

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA Y
PETRÓLEOS**

**CATÁLOGO DE EVENTOS VOLCÁNICOS OCURRIDOS EN EL
ECUADOR CONTINENTAL DESDE EL PLIOCENO Y ANÁLISIS
DE LA FRECUENCIA ERUPTIVA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

OPCIÓN: ARTÍCULO ACADÉMICO

SANTAMARÍA FREIRE SANTIAGO DAVID

sds_3000@hotmail.com

DIRECTOR: DR. BERNARD BENJAMIN PIERRE THIBAUT

bbernard@igepn.edu.ec

CO-DIRECTORA: DRA. HIDALGO TRUJILLO SILVANA IVONNE

shidalgo@igepn.edu.ec

Quito, febrero de 2017

DECLARACIÓN

Yo, Santiago David Santamaría Freire, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

SANTAMARÍA FREIRE SANTIAGO DAVID

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Santiago David Santamaría Freire, bajo nuestra supervisión.

Dr. Bernard Benjamin Pierre Thibaut

DIRECTOR

Dra. Hidalgo Trujillo Silvana Ivonne

CO-DIRECTORA

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Dr. Benjamin Bernard, por su gran apoyo y motivación para la realización de este trabajo, y más aún, por ser la guía de mi formación profesional y académica. En cada día se plantea una enseñanza más que aprender y nuevas metas por alcanzar.

A la Dr. Silvana Hidalgo, por abrirme las puertas al Instituto Geofísico y permitirme formar parte de su equipo científico. Sin ese pequeño, pero gran paso, no podría haber cumplido el anhelo de trabajar directamente con lo que más me apasiona, la ciencia y los volcanes.

A Patricio Ramón, Jorge Aguilar, Jean-Luc Le Pennec y Pablo Samaniego por su contribución significativa en la realización de este trabajo a través del aporte constante de nuevas ideas a discutir e integrar.

A mis profesores, quienes me impartieron las más grandes enseñanzas de la vida: trabajo, dedicación, esfuerzo y humanidad.

A mis padres y mis hermanos, quienes nunca me dejaron desfallecer y supieron ser mi guía espiritual. Nunca dejaré de estar agradecido con Dios por haberme otorgado la sabiduría infinita de mi familia.

A M. Cupuerán, E. Telenchana, B. Guzmán y K. Acuña por su apoyo incondicional durante mi vida académica. Sus consejos han servido de mucha ayuda en los momentos más difíciles e incluso en la redacción de estos párrafos. Siempre los consideraré parte mi familia.

A K. Morales por haberme acompañado durante la culminación de este trabajo. Su continuo respaldo permitió completar este desafío con el mayor de los éxitos.

A mis compañeros y amigos por todos aquellos momentos de alegría que hemos compartido en el trabajo, las aulas y la minl House.

DEDICATORIA

A quienes dieron todo por mi presente y mi futuro,
Mariela, Edwin, Carmen y Javier
¡Lo hicimos familia!

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VII
GLOSARIO DE ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO I.....	3
1. Introducción.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Justificación.....	4
1.3. Pregunta de investigación.....	5
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Alcance.....	6
CAPÍTULO II.....	7
2. Marco teórico.....	7
2.1.1. Desarrollo del trabajo científico.....	7
2.1.1.1. El volcanismo en el Ecuador (Hall, 1977)	7
2.1.1.2. Plio-Quaternary volcanism in Ecuador (Barberi et al., 1988).....	10
2.1.1.3. El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador (Hall & Beate, 1992)	10
2.1.1.4. La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral (Hall & Mothes, 1998).....	11
2.1.1.5. Ecuadorian Andes volcanism: a review of late Pliocene to present activity (Hall et al., 2008)	12
2.1.2. El volcanismo ecuatoriano en bases de datos globales	12
2.1.2.1. Global Volcanism Program database.....	12
2.1.2.2. Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions database.....	13
2.2. Eventos volcánicos.....	14
2.2.1. Definiciones previas.....	14
2.2.2. Parámetros eruptivos.....	15

2.2.2.1.	Magnitud (M)	16
2.2.2.2.	Intensidad (I)	17
2.2.2.3.	Índice De Explosividad Volcánica (VEI)	18
2.3.	Geocronología volcánica	20
2.3.1.	Métodos de datación absolutos	20
2.3.1.1.	Radiocarbono o ¹⁴ C	20
2.3.1.2.	Potasio-Argón (K/Ar).....	22
2.3.1.3.	Argón-Argón (⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar).....	22
2.3.2.	Datación relativa	23
2.3.2.1.	Tefrocronología	24
2.3.3.	Descripciones históricas	25
CAPÍTULO III.....		27
3.	Estructura de la base de datos	27
3.1.	Parámetros de inclusión de eventos volcánicos.....	27
3.2.	Información volcánica y estratigráfica	28
3.3.	Datos geocronológicos	31
3.3.1.	Sistemas de representación de edades	31
3.3.2.	Calibración de edades radiocarbono	33
3.3.3.	Índice de Calidad de Dataciones (ICD).....	34
3.3.4.	Presentación de edades	35
3.4.	Referencias	38
3.5.	Tablas suplementarias.....	38
CAPÍTULO IV		40
4.	Análisis geocronológico de la actividad volcánica en el arco continental ecuatoriano	40
4.1.	Síntesis de la actividad volcánica del Holoceno.....	40
4.1.1.	Centros volcánicos con actividad en el Holoceno.....	41
4.1.1.1.	Volcán El Soche (SCH)	41
4.1.1.2.	Complejo Volcánico Chachimbiro (CHA)	41
4.1.1.3.	Complejo Volcánico Cotacachi (COT) – Cuicocha (CUI)	42
4.1.1.4.	Volcán Imbabura (IMB).....	42
4.1.1.5.	Volcán Cayambe (CAY).....	43
4.1.1.6.	Complejo Volcánico Pulumahua (PUL).....	44
4.1.1.7.	Volcán El Reventador (REV)	44
4.1.1.8.	Complejo Volcánico Pichincha (PCH).....	45
4.1.1.9.	Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (ATZ).....	46

4.1.1.10.	Volcán Antisana (ANT)	46
4.1.1.11.	Caldera de Chacana (CHN).....	46
4.1.1.12.	Volcán Sumaco (SUM)	47
4.1.1.13.	Volcán Pumayacu (PUM)	47
4.1.1.14.	Complejo de domos Huañuña (HNA).....	47
4.1.1.15.	Centro volcánico Río Valle (RVC).....	48
4.1.1.16.	Volcán Cotopaxi (COT).....	48
4.1.1.17.	Volcán Quilotoa (QLT)	49
4.1.1.18.	Volcán Chimborazo (CHB).....	49
4.1.1.19.	Volcán Tungurahua (TUN).....	50
4.1.1.20.	Volcán Sangay (SAN).....	51
4.1.2.	Otros centros volcánicos con posible actividad en el Holoceno	51
4.1.2.1.	Complejo Volcánico Chiles (CHL) - Cerro Negro de Mayasquer (CNM) 51	
4.1.2.2.	Complejo Volcánico Iliniza (ILI).....	51
4.1.2.3.	Volcán Puñalica (PLC).....	52
4.1.2.4.	Complejo Volcánico Mojanda (MOJ) – Fuya Fuya (FFY)	52
4.1.3.	Principales eventos volcánicos del Holoceno.....	53
4.2.	Distribución temporal y espacial de la actividad volcánica	55
4.2.1.	Técnicas de datación empleadas.....	56
4.2.2.	Variaciones del índice de explosividad en la escala de tiempo	57
4.2.3.	Distribución espacial de erupciones explosivas	59
4.2.3.1.	Zona Activa del Sur (ZAS)	59
4.2.3.2.	Zona Activa Central (ZAC).....	60
4.3.	Estimación del sub-registro volcánico	61
4.4.	Cálculo del intervalo de recurrencia y probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas	64
4.4.1.	Regresión lineal de registros acumulados	64
4.4.2.	Análisis estadístico de intervalos de tiempo inter-eruptivos	65
4.4.3.	Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas.....	66
CAPÍTULO V		69
5.	Discusión	69
5.1.	Usos y beneficios del catálogo de eventos volcánicos del Ecuador	69
5.2.	Análisis del sub-registro volcánico	70
5.2.1.	Caracterización del sub-registro volcánico.....	70
5.2.2.	Causas probables del sub-registro volcánico.....	72
5.2.2.1.	Inexistencia de información	72

5.2.2.2.	Accesibilidad de la información.....	74
5.2.2.3.	Problemas en el registro de actividad volcánica contemporánea....	75
5.3.	Patrones de agrupamiento de la actividad volcánica (clustering).....	77
5.3.1.	Observaciones en el arco volcánico ecuatoriano.....	77
5.3.2.	Modelos magmáticos de generación de clusters.....	79
5.3.2.1.	Modelo de funcionamiento del GMPS estacionario.....	80
5.3.2.2.	Modelo de funcionamiento del GPMS no estacionario.....	80
5.3.3.	Causas probables del clustering.....	81
5.4.	Análisis de la recurrencia y probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas.....	83
5.4.1.	Recurrencia eruptiva.....	83
5.4.2.	Probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas y ubicación potencial	84
CAPÍTULO VI	86
6.	Conclusiones y recomendaciones.....	86
6.1.	Conclusiones.....	86
6.2.	Recomendaciones.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
ANEXOS	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Volcanes cuaternarios del Ecuador continental. Modificado de Bernard & Andrade (2011).....	8
Figura 2.2. Parámetros de referencia para el Índice de Explosividad Volcánica (VEI). Modificado de Newhall & Self (1982).	18
Figura 2.3. Extensión de categorías dentro del Índice de Explosividad Volcánica (VEI). HMM = depósitos de la erupción de 2008 de Halema'uma'u (Hawái-USA). Modificado de Houghton et al. (2013)	19
Figura 3.1. Sistemas de representación de edades utilizados en el registro volcánico ecuatoriano.....	32
Figura 4.1. Centros volcánicos del Ecuador y su actividad eruptiva del Holoceno.	40
Figura 4.2. Cronología eruptiva reciente del volcán Cayambe basada en sus depósitos de tefra intercalados entre suelos orgánicos tipo turba. Modificado de Samaniego et al., 1998.....	43
Figura 4.3. Secuencia fotográfica de la reconstrucción del cono superior del V. Reventador entre AD 2002 y 2017.	45
Figura 4.4. Fases del periodo eruptivo actual del Volcán Tungurahua (AD 199-2016). Hidalgo (com. per.).....	50
Figura 4.5. Curva de crecimiento del número acumulado de registros eruptivos en la escala del tiempo.....	55
Figura 4.6. Número acumulado de eventos volcánicos agrupados por la técnica de datación emplead. Nótese la línea de tiempo representada en escala logarítmica.	56
Figura 4.7. Número de registros de eventos volcánicos agrupados de acuerdo a su Índice de Explosividad Volcánica (VEI).	58
Figura 4.8. Edad de formación de los centros volcánicos ecuatorianos junto con su última erupción conocida. Las numeraciones de los centros volcánicos corresponden a las presentadas en la Tabla 2.1.	60
Figura 4.9. Distribución espacial de las erupciones explosivas ocurridas en el arco volcánico ecuatoriano según su (A) centro de emisión, y (B) latitud de ocurrencia.	61
Figura 4.10. Número normalizado de eventos volcánicos comparado con la línea de tendencia ideal creada por un volcanismo estacionario.	62

Figura 5.1. Comparación del conteo de explosiones diarias (Exp/d. fuente: IG EPN), alturas de las columnas de emisión observadas por satélite (H. fuente: Washington VAAC) y las 'fases eruptivas' asociadas para el 'periodo eruptivo' actual del volcán Tungurahua de acuerdo al catálogo creado.	76
Figura 5.2. Patrones de agrupamiento de la actividad volcánica (clustering) observados en el arvo volcánico ecuatoriano durante el Holoceno. Los eventos ocurridos dentro de la ZAC y ZAS están representados en color azul y verde respectivamente.	78
Figura 5.3. Modelos teóricos del funcionamiento del GPMS y sus patrones de agrupación de eventos. (A) Modelo de funcionamiento estacionario con una tasa constante de inyección de magma, y (B) modelo de funcionamiento no estacionario con tasas pulsátiles de inyección de magma. Modificado de Gusev et al., (2008).	81
Figura 5.4. Representación esquemática del impacto del retiro de grandes masas glaciares en la actividad volcánica. El periodo glacial es representado en la ilustración (A), mientras la (B) representa el estado post-glaciar inmediato. Watt et al., (2013)....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Listado de los volcanes cuaternarios del Ecuador continental.	9
Tabla 3.1. Código de identificación de los centros volcánicos ecuatorianos.	31
Tabla 3.2. Descripción de parámetros empleados en el Índice de Calidad de Dataciones (ICD).	35
Tabla 3.3. Modificadores de edad empleados para edades asignadas y bibliográficas.	36
Tabla 3.4. Simbología de las técnicas de datación bibliográficas comúnmente empleadas en el registro volcánico ecuatoriano.	37
Tabla 4.1. Principales eventos volcánicos del Ecuador continental registrados durante el Holoceno con $VEI \geq 4$	54
Tabla 4.2. Valores del desplazamiento de la mediana y coeficiente de Pearson obtenidos para la estimación cuantitativa del sub-registro volcánico.	63
Tabla 4.3. Intervalos de tiempo de recurrencia de erupciones explosivas del arco volcánico continental del Ecuador.	66
Tabla 4.4. Recurrencias observadas y teóricas calculadas para VEI 3, 4 y 5.	67
Tabla 4.5. Resultados del cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas.	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Catálogo de Eventos Volcánicos Ocurridos en el Ecuador Continental desde el Plioceno y tablas suplementarias.	103
Anexo II. Ecuadorian volcanic events and geochronological database: insight into to the complex eruptive rate of a continental volcanic arc (Santamaría et al., 2016)	152

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

AD	Anno Domini
AP	Antes del Presente
BC	Años antes de cristo (Before Christ)
Cal	Edad radiocarbono calibrada
e.g.	Por ejemplo
GMPS	Global magma plumbing system
GVP	Gloval Volcanism Program database
I	Intensidad
i.e.	Es decir
ICD	Índice de Calidad de Dataciones
IG EPN	Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional
ka	Miles de años
LaMEVE	Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions database
LGM	Last Glacial Maximum
M	Magnitud
Ma	Millones de años
VEI	Índice de explosividad volcánica
ZAC	Zona Activa Central del arco ecuatoriano
ZAS	Zona Activa del Sur del arco ecuatoriano

RESUMEN

El arco volcánico ecuatoriano está compuesto por al menos 84 centros eruptivos de edad Plio-Cuaternaria, la mayoría de ellos cuenta con una historia evolutiva larga y compleja. La compilación sistemática de la información geológica, geocronológica y estratigráfica disponible permitió la creación del primer “Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental” abarcando los periodos Plioceno y Cuaternario.

El catálogo de eventos creado está compuesto por 437 registros de 41 centros volcánicos que abarcan los últimos 5 Ma de actividad volcánica, con énfasis en el Periodo Cuaternario. A partir de la caracterización cualitativa y cuantitativa del nivel de sub-registro se pudo deducir que su valor es directamente proporcional al tamaño de las ventanas de tiempo analizadas e inversamente proporcional al tamaño de los eventos volcánicos.

Los registros volcánicos del arco ecuatoriano mostraron patrones de agrupación durante el Holoceno, en los cuales se observa un incremento de la frecuencia eruptiva (*common clustering*), junto con el aumento de su explosividad (*order clustering*). Lo que es concordante con un modelo de alimentación magmática no estacionario donde el arco volcánico ecuatoriano puede ser entendido como un solo sistema magmático regional alimentado de manera intermitente.

Se calculó la tasa de recurrencia de erupciones explosivas por los métodos matemáticos de (1) regresión lineal del número acumulado de eventos y (2) análisis estadístico de intervalos inter-eruptivos. Ambas aproximaciones mostraron resultados similares. Además, se calculó la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas empleando un modelo de distribución exponencial de Poisson.

El análisis de la ubicación espacial de erupciones explosivas advirtió la presencia de dos áreas en el arco volcánico donde se ha desarrollado la mayor actividad eruptiva durante el Holoceno: (1) La zona activa del sur (ZAS) y (2) la zona activa central (ZAC). Debido a su extensión, el número de centros volcánicos que la integran, naturaleza petrológica, y estilos eruptivos más comunes se deduce la existencia de una alta productividad magmática asociada a la ZAC.

Palabras clave: arco volcánico ecuatoriano, geocronología, clustering, recurrencia eruptiva.

ABSTRACT

The Ecuadorian volcanic arc is composed of at less 84 eruptive centers of Pliocene-Quaternary age, most of them have a long and complex evolutionary history. The systematic compilation of geological, geochronological and stratigraphic information allowed the creation of the first "Catalog of Volcanic Events occurred in Continental Ecuador" covering the Pliocene and Quaternary periods.

The catalog of events created consists of 437 records of 41 volcanic centers covering the last ~5 Ma of volcanic activity, with emphasis on the Quaternary Period. The qualitative and quantitative characterization of the unrecording level derived in that its value is proportional to the size of the analyzed time window and inversely proportional to the size of the volcanic events.

The volcanic records of the Ecuadorian arc show some clustering patterns during the Holocene, in which is observed an increase of eruptive frequency (common clustering), synchronic with the increase of its size (order clustering). This observation is consistent with a non-stationary magmatic feeding model where the Ecuadorian volcanic arc can be understood as a single regional magmatic system fed intermittently. In this sense, any correlation could be found between the periods of glaciation of Ecuador and the clustering patterns.

The recurrence rate of explosive eruptions was calculated by the mathematical methods of (1) linear regression of the cumulative number of events and (2) statistical analysis of eruption time intervals. Both approaches showed similar results. In addition, the probability of occurrence of explosive eruptions was calculated using an exponential Poisson distribution model.

The spatial distribution of eruptive events revealed the presence of two areas in the volcanic arc where occurred the most eruptive activity during the Holocene: (1) The southern active zone (ZAS) and (2) the central active zone ZAC. The existence of a high magmatic productivity associated with the ZAC were deduced due to its extension, the number of active volcanic centers, its petrological nature, and the most common eruptive styles.

Keywords: *ecuadorian volcanic arc, geochronology, clustering, eruptive recurrence.*

CAPÍTULO I

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Pese a que en las últimas décadas se han realizado numerosas investigaciones de los volcanes Plio-Cuaternarios del Ecuador, en particular en las áreas de geología, petrología, geoquímica y geofísica (Hall et al., 2008); hasta el momento no existe un trabajo que compile, correlacione y sintetice de manera adecuada y completa la información geocronológica sobre los eventos volcánicos.

Actualmente existen bases de datos globales que cuentan con un número significativo de registros de la actividad volcánica en Ecuador. El Global Volcanism Program (GVP) del Instituto Smithsonian (Siebert & Simkin, 2002) y la base de datos Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) (Croweller et al., 2012) contienen información de 250 eventos asociados a 19 centros volcánicos del Ecuador continental. No obstante, estos registros requieren de un análisis minucioso antes de ser empleados en proyectos de escala local.

Hall & Mothes (1999) presentan una breve sinopsis del volcanismo ecuatoriano y de sus efectos en el desarrollo de las civilizaciones pre-coloniales; conjuntamente exponen una tabla resumen de las principales erupciones ocurridas en los Andes del norte durante el Holoceno. Sin embargo, esta tabla contiene un número limitado de registros, y requiere una actualización con los resultados de nuevas investigaciones. En este sentido, Hall et al. (2008) hacen mención a varios artículos académicos que actualizarían esta información.

Este proyecto aspira crear un registro de los eventos volcánicos suscitados en el Ecuador continental, junto con su información estratigráfica, datacional y bibliográfica asociada. La información presentada será calibrada, corregida y homogeneizada con el fin de establecer una base comparativa adecuada para futuras investigaciones. A partir de estos resultados, se determinarán los periodos de recurrencia de erupciones explosivas y otros fenómenos volcánicos.

1.2. Justificación

Dentro de la geología, y particularmente de la vulcanología, se utilizan varias relaciones estratigráficas entre depósitos de diversos tipos y origen para conocer su edad relativa de su formación. Esta técnica sólo llega a proporcionar una secuencia coherente en la que estos estratos se fueron formando a lo largo del tiempo geológico sin proporcionar una fecha exacta.

En cambio, las técnicas de datación absolutas emplean el decaimiento natural de isótopos radioactivos inestables, a lo largo de un tiempo de media vida conocido, para proporcionar una fecha más exacta de la formación de un determinado material. Los métodos de datación por K/Ar y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ parten de la tasa de decaimiento del potasio-40 a argón-40 y calcio-40 para el cálculo de la edad de las rocas volcánicas, (McDougall & Harrison, 1999). La datación por radiocarbono, por su parte, emplea el isótopo radiactivo carbono-14 para estimar la edad de deceso de la materia orgánica con un rango de confiabilidad que alcanza los 45000 años AP. Sin embargo, este método no considera las variaciones naturales de carbono-14 en la atmósfera, por lo que requiere de la calibración de sus resultados para correlacionar la edad convencional obtenida con la edad calendario real (Reimer et al, 2004).

Por estas causas, los resultados datacionales presentados en diferentes publicaciones científicas pueden diferir ampliamente en el sistema de representación de edades; lo cual complica aún más la correcta correlación de eventos volcánicos y su ubicación en una única línea de tiempo. Por otra parte, la heterogeneidad de las fuentes bibliográficas, discrepancias institucionales en el trabajo científico, y el conocimiento parcial de la amenaza son algunas limitaciones usualmente encontradas durante la recopilación de la información base para los estudios de evaluación de la amenaza y vulnerabilidad volcánica. (e.g. D'Ercole & Trujillo, 2003; Serrano & Demoraes, 2007).

Es entonces que, el registro de eventos volcánicos propuesto pretende constituirse como un amplio repositorio local, homogéneo, y de libre acceso que facilitará el trabajo en investigadores relacionadas a las áreas de geología, vulcanología, arqueología, gestión del riesgo, y otras afines. También contribuirá a la estimación del sub-registro volcánico y el cálculo de la recurrencia de erupciones explosivas.

1.3. Pregunta de investigación

Conociendo la problemática causada por la carencia de un repositorio completo de la actividad volcánica, la heterogeneidad de las fuentes de datos y las diferencias en el sistema de representación de edades nacen las preguntas:

¿Es posible crear un registro de eventos volcánicos ocurridos en el Ecuador continental a partir de la información geológica, geocronológica y estratigráfica disponible?

¿Se puede determinar la existencia y las posibles causas de formación de patrones temporales y espaciales de la actividad en el arco volcánico ecuatoriano?

¿Qué implicaciones tendría en el cálculo de la recurrencia de erupciones explosivas?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Crear un catálogo de eventos volcánicos ocurridos en el Ecuador continental recopilando la información geológica, geocronológica y estratigráfica publicada, como base para el análisis de la evolución geocronológica de la actividad volcánica en el país y el cálculo de la recurrencia de erupciones explosivas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Compilar la información geológica, geocronológica y estratigráfica disponible, de los diferentes centros volcánicos del arco continental ecuatoriano en una base de datos; con el fin de establecer la correcta secuencia estratigráfica y cronológica de sus productos tanto individual como colectiva.
- Identificar las principales erupciones ocurridas en el Holoceno con la finalidad de establecer las bases para la validación y comparación de nuevos resultados obtenidos en nuevas investigaciones.
- Analizar la evolución geocronológica temporal y espacial los registros de la actividad volcánica en base al registro creado.
- Determinar de forma cualitativa y cuantitativa el grado de sub-registro de eventos volcánicos y calcular los periodos de recurrencia de erupciones explosivas durante

el Holoceno para el arco volcánico ecuatoriano, así como de los centros volcánicos que cuenten con un registro adecuado.

1.5. Alcance

- Recopilación de la información geológica, geocronológica y estratigráfica relacionada al vulcanismo del arco volcánico del Ecuador continental publicada en artículos académicos, libros, reportes, memorias de congresos, tesis y otros.
- Calibración de las edades obtenidas por radiocarbono citadas y comparación de resultados entre los distintos autores.
- Homogeneización de las edades del registro al sistema convencional (años AP) para eventos no históricos, y sistema calendario (A. D.) para eventos históricos (posteriores la llegada de españoles al valle interandino en AD 1534).
- Creación de una base de datos que compile y sintetice de forma adecuada la información recopilada.
- Discriminación de los eventos volcánicos ocurridos en el Holoceno de mayor relevancia estratigráfica y geocronológica.
- Definición de ventanas de tiempo adecuadas para el análisis temporal y espacial los registros de la actividad volcánica.
- Estimación del sub-registro volcánico en base a observaciones cualitativas y cuantitativas.
- Obtención de los intervalos de recurrencia y cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas en el arco ecuatoriano en base a los periodos de menor sub-registro volcánico

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

2.1. Investigaciones en el arco volcánico ecuatoriano

2.1.1. Desarrollo del trabajo científico

El arco volcánico continental del Ecuador está formado por 84 centros conocidos localizados en cuatro corredores (Figura 2.1.). Según Hall & Beate (1991), dichos lineamientos corresponden a los edificios localizados en la Cordillera Occidental (Frente Volcánico), Valle Interandino, Cordillera Real (Arco Principal) y Levantamiento Subandino. En base al conocimiento de su actividad más reciente se ha catalogado a 17 centros volcánicos como 'potencialmente activos' (con actividad en el Holoceno), 5 'activos' (con actividad histórica) y 3 'en erupción' (con actividad durante el último año) (Bernard & Andrade, 2011).

Durante las últimas décadas, el trabajo científico desarrollado en el arco ecuatoriano ha sido extenso; especialmente en las áreas de geología, petrología, geoquímica y geofísica. A continuación, se sintetizan los principales trabajos que resumen el conocimiento sobre la actividad volcánica en el país.

2.1.1.1. El volcanismo en el Ecuador (Hall, 1977)

Este primer trabajo resume el conocimiento del volcanismo 'joven' del Ecuador a la fecha de su publicación. El documento describe el volcanismo desarrollado desde el Pleistoceno hasta la actualidad (i.e. AD 1977), con énfasis en los volcanes activos o 'en estado latente'. Hall identifica tres ambientes diferentes en los que se desarrolla el volcanismo ecuatoriano que corresponden a los desarrollados en las Islas Galápagos, Andes septentrionales y Andes australes. Cada uno de estos ambientes cuenta con un arquetipo propio de actividad: volcanismo efusivo típico de islas oceánicas (Islas Galápagos), grandes estratovolcanes con erupciones estrombolianas y generación de potentes secuencias de productos piroclásticos (Andes septentrionales), y extensos mantos horizontales de material piroclástico joven (Andes australes).

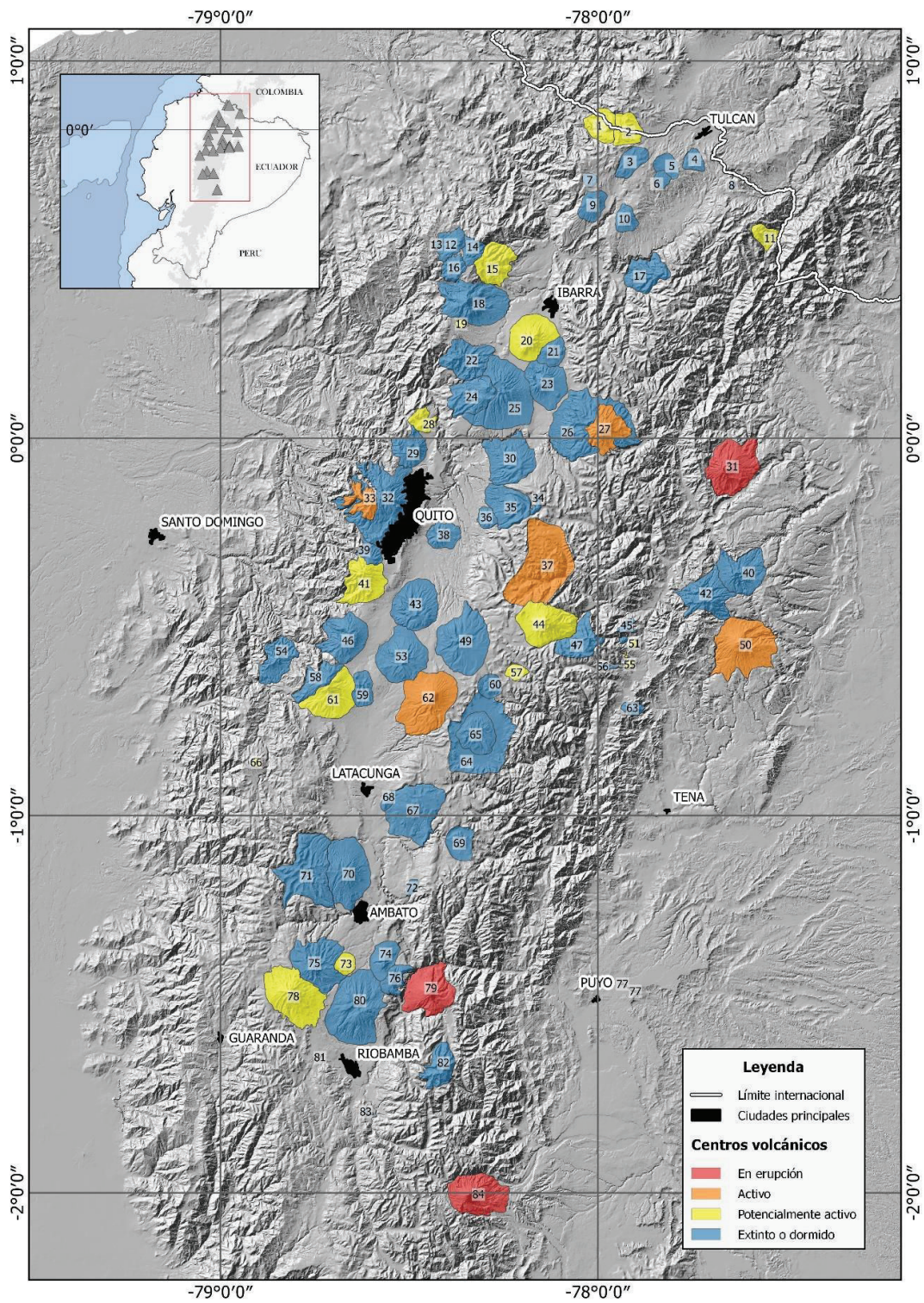


Figura 2.1. Volcanes cuaternarios del Ecuador continental. Modificado de Bernard & Andrade (2011).

Tabla 2.1. Listado de los volcanes cuaternarios del Ecuador continental.

N°	Nombre	N°	Nombre	N°	Nombre
1	Cerro Negro	29	Casitahua	57	Huañuna
2	Chiles	30	Pambamarca	58	Iliniza Norte
3	Potrerillos	31	Reventador	59	Santa Cruz
4	Chulamuez	32	Rucu Pichincha	60	Chaupiloma
5	Chalpatán	33	Guagua Pichincha	61	Iliniza Sur
6	Horqueta	34	Izambi	62	Cotopaxi
7	Chiltazón	35	Cerro Puntas	63	Volcán Azul
8	Virgen Negra	36	El León Dormido	64	Chalupas
9	Iguán	37	Chacana	65	Quilindaña
10	Chaquilulo	38	Ilaló	66	Quilotoa
11	Soche	39	Carcacha	67	Chinibano
12	Pilavo	40	Yanaurcu	68	Putzalagua
13	Parulo	41	Atacazo-Ninahuilca	69	Angahuana
14	Yanahurcu de Piñan	42	Pan de Azúcar	70	Sagoatoa
15	Chachimbiro	43	Pasochoa	71	Pilisurco
16	Pulumbura	44	Antisana	72	Huaicutambo
17	Mangus	45	Machángara	73	Puñalica
18	Cotacachi	46	Corazón	74	Huisla
19	Cuicocha	47	Aliso	75	Carihuairazo
20	Imbabura	48	Bermejo	76	Mulmul
21	Cubilche	49	Sincholagua	77	Conos de Puyo
22	Cushnirumi	50	Sumaco	78	Chimborazo
23	Cusín	51	El Dorado	79	Tungurahua
24	Fuya Fuya	52	Huevos de Chivo	80	Igualata
25	Mojanda	53	Rumiñahui	81	Conos de Calpi
26	Viejo Cayambe	54	Almas Santas	82	Altar
27	Nevado Cayambe	55	Pumayacu	83	Tulabug
28	Pululahua	56	Cosanga	84	Sangay

Fuente: Bernard & Andrade (2011).

El volcanismo cuaternario fue descrito como parte de los ‘Andes septentriones’ donde se distinguen los cuatro alineamientos volcánicos descritos anteriormente. En su compendio, Hall describe las principales características geomorfológicas y petrográficas de los 8 volcanes considerados como ‘activos’ para la época: Antisana, Cotopaxi, Guagua Pichincha, Quilotoa, Reventador, Sangay, Sumaco y Tungurahua. La descripción realizada incluye tablas resumen de la actividad histórica de dichos centros volcánicos; y en algunos casos, un análisis de las primeras ideas de su historia evolutiva. También se describen las características generales de otros 27 volcanes clasificados como ‘apagados’, los cuales no han sido objeto de investigaciones detalladas de su comportamiento debido a que no han presentado algún tipo actividad evidente por varios siglos.

La actividad volcánica más antigua es descrita brevemente como parte de las formaciones Tarqui y Llaoco en los Andes Australes, ambas formaciones son asignadas al Pleistoceno superior. Para el autor es notable la presencia de extensas capas casi horizontales de material volcánico joven al sur de la latitud 2°30' S, aunque no exista evidencias de grandes estratovolcanes o fuentes volcánicas obvias.

2.1.1.2. Plio-Quaternary volcanism in Ecuador (Barberi et al., 1988)

Un nuevo grupo de datos geoquímicos y dataciones fue presentado por Barberi et al. (1988) tras una extensa campaña de muestreo en volcanes Plio-Cuaternarios del Ecuador. 30 edades radiométricas K/Ar permitieron constreñir los periodos de tiempo durante los cuales la actividad volcánica se desarrolló en varios sectores del arco ecuatoriano.

El volcanismo del Mioceno se desarrolló a lo largo de todos los Andes, desde Colombia hasta Perú; en Ecuador se ubicó al norte a lo largo del Frente Volcánico, y al sur generó las formaciones volcanoclásticas. Hace ~5 Ma se produjo el cese de la actividad al sur de la falla Guayaquil (~ Lat. 2°30' S), mientras que, al norte redujo su intensidad y probablemente se contrajo a una zona limitada a lo largo del Arco Principal. Finalmente, hace 1.5 – 1.0 Ma se registra una expansión e incremento de la actividad volcánica con clímax durante el Holoceno. Estos cambios, junto con las zonaciones geoquímicas, sugieren que la subducción de Cordillera de Carnegie junto con la placa Nazca hace más de 6 Ma fueron las principales causas de estas observaciones.

2.1.1.3. El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador (Hall & Beate, 1992)

En este trabajo, Hall & Beate (1992) realizan un análisis de la actividad volcánica en base a nuevos estudios realizados en el arco ecuatoriano. En síntesis, el volcanismo del Plioceno había generado las formaciones Pisayambo al norte y Tarqui al sur. La primera está constituida por paquetes de lavas, tobas, aglomerados y sedimentos que se extienden sobre ambas cordilleras desde los páramos de Carchi hasta Chimborazo sin presentarse claramente sus centros de emisión. La Fm. Tarqui en cambio corresponde a una secuencia de tobas, aglomerados, materiales piroclásticos y pocas lavas de

composición riolítica a dacítica ubicados entre Azogues y Saraguro. Para sus autores, ambas formaciones fueron depositadas por un mismo volcanismo hace 5 – 4 Ma.

En cuanto al volcanismo cuaternario, se reconocen nuevos centros volcánicos en los 4 corredores longitudinales del arco: Cordillera Occidental, Valle Interandino, Cordillera Real y el Oriente. Además, se describen las características generales de los cuatro corredores. Uno de los mayores avances, es el reconocimiento de 26 volcanes que deben ser considerados como 'potencialmente activos'. Las nuevas dataciones realizadas en los diferentes centros volcánicos, así como los avances en el conocimiento de su evolución e historia eruptiva, no fueron objeto de esta publicación; sin embargo, esta constituye la base para el trabajo científico futuro.

2.1.1.4. La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral (Hall & Mothes, 1998)

Hall & Mothes (1998) presentan un breve resumen de las principales erupciones ocurridas en el Ecuador y Colombia Austral durante el Holoceno con el objetivo de analizar los efectos que la actividad volcánica ha tenido sobre los primeros habitantes del Valle Interandino. En la primera parte de su trabajo se describe la actividad de 13 centros volcánicos, cada uno incluye una síntesis de sus principales erupciones, depósitos asociados, petrografía, geocronología y figuras de distribución de sus depósitos. A manera de resumen, el trabajo también incluye una tabla de las erupciones más importantes del Holoceno junto con sus edades aproximadas.

Las mayores erupciones del Frente Volcánico ocurrieron los volcanes Azufra, Cuicocha, Pululahua, Guagua Pichincha, Ninahuilca y Quilotoa; mientras que en el Arco Principal estuvieron asociadas a los volcanes Soche, Imbabura, Cayambe, Cotopaxi y Tungurahua. El análisis conjunto de su actividad permitió reconocer los periodos en los cuales esta actividad fue de mayor intensidad o existieron eventos de alta devastación. Dichos periodos se ubicaron entre: 12000-9000, 8600-8200, 5800-5700, 4500, 4050-3400, 3000-2900, 2300 y 1000-800 años AP. Ya que el interés de la publicación es evaluar el impacto de la actividad volcánica en las culturas pre-colombinas, las erupciones de menor tamaño fueron descartadas de este análisis. Por otra parte, las edades descritas corresponden a resultados de laboratorio de dataciones por radiocarbono no calibradas o a estimaciones por interpolación de estratos (tefrocronología).

Este trabajo demostró que las regiones más favorables para el desarrollo de asentamientos humanos se ubicaron en las cuencas de Quito, Cayambe, Ibarra, Laguna de San Pablo, entre otras, donde no existieron impactos severos o repetitivos de la actividad volcánica. Esto permite suponer que no fueron los eventos eruptivos los que ocasionaron el abandono de algunas zonas debido a sus impactos directos y a corto plazo (e.g. destrucción de centros poblados por fenómenos eruptivos); sino más bien, fueron sus efectos posteriores de largo plazo (e.g. los depósitos estériles de las erupciones más grandes como flujos piroclásticos y lahares cubrieron las tierras cultivables mermando así el desarrollo agrícola y poblacional).

2.1.1.5. Ecuadorian Andes volcanism: a review of late Pliocene to present activity (Hall et al., 2008)

Tras más de una década de trabajo científico, Hall et al. (2008) presentan un resumen de la información base de la actividad volcánica en el Ecuador como una introducción a los artículos publicados en la edición especial del *Journal of Volcanology and Geothermal Research* de 2008. Además, proveen de una descripción básica de la fisiografía ecuatoriana, así como de su marco geodinámico.

Si bien este trabajo no presenta resultados puntuales, este constituye un recurso importante para el estudio del volcanismo continental ecuatoriano, ya que hace referencia a varios estudios realizados en las áreas de geología, vulcanología, petrología, geoquímica, geofísica y medición remota de gases. De esta forma permite al lector entender el volcanismo continental ecuatoriano por medio de los trabajos multidisciplinarios citados, así como también de ciertos centros volcánicos con trabajos específicos.

2.1.2. El volcanismo ecuatoriano en bases de datos globales

2.1.2.1. Global Volcanism Program database

El *Global Volcanism Program* del Instituto Smithsonian (GVP) es parte del Departamento de Ciencias Minerales del Museo Nacional de Historia Natural, en Washington D.C. Fue creado con el objeto de mejorar la comprensión de los volcanes activos a nivel global y sus erupciones durante los últimos 10 000 años. La misión de GVP es documentar, comprender y difundir información sobre la actividad volcánica global a través de cuatro funciones básicas: presentación de informes, archivo,

investigación y divulgación. La base de datos ha estado en desarrollo desde 1968, cuando el GVP comenzó a documentar la historia eruptiva de los volcanes del mundo (Siebert et al, 2002).

Para el caso del Ecuador continental, el GVP incluye 250 registros de 19 centros volcánicos, además de 95 registros de 10 volcanes de las Islas Galápagos. Los eventos eruptivos están organizados por centro volcánico que incluyen información como nombre del volcán, ubicación, elevación, población circundante, tipos principales de roca, tipo de volcán, número o código volcánico, y estatus. Cada erupción conocida posee información geocronológica base como fecha de inicio, fecha de finalización, y método de datación; se incluyen también las principales características eruptivas de estar disponibles como el área de actividad (ubicación de la erupción), tipo de volcanismo explosivo, tipo de volcanismo efusivo, efectos en la población humana, VEI y volumen de productos eruptivos (Siebert et al, 2010). El nivel de incertidumbre es presentado en conjunto con los eventos volcánicos, especialmente en los valores numéricos.

La correlación con otros registros se torna complicada al observar errores en la información volcánica como la falta de eventos confirmados, la presencia de eventos no existentes y/o no confirmados, y edades ^{14}C no calibradas. Por otra parte, los eventos volcánicos no cuentan con información directa sobre su fuente bibliográfica lo cual complica aún más su comprobación en la literatura. Sin embargo, el GVP constituye al momento una de las fuentes más completas de información sobre la actividad volcánica del Ecuador y el mundo.

2.1.2.2. Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions database

El Proyecto de Análisis e Identificación del Riesgo Volcánico Global (VOGRIPA, por sus siglas en inglés) tiene como objetivo proveer de información sistemática sobre la actividad volcánica global, junto con su peligro y vulnerabilidad asociados que puedan ser analizados para identificar lugares de alto riesgo además de vacíos en el conocimiento del peligro y el riesgo volcánicos. En este sentido, la base de datos *Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions* (LaMEVE) constituye el primer paso de VOGRIPA para lograr su objetivo proveyendo información básica del volcanismo explosivo a nivel global.

LaMEVE contiene cerca de 3 000 volcanes cuaternarios catalogados por el GVP y más de 1 800 registros de erupciones explosivas de edad menor a 1.8 Ma. Esta base de datos provee información relevante como la magnitud de la erupción, edad y localización de la fuente volcánica; además del tipo y volumen del depósito, intensidad de la erupción, tipos de roca, errores e incertidumbres en los datos, e índices de confiabilidad. Por el momento, LaMEVE solo incluye erupciones con magnitud o VEI mayores o iguales a 4 debido a que a estas son las que generan el mayor peligro volcánico a nivel global y pueden amenazar grandes poblaciones (Croweller et al., 2012).

LaMEVE incluye 109 registros de 55 eventos eruptivos relacionados a 13 volcanes del Ecuador continental, junto con 2 registros de las islas Galápagos; donde cada evento volcánico puede tener varios registros en función del número de fuentes bibliográficas que describan sus parámetros eruptivos. Si bien la calidad de los registros es mejor que en las bases anteriores, esta contiene problemas similares a los del GVP en cuanto a la veracidad y corroboración de sus registros.

2.2. Eventos volcánicos

2.2.1. Definiciones previas

Al momento de estimar las tasas de recurrencia de eventos volcánicos, la confusión puede crecer en torno a su definición y delimitación; incluso a pesar de la existencia de excelentes determinaciones de edades (Connor & Conway, 2000). Es decir, ¿cuál debe ser la forma adecuada de delimitar un evento volcánico en el tiempo? Idealmente, los eventos volcánicos corresponderían a erupciones volcánicas puntuales, sin embargo, no todos sus fenómenos asociados pueden ser circunscritos dentro de una única erupción. Esto se debe a que la actividad volcánica es muy diversa, iniciando desde la actividad sísmica y emisión de gases (fumarolas), hasta las altas tasas de emisión de flujos calientes manifestadas como eyecciones explosivas de tefra o flujos de lava (Fisher and Schmincke, 1984).

Según Grainger & Highwood (2003), un evento volcánico ocurre cuando existe un incremento repentino o continuo de la energía causado por el movimiento de magma, sea este cercano a la superficie o sobre ella, que puede incluir explosiones con la formación de una pluma eruptiva. Sin embargo, las erupciones volcánicas subsecuentes suelen borrar u oscurecer evidencias de la actividad previa complicando así su estudio y caracterización. Alternativamente, los eventos volcánicos pueden ser definidos como

unidades eruptivas mapeables, siendo cada unidad un conjunto de productos volcánicos que indican un origen congénito de un vento común (Connor & Conway, 2000).

Usualmente, un evento volcánico puede incluir: 1) un 'pulso eruptivo' caracterizado por una explosión que genere una columna eruptiva o incluso fuentes no explosivas de lava que pueden durar unos pocos segundos a varios minutos; 2) una 'fase eruptiva' de pocas horas o días de duración consistente de numerosos pulsos eruptivos que se alternen entre explosiones y emisiones de lava; o 3) una 'erupción única' o un 'episodio eruptivo' compuesto de varias fases que pueden durar unos pocos días, meses o años (Fisher and Schmincke, 1984).

Le Pennec et al. (2008) emplean el término 'periodo eruptivo' para referirse al intervalo de tiempo de varios meses a años en el cual ocurrieron varias 'fases eruptivas' sucesivas; estas a su vez se caracterizan por la alternancia entre varios estilos eruptivos (e.g. estromboliano, vulcaniano, etc.).

En este sentido, citando un ejemplo, la erupción del volcán Tungurahua del 01 de febrero de 2014 puede ser considerada como un evento volcánico particular descrito como un 'pulso eruptivo', o como una 'fase eruptiva' comprendida entre el 01 y 17 de febrero de 2014 que incluya toda la actividad estromboliana registrada entre esas fechas (Informes Especiales del Volcán Tungurahua No. 4 y 5 – 2014, IG EPN). Dicha erupción también puede ser circunscrita al 'periodo eruptivo' actual comprendido entre A.D. 1999 y 2016.

También pueden ocurrir niveles más altos de agrupación de eventos en función del nivel de detalle de los diferentes trabajos científicos. Continuando con el ejemplo anterior, dicha erupción pertenecería al '*Second main period: Tungurahua III-2*' iniciado hace ~1200 años AP; y este a su vez pertenece al edificio o fase evolutiva '*Present cone: Tungurahua III*' construido a partir de la avalancha de escombros ocurrida hace ~3000 años AP (Hall et al., 1999).

La definición de evento volcánico a emplear en este estudio será tratada en la sección 3.1.

2.2.2. Parámetros eruptivos

Las erupciones volcánicas abarcan una extensa escala de volúmenes, tasas eruptivas y estilos variando en su violencia y destructividad. En este sentido, Bonnadonna et al. (2016) expresan que, en base al trabajo científico realizado por varios autores en los últimos años, el estilo eruptivo está controlado por varios factores como la composición

del magma y su temperatura, el contenido de volátiles y cristalinidad, los procesos de exsolución y desgasificación, las tasas de alimentación y descarga del magma, la geometría del conducto y su resistencia mecánica, la presión en el reservorio magmático y la presencia de agua externa.

Varios de estos procesos y parámetros magmáticos aún son parcialmente conocidos, lo que genera confusión al momento de clasificar y categorizar erupciones volcánicas. Con este antecedente, cinco parámetros principales fueron desarrollados para estimar la escala de erupciones explosivas y relacionarlas con los diferentes estilos eruptivos descritos hasta el momento. 1) magnitud: volumen de material expulsado en una erupción; 2) intensidad: tasa de descarga o volumen de material eyectado por unidad de tiempo; 3) poder de dispersión: relacionado al área total de dispersión y consiguientemente, a la altura de la pluma; 4) violencia: relacionado a la energía cinética; y 5) potencial destructivo: relacionado a la extensión de la devastación (Walker, 1980; Pyle, 2000; Bonnadona et al., 2016). Estos parámetros pueden ser determinados con mayor o menor precisión para eventos efusivos o explosivos, tanto modernos como antiguos.

En las bases de datos globales (e.g. GVP, LaMEVE), así como en los estudios de la evaluación del peligro y riesgo volcánico, comúnmente se emplea el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) para describir el tamaño de las erupciones de forma unificada ya que ofrece una comparación análoga a la escala de magnitud de sismos y terremotos. A continuación, se describirán los parámetros eruptivos principales que emplea dicha escala, seguido de una breve discusión de su empleo y efectividad.

2.2.2.1. Magnitud (M)

La magnitud es un parámetro eruptivo que expresa la cantidad de material emitido en una erupción volcánica (gas, ceniza, lava) en términos de la masa (kg) o volumen (m^3 , km^3). Un método común para determinar la magnitud de una erupción es estimar el volumen y la densidad del material depositado, no obstante, se requiere de un trabajo de campo considerable para acercarse a los valores reales. El volumen de un mismo material eruptivo puede variar fuertemente debido a la cantidad de vesículas que contenga el material depositado, así como de los parámetros físicos que controlaron su formación (i.e. viscosidad, presión, temperatura). Por ello, el uso de la masa es preferible ya que el volumen de diferentes erupciones es solo directamente comparable si uno conoce la densidad de los materiales (Francis & Oppenheimer, 2003).

En la mayoría de los casos, los volúmenes son reportados como 'equivalente de roca densa' (DRE: *dense rock equivalent*), es decir, se re-calculan teniendo en cuenta la densidad real del depósito y la densidad del magma denso (sin vesículas). Este último valor varía en función de la composición, temperatura y presión a la que está sometido un magma. Pyle (2000) propone una escala de magnitud logarítmica basada en la masa de tefra o lava producida en una erupción (masa eruptiva) bajo la fórmula:

$$M = \log_{10}[\text{masa eruptiva (kg)}] - 7 \quad [2.1]$$

que es equivalente a la fórmula (Crosweller et al, 2012):

$$M = \log_{10}[DRE(m^3) \cdot \text{densidad del magma}(kg/m^3)] - 7 \quad [2.2]$$

2.2.2.2. Intensidad (I)

La intensidad se refiere a la tasa de descarga de magma durante una erupción volcánica en términos de masa ($kg\ s^{-1}$) o volumen ($m^3\ s^{-1}$) (Pyle, 2000). La intensidad es controlada por el gradiente de presión entre la cámara magmática y la superficie, la viscosidad del magma, el contenido de volátiles, y las dimensiones del conducto (Carey & Sigurdsson, 1989). Aunque el uso de la masa es preferible por las razones expuestas anteriormente, en la literatura usualmente se emplean flujos volumétricos. Este parámetro puede ser reportado como el valor promedio de descarga en una erupción o como una descripción temporal mientras este crece o disminuye (Francis & Oppenheimer, 2003). De forma análoga a la magnitud, Pyle (2000) describe la intensidad con la ecuación:

$$I = \log_{10}[\text{tasa de emisión de material eruptivo (kg/s)}] + 3 \quad [2.3]$$

La intensidad es uno de los principales factores que controlan la altura de una columna eruptiva. Para una erupción sostenida, la altura alcanzada por una columna eruptiva es proporcional a la raíz cuarta de la tasa de descarga de magma ($H \propto I^{1/4}$). Estudios realizados en las erupciones de La Soufrière-1979 (San Vicente), Mount St. Helens-1980 (USA) y El Chichón-1982 (México) corroboraron estas observaciones. La altura de la columna, la velocidad y dirección del viento en conjunto con otros factores atmosféricos, controlan a su vez los patrones de dispersión y deposición de los volcanclastos emitidos (Carey & Sparks, 1986; Carey & Sigurdsson, 1986; Pyle, 2000). Es entonces posible inferir las intensidades de erupciones antiguas con el estudio de sus depósitos de caída asociados.

2.2.2.3. Índice De Explosividad Volcánica (VEI)

El VEI, propuesto por Newhall & Self (1982), describe el tamaño de una erupción explosiva en una escala de 0 a 8 basada principalmente en el volumen piroclástico total emitido en una erupción (*bulk pyroclastic volumen o erupted volume*) y la altura de la columna eruptiva generada. La mayor escala corresponde a los eventos volcánicos de mayor tamaño que han sido identificados, sin descartar la posibilidad de ocurrencia de eventos mucho más grandes que pueden ser ubicados en escalas superiores. Además, incluye otros parámetros adicionales como su descripción cualitativa, tipo de erupción, duración, explosividad máxima, inyección troposférica e inyección estratosférica (Figura 2.2.).

La clasificación del VEI engloba a todas las erupciones de volumen $<10^4 \text{ m}^3$ en la categoría 0 denominándolas “gentiles” o “no explosivas”. Sin embargo, estudios como el realizado por Houghton et al. (2011) sobre la erupción explosiva de Kilauea (Hawái, USA) del 19 de marzo de 2008 sugieren que esta categoría debe incluir varios ordenes de magnitud menores. Por ello, Houghton et al. (2013) modifican la escala de VEI previa creando nuevas clases menores, donde el paso de un nivel a otro superior implica un incremento constante de diez veces el volumen emitido de tefra (Ver Figura 2.3).

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Descripción general	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada-Grande	Grande	Muy grande				
Volumen de tefra (m³)		1×10^4	1×10^6	1×10^7	1×10^8	1×10^9	1×10^{10}	1×10^{11}	1×10^{12}	
Altura de la columna (km) Sobre el nivel del crater Sobre el nivel del mar	<0.1	0.1-1	1-5	3-15	10-25	← >25 →				
Descripción cualitativa	Gentil	Efusiva	← Explosiva →		← Cataclísmica, paroxismal, colosal → ← Severa, violenta, terrorífica →					
Tipo de erupción	← Hawaiana →		← Estromboliana →		← Vulcaniana →		← Pliniana → ← Ultra-pliniana →			
Duración (blast continuo)	← <1 hr →		← 1-6 hrs →		← 6-12 hrs →		← >12 hrs →			
Explosividad máxima	Flujo de lava		← Freatica →		← Explosión o nube ardiente →					
	Domo o flujo de lodo									
Inyección troposférica	Despreciable	Menor	Moderada	Sustancial	← →					
Inyección estratosférica	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Posible	Definitiva	Significante	← →			

Figura 2.2. Parámetros de referencia para el Índice de Explosividad Volcánica (VEI).
Modificado de Newhall & Self (1982).

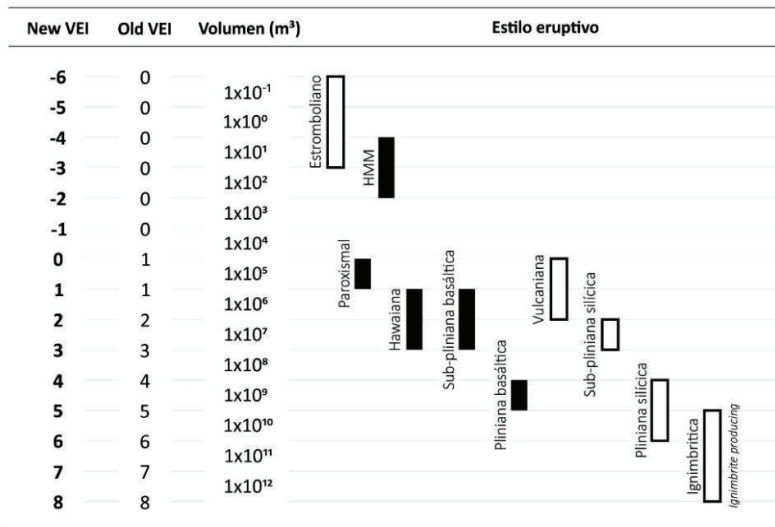


Figura 2.3. Extensión de categorías dentro del Índice de Explosividad Volcánica (VEI). HMM = depósitos de la erupción de 2008 de Halema'uma'u (Hawái-USA). Modificado de Houghton et al. (2013)

Observaciones como estas demuestran que el VEI puede funcionar adecuadamente para clasificar erupciones 'explosivas' en base a los parámetros expuestos, tanto para eventos reciente como antiguos. Sin embargo, tiene varias deficiencias adicionales que incluyen:

- La suposición implícita de un vínculo entre la magnitud y la altura de la columna eruptiva, y entonces, de la intensidad.
- La brecha creada en la categorización de eventos debido a que las erupciones modernas son típicamente definidas por la altura de la columna eruptiva, mientras que, las erupciones antiguas lo son por el volumen de tefra emitido.
- La imposibilidad de clasificar adecuadamente erupciones efusivas (emisión de lava) ya que por defecto están clasificadas como VEI 0-1.
- La ambigüedad en la definición del VEI 0 en la clasificación tradicional de Newhall & Self (1982).
- La ambigüedad en la definición de 'volumen erupcionado' (*erupted volumen*) ya que en ocasiones se incluye el volumen de flujos piroclásticos y en otras sólo el de los depósitos de caída.

- La dificultad de caracterizar erupciones duraderas asociadas con múltiples fases de diferente estilo e intensidad.
- La dificultad de estimar el volumen de las caídas de tefra depositadas en el cono volcánico durante erupciones pequeñas a moderadas, los cuales no son usualmente considerados para los cálculos de la masa total emitida. De hecho, el volumen de este material proximal puede llegar a ser varias veces mayor al de los depósitos mapeados de forma más distal (e.g. Houghton et al., 2011).

Por estos motivos, se procura emplear escalas independientes para cada parámetro eruptivo, especialmente la intensidad y la magnitud (Pyle, 2000; Siebert et al, 2010; Croweller et al, 2012; Bonadonna et al., 2016).

2.3. Geocronología volcánica

2.3.1. Métodos de datación absolutos

2.3.1.1. Radiocarbono o ^{14}C

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

La técnica del radiocarbono está limitada por dos factores. No es posible datar eventos más jóvenes a AD 1950 debido a que los ensayos nucleares efectuados a partir de los años 50 afectaron gravemente las concentraciones previamente estables del carbono-14 en la atmósfera. Por este hecho se definió al año de 1950 como el inicio para la cuenta del tiempo dentro del sistema estándar, en el cual se presentan las edades obtenidas por radiocarbono (ver sección 3.3.1). La segunda limitación está en las técnicas de medición del carbono-14 residual en las muestras a datar. Dado que su proporción es cercana al 1×10^{-10} % del total del carbono total, resulta entonces mucho más complicado medir las pequeñas proporciones residuales tras su decaimiento natural. Por este motivo, el límite de confiabilidad de las dataciones por radiocarbono se restringe a los últimos ~ 45000 años (Faure & Mensing, 2005).

Dataciones radiocarbono cuidadosamente hechas en porciones seleccionadas de pinos bristlecone de larga vida, datadas independientemente por técnicas de conteo de anillos (dendrocronología), demostraron una buena concordancia entre ambos métodos para los últimos 2500 años. Sin embargo, las edades por radiocarbono comienzan a divergir de su edad real por hasta 2000 años en el Pleistoceno tardío (Siebert, 2010). Esto se debe a las variaciones en la concentración natural del radiocarbono en la atmósfera ocasionadas por fluctuaciones en la intensidad de los rayos cosmogénicos a lo largo del tiempo. Otra causa probable serían los cambios en el ciclo del carbono relacionados a alteraciones en la circulación oceánica profunda (Stuiver, 1961; Fairbanks et al. 2005).

Por ello, es esencial emplear un método de calibración que ajuste las edades radiocarbono al sistema calendario estándar; tanto como para la medición del tiempo como para el cálculo de tasas de cambio realizadas en numerosos campos científicos. Dataciones por dendrocronología han proporcionado varias curvas de calibración que se extienden hasta los 12400 años AP. Para periodos más antiguos se emplean curvas obtenidas de dataciones U/Th en corales antiguos y de mediciones radiocarbono hechas en foraminíferos hallados en las varvas de la cuenca Cariaco (Reimer et al, 2004).

En volcanología, usualmente se emplean dataciones radiocarbono para fechar eventos menores a 45000 años. Las muestras usualmente corresponden a paleosuelos formados entre capas de material volcánico o a material orgánico, generalmente carbonizado, directamente recolectado dentro de dichos depósitos. Para el primer caso, los resultados datacionales corresponden a una aproximación de la edad real del evento volcánico (edad relativa) dado que el tiempo formación de los suelos orgánicos por sobre o bajo estos horizontes será variable de un lugar a otro. Para el segundo caso, se considera una edad absoluta asumiendo que la muerte del organismo fue sincrónica con el evento volcánico analizado.

La contaminación es otro tema abordado ampliamente por los distintos autores, quienes usualmente desechan ciertos resultados al considerar un rejuvenecimiento del carbono en las muestras recolectadas. Robin et al. (2008), explican que los paleosuelos en una secuencia estratigráfica son sensibles a la contaminación, ya que el carbono joven es transportado por ácidos húmicos que se percolan desde suelos sobreyacentes causando un rejuvenecimiento en los resultados de niveles inferiores.

2.3.1.2. Potasio-Argón (K/Ar)

Al igual que el radiocarbono, el método datacional K/Ar se basa en el principio de la desintegración radioactiva. El isótopo radiactivo empleado es el potasio-40 (^{40}K) que cuenta con una vida media de 1248 millones de años (Ma) y tiene un decaimiento dual a calcio-40 (^{40}Ca) y argón-40 (^{40}Ar). El elevado valor de la constante de desintegración hace que este método sea aplicable mayormente a muestras antiguas (i.e. >10-30 ka). A temperatura ambiente, el argón radiogénico (^{40}Ar) se mantiene atrapado dentro de las fases cristalinas de la roca debido a su gran tamaño atómico (1.9 Å) donde se acumula a lo largo del tiempo. La cantidad de argón radiogénico, como producto isotópico hijo, provee la base para esta técnica datacional al compararlo con la cantidad de ^{40}K residual (McDougall & Harrison, 1999).

Las dataciones K/Ar solo pueden ser aplicadas en sistemas de desintegración cerrados donde no exista escapes de ^{40}Ar ni adiciones desde la atmósfera. Adicionalmente, esta técnica asume que todo el ^{40}Ar fue formado por desintegración del ^{40}K ; lo que implica que las condiciones iniciales de formación de la roca fueron en ausencia de argón o que todo el argón pre-existente fue eliminado. En general se datan rocas volcánicas por lo que al solidificarse desde su estado de fusión carecen de ^{40}Ar , cumpliendo así las condiciones iniciales requeridas. El método también es efectivo para micas, feldespatos y algunos otros minerales (Rauret, 1992; Ibarra et al., 2007).

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

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

con la muestra de edad desconocida y su edad es derivada por comparación con la razón $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ del estándar.

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

Tanto el método K/Ar como el $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ son técnicas datacionales que brindan edades absolutas de los eventos volcánicos ya que emplean materiales emitidos directamente. Para algunos estudios, se suele datar solamente ciertos minerales de la roca para fines de estudios de termobarométricos. De forma análoga a las dataciones por radiocarbono, la contaminación de gases atmosféricos y la meteorización pueden ser los causantes de errores importantes en las dataciones $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$. Citando un ejemplo, en el trabajo de LePenne et al. (2011) en el volcán Imbabura se explica que la alta concentración de argón atmosférico atrapado en las muestras imposibilitó la datación de los flujos de lava del Taita Imbabura.

2.3.2. Datación relativa

La datación relativa, al contrario de la absoluta, solo puede brindar información relacionada a la posición que ocupa un determinado estrato dentro de una secuencia evolutiva sin especificar la fecha exacta de su formación. No obstante, la datación relativa puede proporcionar una edad numérica aproximada por correlación con las edades obtenidas por métodos absolutos de otros estratos.

La datación relativa se basa en un grupo de 'principios' o 'reglas básicas' establecidos para crear una escala de tiempo relativa, los cuales fueron desarrollados desde el siglo XVII. Estos principios fueron recopilados por varios autores (e.g. Salvador, 1994; Catuneanu, 2006; Brookfield, 2008) y son resumidos a continuación:

- Ley de la superposición: En una secuencia no deformada de rocas sedimentarias, cada estrato es más antiguo que el que tiene encima y más joven que el que tiene debajo. Esta ley es aplicable a otros materiales depositados en superficie como coladas de lava y estratos de tefra.
- Principio de horizontalidad original: Las capas de sedimento se depositan en general en una posición horizontal. Por lo tanto, cuando se observan estratos rocosos planos se deduce que no han experimentado alguna perturbación y mantienen su horizontalidad original.
- Principio de intersección: Cuando una falla atraviesa un conjunto rocoso, o cuando existe una intrusión magmática y cristaliza, se puede suponer que estas estructuras son más jóvenes que las rocas afectadas.
- Inclusiones: Se denomina 'inclusiones' a los fragmentos de una unidad de roca que han quedado encerrados dentro de otra. El principio establece que la masa de roca que proporcionó los fragmentos de roca debió formarse previo a la segunda; y consecuentemente, la masa de roca que contenga las inclusiones será la más joven de las dos.
- Discontinuidades estratigráficas: Las discontinuidades estratigráficas representan largos periodos de tiempo durante los cuales la sedimentación fue interrumpida y la erosión eliminó las rocas previamente formadas. Estos rasgos representan acontecimientos geológicos significativos como levantamientos, intensos periodos de erosión y subsidencia.

2.3.2.1. Tefrocronología

La palabra 'tefra' se deriva del griego *tephra* (*τεφρα*) que significa ceniza. Originalmente, este término hacía referencia al material clástico transportado a través del aire durante una erupción; pero posteriormente fue modificado para circunscribir a todos los productos piroclásticos primarios no consolidados generados en una erupción volcánica (Froggatt & Lowe, 1990). Sin embargo, aún se prefiere el término 'tefra' para referirse netamente a los depósitos asociados a caídas piroclásticas.

El término 'tefra' no hace referencia al origen específico o modo de emplazamiento por lo que incluye a los depósitos de caída, flujos piroclásticos (ignimbrita) o surges, o ceniza co-ignimbritica, siempre que estos sean esencialmente no consolidados. En caso de requerir una indicación de su génesis se introduce un término modificador. Para

depósitos de caída, por ejemplo, se prefiere el término ‘caída de tefra’ (en inglés *tephra-fall deposits* o *fallout tephra deposits*) (Lowe & Hunt, 2001).

La ‘tefrocronología’ es definida como un método de datación basada en la identificación, correlación y datación de capas de tefra; que es esencialmente el uso de depósitos de tefra como marcadores crono-estratigráficos para establecer edades numéricas o relativas (Thorarinsson, 1981). Siebert et al. (2010) agrega que la tefra formada en grandes erupciones explosivas se distribuye sobre distancias enormes creando capas de ceniza distintivas que luego pueden constituir marcadores horizontales entre capas de sedimentos. Un mapeo cuidadoso de varias capas en un área volcánica permite desarrollar una secuencia relativa de capas de ceniza; si algunas de estas capas son datadas (incluso por descripciones históricas) se puede asignar una edad relativa a las capas de ceniza inter-yacentes.

En el caso ecuatoriano, las capas de tefra depositadas por grandes erupciones volcánicas, como las de los volcanes Pululahua, Ninahuilca, Cuicocha, y Quilotoa, han servido como marcadores estratigráficos regionales (i.e. Hall & Mothes, 2008d; Vallejo, 2011; Athens et al., 2016).

2.3.3. Descripciones históricas

Un evento volcánico usualmente es considerado como ‘histórico’ cuando fue documentado por algún observador durante o poco después de su ocurrencia. Sin embargo, este concepto no es claro en la forma en la que una erupción puede ser documentada causando que reseñas poco claras o representaciones ambiguas sean consideradas como históricas. Un ejemplo de ello es una representación pictográfica del Neolítico hallada en Çatalhöyük (Turquía Central) que representaría la primera erupción documentada; estudios recientes reinterpretan estos diseños como una piel de leopardo sobre un panel de diseño geométrico. En consecuencia, se prefiere designar como ‘históricos’ a aquellos eventos que cuenten con reseñas escritas. La actividad volcánica se considerará como ‘antropológica’ cuando esta haya sido datada por correlación con artefactos arqueológicos, pictogramas, tradiciones orales (leyendas) u otros relacionados a la actividad humana (Meece, 2006; Siebert et al, 2010).

La variación en la extensión temporal de los registros históricos es amplia a nivel global. Existen regiones en el mediterráneo que, por ejemplo, cuentan con descripciones previas al nacimiento de Cristo como es el caso del volcán Etna en Italia. A pesar de que sus descripciones más antiguas datan de hace 3200 años, aún existen

discrepancias entre los registros históricos y los estratigráficos hasta el año de 1600; después del cual ambas bases de datos adquieren una mejor concordancia entre sí (Branca & del Carlo, 2004). En contraste, otras regiones con escasa población o recientemente colonizadas como Kamchatka y las Aleutianas cuentan con descripciones fiables desde hace pocos cientos de años (Siebert et al, 2002).

El periodo histórico en Ecuador formalmente inicia en el año de 1534 con el arribo de los primeros españoles y la fundación de Santiago de Quito (Ayala, 2008). Aunque no existieron descripciones adecuadas del volcanismo durante los primeros siglos de este periodo, las primeras investigaciones descriptivas hechas por La Condamine en 1735 y Humboldt en 1803 constituyen el inicio de la actividad científica en el Ecuador. Otros trabajos notables del siglo XIX fueron realizados por Darwin en 1835, Karsten en 1858, Stübel en 1870, Wolf en 1870, Whymper en 1880 y Martínez en 1900.

Si bien la investigación científica disminuyó durante la primera parte del siglo XX, Sauer realizó una de las contribuciones más importantes con su trabajo "Geología del Ecuador" publicado en 1965. Posteriormente, Hall establece las bases del trabajo científico contemporáneo a partir de la década de los 70's. Desde 1983, el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional constituye el principal centro de investigación en Ecuador para el diagnóstico y la vigilancia de los peligros sísmicos y volcánicos (Hall, 1977; Hall et al., 2008). El trabajo realizado por estos científicos en conjunto ha logrado compilar la información volcánica para todo el periodo histórico del Ecuador.

CAPÍTULO III

3. Estructura de la base de datos

3.1. Parámetros de inclusión de eventos volcánicos

En el transcurso de este trabajo se entiende como 'evento volcánico' al conjunto de unidades eruptivas mapeables, compuestas por una sucesión de productos volcánicos, que indiquen un origen congénito de un vento común (Connor & Conway, 2000). La aplicabilidad y extensión de esta definición fueron previamente discutidas en la sección 2.2.1.

Con este antecedente se establecieron los siguientes parámetros para la inclusión de eventos volcánicos dentro del catálogo:

- Un evento volcánico puede ser descrito como un 'pulso eruptivo' único o se lo puede circunscribir dentro de una fase, episodio, periodo o ciclo eruptivos en función del nivel de detalle con el que se lo haya descrito en la literatura. También podrán ser aceptados otros niveles más altos de agrupación.
- Los eventos volcánicos deben estar fechados por algún método de datación absoluta, o deben ser parte de una secuencia estratigráfica conocida que permita la aproximación de su edad por algún método de datación relativa. Se incluye además a los eventos históricos con confirmación estratigráfica de su actividad eruptiva o que hayan sido ratificados en investigaciones bibliográficas de sus reportes.
- La información geocronológica asociada a los eventos volcánicos (e.g. técnica de datación empleada, material datado y posición estratigráfica, localización, resultados de laboratorio, etc.) debe estar disponible directamente en la literatura o debe estar adecuadamente referenciada.
- Cada evento volcánico debe estar relacionado a una única fuente de emisión. Dicha fuente debe ser conocida y debe estar localizada dentro del territorio continental del Ecuador.
- Debe existir una referencia bibliográfica clara donde cada evento volcánico haya sido confirmado y/o descrito en base a sus registros geológicos o escritos.

Adicionalmente, aquellos fenómenos volcánicos cuyos depósitos hayan sido borrados del registro geológico, pero que han sido observados y adecuadamente descritos en narraciones históricas, podrán ser incluidos dentro de la base de datos. Estos se ubicarán en una sección especial en la base de datos.

Extraordinariamente se aceptarán eventos volcánicos sin fuente conocida, en el caso de que sus productos hayan cubierto áreas importantes o sean de importancia estratigráfica. Se nombrará a estos eventos en función de su ubicación geográfica o de su fuente más probable.

Es entonces que la base de datos se compone de tres segmentos principales que describen: (1) la información volcánica y estratigráfica relacionada a cada evento volcánico; (2) su edad relativa o absoluta asignada, misma que se basa en la información publicada en las diferentes fuentes bibliográficas junto con otros datos cronológicos; y (3) las referencias bibliográficas de las fuentes empleadas.

Las fuentes bibliográficas válidas incluyen artículos académicos, libros, reportes, actas de congresos, tesis y otros documentos científicos. En ningún caso se reconocerán como 'confirmados' aquellos eventos publicados en bases de datos anteriores sin previa verificación en las fuentes validas previamente mencionadas.

3.2. Información volcánica y estratigráfica

El primer segmento de la base de datos presenta un resumen de la información volcánica disponible para cada registro, ordenada en siete campos de datos descritos a continuación:

I. Centro volcánico. Nombre del 'volcán' al que se le asocia la ocurrencia un determinado 'evento volcánico'. Se entiende como 'volcán' al sistema ígneo (magmático) que alcanzó la superficie de la Tierra. Un sistema ígneo a su vez está compuesto por los subsistemas (1) de generación de magma, incluyendo la fuente litosférica o astenosférica del magma y sus procesos de formación; (2) de transporte del magma, incluyendo todos los caminos y conductos magmáticos y sus procesos desde la fuente hasta la superficie; (3) de almacenamiento de magma; y (4) eruptivo, que circunscribe a todas las características y procesos relacionados a la aparición del magma en superficie, desde la cámara magmática de alimentación hasta el(los) ventos y cráter(es) en superficie, incluyendo al 'edificio volcánico' e incluso posibles intrusiones asociadas (Figura 3.1.) (Szakács, 2010).

Para este estudio se usará la segunda definición planteada por Szakács (2010) que denomina 'volcán' solo a la parte superior de un sistema volcánico, es decir, corresponde únicamente al subsistema eruptivo de la primera definición.

Otros nombres alternativos con el que se identifica a ciertos centros volcánicos aparecen listados en la tabla adjunta “Volcanes del Ecuador” (ver 3.5. Tablas adicionales).

II. Edificio / Etapa evolutiva. Se entiende por ‘edificio volcánico’ a la estructura geológica (prominente o moderada, positiva o negativa) formada por la emisión y acumulación del material magmático resultante de la actividad de un ‘volcán’ a lo largo de su historia.

A diferencia de los volcanes monogenéticos, los poligenéticos son formados por la sucesión de varios pulsos magmáticos que usualmente macan varias ‘etapas evolutivas’ en su desarrollo. Dichas etapas pueden ser reconocidas en los diferentes edificios generados desde el o los ventos activos que conforman un centro volcánico. Así también, los episodios de formación y posterior destrucción de edificios en erupciones violentas y/o colapsos sectoriales suelen marcar eventos clave en su desarrollo evolutivo de un volcán, especialmente en el caso de conos compuestos (estratovolcanes compuestos).

III. Unidad Estratigráfica. Corresponde al nombre con el que se identifica, dentro de una secuencia estratigráfica, al conjunto de depósitos generados durante un evento volcánico. Dicho de otra forma, al igual que en el estudio geológico de secuencias estratigráficas, es común se agrupen varios depósitos generados en diferentes pulsos o fases eruptivas para ser descritos y referenciados de modo más adecuado; cada una de estas agrupaciones se conocen como ‘unidades estratigráficas’ que describen una ‘fase evolutiva’ dentro del periodo de construcción y desarrollo de un ‘edificio volcánico’.

Es importante señalar que los campos de “edificio / etapa evolutiva” y “unidad estratigráfica” pueden encontrarse vacíos dependiendo del tipo de volcán al que pertenece un evento volcánico y del nivel de conocimiento de su historia evolutiva. Esto se debe a que para llegar a distinguir las distintas etapas evolutivas de un volcán poligenético y las unidades estratigráficas que lo componen es necesario que este cuente con un conocimiento suficiente de su historia volcánica. Por otra parte, la actividad y la formación de volcanes monogenéticos pueden ser descritas como sola etapa evolutiva.

IV. Evento Volcánico. Este campo hace referencia a un pulso, fase o periodo eruptivo desarrollados en una fuente conocida según las definiciones previamente descritas y la información disponible en la literatura. Se incluye una breve descripción del principal tipo y/o estilo de actividad volcánica (e.g. explosiva o efusiva, vulcaniano o pliniano), así como de sus fenómenos y depósitos asociados (e.g. caídas de ceniza, lahares, flujos piroclásticos).

En ocasiones, se otorga un nombre propio a ciertos eventos volcánicos en función de la localidad o área geográfica donde se encuentran para facilitar su reconocimiento e interpretación (e.g. flujo de lava Tamboyacu, *Chillos valley lahar*, *blast Huarmi Imbabura*). Estos nombres también fueron incluidos en el campo 'evento volcánico' para los casos donde no hayan sido previamente mencionados a nivel de 'unidad estratigráfica' o correspondan a depósitos particulares de un mismo evento.

V. Código Eruptivo. Corresponde al código único de identificación otorgado a cada evento volcánico para su fácil identificación dentro del catálogo. Este código está compuesto por tres letras que hacen referencia al nombre del centro volcánico asociado (Tabla 3.1), seguidas de tres caracteres numéricos. Inicialmente, la numeración corresponde al orden cronológico y/o estratigráfico de ocurrencia de dichos eventos asociados a un mismo centro volcánico. Los nuevos eventos volcánicos que se agreguen a la base de datos, sea por hallarse evidencias de un evento antiguo no identificado previamente o por ocurrencia de uno nuevo, obtendrán el número consecutivo al último de la secuencia establecida. El código eruptivo no reemplaza numeraciones o códigos previos otorgados en otras bases de datos.

VI. Índice de Explosividad Volcánica (VEI). Esta escala, definida por Newhall & Self (1982), es comúnmente empleada para describir el tamaño de erupciones volcánicas y compararlas fácilmente entre sí. El catálogo de eventos del Ecuador obtiene estos valores directamente de la información publicada en las distintas fuentes bibliográficas reconocidas previamente mencionadas. No obstante, este índice está disponible para muy pocos eventos.

Las bases de datos publicadas por el GPV y VOGRIPA también incluyen el VEI obtenido de varias fuentes de información o, en su defecto, presentan un valor aproximado en base a la descripción de los eventos volcánicos correspondientes. Es entonces que, el registro volcánico ecuatoriano toma el VEI de estas bases de datos para aquellos

eventos reconocidos en la literatura que no contengan un VEI asociado. Al ser estos valores ‘externos’ a las fuentes bibliográficas válidas aparecerán marcados con un asterisco al final de su valor numérico (e.g. VEI 4*).

Tabla 3.1. Código de identificación de los centros volcánicos ecuatorianos.

Cod.	Nombre	Cod.	Nombre	Cod.	Nombre
ANT	Antisana	CUB	Cubilche	PCH	Pichincha
ATZ	Atacazo-Ninahuilca	CUI	Cuicocha	PUL	Pululahua
CRH	Carihuairazo	ALT	El Altar	PUM	Pumayacu
CAS	Casitahua	DOR	El Dorado	PLC	Puñalica
CAY	Cayambe	MER	Flujos de Mera	QLD	Quilindaña
CNM	Cerro Negro	FFY	Fuya Fuya	QLT	Quilotoa
CHN	Chacana	HNA	Huañuna	REV	Reventador
CHA	Chachimbiro	HUI	Huisla	RVA	Río Valle
CLP	Chalupas	IGU	Igualata	SAN	Sangay
CHL	Chiles	ILA	Ilaló	SCH	Soche
CHB	Chimborazo	ILI	Iliniza	SUM	Sumaco
PUY	Conos del Puyo	IMB	Imbabura	TUN	Tungurahua
CTC	Cotacachi	MOJ	Mojanda	YAN	Yanaurcu
COT	Cotopaxi	PDA	Pan de Azúcar		

VII. Magnitud (M): Previamente se discutió que el uso de un único valor para describir la relación entre la cantidad de material emitido (magnitud) y su tasa de descarga (intensidad) resulta inadecuado para ciertos tipos de actividad volcánica (ver 2.2.2. Parámetros eruptivos). Por ello, el registro volcánico ecuatoriano incorpora el valor de magnitud, según la definición de Pyle (2000), de las fuentes bibliográficas reconocidas. Debido a que los eventos que cuentan con un valor de magnitud reportado son muy escasos, se tomaron los valores descritos en la base de datos LaMEVE. Dichos valores están demarcados con un asterisco (e.g. M 4*).

3.3. Datos geocronológicos

3.3.1. Sistemas de representación de edades

La forma tradicional de representación de edades emplea el **sistema calendario** para referir a la fecha de ocurrencia de un determinado evento tomando el año del nacimiento de Cristo como punto de inicio. De esta forma, el tiempo transcurrido desde este suceso hasta la actualidad suele referirse en años ‘después de Cristo’ (d.C.) o como ‘Anno

Dómini' (AD). Por ejemplo, AD 1534 y 1534 d.C. representan el año de fundación de Quito e inicio del periodo histórico en el Ecuador. Los acontecimientos ocurridos hacia el pasado son referidos en términos de años 'antes de Cristo' (a.C. o BC por sus siglas en inglés).

La extensión del tiempo geológico y la multiplicidad de sistemas de referencia dio paso al establecimiento del **sistema estándar** el cual toma el año de 1950 d.C. para contar el tiempo transcurrido hasta la ocurrencia de un evento en términos de años 'antes del presente' (AP o BP por sus siglas en inglés).

El paso del primer sistema al segundo es relativamente sencillo desde el punto de vista matemático (Figura 3.1). Tomando en cuenta que 0 años AP es equivalente al AD 1950 y que no existe un año cero en el sistema calendario, las ecuaciones de equivalencia entre ambos sistemas serían:

$$edad\ AP = 1950 - edad\ AD \quad [3.1]$$

$$edad\ AP = 1949 + edad\ BC \quad [3.2]$$

A manera de ejemplo, un evento volcánico fechado en 800 años AP; representaría una edad de 800 años previos a AD 1950, es decir, el año de 1150 d.C. Sin embargo, es necesario tomar varias consideraciones externas a este proceso, especialmente en el caso de dataciones por radiocarbono ya que se requiere un sistema de calibración que coteje de forma adecuada ambos sistemas.

La base de datos creada adopta el sistema estándar para mostrar las edades de ocurrencia de sus registros volcánicos (en años AP) debido a la gran extensión del tiempo geológico comprendido en sus registros. Se exceptúan los eventos ocurridos después de AD 1534 debido a su relevancia en el periodo histórico del Ecuador; por lo cual, dichos sucesos son mostrados dentro del sistema calendario.

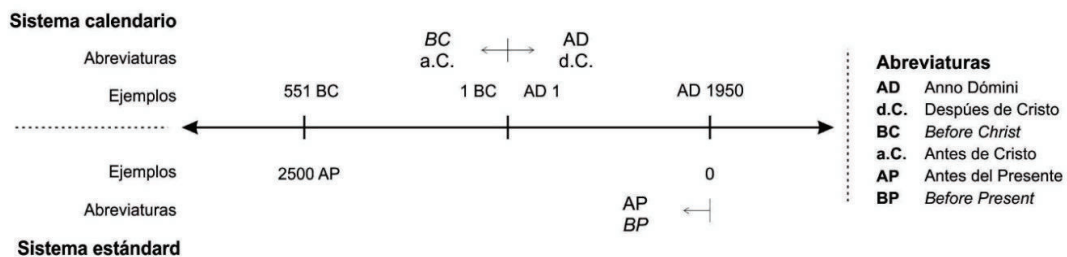


Figura 3.1. Sistemas de representación de edades utilizados en el registro volcánico ecuatoriano.

3.3.2. Calibración de edades radiocarbono

Dado que las edades radiocarbono no corresponden a las edades calendario reales, debido a las variaciones naturales en la concentración del carbono-14 en la atmósfera, se requiere de un método adecuado que evalúe y corrija esta desviación. Varios investigadores utilizan edades ya calibradas provenientes de laboratorio, que suelen ser presentadas dentro del sistema calendario estándar. Estas edades calibradas son presentadas sin modificaciones tras transformarlas al sistema estándar.

Para los casos donde no se presentaron edades calibradas, se empleó una metodología similar a la propuesta por Crowweller et al. (2012) usada en la base de datos LaMEVE:

- La calibración de edades radiocarbono se realizó en el programa 'OxCal' (v4.2) desarrollado por Bronk Ramsey (2009), empleando la curva de calibración atmosférica 'IntCal13' obtenida por Reimer et al., (2013).
- La información introducida en el programa corresponde a la edad radiocarbono junto con su rango de error reportados en la literatura.
- De no existir un error reportado, se toma el valor promedio de los errores reportados en dataciones radiocarbono contemporáneas existentes en la base de datos.
- Para todos los casos, las edades radiocarbono corresponden al rango de variación 2-sigma (2σ) que posee un intervalo de confiabilidad del 95.4%. Se exceptúa de esta regla a los eventos volcánicos datados dentro de secuencias crono-estratigráficas muy estrechas, donde el rango 2σ crea superposiciones entre las edades de los diferentes registros y crea contradicciones temporales en la estratigrafía; en este caso las edades se presentan en el rango de 1-sigma (1σ) que posee un intervalo de confiabilidad del 68.3%.

Los resultados de laboratorio de dataciones radiocarbono y las calibraciones realizadas directamente por sus autores, así como las realizadas en este estudio son presentadas en tablas suplementarias.

Los resultados de dataciones por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ y K/Ar no requieren de un tratamiento adicional para su empleo en cronoestratigrafía ya que son presentados dentro del sistema estándar en miles (ka) o millones de años (Ma) antes del presente.

3.3.3. Índice de Calidad de Dataciones (ICD)

Las edades asignadas a un evento volcánico en particular pueden diferir ampliamente en la literatura; debido a la técnica de análisis, metodología, número de dataciones empleadas y descripción de resultados. Para lograr una concordancia entre resultados, y poder discernir adecuadamente la edad de un evento, se ha incorporado un índice de calidad a las dataciones bajo los criterios de técnica de datación usada, ubicación estratigráfica de la muestra analizada, y error relativo de resultados de acuerdo a lo descrito en la Tabla 3.2. Croweller et al. (2012) proponen un conjunto de criterios aplicados a la LaMEVE, por lo que se tomará su propuesta como modelo base para ser usada en el registro ecuatoriano.

Tabla 3.2. Descripción de parámetros empleados en el Índice de Calidad de Dataciones (ICD).

ICD	Descripción
A	<p>Dataciones absolutas realizadas directamente en materiales volcánicos pertenecientes a un evento (flujos de lava, depósitos de caída, etc.) u otros materiales encontrados dentro de dichos depósitos.</p> <p>Reportes históricos con descripción precisa del evento volcánico y su fecha de ocurrencia (año, mes y día)</p>
B	<p>Dataciones absolutas realizadas en materiales sub o supra yacentes al depósito principal dejado por un evento volcánico.</p> <p>B1. Datación en depósito subyacente.</p> <p>B2. Datación en depósito suprayacente.</p> <p>Edades calculadas por interpolación de edades absolutas empleando tasas de formación de sedimentos orgánicos (e.g. turbas, suelos)</p> <p>Reportes históricos con descripción ambigua del evento volcánico y/o su fecha de ocurrencia (año).</p>
C	<p>Dataciones absolutas sin especificación de la técnica empleada, rango de error, o ubicación estratigráfica de la muestra analizada.</p>
D	<p>Evento datado únicamente por relaciones estratigráficas (tefrocronología).</p> <p>D1. Bajo rango de error relativo (<30%).</p> <p>D2. Alto rango de error relativo (>30%).</p> <p>Eventos históricos sin confirmación estratigráfica o con alta incertidumbre en su fecha de ocurrencia (e.g. Siglo X).</p>
E	<p>Descripción únicamente cualitativa (e.g. Holoceno, Plioceno Inferior)</p>

El error porcentual relativo, descrito en la Tabla 3.2 como ICD-D1 y D2, corresponde al valor medio aceptado para dichas categorías de ICD. Este valor es definido como la variación porcentual del error relativo de una edad obtenida sobre su valor neto en años; por ejemplo, un evento datado entre 1050-950 años AP tendrá un error relativo de 50 años o del 5%, por lo que se su ICD será D1. El error de dataciones absolutas es presentado de forma independiente a su ICD.

3.3.4. Presentación de edades

El segundo segmento de la base de datos corresponde a la información geocronológica relacionada a cada evento volcánico, esta está organizada en 4 campos principales:

I. Edad Bibliográfica. Corresponde al rango de edad de ocurrencia de un evento volcánico presentado sin modificaciones según haya sido publicado en la literatura. Este campo pretende brindar una alternativa adecuada para la identificación de un evento volcánico dentro de la literatura en base a su edad. De esta forma, las edades radiocarbono calibradas y no calibradas aparecen junto con las de otras técnicas datacionales, en los sistemas calendario o estándar sin distinciones.

Las edades de los eventos volcánicos fechados por técnicas absolutas se pueden presentar como rangos de edad (e.g. 2200-2000 AP) o como edades puntuales junto con su error (e.g. 211 ± 14 ka).

II. Edad Asignada. Este campo fue creado con el objeto de homogenizar las edades presentadas en la bibliografía, presentar las edades radiocarbono calibradas tanto en este estudio como en la literatura, y facilitar la correlación temporal entre los eventos volcánicos de la base de datos. La edad asignada corresponde entonces al rango de edad más probable de ocurrencia de un evento volcánico obtenido del proceso de homogenización definido bajo los siguientes parámetros:

- Las edades del registro volcánico son presentadas dentro del sistema estándar (años AP), exceptuando las de los eventos ocurridos en el periodo histórico ecuatoriano que se encuentran en el sistema calendario.
- Los sufijos de acortamiento de edades ka y Ma empleados en edades bibliográficas son suprimidos y sus valores son presentados en sus unidades más simples, esto es en años AP.

- Si un evento volcánico tiene una única edad reportada, esta será presentada directamente en el sistema estándar y su error absoluto, en caso de estar disponible, estará expuesto previamente en el campo de edad bibliográfica. Para el caso de edades radiocarbono no calibradas, se procederá a su calibración y presentación de sus resultados de acuerdo al proceso descrito anteriormente.
- Aquellos eventos volcánicos con múltiples edades, reportadas en una o varias publicaciones, su edad asignada corresponde a la media de las dataciones asociadas de mayor ICD. De no existir concordancia entre ellas, se tomarán las edades más coherentes con la estratigrafía de acuerdo a sus descripciones bibliográficas.
- Los eventos volcánicos sin edad reportada directamente en la literatura, deben ser parte de una secuencia estratigráfica o evolutiva conocida. Suponiendo que esta secuencia es progresiva y sin alteraciones, el rango de edad asignada corresponde al periodo de tiempo transcurrido entre los eventos datados supra y subyacentes más próximos.
- En caso de que alguna edad reportada no sea coherente con la estratigráfica, se desechará su edad bibliográfica y se asignará una nueva en función de la estratigrafía.

Tabla 3.3. Modificadores de edad empleados para edades asignadas y bibliográficas.

Símbolo	Descripción
?	Edad con alta incertidumbre. Esto puede deberse a la falta de dataciones para un determinado evento, por lo que su edad corresponde a un valor asumido de acuerdo a la estratigrafía y otras dataciones por lo que su error relativo resulta muy amplio. Otra causa puede ser la propia ambigüedad en las edades reportadas en la literatura.
~	Edad aproximada. Corresponde a una aproximación a la edad real de ocurrencia de un evento en base a la estratigrafía y a otras dataciones, de mayor fiabilidad. La edad aproximada es de mayor fiabilidad de la anterior pero que aún no puede ser considerada como precisa.
Cal	Edad radiocarbono calibrada en la bibliografía o realizada en este estudio de acuerdo al registro de dataciones.
>	La edad real de ocurrencia del evento volcánico es mayor a la edad marcada en el rango.
<	La edad real de ocurrencia del evento volcánico es menor a la edad marcada en el rango.

•

Los campos de edad bibliográfica y edad asignada cuentan con 6 subcampos: edad inicial del rango, edad final del rango, abreviaturas del sistema de representación de la edad inicial y final del rango (i.e. AD, AP, BC, ka, Ma), modificador de edad, e ICD.

El modificador de edad tiene la función de precisar cierta información sobre las edades reportadas (Tabla 3.3). Estos podrán actuar de manera simple o en conjunto con otros modificadores.

III. Tipo de datación bibliográfica. En este campo se explica el tipo de datación empleado en la literatura para determinar la edad de un evento volcánico. Se adiciona también un campo auxiliar donde se da una breve descripción adicional de los niveles estratigráficos empleados para fechar eventos no datados por métodos absolutos o referencias estratigráficas adicionales. Las técnicas empleadas que aparecen en la base de datos se encuentran resumidas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Simbología de las técnicas de datación bibliográficas comúnmente empleadas en el registro volcánico ecuatoriano.

Grupo	Símbolo	Descripción
Métodos absolutos	A	Datación por argón-argón.
	C	Edad radiocarbono calibrada.
	C*	Edad radiocarbono no calibrada.
	F	Datación por trazas de fisión (<i>fission track dating</i>).
	H	Evento histórico.
	K	Datación por potasio-argón.
Métodos relativos	E	Edad calculada por interpolación usando tasas de acumulación de sedimentos orgánicos.
	T	Edad calculada por interposición de horizontes de origen antrópico.
	ND	Evento no datado con edad asignada por estratigrafía en la <i>bibliografía</i> .
	ND*	Evento no datado con edad asignada por estratigrafía en <i>este trabajo</i> .
	NE	Método de datación no especificado.

IV. Código de muestra. Las edades radiométricas absolutas cuentan con un código único de identificación otorgado directamente por sus autores el cual es usualmente publicado en conjunto con sus resultados de laboratorio. En caso de no encontrarse este código, se asigna uno en base al código volcánico seguido de un número de identificación.

3.4. Referencias

Es común que un evento eruptivo tenga más de una investigación relacionada publicada. El registro volcánico ecuatoriano incorpora el tercer segmento, de "referencias bibliográficas", donde todos los trabajos publicados usados para constreñir la información relacionada a un evento determinado son citados. La información completa relacionada a la bibliografía es compilada en una tabla suplementaria. Las bases de datos del GVP, LaMEVE y otros trabajos similares también son mencionados como fuentes bibliográficas complementarias.

Se sugiere al investigador revisar la bibliografía citada y las tablas complementarias, así como otros trabajos científicos, a fin de obtener una visión completa de un determinado evento volcánico y su edad de ocurrencia.

3.5. Tablas suplementarias

A. Información general de los centros volcánicos descritos en la base de datos.

Esta tabla incluye información particular de cada centro eruptivo descrito en la base de datos. Se incluye: código volcánico, nombre, nombre alternativo, número único del GVP, localización (latitud y longitud en grados bajo el sistema de proyección WGS 84), altitud, tipo morfológico de volcán (e.g. estrato volcán, cono compuesto, caldera, cono de escoria), estado de actividad, y última erupción conocida dentro del registro con su código eruptivo.

B. Dataciones absolutas. Consiste de un grupo de tablas que proporcionan la información específica relacionada a las dataciones absolutas encontradas en el registro ecuatoriano. La información común incluye: código de muestra (asignado en la literatura o en este estudio), centro volcánico, depósito volcánico / unidad estratigráfica / edificio o etapa evolutiva (campos no disponibles para todos los tipos de datación), material

datado y su ubicación estratigráfica, laboratorio de análisis, código único de laboratorio, edad radiométrica y su error, localización geográfica de toma de la muestra, y referencias bibliográficas. Se adicionan también otros campos adicionales únicos para cada tipo de datación para la presentación de edades calibradas, porcentaje de sílice, edades plateau e isócrona, etc.

C. Referencias bibliográficas: El registro de eventos volcánicos emplea citas cortas para referenciar los trabajos empleados en la construcción de la información volcánica. La tabla de bibliografía lista todas las citas del registro junto con su referencia completa.

CAPÍTULO IV

4. Análisis geocronológico de la actividad volcánica en el arco continental ecuatoriano

4.1. Síntesis de la actividad volcánica del Holoceno

Las recopilaciones anteriores de la actividad volcánica han sido muy escasas, o no han pretendido recopilar totalidad de los registros disponibles en la literatura. Actualmente, la tabla de resumen publicada por Hall y Mothes (1999) de las erupciones más importantes ocurridas en el Holoceno tardío, constituye uno de los instrumentos más importantes para la identificación de niveles de ceniza como marcadores estratigráficos. Sin embargo, esta debe ser actualizada en función de los nuevos estudios y dataciones de las erupciones del arco ecuatoriano; y adicionar aquellos eventos de importancia estratigráfica ausentes.

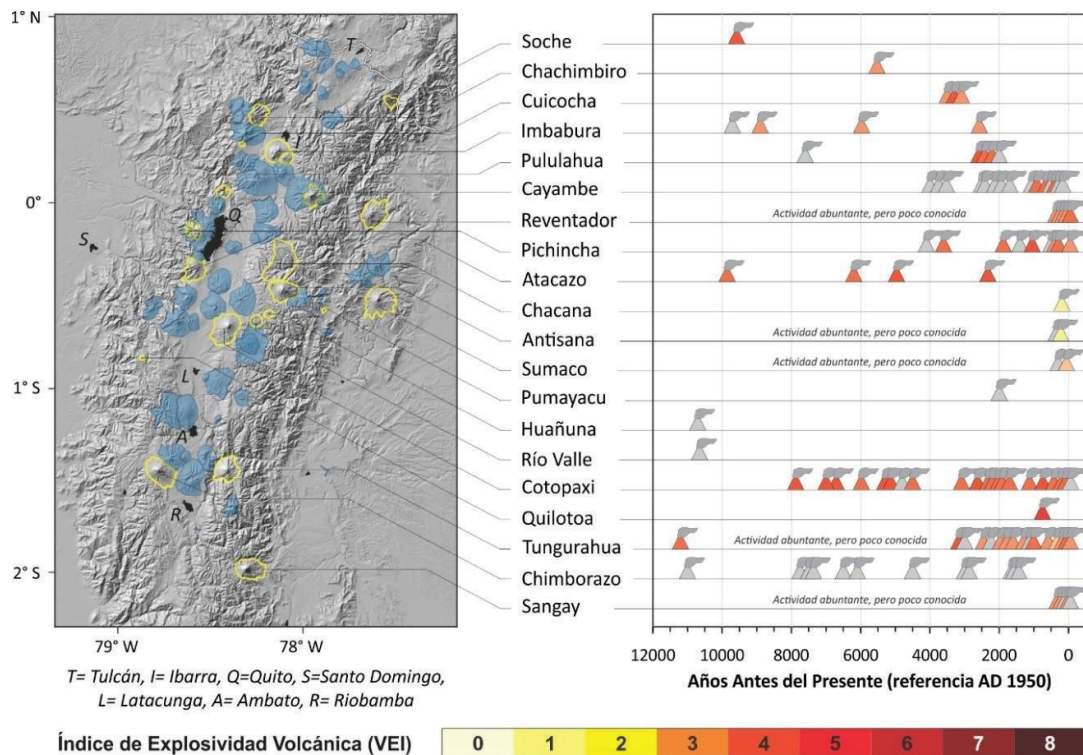


Figura 4.1. Centros volcánicos del Ecuador y su actividad eruptiva del Holoceno.

De los 41 centros volcánicos expuestos en este estudio, 20 tuvieron algún tipo de actividad volcánica confirmada en el holoceno, 8 de ellos en tiempos históricos (Figura 4.1); además, se identificaron 6 centros adicionales que pudieron tener algún tipo de actividad eruptiva cercana al Holoceno. Es importante denotar que los volcanes Reventador, Antisana, Sumaco, Pumayacu y Sangay tuvieron una actividad significativa durante el Holoceno, pero que aún es poco conocida. Un caso similar ocurre con la actividad previa a los ~3 ka del Tungurahua. Otros centros volcánicos, como Cayambe y Chimborazo, cuentan con un conocimiento parcial de su actividad (e.g. existen registros de su actividad eruptiva, pero con poca información sobre su tamaño, estilo y/o dinamismo eruptivo).

A continuación, se presenta una breve descripción los centros volcánicos con actividad desarrollada en el Holoceno, ordenados de acuerdo a su ubicación geográfica de norte a sur.

4.1.1. Centros volcánicos con actividad en el Holoceno

4.1.1.1. Volcán El Soche (SCH)

La actividad más reciente del Soche, y la única conocida, fue una erupción pliniana una erupción pliniana (VEI 5) que generó una importante emisión y caída de lapilli de pómez. Su depósito puede ser encontrado desde el norte de Ipiales hasta San Gabriel al sur, con potencias que van desde los 0.5 m hasta los 1.5 m (Hall & Mothes, 1999). Esta erupción fue acompañada por la generación de flujos piroclásticos y por la extrusión y colapso de domos dacíticos. Este evento fue fechado por radiocarbono obteniendo una edad de 8600±60 años AP (Beate B., 1994), que corresponden a una edad calibrada de 9700-9482 Cal AP.

4.1.1.2. Complejo Volcánico Chachimbiro (CHA)

La erupción datada entre 5590 – 5250 Cal AP estuvo relacionada con la extrusión de un domo riodacítico localizado a 6.3 km al este del ventó central. Este domo sufrió una descompresión violenta que generó una explosión dirigida, la cual produjo a su vez un flujo piroclástico extenso seguido de una columna eruptiva sub-pliniana. Ambos depósitos cubrieron ampliamente la región de Urcuquí, incluyendo restos de asentamientos humanos (Bernard et al., 2014).

4.1.1.3. Complejo Volcánico Cotacachi (COT) – Cuicocha (CUI)

La historia más reciente del complejo corresponde a la actividad del Cuicocha. Su actividad inicia con la extrusión y formación del domo Cuicocha junto con la generación de flujos piroclásticos causados por colapsos parciales. Posteriormente ocurrieron violentas erupciones volcánicas que formaron grandes oleadas y flujos piroclásticos los cuales cubrieron hasta las actuales poblaciones de Quiroga, Cotacachi y Otavalo. Una erupción pliniana (VEI 5) habría formado la caldera volcánica actual con la generación de una caída regional de ceniza. Esta actividad está datada por radiocarbono en 3100 ± 150 años AP, lo que corresponde a una edad calibrada de 3641 - 2920 años AP. El último episodio corresponde a la formación de pequeñas oleadas piroclásticas y caídas de ceniza datadas en 2900 ± 300 años AP (3778-2348 Cal AP); seguidas por la extrusión de los domos volcánicos intra-caldera Wolf y Yerovi (von Hillebrandt, 1989; Hall & Mothes, 1999).

Otros emplazamientos de domos volcánicos en el Cotacachi, habrían ocurrido en el Holoceno junto con la emisión de los flujos de lava de la cumbre; sin embargo, no se tiene una confirmación cronológica de esta afirmación (Almeida, 2016).

4.1.1.4. Volcán Imbabura (IMB)

El evento más importante del complejo corresponde a la extrusión y colapso del domo del Huarmi Imbabura por inestabilidad gravitacional, lo cual generó una avalancha de escombros (A-HIMB) junto con una explosión dirigida (Blast B-HIMB) causada por despresurización del domo. Los depósitos de dicho evento pueden ser identificados en los alrededores del lago San Pablo. Este evento está fechado por radiocarbono en $\sim 31.5 - 29.2$ ka. Posteriormente ocurrió un nuevo periodo de extrusión de domos volcánicos que, según una reinterpretación de los sedimentos del lecho del lago San Pablo, su último periodo de emplazamiento darse entre $\sim 7940 - 4000$ Cal AP (Le Pennec et al., 2011; Ruiz, 2003).

La actividad del 'Taita Imbabura' se desarrolló entre los $\sim 17600 - 2000$ AP y comprende la formación de varias secuencias de flujos piroclásticos que fueron depositadas en la zona de El Naranjo y en otras quebradas aledañas al volcán. La presencia de paleosuelos interyacentes (uno de ellos datado alrededor de los 9.3 - 8.6 ka Cal AP) entre los depósitos piroclásticos sugiere la ocurrencia de intervalos de tiempo significativos entre cada evento durante el Holoceno temprano. La extensión limitada de

los depósitos posteriores a este punto sugiere que las erupciones subsecuentes fueron de tamaño más modesto.

4.1.1.5. Volcán Cayambe (CAY)

La actividad volcánica de los últimos 4000 años del Cayambe ha sido mayormente caracterizada por la extrusión y colapso de domos con la subsecuente generación de flujos piroclásticos. Esta ha sido la responsable de la construcción de la cumbre Oriental y de la formación de varios domos en los flancos Norte y Nororiental. Se han documentado al menos 21 eventos eruptivos agrupados en tres periodos de actividad volcánica de 300, 800 y 900 años de duración, seguidos por periodos de reposo (Figura 4.2). El último periodo correspondiente a cuatro unidades principales de flujos piroclásticos caídas de tefra observados en el flanco NNE junto con sus caídas de tefra y lahares asociados; dicho periodo probablemente aún no termina, tal como lo sugiere la erupción registrada entre AD 1785-1786 (Samaniego et al., 1998; Samaniego et al., 2014). Las planicies de San Pablo y Cayambe fueron las mayormente afectadas por caídas de ceniza y lapilli. Sin embargo, estas fueron de pocos centímetros de espesor y tuvieron distribuciones limitadas (Hall & Mothes, 1999).

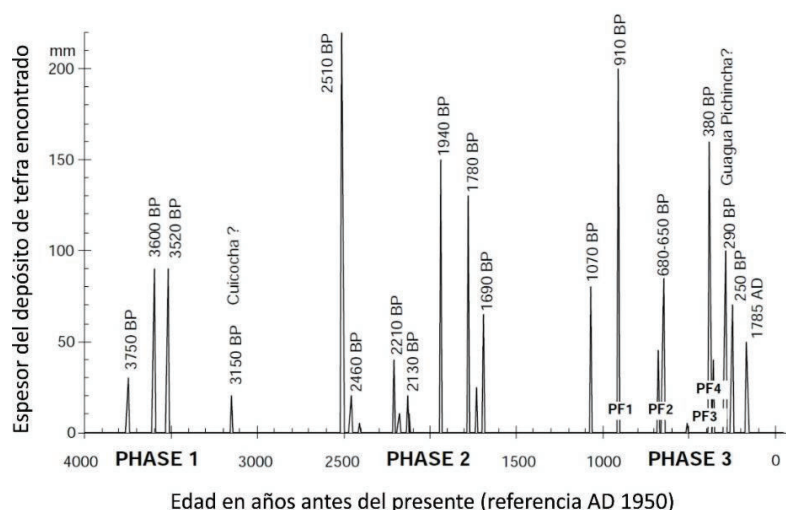


Figura 4.2. Cronología eruptiva reciente del volcán Cayambe basada en sus depósitos de tefra intercalados entre suelos orgánicos tipo turba. Modificado de Samaniego et al., 1998.

4.1.1.6. Complejo Volcánico Pululahua (PUL)

Al menos 5 eventos explosivos grandes se produjeron dentro del complejo volcánico Pululahua durante el Holoceno debido a la formación y destrucción de domos volcánicos. Estos eventos generaron potentes oleadas y flujos piroclásticos, junto con caídas de lapilli y ceniza regionales. En un inicio, estas erupciones fueron mayormente explosivas (VEI 5) con la generación de columnas eruptivas plinianas que formaron niveles importantes de lapilli y ceniza que hoy sirven como marcadores estratigráficos importantes.

La mayor erupción está datada por radiocarbono en 2485 ± 130 años AP (2851-2306 Cal AP). Las nubes de ceniza se dispersaron ampliamente al occidente, hacia la costa centro-norte, donde tuvieron una influencia negativa sobre las culturas de la zona (Vallejo S., 2011; Hall & Mothes, 1999). Los eventos explosivos subsecuentes generaron potentes flujos piroclásticos, con la formación de caídas de ceniza menores. El ciclo eruptivo finalizó hace ~ 2200 años AP con la extrusión parcialmente explosiva de domos; sus colapsos parciales generaron flujos de bloques y ceniza junto con pequeñas caídas asociadas de pómez. (Andrade, 2002).

4.1.1.7. Volcán El Reventador (REV)

La historia geológica del Reventador no es bien conocida debido a su ubicación remota e inaccesibilidad. Sin embargo, se estima que el volcán tuvo al menos 16 erupciones entre AD 1541 y 2002 que han sido reportadas por la población del valle interandino (Hall et al., 2004). Su actividad del Holoceno aún debe ser estudiada.

La actividad actual inició con una fuerte erupción el 3 de noviembre de 2002 (VEI 4), la cual constituye el mayor evento eruptivo registrado en el Ecuador en el último siglo. Esta erupción fue acompañada por la emisión de grandes cantidades de ceniza y la generación de flujos piroclásticos que alcanzaron incluso al Río Quijos situado a 9 \sim km de la cumbre. Como consecuencia de esta erupción se destruyó parcialmente la parte superior del cono volcánico (Samaniego et al., 2008).

Posterior a este evento se registró una fase eruptiva mayormente efusiva caracterizada por la emisión de varios flujos de lava junto acompañados con actividad estromboliana. Las siguientes fases fueron un poco más explosivas, registrándose columnas de emisión de hasta 6 km sobre el nivel del cráter, junto con la emisión de varios flujos de lava. A partir de 2009 se ha observado una actividad mayormente explosiva con ocasionales

flujos de lava de menor tamaño; durante este último periodo se reconstruyó la parte superior del cono (Figura 4.3) (Naranjo et al., 2016).



Figura 4.3. *Secuencia fotográfica de la reconstrucción del cono superior del V. Reventador entre AD 2002 y 2017.*

4.1.1.8. Complejo Volcánico Pichincha (PCH)

El edificio más joven del Pichincha, denominado Guagua Pichincha, tuvo una importante actividad volcánica que resultó en la formación de los complejos de domos Toaza y Cristal y sus productos piroclásticos. El edificio 'Toaza' desarrolló su actividad eruptiva entre ~ 13000 – 4100 Cal AP, la cual se caracterizó por la emisión de varios flujos de lava y la extrusión de domos de lava que al colapsar generaron varios flujos de bloques y ceniza. Cerca de los ~4100 Cal AP se produjo el colapso de su flanco occidental.

La actividad del Guagua Pichincha posteriormente continuó con la extrusión del nuevo complejo de domos 'Cristal' dentro del anfiteatro dejado por la avalancha de escombros del Toaza. Varios flujos piroclásticos e importantes caídas de tefra ocurrieron como consecuencia de su actividad. El evento explosivo más importante ocurrió hace 1180-910 años Cal AP (siglo X: AD 770 – 1040 AD) y tuvo un VEI 5 (Robin et al., 2010). Otros eventos importantes ocurrieron hace 1950-1810 años (Siglo I: AD 1 – 140), y 290 años (AD 1660), siendo este último el de mayor tamaño (VEI 4). Una cuarta erupción pudo ocurrir en AD ~500; pero debido a que sus depósitos fueron muy limitados o ya fueron erosionados, no se tiene un buen control cronoestratigráfico (Robin et al., 2008).

El último evento eruptivo ocurrió en AD 1999 cuando tras varias explosiones freáticas se produjo el primer evento explosivo de carácter magmático el 27 de septiembre de dicho año. Tras este suceso se produjo la extrusión de varios domos dacíticos con su posterior destrucción por explosiones vulcanianas y/o colapsos gravitacionales, que a su vez ocasionaron varios flujos piroclásticos que descendieron por el Río Cristal. El

último domo fue extruido en enero de AD 2000 y su colapso parcial ocurrió en junio del mismo año (García-Aristizabal et al., 2007).

4.1.1.9. Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (ATZ)

Al menos seis eventos eruptivos importantes ocurrieron dentro de este complejo en el Holoceno. Estos fueron reconocidos por la presencia de importantes caídas de tefra y grandes flujos piroclásticos los mismos que están relacionados a eventos explosivos ocurridos en los domos Arenal (nivel N1: >12000 AP), La Cocha (niveles N2: ~12000 años Cal AP y N3: 10190 – 9700 años Cal AP), El Arenal II (nivel N4: 6450 – 5940 años Cal AP), Ninahuilca I (nivel N5: 5060 – 4860 años Cal AP) y Ninahuilca II (nivel N6: 2350 – 2300 años Cal AP). Los eventos N5 y N6 fueron los más grandes alcanzando un VEI 5 (Hidalgo, 2006; Hidalgo et al., 2008).

Los flujos piroclásticos generados llegaron incluso hasta las poblaciones de Tambillo y Amaguaña al este, y Tandapi y Alluriquin al occidente. Los depósitos de caída de ceniza fueron reconocidos en las cuencas de Quito y Machachi con potencias de 5 a 10 cm, por lo que constituyen buenos marcadores estratigráficos en la región (Hall & Mothes, 1999).

4.1.1.10. Volcán Antisana (ANT)

La actividad eruptiva del Antisana de los últimos ~14000 años se caracterizó por ser poco explosiva, donde se generaron caídas moderadas de tefra y varios flujos de lava asociados a más de 50 eventos eruptivos. La última erupción importante ocurrió hace más de 800 años AP (Hall et al., 2017).

El primer incidente de actividad histórica del Antisana está reportado entre AD 1590-1600 según una crónica de Wolf (1904) que describe “una ceniza que vino desde Pintac”. Sin embargo, hay varios autores que asocian este evento más bien al V. Reventador. En el siglo XIX, Alexander Von Humboldt menciona haber escuchado varias “detonaciones volcánicas” en el Valle de los Chilllos en 1802 (Hall, 1977).

4.1.1.11. Caldera de Chacana (CHN)

En AD 1728 y 1760 se produjeron los flujos de lava de Antisanilla (Pinantura) y Potrerillos (Papallacta) respectivamente; los cuales fueron emitidos como resultado de erupciones

fisurales de corta duración desde ventos aledaños al Antisana. Sin embargo, estos flujos de lava pueden estar relacionados a la caldera de Chacana y no al Antisana propiamente dicho (Hall et al., 2012). La actividad hidrotermal y sísmica registrada dentro de la caldera de Chacana indica que todavía se encuentra activa y, por ende, tiene el potencial de generar nuevas emisiones de material magmático.

4.1.1.12. Volcán Sumaco (SUM)

El Sumaco ha sido objeto de varios estudios geoquímicos, debido a la distintiva composición alcalina de sus lavas. Pese a ello, es muy poco el trabajo realizado en el desarrollo de su historia eruptiva debido a su localización remota en las llanuras amazónicas. Jiménez de la Espada realizó un ascenso al cono del Sumaco en AD 1865 donde describe un cráter “quebrado y abierto al sur”, posteriormente Dyott tras una ascensión en AD 1925 describe un cráter más grande y de forma casi perfecta; suponiendo que esta información es correcta, se asumiría la existencia un periodo de actividad volcánica entre AD 1865 y 1925. Aunque esta actividad no ha sido confirmada, se puede suponer que el Sumaco aún se encuentra activo pese a que no existen trabajos científicos que detallen su actividad del Holoceno; esto tomando en cuenta que su edificio posee una forma casi perfectamente cónica en una región de alta intensidad erosiva. Adicionalmente, se ha reportado la ocurrencia de actividad fumarólica en su cumbre (Hall, 1977; Hoffer, 2008).

4.1.1.13. Volcán Pumayacu (PUM)

Este recién descubierto centro volcánico está formado por varios domos que generaron flujos piroclásticos ricos en pómez y lahares. Uno de los flujos piroclásticos más jóvenes fue datado en 4.4 ka (~5070-4860 años Cal AP). Un depósito de caída de lapilli fue encontrado sobre un horizonte cultural rico en cerámica de 2000 años de antigüedad (Hall & Mothes, 2010).

4.1.1.14. Complejo de domos Huañuña (HNA)

Mothes & Hall (2008b) describen este centro volcánico como una caldera, del Pleistoceno al Holoceno temprano, que aparenta tener un domo resurgente encerrado por valles glaciares que contienen sus depósitos piroclásticos e ignimbríticos. Hall et al. (2017) hacen referencia dos capas de ceniza riolítica datadas en 11710 y 10075 años

AP pertenecientes a este centro volcánico, las cuales emplean como marcadores estratigráficos en su estudio del Antisana.

4.1.1.15. Centro volcánico Río Valle (RVC)

Este centro volcánico está compuesto por varios domos riolíticos cubiertos por flujos piroclásticos. Se conoce que su actividad más reciente se ubica entre los 15000 y 6300 años AP; edad constreñida en base a estratigrafía glaciar y tefrocronología (Mothes & Hall, 2008b).

4.1.1.16. Volcán Cotopaxi (COT)

Este volcán presentó una importante actividad eruptiva durante el holoceno, la cual fue dividida en varias series por Hall & Mothes (2008b). Entre los 13200-4500 años AP (~16000 a ~5300 años Cal AP) se desarrolla la primera etapa evolutiva del Cotopaxi II con el conjunto de Series Riolíticas F, dominadas por grandes erupciones mayormente de carácter riolítico que generaron importantes caídas plinianas de carácter regional acompañadas por flujos de ceniza, surges y depósitos co-ignimbriticos.

La segunda etapa evolutiva, denominada Cañón Colorado, se desarrolló entre los ~4600-4460 años AP (~5300 a ~5000 Cal AP) que incluyó al menos una erupción freatomagmática y a varias erupciones plinianas que ocasionaron flujos piroclásticos y de bloques y ceniza junto con varias caídas de tefra. En esta fase se reconoce también un gran deslizamiento del flanco nororiental del cono datado en 4500 años AP (~5320-4960 años Cal AP), la misma que posiblemente se transformó de una avalancha de escombros a grandes lahares (i.e. *Chillos Valley Lahar*) que descendieron por los drenajes principales (Mothes et al., 1998).

En los últimos 4000 años se desarrolló la fase andesítica del volcán que envuelve a varias erupciones de menor tamaño acompañadas de caídas de tefra, flujos piroclásticos y de lava, e importantes lahares. Destaca en este último periodo el evento riolítico de Peñas Blancas de edad ~ 2100 AP que produjo una caída de lapilli de pómez y lahares (Hall & Mothes, 2008b).

La última actividad eruptiva importante se desarrolló en AD 1877 donde los lahares, desencadenados por flujos piroclásticos que derritieron parte del casquete glaciar del Cotopaxi, destruyeron varias poblaciones a lo largo de los causes de los ríos Cutuchi-Patate-Pastaza (al sur), Pita-San Pedro-Guayllabamba-Esmeraldas (al norte) y Tambo-

Tamboyacu (al este) (Andrade et al., 2005). El 14 de agosto de 2015, tras ~4 meses de actividad precursora, el Cotopaxi tuvo una explosión freatomagmática que inició un periodo de emisión casi continua de gases y ceniza hasta noviembre de ese mismo año (Bernard et al., 2016; Gaunt et al., 2016).

4.1.1.17. Volcán Quilotoa (QLT)

La unidad Q-I es la más reciente de los ocho ciclos eruptivos identificados en el Quilotoa, y es la única de edad Holocénica. La secuencia eruptiva inició abruptamente con una explosión freatomagmática seguida de la formación de lahares, probablemente causados por la expulsión violenta del agua de un antiguo lago cratérico. Tras este evento se produjo una serie de erupciones plinianas que depositaron varios niveles de caídas de tefra intercalados con secuencias de surges y flujos de ceniza. La mayor erupción (VEI 6) ocasionó una caída regional de ceniza comúnmente empleada como marcador estratigráfico. El área cubierta por material piroclástico es de aproximadamente 810 000 km²; llegando a poblaciones como Cayambe al norte, Cosanga al este, Puyo al sureste, y el sur de la provincia de Esmeraldas y centro norte de Manabí al oeste. La edad de este suceso es de ~800 años AP (800 – 690 años Cal AP) (Mothes & Hall, 2008a; Hall & Mothes, 2008a).

4.1.1.18. Volcán Chimborazo (CHB)

Al menos 7 eventos eruptivos han sido reconocidos en el Chimborazo entre los 8000 y 1300 años AP. Esta actividad es registrada en depósitos de flujos piroclásticos, surge y caídas de lapilli que crearon una compleja secuencia estratigráfica al noroccidente del volcán. Los primeros dos eventos, datados entre 7434-7288 años Cal AP, estuvieron acompañados por caídas de pómez y lahares que descendieron por los flancos norte y occidental. Los siguientes eventos ocurrieron entre los 6100 y 1300 años AP. Estas observaciones sugieren un tiempo de recurrencia de ~1000 entre cada erupción, pero aún se requieren más datos para validar este valor. Dado que su última erupción fue fechada entre los siglos V y VIII, este volcán debe ser considerado mucho más activo de lo que previamente se conocía (Barba et al., 2008).

4.1.1.19. Volcán Tungurahua (TUN)

Tras el colapso sectorial de hace ~30000 años AP, la actividad mayormente efusiva del Tungurahua continuó con la formación de un nuevo cono denominado “Tungurahua II”. En el Holoceno, este edificio registró varias erupciones entre la que destaca un evento explosivo importante datado en ~9700 años AP (~11200 años Cal AP) que generó una caída de escoria y cenizas junto con varios flujos piroclásticos. Hace ~3100 Cal AP este edificio sufrió un segundo deslizamiento gigante de su flanco occidental (el primero se registró hace ~3 ka) causado por intrusión de magma dacítico, lo que derivó en una explosión lateral (blast) y posteriormente en una erupción pliniana con caídas de tefra y lahares (VEI 5) (Le Pennec et al., 2013). El edificio actual, denominado Tungurahua III, se construyó dentro del anfiteatro dejado tras dicho colapso; su actividad se ha caracterizado por la generación de flujos piroclásticos, flujos de lava y emisiones moderadas de ceniza (Hall et al., 1999; Le Pennec et al., 2005).

El periodo eruptivo actual inició en AD 1999 siendo su última fase eruptiva la registrada entre el 26 de febrero y el ~15 de mayo de AD 2016 (Figura 4.4.). Durante este periodo, el estilo eruptivo ha variado desde explosiones freáticas hasta erupciones subplinianas que ocasionaron varias caídas de ceniza, flujos piroclásticos, lahares y ocasionales flujos de lava. La mayor erupción de este periodo ocurrió el 16 de agosto de AD 2006 (VEI 3), junto con otras erupciones importantes, pero de menor tamaño como la del 01 de febrero de AD 2014 (VEI 2) (Eycheenne et al., 2012, Hall et al., 2015).

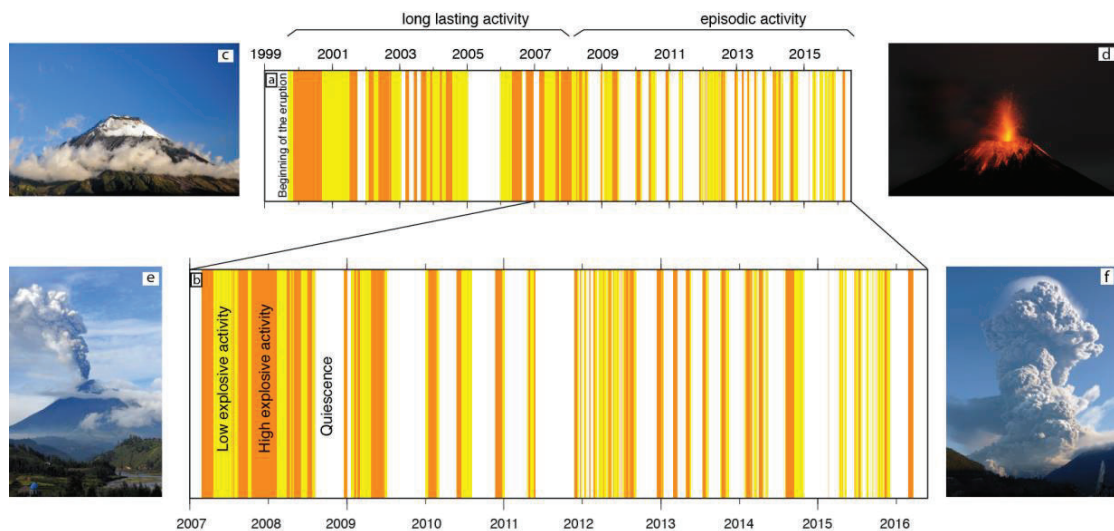


Figura 4.4. Fases del periodo eruptivo actual del Volcán Tungurahua (AD 199-2016).

Hidalgo (in press)

4.1.1.20. Volcán Sangay (SAN)

Debido principalmente a su ubicación remota, el volcán Sangay no cuenta con estudios que describan su actividad del Holoceno. Sin embargo, existen varios reportes de su actividad histórica que reportan caídas importantes de ceniza en poblaciones aledañas. En 1628, por ejemplo, una notable caída de ceniza atribuida al Sangay fue reportada en la ciudad de Riobamba (Monzier et al., 1999). La actividad volcánica continúa hasta la actualidad con explosiones moderadas, generación de flujos piroclásticos y caídas de tefra, junto con la extrusión de domos volcánicos e inusuales flujos de lava.

4.1.2. Otros centros volcánicos con posible actividad en el Holoceno

4.1.2.1. Complejo Volcánico Chiles (CHL) - Cerro Negro de Mayasquer (CNM)

Tras la segunda fase de construcción del cono del Cerro Negro, su flanco occidental sufrió un colapso estructural que generó una avalancha de escombros que dejó una clara expresión morfológica. Este evento es fechado por radiocarbono entre 7258 – 6645 Cal AP (Cortés & Calvache, 1997). Hall & Mothes (1999), hacen referencia a un flujo piroclástico que ocupa el valle al occidente de la caldera de edad ~3400 años AP.

Sin embargo, en el estudio realizado por Santamaría et al. (in press), en depósitos de tefra hallados en suelos orgánicos tipo turba, se descarta una posible actividad explosiva relacionada a los edificios Cerro Negro o Chiles en los últimos 5800 años. No obstante, a la constante actividad hidrotermal y fumarólica de la zona se le adiciona una reciente anomalía sísmica detectada en sus inmediaciones entre 2013 y 2015 (Santamaría et al., 2015); por lo que debe considerarse que el centro volcánico Chiles-Cerro Negro sea potencialmente activo.

4.1.2.2. Complejo Volcánico Iliniza (ILI)

Este complejo volcánico fue posiblemente formado durante el Pleistoceno y está conformado por los edificios principales Tioniza e Iliniza, siendo este último el más joven. El primero de ellos está formado mayormente por potentes flujos de lava y brechas subglaciares. Cabe destacar que no se han encontrado depósitos de tefra que sugieran una actividad más explosiva. Sin embargo, la ausencia de estos depósitos piroclásticos

probablemente esté relacionada a factores como la erosión y/o enterramiento, más que a la ausencia misma de actividad explosiva dada su antigüedad. El edificio Iliniza se construyó al SSE del Tioniza por la emisión de potentes flujos de lava y brechas subglaciares, concluyendo con la emisión de las lavas somitales y la generación de domos volcánicos.

Al final del Pleistoceno se produjo una nueva migración del centro de emisión a 4.5 km al sur del Iliniza. El nuevo ventó, denominado Tishigcuchi, habría iniciado su actividad con la extrusión de un domo volcánico; el cual produjo un evento explosivo causado por su colapso generando un importante flujo piroclástico. La actividad de este centro, y aparentemente de todo el complejo, terminó con la extrusión de un nuevo domo y de una colada de lava asociada (domo-colada Tishigcuchi), siendo esta la de composición química más diferenciada del complejo. Tishigcuchi tendría una edad <13000 años (<16000 años Cal AP) debido a que se encuentra cubierto por los depósitos de caída del Grupo F del V. Cotopaxi; sin embargo, es posible que alguno de sus productos haya sido emitido en el Holoceno (Hidalgo, 2001).

4.1.2.3. Volcán Puñalica (PLC)

El Puñalica corresponde a un cono de escoria monogenético rodeado por múltiples flujos de lava de andesita basáltica. La mayoría de estos flujos se originaron desde la parte somital del edificio principal, mientras que los demás emergieron desde fisuras ubicadas en los flancos del cono. Otros centros eruptivos pequeños, ubicados al sur y noreste del complejo, generaron conos de tefra menores y domos de lava. Dado que se conoce que en el valle del río Pachanlica las tefras de Puñalica cubren las morrenas dejadas por los glaciares el periodo LGM (30-18 ka), y que además están ausentes sobre morrenas más jóvenes del periodo YD (14-10 ka), se puede presumir que la edad de formación del Puñalica se encuentra entre los 18-14 ka. Adicionalmente, se identificó dentro del mismo valle un flujo de lava que presenta una superficie erosionada por glaciares, lo que confirmaría que la actividad del Puñalica probablemente se desarrolló entre el Pleistoceno-Holoceno (Claperton, 1990).

4.1.2.4. Complejo Volcánico Mojanda (MOJ) – Fuya Fuya (FFY)

El edificio más joven del Fuya Fuya (y del complejo volcánico), conocido como *Upper Fuya Fuya*, fue formado por la emisión de flujos de lava (El Atillo y Azahares) y la extrusión de domos volcánicos en dos series: la primera dacítica y la segunda

andesítica-dacítica. Posterior a ello, se originaron varios eventos explosivos relacionados a la apertura de ventos dentro de los intervalos inter-extrusión de domos, los cuales formaron varios flujos piroclásticos creando las secuencias de Santa Teresa y Cochasquí. Una datación por radiocarbono arrojó una edad mayor a los 35000 años AP para dichas secuencias. La actividad del Fuya Fuya finalizó con la extrusión de tres domos centrales y dos domos satélite (Colangal y Panecillo). Aunque la mayor parte de la actividad del Fuya Fuya se desarrolló en el Pleistoceno, la falta de erosión glacial en estos domos finales sugiere la posibilidad de que estos pudieron haber sido formados en el Holoceno (Robin et al., 1997; Robin et al., 2008).

4.1.3. Principales eventos volcánicos del Holoceno

Tomando como base la publicación de Hall & Mothes (1999), se presenta a continuación una tabla resumen de los principales eventos volcánicos ocurridos en el Holoceno que cuentan con un $VEI \geq 4$ (Tabla 4.1.). Esta tabla pretende actualizar los datos presentados en dicha publicación junto con la presentación de las edades calibradas y corregidas en este estudio. Para obtener información más detallada de los mismos se sugiere revisar el Catalogo de eventos volcánicos presentada al final de este trabajo (Anexo I).

Tabla 4.1. Principales eventos volcánicos del Ecuador continental registrados durante el Holoceno con VEI \geq 4.

CENTRO VOLCÁNICO	EVENTO VOLCÁNICO	VEI	EDAD ASIGNADA ^{a-b}	EDAD BIBLIOGRÁFICA ^a	TD	ICD
Reventador	Erupción subpliniana	4	AD 2002	AD 2002	H	A
Tungurahua	Erupción explosiva	4*	AD 1886	AD 1886	H	A
Cotopaxi		4	AD 1877	AD 1877	H	A
Cotopaxi		4	AD 1768	AD 1768	H	A
Cotopaxi		4	AD 1744	AD 1744	H	A
Pichincha		4	AD 1660 - 1660	AD 1660 - 1660	H	A
Cayambe		4*	~ AD 1550 - 1570	~ 400 - 380 AP	C	B1
Cayambe		4*	~ 650 AP	~ 650 AP	E	B
Quilotoa	Ciclo Q-I: erupción pliniana	6	800 - 690 AP	~ 800 AP	C*	A
Cotopaxi	Capa X: periodo eruptivo	5	? 920 - 660 AP	< 820 \pm 80 AP	C*	B1
Cayambe		4*	~ 910 AP	~ 910 AP	E	B
Pichincha	Fase eruptiva del siglo X	5	1180 - 910 AP	AD 770 - 1040	C	A
Cotopaxi	L-1	4	< 1284 - 972 AP	< 1210 \pm 80 AP	C*	B1
Tungurahua	Erupción explosiva	4*	~ 1170 AP	1250 AP	C*	C
Cotopaxi	KB-1	4	< 2161 - 1516 AP	< 1800 \pm 160 AP	C*	B1
Pichincha	Fase eruptiva del siglo I y II	4	1950 - 1810 AP	AD 1 - 140	C	B1
Cotopaxi	KA-1	4	~ 2100 - 1850 AP	~ 2200 AP	ND	D
Cotopaxi	JK	4	~ 2200 AP	~ 2200 AP	ND	D
Cotopaxi	J	4	< 2350 - 2300 AP	< 2269 \pm 16 AP	ND	D
Pululahua	E1	5	> 2851 - 2306 AP	~ 2485 \pm 130 AP	C*	B1
Cotopaxi	I-1	4	? 3080 AP	~ 2900 AP	ND	D
Tungurahua	Colapso sectorial y blast	5	~ 3100 AP	2995 \pm 90 AP	C	A
Cuicocha	Fase C: erupción pliniana	5	< 3641 - 2920 AP	3100 \pm 150 AP	C*	B1
Cotopaxi	H: ciclo eruptivo	4	< 4690 - 4400 AP	< 4170 - 3950 AP	C*	B1
Cotopaxi	Cañón Colorado ash flow series	5	~ 5200 AP	~ 4500 AP	ND*	D
Cotopaxi	Episodio F-5	5*	~ 6620 - 5250 AP	~ 5830 - 4500 AP	C*	B
Cotopaxi	Episodio F-4	5	< 6806 - 6674 AP	< 5940 \pm 30 AP	C*	B1
Cotopaxi	Episodio F-3	5	~ 7250 - 6740 AP	~ 6300 - 5940 AP	C*	B
Cotopaxi	Episodio F-2	5	~ 8570 - 7250 AP	~ 7770 - 6300 AP	C*	B
Soche	Erupción pliniana	5*	9700 - 9480 AP	8600 \pm 60 AP	C*	A
Tungurahua	Erupción explosiva	4*	~ 11200 AP	~ 9700 AP	C*	C

TD: Técnica de datación bibliográfica según la Tabla 3.4.

ICD: Índice de calidad de dataciones según la Tabla 3.2.

^a Modificadores de edad (~, <, >, ?) según Tabla 3.3.

^b Las edades asignadas ya se encuentran calibradas, por lo que el modificador "Cal" no fue agregado.

4.2. Distribución temporal y espacial de la actividad volcánica

La base de datos de eventos volcánicos del Ecuador continental constituye el principal producto de esta investigación, este se encuentra adjunto al final del presente trabajo juntos con sus tablas adicionales y tablas de abreviaciones (Anexo I).

El catálogo de eventos está compuesto por 437 registros de 41 centros volcánicos, que cubren los últimos 5 Ma con énfasis en el Periodo Cuaternario. Ciertamente, el periodo cubierto por el catálogo es demasiado extenso para ser analizado como una unidad completa. Por esta razón, la distribución temporal y espacial de la actividad volcánica fue analizada en tres ventanas de tiempo principales: Plioceno-Cuaternario (últimos 5 Ma), Holoceno (últimos 11.8 ka) y Periodo Histórico (últimos 500 años); mismas que son empleadas por Bernard & Andrade, (2011) para la clasificación de la actividad volcánica en el país (i.e. volcanes extintos, potencialmente activos y activos).

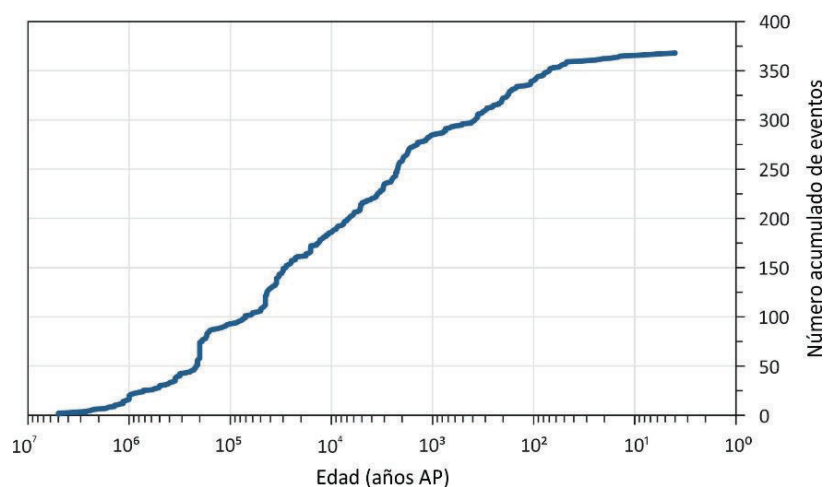


Figura 4.5. Curva de crecimiento del número acumulado de registros eruptivos en la escala del tiempo.

Como se observa en la figura 4.5. al graficar el número acumulado de registros eruptivos en relación al tiempo, su número crece exponencialmente desde el Plioceno hasta la actualidad. Cerca del 44.6% de la actividad volcánica pertenece al pre-Holoceno (entre 5 Ma y 11.8 ka), y 55.3% corresponde al Holoceno (entre 11.8 ka y AD 2016). Si se considera que la actividad volcánica ha sido constante, el periodo pre-Holoceno debería contener muchos más registros dado que cubre un intervalo de tiempo mucho más

amplio. De forma análoga, sucedería con el periodo Histórico que posee el 27.7% del total de registros en un corto periodo de tiempo.

4.2.1. Técnicas de datación empleadas

Los métodos de datación radiométricos constituyen la base para otorgar una edad numérica a eventos volcánicos antiguos, estas constituyen el 33.9% de eventos datados del total del registro (Figura 4.6.). Las dataciones por radiocarbono fueron las de uso más extendido; el 22.3% del total de registros de la base de datos están datados con esta técnica. Su rango de empleo inicia desde los ~50000 años AP, siendo de uso común para eventos menores a los ~10000 años. Los eventos más antiguos fueron datados por argón-argón y potasio-argón, formando el 10.1% del total. El periodo de empleo de ambas técnicas en el catálogo ecuatoriano se ubica entre los 5 Ma y ~30 ka, siendo frecuentemente empleadas para datar eventos menores a 100000 años. Existe una única datación por trazas de fisión, fuera de ello no se registran otras técnicas radiométricas.

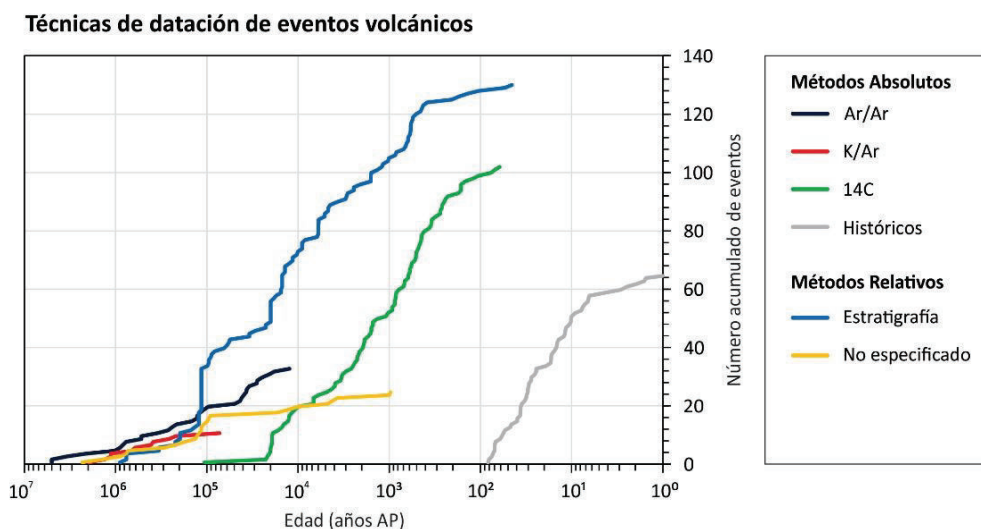


Figura 4.6. Número acumulado de eventos volcánicos agrupados por la técnica de datación empleada. Nótese la línea de tiempo representada en escala logarítmica.

Las técnicas del carbono-14, argón-argón y potasio-argón son dependientes de la disponibilidad de material para datar: material orgánico no perturbado para ^{14}C y rocas volcánicas de medio a alto potasio para Ar/Ar y K/Ar (Matsumoto & Kobayashi, 1995). Es entonces que estos métodos pueden ser relacionados de forma indirecta con ciertos tipos de actividad eruptiva a ser objeto de análisis. Las edades por argón de uno, o más,

flujos de lava fueron generalmente usadas para fechar episodios eruptivos antiguos. Remanentes de materia orgánica preservados generalmente en forma de fragmentos carbonizados o de paleo-suelos localizados dentro o entre depósitos volcánicos fueron usados para diferenciar varias fases eruptivas, e incluso episodios individuales (Braitseva et al., 1993). Las dataciones por radiocarbono proveen una aproximación adecuada a la fecha de su formación y/o deposición.

Las relaciones estratigráficas (tefrocronología) fueron usadas para datar el 32.7% de eventos volcánicos. Su patrón de crecimiento es muy similar al de los eventos datados por Ar/Ar y K/Ar; con un fuerte incremento para eventos menores a los ~45 ka, lo que guarda concordancia con el apareamiento y crecimiento de los eventos datados por radiocarbono. Algo similar se observa en los eventos que no cuentan con un método de datación especificado (i.e. los autores presentan la edad de un evento volcánico sin mencionar la técnica de datación empleada), estos conforman el 6.86% del total de registros. Su patrón de crecimiento es equivalente a los métodos absolutos Ar/Ar y radiocarbono para los periodos de ~5 a ~0.75 Ma y ~30 a ~9 Ka respectivamente. Las observaciones anteriores sugieren que estos dos grupos están fuertemente enlazados a los eventos con edades absolutas y a las técnicas empleadas.

4.2.2. Variaciones del índice de explosividad en la escala de tiempo

Para observar las variaciones en el registro de eventos por VEI, se graficó el número acumulado de eventos en relación a su edad para las ventanas de tiempo previamente establecidas (Figura 4.7.). Dado que la erupción de Quilotoa de hace ~800 años AP es la única de VEI=6 en el Holoceno, esta no fue considerada para el posterior análisis.

El 59.7% de los eventos volcánicos del Holoceno tienen un VEI calculado o estimado, lo que corresponde a 141 registros. En contraste, solo 12 registros del pre-Holoceno cuentan con un VEI. Por otra parte, apenas 45 eventos cuentan con una magnitud estimada o calculada, donde 40 pertenecen al Holoceno. Es por ello que se prefirió emplear el VEI en lugar de la magnitud por falta de datos.

El evento volcánico de mayor tamaño corresponde a la erupción de Chalupas datada en 221 ± 14 (Hall & Mothes, 2008b) con un VEI estimado de 7 (Croweller et al., 2012); otras erupciones importantes fueron las ocurridas en la caldera de Quilotoa hace ~18000 y ~800 años AP (Hall & Mothes, 2008a) correspondientes a un VEI 6 (Mothes & Hall, 2008; Siebert et al., 2011; Croweller et al., 2012). Notablemente, ningún evento de VEI=5 fue

reportado en el Periodo Histórico y todos los eventos $VEI \leq 2$ pertenecen a este mismo period

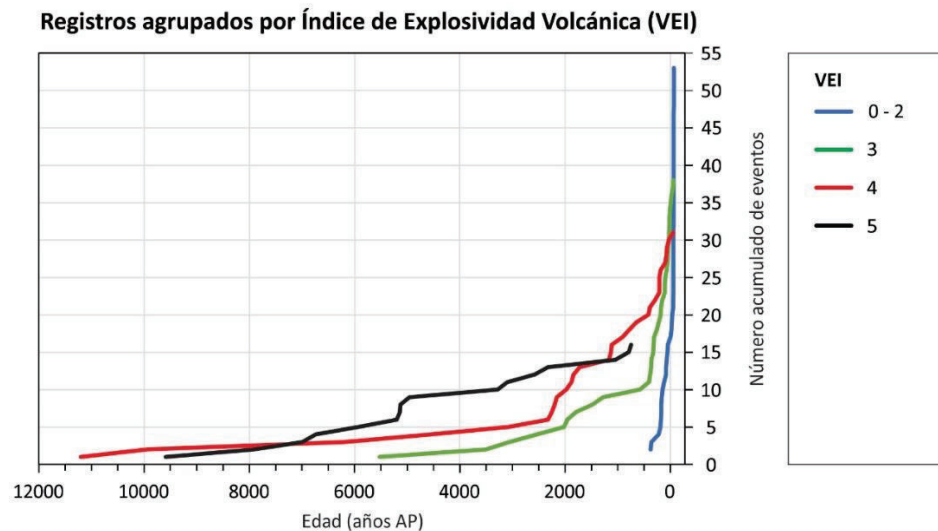


Figura 4.7. Número de registros de eventos volcánicos agrupados de acuerdo a su Índice de Explosividad Volcánica (VEI).

Los eventos con VEI 5 muestran un patrón de crecimiento lineal durante el Holoceno sin variaciones significantes, lo que sugiere un registro poco perturbado. Los eventos de menor tamaño muestran tendencias de crecimiento exponenciales, con incrementos importantes hacia el presente. Sin embargo, dentro de estas tendencias se observaron puntos de quiebre, a partir de los cuales estas tendencias se ajustan a patrones de crecimiento lineales.

Para erupciones de VEI 4 este punto se ubica en los ~2300 años AP, lo que coincide con el fin del episodio ríolítico del volcán Cotopaxi sugiriendo una posible influencia de su subsecuente actividad mayormente andesítica en el registro; dicha actividad es muy bien documentada y detallada en el trabajo de Hall & Mothes (2008b). La tendencia lineal de los eventos de VEI 3 inicia hace ~400 años, es decir, a inicios del Periodo Histórico. Este punto estaría influenciado por los registros más jóvenes de la actividad mayormente conocida por memorias escritas de los volcanes Reventador, Cotopaxi, Tungurahua y Sangay.

Los registros de $VEI \leq 2$ tienen una participación casi nula durante el Holoceno y leve en el Periodo Histórico hasta AD 2000 donde su número se incrementa rápidamente. Evidentemente la actividad de pequeño tamaño no fue objeto directo de registro durante

el Periodo Histórico. Por otra parte, es posible que sus registros geológicos no fueron lo suficientemente grandes como para ser preservados hasta la actualidad o fueron de menor importancia en los estudios geocronológicos. El incremento registrado posterior a AD 2000 está relacionado con la reactivación de los volcanes Tungurahua y Reventador, los cuales cuentan con un monitoreo continuo por parte del Instituto Geofísico junto con el subsecuente registro detallado de su actividad.

4.2.3. Distribución espacial de erupciones explosivas

En base a la información geocronológica disponible, se logró confirmar que 22 centros volcánicos experimentaron algún tipo de actividad durante el Holoceno, de los cuales 8 lo hicieron durante el Periodo Histórico. Adicionalmente, se observa que la mayor parte de los centros volcánicos fueron formados a partir del Pleistoceno Medio e Inferior (entre 126 ka y 1.6 Ma). Edades más antiguas pueden encontrarse en la literatura para las formaciones volcánicas regionales del Plioceno y Mioceno (e.g. Fm. Pisayambo).

La distribución espacial de centros volcánicos Plio-Cuaternarios es casi homogénea en los Andes ecuatorianos en sentido norte-sur, sin encontrarse saltos significantes. No obstante, se reconocieron tres zonas principales (Figuras 4.8 y 4.9) en las cuales la incidencia de la actividad volcánica ha sido sustancial en base al registro de los últimos 11.8 ka.

4.2.3.1. Zona Activa del Sur (ZAS)

Se localiza al sur de la latitud 1.5°S y está comprendida por los volcanes Chimborazo, Tungurahua y Sangay que cuentan con actividad registrada durante el Holoceno. Se adiciona también al volcán Puñalica ya su actividad probablemente se extiende hasta el Holoceno. En esta zona fueron mayormente reconocidos eventos explosivos de tamaño pequeño a moderado ($VEI \leq 4$), junto con pocos eventos de gran explosividad como el colapso y blast del Tungurahua de VEI 5 (Le Pennec et al., 2006) y posibles erupciones de mayor explosividad del volcán Chimborazo (Barba et al., 2008). Hacia el norte de esta zona no se registra actividad volcánica hasta la latitud 0.9°S.

4.2.3.2. Zona Activa Central (ZAC)

Está ubicada al norte de la latitud 0.9°S y está conformada por los centros volcánicos al norte del Quilotoa. Los eventos eruptivos más grandes del Holoceno tuvieron lugar dentro de esta zona, siendo la mayor erupción la de Quilotoa (VEI 6) datada en ~800 años AP. También se registraron eventos importantes, pero de menor tamaño (VEI 5), en los volcanes Cotopaxi, Atacazo, Pichincha, Pululahua y Cuicocha y Soche. Adicionalmente, otros 10 centros volcánicos experimentaron algún tipo de actividad explosiva, pero de menor tamaño, reconocida en el Holoceno.

Se recomienda revisar la sección 4.1 para obtener un resumen más amplio de la actividad de los centros volcánicos de ambas zonas.

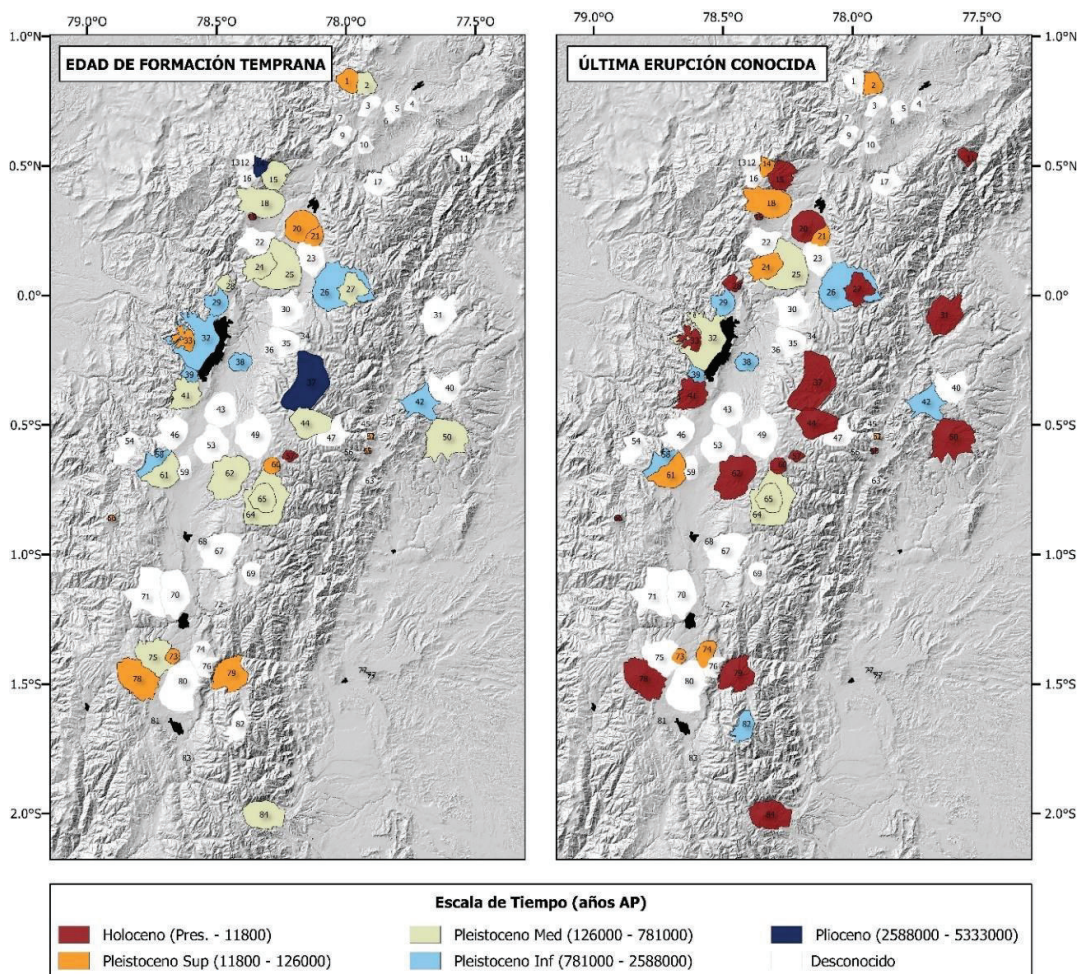


Figura 4.8. Edad de formación de los centros volcánicos ecuatorianos junto con su última erupción conocida. Las numeraciones de los centros volcánicos corresponden a las presentadas en la Tabla 2.1.

Distribución espacial de erupciones explosivas en el arco Ecuatoriano

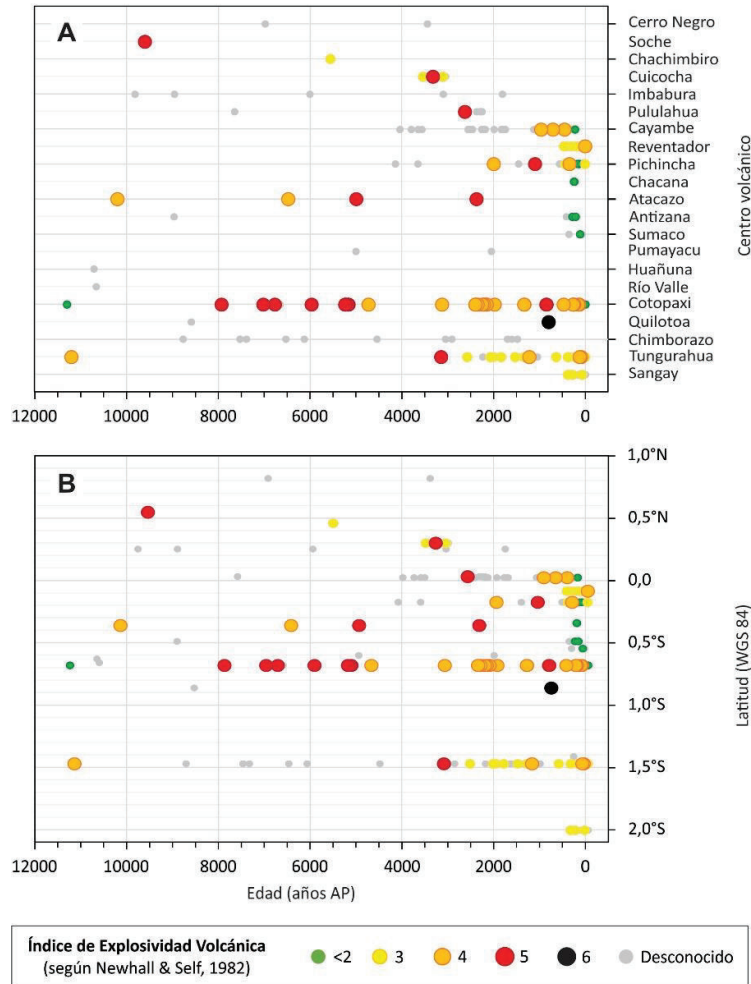


Figura 4.9. Distribución espacial de las erupciones explosivas ocurridas en el arco volcánico ecuatoriano según su (A) centro de emisión, y (B) latitud de ocurrencia.

4.3. Estimación del sub-registro volcánico

El sub-registro se refiere a la estimación de la cantidad de eventos volcánicos ausentes dentro del catálogo ecuatoriano expresada de forma cualitativa o cuantitativa. Para evaluar el nivel de sub-registro volcánico se asumió un volcanismo estacionario, que implica que la tasa de producción y emisión de magma han sido constantes o han tenido poca incidencia en el nivel de explosividad volcánica del arco durante los periodos de tiempo analizados (Brown et al., 2015).

La evaluación cualitativa del sub-registro requirió de la normalización del número acumulado de registros para el total de eventos de tamaño similar dentro de una ventana de tiempo establecida. De esta forma, un volcanismo estacionario crearía un patrón de

crecimiento lineal donde el valor normalizado de 1 correspondería al 100 % de los registros para un VEI dado. Como se observa en la figura 4.10, los eventos de mayor explosividad (VEI 5) siguen un patrón de crecimiento aproximadamente lineal durante el holoceno, mientras que los de menor tamaño se alejan progresivamente de esta tendencia, en concordancia a lo observado en el análisis previo (ver sección 4.2.2). Al disminuir el tamaño de la ventana de tiempo hacia el Periodo Histórico se observa que las líneas de tendencia de eventos de tamaño medio (VEI 4 y 3) tienden a ajustarse mejor al modelo planteado. Aunque el acople mejora para los eventos más pequeños (VEI ≤ 2), estos aún se mantienen alejados de la tendencia ideal denotando la falta de registros de mayor antigüedad.

Normalización de eventos volcánicos por índice de explosividad

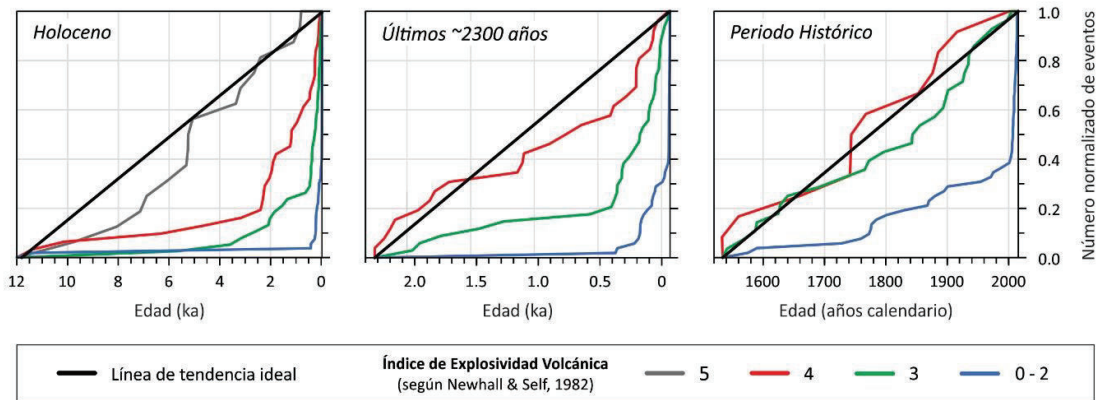


Figura 4.10. Número normalizado de eventos volcánicos comparado con la línea de tendencia ideal creada por un volcanismo estacionario.

Para establecer una valoración cuantitativa a las observaciones anteriores, se calculó el desplazamiento porcentual de la mediana en relación al centro ideal (D_{T50}), según las ecuaciones 4.1 y 4.2. definidas en un intervalo de tiempo t_{i-f} , donde T_{50} (edad mediana) corresponde a la edad en años AP del 50% de los registros del intervalo analizado.

$$D_{T50} = \frac{T_{50} - \text{edad central del rango}}{\text{ancho del rango}} * 100\% \quad [4.1]$$

$$D_{T50} = \frac{2 \cdot T_{50} - t_f - t_i}{t_f - t_i} * 100\% \quad [4.2]$$

En una distribución homogénea, la edad correspondiente al 50% de los registros (edad mediana o T_{50}) sería muy similar a la edad central de la venta de tiempo establecida para el análisis (centro ideal). Altos valores de desplazamiento sugerirían una acumulación de eventos positiva hacia el registro más antiguo, o negativa hacia el más joven. De forma contraria, valores pequeños implicarían una acumulación cercana al centro ideal, o a su vez, una distribución equilibrada y homogénea en la línea de tiempo. La relación lineal entre el número acumulado de eventos y su edad es expresada por el coeficiente de correlación de Pearson (ρ), el cual demostrará si la distribución es dispersa y aleatoria o sigue un patrón lineal y equilibrado. Dicho coeficiente que fue calculado para cada ventana de tiempo analizada.

El valor de ρ fue calculado por la ecuación 4.3 (tomada de Alder et al., 2010)

$$\rho = \frac{\sum(T - \bar{T})(N - \bar{N})}{\sqrt{\sum(T - \bar{T})^2 \cdot \sum(N - \bar{N})^2}} * 100\% \quad [4.3]$$

donde T corresponde a la edad de un registro N en un intervalo de tiempo t_{i-f} .

Tabla 4.2. Valores del desplazamiento de la mediana y coeficiente de Pearson obtenidos para la estimación cuantitativa del sub-registro volcánico.

VEI	Holoceno			Últimos ~2300 años			Periodo Histórico		
	n	D_{T50} (%)	ρ	n	D_{T50} (%)	ρ	n	D_{T50} (%)	ρ
0 - 2.	53	-99.9	-0.291	52	-99.2	-0.800	52	-96.7	-0.800
3	38	-95.5	-0.758	36	-80.6	-0.788	28	-31.1	-0.976
4	31	-80.4	-0.773	27	-34.6	-0.968	12	8.1	-0.975
5	15	-13.9	-0.983	3			0		
T	236	-92.4	-0.836	175	-80.3	-0.874	121	-52.2	-0.952

n: Número de registros

D_{T50} : Desplazamiento de la mediana

ρ : Coeficiente de Pearson

Una vista rápida de la Tabla 4.2 permite advertir que el número de eventos registrados por VEI es inversamente proporcional al tamaño de la erupción; es decir, mientras mayor sea el índice de explosividad menor será el número de erupciones documentas para dicho VEI. Se exceptúa de esta observación a los eventos de pequeño tamaño ($VEI \leq 2$)

por cuanto su número no varía al disminuir el tamaño de las ventanas de tiempo en análisis. Esto se debe a que el nivel de su documentación no es el adecuado.

Relaciones lineales con una correlación casi directa son observadas para los eventos con un VEI 5 ($\rho > 0.98$) durante el Holoceno y VEI 4-3 ($\rho > 0.97$) durante el Periodo Histórico. Ya que los eventos con VEI 4 mostraron una relación lineal previa al Holoceno, se calculó el coeficiente de Pearson hasta lograr su máximo valor. De esta forma se determinó que los eventos con VEI 4 siguen un patrón de crecimiento lineal dentro de los últimos ~2300 años ($\rho \sim 0.97$). En cuanto al desplazamiento de la media, el valor más bajo es observado para eventos con VEI 4 durante el Periodo Histórico ($D_{T50} = 8.1\%$), seguido de los valores de VEI 5 y 3 para el Holoceno y Periodo Histórico respectivamente ($D_{T50} = -13.9\%$ y -31.1%). Dentro de la ventana de los 2300 años, los eventos de VEI 4 alcanzan un desplazamiento del -34.6% .

En síntesis, se observa una relación inversa entre el índice de explosividad versus el desplazamiento de la mediana y la ventana de tiempo en análisis. Esto implica que los eventos explosivos de mayor tamaño son mejor conocidos en la escala de tiempo en relación a los de menor tamaño.

4.4. Cálculo del intervalo de recurrencia y probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas

El tiempo a transcurrir entre dos erupciones de similar índice de explosividad (entendido como intervalo de recurrencia) fue calculado por dos métodos matemáticos: regresión lineal del número acumulado de eventos y análisis estadístico de intervalos inter-eruptivos. Debe entenderse que los resultados obtenidos constituyen aproximaciones a la realidad, y dada la naturaleza impredecible de la actividad volcánica no deben tomarse como valores absolutos. Por otra parte, aún quedan varios eventos por ser estudiados con mayor detalle y que aún no cuentan con un VEI definido.

4.4.1. Regresión lineal de registros acumulados

Los valores combinados de desplazamiento de la mediana y coeficiente de Pearson sugieren una relación lineal efectiva a partir de una determinada edad para cada valor de VEI; esto es 11.8 ka, 2.3 ka y AD 1534 para los eventos con VEI 5, 4 y 3 respectivamente. Es entonces que se procedió a realizar una regresión lineal simple empleando el método de los mínimos cuadrados sintetizada por Hmurcik et al. (1989)

para dichos intervalos, mejorando su ajuste temporal en base al máximo coeficiente de relación (R^2). Las ecuaciones obtenidas siguen la forma:

$$E(t) = m \cdot t + b \quad [4.3]$$

donde ' E ' representa el número acumulado de eventos en el tiempo, ' t ' es la edad de ocurrencia en años AP, ' m ' es la pendiente de la recta y ' b ' es la ordenada al origen. Las ecuaciones empleadas para hallar dichos valores y sus errores matemáticos fueron tomadas de la publicación de Hmurcik et al. (1988). Las ventanas de tiempo para obtener las mejores relaciones lineales fueron escogidas utilizando el máximo coeficiente de determinación (R^2) para cada VEI, las cuales coincidieron con las preestablecidas en el análisis del sub-registro volcánico (ver sección 4.2). Esto garantiza que las ventanas de tiempo en análisis sean las de menor sub-registro y por ende las de mejor calidad en sus datos. El intervalo de recurrencia (T) está dado por la inversa de la pendiente ($1/m$); mientras que, su error (ΔT) fue calculado por el producto del error de la ordenada en el origen y la inversa de la pendiente ($\Delta b/T$). Los principales resultados obtenidos son mostrados en la Tabla 4.3.

4.4.2. Análisis estadístico de intervalos de tiempo inter-eruptivos

Se entiende como intervalo inter-eruptivo (μ) al tiempo transcurrido entre una erupción explosiva y su similar anterior. Tomando los periodos de tiempo definidos previamente, se procedió a calcular los intervalos inter-eruptivos sucesivos para cada VEI. El valor de T corresponde entonces la media de dichos intervalos, junto con su valor de dispersión expresado por la desviación estándar muestral (σ). Los valores calculados se muestran en la Tabla 4.3.

Los intervalos de recurrencia obtenidos por ambos métodos muestran resultados muy similares, donde la frecuencia de las erupciones de menor explosividad es más alta que las de mayor tamaño. Sin embargo, los valores de error estándar (1σ) son elevados superando incluso al valor de T . Considerando que los intervalos de tiempo inter-eruptivos no pueden tomar valores negativos, se interpreta entonces que estos intervalos han tomado valores mayormente altos causando los altos valores de error calculados.

Estas observaciones reflejan la existencia periodos en los cuales han existido periodos de reposo relativo (sin actividad explosiva importante) y otros de mayor actividad; lo que se traduce en una evolución temporal compleja de la actividad volcánica. Sin embargo, los coeficientes de relación R^2 y Pearson sugieren una relación lineal efectiva para

eventos explosivos moderados ($VEI \geq 4$: $R^2 > 0,966$ y $p > 0,975$). Estos valores en conjunto sugieren que la actividad volcánica puede ser efectivamente considerada como constante dentro de los últimos 2300 años, sin desconocer la existencia de periodos internos de mayor y menor actividad volcánica (ver sección 5.3).

Tabla 4.3. Intervalos de tiempo de recurrencia de erupciones explosivas del arco volcánico continental del Ecuador.

VEI	Periodo analizado	Regresión lineal				Intervalos de tiempo		Último evento
		R ²	m	T (años)	Error (ΔT)	T (años)	Error (1σ)	
3	P. Histórico	0.953	0.0546	18	9	17	14	2006 (Tungurahua)
4	Últ. 2300 años	0.983	0.0088	113	66	95	114	2002 (Reventador)
5	Holoceno	0.966	0.0017	574	278	629	576	Siglo X (Cotopaxi)

R²: Coeficiente de determinación

m: Pendiente de la recta calculada

T: Intervalo de recurrencia de erupciones

4.4.3. Cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas

Para estimar la probabilidad de ocurrencia de una erupción explosiva en un intervalo de tiempo futuro se tomó un modelo de distribución exponencial. Esto dado que el intervalo de tiempo a transcurrir entre dos eventos volcánicos consecutivos puede ser considerado como una variable continua dentro de un intervalo semi-finito $[0, \infty)$, la misma que sigue una distribución de Poisson. Es entonces que la probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica explosiva estaría en función del tiempo transcurrido desde el último evento similar. Este modelo ha sido previamente demostrado por De la Cruz-Reyna (1991; 1993), empleando la siguiente función de distribución acumulada:

$$F(x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad [4.4]$$

Para un intervalo de tiempo t_{i-f} , se define:

$$\lambda = \frac{n}{t_f - t_i} \quad [4.5]$$

$$x = (-67 - t_f) + X \quad [4.6]$$

donde t_f y t_i representan las edades final e inicial del rango en años AP, n es el número de erupciones de un determinado VEI ocurridas en dicho rango, y X es el tiempo de proyección de la estimación hacia el futuro. Con el fin de validar el modelo planteado se comparó el número acumulado de intervalos de tiempo inter-eruptivos observados (n Obs) con los valores teóricos calculados (n Cal) empleando la ecuación 4.5, donde x corresponde al ancho máximo de cada clase ($\mu_{\text{máx.}}$).

Tabla 4.4. Recurrencias observadas y teóricas calculadas para VEI 3, 4 y 5.

VEI 3 - Periodo: Histórico n: 28 - λ : 0.0602				VEI 4 - Periodo: últ. ~2300 años n: 26 - λ : 0.0109				VEI 5 - Periodo: Holoceno n: 15 - λ : 0.0017			
$\mu_{\text{máx.}}$	F(x)	n Cal	n Obs	$\mu_{\text{máx.}}$	F(x)	n Cal	n Obs	$\mu_{\text{máx.}}$	F(x)	n Cal	n Obs
10	0.452	12.2	11	60	0.481	12.0	12	300	0.400	5.6	7
20	0.700	18.9	16	120	0.731	18.3	19	600	0.640	9.0	8
30	0.836	22.6	22	180	0.860	21.5	21	900	0.784	11.0	10
40	0.910	24.6	25	240	0.928	23.2	24	1200	0.871	12.2	11
50	0.951	25.7	26	300	0.962	24.1	24	1500	0.922	12.9	12
60	0.973	26.3	27	360	0.981	24.5	24	1800	0.953	13.3	14

$\mu_{\text{máx.}}$: Valor de intervalo inter-eruptivo máximo por clase.

Como se observa en la Tabla 4.4., los valores calculados se correlacionan adecuadamente con los valores observados, por lo que queda validado el empleo de la ecuación 4.2. para el cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas. Con ello se calculó dicha probabilidad para el año en curso (AD 2017: $X=0$), y para los próximos 10, 50 y 100 años. Los resultados son presentados en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Resultados del cálculo de la probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas

VEI	Parámetros del modelo F(x)				Probabilidad de ocurrencia			
	t ₀ (años AP)	t _r (años AP)	n	λ	AD 2017	AD 2027	AD 2067	AD 2117
3	409	-56	28	0.0602	48%	72%	97%	100%
4	2325	-52	26	0.0109	15%	24%	51%	72%
5	9590	790	15	0.0017	77%	77%	79%	80%
≥3	417	-56	40	0.0846	61%	83%	99%	100%
≥4	2325	-52	30	0.0126	17%	27%	56%	77%
≥5	9590	745	16	0.0018	77%	77%	79%	81%

CAPÍTULO V

5. Discusión

5.1. Usos y beneficios del catálogo de eventos volcánicos del Ecuador

La creación del catálogo de eventos volcánicos del Ecuador continental trae varios beneficios, tanto a la comunidad científica como a autoridades civiles y el público en general; siendo uno de los principales la optimización de la recopilación bibliográfica.

Estudios anteriores han requerido de una exploración sustancial en la literatura para recopilar la información suficiente y adecuada que permita comparar los registros estratigráficos de un sitio a otro. Citando un ejemplo, la investigación dirigida por Athens et al. (2016) en los sedimentos del lago San Pablo, provincia de Imbabura, reveló la presencia de varias capas de tefra intercaladas entre sedimentos orgánicos en el lecho del lago. Para validar la secuencia estratigráfica obtenida, las edades obtenidas para las tefras pertenecientes las erupciones de Pululahua y Cuicocha fueron comparadas con las dataciones reportadas en otros estudios. Éstas últimas debieron ser calibradas independientemente en su estudio para poder ser efectivamente cotejadas entre sí.

En este sentido, el catálogo creado permite identificar los centros aledaños a una zona particular de estudio y ofrece una lista de los eventos volcánicos que posiblemente tuvieron influencia en el desarrollo estratigráfico de dicha área. Adicionalmente muestra su 'edad homogeneizada' y corregida de forma que esta pueda ser adecuadamente comparada con la de otros registros estratigráficos, para finalmente obtener una comprensión apropiada del desarrollo cronológico de dicha zona.

De igual forma, la información suplementaria de las dataciones radiométricas citadas ofrece una segunda vía por la cual un investigador podrá aproximarse a la edad real de un evento volcánico. Así podrá tomar la edad radiométrica de mayor confianza y/o de un intervalo más adecuado en función de los nuevos datos obtenidos en su propia investigación. Por otra parte, al incluir el campo de 'edad bibliográfica' en el catálogo, se espera que el investigador pueda identificar un evento volcánico con facilidad dentro de las referencias citadas.

El catálogo de eventos volcánicos del Ecuador continental constituye la fuente bibliográfica más completa al momento de la publicación de este estudio. Solamente al comparar el número de registros con otras bases como el GVP y LaMEVE se observa un incremento sustancial en la cantidad y calidad de la información. El GVP posee 250

registros eruptivos de 19 centros volcánicos en el Holoceno, mientras que el catálogo ecuatoriano cuenta con 239 registros de 24 centros volcánicos. Lo se supondría un decremento de información, sin embargo, esto se debe principalmente a la eliminación de eventos volcánicos no confirmados o no existentes que están presentes en el GVP. Por otra parte, es importante mencionar que el catálogo ecuatoriano posee 437 registros en total para 41 centros volcánicos desde el Plioceno, lo que en sí mismo es un avance importante en la recopilación de la información volcánica y geocronológica. En contraste, la base LaMEVE cuenta con 55 registros eruptivos ($VEI \geq 4$) de 13 centros volcánicos, mientras que el catálogo ecuatoriano posee 63 registros ($VEI \geq 4$) para un número similar de centros volcánicos.

Es así como, el catálogo de eventos volcánicos puede ayudar a identificar las áreas que puedan verse potencialmente afectadas por la actividad volcánica y, en consecuencia, sean estas las de mayor interés para realizar estudios de evaluación de la amenaza y riesgo volcánicos. Así también, permite evaluar los patrones eruptivos tanto de la región como de los centros volcánicos individualmente. Lo cual puede ser beneficioso en el cálculo de la recurrencia y probabilidad de ocurrencia de eventos eruptivos, ayudando a su vez a priorizar y focalizar los estudios en ciertos centros volcánicos y sus áreas potencialmente afectadas.

Adicionalmente, al compilar el conocimiento de la evolución y estratigrafía de los centros volcánicos ecuatorianos, se espera poder identificar los principales vacíos en el conocimiento geocronológico del volcanismo ecuatoriano, determinar sus causas posibles, y proponer una estrategia del desarrollo de futuras investigaciones a fin de completar los dichos vacíos.

Todos estos temas son de particular interés en el presente trabajo, mismos que serán abordados en el trascurso de este capítulo.

5.2. Análisis del sub-registro volcánico

5.2.1. Caracterización del sub-registro volcánico

Al igual que las bases de datos globales, el catálogo de eventos volcánicos del Ecuador no está completo y posiblemente contiene errores. Sin embargo, en base a las comparaciones previas con otras bases de datos (ver sección 5.1), se concluye que el catálogo cuenta con una base adecuada para el análisis efectivo de la geocronología del volcanismo en el Ecuador.

Como se discutió en la sección 4.2., al observar el número de registros obtenidos en función de su edad, es notorio que su número disminuye drásticamente al retroceder en la línea del tiempo. Es decir, la actividad volcánica 'reciente' aporta más entradas a la base de datos en relación a la actividad 'antigua'; demostrando así que la primera es mucho mejor conocida que la segunda. Esta observación funciona tanto para los eventos conocidos en base a sus registros históricos como para los conocidos solamente por sus registros geológicos.

Se propone como ejemplo de esta problemática al bajo o nulo conocimiento de la actividad volcánica del Holoceno de algunos centros volcánicos como Reventador, Antisana, Sumaco, Pumayacu, y Sangay (sección 4.1). Así mismo, se desconoce el tamaño real y los estilos eruptivos asociados a la actividad de otros centros volcánicos como Cayambe y Chimborazo. Otros centros volcánicos en cambio, tienen un nivel de conocimiento temporalmente limitado de su evolución como Pichincha y Tungurahua.

Tomando en consideración que (1) la base de datos compila la actividad volcánica de los periodos Plioceno y Cuaternario; (2) el 55.3% de los registros pertenecen al Holoceno de los cuales sólo el 59.7% poseen un VEI estimado o calculado; (3) casi la totalidad los eventos de $VEI \leq 2$ pertenecen al periodo histórico; (4) los eventos de mayor explosividad ($VEI 5-3$) muestran mejores ajustes a una línea de tendencia central creada por un volcanismo estacionario en relación a eventos de menor tamaño ($VEI \leq 2$); y que (5) el nivel de ajuste para los eventos más pequeños mejora al ir acortando las ventanas de tiempo en análisis; se puede deducir que el nivel del sub-registro en el Ecuador dependerá tanto del tamaño de los eventos volcánicos como de los periodos de tiempo de análisis. Consecuentemente, el nivel de sub-registro es directamente proporcional al tamaño de las ventanas de tiempo analizadas e inversamente proporcional al tamaño de los eventos volcánicos. Esta conclusión es análoga a las observaciones realizadas tanto en registros globales (e.g. Simkin, 1993; Marzocchi & Zaccarelli, 2006; Deligne et al., 2010; Brown et al., 2014) como en otros arcos volcánicos (e.g. Ponomareva et al., 2007; Kiyosugi et al., 2015).

Con el fin de dar una estimación cuantitativa al nivel del sub-registro del Holoceno, se combinó los valores de desplazamiento porcentual de la mediana (D_{T50}) y coeficiente de correlación lineal de Pearson (ρ) bajo la presunción de un volcanismo estacionario. Es entonces que una distribución homogénea y equidistante de eventos a lo largo de la línea de tiempo formaría una recta casi perfecta, así el valor de ρ sería igual a -1 con un D_{T50} cercano al 0%; por el contrario, una distribución totalmente aleatoria y arrítmica desplazaría el valor de ρ hacia 0 con un D_{T50} más alto.

Los mejores niveles de ajuste se encontraron para los eventos explosivos de mayor tamaño VEI 5 y 4 en intervalos de tiempo más grandes como son los últimos 11800 y 2300 años respectivamente. Al ir disminuyendo el tamaño de las ventanas de tiempo en análisis, el nivel de ajuste mejora significativamente para los eventos de menor explosividad ($VEI \leq 3$) durante el periodo Histórico. Los mejores ajustes de ρ fueron mayores a 0.968 registrando valores de D_{T50} entre el -35% y 8% (revisar Tabla 4.1.). Estos resultados validan de forma numérica las deducciones previas sobre los niveles de conocimiento de la explosividad de las erupciones en el arco ecuatoriano.

Se puede concluir entonces que los mayores vacíos en el conocimiento geocronológico del arco ecuatoriano se ubican en el periodo pre-Holoceno, donde la identificación y caracterización de los eventos volcánicos aún es deficiente. Esto supondría un nivel considerable del sub-registro de los eventos explosivos más antiguos y, especialmente, de los de menor tamaño. A su vez, advertiría un vacío en el conocimiento del tamaño real de los eventos volcánicos suscitados en el país. Las causas probables de estas observaciones son discutidas en la sección continua.

5.2.2. Causas probables del sub-registro volcánico

Las causas más probables del sub-registro volcánico pueden tener dos orígenes posibles, el primero está en existencia de la información y el segundo en su facilidad de acceso. Ambos ocasionados a su vez por problemas de orden geológico o académico (Crosweller et al., 2012).

5.2.2.1. Inexistencia de información

En primera instancia, el tamaño y estilo de una erupción volcánica son los factores iniciales a tomar en consideración; ya que, los depósitos generados en una erupción son los principales elementos a ser reconocidos y analizados para la identificación y caracterización de los eventos volcánicos en estudios geo-cronológicos. Si un evento volcánico no genera los suficientes vestigios asociables a su actividad, que puedan ser preservados durante un tiempo adecuado, difícilmente se podrá identificar dicho suceso en el futuro e incluso será imposible de describirlo apropiadamente. Los eventos de pequeño tamaño ($VEI \leq 3$) usualmente dejan depósitos locales poco reconocibles y de muy baja preservación debido a su pequeño tamaño (e.g. Robin et al., 2008; Houghton et al. 2013).

Los depósitos de tefra comúnmente suelen ser los principales marcadores estratigráficos para el reconocimiento de eventos volcánicos antiguos debido

mayormente a su gran alcance (e.g. Barba et al., 2008; Hall & Mothes 2008b). Sin embargo, siempre es necesario tomar en consideración los principales mecanismos de la desaparición de las unidades de tefra al momento de realizar estudios geocronológicos. Estos mecanismos son la erosión (e.g. Pierson et al., 2013), la alteración de depósitos (e.g. Pollard et al., 2003), el enterramiento por la depositación de nuevos niveles estratigráficos (e.g. Hidalgo, 2001), y la desaparición misma del volcán fuente por enterramiento o erosión (e.g. Kamata, 1989).

Por ejemplo, el V. Cotopaxi en su último periodo eruptivo, registrado entre agosto y noviembre de AD 2015, emitió $\sim 1.2E + 9$ kg de ceniza ($\sim 8.6E + 5$ m³) los cuales fueron borrados pocos meses después por factores climáticos (Bernard et al., 2016). Un efecto similar fue observado en las erupciones de Tungurahua en AD 2006 (VEI 3), Guagua Pichincha en AD 1999-2000 (VEI 3) e incluso Reventador en AD 2002 (VEI 4) (García-Aristizabal et al., 2007; Samaniego et al., 2008; Eychenne et al., 2013).

Por otra parte, también se debe tomar en consideración la accesibilidad a materiales aptos para la datación radiométrica presentes en los depósitos volcánicos. Estos fueron discutidos previamente en las secciones 2.3.2 y 4.1.1. Para ilustrar un ejemplo de esta problemática se puede discutir el caso de las dataciones por radiocarbono. A pesar de que son las de uso más extendido en la base de datos, aún poseen varios inconvenientes a tomar en consideración: no siempre es posible encontrar material carbónico en o entre los diferentes depósitos volcánicos (e.g. Le Pennec 2011), el límite de confiabilidad es de hasta ~ 45 ka (e.g. Hall & Mothes, 2008; Ordóñez, 2012), existe un error propio de la técnica de medición del carbono (Braitseva et al., 1993), y pueden existir problemas por la contaminación de suelos (e.g. Robin et al., 2010).

Un tema adicional a tomar en consideración es la inexistencia de reportes de eventos volcánicos ocasionada por los observadores y científicos propiamente. Es verosímil que los geólogos estén predispuestos a estudiar y reportar mayormente los eventos más jóvenes (e.g. < 10000 años AP) y de mayor tamaño (Kiyosugi et al., 2015). Es decir, la baja exhaustividad en el registro de la actividad volcánica, causada por este sesgo, constituye otra de las causas del sub-registro de eventos. Estas observaciones también son aplicables en al reporte de erupciones históricas a través de narraciones escritas donde mayormente se describen los eventos paroxismales (i.e. los 'pulsos' más intensos de una erupción) más no las 'fases' o 'periodos' eruptivos completos (e.g. Hall, 1977).

Para el caso del Ecuador es muy notorio que de los 84 centros volcánicos identificados sólo 41 cuentan con algún tipo de trabajo que hable sobre su geocronología. Esto también se debe a que la mayor parte de los centros restantes pueden haber

desarrollado su actividad volcánica durante el Plioceno, por lo que no existe el interés suficiente como para desarrollar su historia evolutiva al ser muy antigua.

5.2.2.2. Accesibilidad de la información

Aunque las observaciones previas conforman las principales causas del sub-registro por la inexistencia de la información, existen otras que también se deben considerar.

Los centros volcánicos ubicados en el callejón interandino son los que usualmente cuentan con un mejor entendimiento de su evolución (e.g. Tungurahua, Cotopaxi, Pichincha) en relación a los centros ubicados en las estribaciones de la Cordillera Real y Subandino (e.g. Reventador, Pumayacu). La causa probable sería el nivel de accesibilidad en el que se encuentran sus edificios volcánicos y/o sus depósitos principales.

Aquellos centros volcánicos con poblaciones cercanas, usualmente cuentan con caminos que los atraviesan o al menos pasan cerca al pie de sus edificios, por lo que resulta relativamente sencillo realizar el trabajo de campo que implica un estudio geocronológico. No obstante, existen centros volcánicos ubicados en áreas de alta conflictividad social, como fronteras internacionales o comunidades intratables, donde resulta casi imposible acceder de forma segura, aunque haya suficientes vías de acceso. Los altos grados de cobertura vegetal o glaciación también llegan a causar grandes dificultades para conseguir la información suficiente para identificar y correlacionar los depósitos de erupciones antiguas (e.g. Sangay).

Un caso similar es observado en los centros volcánicos ubicados en áreas remotas como Kamchatka (Gusev et al., 2003a) y el extremo sur de Chile-Argentina (Watt et al. 2013; Fontijn et al., 2014) donde la accesibilidad es un problema recurrente. En contraste, volcanes como el Monte Etna y Vesubio en Italia cuentan con un conocimiento temporalmente más extenso y preciso de su actividad por encontrarse en áreas con ocupaciones humanas mucho más antiguas (Guest & Murray, 1979; Brocchini et al., 2001).

La accesibilidad de la información también involucra a la existencia de trabajos geocronológicos pero que aún están en desarrollo (e.g. Puñalica, Chiles) o son de carácter reservado (e.g. Chacana, Chalupas). Para este caso, se considera que la información bibliográfica es inaccesible y por ende no pudo ser parte del registro eruptivo desarrollado.

Finalmente, Se deben mencionar también a las fuentes de información semipublicada, usualmente denominadas como 'literatura gris', que ofrecen fuentes alternativas de información verosímil pero que son de difícil acceso debido a su baja difusión o de distribución parcial (Schöpfel, & Farace, 2010).

5.2.2.3. Problemas en el registro de actividad volcánica contemporánea

Los registros del volcán Tungurahua son un buen ejemplo de las deducciones anteriores aplicadas a un centro volcánico particular. En este sentido se pueden identificar tres periodos principales de registro volcánico. El primero corresponde a los 4 registros asociados a la actividad más antigua del Tungurahua (i.e. Tungurahua I y II) que cubren un periodo comprendido entre ~770000 y 3100 años AP. El segundo periodo de registro corresponde a las 22 entradas ubicadas entre los ~3100 años AP y AD 1925, este periodo está relacionado con la actividad del tercer y último edificio del Tungurahua (i.e. Tungurahua III). Y finalmente, el tercer periodo que corresponde a los registros recientes del periodo eruptivo actual situados entre AD 1999 y 2016 obteniéndose 27 entradas.

Evidentemente, el registro de la actividad moderna del Tungurahua fue mucho más desarrollado que el de su actividad más antigua. Esto se debe en parte a las complejidades propias que del estudio de la actividad volcánica antigua trae consigo (i.e. preservación de depósitos volcánicos, acceso a materiales aptos para datar por métodos absolutos, accesibilidad a los depósitos volcánicos, baja exhaustividad en el registro de eventos volcánicos por sesgos en los estudios científicos), las cuales fueron discutidas previamente en esta misma sección.

Por otra parte, es importante denotar que el 'periodo eruptivo' actual (AD 1999-2017) es el único que cuenta con observaciones permanentes de un equipo científico que documente apropiadamente sus 'fases eruptivas' individuales (i.e. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional); lo que en sí mismo constituye una diferencia abismal en el registro de sus eventos eruptivos previos. Estos factores causarían que el nivel de conocimiento de la actividad contemporánea sea mucho mejor entendida que la moderna.

Sin embargo, es importante denotar que el delimitar las 'fases eruptivas' de un 'periodo eruptivo' no siempre es una tarea sencilla. Como se observa en la figura 5.1, a modo de ejemplo, los registros del catálogo del V. Tungurahua aún no concuerdan completamente con las observaciones de la sismicidad y de las emisiones de gas y

ceniza (i.e. número de explosiones diarias registradas y altura de las columnas de emisión observadas por la VAAC). Esto puede ser causado por (1) posibles omisiones en la recopilación bibliográfica previa a la creación del catálogo, o por (2) problemas propios de las fuentes bibliográficas.

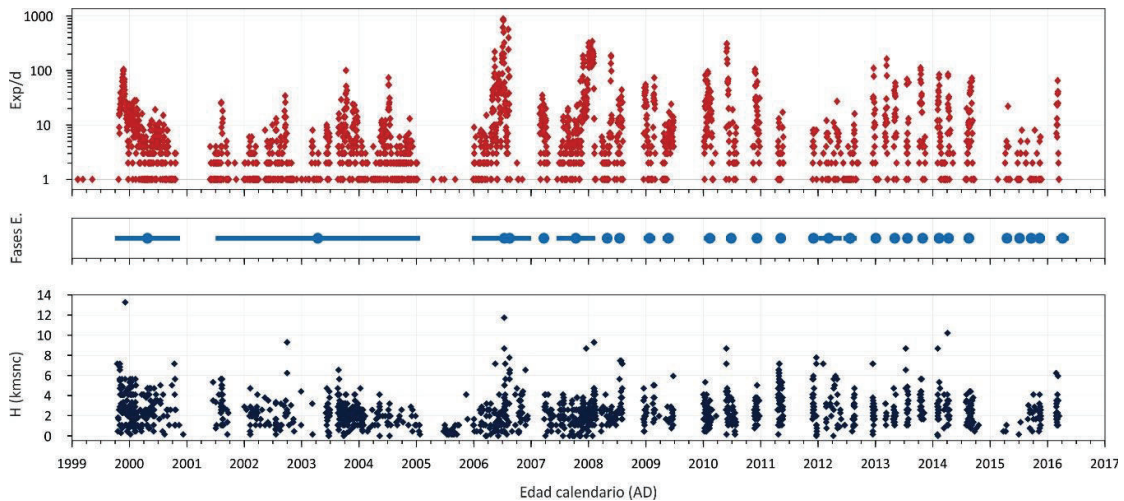


Figura 5.1. Comparación del conteo de explosiones diarias (Exp/d. fuente: IG EPN), alturas de las columnas de emisión observadas por satélite (H. fuente: Washington VAAC) y las ‘fases eruptivas’ asociadas para el ‘periodo eruptivo’ actual del volcán Tungurahua de acuerdo al catálogo creado.

En este sentido, durante la creación del catálogo de eventos volcánicos del Ecuador se identificaron algunos problemas relacionados a las fuentes bibliográficas, particularmente en el registro de la actividad volcánica contemporánea. Entre ellos destacan: (1) la falta de una definición clara de pulso, fase, sub-fase, episodio y periodo eruptivo y de sus límites temporales que puedan ser aplicados para caracterizar de forma homogénea la actividad volcánica del país (e.g. Hidalgo et al., 2015; Bustillos et al., 2016); (2) la falta de continuidad en la información científica publicada (e.g. el último informe anual de la actividad del V. Reventador fue publicado por el IG EPN en 2009); (3) la baja exhaustividad en los reportes técnicos y científicos, por ejemplo, existe muy poca información publicada de la actividad contemporánea del V. Sangay pese a que esta ha sido substancial en los últimos años (e.g. Konstantinou & Lin, 2004; Lees & Ruiz, 2008); y (4) la dispersión de la información relacionada a la actividad volcánica, por ejemplo, el V. Tungurahua cuenta con decenas de informes diarios publicados por el IG EPN pero carece de un trabajo que sintetice la información publicada.

5.3. Patrones de agrupamiento de la actividad volcánica (clustering)

5.3.1. Observaciones en el arco volcánico ecuatoriano

Generalmente, los patrones de agrupamiento de erupciones volcánicas (*clustering*), a diferentes escalas son una tendencia común pero no universal; y su presencia para cualquier conjunto de datos requiere de un análisis separado. Además, el problema de la completitud de los datos es un factor sumamente importante a considerar. Para ello, varios autores han propuesto algunas aproximaciones para el tratamiento de datos incompletos, donde los resultados más convincentes pueden ser obtenidos solo si se provee un conjunto de datos consistente los análisis posteriores (Guttorp & Thompson, 1991; Gusev et al., 2008; Bebbington, 2010).

En función de solucionar dicho problema Dubois & Cheminee (1993), proponen dividir el rango analizado en varios sub-rangos con diferente comportamiento fractal. Sin embargo, como se discutió en la sección 4.3., el conjunto de datos disponible para el Ecuador aún es limitado y posee un nivel de sub-registro considerable por lo que no permite un análisis sumamente fino. No obstante, se pueden obtener varias observaciones iniciales a ser consideradas y analizadas.

La duración total del catálogo fue dividida en sub-periodos con similar grado de completitud para garantizar su uniformidad. Según la metodología de Gusev et al. (2008), los criterios de selección pueden ser valorados por saltos temporales en los reportes eruptivos, cuantificación inexacta del tamaño de los eventos, selección de datos en función del tiempo, etc. Adicionalmente se debe atribuir un determinado parámetro de tamaño a cada evento eruptivo. Otra forma de garantizar la integridad de los datos es verificar si la tasa de eventos es aproximadamente uniforme.

De acuerdo a de lo descrito en la sección 5.2. el periodo principal de análisis corresponde entonces al Holoceno (mayor número de registros, mayor concentración de eventos con VEI calculado o estimado, menor sub-registro) con los sub-periodos 12000-3500, - 500 años AP y AD1500-2017. Las divisiones corresponden al apareamiento de los primeros registros de eventos con VEI 3 (~3500 años AP) y al inicio del periodo Histórico (aproximado a 500 años AP por facilidad de lectura).

En la figura 5.2 se observan los eventos volcánicos registrados en el arco volcánico ecuatoriano representados a lo largo de la línea de tiempo como puntos en función de

su VEI (eje izquierdo) para cada sub-periodo de análisis. Los eventos ocurridos dentro de la ZAC están mostrados en color azul y los de la ZAS en color verde. El intervalo de tiempo transcurrido entre cada evento eruptivo sin discriminación su VEI (eje derecho), es representado en el mismo gráfico como una recta de color gris oscuro.

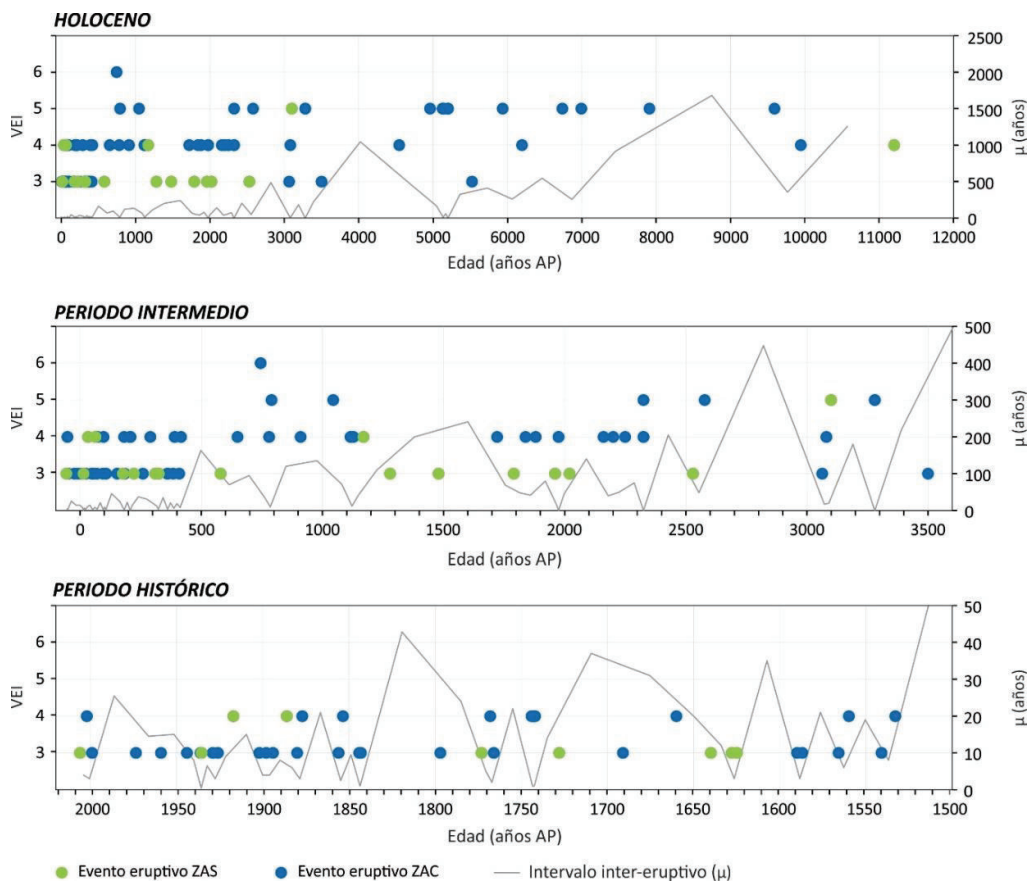


Figura 5.2. Patrones de agrupamiento de la actividad volcánica (*clustering*) observados en el arco volcánico ecuatoriano durante el Holoceno. Los eventos ocurridos dentro de la ZAC y ZAS están representados en color azul y verde respectivamente.

Los patrones de agrupamiento pueden ser descritos solamente en función de la frecuencia eruptiva, donde se identifican periodos de mayor densidad de eventos denominados ‘agrupamientos comunes’ (*common clustering*) (Gusev et al., 2008); o también tomando en consideración su tamaño relativo donde se identifican periodos de alta frecuencia y tamaño eruptivos denominados ‘agrupamientos por órdenes’ (*order clustering*) (Gusev et al., 2003a).

Para el caso del Ecuador, se observaron patrones de agrupamiento en los tres sub-periodos establecidos. En el Holoceno se observa un incremento en la tasa de ocurrencia de eventos con VEI 4 y 5 entre los ~5000-7000 años AP y desde los ~3500 años AP a la actualidad, evidenciados por la disminución de los periodos inter-eruptivos durante estos rangos de tiempo. Nótese que la segunda agrupación corresponde al sub-periodo intermedio. Para este sub-periodo se identificaron agrupaciones de eventos con VEI 3-6 que ocurren entre los ~500-1200, ~1700-2500 y ~3000-3500 años AP. De forma análoga, en el sub-periodo histórico se identificaron agrupaciones de eventos con VEI 3-4 entre AD 1650-1530, 1730-1800 y 1840-1950. En todos los periodos de agrupación se observa un aumento de la frecuencia eruptiva en eventos con $VEI \geq 3$ (*common clustering*), junto con el aumento de su explosividad (*order clustering*). Todas las agrupaciones se encuentran separadas por periodos de baja frecuencia eruptiva y baja explosividad. Es decir, se observa la ocurrencia de agrupamientos comunes y por órdenes en los mismos periodos de tiempo.

Adicionalmente, se puede apreciar que los patrones de agrupamiento no muestran variaciones entre la ZAC y la ZAS. Por lo que se sugeriría que ambas funcionan como parte de un mismo sistema magmático o que las causas de formación de los patrones de agrupación afectan a ambas zonas de similar forma.

Estos mismos patrones también fueron observados a nivel global (e.g. Bebbington, 2010; Marzocchi et al., 2006; Sanchez et al., 2012); e incluso en volcanes como el Monte Etna en Italia (Guest & Murray, 1979) o el Cayambe en Ecuador (Samaniego et al., 1998). Patrones de agrupamiento similares también fueron identificados en otros arcos volcánicos como Kamchatka (Gusev et al., 2003a), sur de Chile-Argentina (Watt et al. 2013) y Francia-Alemania (Nowell et al., 2006), al que ahora se incluye el caso del arco ecuatoriano.

No se han encontrado coincidencias temporales obvias de las tendencias mundiales con el caso ecuatoriano, más allá de las agrupaciones notadas al inicio del Holoceno (Watt et al., 2013) (para lo cual el Ecuador no cuenta con un registro adecuado para el pre-Holoceno, lo cual dificulta la identificación de un incremento real en las tasas eruptivas) o del inicio de los periodos Históricos de cada región (Gusev et al., 2003a).

5.3.2. Modelos magmáticos de generación de clusters

Sigurdsson (2000) señala que las variaciones episódicas en la tasa de descarga volcánica (sobre la escala de tiempo geológica) son un hecho, pero no propone ninguna

explicación de su formación. Sin embargo, algunas especulaciones parecen estar justificadas.

Gusev et al. (2008b) plantean la existencia de un hipotético "sistema global de conductos magmáticos" (GMPS: *global magma plumbing system*) que funciona de manera armónica para poder discutir las agrupaciones de eventos volcánicos. Por su puesto, esta suposición es propuesta como un modelo simplificado de la realidad, ya que el GMSP realmente consta de muchos subsistemas distantes espacialmente y completamente aislados hidráulicamente pero que es capaz de sincronizar el funcionamiento de estos subsistemas formando *clusters*. En este sentido plantean dos modelos de funcionamiento (Figura 5.3.)

5.3.2.1. Modelo de funcionamiento del GMPS estacionario

El modelo estacionario asume una tasa de inyección de magma al GMPS casi constante, continua y poco oscilatoria; y que, la salida de este material consiste de cortos pulsos o eventos eruptivos. Con este planteamiento, el caudal promedio de salida también deberá variar débilmente. Suponiendo que, por alguna razón, la tasa media de los eventos de salida varía en el tiempo (*common clustering*). Entonces, para cumplir con las restricciones del modelo estacionario, durante los intervalos de alta tasa de recurrencia de eventos, su tamaño medio debe ser relativamente bajo. Por el contrario, cuando los eventos son poco frecuentes, su tamaño debe ser relativamente grande. En tal caso, los grandes eventos no se producen en orden aleatorio, pero (1) inevitablemente forman grupos, y (2) estos grupos coinciden con períodos de baja tasa de eventos. Por lo tanto, los agrupamientos por órdenes aparecerían en forma contraria a los agrupamientos comunes.

5.3.2.2. Modelo de funcionamiento del GPMS no estacionario

El segundo modelo de funcionamiento del GPMS supone que el ingreso de magma (todavía con volumen limitado) es en sí mismo no estacionario, en forma de ráfagas pulsátiles, pero aún en función del tiempo. Baso esta suposición, los conductos volcánicos cercanos a la superficie deben dejar pasar estas ráfagas convirtiéndolas en pulsos individuales. En términos generales, estos conductos pueden utilizar las siguientes 'estrategias' para pasar el arribo de dichas ráfagas: (1) aumentar la tasa de recurrencia de las erupciones, manteniendo su tamaño constante; (2) aumentar el

tamaño medio de las erupciones, manteniendo la tasa de recurrencia constante; o (3) combinar ambas estrategias.

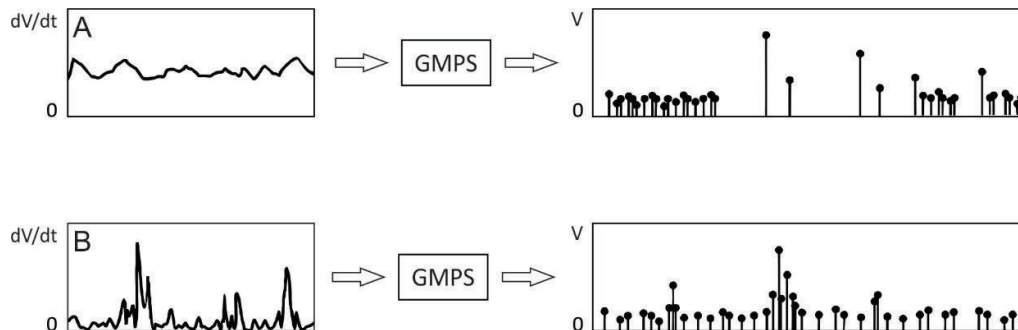


Figura 5.3. Modelos teóricos del funcionamiento del GPMS y sus patrones de agrupación de eventos. (A) Modelo de funcionamiento estacionario con una tasa constante de inyección de magma, y (B) modelo de funcionamiento no estacionario con tasas pulsátiles de inyección de magma. Modificado de Gusev et al., (2008).

La tercera estrategia del modelo de funcionamiento no estacionario del GPMS parece ser la más probable; haciendo que los agrupamientos comunes y los agrupamientos por órdenes puedan aparecer en el mismo periodo de tiempo. Y esto es justamente lo que se observa en el catálogo de eventos volcánicos del Ecuador: el VEI, e indirectamente la magnitud, está negativamente correlacionado con las tasas de recurrencia más bajas; lo que en consecuencia supone, que la frecuencia eruptiva y el tamaño de los eventos eruptivos están directamente correlacionados. Esta especulación sugiere que el arco volcánico ecuatoriano puede ser alimentado de manera intermitente, y puede ser entendido como un solo sistema magmático. Dicha observación es descrita también para el caso del volcanismo global y otras regiones (e.g. Bebbington, 2003; Gusev et al., 2003a; Marzocchi et al., 2006; Gusev et al., 2008; Sanchez et al., 2012) donde se reafirma la observación de un sistema de alimentación pulsátil.

5.3.3. Causas probables del clustering

Desde el punto de vista de la naturaleza de los fenómenos volcánicos, las agrupaciones de eventos volcánicos (*clustering*), definidas bajo las características previamente descritas y en consideración de los periodos de tiempo que cubren, pueden ser

causadas por algún factor detonante externo o interno al sistema magmático con amplios rangos temporales característicos.

Gusev et al. (2003b) plantean una lista de tales factores puede incluir: (1) variaciones en los campos de esfuerzo elástico causados por perturbaciones tectónicas regionales (e.g. Nakamura, 1977); (2) variaciones relevantes de los parámetros de subducción, incluyendo (2a) velocidad de subducción y movimiento relativo de las placas, (2b) volumen de sedimentos acarreados por la placa subducida, y (2c) cantidad de agua ingresada por la placa subducida a la cuña mantélica; (3) variaciones en el flujo de fluidos y/o líquidos silicatados en el manto; e incluso (4) variaciones en la tasas de rotación del planeta (e.g. Palladino & Sottili; 2014) . Todas estas representarían perturbaciones a la actividad volcánica observables en el plazo de varios miles de años, las cuales son difícilmente detectables y/o poco sustentables a la escala del Holoceno en el Arco ecuatoriano. No obstante, una mejora sustancial en la calidad de los datos (e.g. disminución sub-registro, determinación del tamaño de eventos, incremento de la precisión hacia el Pleistoceno), junto con el contraste de otros parámetros, permitiría corroborar o refutar los efectos de tales factores.

El listado anterior incluye también a (4) las variaciones en la sobrecarga por masas glaciares. Investigaciones (e.g. Maclennan et al., 2002; Watt et al., 2013; Rawson et al., 2016) sugieren que el retiro regional de las coberturas glaciares del LGM (*Last Glacial Maximum*) acusaron un incremento en las tasas eruptivas y explosividad de los arcos volcánicos australes y boreales (e.g. zona volcánica de los Andes del sur, Cascades, Kamchatka) y zonas de rift (e.g. Islandia). En síntesis, este incremento en la actividad volcánica puede ser explicado como el efecto de la reducción del estrés vertical causada por el retiro de grandes masas glaciares, lo cual aumenta la sobrepresión en las cámaras magmáticas por la reducción en la presión litoestática y, por ende, incrementa la probabilidad de que el magma almacenado alcance un estado eruptivo crítico (Figura 5.4). El tiempo de respuesta del magmatismo al campo de presión fue casi inmediato en Islandia, el cual decayó después de ~2 mil años (Maclennan et al., 2002); mientras que en California (Cascades del Sur) la respuesta ocurrió tras ~3 mil años después del LGM debido al tiempo de ascenso del magma a superficie (Jellinek et al., 2004).

En Ecuador, los periodos glaciares más recientes corresponden al LGM (registrado entre ~12-10 ka), Neoglacial (registrado entre ~3-2 ka) y *Little-ice-age* (siglos XV-XX) (Clapperton & Vera, 1986). Las observaciones en el arco volcánico ecuatoriano suponen un incremento de la actividad entre ~7-5 ka, es decir, ~3 mil años después del LGM. Esto presumiría una equivalencia similar a lo observado en el arco de Cascades. El

siguiente incremento de la actividad volcánica sería menor a los ~3.5 ka, esto es, de forma sincrónica al Neoglacial. Finalmente, se puede decir que dadas las características del registro durante el periodo Histórico no se puede establecer una relación clara con el *Little-ice-age*.

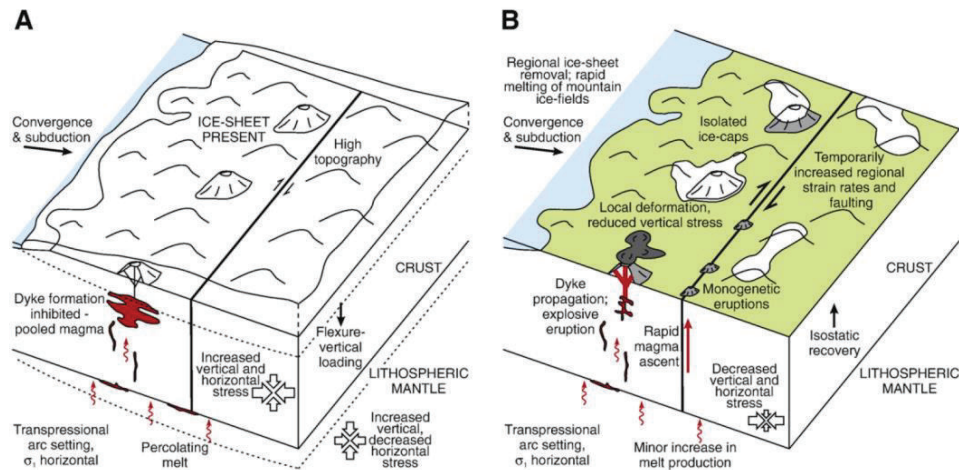


Figura 5.4. Representación esquemática del impacto del retiro de grandes masas glaciares en la actividad volcánica. El periodo glacial es representado en la ilustración (A), mientras la (B) representa el estado post-glacial inmediato. Watt et al., (2013)

5.4. Análisis de la recurrencia y probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas

5.4.1. Recurrencia eruptiva

Previamente, en la sección 4.4.2, se estableció que la actividad volcánica puede ser efectivamente considerada como constante dentro de los últimos 2300 años, sin desconocer la existencia de periodos internos de mayor y menor actividad volcánica, lo cual fue discutido en la sección anterior. Por lo que se procedió a calcular la tasa de recurrencia de erupciones explosivas por los métodos matemáticos de regresión lineal del número acumulado de eventos y del análisis estadístico de intervalos inter-eruptivos, los cuales mostraron similares resultados. Los valores de recurrencia obtenidos por el método de regresión lineal fueron de 18 ± 9 , 113 ± 66 y 574 ± 278 años para los eventos eruptivos con VEI 3, 4 y 5 respectivamente; mientras que, los valores obtenidos por el segundo método fueron de 17 ± 14 , 95 ± 115 y 629 ± 575 para los mismo ordenes de VEI.

Es importante mencionar que estos valores representan una aproximación numérica de la realidad y brindan una idea general de cuan recurrentes pueden llegar a ser los eventos explosivos en el arco ecuatoriano; estos no deben ser tomados como cifras absolutas bajo ninguna circunstancia dado que la predicción de eventos eruptivos aún es algo imposible de realizar, y más aún determinar su tamaño. Bajo estas premisas se deben discutir algunos factores que afectarían de forma directa e indirecta a la interpretación de los valores obtenidos.

Los eventos con $VEI \leq 2$ no fueron objeto del cálculo de la recurrencia debido a que su nivel de sub-registro es demasiado alto ($D_{T50} -96.7\%$) para las ventadas de tiempo mayores al Periodo Histórico. Por otra parte, su aparición está mayormente restringida a la intermitencia de 'periodos eruptivos' donde su frecuencia incrementa para luego decaer rápidamente hasta la llegada del siguiente periodo (De la Cruz-Reyna, 1993). Dicha observación también es aplicable, en menor grado, para eventos de mayor tamaño.

Se presume también que los valores obtenidos estarían influenciados por los patrones de actividad individuales de cada centro volcánico. También es importante acotar que no todos los centros volcánicos cuentan con el mismo nivel de conocimiento de la explosividad de sus erupciones. Por ejemplo, los volcanes Reventador y Cotopaxi serían los de mayor influencia en los cálculos de VEI 3 y 4-5 respectivamente.

A su vez, los altos valores de desviación estándar obtenidos por el método análisis estadístico de intervalos inter-eruptivos evidencian la complejidad eruptiva del arco ecuatoriano, la cual fue discutida en la sección 5.3.

5.4.2. Probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas y ubicación potencial

Los valores de probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas fueron calculados previamente en la sección 4.3.3 bajo un modelo de distribución exponencial.

Considerando los intervalos de recurrencia previamente calculados, se presumiría que las probabilidades de ocurrencia de las erupciones de menor tamaño serán las que alcancen los valores más altos. Sin embargo, al observar detalladamente la Tabla 4.3. se notará que esto no sucede necesariamente. La probabilidad de ocurrencia de una erupción explosiva de $VEI \geq 5$ se mantiene por sobre el 77% para los próximos 100 años, lo que en ocasiones sobrepasa la probabilidad de ocurrencia de las erupciones de

menor tamaño. Las probabilidades para erupciones de VEI 3 y 4 se encuentran entre el 48-100% y el 15-72% respectivamente.

Para entender estos resultados, se debe tomar en consideración que la probabilidad de ocurrencia de una erupción aumenta en función del tiempo transcurrido desde el último evento registrado. En comparación, las últimas erupciones explosivas con VEI 3 y 4 ocurrieron relativamente hace pocos años, esto es, Tungurahua en 2006 y Reventador en 2002 respectivamente; mientras que, los últimos eventos altamente explosivos con VEI 5 y 6 ocurrieron previo al siglo XII en Cotopaxi y Quilotoa respectivamente. Al comparar estos valores es lógico pensar entonces que un evento de alta explosividad tendría la mayor probabilidad de ocurrencia, dado el tiempo transcurrido desde el último evento similar explosividad.

El análisis de la ubicación espacial de erupciones explosivas advirtió la presencia de dos áreas en el arco volcánico donde se ha desarrollado la mayor actividad eruptiva durante el Holoceno. La Zona Activa Central (ZAC) posee la mayor concentración de centros volcánicos y eventos eruptivos en relación a la Zona Activa del Sur (ZAS); también es en donde se han localizado los eventos más explosivos del Holoceno. Lo que supondría la existencia de una alta productividad magmática ubicada en esta zona.

Combinado las observaciones previas se puede deducir que los próximos eventos explosivos de tamaño moderado a grande tienen la mayor posibilidad de ocurrir dentro de la ZAP. Notablemente, es precisamente en esta zona donde se encuentra una de las mayores concentraciones poblaciones del país; ciudades como Ibarra, Cayambe, Quito y Latacunga serían las potencialmente afectadas por fenómenos volcánicos como caídas importantes de tefra y lahares. Se hace prioritario entonces, evaluar con mayor detalle la amenaza volcánica dentro de la ZAP, así como la vulnerabilidad de las poblaciones potencialmente afectadas.

CAPÍTULO VI

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

- La compilación sistemática de la información geológica, geocronológica y estratigráfica disponible en artículos académicos, libros, reportes, memorias de congresos, tesis y otros, permitió la creación del primer “Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental” abarcando los periodos Plioceno y Cuaternario. Así como la definición de los principales eventos eruptivos registrados durante el Holoceno.
- El catálogo de eventos creado está compuesto por 437 registros de 41 centros volcánicos que abarcan los últimos 5 Ma de actividad volcánica, con énfasis en el Periodo Cuaternario. Con ello se identificaron 20 centros volcánicos que tuvieron algún tipo de actividad volcánica confirmada en el Holoceno, 8 de ellos en tiempos históricos. Además, se reconocieron 6 centros adicionales que pudieron tener algún tipo de actividad eruptiva cercana al Holoceno.
- A partir de la caracterización cualitativa y cuantitativa del nivel de sub-registro se puede deducir que el nivel del sub-registro en el Ecuador dependerá tanto del tamaño de los eventos volcánicos como de los periodos de tiempo de análisis. Consecuentemente, el nivel de sub-registro es directamente proporcional al tamaño de las ventanas de tiempo analizadas e inversamente proporcional al tamaño de los eventos volcánicos. Lo es coherente con las observaciones realizadas por otros autores para el volcanismo global y de otros arcos volcánicos.
- Entre las principales causas del sub-registro de eventos volcánicos destacan: (1) la baja preservación de depósitos volcánicos, especialmente de las erupciones de tamaño pequeño a moderado; (2) problemas en el acceso a materiales aptos para datar por métodos absolutos; (3) localización remota o inaccesible de los centros volcánicos y/o sus depósitos principales; (4) baja exhaustividad en el registro de eventos volcánicos por sesgos en los estudios científicos y reportes de la actividad volcánica; y (5) inaccesibilidad a la información científica publicada.
- El registro de la actividad volcánica contemporánea también muestra signos de sub-registro volcánico. Entre las causas principales destacan 1) la falta de una definición clara de pulso, fase, sub-fase, episodio y periodo eruptivo y de sus límites temporales que puedan ser aplicados para caracterizar de forma homogénea la

actividad volcánica; (2) la falta de continuidad en la información científica publicada; (3) la baja exhaustividad en los reportes técnicos y científicos; y (4) la dispersión de la información relacionada a la actividad volcánica.

- Los registros volcánicos del arco ecuatoriano muestran patrones de agrupación durante el Holoceno, en los cuales se observa un incremento de la frecuencia eruptiva (*common clustering*), junto con el aumento de su explosividad (*order clustering*). Todas las agrupaciones se encuentran separadas por periodos de baja frecuencia eruptiva y baja explosividad. Este patrón es coincidente con un modelo de funcionamiento no estacionario del GPMS, lo que sugiere que el arco volcánico ecuatoriano puede ser alimentado de manera intermitente y, por ende, puede ser efectivamente entendido como un solo sistema magmático regional. Estos patrones también fueron observados en otros arcos volcánicos y a nivel global obteniéndose similares resultados.
- No se encontró una correlación clara entre los periodos de glaciación del Ecuador con los patrones de incremento de la actividad volcánica, sobre todo al comparar el tiempo de respuesta del magmatismo al retroceso de las masas glaciares con el tiempo de respuesta observado en otros arcos volcánicos. También se identificaron otras causas posibles de la formación de agrupamientos (*clusters*), pero estas causarían perturbaciones en la actividad volcánica observables en el plazo de varios miles de años y, por ende, son difícilmente detectables y/o poco sustentables a la escala del Holoceno en el Arco ecuatoriano.
- Los coeficientes de relación R^2 y Pearson sugieren una relación lineal efectiva para eventos explosivos moderados ($VEI \geq 4$: $R^2 > 0,966$ y $\rho > 0,975$). Estos valores en conjunto sugieren que la actividad volcánica puede ser efectivamente considerada como constante dentro de los últimos 2300 años, sin desconocer la existencia de periodos internos de mayor y menor actividad volcánica.
- Se calculó la tasa de recurrencia de erupciones explosivas por los métodos matemáticos de (1) regresión lineal del número acumulado de eventos y (2) análisis estadístico de intervalos inter-eruptivos. Ambas aproximaciones mostraron resultados similares. Los valores de recurrencia obtenidos por el método de regresión lineal fueron de 18 ± 9 , 113 ± 66 y 574 ± 278 años para los eventos eruptivos con VEI 3, 4 y 5 respectivamente; mientras que, los valores obtenidos por el segundo método fueron de 17 ± 14 , 95 ± 115 y 629 ± 575 para los mismo ordenes de VEI. Los altos valores de error (desviación estándar) obtenidos por el método análisis

estadístico de intervalos inter-eruptivos evidencian la complejidad eruptiva del arco ecuatoriano.

- La probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas fue calculada empleando un modelo de distribución exponencial de Poisson ajustado en función del último evento registrado. Los valores obtenidos de la probabilidad de ocurrencia para una erupción altamente explosiva de $VEI \geq 5$ se ubican entre el 77% y el 80% para los próximos 100 años, mientras que, para los rangos de VEI 3 y 4 se encuentran entre el 48-100% y el 15-72% respectivamente para los próximos 100 años.
- El análisis de la ubicación espacial de erupciones explosivas advirtió la presencia de dos áreas en el arco volcánico donde se ha desarrollado la mayor actividad eruptiva durante el Holoceno: (1) La zona activa del sur (ZAS) que agrupa a los volcanes Chimborazo, Tungurahua, Puñalica y Sangay; y (2) la zona activa central (ZAC) en donde se localizaron las mayores erupciones del Holoceno e incluye a los centros ubicados entre los volcanes Chachimbiro al norte y Quilotoa al sur. Debido a la extensión de la zona activa central, el número de centros volcánicos que la integran, su naturaleza petrológica, y estilos eruptivos más comunes se deduce la existencia de una alta productividad magmática asociada a esta zona.

6.2. Recomendaciones

En función de dar solución a los problemas detectados en el registro de eventos volcánicos en el Ecuador, se recomienda:

- Definir de forma clara los conceptos de pulso, fase, sub-fase, episodio, ciclo, y periodo, eruptivos, así como sus límites temporales y dinanismos asociados, que puedan ser aplicados para caracterizar de forma homogénea la actividad volcánica contemporánea del país.
- Completar y mejorar los reportes técnicos y científicos publicados por los entes de monitoreo volcánico (i.e. IG EPN) hasta cubrir íntegramente los periodos eruptivos actuales de los volcanes Tungurahua, Reventador y Sangay. Así como realizar un resumen que compile de forma objetiva las principales observaciones encontradas en cada centro volcánico.
- Completar los vacíos en la información científica publicada sobre el volcanismo contemporáneo del Ecuador, especialmente de los volcanes Tungurahua, Reventador, y Sangay, con estudios científicos que describan adecuadamente los dinanismos eruptivos observados, las características de sus depósitos, los cambios detectados en evolución, y las causas de dichos cambios.
- Efectuar estudios geológicos, estratigráficos y geocronológicos en los volcanes Reventador, Antisana, Sumaco, Pumayacu y Sangay con el fin de obtener un conocimiento completo de su historia evolutiva con énfasis en el Holoceno.
- Realizar estudios estratigráficos y vulcano-físicos en los volcanes con actividad registrada en el Holoceno, especialmente en Cayambe y Chimborazo, para establecer el tamaño real de sus eventos volcánicos sus dinanismos asociados.
- De forma análoga, se recomienda ejecutar estudios similares en los volcanes Pichincha y Tungurahua para completar el conocimiento de sus eventos volcánicos del Holoceno ya que tienen un nivel de conocimiento temporalmente limitado de su evolución.
- Efectuar estudios estratigráficos y geo-cronológicos más exhaustivos en los centros volcánicos Chiles-Cerro Negro, Cotacachi, Mojanda-Fuya Fuya, Iliniza y Puñalica, con el fin de determinar si su actividad se restringió al Pleistoceno o extendió incluso hasta el Holoceno.

- Extender el estudio y búsqueda de nuevos centros volcánicos que puedan ser considerados como 'potencialmente activos', especialmente en las áreas del sub andino y en las inmediaciones del complejo volcánico Aliso.
- Continuar con las investigaciones científicas multidisciplinarias desarrolladas en los centros volcánicos del pre-Holoceno, con énfasis en fortalecer el conocimiento de los eventos volcánicos (e.g. edad, ocurrencia, tamaño, dinamismos eruptivos) que marcaron el Periodo Cuaternario.
- Efectuar estudios estadísticos más profundos de la actividad del arco volcánico ecuatoriano para establecer las características de los periodos de mayor densidad de eventos eruptivos (clustering), y así proponer mejores modelos que describan su comportamiento eruptivo.
- Realizar estudios multidisciplinarios para evaluar de forma objetiva las posibles causas que generan los patrones de agrupamiento de eventos volcánicos observados. Especialmente, para conocer y explicar la relación exacta entre los periodos glaciares y la respuesta magmática del arco volcánico.
- Hacer un estudio estadístico más profundo de la recurrencia y probabilidad de ocurrencia de erupciones explosivas en función de mejorar los resultados obtenidos con la obtención de una aproximación mucho más cercana a la realidad reducir así los márgenes de error.
- Encontrar mecanismos en los que el catálogo de eventos volcánicos pueda ser difundido ampliamente entre la comunidad científica con la finalidad de mejorar la calidad de sus registros. Esto incluye la actualización con nuevos registros y la corrección de errores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adler, J., & Parmryd, I. (2010). Quantifying colocalization by correlation: the Pearson correlation coefficient is superior to the Mander's overlap coefficient. *Cytometry Part A*, 77(8), 733-742.
- Almeida, M. (2016). Estudio petrográfico y geoquímico del volcán Cotacachi, Provincia de Imbabura. (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
- Andrade, D. (2002). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Pululahua (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
- Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J. P., Samaniego, P., ... & Yepes, H. (2005). *Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Corporación Editora Nacional, IE EPN, IRD. Quito, Ecuador.
- Athens, J. S., Ward, J. V., Pearsall, D. M., Chandler-Ezell, K., Blinn, D. W., & Morrison, A. E. (2016). Early Prehistoric Maize in Northern Highland Ecuador. *Latin American Antiquity*, 27(1), 3-21.
- Ayala Mora, E. (2008). *Resumen de historia del Ecuador*. Corporación Editora Nacional. 58 pp.
- Barba, D., Robin, C., Samaniego, P., & Eissen, J.-P. (2008). Holocene recurrent explosive activity at Chimborazo volcano (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 27–35.
- Beate, B. (1994). El Soche, un volcán activo en la Prov. de Sucumbios, Ecuador; primeros datos descriptivos y analíticos. *Terceras Jornadas En Ciencias de La Tierra*, 119.
- Bebbington, M. S. (2010). Trends and clustering in the onsets of volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 115(B1).
- Bernard, B., & Andrade, D. (2011). Volcanes Cuaternarios del Ecuador Continental. *IG EPN Poster Informativo*.
- Bernard, B., Hidalgo, S., Robin, C., Beate, B., & Quijozaca, J. (2014). The 3640–3510 BC rhyodacite eruption of Chachimbiro compound volcano, Ecuador: a violent directed blast produced by a satellite dome. *Bulletin of Volcanology*, 76(9), 849.

- Bernard, B., Battaglia, J., Proaño, A., Hidalgo, S., Váscónez, F., Hernandez, S., & Ruiz, M. (2016). Relationship between volcanic ash fallouts and seismic tremor: quantitative assessment of the 2015 eruptive period at Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 78(11), 80.
- Braitseva, O. A., Sulerzhitsky, L. D., Litasova, S. N., Melekestsev, I. V., & Ponomareva, Vv. (1993). Radiocarbon dating and tephrochronology in Kamchatka. *Radiocarbon*, 35(3), 463–476.
- Branca, S., & Del Carlo, P. (2004). Eruptions of Mt. Etna during the past 3,200 Years: A revised compilation integrating the historical and stratigraphic records. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, 143, 1-27.
- Brocchini, D., Principe, C., Castradori, D., Laurenzi, M. A., & Gorla, L. (2001). Quaternary evolution of the southern sector of the Campanian Plain and early Somma-Vesuvius activity: insights from the Trecase 1 well. *Mineralogy and Petrology*, 73(1-3), 67-91.
- Brown, S. K., Croweller, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., ... & Takarada, S. (2014). Characterisation of the Quaternary eruption record: analysis of the Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) database. *Journal of Applied Volcanology*, 3(1), 1-22.
- Brookfield, M. E. (2008). Principles of stratigraphy. John Wiley & Sons.
- Bustillos, A., Romero, J. E., Troncoso, L., & Guevara, C. (2016). Tephra fall at Tungurahua Volcano (Ecuador)-1999-2014: An Example of Tephra Accumulation from a Long-lasting Eruptive Cycle. *Geofísica internacional*, 55(1), 55-67.
- Carey, S., & Sparks, R. S. J. (1986). Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns. *Bulletin of Volcanology*, 48(2), 109-125.
- Carey, S., & Sigurdsson, H. (1989). The intensity of plinian eruptions. *Bulletin of Volcanology*, 51(1), 28-40.
- Catuneanu, O. (2006). *Principles of sequence stratigraphy*. Elsevier.
- Clapperton, C. M., & Vera, R. (1986). The Quaternary glacial sequence in Ecuador: a reinterpretation of the work of Walter Sauer. *Journal of Quaternary Science*, 1(1), 45-56.

- Connor, C. B., & Conway, F. M. (2000). Basaltic volcanic fields. In: Sigurdsson, H., Houghton, B., McNutt, S. R., Rymer, H., Stix, J. (eds) *Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, Academic Press, 331-343.
- Cortés, G. P., & Calvache, M. L. (1997). Informe sobre la evaluación de la amenaza volcánica del Chiles y Cerro Negro. *Mapas de Amenaza. Primera versión. Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto. Instituto de investigaciones en geociencias, minería y química. República de Colombia.*
- Croweller, H. S., Arora, B., Brown, S. K., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., ... & Nayembil, M. (2012). Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions (LaMEVE). *Journal of Applied Volcanology*, 1(1), 1-13. (Available at <http://www.bgs.ac.uk/vogripal/>).
- Cruz-Reyna, S. D. la. (1991). Poisson-distributed patterns of explosive eruptive activity. *Bulletin of Volcanology*, 54(1), 57–67.
- De la Cruz-Reyna, S. (1993). Random patterns of occurrence of explosive eruptions at Colima Volcano, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 55(1–2), 51–68.
- Deligne, N. I., Coles, S. G., & Sparks, R. S. J. (2010). Recurrence rates of large explosive volcanic eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 115(B6).
- D'Ercole, R., & Trujillo, M. (2003). Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador.: Los desastres, un reto para el desarrollo. COOPI; OXFAM-GB; IRD. 225 p., 2003, 9978-42-972-7.
- Dubois, J., Cheminee, J.-L., (1988). Fractal analysis applied to the sequence of volcanic eruptions of Piton de la Fournaise (La Reunion Island): Cantor dust model. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences serie II*, 307(15), 1723–1729.
- Eychenne, J., Le Pennec, J. L., Ramón, P., & Yepes, H. (2013). Dynamics of explosive paroxysms at open-vent andesitic systems: high-resolution mass distribution analyses of the 2006 Tungurahua fall deposit (Ecuador). *Earth and Planetary Science Letters*, 361, 343-355.
- Fairbanks, R. G., Mortlock, R. A., Chiu, T. C., Cao, L., Kaplan, A., Guilderson, T. P., ... & Nadeau, M. J. (2005). Radiocarbon calibration curve spanning 0 to 50,000 years BP based on paired $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ and ^{14}C dates on pristine corals. *Quaternary Science Reviews*, 24(16), 1781-1796.

- Faure, G., & Mensing, T. M. (2005). *Isotopes: principles and applications*. John Wiley & Sons Inc.
- Fisher, R. V., & Schmincke, H. U. (1984). *Pyroclastic rocks*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 472 pp.
- Fontijn, K., Lachowycz, S. M., Rawson, H., Pyle, D. M., Mather, T. A., Naranjo, J. A., & Moreno-Roa, H. (2014). Late Quaternary tephrostratigraphy of southern Chile and Argentina. *Quaternary Science Reviews*, 89, 70-84.
- Francis, P. & Oppenheimer, C. (2003). *Volcanoes*. Oxford, New York. Oxford University Press. Second Edition.
- Froggatt, P. C., & Lowe, D. J. (1990). A review of late Quaternary silicic and some other tephra formations from New Zealand: their stratigraphy, nomenclature, distribution, volume, and age. *New Zealand journal of geology and geophysics*, 33(1), 89-109.
- Garcia-Aristizabal, A., Kumagai, H., Samaniego, P., Mothes, P., Yepes, H., & Monzier, M. (2007). Seismic, petrologic, and geodetic analyses of the 1999 dome-forming eruption of Guagua Pichincha volcano, Ecuador. *Journal of volcanology and geothermal research*, 161(4), 333-351.
- Gaunt, H. E., Bernard, B., Hidalgo, S., Proaño, A., Wright, H., Mothes, P., ... & Kueppers, U. (2016). Juvenile magma recognition and eruptive dynamics inferred from the analysis of ash time series: The 2015 reawakening of Cotopaxi volcano. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 328, 134-146.
- Grainger, R. G., & Highwood, E. J. (2003). Changes in stratospheric composition, chemistry, radiation and climate caused by volcanic eruptions. *Geological Society, London, Special Publications*, 213(1), 329-347.
- Guest, J. E., & Murray, J. B. (1979). An analysis of hazard from Mount Etna volcano. *Journal of the Geological Society*, 136(3), 347-354.
- Gusev, A. A., Ponomareva, V. V., Braitseva, O. A., Melekestsev, I. V., & Sulerzhitsky, L. D. (2003a). Great explosive eruptions on Kamchatka during the last 10,000 years: Self-similar irregularity of the output of volcanic products. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)*, 108(B2).
- Gusev, A. A., Ponomareva, V. V., Braitseva, O. A., Melekestsev, I. V., & Sulerzhitsky, L. D. (2008b). Fractal episodicity of great explosive eruptions on kamchatka during holocene. *International Association for Mathematical Geology Meeting "IAMG 2003"*, Portsmouth, UK, September 7-12, 2003 Session S1, p. 1-6.

- Gusev, A. A. (2008). Temporal structure of the global sequence of volcanic eruptions: Order clustering and intermittent discharge rate. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 166(3), 203-218.
- Guttorp, P., & Thompson, M. L. (1991). Estimating second-order parameters of volcanicity from historical data. *Journal of the American Statistical Association*, 86(415), 578-583.
- Hall, M. (1977). *El volcanismo en el Ecuador*. IPGH, Sección Nacional del Ecuador. Quito, Ecuador. 120 pp.
- Hall, M. & Beate, B. (1991). El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador. In: *El Paisaje Volcánico de la Sierra Ecuatoriana, estudios de Geografía*, 4, 5-18.
- Hall, M., & Mothes, P. (1999). La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral, Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas. In: Mothes, P. (Ed.). *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Editorial Abya Yala, 11-40.
- Hall, M., & Mothes, P. (2008a). Quilotoa volcano—Ecuador: an overview of young dacitic volcanism in a lake-filled caldera. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 44-55.
- Hall, M., & Mothes, P. (2008b). The rhyolitic–andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 70(6), 675-702.
- Hall, M., & Mothes, P. (2008c). The Chacana caldera complex in Ecuador. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 3, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- Hall, M., & Mothes, P. (2008d). Volcanic impediments in the progressive development of pre-Columbian civilizations in the Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(3), 344-355.
- Hall, M. & Mothes, P. (2010). New Active Rhyolitic Eruptive Centers, Eastern Foot of the Ecuadorian Andes. Poster, Cities on Volcanoes 6th Meetings, Tenerife, Spain.
- Hall, M., Robin, C., Beate, B., Mothes, P., & Monzier, M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91(1), 1-21.

- Hall, M., Samaniego, P., Le Pennec, J. L., & Johnson, J. B. (2008). Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 1-6.
- Hall, M., Mothes, P., Aguilar, J., Bustillos, J., Ramón, P., Eissen, J-P., Monzier, M., Robin, C., Egred, C., Militzer, A. y Yepes, H. (2012). *Los peligros volcánicos asociados con el Antisana*. Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador. Corporación Editora Nacional, IE EPN, IRD. Quito, Ecuador.
- Hall, M., Steele, A. L., Bernard, B., Mothes, P. A., Vallejo, S. X., Douillet, G. A., ... & Ruiz, M. C. (2015). Sequential plug formation, disintegration by Vulcanian explosions, and the generation of granular Pyroclastic Density Currents at Tungurahua volcano (2013–2014), Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 306, 90-103.
- Hall, M., Mothes, P. A., Samaniego, P., Militzer, A., Beate, B., Ramón, P., & Robin, C. (2017). Antisana volcano: A representative andesitic volcano of the eastern cordillera of Ecuador: Petrography, chemistry, tephra and glacial stratigraphy. *Journal of South American Earth Sciences*, 73, 50-64.
- Hidalgo, S. (2001). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Iliniza. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 85.
- Hidalgo, S. (2006). Les interactions entre magmas calco-alcalins «classiques» et adakites. Exemple du complexe volcanique Atacazo-Ninahuilca (Equateur). *Doctoral dissertation, PhD thesis, Blaise Pascal University, Clermont-Ferrand*, p 333.
- Hillebrandt, C. (1989). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Cuicocha-Cotacachi y sus aplicaciones, Provincia de Imbabura. *Tesis de Magister, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador*. 167.
- Hmurcik, L. V., Slacik, A., Miller, H., & Samoncik, S. (1989). Linear regression analysis in a first physics lab. *American Journal of Physics*, 57(2), 135.
- Houghton, B. F., Swanson, D. A., Carey, R. J., Rausch, J., & Sutton, A. J. (2011). Pigeonholing pyroclasts: Insights from the 19 March 2008 explosive eruption of Kīlauea volcano. *Geology*, 39(3), 263-266.
- Houghton, B. F., Swanson, D. A., Rausch, J., Carey, R. J., Fagents, S. A., & Orr, T. R. (2013). Pushing the Volcanic Explosivity Index to its limit and beyond: Constraints

- from exceptionally weak explosive eruptions at Kīlauea in 2008. *Geology*, 41(6), 627-630.
- Ibarra, A. (ed.), Prada, F. & Martínez, J. (2007). *Diccionario de física*. Madrid, España: Oxford University Press.
- Jellinek, A. M., Manga, M., & Saar, M. O. (2004). Did melting glaciers cause volcanic eruptions in eastern California? Probing the mechanics of dike formation. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 109(B9).
- Kamata, H. (1989). Shishimuta caldera, the buried source of the Yabakei pyroclastic flow in the Hohi volcanic zone, Japan. *Bulletin of volcanology*, 51(1), 41-50.
- Kiyosugi, K., Connor, C., Sparks, R. S. J., Crosweller, H. S., Brown, S. K., Siebert, L., ... & Takarada, S. (2015). How many explosive eruptions are missing from the geologic record? Analysis of the quaternary record of large magnitude explosive eruptions in Japan. *Journal of Applied Volcanology*, 4(1), 1-15.
- Le Pennec J.-L., Samaniego P., Eissen J.-P., Hall M.L., Molina, C. I., Robin C., Mothes P., Yepes, H., Ramón P., Monzier M. Y J. Egred. (2005) *Los peligros volcánicos asociados con el volcán Tungurahua*. Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador, Corporación Editora Nacional, IE EPN, IRD. Quito, Ecuador.
- Le Pennec, J. L., Jaya, D., Samaniego, P., Ramón, P., Yáñez, S. M., Egred, J., & Van Der Plicht, J. (2008). The AD 1300–1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 70-81.
- Le Pennec, J. L., Ruiz, A. G., Eissen, J. P., Hall, M. L., & Fornari, M. (2011). Identifying potentially active volcanoes in the Andes: Radiometric evidence for late Pleistocene-early Holocene eruptions at Volcán Imbabura, Ecuador. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 206(3), 121-135.
- Le Pennec, J. L., De Saulieu, G., Samaniego, P., Jaya, D., & Gailler, L. (2013). A devastating Plinian eruption at Tungurahua Volcano reveals formative occupation at ~ 1100 cal BC in Central Ecuador. *Radiocarbon*, 55(3-4).
- Libby, W. F. (1970). Radiocarbon dating. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 269(1193), 1-10.
- Lowe, D. J., & Hunt, J. B. (2001). A summary of terminology used in tephra-related studies. En Jevigné, E. & Raynal, J. (eds), *Tephros: chronology, archaeology*, CDERAD éditeur, Goudet. Les Dossiers de l'Archéo-Logis, 17-22.

- Maclennan, J., Jull, M., McKenzie, D., Slater, L., & Grönvold, K. (2002). The link between volcanism and deglaciation in Iceland. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 3(11), 1-25.
- Marzocchi, W., & Zaccarelli, L. (2006). A quantitative model for the time-size distribution of eruptions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111(B4).
- Matsumoto, A., & Kobayashi, T. (1995). K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the “mass fractionation correction procedure”: application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. *Chemical Geology*, 125(1), 123–135.
- McDougall, I., & Harrison, T. M. (1999). *Geochronology and Thermochronology by the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Method*. Oxford University Press.
- Meece, S. (2006). A bird's eye view—of a leopard's spots: The Çatalhöyük ‘map’ and the development of cartographic representation in prehistory. *Anatolian studies*, 56, 1-16.
- Mothes, P. A., & Hall, M. L. (2008a). The plinian fallout associated with Quilotoa's 800 yr BP eruption, Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 176(1), 56-69.
- Mothes, P. A., & Hall, M. L. (2008b). Rhyolitic calderas and centers clustered within the active andesitic belt of Ecuador's Eastern Cordillera. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 3, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
- Nakamura, K. (1977). Volcanoes as possible indicators of tectonic stress orientation—principle and proposal. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2(1), 1-16.
- Newhall, C. G., & Self, S. (1982). The volcanic explosivity index (VEI) an estimate of explosive magnitude for historical volcanism. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 87(C2), 1231-1238.
- Nowell, D. A., Jones, M. C., & Pyle, D. M. (2006). *Episodic quaternary volcanism in France and Germany*. *Journal of Quaternary Science*, 21(6), 645-675.
- Palladino, D. M., & Sottili, G. (2014). Earth's spin and volcanic eruptions: evidence for mutual cause-and-effect interactions?. *Terra Nova*, 26(1), 78-84.
- Pierson, T. C., Major, J. J., Amigo, Á., & Moreno, H. (2013). Acute sedimentation response to rainfall following the explosive phase of the 2008–2009 eruption of Chaitén volcano, Chile. *Bulletin of Volcanology*, 75(5), 723.

- Pollard, A. M., Blockley, S. P. E., & Ward, K. R. (2003). Chemical alteration of tephra in the depositional environment: theoretical stability modelling. *Journal of Quaternary Science*, 18(5), 385-394.
- Ponomareva, V., Melekestsev, I., Braitseva, O., Churikova, T., Pevzner, M., & Sulerzhitsky, L. (2007). Late Pleistocene-Holocene Volcanism on the Kamchatka Peninsula, Northwest Pacific Region. *Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region*, 165-198.
- Pyle, D. M. (2000). Sizes of volcanic eruptions. In: Sigurdsson, H., Houghton, B. F., McNutt, S. R., Rymer, H., and Stix, J. (eds) *Encyclopedia of Volcanoes*, San Diego, Academic Press, 263-269.
- Rauret, G. (1992). Métodos físico-químicos de datación absoluta. In Rodá, I. (Ed.). *Ciencias, metodologías y técnicas aplicadas a la arqueología*. Barcelona, España: Fundación" La Caixa". Univ. Autònoma de Barcelona. pp. 187-200.
- Rawson, H., Pyle, D. M., Mather, T. A., Smith, V. C., Fontijn, K., Lachowycz, S. M., & Naranjo, J. A. (2016). The magmatic and eruptive response of arc volcanoes to deglaciation: Insights from southern Chile. *Geology*, 44(4), 251-254.
- Reimer, P. J., Baillie, M. G., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Bertrand, C. J., ... & Damon, P. E. (2004). IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. *Radiocarbon* 46(3), 1029–1058.
- Robin, C., Hall, M., Jimenez, M., Monzier, M., & Escobar, P. (1997). Mojanda volcanic complex (Ecuador): development of two adjacent contemporaneous volcanoes with contrasting eruptive styles and magmatic suites. *Journal of South American Earth Sciences*, 10(5), 345-359.
- Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J. L., Mothes, P., & Van Der Plicht, J. (2008). Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador). *Journal of volcanology and geothermal research*, 176(1), 7-15.
- Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J. L., Fornari, M., Mothes, P., & Van Der Plicht, J. (2010). New radiometric and petrological constraints on the evolution of the Pichincha volcanic complex (Ecuador). *Bulletin of volcanology*, 72(9), 1109-1129.
- Ruiz, A. G. (2003). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Imbabura. (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador 171.
- Salvador, A. (Ed.). (1994). *International stratigraphic guide: a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure* (No. 30). Geological Society of America.

- Samaniego, P., Monzier, M., Robin, C., & Hall, M. L. (1998). Late Holocene eruptive activity at Nevado Cayambe Volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 59(7), 451-459.
- Samaniego, P., Eissen, J. P., Monzier, M., Robin, C., Alvarado, A., & Yepes, H. (2004). *Los peligros volcánicos: Asociados con el Cayambe (Vol. 2)*. Corporación Editora Nacional, IE EPN, IRD. Quito, Ecuador.
- Sanchez, L., & Shcherbakov, R. (2012). Temporal scaling of volcanic eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 247, 115-121.
- Santamaria, S., Telenchana, E., Bernard, B., Hidalgo, S. (2015). Complejo volcánico Chiles-Cerro Negro: geología, historia volcánica, peligros volcánicos potenciales, actividad actual y monitoreo volcánico. *Triptico informativo. Instituto Geofísico – Escuela Politécnica Nacional*.
- Santamaria, S., Telenchana, E., Bernard, B., Hidalgo, S., Beate, B., Córdova, M., & Narváez, D. (accepted). Registro de erupciones ocurridas en los Andes del norte durante el Holoceno: Nuevos resultados obtenidos en la turbera de Potrerillos, Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro. *III Taller de Geoarqueología: Cenizas Holocénicas En Los Andes Septentrionales*.
- Schöpfel, J., & Farace, D. J. (2010). Grey literature. In *Encyclopedia of library and information sciences* (pp. 2029-2039).
- Serrano, T., & Demoraes, F. (2007). Discrepancias institucionales y vulnerabilidad asociada en el valle de Los Chillos frente al peligro de lahares del volcán Cotopaxi (Ecuador). In *Congreso latinoamericano de ciencias sociales en conmemoración de los 50 años de la FLACSO, Simposio III" Gestión del riesgo y sus relaciones con los procesos y la gestión ambiental en los países andinos"*, pp. 365-380.
- Siebert, L., & T. Simkin (2002), *Volcanoes of the world: An illustrated catalog of Holocene volcanoes and their eruptions*, *Global Volcanism Program Digital Information Series*, GVP-3, Smithsonian Institution, Washington, D. C. (Available at <http://www.volcano.si.edu/>).
- Siebert, L., Simkin, T., & Kimberly, P. (2010). *Volcanoes of the World, 3rd ed.* Univ of California Press. 568 p.
- Sigurdsson, H. (Ed.). (2000). *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, San Diego, California. 1417 p.

- Simkin, T. (1993). Terrestrial volcanism in space and time. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 21(1), 427-452.
- Stuiver, M. (1961). Variations in radiocarbon concentration and sunspot activity. *Journal of Geophysical Research*, 66(1), 273-276.
- Szakács, A. (2010). From a definition of volcano to conceptual volcanology. *Geological Society of America Special Papers*, 470, 67-76.
- Thorarinsson, S. (1981). Tephra studies and tephrochronology: a historical review with special reference to Iceland. In Self, S. & Sparks, R. (eds), *Tephra Studies*, Dordrecht. pp. 1-12
- Vallejo, S. (2011). Distribución de las cenizas volcánicas holocénicas – tardías en la costa del Ecuador (Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero-Geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Walker, G. P. L. (1980). The Taupo pumice: product of the most powerful known (ultraplinian) eruption?. *Journal of volcanology and geothermal research*, 8(1), 69-94.
- Watt, S. F., Pyle, D. M., & Mather, T. A. (2013). The volcanic response to deglaciation: Evidence from glaciated arcs and a reassessment of global eruption records. *Earth-Science Reviews*, 122, 77-102.

ANEXOS

ANEXO I

Catálogo de Eventos Volcánicos Ocurridos en el Ecuador Continental desde el Plioceno y tablas suplementarias

EVEG

ECUADORIAN VOLCANIC EVENTS
& GECHRONOLOGICAL DATABASE



ECUADORIAN VOLCANIC EVENTS AND GEOCHRONOLOGICAL DATABASE

Contenido

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos Ocurridos en el Ecuador Continental desde el Plioceno

Tabla II. Información general de los centros eruptivos descritos en la base de datos

Tabla III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Tabla IV. Dataciones absolutas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Tabla V. Dataciones absolutas por K/Ar y otras no especificadas.

Tabla VI. Referencias bibliográficas.

Abreviaturas comunes

*	Valor de VEI, M, o I tomado de bases de datos globales
BI	Valores de calibración de tomados directamente de la bibliografía
Cód.	Código
ET	Calibración de edades radiocarbono realizadas en este trabajo.
GVP	Global Volcanism Program
I	Intensidad
ICD	Índice de calidad de dataciones
Inf.	Información
Lab.	Laboratorio
M	Magnitud
Mod.	Modificador de edad
RC	Valores de calibración bibliográfica re-calibrados en este trabajo
SPG	Sistema de proyección geográfica
VEI	Índice de explosividad volcánica

Volc. Volcánico

Códigos de laboratorio

Q	Krueger Enterprises (Cambridge, MA)
SacA	Laboratoire de Mesure du Carbone 14, Université Paris Saclay
I	Teledyne Isotopes (INC)
Beta	Beta Analytic
GrN	Centre for Isotope Research, University of Groningen.
OBDY	Orstom Bondy
USGS	United States Geological Survey
M	Geochronology Laboratory at Géosciences Azur, University of Nice

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		Información Geológica				Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
ANTISANA																		
ANT 001	Antisana II		Actividad fumarólica	2*			AD 1802	AD 1600		AD 1802	AD 1600		H	D	Posible del V. Reventador		IG - Página Web	
ANT 010	Antisana II		Erupción				AD 1590	AD 1600		AD 1590	AD 1600		H	D			IG - Página Web	
ANT 009	Antisana II	Huagra-Halina HL-IV	Flujos de lava				Holoceno Temprano			Holoceno Temprano			NE	E			Hall et al., 2012	
ANT 008	Antisana II	Mauca-Machay y Yana	Flujos de lava				Holoceno Temprano			Holoceno Temprano			NE	E			Hall et al., 2012	
ANT 007	Antisana II	Lahar Rojo	Lahar				10700 AP	7200 AP		10700 AP	7200 AP		E	D	Sobrevace COT 002 subyace HMA 001		Hall et al., 2012	
ANT 006	Antisana II	Sarahuasi PL-IV	Flujos de lava				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			NE	E			Hall et al., 2012	
ANT 005	Antisana II	Flujos de Santa Lucía V-IV	Flujos de lava				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			NE	E			Hall et al., 2012	
ANT 004	Antisana II		Depósito de caída de pómez				13200 AP			13200 AP			NE	C			Hall et al., 2012	
ANT 003	Antisana I	ANT I. Antisana I	Colapso del flanco NE				200000 AP		?	200000 AP			ND*	D	Evento posterior o sincrónico ANT 002		Hall et al., 2012	
ANT 002	Antisana I	Flujo de lava de Cuyuja CUY	Lavas, brechas y piroclastos				210000 AP			210000 AP			NE	C	Referencia bibliográfica: (Opoyke et al., 2006)	CUY-1	Hall et al., 2012	
ANT 001	Antisana I	ANT I. Antisana I	Construcción del edificio antiguo; lavas, brechas y piroclastos				378000 AP	190000 AP	~	378000 AP	190000 AP	~	NE	C		ANT I-1, ANT I-2, ANT I-3, ANT I-4	Hall et al., 2012	
ATACAZO - NINAHUILCA																		
ATZ 012	Domos Internos	Domo Ninahuilca II (N6)	Erupción: caída de tefra y flujo piroclástico	5	5,3*		2350 AP	2300 AP		400 BC	350 BC		C	A		Promedio N6	Hall & Mothes, 2008b Hidalgo et al., 2008	
ATZ 011	Domos Internos	Domo Ninahuilca I (N5)	Erupción: caída de tefra y flujo piroclástico	5	5,2*		5060 AP	4860 AP		3110 BC	2910 BC		C	A		Promedio N5	Hall & Mothes, 2008b Hidalgo et al., 2008	
ATZ 010	Domos Internos	Domo El Arenal II (N4)	Erupción: caída de tefra y flujo de ceniza	4*	4*		6450 AP	5940 AP		4500 BC	3990 BC		C	A		Almeida (1996)	Hidalgo et al., 2008	
ATZ 009	Domos Internos	Domo La Cocha (N3)	Erupción: caída de tefra	4*	4*		10190 AP	9700 AP	>	8240 BC	7750 BC	>	C	A		SA-67H	Hidalgo et al., 2008	
ATZ 008	Domos Internos	Domo La Cocha (N2)	Erupción: caída de tefra				12000 AP		?	12 ka			NE	D		Referencia bibliográfica: (Hall & Mothes, 1994)	Hidalgo et al., 2006	
ATZ 007	Domos externos	Domo N: Gallo Cantana	Domo volcánico con flujo de bloques y ceniza				71000 AP		?				ND*	D			Hidalgo et al., 2006	
ATZ 006	Domos externos	Domos del SE: Omoturco, Cuscungo, La Viudita	Domos volcánicos				71000 AP			71 ± 4 ka			A	A		Domo La Viudita	Hidalgo et al., 2006	
ATZ 005	Atacazo	Domo Arenal I y Cráter de Explosión (N17)	Domo asociado al emplazamiento de las lavas de la cumbre.				71000 AP		?				ND*	D			Hidalgo et al., 2006	
ATZ 004	Atacazo	Flujo de lava La Estancia	Flujo de lava de andesítica basáltica				84000 AP			84 ± 7 ka			A	A		SA 13 RT	Hidalgo et al., 2006	
ATZ 003	Atacazo	Atacazo - Lavas de la cumbre	Flujos de lava radiales generadas en la cumbre, posterior hay colapso del flanco SW?				91000 AP	83000 AP	~	91 ka	83 ka	~	A	A		SA 77 RT, SA 76 RT	Hidalgo et al., 2006	
ATZ 002	Atacazo	Atacazo - Lavas basales	Edificio compuesto por flujos de lava andesíticos				220000 AP	190000 AP	~	220 ka	190 ka	~	A	A		SA 49 RT, SA 48 RT, SA 46B RT, SA 56 RT	Hidalgo et al., 2006	
ATZ 001	La Carcacha	La Carcacha	Edificio compuesto por flujos de lava andesíticos				1290000 AP			1,29 ± 0,01 Ma			A	A		SA 5 RT	Hidalgo et al., 2006	
CRH																		
CRH 006		FL	Flujo de lodo tras sismo regional (1698 Jun 20)				AD 1698 Jun 20			AD 1698 Jun 20			H	A				Ordoñez, 2012

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.	CENTRO VOLCÁNICO				Información Geológica			Parám. Erup.		Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
	Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra		
CRH 005		DAE-4		Avalancha de escombros y lahar secundario				33000 AP	10000 AP	~	33 ka	10 ka		ND	D	LGM 33-10 Ka		Ordoñez, 2012	
CRH 004		DAE-3		Avalancha de escombros				39000 AP	33000 AP	~	39 ka	35 ka		ND	D	Rango entre HUI 003 y LGM 33-10 Ka		Ordoñez, 2012	
CRH 003		DAE-2		Avalancha de escombros				45000 AP	39000 AP	~	45 ka	39 ka		ND	D	Rango entre CRH 002 y HUI 003		Ordoñez, 2012	
CRH 003		DAE-1		Avalancha de escombros				45000 AP		>	45 ka			C*	C		RI0-87A, RI0-87B, RI0-117, y RI0-118	Ordoñez, 2012	
CRH 002				Formación del edificio volcánico				230000 AP	205000 AP	~	224 ± 5 ka	208 ± 10 ka		A	A			Samaniego et al., 2012	
CAS																			
CAS 004	Domos satélites			Extrusión de domo volcánico				833000 AP			833 ± 26 ka			K	A		CAT-01	Pacheco et al., 2014	
CAS 003	Domos satélites			Extrusión de domo volcánico				898000 AP			898 ± 15 ka			K	A		DP-01-C	Pacheco et al., 2014	
CAS 002	Domos satélites			Extrusión de domo volcánico				1400000 AP			1.4 Ma			K	A		CAS 2	Andrae, 2002	
CAS 001	Domos satélites			Flujo de lava				2250000 AP			2.25 ± 0.25 Ma			K	A		CAS 1	Barberi et al., 1988	
CAYAMBE																			
CAY 032	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 1		Erupción: flujo de lava? o lodo, caída de ceniza				AD 1786 Mar		~	AD 1786 mar			H	A	Registro Histórico. Ascásubi (1802)		Samaniego et al., 1998	
CAY 031	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 2		Erupción en flanco SE: caída de ceniza	2*			AD 1785 Feb		~	AD 1785 feb			H	A	Registro Histórico. Ascásubi (1802)		Samaniego et al., 1998	
CAY 030	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3		Erupción: caída de ceniza				AD 1700		~	250 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 029	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3		Erupción: caída de ceniza				AD 1660		~	290 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 028	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF4		Caída de ceniza y flujo piroclástico				AD 1590		~	360 AP			C	B2		CAY 2G	Samaniego et al., 1998	
CAY 027	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF3		Colapso de domo: caída de ceniza, secuencia de lahares y flujos de bloques y ceniza.	4*			AD 1550	AD 1570	~	400 AP	380 AP		C	B1		CAY 47E	Samaniego et al., 1998	
CAY 026	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF3		Erupción: caída de ceniza				510 AP		~	510 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 025	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF3		Colapso de domo: caída de ceniza, secuencia de lahares y flujos de bloques y ceniza.	4*			650 AP		~	650 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 024	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF2		Colapso de domo: caída de ceniza, secuencia de lahares y flujos de bloques y ceniza.				680 AP		~	680 AP			C	B		CAY 47I	Samaniego et al., 1998	
CAY 023	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3 PF1		Colapso de domo: Caída de ceniza y flujo piroclástico.	4*			910 AP		~	910 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 022	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 3		Erupción: caída de ceniza				1070 AP		~	1070 AP			C	B1		CAY 47M	Samaniego et al., 1998	
CAY 021	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 2		Erupción: caída de ceniza				1690 AP		~	1690 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	
CAY 020	Nevado Cayambe; Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS; Phase 2		Erupción: caída de ceniza				1730 AP		~	1730 AP			E	B			Samaniego et al., 1998	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.	CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica		Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica	
	Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario		Código Muestra
CAY 019	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			1780 AP		~	1780 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 018	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			1940 AP		~	1940 AP		~	C	B1		CAY 340	Samaniego et al., 1998
CAY 017	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2130 AP		~	2130 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 016	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2180 AP		~	2180 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 015	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2210 AP		~	2210 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 014	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2410 AP		~	2410 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 013	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2460 AP		~	2460 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 012	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 2		Erupción: caída de ceniza	~			2510 AP		~	2510 AP		~	C	B1		CAY 341	Samaniego et al., 1998
CAY 011	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 1		Erupción: caída de ceniza	~			3520 AP		~	3520 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 010	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 1		Erupción: caída de ceniza	~			3600 AP		~	3600 AP		~	E	B			Samaniego et al., 1998
CAY 009	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Cumbre secundaria NCAY-SS: Phase 1		Erupción: caída de ceniza	~			3750 AP		~	3750 AP		~	C	B1		CAY 34A	Samaniego et al., 1998
CAY 008	Nevado Cayambe: Cumbre Secundaria NCAY-SS	Cono La Virgen CLV		Construcción de cono satélite con emisión de varios flujos de lava	<			4000 AP		<	4000 AP		<	E	D	Contemporáneo al complejo de domos actual		Samaniego et al., 2005
CAY 007	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Ignimbrita La Chimba NCAY-MS6		Erupción explosiva: flujo ignimbrito.	?			14000 AP	11000 AP	?	14 ka	11 ka	?	E	D	LGM 11 - 14 Ka		Samaniego et al., 2005
CAY 006	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Segundo episodio de construcción NCAY-MS5		Flujos de lava, flujos de bloques y ceniza				100000 AP	95000 AP		100 ± 4 ka	95 ± 5 ka		A	A		CAY179A, CAY14	Samaniego et al., 2005
CAY 005	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Avalancha de escombros NCAY-MS3 y MS4		Depósitos de avalanchas de escombros (MS3). Emisión de ignimbritas (MS4)	<			200000 AP		<	200 ka		<	ND	D	Posterior a CAY 004		Samaniego et al., 2005
CAY 004	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Ignimbrita Hierba Buena NCAY-MS2		Erupción explosiva: flujo ignimbrito.	~			230000 AP		~	230 ka		~	ND*	D	Durante o posterior a la primera etapa de NCAY (CAY 003)		Samaniego et al., 2005
CAY 003	Nevado Cayambe: Cumbre Principal NCAY-MS	Primer episodio de construcción NCAY-MS1		Formación edificio volcánico: serie de flujos de lava, domos volcánicos y flujos de bloques y ceniza.				259000 AP	233000 AP		246 ± 13 ka			A	A		CAY23	Samaniego et al., 2005
CAY 002	Nevado Cayambe: Cono Angureal NCAY-ANG	NCAY-ANG		Formación edificio volcánico: flujos de lava y brechas. Finaliza con un colapso sectorial.				413000 AP	405000 AP		409 ± 4 ka			A	A		CAY103	Samaniego et al., 2005

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica	
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
CAY 001	Viejo Cayambe: Edificio Basal VCAY	VCAY1, VCAY2	Formación edificio volcánico: secuencia de flujos de lava, cañadas de térra y lahares. Finaliza con una fuerte erupción que forma una caldera.				1108000 AP	1050000 AP		1108 ± 11 ka	1050 ± 5 ka		A	A		A	A		CAY151, CAY82	Samaniego et al., 2005	
Cerro Negro de Mayasquer																					
CNM 005	Cerro Negro II	CN III	Flujo piroclástico que ocupa el valle al W de la caldera				3400 AP		~	3400 AP		~	NE	C		NE	C	Referencia bibliográfica: (Calvache, 1998, com. per.)		Mothes et al., 1998	
CNM 004	Cerro Negro II	Colapso CN II	Colapso sectorial y avalancha de escombros				7258 AP	6645 AP		6065 ± 130 AP			C*	C		C*	C		CNM 1	Cortés & Calvache, 1997	
CNM 003	Cerro Negro II	Flujo Piroclástico de Mayasquer	Flujo piroclástico				Pleistoceno Superior		?				ND*	E		ND*	E			INECEL, 1987	
CNM 002	Cerro Negro II	CN II	Coladas lávicas y subordinados productos piroclásticos				400000 AP			0,04 Ma			K	C		K	C		CNM 3	INECEL, 1987	
CNM 001	Cerro Negro I	CN I	Coladas lávicas y subordinados productos piroclásticos				1400000 AP			1,4 Ma			K	C		K	C		CNM 2	INECEL, 1987	
CHACANA																					
CHN 016	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Flujo Antisamilla (Pinantura)	Flujo de lava	0*			AD 1728			AD 1728			H	D		H	D			Beate et al., 2009	
CHN 015	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Flujo Papallacta	Flujos de lava	0*			AD 1760			AD 1760			H	B		H	B			Beate et al., 2009 Hall et al., 2012	
CHN 014	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Chalupas (U7)	Flujos de lava				30000 AP	20000 AP		30 ka	20 ka		NE	C		NE	C			Hall & Mothes, 2008c	
CHN 013	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Flujo de Sucus	Flujos de lava				31000 AP			31 ka			NE	C		NE	C			Pilicita, 2013	
CHN 012	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Flujo de Salve Faccha	Flujos de lava				39000 AP			39 ka			NE	C		NE	C			Hall et al., 2014	
CHN 011	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Chalupas (U7)	Erupción: caída de pómez, flujo de obsidiana				170000 AP	160000 AP		0,16 Ma	0,17 Ma		NE	C		NE	C			Hall et al., 2014	
CHN 010	Cerro El Tambo	Chalupas (U7)	Flujo de lava				170000 AP		?	170 ka			NE	C		NE	C			Hall & Mothes, 2008c Pilicita, 2013 Hall et al., 2014	
CHN 009	Yarangala	Chalupas (U7): Pilo ash-fall layers (P1 y P2)	Erupción regional: emisión de ceniza	4*	4*		185000 AP	165000 AP		190 ± 10 ka	165 ka		NE	C		NE	C	Referencia bibliográfica: (Bigazzi et al., 1992; Doriguel et al., 1996; Hall & Mothes, 1997)	CHN 2, CHN 3	Hall & Mothes, 2001 Robin et al., 2009 Hall et al., 2014	
CHN 008	Caldera Chacana: Erupciones fisurales	Flujo de Potrerillos	Flujo de lava				190000 AP			190 ± 10 ka			NE	C		NE	C			Pilicita, 2013 Hall et al., 2014	
CHN 007	Caldera Chacana: Erupciones riolíticas	Chalupas (U7): Emisiones riolíticas recientes	Ignimbritas riolíticas	4*	4*		220000 AP			0,22 Ma			NE	C		NE	C			Hall & Mothes, 2008c	
CHN 006	Vulcanismo Post-collapse resurgence	Post-collapse resurgence volcanism (U6): Volcánicos Taba Rumi, Chusalongo y lavas Chimbaucru	Ignimbritas, flujos de lava y tobos				440000 AP		~	0,44 Ma			NE	C		NE	C			Hall & Mothes, 2008c	
CHN 005	Volcánicos Plaza de Armas	Chalupas (U7): magnetismo reciente	Domos colada de composición andesítica a dacítica				726000 AP			726 ± 5 ka			A	A		A	A		CHN 1	Pilicita, 2013	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO				Parám. Erup.		Edad Asignada		Edad Bibliográfica		Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica			
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
CHN 004	Rift Chacana	Rift Chacana (resurgencia) (U5); Cerro Baños, Cerro Coganco	Post colapso: ignimbritas, flujos de lava andesítica a dacítica, tobas	4*			1500000 AP	440000 AP		1.5 Ma	0.44 Ma	~	NE	C			Hall & Mothes, 2008c
CHN 003	Caldera Temprana	Formación de la Caldera (U3); Serie Tablones Tardía	Colapso estructural, Unidades riolíticas; ignimbritas y tobas; lavas andesíticas intercaladas	4*	4*		1500000 AP	800000 AP		1.5 Ma	0.8 Ma		NE	C			Hall & Mothes, 2008c Beate et al., 2010 Pillcitta, 2013
CHN 002	Caldera Temprana	Lavas andesíticas y dacíticas (U4)	Lavas andesíticas porfíricas				1900000 AP	1500000 AP		1.9 Ma	1.5 Ma		NE	C			Hall & Mothes, 2008c Pillcitta, 2013
CHN 001	Caldera Temprana	Fiancos Externos (U2); Serie Tablones Temprana	Diques y brechas del margen E de la caldera				2700000 AP	2500000 AP		2.7 Ma	2.5 Ma		NE	C			Hall & Mothes, 2008c Pillcitta, 2013 Beate y Urquizo, 2015
CHA CHACHIMBIRO																	
CHA 009	Hugá	Domo satélite Pitzantzi	Explosión dirigida	3	4.1	9.8	5590 AP	5460 AP		3640 BC	3510 BC		C	A			Bernard et al., 2014
CHA 008	Hugá	Loma Albuji	Extrusión de domo Loma Albuji				Holoceno			Holoceno			ND	E			Bernard et al., 2011
CHA 007	Hugá	Hugá	Extrusión de domos dacíticos con emisión de teñas andesíticas				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			ND	E			Bernard et al., 2011
CHA 006	Tumbatu	Avalancha del Tumbatu	Colapso estructural asociado a una explosión dirigida de un criptodomo				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			ND	E			Bernard et al., 2011
CHA 005	Tumbatu	Tumbatu 3	Erupciones plinianas; extrusión de domos, flujos de bloques y cenizas, caídas de tefra.				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			ND	E			Bernard et al., 2011
CHA 004	Tumbatu	Tumbatu 2	Erupciones plinianas; flujos piroclásticos de pómez y ceniza, caídas de pómez				44000 AP		~	44 ka		~	C*	C			Bernard et al., 2011
CHA 003	Tumbatu	Tumbatu 1	Extrusión de domos dacíticos, flujos de bloques y ceniza				50000 AP		~	50 ka		~	C*	C			Bernard et al., 2011
CHA 002	Huanguilero	Avalancha del Huanguilero	Colapso estructural				250000 AP	150000 AP	~	250 ka	150 ka	~	NE	D	(Bernard, com. Pers.)		Almeida, 2016
CHA 001	Huanguilero	Huanguilero	Construcción del edificio				405000 AP	298000 AP	~	405 ka	298 ka	~	NE	C	(Bernard, com. Pers.)		Almeida, 2016
CLP CHALUPAS																	
CLP 001	Caldera Chalupas	Ignimbrita Chalupas	Erupción Pliniana; generación de flujos piroclásticos	7*	6.9*		221000 AP			221 ± 14 ka			A	A	Referencia bibliográfica: (L. Hammersly com. Per., CLP1 2005)		Hall & Mothes, 2008b
CHL CHILES																	
CHL 002	Chiles II	Chiles II	Serie de lavas dacíticas y andesíticas				510000 AP			0.51 Ma			A	C			INECEL, 1987
CHL 001	Chiles I	Chiles I	Serie de lavas andesíticas				Pleistoceno Medio			Pleistoceno Medio			ND*	E			INECEL, 1987
CHB CHIMBORAZO																	
CHB 024	Cono joven CH-III	PF7	Flujo piroclástico				1528 AP	1326 AP	Cal	AD 422	AD 624		C	B1	Rango asumido entre PFD 7 (CHB 024) y PFD 6 (CHB 022)		Barba et al., 2008
CHB 023	Cono joven CH-III	FL 4	Calda de ceniza				1650 AP	1450 AP	~				ND*	D			Barba et al., 2008

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc. CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
CHB 022	Cono Joven CH-III	PFD 6	Flujo piroclástico				1741 AP	1553 AP	Cal	AD 209	AD 397	Cal	C	A		CH DB 55 C	Barba et al., 2008	
CHB 021	Cono Joven CH-III	FL 3	Caída de ceniza				2963 AP	2759 AP	< Cal	1014 BC	810 BC	<	C	B1		CH DB 55 E	Barba et al., 2008	
CHB 020	Cono Joven CH-III	PFD 5	Flujo piroclástico				3000 AP		>	3000 AP		~	C	B2	Rango pre FL 3 (CHB 021) y PFD 3 (CHB 018)	CH DB 55 E	Barba et al., 2008	
CHB 019	Cono Joven CH-III	PFD 4	Flujo piroclástico				6000 AP	3000 AP	~			~	ND*	D	Rango asumido entre PFD 5 (CHB 021) y PFD 3 (CHB 018)		Barba et al., 2008	
CHB 018	Cono Joven CH-III	PFD 3	Flujo piroclástico				6207 AP	5988 AP	Cal	4258 BC	4039 BC	Cal	C	A	Rango asumido pre PFD 3 (CHB 018)	CH DB 55 D	Barba et al., 2008	
CHB 017	Cono Joven CH-III	FL 2	Caída de ceniza				6500 AP		~			~	ND*	D			Barba et al., 2008	
CHB 016	Cono Joven CH-III	PFD 2	Flujo piroclástico				7434 AP	7288 AP	Cal	5485 BC	5339 BC	Cal	C	A	Rango asumido entre PFD 1 y PFD 2	CH DB 55 L	Barba et al., 2008	
CHB 015	Cono Joven CH-III	FL 1	Caída de ceniza				7500 AP		~			~	ND*	D	Rango entre PFD 2 (CHB 016) y Tardi Glaciar (10-12 ka)		Barba et al., 2008	
CHB 014	Cono Joven CH-III	PFD 1	Flujo piroclástico				10000 AP	7500 AP	~	8000 AP	7500 AP	~	ND	D	Periodo entre el Intervalo Glaciar Tardío (10-12 ka) y el Neo-glacial (5 ka). Contemporáneo a PFD 1 y PFD 2.		Barba et al., 2008	
CHB 013	Cono Joven CH-III	Lahares Rojos, flancos N y SW	Lahares rojos no volcánicos probablemente relacionados a cambios climáticos				10000 AP	5000 AP	<	10 ka	5 ka	<	ND	D	Subyace a capa iota (CHB 010) y morrenas del LGP (10-12 ka)		Barba, 2006 Barba et al., 2008	
CHB 012	Cono Joven CH-III	Rio Colorado debris avalanche	Colapso sectorial del flanco norte: depósito de avalancha de escombros al N.				14000 AP	12000 AP	>	14 ka	12 ka	>	ND	D	Sobryace discordancia glaciar U3 (16-14 ka)		Samaniego et al., 2012 Barba, 2006	
CHB 011	Cono Joven CH-III	Western-plateau tephra sequence: Serie superior	Secuencia menor de caídas de tefra asociadas al Cono Joven post Full Glacial Period: incluye capa de escoria densa color gris claro.				14000 AP		<	14 ka		<	ND	D	Interviente a discordancias glaciares U2 (20-18 ka) y U3 (16-14 ka)		Samaniego et al., 2012 Barba, 2006	
CHB 010	Cono Joven CH-III	Western-plateau tephra sequence: Serie intermedia	Secuencia de caídas de tefra asociadas al Cono Joven: incluye capas de tefra "bicolor superior", tefra "afinidad Puñalica" y kapa "gemelas".				18000 AP	14000 AP	~	18 ka	14 ka	~	ND	D	Interviente a discordancias glaciares U1 (33-27 ka) y U2 (20-18 ka)		Samaniego et al., 2012 Barba, 2006	
CHB 009	Cono Joven CH-III	Western-plateau tephra sequence: Serie inferior	Secuencia de caídas de tefra asociadas al Cono Joven: incluye "serie ácida inferior" y capa beta "bicolor inferior"				33000 AP	18000 AP	~	33 ka	18 ka	~	ND	D	Estratigrafía glaciar		Samaniego et al., 2012 Barba, 2006	
CHB 008	Cono Joven CH-III	Murallas Rojas stage	Construcción del cono Joven: depósitos de flujos de escorias, flujos de lava, flujos piroclásticos, caídas de tefra.				39000 AP	33000 AP	~	35 ka	10 ka	~	ND	D			Samaniego et al., 2012 Barba, 2006	
CHB 007	Edificio Intermedio CH-II	Politécnica stage: Río Blanco ashflow	Flujos piroclásticos, flujos de ceniza (Río Blanco) y caídas de tefra asociadas a la actividad del edificio intermedio.				48050 AP	44150 AP	~ Cal	42,6 ± 0,5 ka	42,2 ± 1,5 ka	~	C*	A		CH-DB-120D, CH-DB-10	Samaniego et al., 2012	
CHB 006	Edificio Intermedio CH-II	Politécnica stage: Politécnica and Martínez peaks	Construcción del edificio intermedio: secuencias de flujos lava forman los picos Politécnica y Martínez				48000 AP	35000 AP	~	40 ± 8 ka	39 ± 6 ka	~	A	A	Muestras del pico Martínez	CH-DB-59, CH-DB-44	Samaniego et al., 2012	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO				Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica				
CHB 005	Edificio Intermedio CH-II	Guano stage	Actividad post-colepso: secuencia de flujos de escoria (Aucacón), flujos de lava (Guano)				60000 AP	60000 AP	~	65 ka	60 ka	<	A	A	CHB 004 y CHB 005 ocurrieron en un corto intervalo de tiempo (entre 60 y 65 ka)	RI0-5	Samaniego et al., 2012				
CHB 004	Edificio Basal CH-I	Riobamba debris avalanche (R-DAD)	Colapso sectorial: avalancha de escombros cubre la cuenca de Riobamba, no hay evidencia de actividad eruptiva asociada.				65000 AP	60000 AP	~	65 ka			ND	E			Bernard et al., 2008 Samaniego et al., 2012				
CHB 003	Edificio Basal CH-I	El Castillo stage: Cóndor Palta piroclastic flow	Secuencia de flujos de bloques y ceniza (Condor Palta) probablemente asociados a las lavas El Castillo				76000 AP			76 ± 8 ka			A	A		RI0-72	Samaniego et al., 2012				
CHB 002	Edificio Basal CH-I	El Castillo stage: Peñas Blancas ashflow	Construcción del edificio basal: secuencia de lavas y brechas, flujo de ceniza y pómez (Peñas Blancas)				95000 AP	65000 AP		95 ka	65 ka		A	A		CH-DB-24, CH-DB-27, CH-DB-43, CH-DB-48A, RI0-84	Samaniego et al., 2012				
CHB 001	Edificio Basal CH-I	Abraspungo stage	Flujos de lava masivos.				120000 AP	100000 AP	~	120 ka	100 ka		ND	D			Samaniego et al., 2012				
PUYO																					
PUY 001	The Puyo scoria cones	The Puyo scoria cones	Conos de escoria (9) monogenéticos generados por erupción fisural				190000 AP			190 ± 70 ka			A	A		PUY138	Hoffer et al., 2008				
COTACACHI																					
CUI 002	Cotacachi III	Cotacachi III - Cuicocha caldera	Extrusión y destrucción de domo volcánico: flujos piroclásticos regional de tierra, formación de caldera	5	5,7		3641 AP	2920 AP	< Cal	3100 ± 150 AP			C*	B1	VER: V. Cuicocha (CUI)	CUI 1	Hillebrandt, 1989 Hall et al., 1993 Almeida, 2016				
CTC 008	Cotacachi II	Cotacachi II - Dornos. Lavas de Cumbre	Emplazamiento de lavas dacíticas en la cumbre				Holoceno		?				ND	D			Almeida, 2016				
CTC 007	Cotacachi III	Cotacachi II - Dornos	Extrusión de domos volcánicos (Muyurcu, Loma Negra, Pribuela): colapsos parciales generaron flujos de bloques y ceniza..				Pleistoceno Superior		?				ND	D			Almeida, 2016				
CTC 006	Cotacachi II	Avalancha nororiental	Colapso del flanco NE: avalancha de escombros				200000 AP	45000 AP		200 ± 50 ka	45 ka	?	ND	D	Subyace avalancha V. Imbabura (IMB 005) y sobreyace avalancha Chachimburo - Huanganillo (CHA 002)		Almeida, 2016				
CTC 005	Cotacachi III	Cotacachi II - Vento central	Flujos piroclásticos tipo ceniza y pómez, lahares y caídas piroclásticas asociadas a Cotacachi II Vento central (CTC 004)				Pleistoceno Superior		?				ND	D			Almeida, 2016				
CTC 004	Cotacachi II	Cotacachi II - Vento central	Construcción de edificio volcánico: flujos de lava intercalados con brechas volcánicas				Pleistoceno Superior		?				ND	D			Almeida, 2016				
CTC 003	Cotacachi I	Avalancha noroccidental	Colapso del flanco NW: avalancha de escombros				108000 AP		>				ND*	D			Almeida, 2016				

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica		Parám. Erup.		Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica	
Código Erupitivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
CTC 002	Cotacachi I	Cotacachi I - Superior	Construcción del edificio volcánico: flujos de lava masivos intercalados con auto-brechas				162000 AP	108000 AP		162 ± 4 ka	108 ± 4 ka		K	A		COTA 01, COTA 05, CUI 28, CUI 30A	Almeida, 2016
CTC 001	Cotacachi I	Cotacachi I - Base	Construcción del edificio base: secuencias de flujos de lava masivos, auto-brechas volcánicas				162000 AP		<	162 ka		<	ND	D	Subyace a Cotacachi I - Superior (CTC 002)		Almeida, 2016
COT																	
COTOPAXI																	
COT 044	Cotopaxi II B		Erupción freatomagmática: ventilación de ceniza con caídas de ceniza al W y NW	2	2,1		AD 2015 Ago 14	AD 2015 Nov		AD 2015 ago 14	AD 2015 nov		H	A			Bernard et al., 2016
COT 043	Cotopaxi II B	P	Erupción: caída de ceniza	3			AD 1880			AD 1880			H	B			Hall & Mothes, 2008b
COT 042	Cotopaxi II B	P	Erupción: flujos piroclásticos de escoria, laharr, caída de escoria	4	4,7*	9,4*	AD 1877 Jun 25			AD 1877 Jun 25			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 041	Cotopaxi II B	P	Ciclo eruptivo: Caída de ceniza, flujo de lava W, caída de ceniza	4	4,4*		AD 1853	AD 1854		AD 1853	AD 1854		H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 040	Cotopaxi II B	M	Erupción importante: caídas de ceniza, laharr	4	4,2*		AD 1768 Abr 02			AD 1768 Abr 02			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 039	Cotopaxi II B	M	Erupción: caída de ceniza, laharr	3			AD 1766 Feb 06			AD 1766 Feb 06			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 038	Cotopaxi II B	M	Erupción: caída de ceniza, laharr	4	4,7*		AD 1744 Nov 30			AD 1744 Nov 30			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 037	Cotopaxi II B	M	Erupción: caída de escoria, laharr, flujos piroclásticos	4	4,5*		AD 1743 Sep 28			AD 1743 Sep 28			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 036	Cotopaxi II B	M	Erupción: laharrs, caída de ceniza, flujo piroclástico	4	4,7*		AD 1742 Dic 09			AD 1742 Dic 09			H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 035	Cotopaxi II B	MZ	Ciclo eruptivo: flujo piroclástico de escoria, laharr, caídas de escoria, flujo de lava (Yanasacha)	4	4,6*	11,04*	AD 1532	AD 1534		AD 1532	AD 1534		H	A			Hall & Mothes, 2008b
COT 034	Cotopaxi II B	Y	Ciclo eruptivo: caídas de ceniza, laharr	4	5*		800 AP	760 AP	~	900 AP		~	ND	D	Subyace a tefra de Quilotoa (QTA 008)	QTA 1, QTA 2, QTA 3	Hall & Mothes, 2008b
COT 033	Cotopaxi II B	X	Ciclo eruptivo: laharrs, caídas de ceniza, flujo piroclástico de escoria	5	5,1*	11,04*	920 AP	660 AP	? Cal	820 ± 80 AP		<	C*	B1	Referencia bibliográfica: (Barberi et al., 1995)	COT 21	Hall & Mothes, 2008b
COT 032	Cotopaxi II B	L-2	Ciclo eruptivo: flujo piroclástico, laharr, ash cloud surge	4			1276 AP	956 AP	< Cal	1180 ± 80 AP		<	C*	B1		COT 20	Hall & Mothes, 2008b
COT 031	Cotopaxi II B	L-1	Ciclo eruptivo: caída de escoria, flujo de lava (Refugio), laharr	4	4,3		1284 AP	972 AP	< Cal	1210 ± 80 AP		<	C*	B1		COT 19	Hall & Mothes, 2008b
COT 030	Cotopaxi II B	KB-2	Ciclo eruptivo: flujo de lava (Tamboyacu), caída de ceniza	4	4,5*	11,61*	1926 AP	1516 AP	< Cal	1770 ± 100 AP		<	C*	B1		COT 18	Hall & Mothes, 2008b
COT 029	Cotopaxi II B	KB-1	Ciclo eruptivo: laharr, lava collapse PF, flujo de lava (Burrohuacu-Limpopungo)	4	4,6*	11,57*	2161 AP	1516 AP	< Cal	1800 ± 160 AP		<	C*	B1		COT 17	Hall & Mothes, 2008b
COT 028	Cotopaxi II B	KA-2	Ciclo eruptivo: caída de ceniza, laharrs, caída de ceniza co-ignimbrítica	4			2100 AP	1850 AP	~	2200 AP	1880 ± 160 AP		C*	B2	Rango Peñas Blancas (COT 026) y KB-1 (COT 029)	COT 17	Hall & Mothes, 2008b
COT 027	Cotopaxi II B	KA-1	Ciclo eruptivo: flujo piroclástico y caída de ceniza	4	4,7*	11,15*	2100 AP	1850 AP	~	2200 AP	1880 ± 160 AP		ND	D	Rango Peñas Blancas (COT 026) y KB-1 (COT 029)		Hall & Mothes, 2008b

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc. CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
COT 026	Cotopaxi II B	PB - Peñas Blancas	Erupción: Lahar y caída de ceniza	4			2100 AP		~	2100 AP		~	ND	D			Hall & Mothes, 2008b	
COT 025	Cotopaxi II B	JK	Ciclo eruptivo: varios depósitos de caída de ceniza intercalados con paleosuelos.	4			2160 AP		~ Cal	2310 ± 90 AP	2050 ± 80 AP		C*	C		COT 14, COT 15, COT 16	Hall & Mothes, 2008b	
COT 024	Cotopaxi II B	JK	Ciclo eruptivo: caída de ceniza y escoria, flujos de lava y flujo piroclástico.	4			2200 AP		~	2200 AP		~	ND	D			Hall & Mothes, 2008b	
COT 023	Cotopaxi II B	JJ	Ciclo eruptivo: Caída de ceniza y pómez, lahar, flujo de lava (Cañón Colorado II)	4	4,5*		2300 AP	2200 AP	~	2300 AP		~	ND*	D	Rango asumido entre J (COT 022) y K (COT 024, COT 025)		Hall & Mothes, 2008b	
COT 022	Cotopaxi II B	J	Ciclo eruptivo: caída de ceniza y pómez, flujo piroclástico, flujo de lava (Cañón Colorado I), térra de Ninahuilca 2269 BP (ATZ 012).	4	4,5*		2350 AP	2300 AP	<	2269 ± 16 AP		<	ND	D	Térra de Ninahuilca N6 (ATZ 012) identificada bajo la serie	ATZ 2	Hall & Mothes, 2008b	
COT 021	Cotopaxi II B	I-2	Ciclo eruptivo: caída de ceniza, flujo de escorias, flujo de lava (San Agustín), flujo piroclástico	4	4,8*		2350 AP	2300 AP	>	2269 ± 16 AP		>	ND	D	Térra de Ninahuilca N6 (ATZ 012) identificada sobre la serie	ATZ 2	Hall & Mothes, 2008b	
COT 020	Cotopaxi II B	I-1	Ciclo eruptivo: caídas de ceniza lapilli, flujo de lava (Tamboyacú), lahares	4	5,1*		3080 AP		? Cal	2900 AP		~	ND	D	Térra de Cuicocha (CUI 0037) identificada en la serie	CUI 2	Hall & Mothes, 2008b	
COT 019	Cotopaxi II B	H	Ciclo eruptivo: Flujo de lava, flujo piroclástico y lahar de escorias	4	4*		4690 AP	4400 AP	< Cal	4170 ± 110 AP	3950 ± 70 AP	<	C*	B1		COT 12, COT 13	Hall & Mothes, 2008b	
COT 018	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Ash-flow series 3	Erupciones andesíticas menores: caídas de escoria lapilli y flujos piroclásticos de escoria	5*			5296 AP	4959 AP	Cal	4460 ± 140 AP			C*	C		COT 11	Hall & Mothes, 2008b	
COT 017	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Ash-flow series 3	Erupción pliniana riolítica: flujo de ceniza (ash flow 3)				5140 AP		~			~	ND*	D	Rango asumido post CVL (COT 016)		Hall & Mothes, 2008b	
COT 016	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Chillos valley lahar (COT 015) y avalancha Yanasacha (COT 014)	Lahar del Valle de los Chillios (CVL): evento asociado a ash flow series (COT 015) y avalancha Yanasacha (COT 014)	5			5320 AP	4960 AP	~ Cal	4500 ± (63) AP		~	C*	C	Referencia bibliográfica: (N. Banks pers. Vommun., 1988)		Mothes et al., 1998 Hall & Mothes, 2008b	
COT 015	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Ash-flow series 2	Erupciones plinianas riolíticas: flujos de ceniza (ash flow 2).	5	5,4*		5200 AP		~	5200 AP		~	ND*	D	Rango asumido entre CVL (COT 016) y Cañón Colorado (COT 012)		Hall & Mothes, 2008b	
COT 014	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Sector collapse avalanche	Avalancha por colapso sectorial Yanasacha				5200 AP		~	5200 AP		~	ND*	D	Rango asumido entre CVL (COT 016) y Cañón Colorado (COT 012)		Hall & Mothes, 2008b	
COT 013	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Plinian airfall and ash-flow series 1	Erupciones plinianas riolíticas: caídas de pómez lapilli y flujos de ceniza (ash flow 1)	5	5,4*		5200 AP		~	5200 AP		~	ND*	D	Rango asumido entre CVL (COT 016) y Cañón Colorado (COT 012)		Hall & Mothes, 2008b	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica		Parám. Erup.		Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica	
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
COT 012	Cotopaxi II A	Colorado Canyon rhyolite episode: Pliatomagmatic eruption and the ensuing rhyolite breccia flow	Erupciones freatomagmáticas: depósito de arena rica en obsidiana, y de caída de pómez. Seguido por colapso violento de domos: rhyolitic breccia flow, depósito de ceniza.	5*	5,1*		5435 AP	5070 AP	< Cal	4670 ± 70 AP	4420 ± 80 AP	<	C*	B1		COT 9, COT 10	Hall & Mothes, 2008b
COT 011	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-5	Actividad andesítica inicial: caídas de escoria y pómez, flujos de lava y lahares asociados. Descaca el depósito de caída GF. Seguido por actividad dacítica: flujo de ceniza, caída de lapilli (F-5) y lahar.	5*	5,1*		6620 AP	5250 AP	~ Cal	5830 AP	4500 AP	~	C*	B		COT 8, COT 9, COT 10	Hall & Mothes, 2008b
COT 010	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-4 - Ash flow	Grandes eventos eruptivos: flujo de ceniza (F-4). Un flujo menor de bloques y ceniza finaliza el episodio F-4	5	5,8		6800 AP	6443 AP	< Cal	5830 ± 80 AP		<	C*	B1		COT 8	Hall & Mothes, 2008b
COT 009	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-4 - Plinian ash fall	Erupción pliniana: caída de pómez y liticos riolíticos tamaño lapilli	5	5,8		6806 AP	6674 AP	< Cal	5940 ± 30 AP		<	C*	B1		COT 8	Hall & Mothes, 2008b
COT 008	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-3	Fase eruptiva pre F-3: secuencia de caídas de tefra (escoria andesítica y pómez riolítica), flujos de ceniza y surges. Seguido por erupción pliniana (F-3): caída de pómez y liticos lapilli, flujo pequeño de ceniza.	5	4,9		7250 AP	6740 AP	~ Cal	6300 ± 70 AP	5940 ± 30 AP	~	C*	B		COT 6, COT 7	Hall & Mothes, 2008b
COT 007	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-2	Fase eruptiva pre F-2: secuencia menor de caídas de ceniza y flujos de ceniza. Seguido por erupción pliniana (F-2): caída de pómez lapilli, flujo de ceniza y surge. Fase eruptiva post F-2: depósitos de caída de ceniza	5	5,8*		8570 AP	7250 AP	~ Cal	7770 ± 70 AP	6300 ± 70 AP	~	C*	B		COT 5, COT 6	Hall & Mothes, 2008b
COT 006	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-1	Erupción riolítica: caída de pómez lapilli y ceniza (F-1) seguido de un flujo de ceniza	2			11610 AP	10980 AP	< Cal	10075 ± 50 AP	9640 ± 69 AP	<	C*	B1		COT 1, COT 2	Hall & Mothes, 2008b
COT 005	Cotopaxi II A	F rhyolite series: Episode F-1	Periodo eruptivo previo F-1: varias capas de caída de escoria andesítica y pómez.				16340 AP	15870 AP	< Cal	13200 ± 60 AP	13550 ± 20 AP	<	C*	B1		COT 3, COT 4	Hall & Mothes, 2008b
COT 004	Cotopaxi I	Detrital fan and andesitic lavas: NE fan and Río Pita lava flows	Secuencia clástica de conglomerados fluviales y laharcos, flujos de lava y depósitos retrabajados de caídas de ceniza y escoria. Flujos de lava máfica del Río Pita intercalados en la secuencia superior.				420000 AP	211000 AP	?	420 ka	211 ka	?	ND	D	Sobreyace a Barrancas series (COT 001) y subyace a Chalupas ash flow (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008b

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc. CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica			
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
COT 003	Cotopaxi I	Detrital fan and andesitic lavas: SW fan and Pico Morurcu lava flows	Vento satélite Pico Morurcu: flujos de lava andesíticos intercalados en depósitos detríticos (COT 002).	6*			420000 AP	211000 AP	?	420 ka	211 ka	?	ND	D	Sobrevive a Barrancas series (COT 003) y subyace a Chalupas ash flow (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008b
COT 002	Cotopaxi I	Detrital fan and andesitic lavas: SW fan	Depósitos detríticos generados por eroción, que se intercalan con depósitos de ocasionales erupciones volcánicas: caídas de ceniza, flujos de lava andesíticas y auto brechas.	6*			420000 AP	211000 AP	?	420 ka	211 ka	?	ND	D	Sobrevive a Barrancas series (COT 003) y subyace a Chalupas ash flow (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008b
COT 001	Cotopaxi I	Serie Riolitica Barrancas	Actividad riolitica efusiva y explosiva asociada a domos rioliticos y diques (borde S de una antigua caldera) que generó una serie de flujos de piroclásticos, caídas de tefra, y otras unidades volcanoclasticas asociadas.	6*			560000 AP	420000 AP		560 ka	420 ka		F	A	Fission track. (Bigazzi et al., 1997)		Hall & Mothes, 2008b
CUB CUBILICHE																	
CUB 005	Loma Cubiliche		Actividad efusiva: relleno del anfiteatro dejado por la avalancha de escombros (CUB 004)				35000 AP		< Cal	30000 AP			ND	D2	Edad asumida post colapso		Ruiz, 2003 Le Pennec et al., 2011
CUB 004	Loma Cubiliche	Avalancha Cubiliche	Avalancha de escombros				35000 AP		> Cal	30000 AP			ND	D1	Subyace a flujos piroclásticos del Imbabura (IMB 006)		Ruiz, 2003 Le Pennec et al., 2011
CUB 003	Loma Cubiliche		Construcción de estrato cono. Emisión de flujos de lava por ventos satélites.				55000 AP	35000 AP	?	30000 AP			ND	D2	Contemporaneo a Imbabura I (IMB 001 - 005)		Ruiz, 2003
CUB 002	Curiquingue		Construcción de edificio volcánico: lavas masivas				55000 AP	35000 AP	?	30000 AP			ND	D2	Contemporaneo a Imbabura I (IMB 001 - 005)		Ruiz, 2003
CUB 001	Loma Cumru		Construcción de edificio volcánico: lavas masivas				55000 AP	35000 AP	?	30000 AP			ND	D2	Contemporaneo a Imbabura I (IMB 001 - 005)		Ruiz, 2003
CUI CUICOCHA																	
CUI 004	Domos post caldera	Fase A - Domos Yerovi y Wolf	Formación de domos dentro de la caldera (Yerovi y Wolf)				3000 AP		~ Cal				ND*	D			Hillebrandt, 1989 Hall et al., 1993
CUI 003	Caldera Cuicocha	Fase B	Reactivación del centro volcánico: oleadas piroclásticas y caídas de ceniza menores a la Fase C (CUI 002).	3			3778 AP	2348 AP	< Cal	2900 ± 300 AP			C*	B1		CUI 2	Hillebrandt, 1989 Hall et al., 1993
CUI 002	Domo Cuicocha	Fase C	Erupción Pliniania por explosión y colapso de domo: flujos piroclásticos y caídas de ceniza. Formación de la caldera actual.	5	5,7		3641 AP	2920 AP	< Cal	3100 ± 150 AP			C*	B1		CUI 1	Hillebrandt, 1989 Hall et al., 1993
CUI 001	Domo Cuicocha	Fase D	Formación del domo Cuicocha: colapsos parciales formaron flujos piroclásticos de bloques y ceniza.	3			3500 AP			3500 AP			NE	C			Hillebrandt, 1989 Hall et al., 1993 Athens, 1999

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc. ALT	Información Geológica			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica				
	Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max		Mod.	Tipo	ICD	Comentario
ALTAR																	
ALT 003				Deslave y lavar secundario (2000 Oct 13)				AD 2000 Oct 13			AD 2000 Oct 13			H	A		Eissen et al., 2004
ALT 002		DAD-Altar		Avalancha de escombros.				30000 AP		>	30 ka			ND	D	Subyace a avalancha TUNGI (TUN 002)	Bustillos, 2008
ALT 001				Ultima actividad volcánica				1000000 AP		?	1 Ma			NE	D		Eissen et al., 2004
DOR																	
DOR 001	Aliso: El Dorado Center			Evento eruptivo: flujos de bloques y ceniza, flujos piroclásticos				44770 AP	42345 AP	~ Cal	39.6 ± (0.75). ka			C*	C		Hall & Mothes, 2010
MER																	
MER 001				Flujos de lava Mera				2770000 AP	1980000 AP		2,77 ± 0,02 Ma	1,98 ± 0,05 Ma		A	A		Hoffer et al., 2008
FFY																	
FFY 010	Upper Fuya Fuya			Extrusión final de domos: tres domos centrales y dos domos satélite (Colagal y Panecillo)				Holoceno		?	Holoceno			ND	E	Falta de erocion glacial: posiblemente Holoceno	Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 009	Upper Fuya Fuya			Eventos explosivos relacionados a la apertura de ventos en los intervalos inter-extrusión de domos (<i>opening dome extrusions</i>); flujos piroclásticos descendieron por el flanco S.				35000 AP		>	35 ka			C*	C		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 008	Upper Fuya Fuya			Destrución de los domos centrales: Santa Teresa sequence (FF V-2) flujos de bloques y ceniza descendieron en dirección W.				35000 AP		>				ND*	D	Contemporaneo a Cochasqui sequence (FFY 009)	Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 007	Upper Fuya Fuya			Construcción de cono volcánico: flujos de lava (El Atillo y Azahares) y domos extruidos en dos series, la primera dacítica y la segunda andesítica y dacítica.				45000 AP	35000 AP	?				ND*	D	Rango asumido por sobre Fuya Fuya FF IV (FFY 005)	Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 006	San Bartolo collapse event			Actividad post-coleapo: secuencia de caídas de ceniza intercaladas con flujos piroclásticos				45000 AP		~				ND*	D	Evento posterior a FF IV-2 (FFY 005)	Robin et al., 1997 Ruiz, 2003 Robin et al., 2009
FFY 005	San Bartolo collapse event			Flujos de ceniza dacíticos generados tras el coleapo sectorial (FF IV-1) fluyen al W y al N (PF Q, Manzano y Peguche).				45200 AP	45000 AP	~ Cal	43,5 ± (1,1) ka	43,4 ± 2,1 ka		C*	B		Robin et al., 1997 Ruiz, 2003 Robin et al., 2009
FFY 004	San Bartolo collapse event			Colapso sectorial W (45000 AP Cal): afecta gran parte del cono San Bartolo (FFY 003). Este evento ocurre después del fin de la actividad eruptiva del Mojanda.				45000 AP		~				ND*	D	Evento previo a FF IV-2 (FFY 005)	Robin et al., 1997 Ruiz, 2003 Robin et al., 2009

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		Información Geológica			Parám. Erup.		Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica		
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
FFY 003	Intermediate San Bartolo Cone	San Bartolo cone (FF III)	Segunda fase de construcción del Fuya Fuya: la extrusión de domos y varios flujos de lava construyen el cono San Bartolo.				170000 AP		<	0,165 Ma		<	ND	D	Sobreyace a Pifo Layers (CHN 009)		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 002	Lower Fuya Fuya	Plinian and dome deposits (FF II)	Erupciones plinianas seguidas por extrusión y colapso de domos: flujos de bloques y ceniza (D1 a D7) intercalados con depósitos de caídas de pómez riolítica (principales: R1 y R2).				500000 AP	200000 AP	?	0,5 Ma	0,2 Ma	?	ND	D	Contemporáneo a Mojanda M-I y M-II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
FFY 001	Lower Fuya Fuya	Domes and thick lavas (FF I)	Gran erupción dacítica. Seguida por extrusión de domos volcánicos (Domos Puellarro, San Jorge y otros) y flujos de lava.				500000 AP	200000 AP	?	0,5 Ma	0,2 Ma	?	ND	D	Contemporáneo a Mojanda M-I y M-II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009
H/A HUAÑUNA																	
HNA 001	Complejo de domos Huañuna		Erupción explosiva: extrusión y explosión de domo volcánico				10700 AP			10700 AP			NE	C			Hall et al., 2012
HUI HUISLA																	
HUI 006	Huisla II	TP-4c	Erupción Subpliniana: caída de lapilli de pómez	4			33000 AP		<	33 ka		<	ND	D	Inicio de LGM (33 ka)		Ordoñez, 2012
HUI 005	Huisla II	TP-4a	Erupción Subpliniana: caída de lapilli de pómez	4			33000 AP		<	33 ka		<	ND	D	Inicio de LGM (33 ka)		Ordoñez, 2012
HUI 004	Huisla II	TP-3	Erupción Subpliniana: caída de lapilli de pómez en una fase reconocida.	4			33000 AP		<	33 ka		<	ND	D	Inicio de LGM (33 ka)		Ordoñez, 2012
HUI 003	Huisla II	TP-2	Erupción Pliniana: caída de lapilli de pómez con dos fases reconocidas (a-b) siendo la TP-2b la de la fase principal.	4			43543 AP	42285 AP	Cal	39030 ± 410 AP			C*	B1		HUI 1	Ordoñez, 2012
HUI 002	Huisla II	TP-1	Erupción Pliniana violenta: depósito regional de caída de tierra pumítica con cuatro fases eruptivas reconocidas (a-d) siendo la TP-1d la fase principal. Flujos piroclásticos (probablemente al E).	5			45000 AP		>	45 ka		>	ND	D	Edad capa sobreyacente DFBC-inf (flujos piroclásticos de origen desconocido) de >45 ka		Ordoñez, 2012
HUI 001	Huisla I	Avalancha de escombros V. Huisla	Avalancha de escombros				45000 AP		>	45 ka		>	ND	D	Subyace a capa de pómez TP-2 (HUI 003). Relación estratigráfica por confirmar con TP-1 (HUI 002).		Bustillos, 2008 Ordoñez, 2012
IGU IGUALATA																	
IGU 001			Construcción del edificio volcánico				Plioceno Temprano			Plioceno Temprano			ND	D	Relación con otros volcanes del callejón Interandino		Kilian et al., 1995
ILA ILALÓ																	
ILA 001		Pre caldera sequence	Flujo de lava joven				160000 AP			1,6 Ma			K	A		ILA 2	Hall & Beate, 1991

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		Información Geológica			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica				
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
II/ ILLINIZAS																		
II.016	Tishiguchi	Domo-colada Tishiguchi II	Extrusión de domo-colada en el flanco sur del Domo Tishiguchi I (II.014)				16100 AP	< Cal	< Cal	13000 AP			ND	D	Subyace a calidas de tefra V. Cotopaxi - Serie Piroclítica F (COT 005 a COT 011)		Hidalgo, 2001	
II.015	Tishiguchi	Flujo piroclástico Tishiguchi	Flujo piroclástico asociado al Domo Tishiguchi				16100 AP	< Cal	< Cal	16100 AP			ND*	D	Edad asumida pre Tishiguchi II (II.016)		Hidalgo, 2001	
II.014	Tishiguchi	Domo Tishiguchi I	Extrusión de domo volcánico				16100 AP	< Cal	< Cal	16100 AP			ND*	D	Edad asumida pre Tishiguchi II (II.016)		Hidalgo, 2001	
II.013	Pilongo	Domo Pilongo	Extrusión de domo volcánico				16100 AP	< Cal	< Cal	16100 AP			ND*	D	Edad asumida pre Tishiguchi II (II.016)		Hidalgo, 2001	
II.012	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Domo Somital	Extrusión de domo volcánico al final de la actividad del viento Ilmiza				200000 AP	?	?	200 ka	30 ka	?	ND	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico. Erosionado por Glaciares del LGP.		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.011	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Termancucho series	Flujo de lava dacítica				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.010	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Termancucho series	Extrusión de domo volcánico: colapso de domo, flujos piroclásticos.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.009	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Lava del Pongo	Flujo de lava masivo.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.008	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Flujos piroclásticos Jatuncama	Flujos piroclásticos dacíticos.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.007	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Rodeo Loma series	Extrusión de domo volcánico: colapso de domo, flujos piroclásticos. Seguido por secuencia de tefras de fuente no identificada.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.006	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Lavas Somitales	Flujos de lava.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.005	Ilmiza (Ilmiza Sur)	Brechas Ilmiza	Serie de brechas subglaciares.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND*	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.004	Huayrapungu	Domo Huayrapungu	Extrusión de domo dacítico.				200000 AP	?	?	200 ka		?	ND	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.003	Tioniza (Ilmiza norte)	Flujo de lava Tioniza II	Flujo de lava andesítico.				1000000 AP	?	?	1 Ma		?	ND	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.002	Tioniza (Ilmiza norte)	Flujo de lava Tioniza I	Flujo masivo de lava dacítico en el flanco N.				1000000 AP	?	?	1 Ma		?	ND	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	
II.001	Tioniza (Ilmiza norte)	Brechas Tioniza	Erupciones subglaciares: serie de brechas subglaciares.				1000000 AP	?	?	1 Ma		?	ND	D	Analogía con otros volcanes del frente volcánico		Hidalgo, 2001 Hidalgo et al., 2007	

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica	
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
IMBABURA																				
IMB 014	Imbabura II	IMB II-3. Edificio V. Huarmi Imbabura.	Formación del edificio Huarmi Imbabura post blast: extrusión de domos volcánicos; colapsos gravitacionales generan flujos piroclásticos; caídas locales de tefra.				7940 AP	4000 AP	~	7940 AP	4000 AP		7940 AP	4000 AP		C*	D	Reinterpretación de sedimentos en el Lago San Pablo.		Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 013	Imbabura II	IMB II-3. Avalancha y Blast Huarmi Imbabura	Extrusión y colapso de domo por inestabilidad gravitacional: avalancha de escombros (A-HIMB), explosión dirigida (Blast B-HIMB) causada por despresurización del domo.				31500 AP	29200 AP	~ Cal	26930 ± 170 AP	24970 ± 310 AP		26930 ± 170 AP	24970 ± 310 AP		C	A		IMB 7, IMB 8	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 012	Imbabura II	IMB II-2. Flujos piroclásticos Q. Yanahuayacu. FP-B	Extrusión y colapso de domos: flujo piroclástico andesítico-dacítico				2130 AP	1380 AP	~ Cal	1820 ± 160 AP			1820 ± 160 AP			C	B1		IMB 1	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 011	Imbabura II	IMB II-2. Flujos piroclásticos Q. Yanahuayacu. FP-A	Extrusión y colapso de domos: flujo piroclástico andesítico-dacítico				3320 AP	2780 AP	~ Cal	2880 ± 100 AP			2880 ± 100 AP			C	B1		IMB 3	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 010	Imbabura II	IMB II-2. Flujo piroclástico Q. Punguhuyacu	Secuencia de flujos piroclásticos intercalados con surges y caídas de ceniza.				9250 AP	8630 AP	~ Cal	8050 ± 90 AP			8050 ± 90 AP			C	B	Edad corresponde a un suelo mercado en la secuencia.	IMB 5	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 009	Imbabura II	IMB II-2. Flujos piroclásticos EINaranja	Secuencia de flujos piroclásticos masivos con lahares intercalados.				17600 AP	2000 AP	~	14310 ± 300 AP	1990 ± 35 AP		14310 ± 300 AP	1990 ± 35 AP		C	B	Edad superior (14 ka) corresponde a una muestra de posición estratigráfica desconocida.	IMB 6, IMB 2	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 008	Imbabura II	IMB II-2. Flujo piroclástico del Río Tahuando	Flujo piroclástico andesítico				338000 AP	35200 AP	~ Cal	30170 ± 250 AP	30000 ± 310 AP		30170 ± 250 AP	30000 ± 310 AP		C	A		IMB 10, IMB 11	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 007	Imbabura II	IMB II-1. Lavas Cerro Taita Imbabura	Construcción del cono superior (Taita Imbabura): flujos de lava, brechas de lava y otros productos volcánicos fuertemente erosionados.				35000 AP		>							ND*	D	Por morfología y posición geográfica pueden ser contemporáneo a IMB I-6 (IMB 006)		Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 006	Imbabura I	IMB I-6. Flujos de lava del SE Angaraloma	Secuencia de siete flujos de lava masivos (flujos Pagcha y Angaraloma)				35000 AP		> Cal	30 ka			30 ka			ND*	D	Uno de los flujos de lava más jóvenes fue cortado por avalancha de V. Cubiche (CUB 004)		Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 005	Imbabura I	IMB I-5. Avalancha de escombros	Colapso sectorial del flanco NW: avalancha de escombros sin actividad volcánica asociada.				45000 AP		< Cal	43 ka			43 ka			ND	D	Depósito inferior a flujos piroclásticos de V. Fuya-Fuya FF IV-2 (FFY 005)		Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 004	Imbabura I	IMB I-4. Lavas El Artezón	Serie de flujos de lava y brechas de lava del flanco NE (lomas El Artezón, Chaupizanja, y Pala Punta)				30000 AP		<		30 ± 4 ka					A	A		IB62	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011
IMB 003	Imbabura I	IMB I-3. Lavas Sancloma	Serie de lavas andesíticas erosionadas por glaciaciones.				47000 AP			47 ± 6 ka						A	A		IB57	Ruiz, 2003 LePenneq et al., 2011

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica	
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica	
IMB 002	Imbabura I	IMB I-2. Lavas Zapallo Loma	Flujos de lava indiferenciados en el flanco W.				50000 AP		<							ND*	D	Rango inferido pre Lavas Sanciloma IMB I-3 (IMB 003)		Ruiz, 2003	
IMB 001	Imbabura I	IMB I-1. Lavas basales Pissaquí	Construcción del edificio volcánico: flujos de lava masivos y otros productos volcánicos.				50000 AP		<							ND*	D	Rango inferido bajo Lavas Sanciloma IMB I-3 (IMB 003)		Ruiz, 2003	
MOJ																					
MOI 009	M II. Upper Mojanda	Caldera 2	Explosión Freatomagnética violenta: destrucción parcial del cono y formación de la Caldera 2				170000 AP		>	0,165 Ma		>				ND	D	Subyace a Pifo Layers (CHN 009)		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 008	M II. Upper Mojanda	M II-5. Ash and lapilli layers	Secuencia de caídas de ceniza y lapilli				200000 AP		<	0,2 Ma		<				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 007	M II. Upper Mojanda	M II-4. Summit breccias and lavas	Erupciones glaciares y subglaciares: brechas intercaladas con lavas y depósitos de caídas. Yanauru y Cerro Negro				200000 AP		<			<				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 006	M II. Upper Mojanda	M II-3. Block-and-ash flows	Extrusión de domos: flujos de bloques y ceniza				200000 AP		<			<				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 005	M II. Upper Mojanda	M II-2. Ash-and-scoria flows	Extrusión de domos: flujos de escoria y ceniza.				200000 AP		<			<				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 004	M II. Upper Mojanda	M II-1. Andesite lava flows	Formación del cono post-caldera: serie de flujos de lava.				200000 AP		<			<				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 003	M I. Lower Mojanda	Caldera 1	Formación de caldera volcánica: muy pocos depósitos asociados encontrados.				500000 AP		>			>				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 002	M I. Lower Mojanda	M I-2. Autobrechas	Construcción del edificio basal: flujos autobrechas de lavas dacíticas.				500000 AP		>	0,5 Ma		>				ND*	D	Rango asumido entre V. Mojanda M I y M II		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
MOI 001	M I. Lower Mojanda	M I-1. Lavas andesíticas	Construcción del edificio basal: flujos de lava de andesitas dos piroxenos y raramente brechas intercaladas.				590000 AP			0,59 ±0,06 Ma						K	C	Referencia bibliográfica: MOI 1 (Barberi et al., 1988)		Robin et al., 1997 Robin et al., 2009	
PDA																					
PAN DE AZÚCAR																					
PDA 002		PDA 2. Pan de Azúcar 2	Flujos de lava indiferenciados.				1150000 AP			1,15 ±0,01 Ma		A				A			PDA5B	Hoffer, 2008	
PDA 001		PDA 2. Pan de Azúcar 1	Flujos de lava indiferenciados.				1150000 AP					ND*				ND*	D	Relacionado a Pan de Azúcar 2 (PDA 002)		Hoffer, 2008	
PCH																					
PICHINCHA																					
PCH 028	Guagua Pichincha	Fase eruptiva histórica	Emplazamiento de domos dacíticos: explosiones plinianas a vulcanianas, colapso de domos: flujos piroclásticos, emisión de ceniza	3			AD 1999 Sep 26	AD 1999 Dic 17		AD 1999 Sep. 26	AD 1999 Dic 17		H	A						Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Parám. Erup.		Edad Asignada		Edad Bibliográfica		Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica					
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
PCH 027	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Explosiones freáticas	1*			AD 1981	AD 1998		AD 1981	AD 1998		H	B			García et al., 2007
PCH 026	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Explosiones freáticas, caída de ceniza en Quito	2*			AD 1881			AD 1881			H	B			Hall, 1977
PCH 025	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Explosiones freáticas	2*			AD 1868	AD 1869		AD 1868	AD 1869		H	B			Naranjo, 2013
PCH 024	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Explosiones freáticas	2*			AD 1830	AD 1831		AD 1830	AD 1831		H	B			Hall, 1977
PCH 023	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Mayor erupción histórica. Flujos piroclásticos y caída de lapilli	4	4,3*	11,23*	AD 1660 Oct 24	AD 1660 oct 28		AD 1660 Oct 24	AD 1660 Oct 28		H	A			Hall, 1977
PCH 022	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Erupción:caída de ceniza	3*			AD 1587 Sep 03			AD 1587 sep 03			H	B			Robin et al., 2008
PCH 021	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Ciclo eruptivo:caída de ceniza	2*			AD 1582	AD 1598		AD 1582	AD 1598		H	B			Hall, 1977
PCH 020	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Erupción:caída de ceniza	2*			AD 1575			AD 1575			H	B			Robin et al., 2008
PCH 019	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Erupción:caída de ceniza	3*			AD 1566			AD 1566			H	B			Hall, 1977
PCH 018	Guagua Pichincha	Fase eruptiva historica	Episodio eruptivo: flujo piroclástico				530 AP	485 AP	Cal	AD 1405	AD 1515		C	B1			Robin et al., 2008
PCH 017	Guagua Pichincha	Fase eruptiva del siglo X	Fase eruptiva pliniana: caídas de ceniza y lapilli, oleadas piroclásticas, flujos de bloques y ceniza	5	4,8*		1180 AP	910 AP	Cal	AD 770	AD 1040		C	A			Robin et al., 2008
PCH 016	Guagua Pichincha	Fase eruptiva menor	Episodio eruptivo menor: flujo piroclástico				1540 AP	1265 AP	Cal	AD 410	AD 685		C	C			Robin et al., 2008
PCH 015	Guagua Pichincha	Fase eruptiva del siglo I y II	Fase eruptiva pliniana: secuencia oleadas piroclásticas, caídas de ceniza y lapilli, y flujos piroclásticos	4	4,1*		1950 AP	1810 AP	Cal	AD 1	AD 140		C	B1			Robin et al., 2008
PCH 014	Guagua Pichincha	Complejo de domos presente. Domo Cristal	Extrusión de domos: flujos de bloques y ceniza, lahares, caídas de ceniza				4035 AP	3180 AP	Cal	4000 AP	3000 AP		C*	C			Robin et al., 2008
PCH 013	Guagua Pichincha	Edificio Toaza: Avalancha de escombros (DAD2)	Colapso del flanco W del edificio Toaza: avalancha de escombros				4100 AP		~	4 ka			ND	D	Evento previo a los depósitos de Domo Cristal (PCH 014)		Robin et al., 2010
PCH 012	Guagua Pichincha	Edificio Toaza	Complejo de domos Toaza: extrusión de domos dácicos, coladas de lava, caídas de pómez, y flujos de pómez	4			12950 AP	11250 AP	~ Cal	10,9 ka	9,8 ka		C*	C			Robin et al., 2010
PCH 011	Guagua Pichincha	Domos de la cumbre (Summit Domes): avalancha de escombros (DAD1)	Colapso del flanco W: avalancha de escombros.				13000 AP		~	11 ka			ND	D	Evento previo a caídas de pómez de Edificio Toaza (PCH 012)		Robin et al., 2010
PCH 010	Guagua Pichincha	Domos de la cumbre (Summit Domes): surge deposits.	Actividad de los domos de la cumbre: oleadas piroclásticas.				27200 AP	26300 AP	~ Cal	23 ka	22 ka		C*	B			Robin et al., 2010
PCH 009	Guagua Pichincha	Domos de la cumbre (Summit Domes): blast deposits	Explosión lateral tipo blast.				30000 AP	20000 AP	~	30 ka	20 ka		ND	D	Correlacionado con depósitos Mina Roxana		Robin et al., 2010

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Parám. Erup.		Edad Asignada		Edad Bibliográfica		Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica				
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
PCH 008	Guagua Pichincha	Domos de la cumbre (Summit Domes): flujos de bloques y ceniza	Actividad de los domos de la cumbre: secuencia de flujos de bloques y ceniza (Llota and Rio Mindo deposits)				34600 AP	27200 AP	~ Cal	30,3 ka	22,3 ka	C*	B		PICH23D, Geotérmica Italiana (1989), PICH 124C	Robin et al., 2010
PCH 007	Guagua Pichincha	Cono Efusivo Temprano: Singuna	Flujo de pómez				49000 AP	47600 AP	~ Cal	47 ka		C*	C		PICH 58D, PICH 58C	Robin et al., 2010
PCH 006	Guagua Pichincha	Cono Efusivo Temprano	Construcción del cono basal: secuencia de flujos de lava (ej. Cantera del Diablo), domos andesíticos, flujos de pómez				60000 AP	48000 AP	~	60 ka	48 ka	A	A		PICH 135, PICH 1	Robin et al., 2010
PCH 005	Rucu Pichincha	Edificio Rucu Terminal	Construcción del cono terminal (actividad mayormente explosiva): flujos de lava y brechas subglaciares, series de caídas de teira, flujos piroclásticos y lahares.				150000 AP		~	150 ka		ND	D	Reinterpretación de la secuencia de Lloa de Geotérmica Italiana (1989): Pifo Layers Intercaladas.		Robin et al., 2010
PCH 004	Rucu Pichincha	Depósitos de avalancha	Colapso del flanco E: avalancha de escombros				250000 AP		~	250 ka		ND	D	Evento involucra lavas del Rucu Superior (PCH 003)		Robin et al., 2010
PCH 003	Rucu Pichincha	Edificio Rucu Superior	Construcción del cono superior: mayormente flujos de lava y brechas subglaciares				430000 AP	250000 AP	~	430 ka	250 ka	A	A		PICH 57, PICH 63C, PICH 51, PICH 76	Robin et al., 2010
PCH 002	Rucu Pichincha	Edificio Rucu Inferior	Estratocono basal: secuencia de lavas con intercalaciones de brechas				850000 AP	600000 AP	~	850 ka	600 ka	A	A		PICH 70B, PICH 71, PICH 107B, PICH 56	Robin et al., 2010
PCH 001	El Cinto	Flujos de lava basales El Cinto	Edificio antiguo: serie de lavas andesíticas a dacíticas y domos				1100000 AP	910000 AP		1100 ± 10 ka	910 ± 7 ka	A	A		PICH 111C, PICH 21A	Robin et al., 2010
PUL																
PUL 009	Domos post-caldera	Unidad III: Domos Rumiloma, Rumiloma II y Pondaña	Extrusión parcialmente explosiva de domos: emplazamiento de domos, colapsos parciales generan flujos de bloques y ceniza, y pequeñas caídas de pómez asociadas.				2200 AP		>	2000 AP		ND*	D	Edad asumida post E4		Andrade, 2002
PUL 008	Periodo Syn-caldera	E4	Ciclo eruptivo E4: potentes flujos piroclásticos y formación de caldera, caídas de teira menores.				2347 AP	2145 AP	> Cal	2340 ± 50 AP		C*	B2		PUL-67C	Andrade, 2002
PUL 007	Periodo Syn-caldera	E3	Ciclo eruptivo menor E3: capas de pómez y cenizas retrabajadas.				2300 AP	2200 AP	~	2460 ± 70 AP		C*	D	Datación no concordante con la estratigrafía. Rango asumido entre erupciones E2 (PUL 006) y E4 (PUL 008)	PUL-67A	Andrade, 2002
PUL 006	Periodo Syn-caldera	E2	Ciclo eruptivo E2: grandes flujos piroclásticos con pocas caídas plinianas asociadas (Caída C).				2425 AP	2220 AP	< Cal	2305 ± 65 AP	2285 ± (35) AP	C*	B1		PUL5, PUL6,	Andrade, 2002 Samaniego et al., 1998

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO				Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra					
PUL 005	Periodo Syn-caldera	E1	Serie de erupciones freáticas y freatomagmáticas: caídas locales de ceniza (Caída B). Erupción pliniana de cuerpo dacítico (E1-Caída A); caída regional de lapilli de pómez, flujos piroclásticos menores	5	5*	11,22*	2570 AP	2306 AP	~	2485 ± 130 AP	~	~	ND* D		Edad asumida post erupción principal E1 (PUL 004)					Andrade, 2002	
PUL 004	Periodo Syn-caldera	E1					2851 AP	7565 AP	> Cal	10800 ± 800 AP		> Cal	C* B1			PUL 4				Andrade, 2002	
PUL 003	Periodo Syn-caldera	E0	Pequeño evento explosivo previo a la formación de la caldera: caída de pómez				7675 AP	12700 AP	> Cal	160000 AP		> Cal	C* B2			PUL 3				Andrade, 2002	
PUL 002	Domos pre-caldera jóvenes	Unidad II: Domos Tricoladera, Sincholahuá, Shagüa y La Marca	Emplazamiento no explosivo de domos: colapsos gravitacionales con formación de flujos de bloques y ceniza.				14080 AP	14000 AP	< Cal	169000 AP		< Cal	C* B1		Edad del domo más joven La Marca	PUL 1, PUL 2				Andrade, 2002	
PUL 001	Domos pre-caldera antiguos	Unidad I: Domos Cashurcu, El Hospital, Maucaquito, El Placer y Fraililoma	Emplazamiento no explosivo de domos: colapsos gravitacionales con formación de flujos de bloques y ceniza.				160000 AP	160000 AP	~	160 ka		~	ND D		Rango post caldas plinianas de Pífo (CHN 009)					Andrade, 2002	
PUM																					
PUMAYACU																					
PUM 003	Aliso: Pumayacu Center		Lahar y caída de lapilli de pómez				2000 AP	4860 AP	~	2000 AP		~	T D		Ceniza sobre yace horizonte cultural rico en cerámica de ~2 ka BP					Hall & Mothes, 2010	
PUM 002	Aliso: Pumayacu Center		Flujo piroclástico				5070 AP	24200 AP	~ Cal	4.4 ± (45), ka		~ Cal	C* C			PUM 3				Hall & Mothes, 2010	
PUM 001	Aliso: Pumayacu Center		Flujos piroclásticos y lahares.				25400 AP	24200 AP	~ Cal	20.8 ± (220), ka		~ Cal	C* C			PUM 1, PUM 2				Hall & Mothes, 2010	
PLC																					
PUNALICA																					
PLC 001			Formación de cono volcánico: actividad efusiva y explosiva.				18000 AP	14000 AP	?	18 ka	14 ka		ND D		Tefras Punalica sobre yacen morrenas LGM (30-18 Ka) y subyacen morrenas YD (14-10 ka)					Ordoñez, 2012	
QLD																					
QUILINDANA																					
QLD 001			Flujos de ceniza y caídas de tefra				169000 AP			169 ka			F C							Córdova, 2016 pers. com.	
QLT																					
QUILOTOA																					
QLT 017	Caldera C-3	Ciclo Q-I	Emplazamiento de domos dacíticos				800 AP	690 AP	Cal	800 AP	690 AP	Cal	C* B2			QTA 1, QTA 2, QTA 3, QTA 6, QTA 7, QTA 8, QTA 10, QTA 11				Hall & Mothes, 2008a	
QLT 016	Caldera C-3	Ciclo Q-I	Ciclo eruptivo: la secuencia eruptiva contiene varias caídas de lapilli de pómez entre varias series de surge-flujo de ceniza-surge	6	6,4*	11,23*	800 AP	690 AP	Cal	800 AP	690 AP	Cal	C* A			QTA 1, QTA 2, QTA 3, QTA 6, QTA 7, QTA 8, QTA 10, QTA 11				Hall & Mothes, 2008a	
QLT 015	Caldera C-3	Ciclo Q-I	Erupciones freatomagmáticas: caída de ceniza. Seguido por lahares anómalos asociados con la explosión violenta de agua desde un lago cratérico				800 AP	690 AP	Cal	800 AP	690 AP	Cal	C* B1			QTA 1, QTA 2, QTA 3, QTA 6, QTA 7, QTA 8, QTA 10, QTA 11				Hall & Mothes, 2008a	
QLT 014	Caldera C-2		Pequeño evento eruptivo: caída de pómez.				8570 AP		> Cal	7700 ± 70 AP		>	ND D		Subyace a v. Cotopaxi F-2 (COT 007)					Hall & Mothes, 2008a	

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica	
Código Eruptivo	Edificio	Evento Volcánico	Unidad Estratigráfica	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
QLT 013	Caldera C-2	Emplazamiento y colapso de domos: flujos y caídas de ceniza. Ciclo eruptivo: la secuencia eruptiva inicia con caídas de lapilli de pómez seguidas por surge-flujo de ceniza-surge	Ciclo Q-II	5			18155 AP	17615 AP	Cal				18155 AP	17615 AP	Cal	C*	B2		QTA 5	Hall & Mothes, 2008a
QLT 012	Caldera C-2	Ciclo eruptivo: la secuencia eruptiva inicia con caídas de lapilli de pómez seguidas por surge-flujo de ceniza-surge	Ciclo Q-II				18155 AP	17615 AP	Cal				14770 ± 100 AP			C*	A		QTA 5	Hall & Mothes, 2008a
QLT 011	Caldera C-2	Erupción freatomagmática: caída de ceniza con lapilli accrecionario	Ciclo Q-II				18155 AP	17615 AP	Cal							C*	B1		QTA 5	Hall & Mothes, 2008a
QLT 010	Caldera C-1	Ciclo eruptivo: la secuencia eruptiva inicia con caídas de lapilli de pómez seguidas por surge-flujo de ceniza-surge	Ciclo Q-III				38000 AP	17900 AP	?							ND*	D	Edad asumida inter ciclos Q-II y Q-IV		Hall & Mothes, 2008a
QLT 009	Caldera C-1	Erupción freatomagmática: caída de ceniza con lapilli accrecionario	Ciclo Q-III				38000 AP	17900 AP	?							ND*	D	Edad asumida inter ciclos Q-II y Q-IV		Hall & Mothes, 2008a
QLT 008	Caldera C-1	Ciclo eruptivo: la secuencia eruptiva inicia con caídas de lapilli de pómez seguidas por surge-flujo de ceniza-surge	Ciclo Q-IV				39410 AP	36508 AP	< Cal				33700 ± 560 AP			C*	B2		QTA 4	Hall & Mothes, 2008a
QLT 007	Caldera C-1	Ciclo eruptivo: caídas de lapilli, oleadas piroclásticas y flujo de ceniza	Ciclo Q-V				43500 AP		> Cal				40 ka			C*	A		QTA 9	Hall & Mothes, 2008a
QLT 006	Caldera C-1	Erupción freatomagmática: caída de ceniza	Ciclo Q-V				43500 AP		> Cal				40 ka			C*	B2		QTA 9	Hall & Mothes, 2008a
QLT 005	Caldera C-1	Erupción plimiana: caída de lapilli de pómez, flujo de ceniza	Ciclo Q-VI				211000 AP		<							ND*	D	Secuencia del Quilotoa es superior a erupción de V. Chalupas (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008a
QLT 004	Caldera C-1	Erupción plimiana: caídas lapilli de pómez, oleada piroclástica y flujo de ceniza.	Ciclo Q-VII				211000 AP		<							ND*	D	Secuencia del Quilotoa es superior a erupción de V. Chalupas (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008a
QLT 003	Caldera C-1	Erupción freática: caída de ceniza	Ciclo Q-VII				211000 AP		<							ND*	D	Secuencia del Quilotoa es superior a erupción de V. Chalupas (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008a
QLT 002	Caldera C-1	Erupción plimiana: caídas lapilli de pómez	Ciclo Q-VIII				211000 AP		<							ND*	D	Secuencia del Quilotoa es superior a erupción de V. Chalupas (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008a
QLT 001	Caldera C-1	Erupción freática: caída de ceniza	Ciclo Q-VIII				211000 AP		<				211000 AP			ND*	D	Secuencia del Quilotoa es superior a erupción de V. Chalupas (CLP 001)		Hall & Mothes, 2008a

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc. REV	CENTRO VOLCÁNICO																				
	Información Geológica					Edad Asignada					Edad Bibliográfica					Inf. de Dataciones					Referencia Bibliográfica
	Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	Parám. Erup.	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	
REV 034	V. El Reventador	Formación de cono interno y domo posterior	Formación de cono interno y domo posterior	Periodo eruptivo: actividad mayormente explosiva, crecimiento de cono de escoria interno y domo de lava, flujos piroclásticos	2			AD 2012	AD 2017		AD 2012	AD 2017		AD 2012	AD 2017		H	A			
REV 033	V. El Reventador	Formación de cono interno y domo posterior	Formación de cono interno y domo posterior	Periodo Eruptivo: Crecimiento de cono de escoria interno y domo de lava, flujos piroclásticos	2			AD 2009	AD 2011		AD 2009	AD 2011		AD 2009	AD 2011		H	A			Ramón & Vallejo, 2011 Naranjo et al., 2016
REV 032	V. El Reventador	Fase e fusiva	Fase e fusiva	Periodo Eruptivo: actividad explosiva, flujos de lava (LAVA 11-17)	2			AD 2008 Jul	AD 2009 Oct		AD 2008 Jul	AD 2009 Oct		AD 2008 Jul	AD 2009 oct		H	A			Ramón & Vallejo, 2011 Naranjo et al., 2016
REV 031	V. El Reventador	Fase e fusiva	Fase e fusiva	Fase eruptiva: actividad explosiva, flujos de lava (LAVA 8-10)	2			AD 2007 Mar	AD 2007 Ago		AD 2007 Mar	AD 2007 Ago		AD 2007 Mar	AD 2007 ago		H	A			Ramón & Vallejo, 2011 Naranjo et al., 2016
REV 030	V. El Reventador	Fase e fusiva	Fase e fusiva	Periodo Eruptivo: flujos piroclásticos, flujos de lava (LAVA 3-7), caídas de ceniza	2			AD 2004 Nov	AD 2005 Sep		AD 2004 Nov	AD 2005 Sep		AD 2004 nov	AD 2005 sep		H	A			Ramón & Vallejo, 2011 Naranjo et al., 2016
REV 029	V. El Reventador	Formación del cráter 2002	Formación del cráter 2002	Erupción: columna de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares, caídas de ceniza	4	4,6*	10,29*	AD 2002 Nov 03			AD 2002 Nov 03			AD 2002 nov 03			H	A			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013 Naranjo et al., 2016
REV 028	V. El Reventador			Erupción: columna de ceniza, flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares	2*			AD 1976 Ene 05			AD 1976 Ene 05			AD 1976 ene 05			H	A			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013
REV 027	V. El Reventador			Erupción: flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares, caídas de ceniza	3*			AD 1973 Nov	AD 1974 Abr		AD 1973 Nov	AD 1974 Abr		AD 1973 nov	AD 1974 abr		H	A			Hall, 1977 Hall et al., 2004 Naranjo, 2013
REV 026	V. El Reventador			Erupción: flujos piroclásticos, flujos de lava, caídas de ceniza	2*			AD 1972 Jul	AD 1972 Sep		AD 1972 Jul	AD 1972 Sep		AD 1972 Jul	AD 1972 sep		H	A			Hall, 1977 Naranjo, 2013
REV 025	V. El Reventador			Erupción: flujos piroclásticos, flujos de lava, lahares, caídas de ceniza	3*			AD 1958	AD 1960		AD 1958	AD 1960		AD 1958	AD 1960		H	B			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013
REV 024	V. El Reventador			Erupción	2*			AD 1955		?	AD 1955		?	AD 1955			H	B			Hall, 1977 Naranjo, 2013
REV 023	V. El Reventador			Erupción: lahares, flujos de lava, caída de ceniza en Quito	3*			AD 1944			AD 1944			AD 1944			H	B			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013
REV 022	V. El Reventador			Actividad volcánica histórica asociada: caída de ceniza en Quito	3*			AD 1936		?	AD 1936		?	AD 1936			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013
REV 021	V. El Reventador			Erupción: caída de ceniza en el valle interandino	3*			AD 1929			AD 1929			AD 1929			H	B			Hall, 1977 Naranjo, 2013
REV 020	V. El Reventador			Erupciones violentas: caídas de ceniza	3*			AD 1926			AD 1926			AD 1926			H	B			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013
REV 019	V. El Reventador			Actividad volcánica continua.	3*			AD 1898	AD 1906		AD 1898	AD 1906		AD 1898	AD 1906		H	B			Hall et al., 2004 Naranjo, 2013

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO				Información Geológica				Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica		
REV 018	V. El Reventador		Erupción violenta: varias explosiones; flujos piroclásticos; caída de ceniza en el valle interandino	3*			AD 1898			AD 1898			AD 1898			H	B			Hall, 1977 Hall et al., 2004 Naranjo, 2013		
REV 017	V. El Reventador		Erupción violenta	3*			AD 1894			AD 1894			AD 1894			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 016	V. El Reventador		Actividad volcánica histórica asociada: bramidos escuchados en Imbabura	2*			AD 1871			AD 1871			AD 1871			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 015	V. El Reventador		Erupción: bramidos escuchados en Quito, caída de ceniza en el valle interandino	3*			AD 1856			AD 1856			AD 1856			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 014	V. El Reventador		Erupción: caída de ceniza	3*			AD 1844			AD 1844			AD 1844			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 013	V. El Reventador		Erupción: caída de ceniza en el valle interandino	3*			AD 1843			AD 1843			AD 1843			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 012	V. El Reventador		Actividad volcánica histórica asociada: mención a una erupción detrás del Saraurco				AD 1842			AD 1842			AD 1842			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 011	V. El Reventador		Erupción: bramidos escuchados en el Valle de los Chillos				AD 1802			AD 1802			AD 1802			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 010	V. El Reventador		Erupción: caída de ceniza en Quito	3*			AD 1797			AD 1797			AD 1797			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 009	V. El Reventador		Actividad histórica asociada al Reventador o Antisana				AD 1748			AD 1748			AD 1748			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 008	V. El Reventador		Erupción: caída de ceniza en Quito	3*			AD 1691			AD 1691			AD 1691			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 007	V. El Reventador		Erupción: caída de ceniza en Quito	3*			AD 1590			AD 1590			AD 1590			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 006	V. El Reventador		Erupción violenta con bramidos	3*			AD 1541			AD 1541			AD 1541			H	D			Hall, 1977 Naranjo, 2013		
REV 005	V. El Reventador	VER	Formación del cono actual dentro de la caldera				22800 AP		<	22800 AP		<	22800 AP			ND*	D			Naranjo, 2013		
REV 004	V. Paleoreventador		Destrucción del edificio VPR: Colapsos y deslizamientos en masa.				22800 AP		<	22800 AP		<	22800 AP			ND*	D			Naranjo, 2013		
REV 003	V. Paleoreventador	VPR	Construcción del edificio volcánico: secuencia mixta de productos efusivos y explosivos				22800 AP		<	22800 AP		<	22800 AP			ND*	D			Naranjo, 2013		
REV 002	Complejo Volcánico Basal	Avalancha de escombros	Colapso del flanco E: avalancha de escombros				34000 AP	22800 AP	~ Cal	34000 AP			30 ka	18,8 ± 0,5 ka		C*	C		REV 1, REV 2	Naranjo, 2013 Tibaldi, 2005		
REV 001	Complejo Volcánico Basal	CVB	Edificio volcánico: ignimbritas intercaladas de surges y piroclastos de caída, lavas y brechas volcánicas. Domos volcánicos (Cerro Copete, Líder y Mirador)				348000 AP			348000 AP			348 ka			K	C			Naranjo, 2013 Tibaldi, 2005		
RVA																						
RIO VALLE (CHAUPILOMA)																						
RVA 001			Domos riolíticos y flujos piroclásticos				15000 AP	6300 AP	~	15000 AP			15 ka	6,3 ka		ND	D	Estratigrafía glacial		Mothes & Hall, 2008b		

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
SAN SANGAY																	
SAN 025	Sangay III		Actividad estromboliana continua				AD 2014	AD 2017		AD 2013	AD 2017		H	A			IG - Página Web
SAN 024	Sangay III		Formación de domos volcánicos: caídas de ceniza, flujos de lava ocasionales				AD 2007	AD 2013		AD 2007	AD 2013		H	A			Valverde, 2014
SAN 023	Sangay III		Pequeñas explosiones, emisión de gases				AD 1995			AD 1995			H	B			Monzier et al., 1999
SAN 022	Sangay III		Formación de domo volcánico: caídas de ceniza, flujos de lava ocasionales				AD 1983			AD 1983			H	B			Monzier et al., 1999
SAN 021	Sangay III		Flujos de lava				AD 1974	AD 1976		AD 1974	AD 1976		H	B			Monzier et al., 1999
SAN 020	Sangay III		Destrucción parcial de domo en la cumbre: flujo piroclástico				AD 1956	AD 1965		AD 1956	AD 1965		H	B			Hall, 1977
SAN 019	Sangay III		Erupción: Formación de dos ventos				AD 1946			AD 1946			H	B			Hall, 1977
SAN 018	Sangay III		Erupción importante				AD 1941	AD 1942		AD 1941	AD 1942		H	D			Monzier et al., 1999
SAN 017	Sangay III		Erupción importante	3*			AD 1934	AD 1937		AD 1934	AD 1937		H	D			Hall, 1977
SAN 016	Sangay III		Erupción importante				AD 1903			AD 1903			H	D			Monzier et al., 1999
SAN 015	Sangay III		Erupción importante				AD 1880			AD 1880			H	D			Hall, 1977
SAN 014	Sangay III		Erupción importante				AD 1872			AD 1872			H	D			Hall, 1977
SAN 013	Sangay III		Erupción importante				AD 1867	AD 1874		AD 1867	AD 1874		H	D			Monzier et al., 1999
SAN 012	Sangay III		Erupción importante				AD 1859			AD 1859			H	D			Hall, 1977
SAN 011	Sangay III		Erupción importante				AD 1854	AD 1856		AD 1854	AD 1856		H	D			Monzier et al., 1999
SAN 010	Sangay III		Erupción importante				AD 1849			AD 1849			H	D			Hall, 1977
SAN 009	Sangay III		Erupción importante				AD 1842	AD 1843		AD 1842	AD 1843		H	D			Hall, 1977
SAN 008	Sangay III		Erupción importante				AD 1738	AD 1744		AD 1738	AD 1744		H	D			Hall, 1977
SAN 007	Sangay III		Erupción importante	3*			AD 1728			AD 1728			H	D			Monzier et al., 1999
SAN 006	Sangay III		Erupción importante	3*			AD 1628			AD 1628			H	D			Monzier et al., 1999
SAN 005	Sangay III	Sangay III	Construcción del edificio actual: flujos de lava, brechas volcánicas, flujos piroclásticos.				14000 AP		<	14 ka		<	ND	D	Correlación para edad mínima con Late Glacial State 32-14 ka		Monzier et al., 1999
SAN 004	Sangay II	DAE-S2	Colapso gravitacional y avalancha de escombros				33890 AP	33695 AP	Cal	29620 ± 150 ka			C	A	Edad mínima de formación Sangay III es 14 ka		Valverde, 2014
SAN 003	Sangay II	Sangay II	Construcción del edificio volcánico: caídas de ceniza, flujos de lava, lahares, brechas volcánicas, flujos piroclásticos.				100000 AP	50000 AP	~	100 ka	50 ka	~	A	A			Monzier et al., 1999

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		Información Geológica			Parám. Erup.		Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones		Referencia Bibliográfica		
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	
SAN 002	Sangay I	DAE-S1	Collapse gravitacional y avalancha de escombros				250000 AP	100000 AP	?	250 ka	100 ka		ND	D	Rango entre Sangay I y Sangay II		Valverde, 2014
SAN 001	Sangay I	Sangay I	Construcción del edificio volcánico: flujos de lava, brechas volcánicas, flujos piroclásticos, lahares.				500000 AP	250000 AP	~	500 ka	250 ka	~	A	A		SAN 34, SAN 64	Monzier et al., 1999
SCH SOCHE																	
SCH 001			Erupción Pliniana: flujos piroclásticos, caída regional de tefra	5*		5*	9700 AP	9480 AP	Cal	8600 ± 60 AP			C*	A		SOC 1	Beate, 1994 Mothes et al., 1998
SUM SUMACO																	
SUM 006	Sumaco 3	Actividad eruptiva Sumaco	Posible actividad volcánica (no confirmado)				AD 1933 Feb			AD 1933			H	D	Reporte muy dudoso de Hantke y Parodi (1966)		Hoffer, 2008
SUM 005	Sumaco 3	Actividad eruptiva Sumaco	Actividad eruptiva	2*			AD 1865	AD 1926	~	AD 1865	1926 AP	~	H	B	Cambios en la morfología del cráter sugieren una actividad volcánica entre AD 1865 y 1926		Hoffer, 2008
SUM 004	Sumaco 3	Actividad eruptiva Sumaco	Posible actividad volcánica (no confirmado)				AD 1650			AD 1650			H	D	Reporte muy dudoso		Hoffer, 2008
SUM 003	Sumaco 2	Actividad eruptiva	Actividad eruptiva				Pleistoceno Superior			Pleistoceno Superior			NE	E			Hoffer, 2008
SUM 002	Sumaco 1	Avalancha de escombros	Avalancha de escombros				200000 AP			200 ka			NE	C			Hoffer, 2008
SUM 001	Sumaco 1	Sumaco 1	Flujos de lava basales				25-5000 AP	200000 AP	?	255 ka	200 ka	?	NE	C			Hoffer, 2008
TUN TUNGURAHUA																	
TUN 055	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: caída de ceniza, flujos piroclásticos	1			AD 2016 Feb 26	AD 2016 May 15		AD 2016 Feb 26	AD 2016 May 15		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 054	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: caída de ceniza, flujos piroclásticos	1			AD 2015 Nov 08	AD 2015 Nov 17		AD 2015 Nov 08	AD 2015 Nov 17		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 053	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: caída de ceniza	1			AD 2015 Ago 18	AD 2015 Oct 20		AD 2015 Ago 18	AD 2015 Oct 20		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 052	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: caída de ceniza	1			AD 2015 Jun 21	AD 2015 Jul 22		AD 2015 Jun 21	AD 2015 Jul 22		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 051	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: caída de ceniza	1			AD 2015 Mar 27	AD 2015 May 09		AD 2015 Mar 27	AD 2015 May 09		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 050	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Caída de ceniza, flujo de lava	1			AD 2014 Ago 01	AD 2014 Sep 23		AD 2014 Ago 01	AD 2014 Sep 23		H	A			Bustillos et al., 2016
TUN 049	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Erupción Vulcaniana: Caída de ceniza, flujos piroclásticos	2			AD 2014 Abr 04	AD 2014 Abr 18		AD 2014 Abr 04	AD 2014 Abr 18		H	A			Bustillos et al., 2016
TUN 048	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Erupción Vulcaniana: Caída de ceniza, flujos piroclásticos	2			AD 2014 Feb 01	AD 2014 Feb 17		AD 2014 Feb 01	AD 2014 Feb 17		H	A			Bustillos et al., 2016
TUN 047	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Caída de ceniza, flujos piroclásticos	2			AD 2013 Oct 18	AD 2013 Nov 07		AD 2013 Oct 18	AD 2013 Nov 07		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 046	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Caída de ceniza, flujos piroclásticos	2			AD 2013 Jul 14	AD 2013 Ago		AD 2013 Jul 14	AD 2013 Ago		H	A			Bustillos et al., 2016
TUN 045	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Caída de ceniza, flujos piroclásticos	1			AD 2013 Abr 24	AD 2013 May 12		AD 2013 Abr 24	AD 2013 May 12		H	A	Interpretación VAAC Y Sísmica IG EPN		Santamaría, 2017
TUN 044	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2012 Dic 14	AD 2013 Ene 21		AD 2012 Dic 14	AD 2013 Ene 21		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012
TUN 043	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosiones, caídas de ceniza, flujo piroclástico	1			AD 2012 Jun 10	AD 2012 Sep 04		AD 2012 Jun 10	AD 2012 Sep 04		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica			
TUN 042	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosiones, caídas de ceniza	2			AD 2011 Dic 22	AD 2012 May 25		AD 2011 Dic 22	AD 2012 May 25		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 041	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosiones, caídas de ceniza, flujos piroclásticos (Dic 4-16)	1			AD 2011 Nov 27	AD 2011 Dic 08		AD 2011 Nov 27	AD 2011 Dic 08		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 040	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2011 Abr 22	AD 2011 May 26		AD 2011 Abr 22	AD 2011 May 26		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 039	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosión vulcaniana (Nov 22), caídas de ceniza	2			AD 2010 Nov 22	AD 2010 Dic 25		AD 2010 Nov 22	AD 2010 Dic 25		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 038	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: Explosión vulcaniana (Jul), caídas de ceniza, flujo de lava	2			AD 2010 May 26	AD 2010 Jul 28		AD 2010 May 26	AD 2010 Jul 28		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 037	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2010 Ene 05	AD 2010 Mar 19		AD 2010 Ene 05	AD 2010 Mar 19		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 036	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2009 Abr 18	AD 2009 Jun 27		AD 2009 Abr 18	AD 2009 Jun 27		H	A			IG - Informe Anual 2012			
TUN 035	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2008 Dic 18	AD 2009 Mar 01		AD 2008 Dic 18	AD 2009 Mar 01		H	A			IG - Informe Anual 2012			
TUN 034	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase IV	Periodo eruptivo: explosiones, caídas de ceniza	1			AD 2008 Jun 29	AD 2008 Ago 04		AD 2008 Jun 29	AD 2008 Ago 04		H	A			IG - Informe Anual 2012			
TUN 033	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase III	Periodo eruptivo: Actividad estromboliana pequeña a moderada	1			AD 2008 Mar 26	AD 2008 Jun 02		AD 2008 Mar 26	AD 2008 Jun 02		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 032	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase III	Periodo eruptivo: Actividad estromboliana pequeña a moderada	1			AD 2007 Jul 13	AD 2008 Feb 10		AD 2007 Jul 13	AD 2008 Feb 10		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 031	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase III	Periodo eruptivo: Actividad estromboliana pequeña a moderada	1			AD 2007 Feb 25	AD 2007 Abr 18		AD 2007 Feb 25	AD 2007 Abr 18		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 030	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase II	Erupción Subpliniana: Flujos piroclásticos, caídas de ceniza, emisión de lava	3			AD 2006 Ago 16			AD 2006 Ago 16			H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 029	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase II	Erupción: Flujos piroclásticos, caídas de ceniza, fuente de lava	2			AD 2006 Jul 14			AD 2006 Jul 14			H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 028	Tungurahua III: Present Cone	Current Activity: Phase I	Inicio periodo eruptivo actual - actividad estromboliana menor: actividad fumarólica, emisión de ceniza, bloques incandescentes	1			AD 1999 Oct	AD 2005 Oct		AD 1999 Oct	AD 2005 Dic		H	A			Bustillos et al., 2016 IG - Informe Anual 2012			
TUN 027	Tungurahua III: Present Cone	1918 eruption deposits	Erupciones fuertes: flujos piroclásticos, caídas de ceniza, lahares	4*	4*	10,92*	AD 1916	AD 1918		AD 1916	AD 1918		H	A			Hall, 1977 Hall et al., 1999			
TUN 026	Tungurahua III: Present Cone	1886 eruption deposits	Actividad fumarólica	2*			AD 1900	AD 1903		AD 1900	AD 1903		H	B			Hall, 1977			
TUN 025	Tungurahua III: Present Cone	1886 eruption deposits	Erupción: flujos piroclásticos, flujo de lava (Cusúa), caídas de ceniza, lahares	4*			AD 1886			AD 1886			H	A			Hall, 1977 Hall et al., 1999			
TUN 024	Tungurahua III: Present Cone		Erupción: flujo de lava?	2*			AD 1777			AD 1777			H	D			Hall, 1977			

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO			Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica
TUN 023	Tungurahua III: Present Cone		Fuerte explosión	2*			AD 1776			AD 1776			AD 1776			H	D			Hall, 1977
TUN 022	Tungurahua III: Present Cone	1773 eruption deposits	Erupción: caída de lapilli; flujo de lava (Juive Grande-Las Juntas), lahares	3*			AD 1773			AD 1773			AD 1773			H	A			Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2008
TUN 021	Tungurahua III: Present Cone		Posible período eruptivo: flujos piroclásticos, caídas de ceniza	3			AD 1640			AD 1640			AD 1640			H	D			Le Pennec et al., 2008
TUN 020	Tungurahua III: Present Cone	Late integration Period: 380-270 AP	Período Eruptivo: flujos piroclásticos, flujos de escoria, caídas de ceniza	3			AD 1570	AD 1680	~ Cal	380 AP	270 AP	~ Cal	380 AP			C*	A		TUN 12 a TUN 20	Hall, 1977 Le Pennec et al., 2008
TUN 019	Tungurahua III: Present Cone	Late integration Period: 625 AP	Período Eruptivo: flujo de escoria, caídas de ceniza y escoria	3			610 AP	550 AP	~ Cal	625 ± 13 AP		~ Cal	625 ± 13 AP			C*	A		TUN 24 a TUN 28, CH DB 55 B	Hall, 1977 Le Pennec et al., 2008
TUN 018	Tungurahua III: Present Cone	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III-2)	Series de flujos piroclásticos Las Juntas superior; flujos piroclásticos, caídas de tefra, lahares				1130 AP	845 AP	~ Cal	1150 AP	900 AP	~ Cal	1150 AP			C	B		TUN 6, TUN 7, TUN 8	Hall et al., 1999
TUN 017	Tungurahua III: Present Cone	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III-2)	Actividad eruptiva: flujos de bloques y ceniza con escoria a la base y techo	4*			1170 AP		~ Cal	1250 AP		~ Cal	1250 AP			C*	C			Le Pennec et al., 2006
TUN 016	Tungurahua III: Present Cone	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III-2)	Actividad eruptiva: flujos de bloques y ceniza, caídas de tefra asociadas				1170 AP		~ Cal	1250 AP		~ Cal	1250 AP			C*	C			Le Pennec et al., 2006
TUN 015	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: oleadas piroclásticas, caídas de ceniza, flujos de bloques y ceniza	3*			1280 AP		~ Cal	1350 AP		~ Cal	1350 AP			C*	C			Le Pennec et al., 2006
TUN 014	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Actividad Efusiva: flujos de lava (Pondoa-Juive Chico-Baños, Juive Grande, Vazcún), caídas de tefra y ceniza				1555 AP	1261 AP	< Cal	1470 ± 85 AP		< Cal	1470 ± 85 AP			C*	B2	Edad máxima de flujo de Pondoa	TUN 5	Hall et al., 1999
TUN 013	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Pyroclastic Activity (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: flujos de bloques y ceniza, caídas de tefra asociadas	3*			1480 AP		~ Cal	1600 AP		~ Cal	1600 AP			C*	C			Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006
TUN 012	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Pyroclastic Activity (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: caída de pómez, flujos de escoria				1745 AP		~ Cal	1750 AP		~ Cal	1750 AP			C*	C			Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006
TUN 011	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: flujo de escoria, caídas de ceniza y de pómez	3*			1790 AP		~ Cal	1850 AP		~ Cal	1850 AP			C*	C			Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006
TUN 010	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: flujos de escoria con bombas andesíticas, flujos de lava	3*			1960 AP		~ Cal	2000 AP		~ Cal	2000 AP			C*	C			Le Pennec et al., 2006
TUN 009	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Actividad eruptiva: flujos de escoria con grandes bombas andesíticas, flujo de lava	3*			2020 AP		~ Cal	2050 AP		~ Cal	2050 AP			C*	C			Le Pennec et al., 2006
TUN 008	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Serie de flujos de lava Las Juntas inferior; flujos de lava (Las Juntas, Q. Confesionario, Q. La Ra. R. Ujba), flujos piroclásticos de escoria				2383 AP	1986 AP	Cal	2215 ± 90 AP		Cal	2215 ± 90 AP			C*	A		TUN 4	Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006

Tabla I. Catálogo de Eventos Volcánicos ocurridos en el Ecuador Continental
Santiago D. Santamaría F. - Instituto Geofísico EPN - Febrero 2017

Cód. Volc.		CENTRO VOLCÁNICO		Información Geológica			Parám. Erup.			Edad Asignada			Edad Bibliográfica			Inf. de Dataciones			Referencia Bibliográfica
Código Eruptivo	Edificio	Unidad Estratigráfica	Evento Volcánico	VEI	M	I	Edad Min	Edad Max	Mod.	Edad Min	Edad Max	Mod.	Tipo	ICD	Comentario	Código Muestra	Referencia Bibliográfica		
TUN 007	Tungurahua III: Present Cone	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)	Oleadas piroclásticas de escoria, caídas de ceniza	3*			2530 AP		~ Cal	2450 AP		~	C*	C			Le Pennec et al., 2006		
TUN 006	Tungurahua II: Intermediate cone	Post-collapse Sequence	Flujos de lava dacíticos probablemente relacionados a la extrusión de domos.				3100 AP		~ Cal	2950 AP		~	C*	C	Evento posterior al colapso Tungurahua II		Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006		
TUN 005	Tungurahua II: Intermediate cone	Colapso del cono intermedio	Colapso sectorial y blast: avalancha de escombros causada por intrusión de magma dacítico, explosión lateral (blast), erupción sub-pliniana, caída de tefra, lahár	5	5,1*	10,93*	3100 AP		~ Cal	2995 ± 90 AP			C	A		TUN 3	Hall et al., 1999		
TUN 004	Tungurahua II: Intermediate cone	Cono intermedio	Erupción importante: caída importante de escoria, flujos piroclásticos	4*			11200 AP		~ Cal	9700 AP		~	C*	C			Le Pennec et al., 2006		
TUN 003	Tungurahua II: Intermediate cone	Cono intermedio: Tlacos series	Formación de cono volcánico: serie de flujos de lava				30000 AP	3100 AP	~	30000 AP	3100 AP	~	ND	D			Hall et al., 1999		
TUN 002	Tungurahua I: Older Tungurahua	Older Tungurahua	Colapso sectorial: desestabilización por intrusión de un criptodomo causa una avalancha de escombros.				30000 AP		~	30 ka		~	C*	C			Le Pennec et al., 2006		
TUN 001	Tungurahua I: Older Tungurahua	Older Tungurahua	Construcción del edificio antiguo: flujos de lava y caídas de tefra				770000 AP	350000 AP		0,77 ± 0,05 Ma	0,35 ± 0,35 Ma		K	A		TUN 1, TUN 2	Hall et al., 1999 Le Pennec et al., 2006		
YANANAHURCO DE PIÑAN																			
YAN 005	Cerro Negro Group	CNG	Domo volcánico				60600 AP			60,6 ± 20 ka			A	A		PB 12009	Beguelin et al., 2015		
YAN 004	Ñagñaro Dome	NND	Domo volcánico				171600 AP			171,6 ± 20,5 ka			A	A		PB 12005	Beguelin et al., 2015		
YAN 003	Andesitic Old Yanaurcu	AOY	Flujos de lava andesítica				358000 AP			3,58 ± 0,03 Ma			A	A		PB 12004, PB 12025	Beguelin et al., 2015		
YAN 002	Dacitic Old Yanaurcu	DOY	Depósitos piroclásticos				500000 AP			5 ± 2,9 Ma			A	A		BGS and CODIGEM(1999)	Beguelin et al., 2015		
YAN 001	Tatacho-Corcomacco Group	TCG	Lavas andesitas porfíricas				5000000 AP			5 ± 2,9 Ma			A	A		BGS and CODIGEM(1999)	Beguelin et al., 2015		

TABLA II. Información general de los centros volcánicos descritos en la base de datos

Cod. Volc.	Centro volcánico	Nombre alterno	Número GVP	Latitud (°) WGS 84	Longitud (°) WGS 84	Altitud (msnm)	Tipo de volcán	Estado	Ultima erupción conocida
ANT	Antisana		352030	-78,140	-0,485	5753	Estrato-volcán compuesto	Potencialmente activo	Siglo XVII
ATZ	Atacazo-Ninahuilca		352021	-78,621	-0,382	4463	Estrato-volcán compuesto	Potencialmente activo	2350 - 2300 años AP
CRH	Carhuayrazo	Carhuayrazo		-78,753	-1,404	5020	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	Desconocida
CAS	Casitagua	Casitagua		-78,498	-0,029	3519	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	833000 ± 26000 años AP
CAY	Cayambe		352006	-77,988	0,025	5790	Estrato-volcán compuesto	Activo	AD 1785 - 1786
CNM	Cerro Negro de Mayasquer	Cerro de la Oreja		-77,961	0,831	4465	Estrato-volcán	Potencialmente activo	Pleistoceno
CHN	Chacana		352022	-78,150	-0,339	4643	Caldera	Activo	AD 1760
CHA	Chachimburo	Huanguilario	352002	-78,291	0,463	4106	Estrato-volcán compuesto	Potencialmente activo	< 5590 - 5460 años AP
CLP	Chalupas			-78,311	-0,791	4197	Caldera	Extinto o dormido	211000 ± 14000 años AP
CHL	Chiles		351110	-77,935	0,816	4723	Estrato-volcán	Potencialmente activo	Pleistoceno
CHB	Chimborazo		352071	-78,817	-1,469	6268	Estrato-volcán compuesto	Potencialmente activo	1528 - 132,6 años AP
PUY	Conos del Puyo			-77,935	-1,446	1080	Cono de escoria	Extinto o dormido	190000 ± 70000 años AP
CTC	Cotacachi		352050	-78,344	0,368	4887	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	Holoceno ?
COT	Cotopaxi			-78,437	-0,684	5897	Estrato-volcán compuesto	Activo	AD 2015
CUB	Cubliche			-78,135	0,232	3826	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	< 35000 años AP
CUI	Culicocha		352003	-78,362	0,303	3377	Caldera	Potencialmente activo	~ 3000 años AP
ALT	Altar	Capacurcu		-78,420	-1,666	5319	Estrato-volcán	Extinto o dormido	Desconocida
DOR	El Dorado			-77,908	-0,547	2478	Estrato-volcán	Potencialmente activo	44770 - 42345 años AP
MER	Fujijs De Mera			-1,559	-78,025	1067	Fujijs de lava	Extinto o dormido	> 2000000 años AP
FFY	Fuya Fuya			-78,275	0,123	4279	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	Pleistoceno - Holoceno?
HNA	Huañuna	Huañuna		-78,217	-0,620	4251	Complejo de domos	Potencialmente activo	~ 10700 años AP
HUI	Huisia			-78,565	-1,386	3763	Estrato-volcán	Extinto o dormido	< 33000 años AP
IGU	Igualata			-78,640	-1,494	4432	Estrato-volcán	Extinto o dormido	Pitceno Temprano
ILA	Ilaí			-78,409	-0,258	3169	Estrato-volcán	Extinto o dormido	~ 1600000 años AP
ILI	Ilinizas		352041	-78,716	-0,663	5248	Estrato-volcán	Potencialmente activo	Pleistoceno - Holoceno?
IMB	Imbabura		352004	-78,179	0,258	4630	Estrato-volcán compuesto	Potencialmente activo	> 2130 - 1380 años AP
MOJ	Mojanda		352005	-78,259	0,135	4261	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	Pleistoceno
PDA	Pan De Azúcar			-77,722	-0,434	3465	Estrato-volcán	Extinto o dormido	1150000 ± 10000 años AP
PCH	Pichincha		352020	-78,612	-0,170	4784	Estrato-volcán compuesto	Activo	AD 1999 - 2001
PUL	Pululahua	Pululahua	352011	-78,464	0,046	3356	Complejo de domos	Potencialmente activo	> 2200 años AP
PUM	Pumayacu			-77,916	-0,599	2950	Complejo de domos	Potencialmente activo	~ 2000 años AP
PLC	Pañalica			-78,679	-1,400	3840	Estrato-volcán	Potencialmente activo	Pleistoceno - Holoceno?
QLD	Quilindaña		352060	-78,329	-0,781	4877	Estrato-volcán	Extinto o dormido	~ 169000 años AP
QLT	Quilotoa		352010	-78,905	-0,859	3914	Caldera	Potencialmente activo	800 - 690 años AP
REV	Reventador			-77,659	-0,081	3562	Estrato-volcán compuesto	En erupción	AD 2002 - act
RVA	Rio Valle	Chaupiloma		-78,286	-0,657	4196	Caldera	Potencialmente activo	< 6300 años AP
SAN	Sangay		352090	-78,343	-2,005	5230	Estrato-volcán compuesto	En erupción	AD 2017
SCH	Soche		352001	-77,574	0,551	3955	Complejo de domos	Potencialmente activo	9700 - 9480 años AP
SUM	Sumaco		352040	-77,627	-0,540	3732	Estrato-volcán compuesto	Activo	AD 1865 - 1926 ?
TUN	Tungurahua		352080	-78,448	-1,468	5023	Estrato-volcán compuesto	En erupción	AD 1999 - 2016
YAN	Yanaurcu de Piñan	Yanaurcu de Piñan		-78,333	0,497	4538	Estrato-volcán compuesto	Extinto o dormido	60600 ± 20000 años AP

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab.	Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización		Referencia Bibliográfica
							Edad y error	Calibración					SPG	Zona	
SA-42D	ATZ	Pyroclastic flow	N6	Madera carbonizada	GrN	GrN-28729	2220 ± 40 AP	BI	370 BC 8,2 330 BC 60	340 BC 200 BC	95,4	66,7		Hidalgo et al., 2008	
SA-52B	ATZ	Pyroclastic flow	N6	Madera carbonizada	GrN	GrN-28731	2230 ± 40 AP	BI	380 BC 12,5 320 BC 55,7	350 BC 200 BC	95,4	76,3	WGS 84 17 S 765719	Hidalgo et al., 2008	
SA-38C1	ATZ	Fallout	N6	Suelo subyacente	GrN	GrN-28728	2250 ± 30 AP	BI	390 BC 24,7 300 BC 39,5 220 BC 4	350 BC 230 BC 210 BC	30,2	59,9	WGS 84 17 S 764902	Hidalgo et al., 2008	
SA-45B	ATZ	Pyroclastic flow	N6	Madera carbonizada	GrN	GrN-28730	2260 ± 30 AP	BI	390 BC 32,1 290 BC 36,1	350 BC 230 BC	36,2	68,8		Hidalgo et al., 2008	
Promedio N6	ATZ		N6				2267 ± 17 AP	BI	390 BC 49,1 280 BC 19,1	350 BC 260 BC	53,7			Hidalgo et al., 2008	
ATZ 2	ATZ	Capa de ceniza					2269 ± 16 AP	ET	390 BC 64,6 268 BC 3,6	360 BC 264 BC	69,5			Hall & Mothes, 2008b	
SA-22A	ATZ	Paleosuelo	N6	Ramitas carbonizadas	GrN	GrN-28723	2300 ± 30 AP	BI	400 BC 59,4 270 BC 8,8	360 BC 260 BC	69,1	67,2	WGS 84 17 S 745830	Hidalgo et al., 2008	
SA-22E4	ATZ	Pyroclastic flow	N6	Madera carbonizada	GrN	GrN-28724	2320 ± 30 AP	BI	410 BC 67,1 270 BC 1,1	370 BC 260 BC	82,4	67,3	WGS 84 17 S 745830	Hidalgo et al., 2008	
Aquater (1980)	ATZ		N6				2370 ± 70 AP	BI	760 BC 14,6 550 BC 53,6	690 BC 380 BC	90,6			Hidalgo et al., 2008	
SA-24C	ATZ	Pyroclastic flow	N5	Madera carbonizada	GrN	GrN-28725	4360 ± 50 AP	BI	3080 BC 2,1 3030 BC 66,1	3070 BC 2900 BC	1,6	73,8	WGS 84 17 S 751399	Hidalgo et al., 2008	
Promedio N5	ATZ		N5				4400 ± 35 AP	BI	3090 BC 11,6 3040 BC 56,6	3060 BC 2920 BC	3,2			Hidalgo et al., 2008	
SA-24 I	ATZ	Pyroclastic flow	N5	Madera carbonizada	GrN	GrN-28726	4440 ± 50 AP	BI	3330 BC 23,8 3180 BC 3,4 3120 BC 32,3 2980 BC 3,5 2950 BC 5,2	3230 BC 3150 BC 3010 BC 2960 BC 2920 BC	39,5	70,9	WGS 84 17 S 751399	Hidalgo et al., 2008	
ATZ 1	ATZ	Capa de ceniza					4460 ± 35 AP	ET	3326 BC 38,2 3224 BC 1,1 3174 BC 4,4 3118 BC 12,9 3061 BC 11,6	3232 BC 3220 BC 3161 BC 3086 BC 3030 BC	95,4			Hall & Mothes, 2008b	
SA-38A	ATZ	Fallout	N5	Suelo subyacente	GrN	GrN-28727	4600 ± 40 AP	BI	3500 BC 30,5 3440 BC 1,2 3380 BC 30 3210 BC 3 3150 BC 3,5	3450 BC 3430 BC 3330 BC 3190 BC 3130 BC	42,4	54,2	WGS 84 17 S 764902	Hidalgo et al., 2008	
Almeida (1996)	ATZ	Ash flow	N4	Ramitas carbonizadas	GrN		5440 ± 111 AP	BI	4440 BC 2,6 4370 BC 44,4 4200 BC 8,9 4150 BC 1 4130 BC 11,3	4420 BC 4210 BC 4160 BC 4140 BC 4050 BC	95,4			Hidalgo et al., 2008	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab.	Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización			Referencia Bibliográfica
							Edad y error	Calibración					SPG	Zona	X	
SA-67H	ATZ	Fallout	N3	Suelo sobreyacente	GN	GRN-28732	8860 ± 70 AP	BI	8210 BC 60,9 7940 BC 2,2 7910 BC 7900 BC 3,4 7870 BC 7860 BC 1,7	8240 BC 95,4 7750 BC	-25,26	59,1	WGS 84 17 S 766886	9963910	Hidalgo et al., 2008	
CAY 2G	CAY	Pyroclastic flow	PF4	Suelo y plantas carbonizadas	GN	GRN-21805	360 ± 70 AP	BI	1544 AD 1636 AD 1470 AD 1532 AD	1436 AD			WGS 84 18 N 167414	6610	Samaniego et al., 1998	
CAY 47E	CAY	Pyroclastic flow	PF3	Turba subyacente	GN	GRN-22109	400 ± 40 AP	BI	1598 AD 1618 AD 1446 AD 1508 AD	1554 AD 1632 AD 1436 AD			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CAY 47I	CAY	Pyroclastic flow	PF2	Turba subyacente	GN	GRN-22110	700 ± 40 AP	BI	1358 AD 1382 AD 1281 AD 1306 AD	1394 AD 1320 AD			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CAY 47M	CAY	Pyroclastic flow	PF1	Turba subyacente	GN	GRN-22111	1100 ± 30 AP	BI	952 AD 994 AD 892 AD 920 AD	890 AD 1004 AD			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CAY 340	CAY	Ceniza	Phase 2	Turba subyacente	GN	GRN-21704	2040 ± 40 AP	BI	68 BC 18 AD 96 BC 80 BC	120 BC 66 AD 158 BC 138 BC			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CAY 34I	CAY	Ceniza fina	Phase 2	Turba subyacente	GN	GRN-21703	2580 ± 40 AP	BI	626 BC 598 BC 808 BC 762 BC	682 BC 544 BC 814 BC 758 BC			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CAY 34A	CAY	Ceniza	Phase 1	Turba subyacente	GN	GRN-21702	3880 ± 30 AP	BI	2306 2295 BC 2402 2370 BC 2452 2430 BC	2224 BC 2208 BC			WGS 84 17 N 832060	1138	Samaniego et al., 1998	
CNM 1	CNM	Avalancha de escombros	CN 1				6065 ± 130 AP	ET	5206 BC 8,6 5154 BC 0,8 5148 BC 5138 BC 1,5 5128 BC 5120 BC 4,3 5094 BC 5080 BC 52,4 4832 BC 4812 BC 0,6	5309 BC 95,4 4696 BC					Cortés & Calvache, 1997	
CHA-BB-016	CHA	Tephra deposit	D13	Turba sobreyacente	SacA	SacA 19708	4615 ± 40 AP	BI	3500 BC 46,4 3430 BC 3520 BC 3380 BC 21,8	3520 BC 90,2 3330 BC 3220 BC 2,9 3180 BC 3160 BC 2,3	-26,4		WGS 84 17 N 795231	48958	Bernard et al., 2014	
CHA-BB-022	CHA	PDC deposit	A	Carbon dentro del depósito	SacA	SacA 19694	4760 ± 40 AP	BI	3640 BC 68,2 3520 BC	3640 BC 81,3 3490 BC 3430 BC 14,1	-25		WGS 84 17 N 811359	47400	Bernard et al., 2014	
CHA-BB-021	CHA	PDC deposit	A	Carbon dentro del depósito	GN	GRN-32373	4765 ± 50 AP	BI	3640 BC 68,2 3510 BC	3650 BC 77 3490 BC 3460 BC 18,4	-23,58		WGS 84 17 N 811661	47322	Bernard et al., 2014	
CHA-BB-009	CHA	PDC deposit	D	Carbon dentro del depósito	GN	GRN-32372	4790 ± 65 AP	BI	3650 BC 68,2 3510 BC	3700 BC 78,5 3490 BC 3460 BC 16,9	-26,83		WGS 84 17 N 810882	50134	Bernard et al., 2014	
CHA-BB-016	CHA	Tephra deposit	D14	Turba subyacente	SacA	SacA 19709	5190 ± 40 AP	BI	4040 BC 26,4 4010 BC 4000 BC 41,8 3960 BC 4070 BC 90,6 3860 BC 1,1	4230 BC 1,3 4200 BC 4160 BC 2,4 4130 BC 3940 BC 3860 BC 1,1	-27,7		WGS 84 17 N 795231	48958	Bernard et al., 2014	
CHA-BB-014	CHA	Tephra deposit	A	Paleosuelo subyacente	SacA	SacA 19693	5420 ± 40 AP	BI	4335 BC 68,2 4255 BC	4360 BC 90,8 4220 BC 4200 BC 4,6	-23,1		WGS 84 17 N 804574	48991	Bernard et al., 2014	
CH DB 55 B	TUN	Capa de ceniza		Paleosuelo subyacente	GN	GRN-28709	880 ± 70 AP	BI	1045 AD 1096 AD 1119 AD 1141 AD	1026 AD 1262 AD			WGS 84 17 S 748114	9838245	Barba et al., 2008	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Unidad Estratigráfica	Depósito	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización		Referencia Bibliográfica
						Edad y error	Calibración					SPG	Zona	
CH DB 55 O	CHB	PDF 7	Capas de ceniza	Paleosuelo subyacente	GRN GRN-30186	1530 ± 50 AP	BI	1147 AD 437 AD 512 AD 530 AD 594 AD	1219 AD 422 AD 629 AD 630 AD			WGS 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008	
CH DB 55 C	CHB	PDF 6	Capa de ceniza	Carbón dentro del depósito	GRN GRN-28710	1750 ± 40 AP	BI	237 AD	154 AD			WGS 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008	
CH DB 55 E	CHB	FL 3	Capa de ceniza	Paleosuelo subyacente	GRN GRN-29479	2760 ± 50 AP	BI	972 BC 937 BC	810 BC			WGS 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008	
CH DB 55 D	CHB	PDF 3	Capa de ceniza	Carbón dentro del depósito	GRN GRN-26338	5310 ± 40 AP	BI	4230 BC 4214 BC 4195 BC 4174 BC 4148 BC 4135 BC	4039 BC 3999 BC			WGS 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008	
CH DB 55 L	CHB	PDF 2	Capa de ceniza	Carbón dentro del depósito	GRN GRN-32950	6460 ± 40 AP	BI	5477 BC 5447 BC	5339 BC			WGS 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008	
CH-DB-120D	CHB	Rio Blanco ash flow	Ash flow	Ramitas carbonizadas al tope del depósito		42200 ± 1500 AP	ET	45298 BC	41404 BC				Samaniego et al., 2012	
CH-DB-10	CHB	Rio Blanco ash flow	Ash flow	Fragmento de carbón		42600 ± 500 AP	ET	44360 BC	43020 BC				Samaniego et al., 2012	
COT 21	COT	L2	ash cloud surge	Paleosuelo sobre yacente		820 ± 80 AP	ET	1055 AD 1154 AD	1290 AD				Hall & Mothes, 2008b	
COT 20	COT	L1	debris flow	Paleosuelo sobre yacente		1180 ± 80 AP	ET	728 AD 768 AD 920 AD	994 AD				Hall & Mothes, 2008b	
COT 19	COT	KB2	Capa de ceniza	Paleosuelo sobre yacente		1210 ± 80 AP	ET	692 AD 762 AD	978 AD				Hall & Mothes, 2008b	
COT 18	COT	KB1	hot debris flow	Paleosuelo sobre yacente		1770 ± 100 AP	ET	134 AD 366 AD	434 AD				Hall & Mothes, 2008b	
COT 17	COT	KA2	co-ignimbritic ash fall	Paleosuelo sobre yacente		1880 ± 160 AP	ET	46 BC 366 AD	296 BC				Hall & Mothes, 2008b	
COT 14	COT	JK	flujos de lava	Paleosuelo sobre yacente		2050 ± 80 AP	ET	170 BC 232 BC	291 BC				Hall & Mothes, 2008b	
COT 15	COT	JK	flujos de lava	Paleosuelo sobre yacente		2170 ± 100 AP	ET	362 BC	28 AD				Hall & Mothes, 2008b	
COT 16	COT	JK	flujos de lava	Paleosuelo sobre yacente		2310 ± 90 AP	ET	512 BC 319 BC	680 BC				Hall & Mothes, 2008b	
COT 13	COT	Colorado Canyon rhyolite episode		Paleosuelo sobre yacente		3950 ± 70 AP	ET	2568 BC 2500 BC	2821 BC				Hall & Mothes, 2008b	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab.	Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización			Referencia Bibliográfica
						Edad y error	Calibración					SPG	Zona	X	
COT 12	COT	Colorado Canyon rhyolite episode	Paleosuelo sobreyacente			4170 ± 110 AP	ET	2890 BC 68.2 2620 BC	3018 BC 95.4 2470 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 9 / F-5	COT	series of scoria and lithic lap	Paleosuelo sobreyacente			4420 ± 80 AP	ET	3320 BC 9.8 3272 BC 3266 BC 7.3 3236 BC 3169 BC 1 3164 BC 3112 BC 50.1 2921 BC	3340 BC 95.4 2908 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 11	COT	Colorado Canyon rhyolite episode	Paleosuelo sobreyacente			4460 ± 140 AP	ET	3347 BC 62.5 3010 BC 2980 BC 5.7 2941 BC	3628 BC 1.2 3578 BC 3530 BC 93.5 2867 BC 2804 BC 0.7 2776 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 10 / F-5	COT	series of scoria and lithic lap	Paleosuelo sobreyacente			4670 ± 70 AP	ET	3620 BC 3.3 3610 BC 3522 BC 64.9 3367 BC	3639 BC 93.8 3336 BC 3210 BC 1 3192 BC 3151 BC 0.7 3138 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 22	COT	Ash flow	Paleosuelo subyacente			4670 ± 70 AP	ET	3620 BC 3.3 3610 BC 3522 BC 64.9 3367 BC	3639 BC 93.8 336 BC 3210 BC 1 3192 BC 3151 BC 0.7 3138 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 8 / F-4	COT	F-4: white pum ash flow	Carbon dentro del depósito			5830 ± 80 AP	ET	4786 BC 68.2 4591 BC	4896 BC 1.9 4866 BC 4851 BC 93.5 4494 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 7 / F-3	COT	F-3: small pum ash flow	Paleosuelo subyacente			5940 ± 30 AP	ET	4848 BC 68.2 4770 BC	4902 BC 12.2 4862 BC 4856 BC 83.2 4724 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 6 / F-2	COT	series of white pum AF: obsidian, rhyolite, and oxidized clasts	Turba sobreyacente			6300 ± 70 AP	ET	5366 BC 68.2 5212 BC	5468 BC 7.8 5402 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 5 / F-2	COT	crystal-rich AF and rosy tan surge units	Paleosuelo subyacente			7770 ± 70 AP	ET	6652 BC 68.2 6504 BC	6800 BC 0.5 6790 BC 6777 BC 94.9 6456 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 1 / F-1	COT	F-1: rhyolitic and streaked-pumice lapilli AF	Turba subyacente			9640 ± 69 AP	ET	9226 BC 30.8 9118 BC 9008 BC 25.9 8914 BC 8901 BC 11.5 8850 BC	9249 BC 95.4 8814 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 2 / F-1	COT	F-1: rhyolitic and streaked-pumice lapilli AF	Turba subyacente			10075 ± 50 AP	ET	9814 BC 44.4 9648 BC	1003 BC 4.4 9926 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 3 / F-1	COT	andesite scoria and rhyolite ash AF units	Turba subyacente			13200 ± 60 AP	ET	9606 BC 17.2 9524 BC 9492 BC 6.6 9459 BC	9882 BC 89.7 9439 BC 9428 BC 1.4 9402 BC					Hall & Mothes, 2008b	
COT 4 / F-1	COT	andesite scoria and rhyolite ash AF units	Turba subyacente			13550 ± 20 AP	ET	14024 BC 68.2 13808 BC	14130 BC 95.4 13711 BC					Hall & Mothes, 2008b	
CUI 2	CUI	Oleadas piroclásticas Domo Wolf	Carbon dentro del depósito			2900 ± 300 AP	ET	14437 BC 68.2 14278 BC 1498 BC 68.2 769 BC	14553 BC 95.4 14226 BC 1878 BC 0.8 1838 BC 1829 BC 94.6 399 BC					Hall et al., 1993	
CUI 1	CUI	Oleadas piroclásticas Domo cuicocha	Carbon dentro del depósito			3100 ± 150 AP	ET	1526 BC 65.7 1156 BC 1147 BC 2.5 1128 BC	1728 BC 0.1 1724 BC 1692 BC 94.5 971 BC 960 BC 0.8 936 BC					Hall et al., 1993	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ) Prob. %	Edad Calibrada 95.4% (2σ) Prob. %	δ ¹³ C ‰	Localización		Referencia Bibliográfica
						Edad y error	Calibración				SPG	Zona	
DOR 1	DOR	Flujos piroclásticos superiores		Ramas carbonizadas		39600 ± 631 AP	ET	41420 BC 68.2	411551 BC 95.4	41014 BC			Hall & Mothes, 2010
HUI 1	HUI	Caída de pómez TP-2	TP-2	Carbón dentro del depósito		39000 ± 410 ka	ET	41202 BC 68.2	40614 BC 95.4	40336 BC			Ordoñez, 2012
IMB 1	IMB	Flujos Piroclásticos	IMB II-2 Q. Yanahaycu	Suelo sobrevaciente	GrN GRN-26555	1820 ± 160 AP	RC	25 AD 68.2	392 AD 95.4	560 AD	17 N 818220	27413	Le Pennec et al., 2011
IMB 2	IMB	Flujos Piroclásticos	IMB II-2 El Naranjo	Suelo sobrevaciente	GrN GRN-28328	1990 ± 35 AP	RC	38 BC 22	9 BC 1.3	76 BC	17 N 819238	32608	Le Pennec et al., 2011
IMB 3	IMB	Flujos Piroclásticos	IMB II-2 Q. Yanahaycu	Suelo sobrevaciente	GrN GRN-26556	2880 ± 100 AP	RC	4 BC 46.2	52 AD 94.1	82 AD	17 N 818234	27412	Le Pennec et al., 2011
IMB 4	IMB		IMB II-3 Blast Huarmi Imbabura	Suelo	GrN GRN-27483	7940 ± 150 AP	RC	7044 BC 68.2	6659 BC 93.5	831 BC	17 N 811426	24238	Le Pennec et al., 2011
IMB 5	IMB	Flujos Piroclásticos	IMB II-2 Q. Punguhaycu	Suelo intervaciente	GrN GRN-27017	8050 ± 90 AP	RC	7138 BC 6.4	7100 BC 4.5	7221 BC	17 N 820568	28742	Le Pennec et al., 2011
IMB 6	IMB	Flujos Piroclásticos	IMB II-2 El Naranjo	Carbón dentro del depósito	Beta	14310 ± 300 AP	RC	15880 BC 68.2	15084 BC 95.4	14596 BC	17 N 819200	32200	Le Pennec et al., 2011
IMB 7	IMB	Blast	IMB II-3 Blast Huarmi Imbabura	Carbón dentro del depósito	GrN GRN-28892	24970 ± 310-300 AP	RC	27420 BC 68.2	26752 BC 95.4	26416 BC	17 N 810273	19620	Le Pennec et al., 2011
IMB 8	IMB	Blast	IMB II-3 Blast Huarmi Imbabura	Carbón dentro del depósito	GrN GRN-34137	26930 ± 170-160 AP	RC	29188 BC 68.2	28957 BC 95.4	28834 BC	17 N 812961	19828	Le Pennec et al., 2011
IMB 9	IMB	Blast	IMB II-3 Blast Huarmi Imbabura	Carbón dentro del depósito	GrN GRN-27484	28050 ± 820-750 AP	RC	30966 BC 68.2	29292 BC 95.4	28916 BC	17 N 807488	26014	Le Pennec et al., 2011
IMB 10	IMB	Flujo Piroclástico	IMB II-2 Río Tahuando	Carbón dentro del depósito	Beta0549	30000 ± 310 AP	RC	32394 BC 68.2	31866 BC 95.4	31668 BC			Le Pennec et al., 2011
IMB 11	IMB	Flujo Piroclástico	IMB II-2 Río Tahuando	Carbón dentro del depósito	GrN GRN-29301	30170 ± 250 AP	RC	32490 BC 68.2	32030 BC 95.4	3185 BC			Le Pennec et al., 2011
IMB 12	IMB		IMB II-2 Río Tahuando	Carbón dentro del depósito	ORBY Obdy-1318	35000 ± AP	RC	37761 BC 68.2	37456 BC 95.4	37310 BC	17 N 801390	21437	Le Pennec et al., 2011
IMB 14	FFY	Flujo Piroclástico		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-26586	43400 ± 2100-1600 AP	RC	46794 BC 68.2	43283 BC 95.4	42337 BC	17 N 807400	27300	Le Pennec et al., 2011
FFY 1	FFY	Flujo Piroclástico		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-22435	43500 ± (1100) AP	RC	46042 BC 68.2	43754 BC 95.4	43114 BC			Le Pennec et al., 2011
PICH 98B1	PCH	Pumice flow		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-25521	290 ± 20 AP	BI	1525 AD 68.2	1555 AD 95.4	1595 AD	17 S 758600	9978300	Robinet et al., 2008
PICH 90A	PCH	Pumice flow		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-25517	320 ± 20 AP	BI	1630 AD 68.2	1650 AD 95.4	1655 AD	17 S 759500	9977800	Robinet et al., 2008
PICH 33B	PCH	Surge deposit		Ramitas carbonizadas dentro del depósito	GrN GRN-32951	330 ± 30 AP	BI	1495 AD 68.2	1505 AD 95.4	1645 AD	17 S 767700	9980700	Robinet et al., 2008
PICH 128B	PCH	Surge deposit		Ramitas carbonizadas dentro del depósito	GrN GRN-32953	330 ± 30 AP	BI	1500 AD 68.2	1505 AD 95.4	1640 AD	17 S 768200	9980400	Robinet et al., 2008

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab.	Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización			Referencia Bibliográfica	
						Edad y error	Calibración					SPG	Zona	X		Y
PICH 30G	PCH	Piroclastic flow	Madera. Capa orgánica subyacente	GRN	GRN-25508	335 ± 20 AP	BI	1540 AD 1615 AD 1635 AD	1600 AD 1635 AD	-27,72	48,8	PSAD56	17 S	752400	9984800	Robinetal., 2008
PICH 94B	PCH	Block-and-ash flow	Carbon dentro del depósito	GRN	GRN-25519	450 ± 40 AP	BI	1495 AD 1510 AD 1530 AD 1555 AD 1605 AD 1635 AD	1465 AD	-25,42	64,7	PSAD56	17 S	758300	9978800	Robinetal., 2008
PICH 36C	PCH	Plinian fallout deposit	Paleosuelo subyacente	GRN	GRN-30187	930 ± 60 AP	BI	1030 AD	1160 AD	-26,86		PSAD56	17 S	768600	9979900	Robinetal., 2008
PICH 127C	PCH	Surge deposit	Ramitas carbonizadas dentro del depósito	GRN	GRN-30189	1020 ± 25 AP	BI	990 AD	1025 AD	-22,25	66	PSAD56	17 S	769000	9979200	Robinetal., 2008
PICH 85	PCH	Surge deposit	Paleosuelo subyacente	GRN	GRN-25513	1100 ± 40 AP	BI	895 AD 935 AD	925 AD 990 AD	-24,85		PSAD56	17 S	768800	9979900	Robinetal., 2008
PICH 87	PCH	Surge deposit	Restos vegetales carbonizados dentro del depósito	GRN	GRN-25515	1100 ± 90 AP	BI	780 AD	790 AD	-25,69	35	PSAD56	17 S	768800	9978900	Robinetal., 2008
PICH 38E	PCH	Block-and-ash flow	Tronco carbonizado dentro del depósito	GRN	GRN-24776	1120 ± 30 AP	BI	890 AD 910 AD	905 AD 970 AD	-27	38,3	PSAD56	17 S	758400	9978800	Robinetal., 2008
PICH 127B	PCH	Surge deposit	Ramitas carbonizadas dentro del depósito	GRN	GRN-25809	1180 ± 30 AP	BI	780 AD	790 AD	-22,87	66,7	PSAD56	17 S	769000	9978800	Robinetal., 2008
PICH 127A	PCH	Surge deposit	Ramitas carbonizadas dentro del depósito	GRN	GRN-26206	1260 ± 70 AP	BI	670 AD 785 AD 840 AD	785 AD 815 AD 860 AD	-18,63	68,4	PSAD56	17 S	769000	9979200	Robinetal., 2008
Geotermica Italliana (1989)	PCH	Block-and-ash flow	Guagua Pichincha Paleosuelo subyacente			1470 ± 80 AP	ET	436 AD 472 AD 534 AD	446 AD 486 AD 654 AD							Robinetal., 2010
PICH 97C	PCH	Surge deposit	Paleosuelo subyacente	GRN	GRN-30188	1640 ± 70 AP	BI	335 AD 480 AD	465 AD 535 AD	-27,96		PSAD56	17 S	769000	9979200	Robinetal., 2008
PICH 86	PCH	Surge deposit	Paleosuelo orgánico subyacente	GRN	GRN-25514	1915 ± 50 AP	BI	20 AD	135 AD	-25,66		PSAD56	17 S	768800	9979900	Robinetal., 2008

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización		Referencia Bibliográfica
						Edad y error	Calibración					SPG	Zona	
PICH 97B	PCH	Surge deposit		Paleosuelo orgánico subyacente	GrN GRN-25520	1935 ± 40 AP	BI	20 AD 100 AD	45 BC 195 AD	-25,04		PSAD56 17 S 768800	Robinetal., 2008	
PICH 132B	PCH	Piroclastic flow	Cristal piroclástico flow (PF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25810	2990 ± 20 AP	BI	1295 BC 1270 BC 1205 BC 1195 BC 1140 BC	1310 BC 1150 BC 1125 BC	-25,53	68,5	PSAD56 17 S 757800	Robinetal., 2008	
PICH 29B	PCH	Piroclastic flow	Cristal piroclástico flow (PF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25507	3540 ± 30 AP	BI	1930 BC 1845 BC 1800 BC	1955 BC	-25,84	68,1	PSAD56 17 S 753400	Robinetal., 2008	
PICH 72A	PCH	Tefra fall (TF)	Cristal tefra fall (TF)	Alkali extract fraction dated	GrN GRN-25512	3700 ± 30 AP	BI	2140 BC 2105 BC	2200 BC 2155 BC 1990 BC	-24,07		PSAD56 17 S 770600	Robinetal., 2008	
PICH 91	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25806	9820 ± 60 AP	ET	9320 BC	9442 BC			PSAD56 17 S 760300	Robinetal., 2010	
PICH 66A	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25511	9920 ± 50 AP	ET	9442 BC 9412 BC	9654 BC 9466 BC			PSAD56 17 S 760200	Robinetal., 2010	
PICH 123	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25807	10130 ± 120 AP	ET	10049 BC 9604 BC 9487 BC	10276 BC 10212 BC			PSAD56 17 S 761200	Robinetal., 2010	
PICH 91-1	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25518	10250 ± 35 AP	ET	10134 BC 9921 BC	10180 BC			PSAD56 17 S 760300	Robinetal., 2010	
PICH 37C2B	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25805	10720 ± 120 AP	ET	10785 BC	10936 BC			PSAD56 17 S 768600	Robinetal., 2010	
PICH 37C2A	PCH	Ash flow	Toaza ash fall (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25804	11020 ± 220 AP	ET	11128 BC	10311 BC			PSAD56 17 S 768600	Robinetal., 2010	
Peña Blanca quarry	PCH	Pumice deposit	Guagua Pichincha	Carbon dentro del depósito		22280 ± 110 AP	ET	24742 BC	25008 BC				Robinetal., 2010	
PICH 155A	PCH	Ash flow	Hacienda Las Palmas (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-30894	22500 ± 240 AP	ET	25170 BC	25384 BC			PSAD56 17 S 761700	Robinetal., 2010	
PICH 153A	PCH	Ash flow	Hacienda Las Palmas (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-30893	22560 ± 140 AP	ET	25148 BC	25315 BC			PSAD56 17 S 761400	Robinetal., 2010	
PICH 124C	PCH	Ash flow	Hacienda Las Palmas (AF)	Charred remains (charcoal) fraction dated	GrN GRN-25808	22820 ± 110 AP	ET	25388 BC	25508 BC			PSAD56 17 S 766600	Robinetal., 2010	
Geoterricia Italiana (1989)	PCH	Block-and-ash flow	Guagua Pichincha	Paleosuelo subyacente		28450 ± 1200 AP	ET	31709 BC	33422 BC				Robinetal., 2010	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Localización			Referencia Bibliográfica
						Edad y error	Calibración				SPG	Zona	X	
PICH 23D	PCH		Lloa fan	Alkali extract fraction dated	GRN GRN-24855	30320 +1080-950 AP	ET	33701 BC 68.2 31452 BC	35320 BC 95.4 29991 BC		17 S	767400	9972600	Robinet et al., 2010
PICH 58D	PCH	Ash flow	Viejo Guagua Pichincha	Charred remains (charcoal) fraction dated	GRN GRN-25510	> 44400	ET	45980 BC 68.2 45405 BC	46246 BC 95.4 45115 BC		17 S	776800	9987200	Robinet et al., 2010
PICH 58C	PCH	Ash flow	Viejo Guagua Pichincha	Charred remains (charcoal) fraction dated	GRN GRN-25509	47500 +2800-2100 AP	ET	48228 BC 68.2 43546 BC	52230 BC 95.4 41955 BC		17 S	776800	9987200	Robinet et al., 2010
PICH 98C	PCH	Pumice flow		Carbon dentro del depósito	GRN GRN-25522	240 ± 20 AP	BI	1645 AD 1665 AD	1640 AD 1670 AD	-25,00	17 S	758600	9978300	Robinet et al., 2008
PUL-67C	PUL	Piroclastic flow	E4	Paleosuelo sobreyacente	GRN	2240 ± 50 AP	ET	382 BC 17,6 350 BC	398 BC 95.4 196 BC					Andrade, 2002
PUL6	PUL		E2			2258 ± (35)	ET	301 BC 50,6 210 BC	399 BC 35,7 346 BC					Andrade, 2002
(Hall & Mothes, 1994)	PUL	Ceniza		Center of Isotope Research, Groningen University (Netherlands)		2305 ± 65 AP	ET	428 BC 1,1 422 BC	730 BC 2,3 691 BC					Samaniego et al., 1998
PUL 5	PUL		E2			2305 ± 65 AP	ET	312 BC 32,5 208 BC	544 BC 92,7 196 BC					Andrade, 2002
PUL-67A	PUL	Caída C	E2	Paleosuelo sobreyacente	GRN	2460 ± 70 AP	ET	428 BC 1,1 422 BC	730 BC 2,3 691 BC					Andrade, 2002
PUL 4	PUL		E1			2485 ± 130 AP	ET	416 BC 34,7 350 BC	660 BC 0,4 651 BC					Andrade, 2002
PUL 3	PUL	Capa rica en pómez	E0	Turba sobreyacente		6750 ± (80). AP	ET	312 BC 32,5 208 BC	544 BC 92,7 196 BC					Andrade, 2002
PUL 1	PUL	Block-and-ash flow	Unidad II: Domo La Marca, Flujo M3	Paleosuelo subyacente		10800 ± 80 AP	ET	428 BC 1,1 422 BC	730 BC 2,3 691 BC					Andrade, 2002
PUM 1	PUM	Ash flow	Ciclo Q-I	Carbon dentro del depósito		750 ± 150 AP	ET	416 BC 34,7 350 BC	660 BC 0,4 651 BC					Hall & Mothes, 2008
PUM 2	PUM					770 ± 40 AP	ET	312 BC 32,5 208 BC	544 BC 92,7 196 BC					Hall & Mothes, 2008a
PUM 3	PUM					4400 ± (45). AP	ET	754 BC 20,8 680 BC	774 BC 95,4 407 BC					
QTA 6	QLT	Ash flow				20800 ± (220) AP	ET	670 BC 16,6 608 BC	670 BC 16,6 608 BC					
QTA 8	QLT	Ash flow				20400 ± (220) AP	ET	595 BC 30,1 483 BC	595 BC 30,1 483 BC					

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Depósito	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab.	Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)	Edad Calibrada 95.4% (2σ)	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización		Referencia Bibliográfica
							Edad y error	Calibración					SPG	Zona	
QTA 7	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Paleosuelo subyacente	Beta		780 ± 40 AP	ET	1241 AD 53.6 1222 AD 68.2 1276 AD	1170 AD 0.9 1181 AD 94.5 1284 AD				Hall & Mothes, 2008a	
QTA 2	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Paleosuelo subyacente			785 ± 50 AP	ET	1214 AD 68.2 1276 AD	1154 AD 95.4 1294 AD				Hall & Mothes, 2008a	
QTA 11	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Paleosuelo sobre yacente			820 ± 80 AP	ET	1058 AD 5.1 1154 AD 63.1 1276 AD	1030 AD 95.4 1290 AD				Mothes & Hall, 2008a	
QTA 1	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Carbón dentro del depósito	Beta		840 ± 50 AP	ET	1160 AD 68.2 1256 AD	1045 AD 12.6 1119 AD 82.8 1273 AD			734400	Hall & Mothes, 2008	
QTA 3	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Carbón dentro del depósito	USGS		900 ± 150 AP	ET	1014 AD 68.2 1266 AD	776 AD 0.8 801 AD 92.6 1316 AD 1355 AD 2 1389 AD			729200	Hall & Mothes, 2008	
QTA 10	QLT	Ash flow	Ciclo Q-I	Madera carbonizada dentro del depósito	USGS		1150 ± 300 AP	ET	616 AD 68.2 1182 AD	252 AD 1.2 305 AD			729100	Mothes & Hall, 2008a	
QTA 5	QLT	Ash flow	Ciclo Q-II	Madera carbonizada dentro del depósito			14700 ± 100 AP	ET	16068 BC 68.2 15799 BC	16204 BC 95.4 15665 BC				Hall & Mothes, 2008	
QTA 4	QLT	Depósitos volcánicos IV	Ciclo Q-IV	Carbón en sedimentos fluviales sobre yacentes			33700 ± 560 AP	ET	36795 BC 68.2 35272 BC	37460 BC 95.4 34558 BC				Hall & Mothes, 2008	
QTA 9	QLT	Ash flow	Ciclo Q-V	Carbón dentro del depósito			> 40000	ET	41786 BC 68.2 41452 BC	41982 BC 95.4 41318 BC				Hall & Mothes, 2008	
REV 2	REV	Avalancha de escombros	CVB	Madera carbonizada sobre el depósito			18800 ± 500 AP	ET	21406 BC 68.2 20234 BC	22012 BC 95.4 19652 BC				Tibaldi, 2005	
REV 1	REV	Avalancha de escombros	CVB	Madera carbonizada sobre el depósito			30000 ± AP	ET	32191 BC 68.2 32000 BC	32288 BC 95.4 31906 BC				Tibaldi, 2005	
DAE-S2	SAN	Avalancha de escombros	DAE-S2	Madera no carbonizada dentro del depósito	Beta	Beta-374916	29620 ± 150 AP	BI	31940 BC 68.2 31745 BC	32035 BC 95.4 31645 BC	-27.1		PSAD56 175	174900	9808810 Valverde, 2014
SOC 1	SCH	Flujo piroclástico		Carbón dentro del depósito			8600 ± 60 AP	ET	7680 BC 68.2 7572 BC	7750 BC 95.4 7532 BC				Mothes et al., 1998	
TUN 22	TUN			Rama carbonizada dentro del depósito	GIN	GIN-28968	540 ± 40 AP	BI	1325 AD 19.1 1345 AD	1305 AD 37.21 1365 AD	-25.22		PSAD56 175	781357	9843760 Le Pennec et al., 2008
TUN 23	TUN			Carbón dentro del depósito	GIN	GIN-24093	560 ± 40 AP	BI	1390 AD 49.1 1430 AD	1385 AD 58.19 1445 AD	-25.7		PSAD56 175	774627	9823740 Le Pennec et al., 2008
TUN 24	TUN			Carbón dentro del depósito	GIN	GIN-27486	590 ± 50 AP	BI	1315 AD 35.46 1355 AD 1390 AD 32.74 1420 AD	1300 AD 51.52 1370 AD 1380 AD 43.88 1435 AD	-24.11		PSAD56 175	778026	9839566 Le Pennec et al., 2008
TUN 25	TUN			Carbón dentro del depósito	GIN	GIN-27487	610 ± 50 AP	BI	1385 AD 19.1 1410 AD	1290 AD 95.4 1425 AD	-25.04		PSAD56 175	778026	9839566 Le Pennec et al., 2008
TUN 26	TUN			Ramas carbonizadas dentro del depósito	GIN	GIN-28430	610 ± 20 AP	BI	1300 AD 54.56 1370 AD 1380 AD 13.64 1400 AD	1280 AD 95.4 1415 AD	-22.84		PSAD56 175	778058	9840356 Le Pennec et al., 2008
									1390 AD 55.24 1410 AD	1370 AD 31.48 1350 AD 1385 AD 63.92 1420 AD					

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ) Prob. %	Edad Calibrada 95.4% (2σ) Prob. %	δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización		Referencia Bibliográfica
					Edad y error	Calibración					SPG	Zona X Y	
TUN 27	TUN		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-28733	645 ± 25 AP	BI	1290 AD 27,28 1310 AD 1360 AD 40,92 1390 AD	1280 AD 41,02 1325 AD 1345 AD 54,38 1395 AD	-22,13		PSAD56 175 779430 9836356	Le Pennec et al., 2008	
TUN 28	TUN		Rama carbonizada dentro del depósito	GrN GRN-29336	650 ± 30 AP	BI	1285 AD 30,01 1315 AD 1355 AD 38,19 1390 AD	1280 AD 43,88 1330 AD 1340 AD 51,52 1395 AD	-23,19		PSAD56 175 778550 9841282	Le Pennec et al., 2008	
TUN 29	TUN		Carbón dentro del depósito	GrN GRN-28579	685 ± 30 AP	BI	1275 AD 49,79 1300 AD 1365 AD 18,41 1385 AD	1265 AD 63,92 1315 AD 1355 AD 31,48 1390 AD	-25,67		PSAD56 175 778692 9841816	Le Pennec et al., 2008	
TUN 30	TUN		Ramas carbonizadas dentro del depósito	GrN GRN-28894	765 ± 25 AP	BI	1225 AD 4,092 1235 AD 1240 AD 8,184 1250 AD 1250 AD 55,92 1280 AD	1220 AD 95,4 1280 AD	-22,69		PSAD56 175 778058 9840356	Le Pennec et al., 2008	
CH DB 55 B	TUN	Tungurahua fallout	Paleosuelo subyacente	GrN GRN-28709	880 ± 70 AP	BI	1045 AD 10,96 AD 1119 AD 1141 AD 1147 AD 1219 AD	1026 AD		WG5 84 17 S 748114 9838245	Barba et al., 2008		
TUN 9	TUN		Pequeños fragmentos de carbón dentro del depósito	GrN GRN-27905	55 ± 60 AP	BI		1680 AD 95,4 1950 AD	-25,38		PSAD56 175 777280 9836766	Le Pennec et al., 2008	
TUN 10	TUN		Rapa dentro del depósito	GrN GRN-27899	190 ± 30 AP	BI	1660 AD 14,32 1685 AD 1735 AD 10,91 1755 AD 1760 AD 31,37 1805 AD 1935 AD 11,59 1950 AD	1645 AD 22,9 1695 AD 1725 AD 54,38 1815 AD 1915 AD 18,13 1950 AD	-25,35		PSAD56 175 785970 9844660	Le Pennec et al., 2008	
TUN 11	TUN		Pequeños fragmentos de carbón dentro del depósito	GrN GRN-28978	240 ± 40 AP	BI	1530 AD 3,41 1540 AD 1635 AD 37,51 1680 AD 1765 AD 2,046 1775 AD 1775 AD 19,78 1800 AD 1940 AD 5,456 1950 AD	1520 AD 14,31 1595 AD 1615 AD 41,02 1685 AD 1730 AD 31,48 1810 AD 1925 AD 8,586 1950 AD	-24,64		PSAD56 175 778692 9831482	Le Pennec et al., 2008	
TUN 12	TUN		Ramitas carbonizadas con hojas dentro del depósito	GrN GRN-29338	270 ± 25 AP	BI	1525 AD 17,05 1545 AD 1545 AD 2,728 1550 AD 1650 AD 48,42 1665 AD	1520 AD 35,3 1580 AD 1580 AD 1,908 1595 AD 1620 AD 54,38 1670 AD 1780 AD 3,816 1800 AD	-25,7		PSAD56 175 785970 9844660	Le Pennec et al., 2008	
TUN 13	TUN		Pedazo de tronco dentro del depósito	GrN GRN-27851	300 ± 30 AP	BI	1520 AD 45,69 1575 AD 1580 AD 4,092 1590 AD 1625 AD 18,41 1650 AD	1485 AD 69,64 1605 AD 1610 AD 25,76 1655 AD	-25,01		PSAD56 175 785945 9844892	Le Pennec et al., 2008	
TUN 14	TUN		Madera dentro del depósito	GrN GRN-28030	320 ± 15 AP	BI	1520 AD 8,866 1530 AD 1535 AD 38,87 1580 AD 1580 AD 7,502 1595 AD 1620 AD 12,96 1635 AD	1495 AD 2,862 1510 AD 1510 AD 73,46 1605 AD 1615 AD 19,08 1645 AD	-23,92		PSAD56 175 776306 9834190	Le Pennec et al., 2008	
TUN 15	TUN		Parte de un tronco carbonizado dentro del depósito	GrN GRN-29482	320 ± 35 AP	BI	1515 AD 53,2 1600 AD 1615 AD 15 1645 AD	1475 AD 95,4 1650 AD	-25,66		PSAD56 175 778058 9840356	Le Pennec et al., 2008	

TABLA III. Dataciones absolutas por radiocarbono

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Unidad Estratigráfica	Material Datado	Lab. Cód. Lab.	Edad ¹⁴ C no Cal		Edad Calibrada 68.2% (1σ)		Edad Calibrada 95.4% (2σ)		δ ¹³ C ‰	Cv %	Localización			Referencia Bibliográfica	
					Edad y error	Calibración	Prob. %	Prob. %	SPG	Zona			X	Y			
TUN 16	TUN		Parte de un tronco carbonizado dentro del depósito	GrN GRN-28431	330 ± 30 AP	BI	1495 AD 4,092 1510 AD 11,59 1540 AD 40,24 1615 AD 12,28	1505 AD 1530 AD 1605 AD 1630 AD	1475 AD 95,4	1645 AD	-25,64		PSAD56	175	778058	9840356	Le Pennec et al., 2008
TUN 17	TUN		Parte de un tronco carbonizado dentro del depósito	GrN GRN-28429	360 ± 30 AP	BI	1465 AD 39,56 1525 AD	1540 AD 47,7 1635 AD	1450 AD 47,7	1530 AD	-23,22		PSAD56	175	777400	9835946	Le Pennec et al., 2008
TUN 18	TUN		Parte de una pequeña rama carbonizada dentro del depósito	GrN GRN-28975	365 ± 35 AP	BI	1455 AD 43,65 1525 AD	1530 AD 49,61 1635 AD	1445 AD 49,61	1530 AD	-25,75		PSAD56	175	781357	9843760	Le Pennec et al., 2008
TUN 19	TUN		Parte de un tronco carbonizado dentro del depósito	GrN GRN-29481	365 ± 35 AP	BI	1575 AD 3,41 1590 AD 21,14	1585 AD 1625 AD	1445 AD 66,78 1525 AD	1545 AD 28,62 1630 AD	-23,26		PSAD56	175	777400	9835946	Le Pennec et al., 2008
TUN 20	TUN		Carbon dentro del depósito	GrN GRN-28974	430 ± 35 AP	BI	1430 AD 68,2	1475 AD	1415 AD 88,72 1520 AD	1595 AD 6,678 1620 AD	-25,39		PSAD56	175	781357	9843760	Le Pennec et al., 2008
TUN 21	TUN		Carbon dentro del depósito	GrN GRN-31242	485 ± 30 AP	BI	1415 AD 68,2	1445 AD	1405 AD 95,4 1450 AD	1450 AD	-25,79		PSAD56	175	777280	9836766	Le Pennec et al., 2008
TUN 8	TUN	F bomb-rich layer	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III- depósito 2)		955 ± 80 AP	ET	1014 AD 68,2	1166 AD	901 AD 1,7 920 AD								Hall & Mothes, 1999
TUN 6	TUN	Scoria flow 1C-D	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III- depósito 2)	Q	1210 ± 200 AP	ET	646 AD 68,2	1019 AD	428 AD 95,4 1210 AD								Hall & Mothes, 1999
TUN 7	TUN	Scoria flow 1C-D	Second Main Period: Mainly pyroclastic activity (Tungurahua III- depósito 2)	GrN	1230 ± 30 AP	ET	714 AD 20,5 744 AD	751 AD	688 AD 32,7 751 AD								Hall & Mothes, 1999
TUN 5	TUN	Caída de ceniza sobre Lava de Pandoa	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)		1470 ± 85 AP	ET	434 AD 4,7 450 AD	689 AD	395 AD 95 689 AD								Hall & Mothes, 1999
TUN 4	TUN	Piroclastic flow	First Main Period: Construction stage (Tungurahua III-1)		2215 ± 90 AP	ET	471 AD 4,9 534 AD 58,6	486 AD 654 AD	752 AD 0,4 759 AD								Hall & Mothes, 1999
TUN 3	TUN	Lahar deposit	Collapse of Intermediate cone		2995 ± 90 AP	ET	386 BC 68,2 1388 BC 11,6 1338 BC	186 BC 976 BC	480 BC 1,3 441 BC 434 BC 93,7 28 BC 0,1 24 BC 10 BC 0,2 2 BC	1436 BC 95,4 976 BC						Hall & Mothes, 1999	

TABLA IV. Dataciones absolutas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Tipo de Roca	Localización	Unidad Estratigráfica	Lab. Cód. Lab.	SiO ₂ (wt.%)	Edad Plateau $\pm 2\sigma$	^{39}Ar %	Edad isocrona	Ri	MSWD	Localización		Referencia Bibliográfica		
												SPG	Zona			
SA 55 RT	ATZ	Domo		Domos del SE: La viudita	M M2007		71 ± 4 ka	82	78 ± 12 ka	298,3 ± 2,1	1,2	PSAD56	17 S 766400	9954100	Hidalgo, 2006	
SA 77 RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas de la cumbre	M M1836		82 ± 7 ka	68,3	90 ± 14 ka	287,2 ± 3,8	1	PSAD56	17 S 762700	9960600	Hidalgo, 2006	
SA 76 RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas de la cumbre	M M1837		83 ± 7 ka	66,1	86 ± 10 ka	294,8 ± 1,1	2,4	PSAD56	17 S 762900	9960600	Hidalgo, 2006	
SA 13 RT	ATZ	Domo		Flujo de lava La Estancia	M M1806		84 ± 7 ka	71,6	83 ± 8 ka	295,6 ± 0,7	0,33	PSAD56	17 S 770300	9959100	Hidalgo, 2006	
SA 54 RT	ATZ	Domo		Domos del SE: La viudita	M M1832		97 ± 19 ka	70,8				PSAD56	17 S 766300	9954200	Hidalgo, 2006	
SA 54-smp	ATZ	Domo		Domos del SE: La viudita	M M1832				156 ± 88 ka			PSAD56	17 S 766300	9954200	Hidalgo, 2006	
SA 56 RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas basales	M M1842		195 ± 10 ka	85,3	203 ± 20 ka	293,2 ± 3,4	2,7	PSAD56	17 S 766100	9956700	Hidalgo, 2006	
SA 46B RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas basales	M M1840		198 ± 9 ka	84,5	177 ± 8 ka	307,9 ± 2,1	0,57	PSAD56	17 S 759500	9952400	Hidalgo, 2006	
SA 65-smp	ATZ	Domo		Domo N: Gallo Cantana	M M1829				202 ± 106 ka			PSAD56	17 S 764900	9964200	Hidalgo, 2006	
SA 48 RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas basales	M M1835		210 ± 25 ka	62	229 ± 28 ka	295,1 ± 1,4	1,75	PSAD56	17 S 759500	9952000	Hidalgo, 2006	
SA 49 RT	ATZ	Flujo de lava		Atacazo - Lavas basales	M M1843		222 ± 9 ka	74,4	200 ± 12 ka	301,9 ± 1	2,7	PSAD56	17 S 760200	9952200	Hidalgo, 2006	
SA 5 RT	ATZ	Flujo de lava		La Carcacha	M M1807		1,29 ± 0,01 Ma	42,2	1,3 ± 0,03 Ma	292,6 ± 1,2	0,24	PSAD56	17 S 764900	9965900	Hidalgo, 2006	
SA 5 RT	ATZ	Flujo de lava		La Carcacha	M M1795		1,29 ± 0,01 Ma	36,8	1,3 ± 0,03 Ma	291,5 ± 1,2	0,71	PSAD56	17 S 764900	9965900	Hidalgo, 2006	
RIO-87B	CRH	Flujo de lava	Flanco SW	Carhuairazo	M M2001		208 ± 10 ka	85	216 ± 10 ka	292,4 ± 1,2	1,6	PSAD56	17 S 747300	9844100	Samaniego et al., 2012	
RIO-87A	CRH	Flujo de lava	Flanco SW	Carhuairazo	M M2042		213 ± 5 ka	65	213 ± 6 ka	291,5 ± 1,2	2,5	PSAD56	17 S 747300	9844100	Samaniego et al., 2012	
RIO-117	CRH	Flujo de lava	Flanco SE	Carhuairazo	M M2000		221 ± 5 ka	89	219 ± 4 ka	298 ± 1,4	1,2	PSAD56	17 S 754500	9841400	Samaniego et al., 2012	
RIO-118	CRH	Flujo de lava	Flanco SE	Carhuairazo	M M2010		224 ± 5 ka	91	223 ± 6 ka	295,2 ± 1,4	1,5	PSAD56	17 S 751800	9841000	Samaniego et al., 2012	
CAY14	CAY	Flujo de lava	Las Antenas	Nevado Cayambe (NCAV-MSS)	M M1753		95 ± 5 ka	84	94 ± 4 ka	294,1 ± 1,2	0,8	PSAD56	17 N 836000	8500	Samaniego et al., 2005	
CAY179A	CAY	Flujo de lava	La Dormida	Nevado Cayambe (NCAV-MSS)	M M1733		100 ± 4 ka	74	92 ± 12 ka	298,5 ± 2	18	PSAD56	17 S 834800	9997200	Samaniego et al., 2005	
CAY23	CAY	Flujo de lava	Refugio	Nevado Cayambe (NCAV-M51)	M M1723		246 ± 13 ka	57	247 ± 22 ka	295,2 ± 1,3	10,5	PSAD56	17 N 831200	700	Samaniego et al., 2005	
CAY103	CAY	Flujo de lava	Angureal	Cono Angureal (NCAV-ANG)	M M1731		409 ± 4 ka	56	418 ± 10 ka	295,8 ± 2,7	19,3	PSAD56	17 S 828400	9905600	Samaniego et al., 2005	
CAV82	CAY	Flujo de lava dacítico		Viejo Cayambe (VCAV2)	M M1721		1050 ± 5 ka	56	1069 ± 16 ka	294 ± 2,5	18,5	PSAD56	17 S 828700	9998400	Samaniego et al., 2005	
CAY151	CAY	Flujo de lava basal		Viejo Cayambe (VCAV1)	M M1732		1108 ± 11 ka	48	1159 ± 56 ka	285,5 ± 5,6	60	PSAD56	17 S 826400	9994900	Samaniego et al., 2005	
CHN1	CHN	Flujo de lava		Volcánicos Plaza de Armas			726 ± 5 ka									
CLP1	CLP	Ignimbrita Chalupas	Caldera Chalupas	Ignimbrita Chalupas			211 ± 14 ka									Hall & Mothes, 2008b
CH-DB-44	CHB	Flujo de lava	Flanco ESE, bajo la cumbre Martínez	Edificio intermedio	M M1797		37 ± 9 ka	75	39 ± 6 ka	294,7 ± 0,9	1,8	PSAD56	17 S 745100	9840600	Samaniego et al., 2012	
CH-DB-59	CHB	Flujo de lava	Flanco ESE, bajo la cumbre Martínez	Edificio intermedio	M M1847		40 ± 8 ka	77	40 ± 8 ka	295,6 ± 0,8	1,7	PSAD56	17 S 746700	9836200	Samaniego et al., 2012	
RIO-5	CHB	Flujo de lava	Flujo de lava Guano	Edificio intermedio	M K366		60 ± 11 ka	94	68 ± 10 ka	292,3 ± 2,8	0,4	PSAD56	17 S 759800	9823100	Samaniego et al., 2012	

TABLA IV. Dataciones absolutas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Tipo de Roca	Localización	Unidad Estratigráfica	Lab.	Cód. Lab.	SiO ₂ (wt. %)	Edad Plateau $\pm 2\sigma$	^{39}Ar %	Edad Isocrona	Ri	MSWD	Localización		Referencia Bibliográfica	
													SPG	Zona		
RI-O-84	CHB	Flujo de lava	Flanco NW, Polvoloma	Edificio Basal (CH+)	M	M1848		68 ± 6 ka	88	68 ± 4 ka	294,6 ± 0,7	0,8	PSAD56	17 S 740700	8845500	Samaniego et al., 2012
CH-DB-43	CHB	Flujo de lava	Flanco NE	Edificio Basal (CH+)	M	M1851		74 ± 8 ka	80	70 ± 8 ka	297,5 ± 1	1,2	PSAD56	17 S 745200	8840700	Samaniego et al., 2012
RI-O-72	CHB	Flujo de lava	Flanco W, Chorrera	Edificio Basal (CH+)	M	M1822		77 ± 8 ka	86	76 ± 8 ka	296,1 ± 2	1,3	PSAD56	17 S 742200	8830800	Samaniego et al., 2012
CH-DB-48B	CHB	Flujo de lava	Flanco NW	Edificio Basal (CH+)	M	M1796		80 ± 8 ka	53	81 ± 11 ka	294,1 ± 1,7	2,5	PSAD56	17 S 740000	8840800	Samaniego et al., 2012
CH-DB-48A	CHB	Flujo de lava	Flanco NW	Edificio Basal (CH+)	M	M1876		82 ± 8 ka	85	77 ± 6 ka	296,9 ± 1,1	0,6	PSAD56	17 S 740000	8840800	Samaniego et al., 2012
CH-DB-27	CHB	Flujo de lava	Flanco W, El Castillo	Edificio Basal (CH+)	M	M1757		83 ± 7 ka	77	82 ± 6 ka	293 ± 1,9	0,8	PSAD56	17 S 741000	8838100	Samaniego et al., 2012
CH-DB-42	CHB	Flujo de lava	Flanco NE, Abraspungo	Edificio Basal (CH+)	M	M1722		87 ± 27 ka	81	71 ± 14 ka	295,6 ± 0,8	1,8	PSAD56	17 S 746400	8841400	Samaniego et al., 2012
CH-DB-24	CHB	Flujo de lava	Flanco W, El Castillo	Edificio Basal (CH+)	M	M1845		87 ± 15 ka	88	87 ± 8 ka	295,3 ± 0,7	0,4	PSAD56	17 S 739300	88382	Samaniego et al., 2012
PUY138	PUY	Flujo de lava	Cono 1	The Puyo scorria cones (9)	M			0,19 ± 0,07 Ma	87	0,19 ± 0,01 Ma		2,8				Hoffer et al., 2008
MER5	MER	Flujo de lava	Flujos de lava Mera	Flujos de lava Mera	M			1,98 ± 0,05 Ma	80	1,92 ± 0,1 Ma		1,8				Hoffer et al., 2008
MER2	MER	Flujo de lava	Flujos de lava Mera	Flujos de lava Mera	M			2,77 ± 0,02 Ma	52	2,67 ± 0,06 Ma		1,7				Hoffer et al., 2008
IM62	IMB	Flujo de lava andesítica	Flanco E de El Artezon		M	M2049		30 ± 4 ka	75	30 ± 4 ka	295 ± 2,2	0,4				Le Pennec et al., 2011
IM57	IMB	Flujo de lava andesítica	Flanco W de Cono Taita Imbabura		M	M2048		47 ± 6 ka	76	47 ± 6 ka	295 ± 1	0,9				Le Pennec et al., 2011
PDA5B	PDA	Flujo de lava	Flanco SW	Pan de Azúcar 2 - PDA 2	M			1,15 ± 0,01 Ma	96	1,5 ± 0,01 Ma		0,6				Hoffer, 2008
PICH 1	PCH	Flujo de lava	Cima	Guagua Pichincha	M			52 ± 6 ka	70	44 ± 4 ka	308,7 ± 2,4	0,5	PSAD56	17 S 767400	9980800	Robin et al., 2010
PICH 135	PCH	Flujo de lava	Cantera del Diablo, parte inferior	Guagua Pichincha	M			55 ± 5 ka	77	52 ± 4 ka	293,4 ± 1,5	1	PSAD56	17 S 768200	9983400	Robin et al., 2010
PICH 51	PCH	Brechas	Rucu, estratocono superior	Rucu Pichincha	M			260 ± 6 ka	57	262 ± 10 ka	292,7 ± 1,9	3,8	PSAD56	17 S 771700	9983600	Robin et al., 2010
PICH 76	PCH	Flujo de lava	Rucu, estratocono superior N	Rucu Pichincha	M			270 ± 5 ka	64	264 ± 10 ka	296,9 ± 1,1	5,9	PSAD56	17 S 767300	9993700	Robin et al., 2010
PICH 57	PCH	Flujo de lava	Rucu, estratocono superior, Valle Singuna	Rucu Pichincha	M			409 ± 10 ka	76	406 ± 18 ka	292,8 ± 2,1	3,2	PSAD56	17 S 776100	99871	Robin et al., 2010
PICH 63C	PCH	Brechas	Cima	Rucu Pichincha	M			436 ± 18 ka	61	440 ± 18 ka	293 ± 1,8	5,2	PSAD56	17 S 770100	9982400	Robin et al., 2010
PICH 56	PCH	Flujo de lava	Rucu, edificio inferior, Valle Rumuru	Rucu Pichincha	M			608 ± 10 ka	73	621 ± 18 ka	288,4 ± 3,4	3,8	PSAD56	17 S 773800	9985100	Robin et al., 2010
PICH 107B	PCH	Flujo de lava	Rucu, edificio inferior, Valle Rumuru	Rucu Pichincha	M			638 ± 15 ka	73	656 ± 22 ka	287 ± 1,7	3,1	PSAD56	17 S 775700	9980700	Robin et al., 2010
PICH 70B	PCH	Flujo de lava	Rucu, edificio inferior, N	Rucu Pichincha	M			850 ± 90 ka	83	822 ± 166 ka	292,6 ± 6	6,6	PSAD56	17 S 772300	9990000	Robin et al., 2010
PICH 71	PCH	Flujo de lava	Rucu, edificio inferior, N	Rucu Pichincha	M			850 ± 10 ka	23	881 ± 22 ka	288,3 ± 2,2	7	PSAD56	17 S 771900	9990200	Robin et al., 2010
PICH 21A	PCH	Domo	Domo Urngui	El Cintio	M			910 ± 70 ka	88	864 ± 48 ka	295,1 ± 3,6	0,3	PSAD56	17 S 771800	9974400	Robin et al., 2010
PICH 111C	PCH	Flujo de lava	Flujo de lava inferior	El Cintio	M			1100 ± 10 ka	68	1112 ± 24 ka	286,2 ± 2,2	7,8	PSAD56	17 S 775700	9976600	Robin et al., 2010

TABLA IV. Dataciones absolutas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Tipo de Roca	Localización	Unidad Estratigráfica	Lab. Cód. Lab.	SiO ₂ (wt. %)	Edad Plateau $\pm 2\sigma$	^{39}Ar %	Edad Isocrona	Ri	MSWD	Localización		Referencia Bibliográfica		
												SPG	Zona			
SAN 4	SAN	Flujo de lava		Sangay II	CEA				60 \pm 20 ka				X	Y	Monzier et al., 1999	
SAN 39 B	SAN	Lahar	Sangay II avalanche scar	Sangay II	CEA	56,28	100 \pm ka									Monzier et al., 1999
SAN 64	SAN	Flujo de lava	Sangay I megablock	Sangay I	CEA	55,29	230 \pm 30 ka		310 \pm 100 ka							Monzier et al., 1999
SAN 34	SAN	Flujo de lava	Sangay I megablock	Sangay I	CEA	56,91	400 \pm 100 ka		380 \pm 70 ka							Monzier et al., 1999
PB 12009	YAN	Domo volcánico	Cerro Negro Group	CNG			60,6 \pm 20 ka		73,1 \pm 20,8 ka	289,1 \pm 7,3	1,16					Beguelin et al., 2015
PB 12005	YAN	Domo volcánico	Ngglaro Dome	NND			171,6 \pm 20,5 ka		185,3 \pm 128,25 ka	291,7 \pm 36,8	0,31					Beguelin et al., 2015
PB 12025	YAN	Flujos de lava andesítica	Andesitic Old Yanaurcu	AOY			3,56 \pm 0,04 Ma		3,51 \pm 0,14 Ma	303,4 \pm 21	1,99					Beguelin et al., 2015
PB 12004	YAN	Flujos de lava andesítica	Andesitic Old Yanaurcu	AOY			3,61 \pm 0,06 Ma		3,81 \pm 0,26 Ma	243,9 \pm 68	1,99					Beguelin et al., 2015

TABLA V. Dataciones absolutas por K/Ar y otras no especificadas

Cód. Muestra	Cód. Volc.	Edificio	Tipo de Roca	Localización	Unidad Estratigráfica	Tipo de Datación	Edad	Referencia Bibliográfica
ANTI - 4	ANT	Antisana I	Flujo de lava	Flanco SE	ANT I	No especificado	190 ± 23 ka	Hall et al., 2012
CUY - 1	ANT	Antisana I	Flujo de lava de Cuyuja	Flanco SE	CUY	No especificado	210 ± 30 ka	Hall et al., 2012
ANTI - 2	ANT	Antisana I	Flujo de lava	Flanco SE	ANT I	No especificado	253 ± 23 ka	Hall et al., 2012
ANTI - 3	ANT	Antisana I	Flujo de lava	Flanco SE	ANT I	No especificado	276 ± 22 ka	Hall et al., 2012
ANTI - 5	ANT	Antisana I	Flujo de lava	Flanco SSW	ANT I	No especificado	280 ± 33 ka	Hall et al., 2012
ANTI - 1	ANT	Antisana I	Flujo de lava	Flanco S	ANT I	No especificado	378 ± 38 ka	Hall et al., 2012
CAT-01	CAS	Domo Catequilla		Domo Catequilla	Domos satélites	K/Ar	0,833 ± 0,026 Ma	Pacheco et al., 2014
DP-01-C	CAS	Domo Pacopo		Domo Pacopo	Domos satélites	K/Ar	0,898 ± 0,015 Ma	Pacheco et al., 2014
CAS 2	CAS	Casitahua	Flujo de lava	Flanco S		K/Ar	1,4 Ma	Andrade, 2002
CAS 1	CAS	Casitahua	Flujo de lava			K/Ar	2,25 ± 0,25 Ma	Pacheco, 2013
CNM 3	CNM	Cerro Negro II	Flujo de lava		CN II	K/Ar	0,04 Ma	INECEL, 1987
CNM 2	CNM	Cerro Negro I	Flujo de lava		CN I	K/Ar	1,4 Ma	INECEL, 1987
CHN 3	CHN	Caldera Chacana	Erupción regional, emisión de ceniza	Erupción regional, emisión de ceniza	Pfo ash-fal layer	No especificado	0,165 Ma	Hall & Mothes, 1997
CHN 2	CHN	Caldera Chacana	Erupción regional, emisión de ceniza	Erupción regional, emisión de ceniza	Pfo ash-fal layer	No especificado	0,19 ± 0,01 Ma	Robin et al., 2009
CHA 1	CHA	Huanguillo	Andesita del depósito de avalancha		Avalancha del Huanguillo	K/Ar	410 ± 40 ka	Barberi et al., 1988
CHL 1	CHL	Chiles II	Flujo de lava		Chiles II	K/Ar	0,51 Ma	INECEL, 1987
ILA 1	ILA	Italó	Flujo de lava joven		Pre caldera secuencia	K/Ar	1,6 Ma	Hall & Beate, 1991
MOJ 1	MOJ	Lower Mojanda (M1)	Flujo de lava andesítica		Lavas andesíticas (M1-1) Autobrecas (M1-2)	K/Ar	0,59 ± 0,06 Ma	Robin et al., 1997
TUN 2	TUN	Tungurahua I	Flujo de lava		Tungurahua I	K/Ar	0,35 ± 0,04 Ma	Hall et al., 1999
TUN 1	TUN	Tungurahua I	Flujo de lava		Tungurahua I	K/Ar	0,77 ± 0,05 Ma	Hall et al., 1999

TABLA VI. Referencias bibliográficas

Cita	Referencia
Almeida, 2016	Almeida, M. (2016). Estudio petrográfico y geoquímico del volcán Cotacachi, Provincia de Imbabura. (Tesis de Ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
Andrade, 2002	Andrade, D. (2002). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Pululahua (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
Andrade et al., 2005	Andrade, D., Hall, M., Mothes, P., Troncoso, L., Eissen, J.P., Ramón, P., Rivero, D. & Yepes, H. (2005). <i>Los peligros volcánicos asociados con el Cotopaxi</i> . Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Institut Recherche Pour Le Développement. Corporación Editora Nacional.
Athens, 1999	Athens, J.S. (1999). Volcanism and archaeology in the northern highlands of Ecuador. En Mothes, P. (Ed.). <i>Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador</i> . Editorial Abya Yala, 157-190.
Barba et al., 2008	Beate, B., & Urquiza, M. (2015). <i>Geothermal Country Update for Ecuador: 2010-2015</i> . In <i>Proceedings World Geothermal Congress</i> . (pp. 19-24).
Barba, 2006	Barba, D., Samaniego, P., Robin, C., Eissen, J.P. & van der Plicht, (2006). Historia eruptiva en el Holoceno superior del volcán Chimborazo (Ecuador). <i>Sextas jornadas en ciencias de la tierra</i> . Quito: EPN, 2006, p. 189-192.
Barberi et al., 1988	Barberi, F., Cotelli, M., Ferrara, G., Innocenzi, R. (1988). Plio-quaternary volcanism in Ecuador. <i>Geological Magazine</i> , 725 (01), 1-14.
Beate et al., 2009	Beate, B., Villares, F., Inguaggiato, S., Hidalgo, S., & Benitez, S. (2009). Modelo geotérmico preliminar de tres áreas de interés en la caldera cuaternaria resurgente de chacana y estimación teórica de su potencial geotermoeléctrico.
Beate et al., 2010	Beate, B., Inguaggiato, S., Villares, F., Benitez, S., & Hidalgo, S. (2010). The Cachiyeu Geothermal Prospect, Chacana Caldera, Ecuador. In <i>Proceedings World Geothermal Congress</i> . (pp. 19-24).
Beate y Urquiza, 2015	Beate, B., & Urquiza, M. (2015, April). <i>Geothermal Country Update for Ecuador: 2010-2015</i> . In <i>Proceedings World Geothermal Congress</i> . (pp. 19-24).
Beate, 1994	Beate, B. (1994). El Soche, un volcán activo en la provincia de Sucumbios, Ecuador: primeros datos descriptivos y analíticos. <i>Terceras Jornadas de Ciencias de la Tierra, EPN, Quito</i> , 9-10.
Beguelin et al., 2015	Beguelin, P., Charada, M., Beate, B., & Spikings, R. (2015). The Yanaurcu volcano (Western Cordillera, Ecuador): A field, petrographic, geochemical, isotopic and geochronological study. <i>Lithos</i> , 218, 37-53.
Bernard et al., 2008	Bernard, B., de Vries, B. V. W., Barba, D., Leyrit, H., Robin, C., Alcaraz, S., & Samaniego, P. (2008). The Chimborazo sector collapse and debris avalanche: deposit characteristics as evidence of emplacement mechanisms. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176(1), 36-43.
Bernard et al., 2011	Bernard, B., Robin, C., Beate, B. e Hidalgo, S. (2011). Nuevo modelo evolutivo y actividad reciente del volcán Chachimbaro. <i>Séptimas Jornadas en Ciencias de la Tierra y Encuentro sobre Riesgos y Desastres</i> . 23-25 de Noviembre de 2011, Quito, 119-122.
Bernard et al., 2014	Bernard, B., Hidalgo, S., Robin, C., Beate, B., & Quirozaca, J. (2014). The 3640–3510 BC rhyolite eruption of Chachimbaro compound volcano, Ecuador: a violent directed blast produced by a satellite dome. <i>Bulletin of Volcanology</i> , 76 (9), 1-20.
Bernard et al., 2016	Bustillos, J., Romero, J. E., Troncoso, L., & Guevara, A. (2016). Tephra fall at Tungurahua Volcano (Ecuador)—1999-2014: An Example of Tephra Accumulation from a Long-lasting Eruptive Cycle. <i>Geofísica Internacional</i> , 55(1), 55-67.
Bourdon et al., 2003	Bourdon, E., Eissen, J. P., Gutscher, M. A., Monzier, M., Hall, M. L., & Cotten, J. (2003). Magmatic response to early aseismic ridge subduction: the Ecuadorian margin case (South America). <i>Earth and Planetary Science Letters</i> , 205 (3), 123-138.
Bustillos et al., 2016	Bustillos, J., Romero, J. E. J. E., & Troncoso, L. (2016). Tephra fall at Tungurahua Volcano [Ecuador]—1999-2014: An Example of Tephra Accumulation from a Long-lasting Eruptive Cycle. <i>Geofísica Internacional</i> , 55(1), 55-67.
Bustillos, 2008	Bustillos, J. (2008). Las avalanchas de escombros en el sector del Volcán Tungurahua (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
Clapperton, 1990	Clapperton, C. M. (1990). Glacial and volcanic geomorphology of the Chimborazo-Carhuarazo massif, Ecuadorian Andes. <i>Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences</i> , 81 (02), 91-116.
Cortés & Calvaiche, 1997	Cortés, G. & Calvaiche, M. (1997). Informe sobre la evaluación de la amenaza volcánica del Chiles y Cerro Negro. Observatorio vulcanológico y sísmológico de Pasto. Instituto de investigaciones en geociencias, minería y química. República de Colombia, 43.
Crosweiler et al., 2012	Crosweiler, H., Atora, B., Brown, S., Cottrell, E., Deligne, N., Guerrero, N., Hobbs, L., Jiyosugi, K., Loughlin, S., Lowndes, J., Nayembi, M., Siebert, L., Sparks, R., Takarada, S., & Venkze, L. (2012). Global database on large magnitude explosive volcanic eruptions (LaMEVE). <i>Journal of Applied Volcanology</i> , 1(1), 1-13.
Eissen et al., 2004	Eissen, J.P., Beate, B., Hall, M., Laraque, A., Franco, B., Caceres, B., Monzier, M., Cotten, J., Andrade, D., Cerón, C., Hidalgo, S. y Muñoz, T. (2004). El deslave del 13 de octubre del 2000 del volcán El Altar. <i>Investigaciones en Geociencias</i> (Vol. 1, pp. 44-50). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. Instituto Geofísico. Departamento de Geofísica; Institut de Recherche pour le Développement; Ecuador. Corporación Editora Nacional.
Espin, 2015	Espin, P. (2015). Caracterización geológica y litológica de los depósitos laharios de Mera, Provincia de Pastaza. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 166.
García et al., 2007	García-Aristizabal, A., Kumagai, H., Samaniego, P., Mothes, P., Yepes, H., & Monzier, M. (2007). Seismic, petrologic, and geodetic analyses of the 1999 dome-forming eruption of Guagua Pichincha volcano, Ecuador. <i>Journal of volcanology and geothermal research</i> , 161 (4), 333-351.
Gaunt et al., 2016	Gaunt, H. E., Bernard, B., Hidalgo, S., Proatto, A., Wright, H., Mothes, P., ... & Kueppers, U. (2016). Juvenile magma recognition and eruptive dynamics inferred from the analysis of ash time series: The 2015 reawakening of Cotopaxi volcano. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> .
Hall & Beate, 1991	Hall, M. L., & Beate, B. (1991). El volcanismo plio-cuaternario en los Andes del Ecuador. <i>Estudios Geográficos</i> , 4, 5-38.
Hall & Mothes, 1999	Hall, M., & Mothes, P. (1999). La actividad volcánica del Holoceno en el Ecuador y Colombia Austral. Impedimento al desarrollo de las civilizaciones pasadas. En Mothes, P. (Ed.), <i>Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador</i> . Editorial Abya Yala, 205.
Hall & Mothes, 2001	Hall, M., & Mothes, P. (2001). La Caldera de Chacana, el Centro Riolítico más grande de los Andes Septentrionales. <i>Cuarta Jornada en Ciencias de la Tierra, EPN, Quito</i> .
Hall & Mothes, 2008a	Hall, M., & Mothes, P. (2008a). Quiltoxa volcano—Ecuador: an overview of young dacitic volcanism in a lake-filled caldera. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176(1), 44-55.
Hall & Mothes, 2008b	Hall, M., & Mothes, P. (2008b). The rhyolitic-andesitic eruptive history of Cotopaxi volcano, Ecuador. <i>Bulletin of Volcanology</i> , 70(6), 675-702.
Hall & Mothes, 2008c	Hall, M., & Mothes, P. (2008c). The Chacana caldera complex in Ecuador. In <i>IGP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> . (Vol. 3, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
Hall & Mothes, 2010	Hall, M., & Mothes, P. (2010). <i>New Active Rhyolitic Eruptive Centers, Eastern Foot of the Ecuadorian Andes</i> . Poster. Cities on Volcanoes 6th Meetings, Tenerife, Spain
Hall et al., 1993	Hall, M., Ruiz, M. y Turner D. (1993). El volcán Guicocha, su actividad y monitoreo. Defensa Civil
Hall et al., 1999	Hall, M. L., Robin, C., Beate, B., Mothes, P., & Monzier, M. (1999). Tungurahua Volcano, Ecuador: structure, eruptive history and hazards. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 91 (1), 1-21.
Hall et al., 2004	Hall, M., Ramon, P., Mothes, P., LePennec, J. L., Garcia, A., Samaniego, P., & Yepes, H. (2004). Volcanic eruptions with little warning: the case of Volcán Reventador's Surprise November 3, 2002 Eruption, Ecuador. <i>Revista geológica de Chile</i> , 31 (2), 349-358.
Hall et al., 2012	Hall, M., Mothes, P., Aguilar, J., Bustillos, J., Ramon, P., Eissen, J.P., Monzier, M., Robin, C., Egreu, C., Miltzer, A. y Yepes, H. (2012). Los peligros volcánicos asociados con el Antisana. Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador, Corporación Editora Nacional, IE EPN, IRD, Quito, Ecuador, 79.
Hall et al., 2014	Hall, M., Mothes, P., Panchana, C. & Espín, P. (2014). <i>La Caldera de Chacana: características, resumen de su actividad eruptiva y sus peligros potenciales</i> . Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional.
Hall, 1977	Hall, M. L. (1977). <i>El volcanismo en el Ecuador</i> . IPGH, Sección Nacional del Ecuador.
Hall et al., 2008	Hall, M. L., Samaniego, P., Le Penneec, J. L., & Johnson, J. B. (2008). Ecuadorian Andes volcanism: A review of Late Pliocene to present activity. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 1-6.
Hidalgo et al., 2015	Hidalgo, S., Robles, A., Andrade, D., Bernard, B., Ramon, P., Mothes, P., Ordoñez, J., & Ruiz, G. (2015). Los volcanes activos y potencialmente activos del Ecuador continental y sus redes de monitoreo. <i>Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador</i> , 39.
Hidalgo et al., 2006	Hidalgo, S. (2006). <i>Las interacciones entre magmas calco-alcalinos «classiques» et adakites. Exemple du complexe volcanique Atacazo-Ninahuilca (Equateur)</i> . Doctoral dissertation, PHD thesis, Blaise Pascal University, Clermont-Ferrand, p 333.

TABLA VI. Referencias bibliográficas

Cita	Referencia
Hidalgo et al., 2007	Hidalgo, S., Monzier, M., Martin, H., Chazot, G., Eissen, J. P., & Cotten, J. (2007). Adakitic magmas in the Ecuadorian volcanic front: petrogenesis of the Iliniza Volcanic Complex (Ecuador). <i>Journal of volcanology and geothermal research</i> , 159 (4), 366-392.
Hidalgo et al., 2008	Hidalgo, S., Monzier, M., Almeida, E., Chazot, G., Eissen, J. P., van der Plicht, J., & Hall, M. L. (2008). Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Nimahuilca volcanic complex (Ecuador). <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 16-26.
Hidalgo, 2001	Hidalgo, S. (2001). Estudio geovulcanológico del complejo volcánico Iliniza. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 85.
Hillebrandt, 1989	Hillebrandt, C. (1989). Estudio geovulcanológico del complejo volcánico Curicocha-Catacchi y sus aplicaciones. Provincia de Imbabura. <i>Tesis de Magister, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador</i> . 167.
Hoffer et al., 2008	Hoffer, G., Eissen, J. P., Beate, B., Bourdon, E., Fornari, M., & Cotten, J. (2008). Geochemical and petrological constraints on rear-arc magma genesis processes in Ecuador: The Puyo cones and Mera lavas volcanic formations. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 107-118.
Hoffer, 2008	Hoffer, G. (2008). <i>Fusion partielle d'un manteau métasomatisé par un liquide adakitique: approches géochimique et expérimentale de la genèse et de l'évolution des magmas de l'arrière-arc équatorien</i> . Doctoral dissertation, PHD thesis, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II, 295.
IG - Informe Anual 2012	Instituto Geofísico. (2012). Informe Anual de la actividad del Volcán Tungurahua 2012.
INECEL, 1987	INECEL, OLADE, e ICEL. 1987. Proyecto Geotérmico Binacional Tuffito-Chiles-Cerro Negro. Estudio de Prefactibilidad. Tercer Informe Trimestral. Aquater, Milano, Italia. 116 p.
Kilian et al., 1995	Kilian, R., Hegner, E., Fortier, S., & Saitir, M. (1995). Magma evolution within the accretionary mafic basement of Quaternary Chimborazo and associated volcanos (Western Ecuador). <i>Andean Geology</i> , 22 (2), 203-218.
Knight et al., 2011	Knight, C. L., Cuéllar, A. M., Glascock, M. D., Hall, M. L., & Mothes, P. A. (2011). Obsidian source characterization in the Cordillera Real and eastern piedmont of the north Ecuadorian Andes. <i>Journal of Archaeological Science</i> , 38 (5), 1069-1079.
Le Pennece et al., 2005	Le Pennece, J.-L., Samaniego P., Eissen J.-P., Hall M.L., Molina, C. I., Robin C., Mothes P., Yepes, H., Ramón P., Monzier M. Y. J. Eged, (2005) Los peligros volcánicos asociados con el volcán Tungurahua. Serie: Los peligros volcánicos en el Ecuador, Corporación Editora Nacional, IEPN, IRD, Quito, Ecuador. 99.
Le Pennece et al., 2006	Le Pennece, J. L., Hall, M. L., Robin, C., & Bartomoli, E. (2006). Tungurahua volcano-Late Holocene activity. Field Guide A1. IAVCEI in Fourth International Conference "Cities on Volcanoes", Quito, Ecuador.
Le Pennece et al., 2008	Le Pennece, J. L., Jaya, D., Samaniego P., Ramón P., Yáñez, S. M., Eged, J., & Van Der Plicht, J. (2008). The AD 1300-1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 70-81.
Le Pennece et al., 2011	Le Pennece, J. L., Ruiz, A. G., Eissen, J. P., Hall, M. L., & Fornari, M. (2011). Identifying potentially active volcanoes in the Andes: Radiometric evidence for late Pleistocene-early Holocene eruptions at Volcán Imbabura, Ecuador. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 206 (3), 121-135.
Monzier et al., 1999	Monzier, M., Robin, C., Samaniego, P., Hall, M. L., Cotten, J., Mothes, P., & Arnaud, N. (1999). Sangay volcano, Ecuador: structural development, present activity and petrology. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 90 (1), 49-79.
Mothes & Hall, 2008a	Mothes, P. A., & Hall, M. L. (2008a). The plinian fallout associated with Quilotoa's 800Y BP eruption, Ecuadorian Andes. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 56-69.
Mothes & Hall, 2008b	Mothes, P. A., & Hall, M. L. (2008b, October). Rhyolitic calderas and centers clustered within the active andesitic belt of Ecuador's Eastern Cordillera. <i>INOP Conference Series: Earth and Environmental Science</i> (Vol. 3, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.
Mothes et al., 1998	Mothes, P. (Ed.). (1998). <i>Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador</i> . Editorial Abya Yala.
Naranjo et al., 2016	Naranjo, M. F., Ebmeier, S. K., Vallejo, S., Mothes, P., Biggs, J., & Herrera, F. (2016). Mapping and measuring lava volumes from 2002 to 2009 at El Reventador Volcano, Ecuador, from field measurements and satellite remote sensing. <i>Journal of Applied Volcanology</i> , 5 (1), 1-11.
Naranjo, 2013	Naranjo, M.F. (2013). Estudio Petro-geoquímico y cronológico de los flujos de lava emitidos por el volcán Reventador entre 2002 a 2009. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 184 p.
Ordóñez, 2012	Ordóñez, J. (2012). Depósitos Volcánicos del Pleistoceno Tardío en la cuenca de Ambato: Caracterización, distribución y origen. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 190.
Ordóñez et al., 2011	Ordóñez, J., Hall, M., & Samaniego, P. (2011). Erupciones volcánicas del Pleistoceno tardío alrededor de Ambato: caracterización y distribución de sus depósitos. Séptimas Jornadas en Ciencias de la Tierra y Encuentro sobre Riesgos y Desastres. 23-25 de Noviembre de 2011, Quito.
Pacheco, 2013	Pacheco, D. (2013) Estudio geológico de las formaciones cuaternarias en la zona San Antonio de Pichincha - Pomasqui. (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
Pacheco et al., 2014	Pacheco, D., Andrade, D. y Alvarado, A. 2014. Estratigrafía Cuaternaria de la Cuenca San Antonio de Pichincha. Revista EPN, Vol 33, No 3. Enero 2014: 1- 9.
Pilchita, 2013	Pilchita, B. (2013) Estudio de fuentes termales, fallas geológicas, descarga de calor en la Caldera de Chacana y el aprovechamiento actual del recurso geotérmico. (Tesis de ingeniero geólogo). Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
Ramón & Vallejo, 2011	Ramón, P. y Vallejo, S. 2011. La actividad del volcán Reventador posterior a la gran erupción de noviembre de 2002. Séptimas Jornadas en Ciencias de la Tierra y Encuentro sobre Riesgos y Desastres. 23-25 de Noviembre de 2011, Quito, pp. 175-178
Ridolfi et al., 2008	Ridolfi, F., Puerini, M., Renzulli, A., Menna, M., & Toulkeridis, T. (2008). The magmatic feeding system of El Reventador volcano (Sub-Andean zone, Ecuador) constrained by texture, mineralogy and thermobarometry of the 2002 erupted products. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 94-106.
Robin et al., 1997	Robin, C., Hall, M., Jimenez, M., Monzier, M., & Escobar, P. (1997). Mojanda volcanic complex (Ecuador): development of two adjacent contemporaneous volcanoes with contrasting eruptive styles and magmatic suites. <i>Journal of South American Earth Sciences</i> , 10 (5), 345-359.
Robin et al., 2008	Robin, C., Samaniego, P., Le Pennece, J. L., Mothes, P., & Van Der Plicht, J. (2008). Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador). <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 7-15.
Robin et al., 2009	Robin, C., Eissen, J. P., Samaniego, P., Martin, H., Hall, M., & Cotten, J. (2009). Evolution of the late Pleistocene Mojanda-Fuya Fuya volcanic complex (Ecuador) by progressive adakitic involvement in mantle magma sources. <i>Bulletin of volcanology</i> , 71 (3), 233-258.
Robin et al., 2010	Robin, C., Samaniego, P., Le Pennece, J. L., Fornari, M., Mothes, P., & Van Der Plicht, J. (2010). New radiometric and petrological constraints on the evolution of the Pichincha volcanic complex (Ecuador). <i>Bulletin of volcanology</i> , 72 (9), 1109-1129.
Ruiz, 2003	Ruiz, A. G. (2003). Estudio geovulcanológico del complejo volcánico Imbabura. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 171.
Samaniego et al., 1998	Samaniego P., Monzier, M., Robin, C., & Hall, M. L. (1998). Late Holocene eruptive activity at Nevado Cayambe Volcano, Ecuador. <i>Bulletin of Volcanology</i> , 59 (7), 451-459.
Samaniego et al., 2005	Samaniego P., Martin, H., Monzier, M., Robin, C., Fornari, M., Eissen, J. P., & Cotten, J. (2005). Temporal evolution of magmatism in the Northern Volcanic Zone of the Andes: the geology and petrology of Cayambe Volcanic Complex (Ecuador). <i>Journal of petrology</i> , 46 (11), 2225-2252.
Samaniego et al., 2008	Samaniego P., Eissen, J. P., Le Pennece, J. L., Robin, C., Hall, M. L., Mothes, P., ... & Cotten, J. (2008). Pre-eruptive physical conditions of El Reventador volcano (Ecuador) inferred from the petrology of the 2002 and 2004-05 eruptions. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 176 (1), 82-93.
Samaniego et al., 2012	Samaniego P., Berba, D., Robin, C., Fornari, M., & Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano in the Northern Andes. <i>Journal of Volcanology and Geothermal Research</i> , 221, 33-51.
Siebert et al., 2011	Siebert, L., Simkin, T., & Kimberly, P. (2011). <i>Volcanoes of the World</i> . Univ of California Press.
Santamaría, 2017	Santamaría, S. (2017). Catálogo de eventos volcánicos ocurridos en el Ecuador continental desde el plioceno y análisis de la frecuencia eruptiva. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 184 p.

TABLE VI. Referencias bibliográficas

Cita	Referencia
Tibaldi, 2005	Tibaldi, A. (2005). Volcanism in compressional tectonic settings: Is it possible?. <i>Geophysical Research Letters</i> , 32 (6).
Valverde, 2014	Valverde, V. (2014). Los depósitos de avalancha de escambros provenientes del Volcán Sangay: Caracterización petrográfica - geoquímica. Tesis de ingeniero geólogo. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador. 122
Venzke et al., 2015	Venzke, E., R. W. Wunderman, L. McClelland, T. Simkin, J. F. Lühr, J. Siebert, and G. Mayberry(2002). Global Volcanism, 1968 to the Present, Digital Inf. Ser., GVP-4, Global Volcanism Program, Smithsonian, D. C. (Available at http://www.volcano.si.edu/gvp/reports/)
Wright et al., 2007	Wright, H. M., Cashman, K. V., Rosi, M., & Cloni, R. (2007). Breadcrust bombs as indicators of Volcanian eruption dynamics at Guagua Pichincha volcano, Ecuador. <i>Bulletin of volcanology</i> , 69 (3), 281-300.

ANEXO II

**Ecuadorian volcanic events and geochronological database:
insight into to the complex eruptive rate of a continental
volcanic arc (Santamaría et al., 2016)**





Cities on Volcanoes 9
November 20-25, 2016
Puerto Varas, Chile

'Understanding volcanoes and society: the key for risk mitigation'



Ecuadorian volcanic events and geochronological database: insight into to the complex eruptive rate of a continental volcanic arc

Santiago Santamaria ¹, Benjamin Bernard ¹ y Silvana Hidalgo ¹

¹Instituto Geofísico, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.

Keywords: volcanic database, geochronology, recurrence, volcanic arc, Ecuador

The Ecuadorian Volcanic Arc includes at least 84 Plio-Quaternary volcanoes, most of them having a long and complex eruptive history. We created a comprehensive database on Ecuadorian volcanic events compiling available geochronological and volcanological information published in journal articles, books, reports, conference proceedings, thesis and others, with the corresponding references. The database currently contains 379 records comprising the known activity of 40 volcanic centers throughout the last 5 My. The temporal distribution of eruptive events is extremely skewed toward the present, mostly due to: 1) lack of geological records of small-to-moderate size eruptions; 2) lack of geochronological data on pre-Holocene and, to a lesser extent, pre-historical events. Accordingly, the database shows a relatively constant eruptive rate for VEI ≥ 4 for the last ~2500 years and for VEI = 3 since AD 1534. Spatial distribution of eruptive events indicates an important activity between latitude 0° - 1° S during the last 2500 years, suggesting a higher magmatic productivity in this area. We determined the eruptive recurrence rate using two methods: 1) linear regressions of accumulated records, and 2) statistical analysis of eruption time intervals. Both approaches showed similar results with recurrence time periods of ~16-19 (± 15) and ~100-130 (± 185) years for VEI 3 and ≥ 4 respectively. The large deviation observed demonstrates the complex temporal structure of the eruptive record. Nonetheless, these results could be used to calculate the long-term eruptive probability with a Poisson process. In 2016 the 10 and 100 years-probabilities for a VEI 3 eruption are 53% and 100% respectively. Similarly, the 10 and 100 years-probabilities for a VEI ≥ 4 eruption are 25% and 74% respectively. We conclude that, according to the high rate of moderate-to-large eruptions, this dedicated database can be a useful tool for hazard assessment and land planning in Ecuador.