claro				frágil	0.2	2,8
gris oscuro	mate, adamantino	redondeado esférica	poco					frágil	1,8	3,7
tomates	mate	redondeado esférica	poco						0.2	1,8

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa								0.2	82
feldespatos de K	tomate	prismático	mate	no	no		bordes redondeados	0,15	
cuarzo	incoloro, traslúcido	anhedral	vítreo	negras como trazas	concoidea	no		0.2	12
biotita	café dorado	laminar	graso		si			0,1	3
anfíbol	verde oscuro	prismático	vítreo	no				0,3	3
hematita	tomate	subredondeado esférica	mate						tr

Otros:	Muestra con alto contenido de materia orgánica.
---------------	---

Lugar	Río Muchacho
Muestra	RMC-4
UTM	569477/995382 9
Color	gris amarillenta
Tamiz (mm)	0.2

Muestra sin lavar:	gris-café	Muestra rica en matriz, muy fina, presencia de cristales y pómez
---------------------------	-----------	--

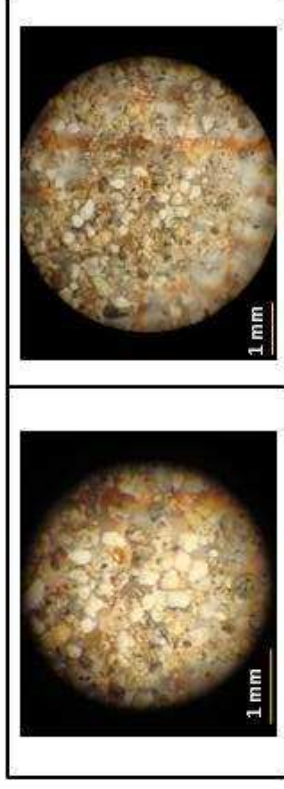


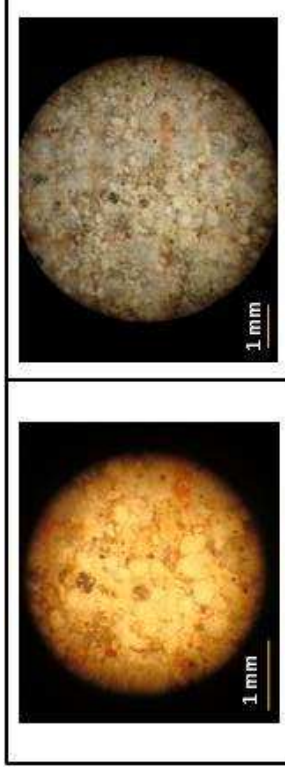
Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RMC-4

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate, adamantino	subangular esférica	poco	rojas y negras (anf como trazas y xtal)	algunas fluidales				0.2-0.4	29,7
grisácea	adamantino	subangular subesférica	poco	xles plag, anf, qz	fluidales			el color por el contenido de trazas negras	0.2	11,8
gris oscura	mate	subangular subesférica	poco	xles anf, plag, qz, tb trazas (rojas, café, negras)					0.2-0.4	8,9
beige café	mate	angular redondeada							0.2-0.4	42,5

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa									85
cuarzo	incoloro, amarillentos	anhedral	vítreo	negras	concoidea			0.2	13
goethita	tomate	irregular	mate	no			raya tomate	0.2	tr
anfíbol	verde oscuro	prismático	vítreo	no				0.2	2

Otros:	
---------------	--

Lugar	2km NE Canoa
Muestra	RMC-5
UTM	56051/995120
Color Muestra	gris-beige
Tamaño (mm)	0.2



Muestra sin lavar:	gris-beige	matriz cristalina uniforme, se observan los minerales mencionados anteriormente
---------------------------	------------	---

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
gris-beige	mate, adamantino		subangular subredondeada	poco	negras (xiles arf), rojas	algunas, fluidales			0.2-1.2	
blanca traslúcida	mate, adamantino		subangular subesférica	poco	negras (anf. xiles y trazas), rojos	algunas, fluidales			0.2-0.8	90
café gris	mate, graso		subangular subesférica	poco	negras, cafés, rojos	fluidales			0.2-1.5	
gris	mate		subangular subesférica	poco	negras				0.2	

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RMC-5

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa									75
cuarzo	incoloro, traslucido	anhedral	vítreo	no	concoidea			0.2	10
biotita	café morada	laminar	graso	no				0.2	5
anfíbol	verde oscuro	prismático	vítreo	no				0.2-0.6	10

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	traslucido	irregular	vítreo			con vesículas		0.2	5

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	beige	irregular				masivos		0.4-0.8	4

Lugar	Canoa - Manabí
Muestra	CAN-1
UTM	560350/995000
Color	beige clara
Tamiz (mm)	0,074



Muestra sin lavar:	beige clara	Matriz, vidrio muy fino con hda, pxo, plag, qz, bla, mag, se pueden observar pómez beige, blancas con estructuras tubulares y aplanada. Líticos negros (andesitas?).
---------------------------	-------------	--

Figura Anexo 3.21. Fotografías de la ceniza de CAN-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate	subredondeadas-subangulares	alta	--	blta (tr), hda, qzo	tubulares	reacción fuerte	agregado fino de pómez, cristalino	0,3	
beige	mate	subredondeadas-subangulares	mediana	--	--	fluidales	--	--	0,3	81
café tomate	adamantino	subredondeadas-subangulares	alta	--	--	fluidales, tubulares	--	--	0,2	

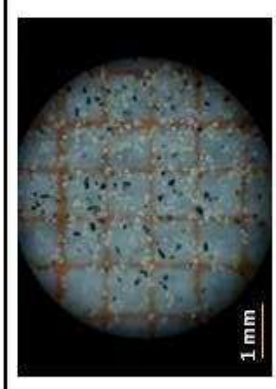
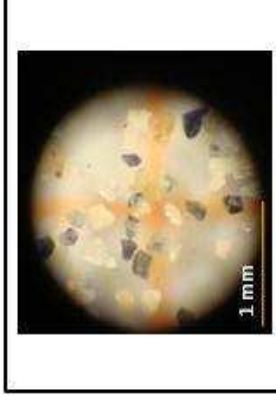
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanca traslúcida	tabular, alargada	adamantino	--	--	--	--	0,3	75
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo	--	concoldea	--	--	0,3	10
biotita	café dorado	laminar	perfino	--	fracturadas	--	--	0,2	5
anfíbol	verde oscuro	prismático	vitreo	--	--	--	--	0,2	10

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	traslucido	botroidal	vitreo	--	--	--	burbujas	0,2	3
	traslucido	melcocha	vitreo	--	--	--	--	0,2	

Otros: Muestra con mayor contenido de pómez con respecto a los minerales, la mayoría de los granos de pómez se deshacen con HCl, los granos que no reaccionan son los pómez tubulares traslúcidos con estructuras de enrejado (quedan intactas), algunas reaccionan superficialmente por la contaminación de CaCO3 que hay en el resto de ceniza.

Cristales delomados

Lugar	Canoa - Manabi
Muestra	CAN-2
UTM	560350/9950000
Color Muestra	gris blanquecina
Tamiz (mm)	0,074



Muestra sin lavar: gris clara
 Matriz fina: plagioclasa, cuarzo, máficos, magnetita, matriz cristalina, traslúcida. Clastos cubiertos por la matriz fina.

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate	baja	subanguloso-subredondeado	-- magnetita, (1-2%)	fluidal	xx			0,2	56
blanca traslúcida	adamantino		subanguloso-subredondeado	magnetita (1%)	fluidal	xx		la coloración es por el % de mag	0,25	
gris clara-osc		baja	subanguloso-subredondeado		fluidal	xx			0,2	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%	
plagioclasa	incoloro	adamantino	prismática		fracturadas	--	bordes no redondeados	0,1		
Feldespatos de K	amarillentos	graso	prismática		en el clivaje	arcilla	bordes redondeados	0,1	58	
cuarzo	incoloro, amarillentos	vitreo	anhedral		concoidea	--	tamaño uniforme	0,1	10	
biotita	café dorada	graso	láminal		fracturado	alteradas y no		0,1	tr	
hornblenda	verde-café	vitreo	prismática		en el clivaje, 60°	--	traslúcidos	0,14	23	
augita	verde oscuro	vitreo	granular		en el clivaje, 90°	--	angulosos, tamaño uniforme	0,1	9	
zircón	rojizo	adamantino	prismática		concoidea	--		0,1	tr	
esfena	amarillos	adamantino	en forma de cuña		--	--	anguloso subredondeado	0,1	tr	
clorita	verde turquesa	graso	anhedral		--	--		--	tr	
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%	
obsidiana	gris claro-oscuro	vitreo	angulosos, anhedral	magnetita	concoidea	traslúcidos	fluidales	0,1	1	
Líticos	Color	Forma	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	CaCO3	Tamaño	%	
clastos	café, pardos, rojos	angulosos-subredondeado					x	0,3	1	

Otros: Muestra equigranular, salvo algunas pómez que son 0,22mm. No reacciona con HCl, no hay CaCO3 en la muestra

Cristales deformados: doblados

Lugar	Canoa - Manabí
Muestra	CAN-3
UTM	560350/995000
Color Muestra	blanca
Tamiz (mm)	0,148

Muestra sin lavar:	blanca beige
	Matriz cristalina, compuesta de vidrio, plag, qz, hbl, mag?.
	Presencia de líticos y pómez

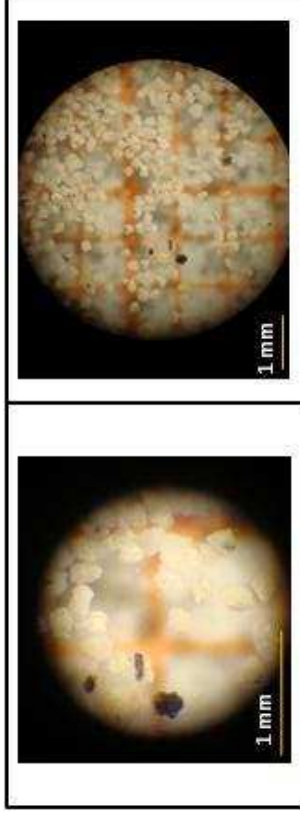


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza de CAN-3

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
beige rosácea	mate	anhedral	anhedral	baja	pxo, hbl	tubular			0,2	
blanco lechoso	adamantino	anhedral	anhedral	baja	hbl, pxo, mag?	--		según el % inclusiones el color varía de gris claro a oscuro (pocos)	0,2	96
blanca traslúcida	adamantino	anhedral	anhedral	media	hbl, pxo, mag?	fluidal		bordes redondeados	0,2	
café	mate	anhedral	anhedral	baja	magnetita				0,2	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida blanca	prismática	adamantino		en el clivaje		bordes redondeados	0,1	75
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea			0,1	10
biotita	dorado rojizo	laminar	graso					0,2	5
horblenda	verde oscuro	prismática	vítreo		en el clivaje, 45°			0,1	10
clorita	verde	anhedral	mate					0,1	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
traslúcido	incolora	anhedral	vítreo	--	concoidea		botroidal	0,2	1
obsidiana	gris traslúcido	anhedral	vítreo	--	concoidea			0,2	

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
clastos	beige, café, tomate, negros (andesitas)	subredondeados		--	--	el resto está alterado		0,15	1

Otros: Muestra equigranular

Cristales delomados

Lugar	Chirije
Muestra	ECH-1
UTM	
Color	blanca lechosa
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	ceniza fina
--------------------	-------------

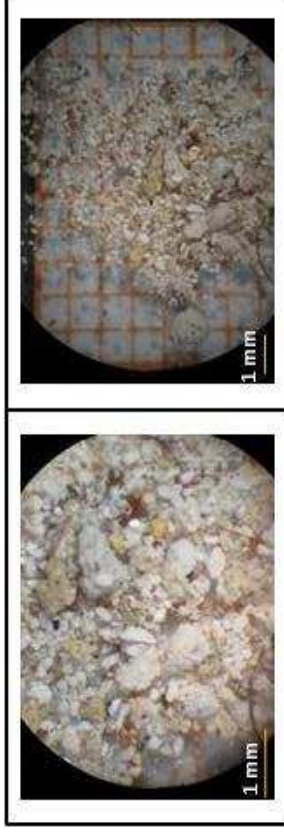


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza ECH-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	baja	5%: bla. mag. vidrio				0,2-1	43
	beige clara	sedoso	subangular esférica	baja	5%: anf. plag. vidrio				0,5	
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	amarillenta	vítreo sedoso	prismática	vítreo sedoso		clivaje	argilitizadas		0,2-0,4	35
feldespatos	rosácea	vítreo	prismático	vítreo	no			bordes angulares	0,3	
cuarzo	blanco lechoso traslucido	vítreo	anhedral	vítreo		concoidea			0,2	9
	café oscuro				no				0,2	43
biotita	café claro									
	dorado									
homblanda	verde oscuro	vítreo	prismáticos	vítreo		clivaje	si		0,15	9
hipersteno	verde claro	vítreo	prismáticos	vítreo					0,2	4
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
melcocha	incolore	sedoso	anhedral	sedoso					0,2-0,3	13
botroidal	incolore	vítreo	botroidal	vítreo					0,3-0,4	
Líticos	Color	Forma	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Ateración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	beige moteados	angular subesférica							0,4-0,9	10
	café									

Cristales deformados

Lugar	Japoto
Muestra	JAP-3
UTM	
Color	gris clara
Tamiz (mm)	0,16

Muestra sin lavar: gris claro
 el tamaño de la muestra varía entre 0.1 y 1.5 mm, los granos de pómez son los componentes más grandes

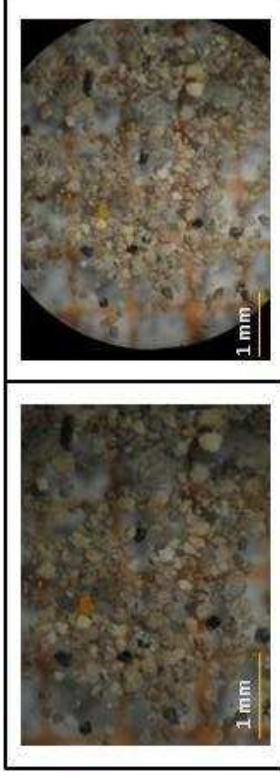


Figura ANEXO 3. Fotografías de la ceniza JAP-3

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	gris moteado negro	sedoso	subredondeado esférico - subangular esférico		10%: anf, mag, plag, qzo			bordes angulares	0.3-0.8	
	blanca lechosa		angular subesférica - subredondeada esférica		tz negras, mag, hem			bordes angulares	0.2	67
	blanca gris		tabular subesférica, subangular subesférica		10%: anf, mag, qzo, hem				0.5	
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%	
plagioclasa	traslúcido, blanco lechoso	prismático	vítreo	no	clivaje	no		0,1	64	
cuarzao	incolore	anhedral	vítreo	no	concoidea	no		0,1	8	
biotita	naranja, dorada	laminar	graso	no	si		bordes redondeados	0,1	5	
hornblenda	verde traslúcido	prismático	vítreo	no	clivaje		bordes angulares	0,2	23	
hematita	naranja	anhedral	terroso					0,2	tr	
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%	
obsidiana	gris claro y oscuro	anhedral	vítreo	mag?	concoidea			0,2	2	
melcocha	blanco lechoso	anhedral	sedoso	no	no		melcocha	0,2		
Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%	
andesita?	negros	granular	no	no	no			0,1	5	
Otros:	No contiene CaCO3 y tiene alto contenido de materia orgánica									

Lugar	Japoto
Muestra	JAP-2
UTM	
Color	beige
Muestra	beige
Tamiz (mm)	0,16

Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

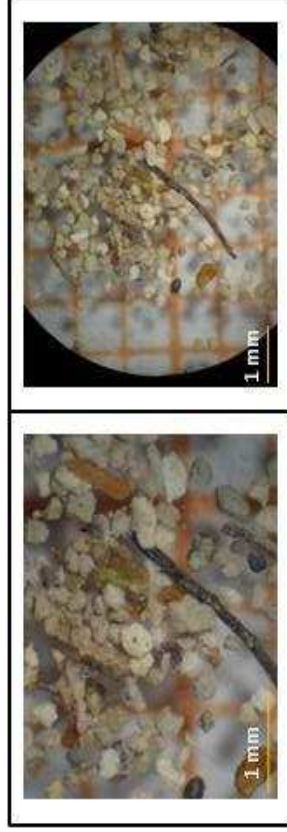


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza JAP-2

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	baja	tz negras <1%					
	beige	sedoso	subangular subesférica	baja						
	blanca lechosa	sedoso	subangular esférica subredondeado	baja		melcocha?				87
	gris	sedoso	subesférica	baja	negras y rojas 5%					

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespatos de K	amanillento, rosáceo	prismático	vítreo	no	clivaje				85
plagioclasas	blanco lechoso	prismático	vítreo	no	clivaje				
cuartzo	incoloro traslucido	anhedral	vítreo	no	concoidea				10
biotita	café dorada, negra	laminar	graso	no	si		b. redondeados angulares		5

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incolora	placas	vítreo	no	si				4
shards?	negro	placas	vítreo	no	si				

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
anillos	blanco lechoso	anillo	vítreo	no			

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	rojo negro	subredondeado esférica	no						
	beige	angular tabular	no	no		redondeado			3
	grises	angular tabular							

Lugar	Japoto
Muestra	JAP-1
UTM	
Color	beige claro
Tamaño (mm)	0,16

Muestra sin lavar:	muestra contaminada, alto contenido de materia orgánica, pobre en cristales.
---------------------------	--



Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza JAP-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedosa	subangular ovoide - angular subesférica	media	tz negras y rojas				0.5	
	beige	sedosa	angular subesférica	media	rojas (5%)				0.4	
	beige gris	sedosa	angular subesférica	media	rojas (5%)				0.3	
	traslúcida	sedosa	subangular ovoide - angular subesférica	media	no	melcocha			0.4	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
Feldespato	rosáceo	prismático	vítreo	no	si	argilitizados		0.4	83
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea	no		0.3	16
biotita	café traslúcida	laminar	graso	no	no			0.4	1

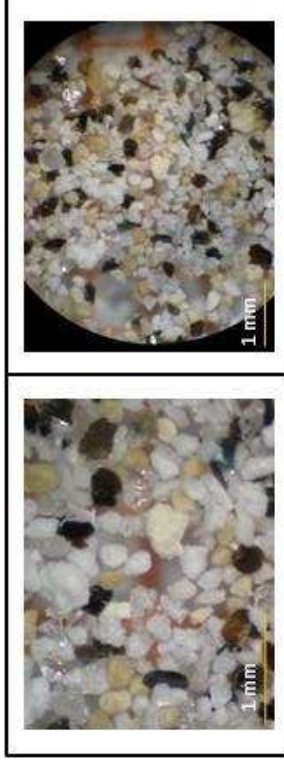
Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro, rosado	placas	vítreo	no	concoidea			0.3	4

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
microfósiles	blanquecinos						0,2

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	beige	tabulares	no	no				0,4	30

Cristales deformados

Lugar	Manta-Rocafuerte
Muestra	MRO-2
UTM	542000/9892200
Color	blanca
Tamiz (mm)	0,16



Muestra sin lavar:	
---------------------------	--

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MRO-2

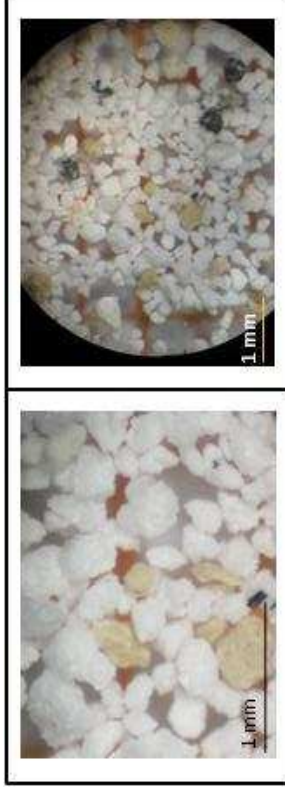
Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	mate	subangular esférica, subredondeado	bajo	opacos (1%): (anf ?), cafés (bia)				0,2	
	beige	mate	subangular esférica		trazas (2%): traslucidos (vidrio), opacos (anf)				0,15	10

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso	prismático	vítreo	no		argilitización: plag amarillentas	bordes angulosos	0,2	19
cuarzo	incoloro, grisáceo	anhedral	vítreo	ópacos	concoidea	no	bordes redondeados	0,2	9
biotita	cafés verdosos	laminar	graso	plag y opacos	si		bordes angulosos	0,15	70
biotita	naranja dorado	laminar	graso				bordes angulosos	0,2	
anfíbol	verde oscuro y claro	prismático	vítreo	no	si	no		0,25	3

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro traslucido	placas, botroidal	vítreo	no	si			0,2	7
pedazo de pómez	incoloro traslucido	anhedral	vítreo	no	si			0,2	1
melcocha	incoloro traslucido	anhedral	sedoso	no	no		vesículas alargadas	0,2	36

Cristales deformados: ligeramente doblados o corrugados

Lugar	Manta-Rocafuerte
Muestra	MRO-1
UTM	542000/9892200
Color	
Muestra	blanca lechosa
Tamiz (mm)	0,16



Muestra sin lavar:	blanca lechosa
---------------------------	----------------

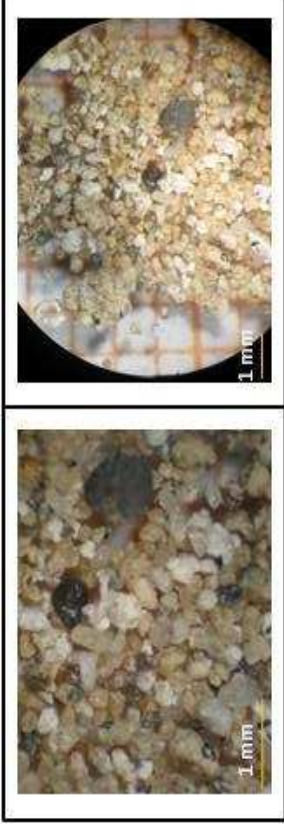
Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MRO-1

Pómez		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
Color	blanca lechosa	redondeado esférico	baja	no				0,16	
	beige	angular subesférica	baja	2%, opacos (arf? o mag? y traslucidos (plag?, qzo?, vidrio?))				0,16	4

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcidas, blanco amarillento	prismático	vitreo, mate			algunas		0,2	51
cuarzo	incoloro, traslucido	anhedral	vitreo		concoidea			0,16	16
biotita	café	laminar	graso		si			0,2	1
hornblenda	verde oscura y clara traslúcida	prismático	vitreo	magnetita			buen clivaje	0,2	32

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
Fragmento de pómez	incoloro traslucido	anhedral	vitreo			vesicular		0,16	85

Lugar	Manta
Muestra	MUJ-3
UTM	
Color Muestra	beige clara
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	beige oscura	muestra rica en cristales con bajo contenido de pómez y cristales
---------------------------	--------------	---

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MUJ-3

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular subesférica		tz: rojas y negras				0,2	5

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	amarillento	prismática	vítreo		clivaje		bordes redondeados	0,2-0,5	
feldespatio	rosáceo	prismática	vítreo		clivaje		bordes redondeados	0,2-0,5	77
cuarzo	incoloro verde café	anhedral	vítreo		concoidea			0,2-1,2	9
hornblenda	oscura	prismática	vítreo		clivaje			0,2	9
hipersteno	verde agua	prismática	vítreo					0,2	5

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidiana	gris	anhedral	vítreo	no		b. angulares		0,2	tr

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	negros	redondeado esférica	no					50	1

Lugar	Manta
Muestra	MUJ-2
UTM	
Color	beige
Muestra	beige
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	muestra rica en componente finos, rica en cristales, muestra homogénea
---------------------------	-------	--

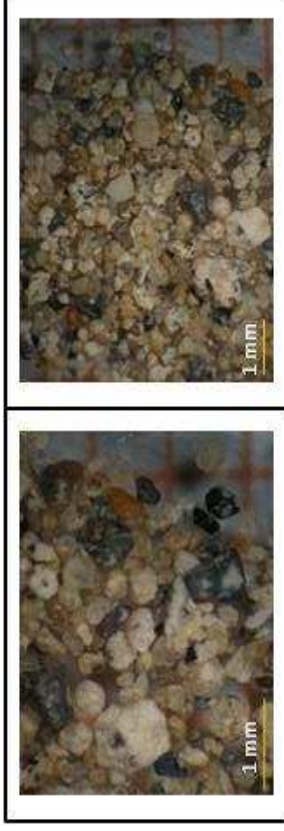


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MUJ-2

Pómez		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
Color	blanca lechosa	subangular						0,2	10
	beige	subesférica		plag				15	
		redondeado							
		subesférico							

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanca traslúcida	prismática	vitreo		ligera argilitización			0,2-0,5	78
feldespato	rosáceo	prismática	mate		ligera argilitización			0,2-0,5	
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo		concoidea			0,2-0,5	9
homblanda	café oscura	prismática	vitreo	no				0,2-0,5	7
hipersteno	verde, café claro	prismática	vitreo	mag?				0,2-0,5	6

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidiana	gris	anhedral	vitreo	mag?	concoidea			0,2	1

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	grises	subangular esférica						0,5	2

Lugar	Manta
Muestra	MUJ-1
UTM	
Color	
Muestra	beige
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige claro	los componentes más grandes corresponden hasta 1.5 mm
---------------------------	-------------	---



Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MUJ-1

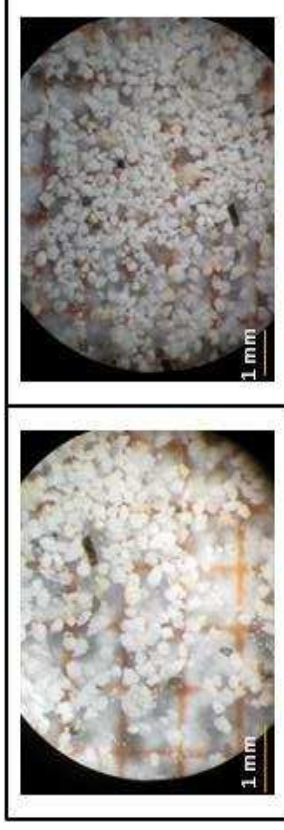
Pómez									
Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	sedoso	subredondeado esférico		mag (1%)				0,2	
blanca beige	sedoso	subangular esférica						0,2	4
gris	sedoso	subangular subesférica						0,2	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismático	vítreo		clivaje	argilitizados	bordes redondeados	0,2	88
feldespatos K	nanja	prismático	mate		clivaje	argilitizados		0,3	
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea	no	bordes redondeados	0,3	10
hornblenda	verde oscuro	prismático	vítreo		clivaje	no		0,2	2

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro traslucido	placas	vítreo			bordes angulares		0,3	3
obsidiana	gris traslúcida	angular tabular		mag	concoidea			0,3	

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
agregados	beige	subangular esférica	baja			si		0,2	4

Lugar	Manta-Crucita
Muestra	MCR-1
UTM	5423601/9892266
Color Muestra	blanca moteada beige
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	blanca moteada beige	ceniza fina
---------------------------	-------------------------	-------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MCR-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	baja	no			bordes redondeados	0.2-0.5	70
	blanca lechosa	sedoso	subangular subesférica angular	baja	bta, hda?				0.5	
	beige	sedoso	subesférica	baja	plag, vidrio, hda				0.4	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida	prismáticos	vítreo		clivaje			0.2-0.3	56
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea			0.2	4
biotita	café oscura	laminar	graso		si		bordes angulares	0.2	4
hornblenda	verde claro	prismáticos	vítreo		clivaje			0.2	37

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro	placas	vítreo		concoidea			0,2	2

Lugar	Manta-Crucita
Muestra	MCR-2
UTM	5423601/9892266
Color Muestra	blanca moteada café
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

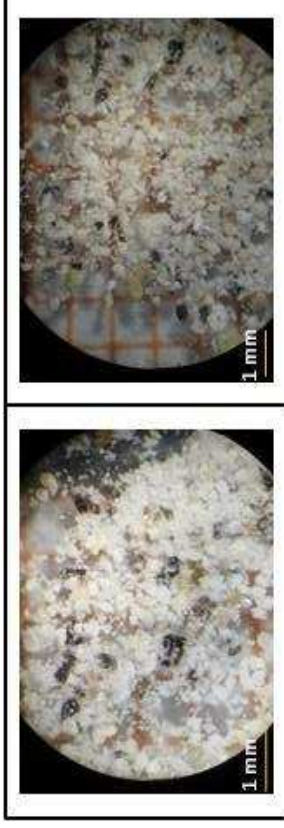


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza MCR-2

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanco lechoso	sedoso		angular subesférica	baja	no				0.2-1	
blanca lechosa	sedoso		subangular subesférica	baja	1% bta	tubulares			0.2-0.5	
beige	sedoso		subangular subesférica	baja	2% bta				0.2-0.4	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	traslúcida	prismáticos	vitreo		clivaje			0.2-0.3	
cuarzo	incoloro	anhedral	vitreo		concoidea			0,2	
biotita	café verdoso oscuro	laminar	graso	no			bordes redondeados	0.2-0.4	
biotita	dorado intenso	laminar	graso	no			bordes redondeados	0.2-0.5	
augita	verde claro	prismáticos	vitreo					0,2	

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro	placas	vitreo					0.2	
botroidal	incoloro	botroidal	vitreo					0.2-0.4	
melcocha	incoloro	anhedral	vitreo					0.2-0.5	
hilos de vidrio	incoloro	hilos	vitreo					0,2	

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
limollitas	beige	subangular subesférica		no					

Cristales del omados

Lugar	Río Cañas
Muestra	RCÑ-1
UTM	519975/9869366
Color Muestra	beige
Tam iz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

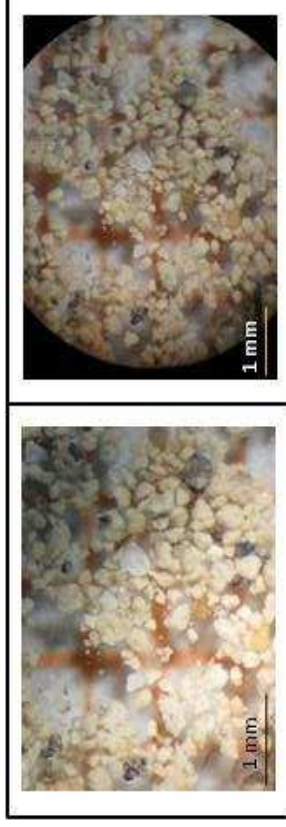


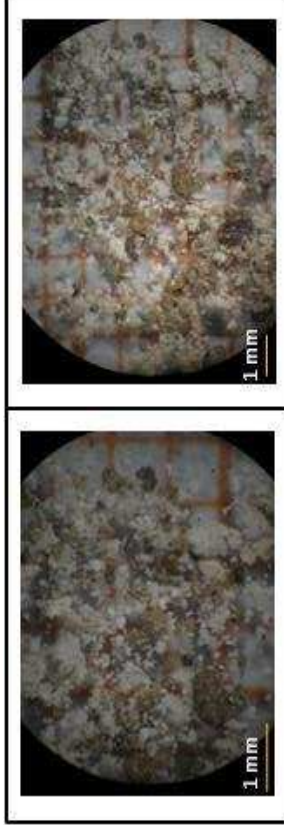
Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RCÑ-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
beige	sedoso		angular subesférica - subangular esférica		tz traslúcidas				0,2-1	73

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso traslucido	prismático	vítreo		civaje	algunas argilitizadas		0,2-0,4	65
biotita	café	laminar	graso		si			0,5	7
hornblenda	café claro, verde oscuro	prismático	vítreo	mag?	civaje			0,2	21
augita	verde claro	prismático	vítreo	mag?				0,2	7

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	negros, grises	angular subesférica			alta			1-2	12
	beige	subangular subesférica			alta			0,5	

Lugar	Isla de la Plata
Muestra	IPL-3
UTM	
Color Muestra	blanca moteada beige
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	blanca moteada beige	ceniza fina
---------------------------	----------------------	-------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza IPL-3

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedosa	subangular subesférica	baja	3%: anf?				0.2-1	
	gris beige	sedosa	subangular subesférica	baja	5%: plag, anf				0.2-1	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	amarillenta	prismática	vítreo sedoso		clivaje	argilitizadas		0.2-0.4	
biotita	café pardo	laminar	graso			no			
hornblenda	verde oscuro	prismáticos	vítreo		clivaje	si		0.2-0.3	

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	café moteado negro	angular subesférica	no	no			0.2-5	

Otros:	
---------------	--

Lugar	Isia de la Plata
Muestra	IPL-2
UTM	
Color	
Muestra	beige clara
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

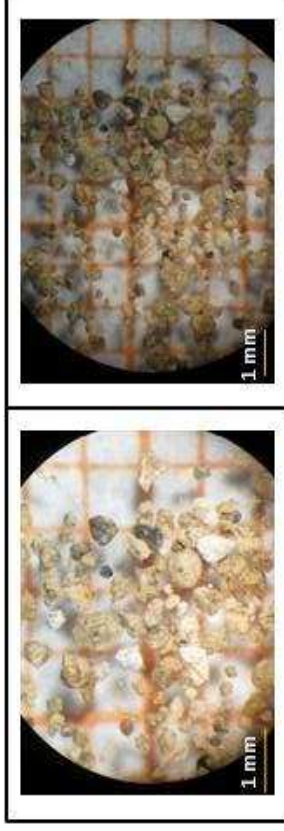


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza IPL-2

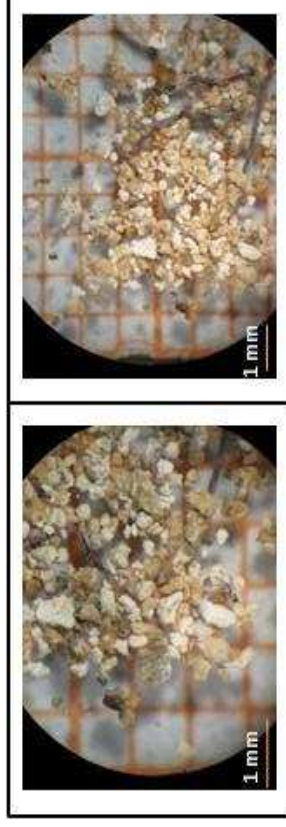
Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular esférica	baja	tz: negras				0.1-0.2	
	beige	sedoso	subredondeada esférica	baja	5%: hda				0.3-1	30
	blanca gris	sedoso	subangular esférica	baja	hda, bla				0.3-0.6	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato	traslúcida	prismáticos	vítreo		clivaje			0,2	75
cuarzo	incolore	anhedral	vítreo		concoldea			0,3	10
biotita	café parda	laminar	graso			si	bordes redonde ados	0.3-0.5	5
hornblenda	verde oscuro	prismáticos	vítreo		clivaje	si		0.2-0.3	10

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	café moteado negro	angular subesférica	no	no				0.2-5	

Otros:	alto contenido de materia orgánica y líticos, bajo contenido de carbonatos								
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lugar	Isla de la Plata
Muestra	IPL-1
UTM	
Color	beige clara
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza IPL-1

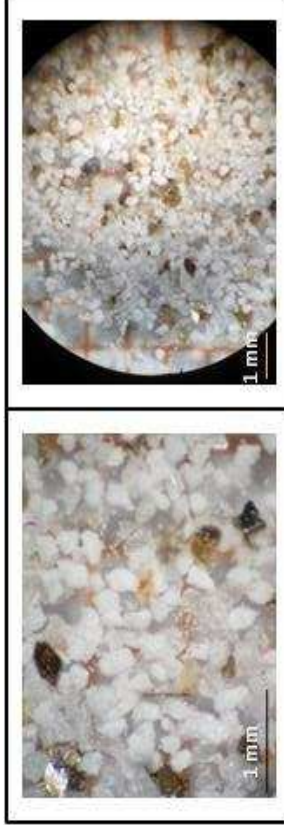
Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	sedoso		subangular subesférica	baja	tz: traslúcidos, rojos				0,2-0,3	15
beige	sedoso		angular subesférica	baja	1%: rojas				0,2	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato K	traslúcida	prismáticos	vítreo		civraje			0,2	75
cuarzo	incolore	anhedral	vítreo		concoídea			0,3	10
hornblenda	verde claro	prismáticos	vítreo		civraje			0,2	15

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	café oscuro	angular subesférica						0,3	75

Otros:	muestra muy contaminada con lutitas, contaminación de carbonatos									
---------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Lugar	N Puerto Cayo
Muestra	NPC-1
UTM	520699/9855586
Color Muestra	blanca lechosa
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	blanca lechosa	ceniza fina
---------------------------	----------------	-------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RCV-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular-esférica		bta				0.1-0.3	50
	beige	sedoso	subangular-esférica		bta, mag				0.2	

Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
feldespato	incoloro traslucido	vítreo	prismático	no				0,5	51
cuarzo	blanco lechoso traslucido	vítreo	anhedral		concoidea			0,2	7
biotita	dorada café	graso	laminar	no	si		bordes redondeados	0,6	35
augita	verde claro	vítreo	prismático	no				0,2	7

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
botroidal	incoloro	botroidal	vítreo		vítreo		pequeñas burbujas	0.2-0.8	36

Otros:	no existen carbonatos, muestra muy limpia, sin componentes externos									
---------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Cristales deformados

Lugar	Aguas Blancas
Muestra	AGB-1
UTM	
Color	kaki
Muestra	kaki
Tamaño (mm)	0,16

Muestra sin lavar:	kaki	muestra uniforme, se observa feldespato fresco y no alterados
---------------------------	------	---

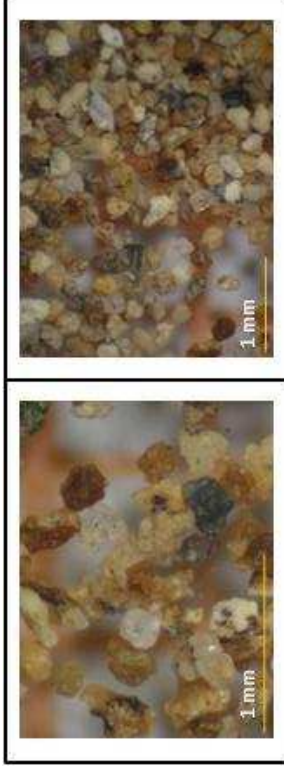


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza AGB-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca	mate-sedoso	redondeado tabular, subangular subesférica	baja, algunas vesículas alargadas	negros (3%) mag, rojas (1%) hem, goet					0,16	5
beige	mate	subangular subesférica		negros					0,16	5

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
Feldespatos	lechoso, traslucido	prismático	vitreo	no	clivaje	argilitización algunas	bordes angulares	0,2	84
cuarzo	incoloro, traslucido	anhedral	vitreo	no	concoidea	no	bordes redondeados	0,16	11
hornblenda	verde claro	prismático	vitreo	no	clivaje	algunas		0,2	5
clorita	verde intenso	anhedral	mate	no	no	producto de		0,16	acc

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	CaCO3	Tamaño	%
hemalita	grises moteados	irregular	no	no	producto de	bordes angulosos	0,2	
	rojos	irregular	no	no			tr	2

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
fósiles (micro amonite)	blanco lechoso	micro amonite	vitreo	no	no	si	0,2
esferas	naranja café	esferoidal	vitreo	no	no	no	0,16

Cristales deformados

Lugar	Aguas Blancas
Muestra	AGB-2
UTM	
Color Muestra	kaki
Tamiz (mm)	0,2



Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza AGB-2

Muestra sin lavar:	kaki	muestra de tamaño uniforme
---------------------------	------	----------------------------

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	mate	subredondeado esférica	baja	negros y rojos					0,2	87

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa K	lechosa traslúcida, amarillenta	prismática	vítreo, mate	no	clivaje	argilitización		0,3	87
cuartzo	naranja rosáceo	prismática	mate	no	no	argilitización		0,2	
biotita	incoloro	anhedral	vítreo	no	concoidea	no		0,2	6
hornblenda	café naranja	laminar	adamantino	no	si	no		0,3	1
hematita	verde oscuro	prismática	vítreo	no	clivaje	no		0,3	6
	naranja café	anhedral	mate	no	no	producto de		0,2	acc

Vidrio "escórea"	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	gris	anhedral	mate	magnetita		muy vesicular		0,2	3

Cristales deformados

Lugar	Río Salango
Muestra	RSL-1
UTM	
Color Muestra	beige-café
Tamaño (mm)	0,074

Muestra sin lavar:	beige-café	muestra fina en pómez, apenas el 3% son cristales
---------------------------	------------	---

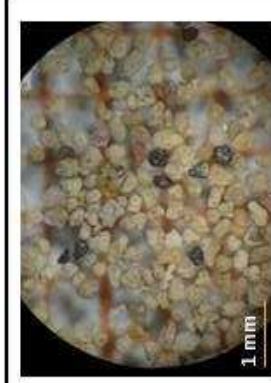
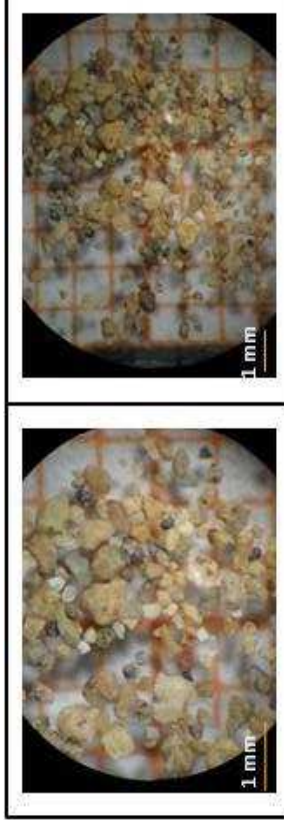


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RGB-Z

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	sedoso		subredondeado esférica, subangular esférica, angular esférica	media	traslúcidos (plag, vidrio), negros (3%), anfíbol (1%), rojos (1%, hem)					83
	sedoso		angular subesférica	media	no					5
Mineral	Color	Brillo	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro traslúcido		prismática	vitreo	rojas	clivaje	no	bordes redondeados		3
cuarzo	incoloro traslúcido		anhedral	vitreo	no	concoidea	no			1
feldespato	rosáceo amarillento		prismática	mate	no	clivaje	no			1
hematita	naranja		subangular esférica	mate	no	no	producto de			1
Vidrio	Color	Brillo	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
	incoloro		subangular esférico	vitreo	no		muy vesicular			0.5
	rosáceo		subangular esférico	vitreo	no	si				0.5
obsidiana	gris		anhedral	vitreo	no			bordes redondeado		1
	incoloro		amorfo (tres patas)	vitreo	no	concoidea				2
Lífticos	Color	Forma	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	beige claro		aplanados	no	no		bordes angulares			2

Cristales deformados

Lugar	El Pital
Muestra	EPI-1
UTM	527795/9824248
Color Muestra	beige clara
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	beige	los componentes más grandes corresponden a los líticos beige
---------------------------	-------	--

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza EPI-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedoso	subangular subesférica	baja	negros				0,3	45
	beige gris claro	sedoso	subangular subesférica	baja	rojas, negras, óxidos, anf?				0,4	
									0,4	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%/100
plagioclasa	incoloro traslúcido	prismático	vítreo	no				0,5	87
feldespato K	rosácea	prismático	vítreo	no			bordés angulares	0,3	7
hornblenda	verde	prismático	vítreo	no				1	3
hipersteno	pardo café	prismático	vítreo	no				0,4	4
clorita	verde intenso	granular	mate					0,2	tr

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
	grises	angular subesférica						0,3	19
	beige, naranja	angular subesférica						0,5	

Lugar	El Pital
Muestra	EPI-2
UTM	526817/9824510
Color	beige clara
Tamiz (mm)	0,2



Figura Anexo 3: Fotografías de la ceniza EPI-2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
blanca lechosa	sedoso	baja	subangular subesférica	baja	no				0,3	
blanca traslúcida	sedoso-vítreo	baja	angular subesférica subangular subesférica	baja	1%: mag. hda, rojas				0,2	30
beige	sedoso	baja	angular subesférica subesférica	baja	3%: mag. hda				0,2	

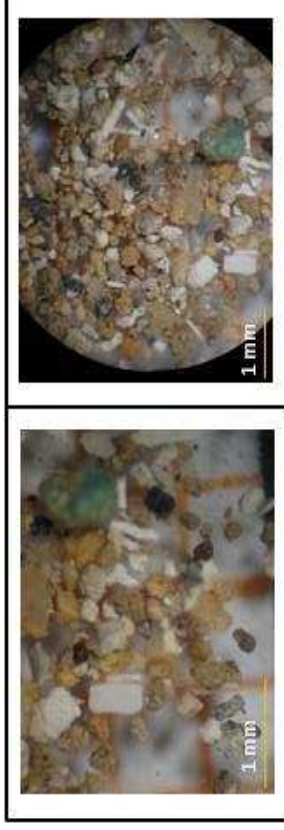
Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incoloro traslúcido	prismático	vítreo	no				0,5	97
feldespato K	rosácea	prismático	vítreo	no			bordes angulares	0,3	
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea	no	bordes redondeados	0,2	3

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
shards	incoloro	placas	vítreo	no	concoidea			0,2	10
botroidal	incoloro	botroidal	vítreo	no					

Externos	Color	Forma	Brillo	Fracturamiento	Otros	CaCO3	Tamaño
esferas	blanco lechoso	esferoidal	vítreo				0,2

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutita	naranja	subangular subesférica	baja					0,2	18
lutita limolitas	beige	angular ovoide						0,2	

Lugar	Río Juancho
Muestra	RJC-1
UTM	519579/9823242
Color Muestra	beige
Tam iz (mm)	0,2



Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RJC-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca	sedoso	angular subesférica	baja	3%: mag, anf				0.5	
	gris	sedoso	subangular subesférica	baja	negras				0.3	60
	beige	sedoso	subangular subesférica	baja	negras				0.4	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	blanco lechoso	prismática	vítreo	no	civaje		bordes angulares	0-3	91
feldespato K	naranja	prismático	mate		civaje	argilitizados		0,3	
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea	no	bordes redondeados	0,2	9

Líticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	naranja	subredondeada subesférica	no				no	0,5	

Lugar	Río Chico
Muestra	RCV-1
UTM	
Color	beige clara
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

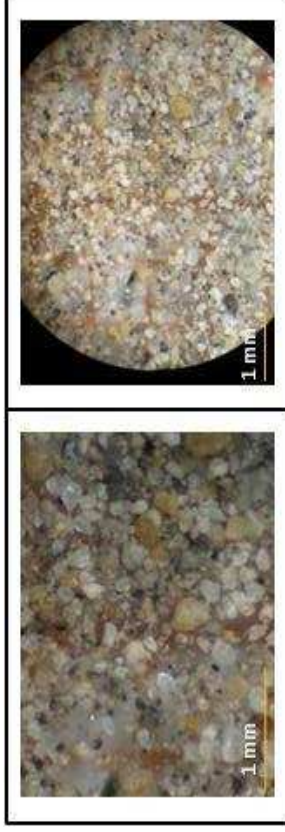


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza RCV-1

Pómez	Color	Brillo	Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
	blanca lechosa	sedosa	subredondeada esférica	baja	plag, rojos, hem				0,2	
	gris	sedosa	subredondeada subesférica	baja	negras (10%)				0,2	45
	beige	sedosa	subredondeada esférica	baja					0,2	

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Alteración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismático	vítreo		clivaje	argilitizados	bordes redondeados	0,2	78
feldespato K	naranja	prismático	mate		clivaje	argilitizados		0,3	
cuarzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea	no	bordes redondeados	0,2	8
hornblenda	verde oscuro	prismático	vítreo		clivaje	no		0,2	5
hipersteno	verde, café claro	prismático	vítreo	mag?				0,2-0,5	5
augita	verde agua	prismático	vítreo					0,16	4
clorita	verde oscuro	anhedral	mate			producto de		0,16	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidian	gris	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,3	tr

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	beige	tabular	baja				no		5

Lugar	Río Chico
Muestra	RCV-1
UTM	
Color	beige clara
Tamiz (mm)	0,2

Muestra sin lavar:	beige	ceniza fina
---------------------------	-------	-------------

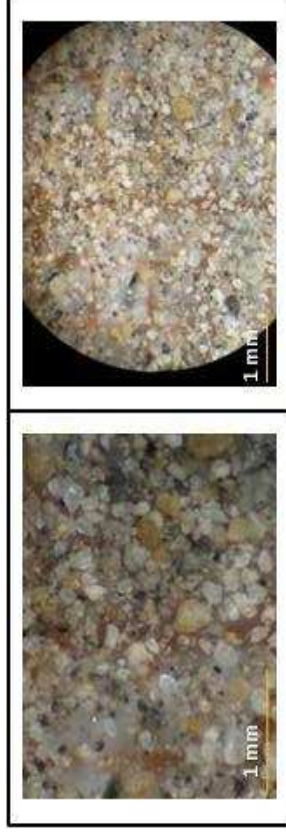


Figura Anexo 3. Fotografías de la ceniza KCV-1

Pómez		Forma	Vesicularidad	Minerales	Estructuras	CaCO3	Otros	Tamaño	%
Color	sedosa	subredondeada esférica	baja	plag, rojos, herm				0.2	
blanca lechosa	sedosa	subredondeada subesférica	baja	negras (10%)				0.2	45
gris	sedosa	subredondeada esférica	baja					0.2	
beige	sedosa								

Mineral	Color	Forma cristalina	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Ateración	Otros	Tamaño	%
plagioclasa	incolora	prismático	vítreo		clivaje	argilitizados	bordes redondeados	0,2	
feldespato K	naranja	prismático	mate		clivaje	argilitizados		0,3	78
cuartzo	incoloro	anhedral	vítreo		concoidea	no	bordes redondeados	0,2	8
hornblenda	verde oscuro	prismático	vítreo		clivaje	no		0,2	5
hipersteno	verde, café claro	prismático	vítreo	mag?				0,2-0,5	5
augita	verde agua	prismático	vítreo					0,16	4
clorita	verde oscuro	anhedral	mate			producto de		0,16	acc

Vidrio	Color	Forma	Brillo	Inclusiones	Fracturamiento	Otros	Estructuras	Tamaño	%
obsidian	gris	anhedral	vítreo	no	concoidea			0,3	tr

Lífticos	Color	Forma	Vesicularidad	Fracturamiento	Alteración	Otros	CaCO3	Tamaño	%
lutitas	beige	tabular	baja				no		5

ANEXO 3

DIAGRAMA UNIFICADO DE LA ESTRATIGRAFÍA DE LAS CENIZAS DISTALES EN LA REGIÓN COSTA

ANEXO 4

DATOS GEOQUÍMICOS DE CENIZAS PROXIMALES Y DISTALES

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS PROXIMALES

VOLCÁN	CÓDIGO	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	FeO	MnO	CaO	MgO	K2O	Na2O	P2O5	Ni	Cr
CUICOCHA	CUI-1	61,79	17,32	0,58	6,17	5,55	0,10	5,91	2,81	1,21	3,96	0,15	12	60
	CUI-2	61,93	16,95	0,59	6,29	5,66	0,10	6,14	2,84	1,23	3,76	0,16	14	58
	CUI-3	62,18	16,97	0,58	6,20	5,58	0,10	6,15	2,77	1,16	3,74	0,15	11	50
PULULAHUA	PUL-1	61,93	16,93	0,55	6,07	5,46	0,09	5,79	3,18	0,94	4,34	0,18	26	84
	PUL-2	61,90	16,84	0,57	6,24	5,62	0,09	5,73	3,24	0,97	4,27	0,15	28	83
GUAGUA PICHINCHA	GGP-1	64,34	16,55	0,43	5,41	4,87	0,08	4,94	2,28	1,79	4,02	0,15	21	38
	GGP-2	65,21	16,51	0,39	4,89	4,40	0,08	4,53	2,16	1,86	4,24	0,13	22	39
	GGP-3	63,64	16,21	0,42	5,51	4,96	0,09	5,52	2,72	1,72	4,03	0,14	27	42
NINAHUILCA	NIN-1	63,21	16,56	0,54	5,32	4,79	0,07	4,97	1,73	1,11	3,99	0,13	5	11
	NIN-2	63,76	16,86	0,52	5,21	4,69	0,06	4,99	1,65	1,06	4,20	0,13	6	12
	NIN-3	63,71	16,75	0,54	5,33	4,80	0,06	4,88	1,66	1,08	4,13	0,13	8	13
COTOPAXI	CTF1-1	74,58	14,59	0,19	1,50	1,35	0,07	1,67	0,34	2,47	4,51	0,08	1	2
	CTF5-1	74,01	14,70	0,21	1,69	1,52	0,08	1,79	0,46	2,65	4,32	0,09	1	2
	CTF1-2	75,28	14,27	0,13	1,19	1,07	0,06	1,43	0,24	3,12	4,23	0,05	12	3
	CTF2-1	76,19	13,83	0,12	1,17	1,05	0,06	1,31	0,23	2,92	4,12	0,05	2	3
	CTF2-2	73,94	14,85	0,19	1,58	1,42	0,07	1,75	0,38	2,72	4,45	0,08	2	3
	CTF3-1	75,66	14,14	0,14	1,22	1,10	0,07	1,44	0,26	2,73	4,27	0,06	2	4
	CTF4-1	75,41	14,51	0,13	0,87	0,78	0,06	1,42	0,13	2,80	4,60	0,07	8	5
	CTF4-2	68,55	16,46	0,35	3,05	2,75	0,09	3,14	0,77	2,34	5,08	0,17	5	4
	CTF4-3	70,34	15,82	0,28	2,36	2,12	0,08	2,72	0,55	2,53	5,19	0,13	4	2
	CTF4-4	68,67	16,31	0,35	2,99	2,69	0,08	3,16	0,75	2,36	5,17	0,17	5	5
	CTC-2	74,33	14,18	0,25	1,61	1,45	0,05	1,23	0,31	4,74	3,26	0,04	8	1
	CTC-3	74,01	14,33	0,25	1,43	1,29	0,05	1,28	0,30	4,86	3,46	0,04	5	2
QUILTOA	CTC-4	74,05	14,17	0,24	1,37	1,23	0,05	1,23	0,20	4,88	3,79	0,03	8	1
	QUIL-1	65,42	16,86	0,46	4,22	3,79	0,07	4,42	1,97	1,59	4,82	0,17	11	21
	QUIL-2	65,60	16,53	0,47	4,47	4,03	0,07	4,39	2,07	1,62	4,62	0,16	13	25
	QUIL-4	65,53	16,86	0,47	3,80	3,42	0,07	4,44	1,80	1,65	5,24	0,15	13	19

VOLCÁN	CÓDIGO	V	Ba	Rb	Sr	Zr	Y	Nb	La	Ce	Th	Co	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Nd
CUICOCHA	CUI-1	135	590	21,0	455	82	13,5	2,8	8,4	19,0		15		0,75		2,30	1,20	1,15	11,5
	CUI-2	140	610	21,5	465	87	14,2	2,8	9,2	19,0		17		0,75		2,40	1,20	1,13	12,0
	CUI-3	135	560	21,0	450	85	14,0	2,9	8,3	18,0		15		0,75		2,20	1,30	1,13	11,0
PULULAHUA	PUL-1	133	446	15,4	488	80	11,0	2,7	7,2	15,5	1,10	17	2,15	0,70	2,10	1,85	1,00	1,01	9,5
	PUL-2	141	455	14,2	472	80	11,0	2,8	7,8	16,0	1,10	20	2,40	0,74	2,30	1,90	1,00	0,97	10,0
GUAGUA PICHINCHA	GGP-1	120	790	42,0	510	69	8,8	3,2	13,8	25,5	3,80	14	2,40	0,66	2,30	1,45	0,80	0,74	12,6
	GGP-2	105	805	43,5	520	66	8,0	3,2	13,0	24,0	3,50	14	2,10	0,65	2,30	1,40	0,80	0,68	11,0
	GGP-3	125	780	41,0	510	75	9,0	3,1	13,4	22,0	3,50	24	2,20	0,69	2,50	1,55	0,90	0,82	11,4
NINAHUILCA	NIN-1	108	580	22,4	428	76	7,5	3,1	8,1	16,5	1,65	11	2,45	0,73	2,50	1,55	0,60	0,49	9,8
	NIN-2	110	606	21,2	444	76	7,3	3,3	8,2	16,5	1,50	11	2,20	0,72	2,25	1,45	0,50	0,45	10,3
	NIN-3	114	620	21,8	440	76	7,2	3,4	8,0	17,0	1,65	11	2,40	0,76	2,30	1,35	0,60	0,48	9,8
COTOPAXI	CTF1-1	6	939	64,0	297	65	9,4	6,7	20,0	37,5	6,60	1		0,63		1,50	1,00	0,79	16,5
	CTF5-1	11	918	65,0	318	84	9,4	14,2	21,0	39,0	6,90	2		0,61		1,60	1,00	0,87	17,0
	CTF1-2	8	984	78,0	245	79	8,0	6,8	22,0	32,0	9,00								
	CTF2-1	7	935	71,0	214	50	7,6	6,5	21,5	38,0		1		0,48		1,40	0,80	0,67	14,6
	CTF2-2	8	930	66,0	300	98	8,7	6,0	20,8	39,5		2		0,59		1,50	0,90	0,82	16,2
	CTF3-1	7	1000	71,0	260	62	8,1	6,7	20,5	37,0	8,15	1		0,54		1,35	0,70	0,69	15,5
	CTF4-1	15	912	75,0	259	116	9,0	7,0	26,0	38,0	9,00								
	CTF4-2	32	877	62,0	448	147	13,0	6,7	20,0	43,0	5,00								
	CTF4-3	19	883	64,0	408	141	12,0	6,0	20,0	38,0	6,00								
	CTF4-4	35	835	63,0	449	146	12,0	6,3	27,0	45,0	8,00								
QUILOTOA	CTC-2	18	1075	180,0	213	181	12,0	12,3	28,0	51,0	21,00								
	CTC-3	9	1061	178,0	221	182	13,0	11,0	32,0	53,0	22,00								
	CTC-4	20	1054	180,0	211	179	15,0	12,7	36,0	61,0	22,00								
	QUIL-1	95	600	32,5	538	61	8,8	3,3	12,0	25,0	3,25	12	2,70	0,71	2,10	1,55	0,85	0,75	12,5
QUIL-2	95	625	33,0	518	60	9,1	3,4	12,0	25,0	3,35	13	2,80	0,73	2,20	1,70	0,90	0,81	12,5	
QUIL-4	82	584	34,0	532	108	9,0	4,4	15,0	26,0	5,00									

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS DISTALES

SITIO	CÓD.	SiO2	Al2O3	TiO2	Fe2O3	FeO	MnO	CaO	MgO	K2O	Na2O	P2O5	Ni	Cr	Sc
LA TOLA EL INDIIO	TEI-1	61,47	17,19	0,92	7,59	6,83	0,09	5,80	2,71	1,15	3,62	0,20	22	85	15,4
	TEI-2	71,60	14,85	0,34	2,83	2,54	0,05	2,92	1,18	2,70	3,63	0,19	9	20	7,0
	ATA-1	69,17	14,49	0,46	3,28	2,95	0,06	3,16	1,74	3,30	4,50	0,17	9	17	5,0
ATACAMES	ATA-2	64,67	17,89	0,60	6,09	5,49	0,07	3,94	2,56	1,35	3,29	0,14	35	72	15,0
	ATA-6	64,18	18,44	0,63	6,33	5,70	0,05	2,50	2,96	1,25	4,20	0,10	33	74	16,0
	ATA-7	65,57	17,32	0,56	5,43	4,88	0,05	5,19	2,07	1,45	2,74	0,17	34	72	14,0
PLAYA CABUYAL	PYC-1	67,29	16,60	0,32	3,78	3,40	0,07	4,54	1,77	1,42	4,42	0,16	10	21	10,1
	JAMA-1	69,01	15,49	0,44	4,30	3,87	0,05	4,07	1,37	1,54	4,02	0,13	11	16	2,0
CABOPASADO	CBP-1	47,07	10,64	0,43	4,15	3,74	0,02	33,42	2,84	0,96	0,76	0,13	17	40	8,1
	CBP-2	52,06	9,50	0,43	3,38	3,05	0,03	31,14	1,43	0,71	1,45	0,20	12	40	7,4
	SIC-1	66,30	16,90	0,40	4,52	4,07	0,11	4,70	2,05	1,24	4,04	0,17	14	29	10,4
SAN ISIDRO	SIC-3	61,78	18,52	0,68	5,71	5,14	0,06	6,97	2,30	0,78	3,66	0,11	26	58	13,4
	SIC-5	63,88	19,03	0,59	4,73	4,26	0,07	5,38	1,90	0,96	3,83	0,10	23	46	11,1
	RMC-4	65,84	16,66	0,36	4,33	3,90	0,08	5,42	2,03	1,26	4,29	0,16	12	26	11,0
CANOA	CAN-1	67,81	15,53	0,55	5,29	4,76	0,08	4,09	1,67	1,47	3,90	0,14	15	28	9,0
	CAN-2	65,93	16,77	0,39	4,52	4,06	0,08	4,69	2,12	1,21	4,60	0,15	12	31	10,8
	CAN-3	70,85	14,01	0,32	2,52	2,27	0,04	4,49	0,91	1,97	4,99	0,14	3	5	4,5
ESTERO CHIRIJE	ECH-1	71,66	15,05	0,33	2,61	2,34	0,07	2,93	0,87	2,54	3,97	0,25	6	20	5,7
	JAP-3	67,29	16,40	0,41	4,31	3,88	0,08	4,44	1,88	1,45	4,03	0,15	10	28	10,2
	MUI-1	62,02	11,78	0,42	3,62	3,26	0,05	18,04	1,65	0,89	1,81	0,07	15	47	8,3
MANTA	MCR-1	71,09	14,95	0,26	2,74	2,47	0,07	2,87	1,34	2,49	4,35	0,12	7	16	4,4
	MCR-2	75,63	13,43	0,18	1,20	1,08	0,05	0,91	0,45	4,02	4,19	0,05	2	7	2,9
RIO CHICO	RCV-1	63,28	17,50	0,80	5,93	5,33	0,08	4,95	1,95	1,84	4,01	0,25	11	27	12,2
	RCV-2	71,97	14,65	0,39	3,31	2,98	0,05	3,01	1,00	1,83	3,96	0,15	8	13	5,6
N PUERTO CAYO	NPC-1	73,06	14,50	0,30	1,91	1,72	0,05	1,49	0,60	4,08	4,14	0,07	3	8	2,9

ANÁLISIS GEOQUÍMICOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS DISTALES

SITIO	CÓD.	V	Ba	Rb	Sr	Zr	Y	Nb	Ga	Cu	Zn	Pb	La	Ce	Th	Nd
LA TOLA EL INDIO	TEI-1	165,00	492,50	26,70	526,60	157,20	11,10	3,70	16,70	18,50	86,20	5,20	8,90	18,80	3,00	11,30
	TEI-2	57,20	1002,20	63,70	290,10	116,10	9,40	2,80	14,00	40,30	77,40	8,00	14,30	26,50	6,60	12,20
	ATA-1	53,00	1043,00	76,00	274,00	94,00	9,00	5,70	14,00	8,00	65,00					
ATACAMES	ATA-2	115,00	697,00	32,00	388,00	78,00	12,00	3,00	15,00	43,00	83,00					
	ATA-6	125,00	382,00	33,00	634,00	80,00	12,00	3,10	18,00	46,00	81,00					
	ATA-7	109,00	887,00	31,00	434,00	81,00	12,00	3,60	16,00	41,00	77,00					
PLAYA CABUYAL	PYC-1	67,50	614,50	21,80	448,50	97,10	9,10	2,70	15,50	13,10	63,20	5,00	8,80	13,70	1,90	9,40
JAMA	JAM-1	83,00	733,00	31,00	349,00	103,00	9,00	3,70	17,00	14,00	77,00	7,00	12,00	25,00	0,00	
CABO PASADO	CBP-1	70,20	366,80	19,70	310,80	50,30	7,70	1,80	7,50	21,80	49,50	3,90	5,10	6,30	6,10	6,80
	CBP-2	65,90	463,10	12,40	281,60	76,40	8,70	1,10	7,00	9,10	38,10	2,90	5,90	9,10	3,50	5,40
SAN ISIDRO	SIC-1	84,70	566,00	20,80	435,10	91,00	10,50	2,60	16,70	19,00	70,30	4,10	10,60	20,10	2,50	10,80
	SIC-3	128,10	383,60	17,80	596,70	67,20	7,70	1,10	18,20	32,30	79,00	4,80	8,80	13,10	3,20	8,20
	SIC-5	108,40	472,20	21,90	619,40	74,00	8,50	2,70	18,10	34,60	75,00	6,40	9,60	15,60	2,30	7,00
RÍO MUCHACHO	RMC-4	79,00	548,90	19,60	458,70	90,40	10,20	2,80	16,50	17,30	65,40	4,60	13,20	14,80	1,60	9,70
CANOA	CAN-1	112,00	637,00	28,00	404,00	105,00	10,00	3,30	18,00	18,00	85,00	9,00	4,00	20,00	2,00	
	CAN-2	87,90	503,80	19,80	447,20	90,20	11,00	2,70	17,10	11,50	67,40	5,40	9,70	12,40	1,20	8,90
	CAN-3	38,00	764,50	34,50	301,20	100,70	6,80	4,00	15,20	6,90	61,30	8,80	14,20	27,80	4,10	13,80
ESTERO CHIRIJE	ECH-1	35,90	771,90	56,20	345,10	130,70	11,50	5,20	14,50	6,30	61,80	11,30	21,80	32,10	7,40	12,90
JAPOTO	JAP-3	76,70	576,90	24,50	418,70	100,60	8,90	2,70	15,80	15,50	66,40	5,40	7,60	20,90	3,70	10,10
MANTA	MUJ-1	54,70	549,40	21,30	380,90	86,10	10,30	1,90	10,10	15,70	40,10	4,80	10,20	16,70	5,70	10,30
	MCR-1	35,60	606,50	32,40	307,00	79,20	7,40	3,10	13,50	9,50	54,70	8,00	10,20	20,80	7,30	9,30
	MCR-2	11,80	610,30	108,10	117,80	74,80	8,60	17,80	13,70	3,10	30,30	20,20	20,60	35,30	22,00	10,90
RIO CHICO	RCV-1	122,00	669,40	38,10	596,50	129,60	14,90	5,60	18,80	28,80	86,50	8,50	17,40	36,80	5,50	18,70
	RCV-2	52,90	739,20	30,80	318,30	117,10	7,50	4,30	15,60	13,50	71,30	6,80	12,80	21,30	2,80	12,70
N PUERTO CAYO	NPC-1	25,40	1115,90	154,80	239,90	163,90	14,00	10,70	16,00	6,00	47,70	21,50	30,20	53,50	22,40	18,60