



Personal Instituto Geofísico 2014

#### MISIÓN

Contribuir a través del conocimiento de las amenazas sísmicas y volcánicas a la reducción de su impacto negativo en el Ecuador, mediante la vigilancia permanente, la investigación científica, la formación académica de alto nivel y el desarrollo de aplicaciones tecnológicas, promoviendo así la creación de una cultura de prevención y menos vulnerable.

## LOS VOLCANES ACTIVOS Y POTENCIALMENTE ACTIVOS DEL ECUADOR CONTINENTAL

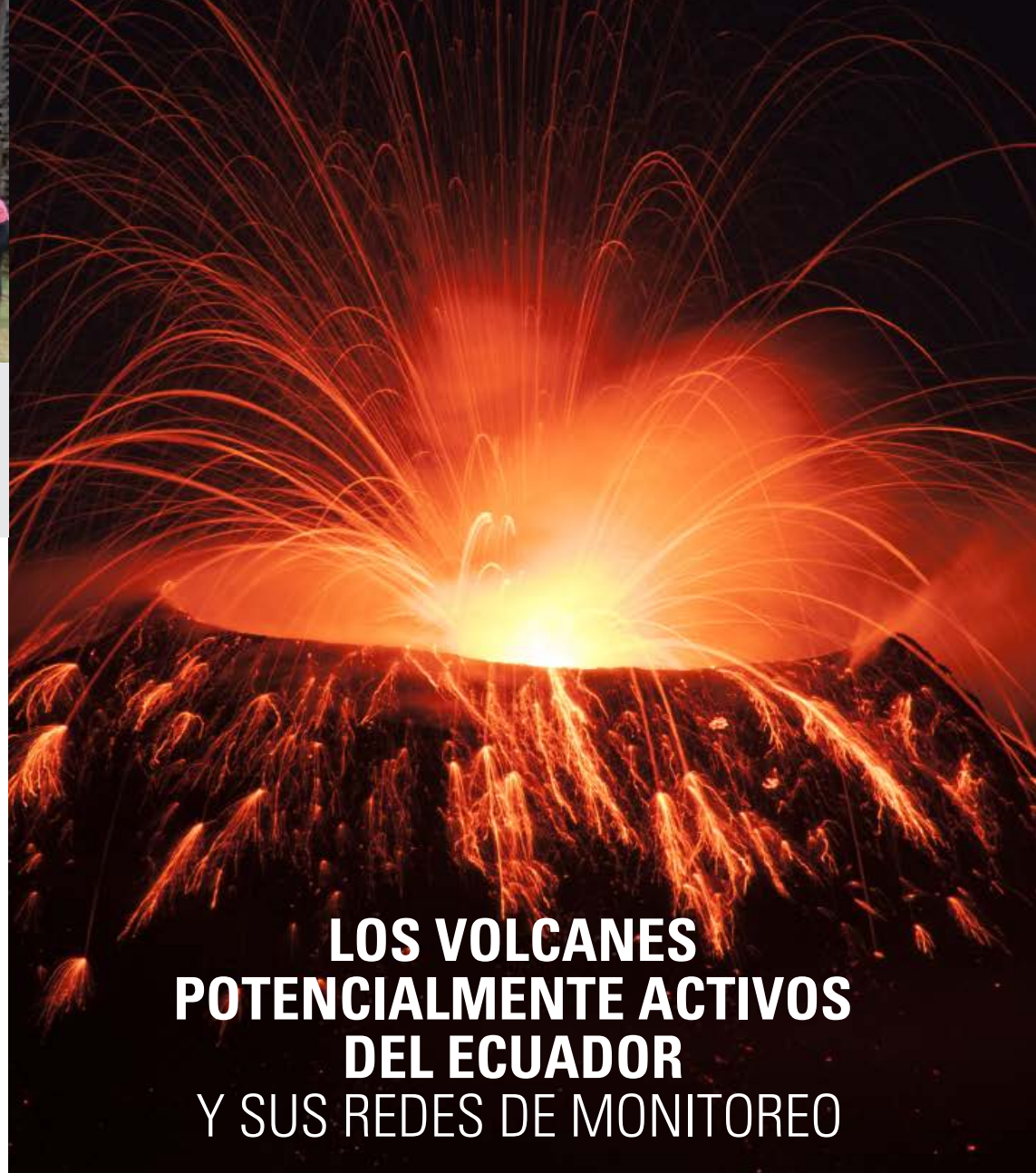
Y SUS REDES DE MONITOREO

Silvana Hidalgo, Angélica Robles,  
Daniel Andrade, Benjamin Bernard,  
Patricio Ramón, Patricia Mothes,  
Jorge Ordoñez, Gorki Ruiz



[www.igepn.edu.ec](http://www.igepn.edu.ec)

 [facebook.com/instituto.geofisico](https://facebook.com/instituto.geofisico)



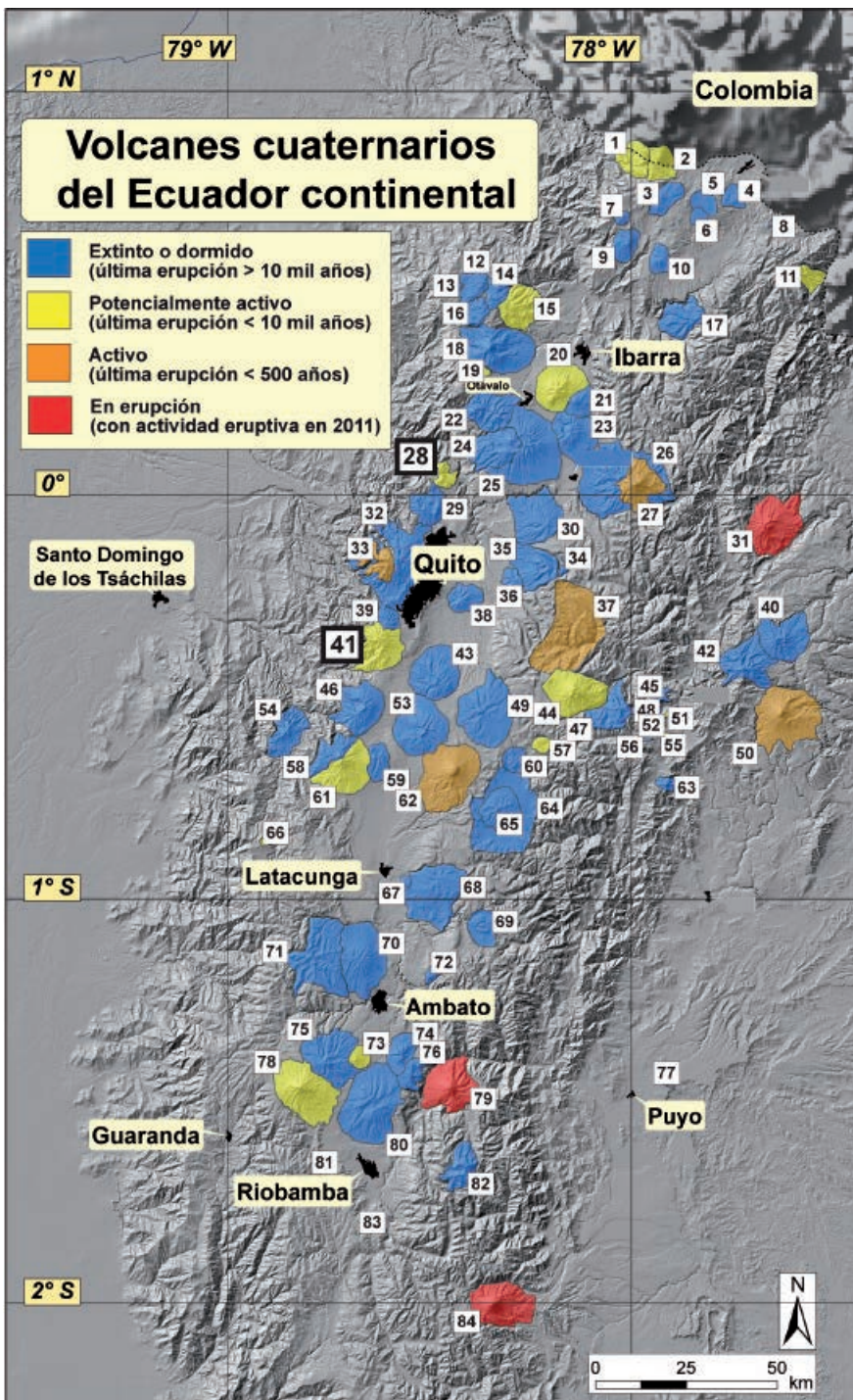
## LOS VOLCANES POTENCIALMENTE ACTIVOS DEL ECUADOR Y SUS REDES DE MONITOREO

Más de 30 años investigando la vulcanología y la sismología en el Ecuador



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





# LOS VOLCANES ACTIVOS Y POTENCIALMENTE ACTIVOS DEL ECUADOR CONTINENTAL

## Y SUS REDES DE MONITOREO

Silvana Hidalgo, Angélica Robles, Daniel Andrade,  
Benjamin Bernard, Patricio Ramón,  
Patricia Mothes, Jorge Ordoñez, Gorki Ruiz

INSTITUTO GEOFÍSICO – ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



[www.igepn.edu.ec](http://www.igepn.edu.ec)

# LOS VOLCANES ACTIVOS Y POTENCIALMENTE ACTIVOS DEL ECUADOR CONTINENTAL Y SUS REDES DE MONITOREO

El Ecuador continental cuenta con un total 84 volcanes distribuidos a lo largo del Frente Volcánico, el Arco Principal y el Tras Arco. El Frente Volcánico está constituido esencialmente por los volcanes que se han construido sobre la Cordillera Occidental. El Arco Principal comprende los volcanes del Valle Interandino y aquellos que están edificadas sobre la Cordillera Real. Los volcanes del Tras Arco incluyen aquellos que se encuentran en el levantamiento subandino, en la zona limítrofe entre los Andes y la Amazonía.

Diversos estudios geológicos, geofísicos, geoquímicos y geocronológicos, además de los relatos históricos han permitido establecer el nivel de actividad de los diferentes volcanes del Ecuador. Así, se ha logrado clasificar los volcanes en cuatro categorías: 1) extintos o dormidos, 2) potencialmente activos, 3) activos y 4) en erupción. Su distribución se muestra en la Figura 1.  
(Final del documento)

Los volcanes extintos son aquellos que no han registrado una erupción en el Holoceno, es decir en los últimos 11800 años. Esto significa que no se han identificado evidencias o trazas de erupciones en el registro geológico que comprende dicho periodo de tiempo. Estos volcanes muestran además rasgos de erosión importantes o una espesa cobertura de suelo, lo que indica sugiere que su última actividad

tuvo lugar hace ya mucho tiempo. Los volcanes extintos o dormidos constituyen la mayor parte de los edificios volcánicos identificados en el país.

Los volcanes potencialmente activos son aquellos se ha identificado la ocurrencia de al menos una erupción en los últimos 11800 años, principalmente evidenciada por su registro geológico y comprobada mediante dataciones radiométricas (p.e. Carbono 14) y/o por registros arqueológicos. Estos volcanes tienen erupciones con diferentes periodos de recurrencia, que pueden de ir desde los cientos hasta los miles de años y diferentes tipos de actividad, que puede ser más o menos explosiva. Actualmente en el Ecuador se han identificado 17 volcanes calificados como potencialmente activos: Cerro Negro, Chiles, Soche, Chachimbiro, Cuicocha, Imbabura, Pululahua, Atacazo-Ninahuilca, Antisana, El Dorado, Domos Huevos de Chivo, Pumayacu, Huañuña, Iliniza Sur, Quilotoa, Puñalica y Chimborazo.

Los volcanes activos son aquellos que han tenido erupciones en tiempos históricos, es decir posteriormente a la llegada de los primeros españoles a territorios ecuatorianos (año 1530). Entre estos volcanes están Cayambe, Guagua Pichincha, Chacana, Sumaco y Cotopaxi. Para estos volcanes, además de las evidencias geológicas de su actividad, se tienen descripciones más o

menos detalladas de sus erupciones, realizadas por científicos y naturalistas que observaron directamente dichos fenómenos. Por ejemplo en el trabajo de Teodoro Wolf, de 1878, donde se narra la erupción del volcán Cotopaxi de 1877.

Finalmente, los volcanes en erupción son aquellos en los cuáles en la actualidad se identifica la llegada cotidiana de magma a la superficie. En nuestros días, en el Ecuador tenemos tres volcanes en erupción: Reventador (desde 2002), Tungurahua (desde 1999) y Sangay (por lo menos desde 1628).

Es evidente que en un país con tan alta densidad de volcanes y con una creciente población cercana a los mismos, es necesaria, la existencia de un programa de monitoreo o vigilancia instrumental de los volcanes en erupción, activos y potencialmente activos, además de los estudios científicos-técnicos que permiten identificar el estado de los diferentes volcanes. Es por esto que el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, gracias a los diferentes proyectos y convenios nacionales (DNDC-BID, SENESCYT, SENPLADES, USFQ, OCP, HIDROAGOYÁN, MDMQ, MAE, IGM, GAD-Cotacachi) e internacionales (JICA, USGS, IRD, NOVAC, CRS, VUELCO), ha constituido una red de monitoreo volcánico de alto nivel para los diferentes volcanes del país en función de su estado de actividad. La instrumentación y las técnicas empleadas son del más alto nivel y se actualizan constantemente garantizando la operatividad de las redes y la calidad de la información que éstas producen.

Como es lógico pensar, las redes de monitoreo más densas y mejor equipadas se han implementado en los volcanes cuya actividad y nivel de amenaza son los más elevados, debido principalmente a la población e infraestructuras ubicadas en sus zonas de

influencia. Así, las redes de monitoreo más densas son las de los volcanes Tungurahua, Cotopaxi y Reventador. El resto de volcanes tienen disponibles redes más sencillas, pero capaces de definir líneas base de su tipo de actividad, así como detectar cambios que podrían ser premonitores de futuras erupciones.

Las redes de monitoreo incluyen instrumentos capaces de detectar actividad sísmica (sismómetros de corto periodo y de banda ancha), deformación (inclinómetros, prismas para EDM y GPS), desgasificación (DOAS, medidores de flujo de CO2 difuso), medir caídas de ceniza (balanzas electrónicas y cenizómetros), temperaturas superficiales (cámaras digitales y térmicas, dataloggers de temperatura), tránsito de lahares (AFMs) y de realizar observaciones visuales sistemáticas.

La información obtenida a partir del procesamiento de los datos adquiridos con las diferentes técnicas es interpretada por los técnicos del Instituto Geofísico con el fin de identificar potenciales cambios en los volcanes que se encuentran actualmente en actividad o detectar signos de reactivación en volcanes potencialmente activos.

Cabe destacar que la instalación y el mantenimiento de estas redes y la transmisión de datos en tiempo real es una ardua tarea efectuada por el personal del Area de Instrumentación del Instituto Geofísico, que está compuesta por técnicos con un alto grado de capacitación y compromiso.

A continuación se hace una breve presentación de los principales volcanes activos y potencialmente activos del Ecuador y de sus respectivas redes de monitoreo instrumental.



## VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO



Volcanes Chiles y Cerro Negro vistos desde el oriente. Foto: P. Ramón

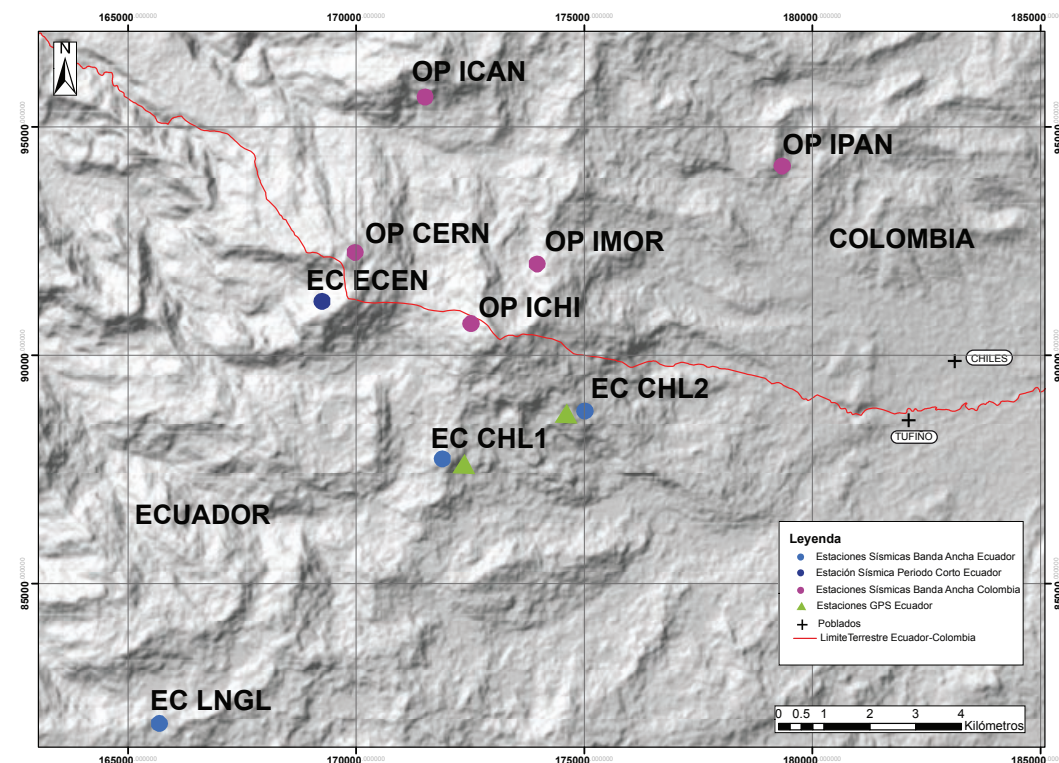
Nombre	Chiles - Cerro Negro de Mayasquer
Coordenadas	0,82° N; 77,94° W (Chiles) 0,83° N; 77,97° W (Cerro Negro)
Altura	4748 m snm (Chiles) 4470 m snm (Cerro Negro)
Diámetro	10 (E-W) – 7,5 (N-S) km (Chiles) 6 (E-W) x 6 (N-S) km (Cerro Negro)
Tipo de volcán	Estrato Volcán / Complejo Volcánico (Chiles) Estrato Volcán / Complejo Volcánico (Cerro Negro)
Última erupción	No hay registros históricos confirmados de actividad eruptiva (Chiles y Cerro Negro) para el Cerro Negro existe una datación de 6065 + - 130 BP
Estado	Potencialmente Activo: actividad en los últimos diez mil años (Chiles) Potencialmente Activo: actividad en los últimos diez mil años (Cerro Negro)
Actividad reciente	Actividad hidrotermal y sísmica (Chiles y Cerro Negro)
Monitoreo	Sísmico, Control de Deformación, geoquímica y temperatura de aguas termales (Chiles) Sísmico, Control de Deformación (Cerro Negro)

Los volcanes Chiles y Cerro Negro están ubicados en la frontera de Ecuador (provincia del Carchi) y Colombia (departamento de Nariño), a distancias de 25 km al Oeste de la ciudad de Tulcán y a 130 km al Norte de Quito. El acceso se realiza por dos carreteras principales, una que parte desde Chiles hasta Tiuquer en Colombia, y otra desde Tufiño hasta Maldonado en Ecuador; en el ascenso hasta las partes más altas se efectúa por numerosos caminos utilizados por la gente de la región.

El Complejo Volcánico Chiles-Cerro Negro se edifica sobre la Cordillera Occidental de los Andes. Los productos de la actividad de este

complejo se encuentran sobre productos volcánicos de edad Plioceno que sobreyacen al basamento metamórfico de la Cordillera Occidental. El edificio actual del Chiles está conformado fundamentalmente por varios episodios de flujos de lava y el volcán Cerro Negro por flujos de lava y de piroclastos. La actividad actual de este complejo volcánico se reduce a la presencia de una actividad sísmica predominante y se exterioriza en la presencia de fuentes termales y solfataras.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCANES CHILES Y CERRO NEGRO





## VOLCÁN CHACHIMBIRO



Volcán Chachimbiro visto desde el Este. Foto: B. Bernard.

Nombre	Chachimbiro
Coordenadas	0,467° N; 78,29° W
Altura	4054 m snm (1000-1500 m de relieve)
Diámetro	12 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	< 2000 años AP
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El Chachimbiro, conocido también como Cerro Huanguillaro, se ubica en la provincia de Imbabura, a 80 km al norte de Quito y 25 km al noroeste de Ibarra. Es un volcán poco conocido del público debido a su forma atípica y su falta de erupciones históricas. Sin embargo, estudios geológicos recientes (Beate, 2001; Bernard et al., 2011; Bernard et al., 2014) han demostrado que este complejo volcánico tuvo varias erupciones durante los últimos 10.000 años. Eso hace del Chachimbiro un volcán potencialmente activo que podría representar un peligro importante en caso de reactivación.

La historia volcánica del Chachimbiro se divide en tres periodos que han dado lugar a la formación de tres edificios volcánicos (Bernard et al. 2011). La primera fase empezó hace más de 450.000 años y construyó el estratovolcán llamado Huanguillaro sobre el límite entre la Cordillera Occidental y el Valle Interandino. Este edificio, constituido principalmente por lavas andesíticas, fue destruido por un deslizamiento gigante (Beate, 2003).

Posteriormente, un complejo de domos llamado Tumbatú se edificó dentro de la

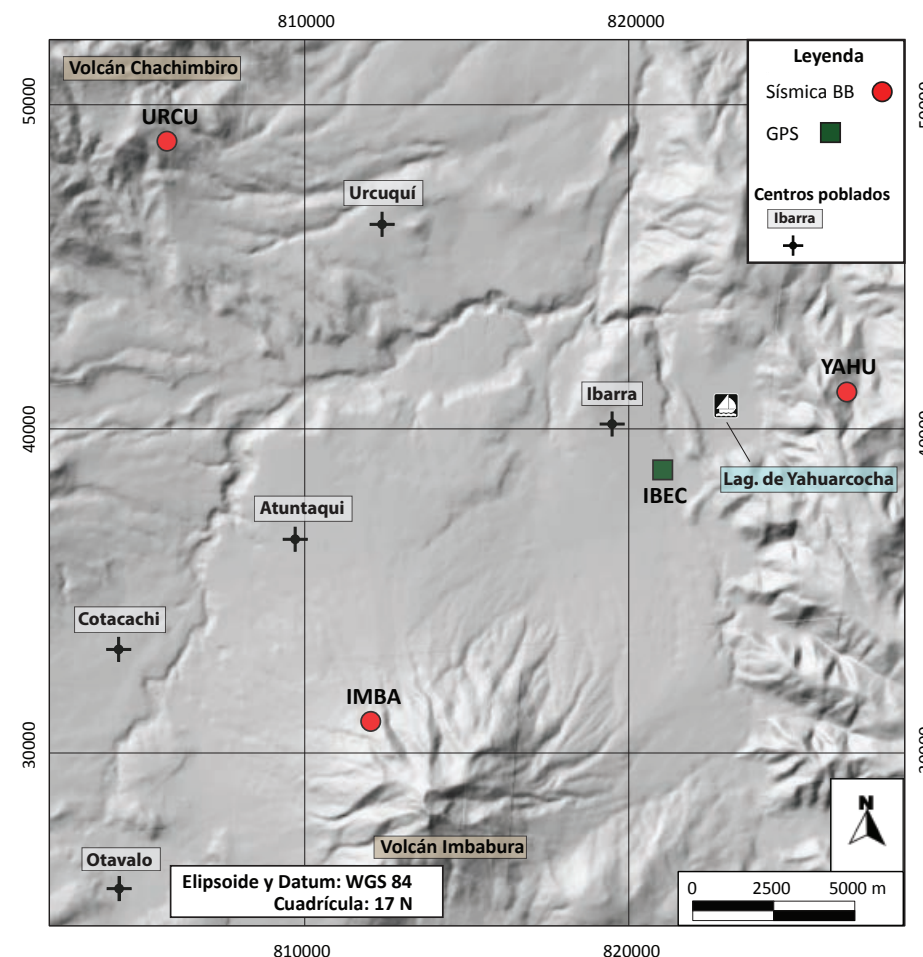
cicatriz de deslizamiento a partir de 150.000 años AP. La actividad de este volcán es diferente a la del Huanguillaro ya que presenta lavas más ácidas y viscosas (andesitas ácidas y dacitas) que provocaron erupciones más explosivas. El Tumbatu también sufrió un gran deslizamiento hace 40.000 años. Finalmente, un nuevo complejo de domos llamado Hugá creció al interior de la cicatriz de deslizamiento del Tumbatú. El Hugá también produjo lavas viscosas que formaron domos, grandes explosiones y flujos piroclásticos. Es probable que el Hugá haya tenido una erupción hace

menos de 2.000 años. En total se identificó cerca de 25 erupciones del Chachimbiro durante los últimos 50.000 años lo que representa una actividad volcánica importante (Bernard et al., 2011).

En la actualidad la actividad superficial del Chachimbiro se limita a fuentes hidrotermales de baja temperatura (Chachimbiro y Timbuyacu) y una baja actividad sísmica.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 3.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCANES IMBABURA Y CHACHIMBIRO





## COMPLEJO VOLCÁNICO COTACACHI – CUICOCHA



Volcán Cotacachi y Laguna de Cuicocha vistos desde el oriente. Dentro de la laguna se ven los domos de la más reciente actividad. Foto: P. Ramón

Nombre	Cuicocha
Coordenadas	0,368° N; 78,347° W
Altura	3250 m snm
Diámetro	3.5 km (Cuicocha) 21 km (Cotacachi)
Tipo de volcán	Caldera Volcánica / lago cratérico (Cuicocha) Estrato-volcán compuesto (Cotacachi)
Última erupción	< 2900 años AP (Cuicocha) Desconocida (Cotacachi)
Estado	Potencialmente activo (Cuicocha) Dormido o inactivo (Cotacachi)
Actividad reciente	Actividad hidrotermal (Cuicocha y Cotacachi)
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales, temperatura

El Complejo volcánico Cotacachi-Cuicocha se encuentra localizado en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos a 10 km al Oeste de la ciudad de Cotacachi. Consiste en un estrato-volcán principal (Cotacachi) rodeado de cuatro centros eruptivos: Muyurcu,

Loma Negra, Piribuela y Cuicocha. La actividad de este complejo se extiende desde hace alrededor de 0.6 millones de años y su más reciente actividad explosiva ocurrió hace 2900 años antes del presente, seguida por la extrusión de los domos centrales.

El Cuicocha es el centro eruptivo más joven del Complejo Volcánico y se habría desarrollado en los últimos 10.000 años (Von Hillebrandt, 1989); consiste de una caldera con cinco domos dacíticos localizados dentro y alrededor del lago cratérico interno, y tiene un diámetro de aproximadamente 3.5 km.

El volcán Cuicocha empezó con el crecimiento del Domo Cuicocha en el flanco sur del Cotacachi. Durante este periodo ocurrieron colapsos parciales del domo que formaron flujos piroclásticos de bloques y ceniza. Este episodio estaría asociado con importantes caídas de ceniza que afectaron a las comunidades de Otavalo hace aproximadamente 3500 años AP (Athens, 1998). Tras esta actividad el volcán entró en una pequeña pausa hasta hace 3100 años, cuando experimentó una erupción altamente explosiva, que generó importantes flujos

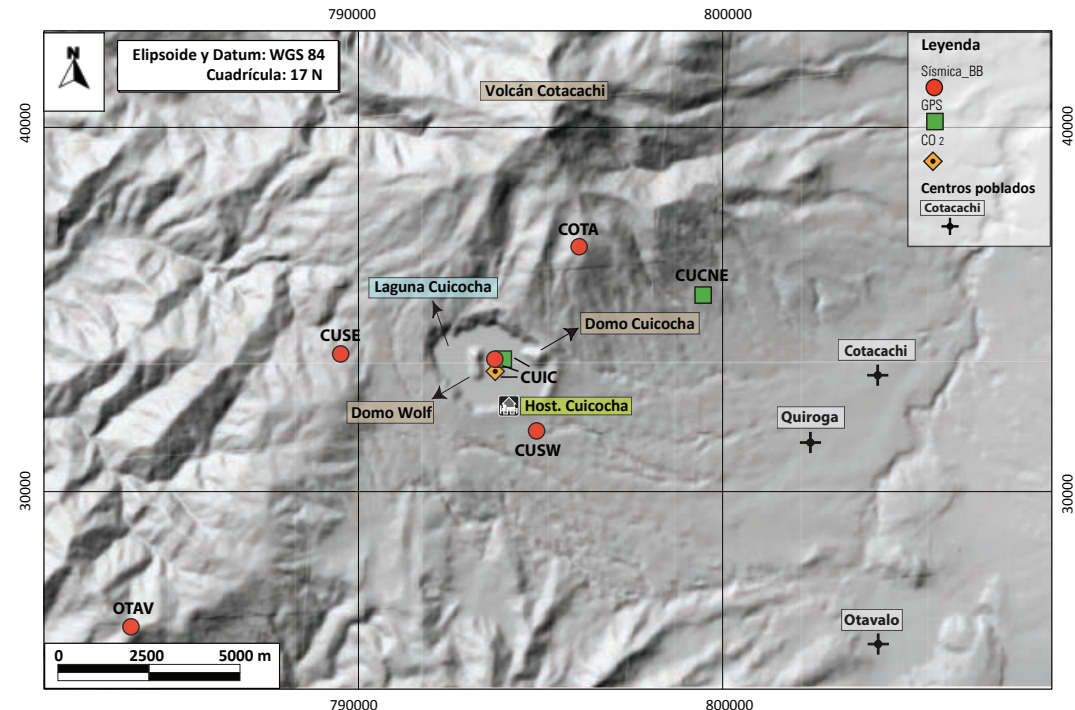
piroclásticos y caídas de ceniza, cuyo volumen se estimó en al menos 5 km<sup>3</sup>. A esta erupción se le atribuye el origen de la caldera actual (Von Hillebrandt, 1989).

Los episodios eruptivos, después de la formación de la caldera, consistieron inicialmente en la generación de oleadas piroclásticas y caídas de ceniza, que fueron seguidas por una fase final de crecimiento de domos dentro de la caldera, que actualmente forman las islas Yeroví y Wolf. La última actividad fue datada hace 2900 años AP y corresponde al domo Wolf.

En la actualidad el nivel de actividad sísmica es bajo, sin embargo se registraron pequeñas crisis de sismos de largo periodo en el 2011 y 2012.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 4.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO COMPLEJO VOLCÁNICO COTACACHI - CUICOCHA



## COMPLEJO VOLCÁNICO IMBABURA



Vista del volcán Imbabura desde el nororiente. Foto: S. Hidalgo

Nombre	Imbabura
Coordenadas	0,256°; 78,182° W
Altura	4621 m snm
Diámetro	14 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	> 8000 años AP
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	
Monitoreo	Sismicidad, deformación

El Imbabura es un tipo de edificio volcánico conocido como "estrato-volcán compuesto", y se caracteriza por presentar un gran edificio principal de forma cónica alrededor del cual han ido desarrollándose otros edificios más pequeños. En el caso del Imbabura, el edificio principal es conocido con el nombre de Taita Imbabura, y los dos principales edificios más pequeños se los conoce como Loma Artazón (al norte) y Huarmi Imbabura (al sur). La cumbre

del Taita Imbabura se encuentra a 4621 m snm. El desarrollo del Taita Imbabura consistió principalmente de erupciones de coladas de lava y explosiones de pequeña magnitud, que fueron construyendo el edificio poco a poco el gran edificio principal. Debido a su gran tamaño, y por estar atravesado por una falla activa, el edificio del Taita Imbabura experimentó en dos ocasiones la ocurrencia de enormes deslizamientos (volumen > 1 km<sup>3</sup>) que

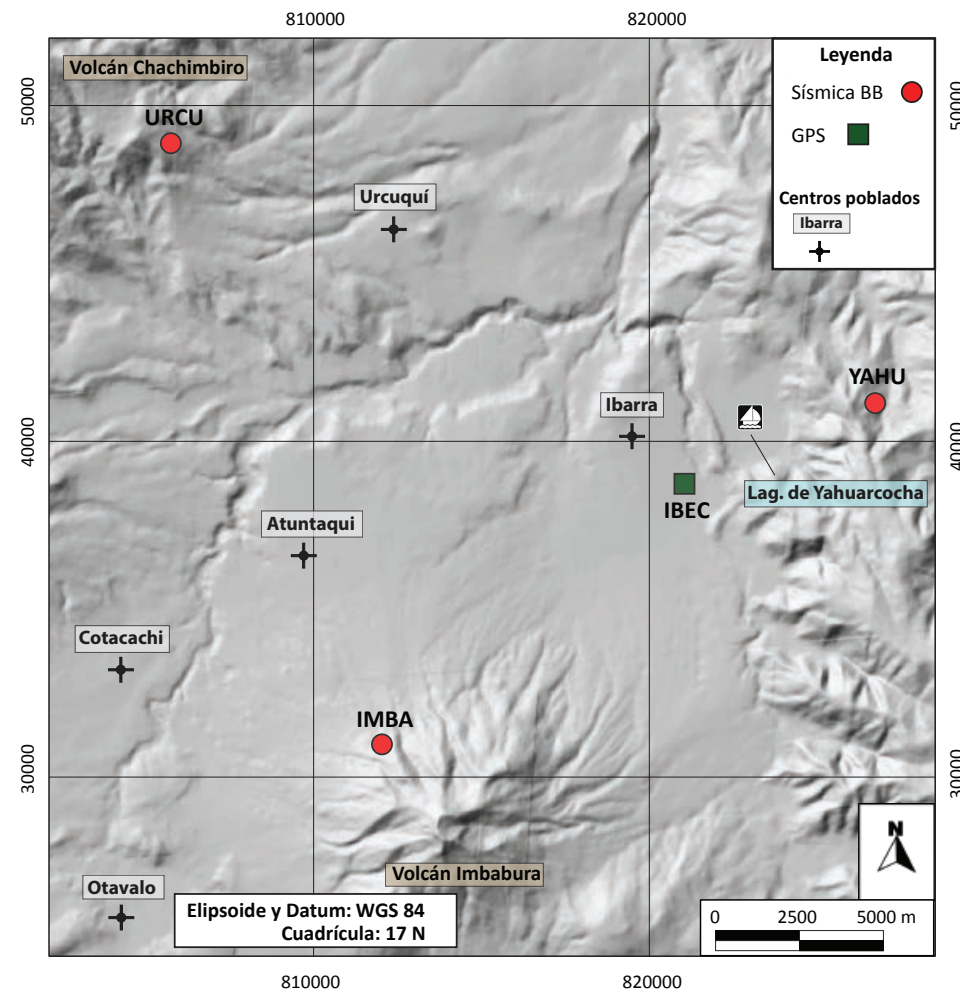
implicaron amplios segmentos del flanco norte y noroeste del volcán, los cuales destruyeron parcialmente el edificio (Andrade, 2009).

La parte más joven del volcán corresponde al pequeño edificio del Huarmi Imbabura, ubicado al sur del complejo y que empezó a formarse hace aproximadamente 30 mil años, inicialmente con erupciones muy explosivas y luego con emisiones más pasivas de domos de

lava. Hay evidencias que muestran que el Imbabura ha tenido erupciones incluso hace 8 mil años (Le Penne et al., 2010). En vista de esta actividad tan reciente y por estar rodeado de centros urbanos, el Imbabura es clasificado como un volcán potencialmente activo que requiere ser vigilado.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 5.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCANES IMBABURA Y CHACHIMBIRO





## VOLCÁN CAYAMBE



Vista aérea del Volcán Cayambe desde el Norte. Foto: P. Ramón

Nombre	Cayambe
Coordenadas	0,03° N; 77,988° W
Altura	5790 m snm
Diámetro	24 x 18 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1785 - 1786
Estado	Activo
Actividad reciente	Fumarolas, sismos volcánicos
Monitoreo	Sismicidad, deformación, desgasificación

El volcán Cayambe está ubicado en la parte Norte de la Cordillera Real del Ecuador, a 60 km al Nor-Oriente de Quito y a tan sólo 15 km al Oriente de la ciudad de Cayambe (20000 habitantes). El Cayambe es un volcán compuesto, formado por varios domos, presentando así varias cumbres, de las cuales la máxima alcanza 5790 m.

Sobre los 4800 m el volcán está cubierto por un importante casquete glaciar que cubre un área

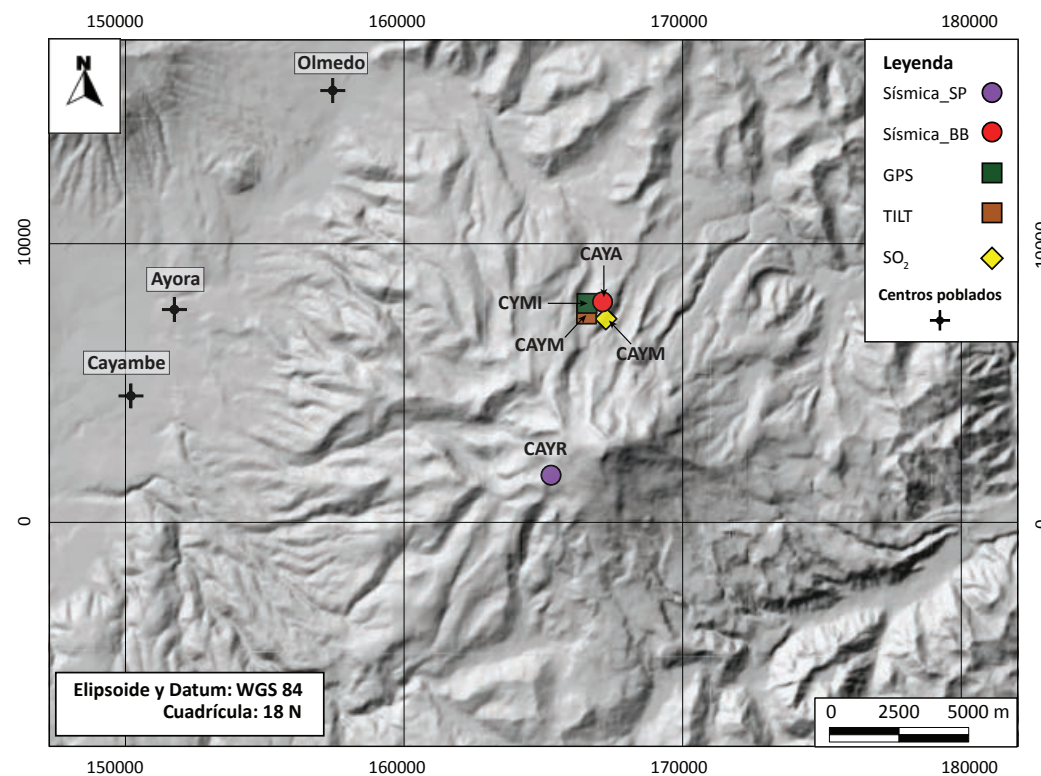
aproximada de 22 km<sup>2</sup> y que alcanza un espesor de alrededor de 30 a 50 m en la zona de la cumbre. Es uno de los complejos volcánicos más grandes del país, con un diámetro de 24 km en dirección Este-Oeste y 18 km en dirección Norte-Sur. Morfológicamente la zona oriental presenta altas pendientes y topografía accidentada, correspondiendo al edificio joven; mientras que la occidental tiene un relieve más suave y constituye el edificio antiguo.

El Nevado Cayambe es un edificio que ha presentado actividad volcánica en los últimos 11800 años (Hall y Mothes, 1994). Los productos observados en los estudios de campo son principalmente domos o flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y caídas de lapilli y ceniza (Samaniego et al., 2004). El registro de la actividad más reciente del Cayambe incluye 18 a 20 erupciones en los últimos 4000 años, las mismas que están distribuidas en tres periodos de actividad volcánica (Samaniego et al., 1998). El primer periodo se habría dado entre 3800 y 3500 años

AP; el segundo entre 2500 y 1700 años AP; y el último inició hace 1100 años. La última erupción del Cayambe ocurrió en los años 1785-1786 (Ascázubi, 1802) y se la describe como una erupción subglaciar que habría producido caídas moderadas de ceniza en Cayambe y la misma habría terminado con un flujo de lava o un lahar en 1786.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 6.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL VOLCÁN CAYAMBE



## COMPLEJO VOLCÁNICO PULULAHUA



Vista aérea del Complejo volcánico Pululahua desde el occidente. Foto: P. Ramón

Nombre	Pululahua
Coordenadas	0,044° N; 78,48° W
Altura	3356 m snm
Diámetro	10 km
Tipo de volcán	Complejo de domos
Última erupción	Aprox. 2200 años antes del presente
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El complejo del Pululahua se encuentran localizado a unos 20 km al norte del perímetro urbano de Quito, prácticamente sobre la línea ecuatorial, colindante con las poblaciones de San Antonio de Pichincha, Calacalí y Pomasqui. El punto más alto de este complejo corresponde a la cumbre de la loma

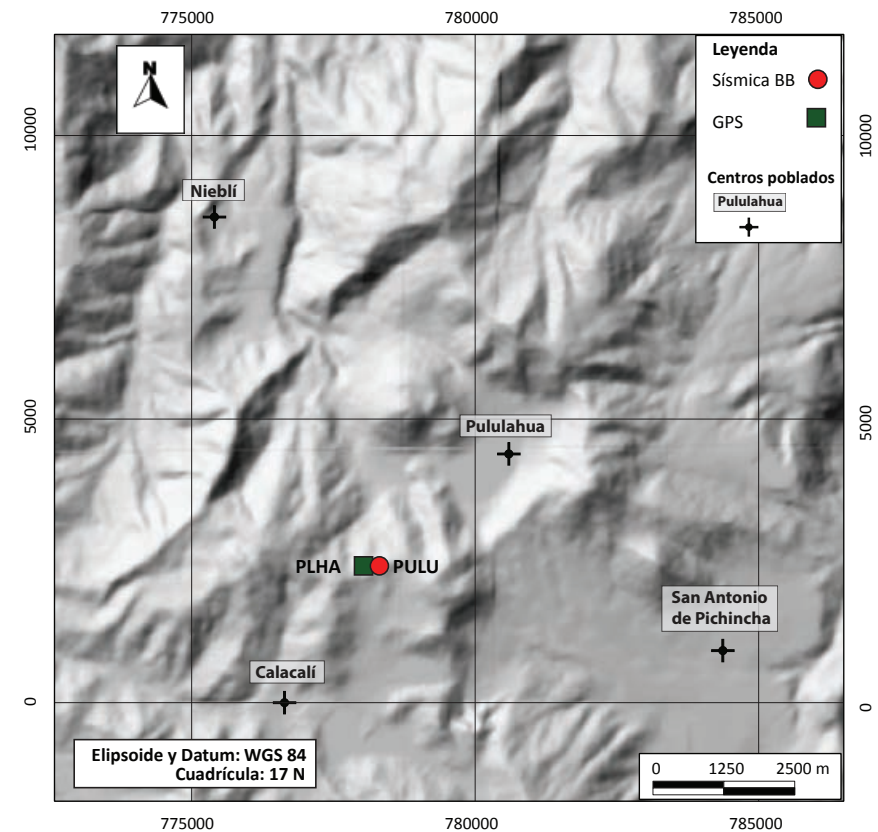
Sincholahua que tiene 3356 m snm. A diferencia de otros volcanes más famosos del Ecuador, el Pululahua no se presenta como una gran montaña de forma cónica, sino que está conformado por varios domos de lava dispersos en una superficie de ~40 km<sup>2</sup> y por un gran cráter de 3-4 km.

El desarrollo geológico del Pululahua puede ser dividido en dos periodos de tiempo característicos: el periodo Pre-Holoceno y el periodo Holoceno. Durante el pre-Holoceno, el Pululahua se caracteriza por formar dos grupos de domos de lava. Estos dos grupos de domos fueron erupcionados en un periodo de tiempo que va entre aproximadamente los 20 mil y los 12 mil años AP, pero no se conoce la cronología detallada de su emplazamiento (Andrade, 2002). Durante el Holoceno, es decir desde hace 11.800 años, la actividad eruptiva del Pululahua se caracteriza por la ocurrencia de al menos seis grandes erupciones explosivas que dieron lugar a la formación del gran cráter del

volcán, entre 2600 y 2400 años antes del presente. Estas erupciones provocaron la migración masiva de la cultura Cotacollao, que se desarrollaba al norte de Quito y que fue seriamente afectada por el proceso eruptivo del Pululahua. En seguida, dentro del cráter recién formado se emplazó otro grupo de domos de lava, entre 2400 y 2200 años antes del presente. Luego de la erupción de estos domos, el Pululahua ha permanecido inactivo hasta la actualidad (Andrade et al., 2012).

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 7.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN PULULAHUA





## VOLCÁN REVENTADOR



Vista aérea del Volcán Reventador desde el occidente. Foto: S. Hidalgo

Nombre	Reventador
Coordenadas	0,08° S; 77,657° W
Altura	3560 m snm
Diámetro	17 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	Desde el año 2002 hasta el presente
Estado	En erupción
Actividad reciente	Explosiones, emisiones de gases y ceniza, flujos de lava, lahares.
Monitoreo	Sismicidad, deformación, detectores de lahares, cámaras digitales y térmicas.

El Reventador está ubicado aprox. 90 km al Este de Quito y es en la actualidad uno de los tres volcanes en erupción del Ecuador. Geográficamente forma una fila de volcanes junto con el Pan de Azúcar, el Sumaco y los Conos de Puyo, los cuales están todos ubicados en la zona Sub-Andina del Ecuador. Este complejo volcánico está constituido por dos edificios, uno antiguo que ha sufrido dos colapsos sectoriales dejando un gran escarpe de deslizamiento; y el

como actual que ha crecido dentro del anfiteatro dejado por dichos deslizamientos. Las lavas del cono actual son principalmente andesitas y andesitas basálticas. El cono tiene una forma alargada hacia el Este, con pendientes de hasta 34°. Previo a la erupción del 3 de Noviembre de 2002 la altura del cono era de 3560 m snm, tras la erupción la parte superior del cono fue destruida reduciéndose a 3450 m snm. Desde entonces, se ha vuelto a construir el cono gracias a la efusión

de al menos 26 flujos de lava y al momento se estima que alcanza una altura de 3600 m snm.

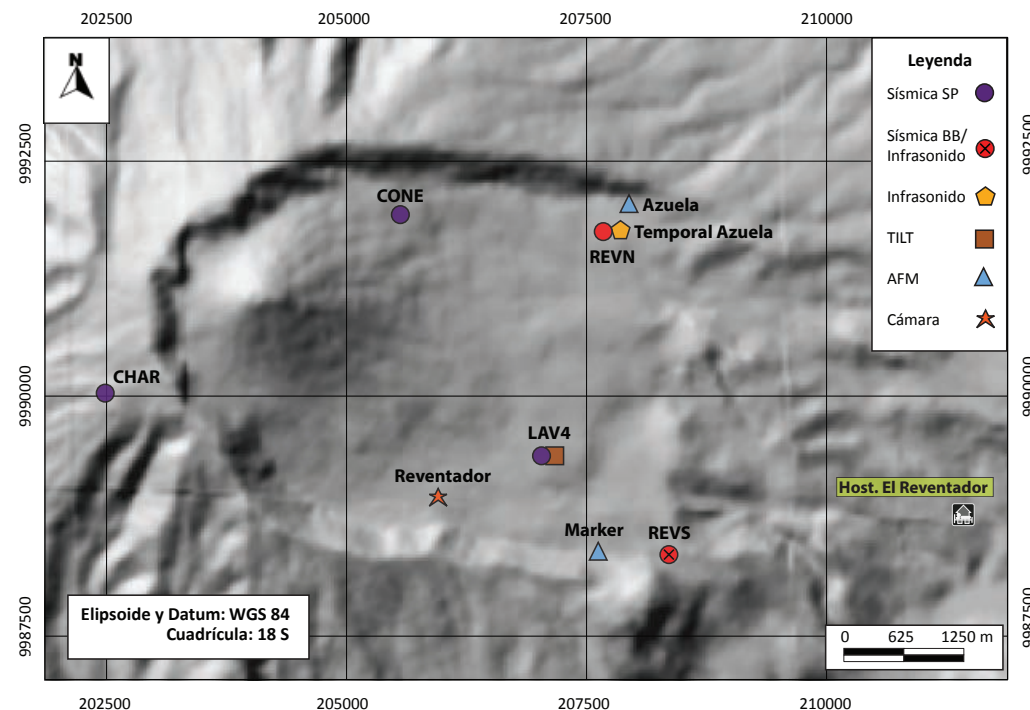
La actividad histórica de este volcán es poco conocida debido a su remota ubicación, su inaccesibilidad y a las persistentes malas condiciones climáticas que impiden observaciones visuales directas. Sin embargo, se estima que el volcán ha tenido al menos 16 erupciones entre 1541 y la actualidad. Los períodos eruptivos confirmados previo al que se inició en 2002 son: 1898-1912, 1926-1929, 1944, 1959-1960, 1972-1974 y 1976. Estas erupciones estuvieron caracterizadas por flujos piroclásticos menores, flujos de lava en bloques, flujos de lodo y caídas de ceniza (Hall et al., 2004).

La erupción actual inició en 2002 con una fase bastante explosiva que alcanzó un índice de

explosividad volcánica de 3 (VEI=3). La columna eruptiva generada se elevó 16-17 km y produjo un volumen de tefra de 60 millones de m<sup>3</sup> que se dirigió hacia el Occidente del volcán (Le Pennec et al., 2003). La caída de ceniza tuvo una afectación regional significativa, llegándose a medir entre 1 y 2 mm de ceniza acumulada en Quito. Adicionalmente se generaron flujos piroclásticos que afectaron la carretera y los oleoductos ubicados en la zona. Desde entonces el volcán ha permanecido con una actividad de tipo más efusivo generando flujos de lava y algunos períodos explosivos de magnitud moderada que generan columnas de explosión de 1 a 2 km de altura.

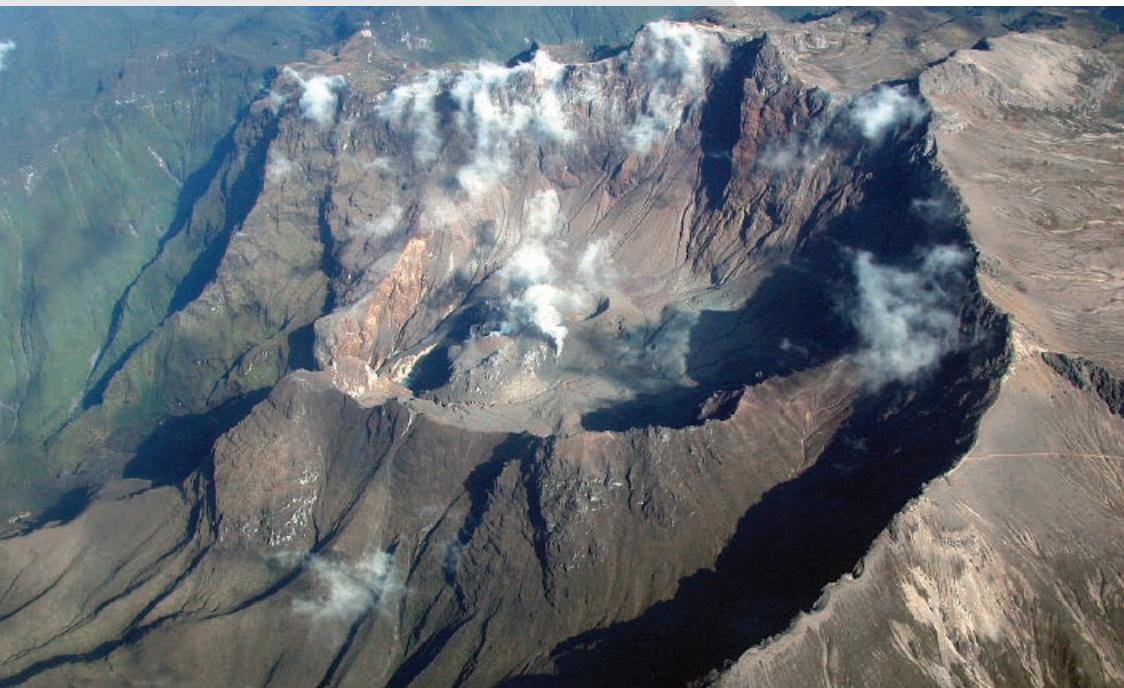
La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 8.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN EL REVENTADOR





## VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA



Vista aérea desde el Sur del Volcán Guagua Pichincha con actividad fumarólica en el Domo Cristal. Foto: P. Mothes.

Nombre	Guagua Pichincha
Coordenadas	0,171° S, 78, 609° W
Altura	4776 m snm
Diámetro	9 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1999 - 2001
Estado	Activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal y fumarólica
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El volcán Guagua Pichincha se encuentra ubicado a 12 km al oeste de la ciudad de Quito, en la Cordillera Occidental de los Andes Ecuatorianos. Consiste de un domo, denominado Cristal, ubicado dentro de un escarpe de deslizamiento que tiene forma de herradura abierta hacia el occidente. Otros centros eruptivos más antiguos y mucho más

voluminosos como Toaza, Guagua Basal y Rucu se encuentran al oriente del centro volcánico activo cuyas fumarolas suelen ser muy notables.

El Guagua Pichincha está formado en su mayoría por rocas de composición dacítica. Varias de las erupciones de los últimos diez mil

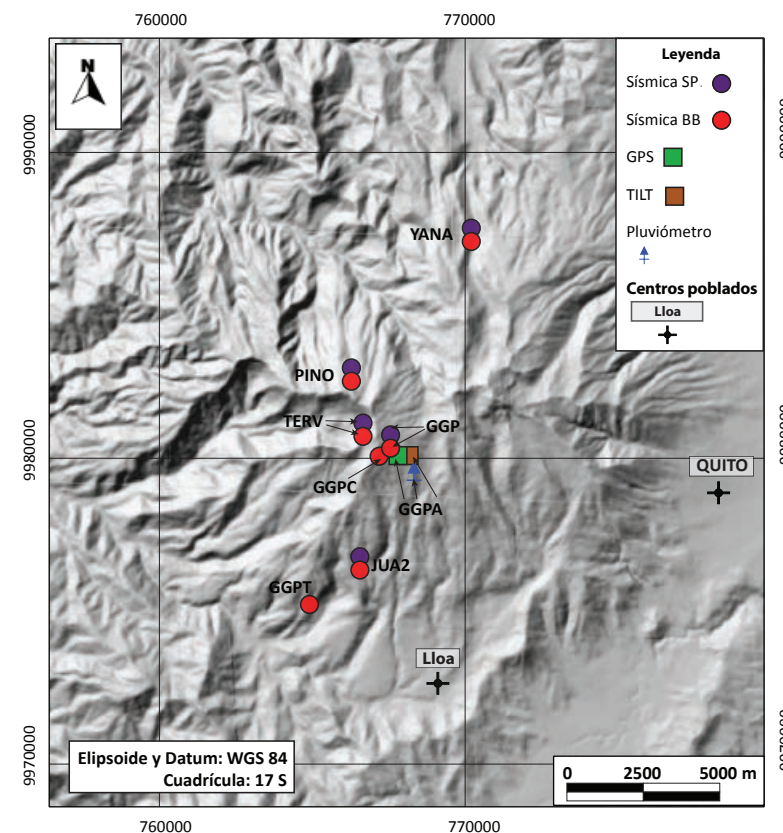
años fueron muy explosivas y provocaron caídas de cenizas, flujos piroclásticos, así como a domos de lava que posteriormente colapsaron (Robin et al., 2008).

Durante la época prehistórica las erupciones de mayor magnitud fueron las ocurridas hace 3700 y hace 1000 años. La erupción histórica del año 1660 fue también muy importante, aunque de menor magnitud que las precedentes. En todos los eventos hubo caídas de ceniza importantes en la ciudad de Quito, así como flujos piroclásticos, colapsos de domos y generación de lahares secundarios en varios sectores del volcán (Robin et al., 2010).

Durante las investigaciones realizadas en excavaciones en el valle de Quito se ha encontrado una amplia evidencia de depósitos de estas caídas de cenizas y lahares secundarios. La caída relacionada con la erupción de 1000 años tiene un espesor de 12 cm en la zona de la Universidad Central. En el Centro Histórico, la caída asociada con la erupción de 1660 tiene un espesor de 4 cm. El periodo eruptivo más reciente se dio entre 1999 y 2001. Se produjeron al menos 2 fuertes caídas de ceniza que afectaron a la ciudad de Quito y colapsaron al menos 11 domos hacia el río Cristal.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 9.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN GUAGUA PICHINCHA





## ATACAZO-NINAHUILCA



Domo Ninahuilca Chico II visto desde el Norte. Al fondo se observa los volcanes Corazón e Iliniza. Foto: G. Chazot

Nombre	Atacazo - Ninahuilca
Coordenadas	0.361° S; 78, 62° W
Altura	4455 m snm
Diámetro	18 x 16 km
Tipo de volcán	Complejo volcánico
Última erupción	Hace aprox. 2300 años
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal y fumarólica
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El Atacazo-Ninahuilca es un volcán poco conocido por la ciudadanía. Su edificio principal, llamado Atacazo, es bastante antiguo y puede ser visto claramente desde el sur de Quito. La parte más joven y potencialmente activa de este complejo, llamada Ninahuilca, está ubicada al Sur-Occidente del Atacazo y conformada por un grupo de domos de lava concentrados al

interior de una depresión topográfica de forma rectangular, que cubre una superficie de ~20 km<sup>2</sup>. Por su ubicación, estos domos han pasado prácticamente desapercibidos por la ciudadanía durante mucho tiempo.

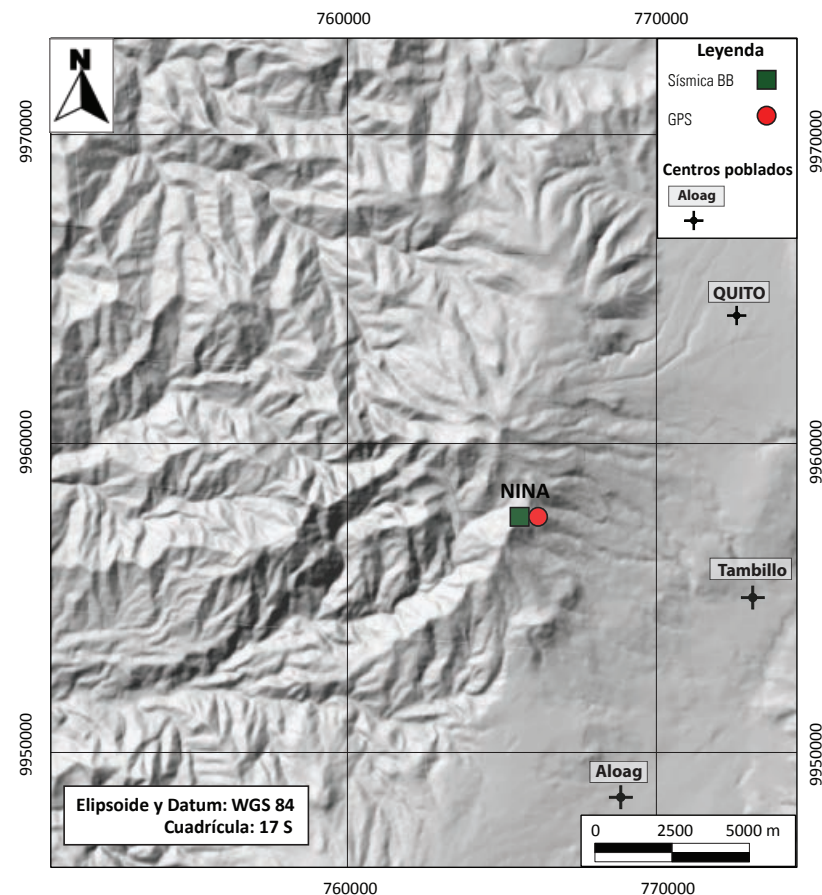
El Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca está compuesto por dos edificios antiguos, La Carcacha y el Atacazo cuyas edades son de 1.3

millones de años para el primero y entre 200 y 80 mil años AP para el segundo. La Carcacha es un edificio principalmente lávico, mientras que el Atacazo tiene varias secuencias de lavas andesíticas y caídas de piroclastos asociadas a su construcción y correspondiente actividad (Hidalgo, 2006). Los domos más jóvenes han presentado actividad desde hace aproximadamente 12 mil años AP. Estos son de composición dacítica y los productos son principalmente caídas de tephra y depósitos de flujos piroclásticos que han rellenado las diferentes quebradas que circundan al Atacazo

y en los drenajes del edificio, donde en la actualidad aún se los puede ver. Parte de estos depósitos de flujos y caídas piroclásticas afloran en la vía Aloag-Santo Domingo y en el sur de Quito. La última actividad de este complejo volcánico corresponde al emplazamiento del domo Ninahuilca Chico II, la misma que se produjo hace 2300 años AP (Hidalgo et al., 2008).

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 9.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN ATACAZO-NINAHUILCA





## VOLCÁN ANTISANA



Vista aérea del Volcán Antisana desde el Oriente. Foto: P. Ramón.

Nombre	Antisana
Coordenadas	0,488° S; 78,141° W
Altura	5758 m snm
Diámetro	13 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1590-1600
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal, sismos volcánicos
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El Antisana es un gran estrato volcán compuesto, potencialmente activo, cubierto por glaciares y ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, unos 50 km al sureste de Quito. Su cumbre alcanza 5758 m con un edificio basal de 13 km de diámetro ligeramente elongado en sentido E-O. Se reconocen dos edificios volcánicos en el Antisana: el Antisana I, que es un edificio viejo y erosionado ubicado en la parte oriental del complejo, y el Antisana II que representa el edificio joven potencialmente activo. La parte superior del edificio es

fundamentalmente lávica, con flujos de lava que afloran radiales a la cumbre y cuyos frentes se pueden ver bajo el pie del glaciar. En base a los estudios estratigráficos realizados en la zona se ha concluido que el edificio habría crecido durante y posteriormente a la última glaciación del Pleistoceno. Los flancos inferiores del edificio están cubiertos por morrenas y flujos de lava, sin embargo, en las laderas occidentales afloran secuencias espesas de depósitos de flujos piroclásticos y flujos de escombros.

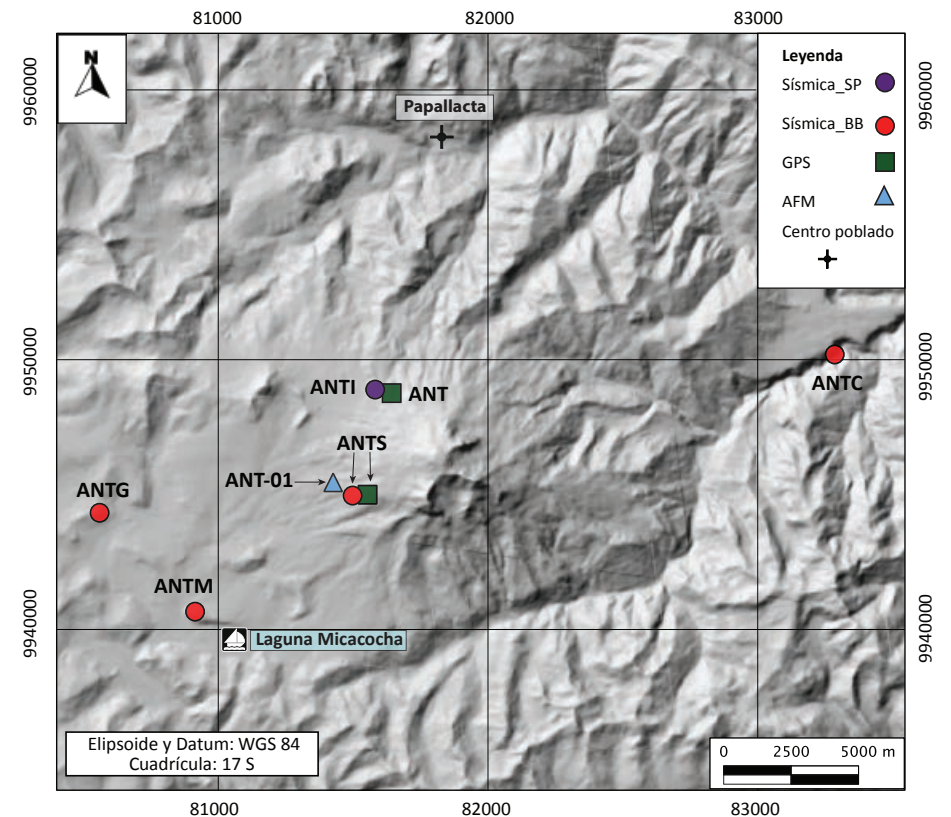
Según Hall et al. (2012) el Antisana II habría experimentado una actividad eruptiva regular desde hace más de 14000 años, registrándose al menos 40 erupciones pequeñas a moderadas en este periodo de tiempo. Este tipo de actividad se habría detenido hace aproximadamente 1000 años o al menos no se tiene un registro geológico claro de actividad más reciente.

En el periodo histórico se presume que han ocurrido al menos 4 erupciones: 1590-1600, 1760, 1773 y 1802. Sin embargo, debido a la situación remota del volcán no existen relatos detallados de las mismas. Las erupciones de 1760 y 1773 fueron erupciones efusivas (flujos

de lava) que actualmente han sido asociadas a la Caldera de Chacana y no al Antisana propiamente dicho. La supuesta erupción de 1802 corresponde a un relato de Alexander von Humboldt que refería la presencia de humo cerca del volcán, sin embargo no existe otra confirmación de este fenómeno. Actualmente no se observa ningún tipo de actividad fumarólica en el Antisana, sin embargo, algunos montañistas han reportado olor a azufre en las partes altas.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 10.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL VOLCÁN ANTISANA





# VOLCÁN COTOPAXI



Volcán Cotopaxi visto desde el Norte. Foto: S. Hidalgo

Nombre	Cotopaxi		
Coordenadas	0,683° S; 78,436° W	Altura	5897 m snm
Diámetro	20 km	Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	1877	Estado	Activo
Actividad reciente	Actividad fumarólica		
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales, desgasificación		

El Cotopaxi se encuentra sobre la Cordillera Oriental (Real), a una distancia de 35 km al Noreste de Latacunga y de 45 km al Sureste de Quito. Su edificio forma un cono simétrico con pendientes de hasta 35° y un diámetro basal de ~20 km, mientras que el diámetro del cráter varía entre 800 m en sentido Norte-Sur y 650 m en sentido Este-Oeste. El Cotopaxi está rodeado por páramos que bordean los 3500 msnm y por otros volcanes como Sincholhua (4873 msnm), Quilindaña (4876 msnm) y Rumiñahui (4722 msnm).

El Cotopaxi es considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo debido a la frecuencia de sus erupciones, su estilo eruptivo, su relieve, su cobertura glaciaria y por la cantidad de poblaciones potencialmente expuestas a sus amenazas. Desde el inicio de la conquista española, el Cotopaxi ha

presentado cinco grandes periodos eruptivos: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880 (Hall y Mothes, 2008). Dentro de cierto rango, todos los episodios han dado lugar a fenómenos volcánicos muy peligrosos, y no hay duda de que episodios similares volverán a repetirse en el plazo de las décadas. Los cuatro últimos periodos han dado lugar a muy importantes pérdidas socio-económicas en el Ecuador. La peligrosidad del Cotopaxi radica en que sus erupciones pueden dar lugar a la formación de enormes lahares (flujos de lodo y escombros) que transitarían por drenajes vecinos a zonas densamente pobladas como el Valle Interandino entre Mulaló y Latacunga, y una parte del valle de los Chillos (Mothes et al. 2004). Se ha estimado que actualmente más de 300.000 personas viven en zonas amenazadas por lahares en caso de que se repitan erupciones

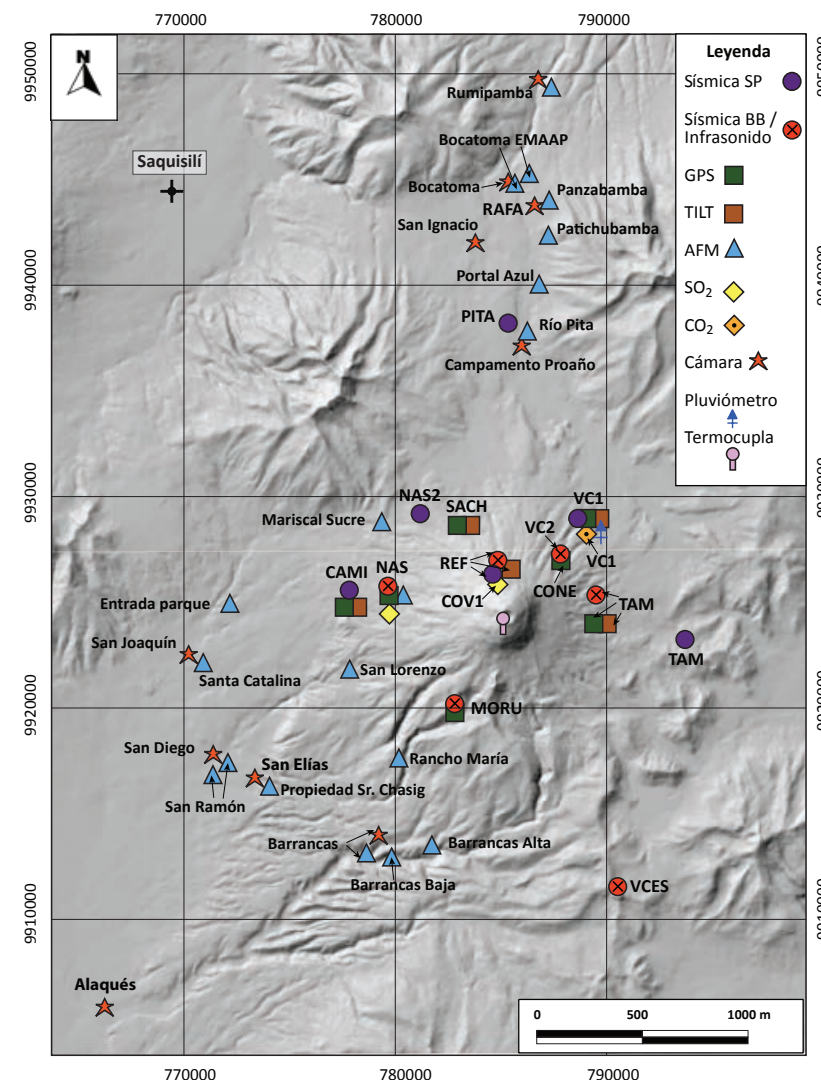
similares a las ocurridas en los siglos XVIII y XIX. Adicionalmente, la caída de ceniza producida durante una erupción del Cotopaxi podría afectar una parte muy significativa de la Sierra y la Costa del Ecuador (Biass et al. 2012)

El Cotopaxi es también uno de los volcanes más vigilados del Ecuador y al cual se dedican una gran parte de los recursos disponibles para el monitoreo. De hecho, la primera estación

sísmica permanente dedicada a vigilar un volcán en Sudamérica fue instalada en el Cotopaxi, en 1976. Desde entonces, la red de monitoreo de este volcán ha crecido constantemente hasta la configuración actual (Figura 11), que asegura una vigilancia adecuada de este peligroso volcán.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 11.

## RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN COTOPAXI



# VOLCÁN QUILOTOA



Laguna del Quilotoa vista desde el Sur, foto: B. Bernard.

Nombre	Quilotoa
Coordenadas	0,859° S; 78,904° W
Altura	3914 msnm
Diámetro	2 km
Tipo de volcán	Caldera Volcánica / Lago cratérico
Última erupción	Siglo XII
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal
Monitoreo	deformación, aguas termales

El volcán Quilotoa es un ejemplo de volcanismo dacítico en un lago cratérico. Está ubicado en el Frente Volcánico al Oeste de la ciudad de Latacunga. Ha tenido una serie de erupciones plinianas de tamaño moderado a grande (VEI = 4 – 6), a intervalos comprendidos entre 10 y 15 mil años (Hall y Mothes, 2008). Al menos ocho ciclos eruptivos han sido reconocidos en el Quilotoa en los últimos

200.000 años. Estos ciclos han iniciado generalmente con actividad freato-magmática seguida de caídas de lapilli de pómez y posteriormente oleadas y flujos de ceniza ricos en líticos y cristales. Estos depósitos han creado el paisaje particular de la zona del volcán y han viajado excepcionalmente hasta 17 km a lo largo del valle del río Toachi (Hall y Mothes, 2008). Otro de los peligros asociados

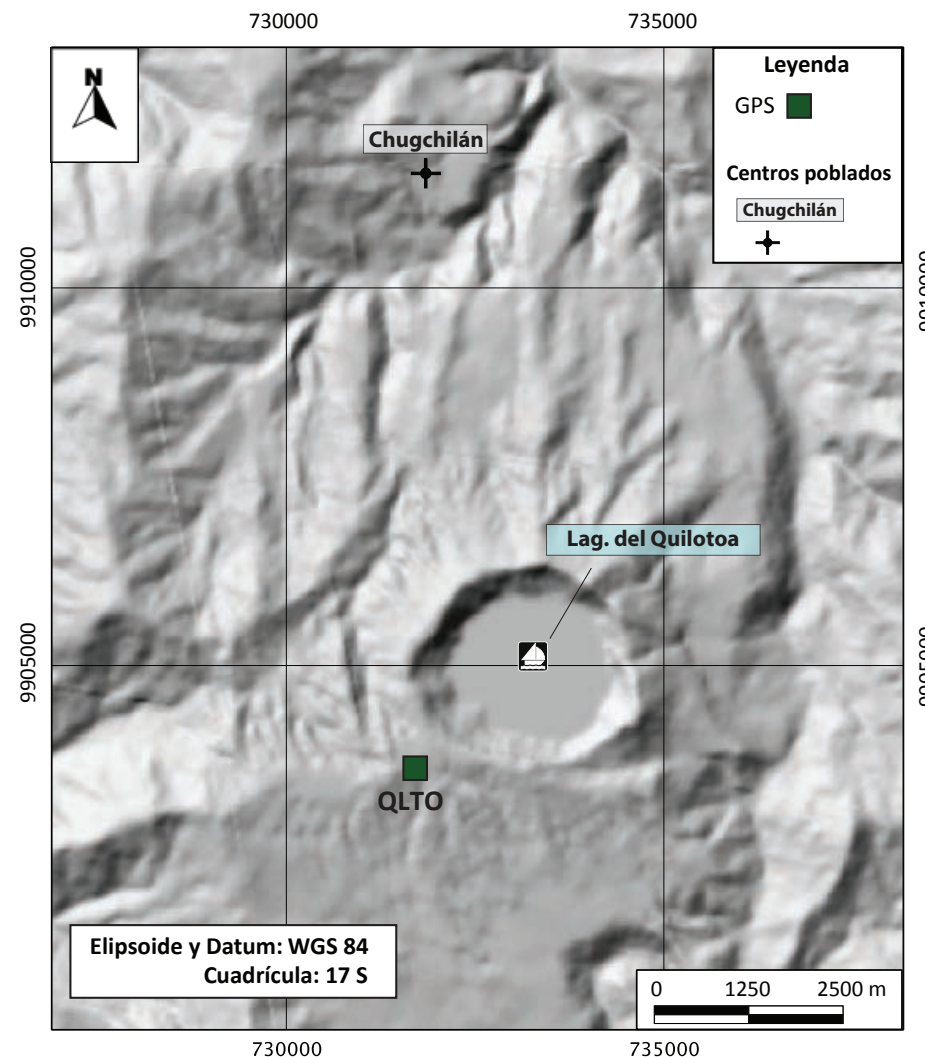
a la actividad de este volcán es la potencial formación de flujos de lodo debido al gran volumen de agua disponible en el lago .

La última erupción tuvo lugar hace aprox. 800 años (siglo XII), produciéndose grandes flujos piroclásticos de pómez y un depósito de caída que se encuentra distribuido a lo largo del

Norte del país. Cabe destacar que esta ceniza enterró varias zonas agrícolas precolombinas, lo que aparentemente forzó la migración de los pueblos indígenas que las habitaban (Mothes y Hall, 2008).

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 12.

## RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN QUILOTOA





# VOLCÁN CHIMBORAZO



Volcán Chimborazo visto al amanecer desde el Noreste. Foto: S. Hidalgo

Nombre	Chimborazo
Coordenadas	1,467° S; 78,819° W
Altura	6268 m snm
Diámetro	20 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	Siglo V - Siglo VII
Estado	Potencialmente activo
Actividad reciente	Actividad hidrotermal
Monitoreo	Sismicidad, deformación, aguas termales

El volcán Chimborazo está ubicado 150 km al sur de Quito y con sus 6268 msnm, es el volcán más alto de los Andes del Norte. Está construido sobre la Cordillera Occidental, siendo el volcán más sureño de esta cordillera. Es un volcán compuesto por tres edificios sucesivos. El edificio Basal, principalmente efusivo, que habría estado activo entre 120 y 60 mil años antes del presente. Su construcción se habría dado en dos etapas,

siendo la última la formación de un complejo de domos. Este edificio fue afectado por un gran colapso sectorial ocurrido hace 60-65 mil años, el mismo que produjo una avalancha de escombros cuyo depósito está distribuido sobre la planicie de la ciudad de Riobamba, cubriendo una superficie de 280 km<sup>2</sup> con un espesor promedio de 40 m y un volumen total estimado entre 10 y 13 km<sup>3</sup> (Bernard et al. 2008). Tras el emplazamiento de esta

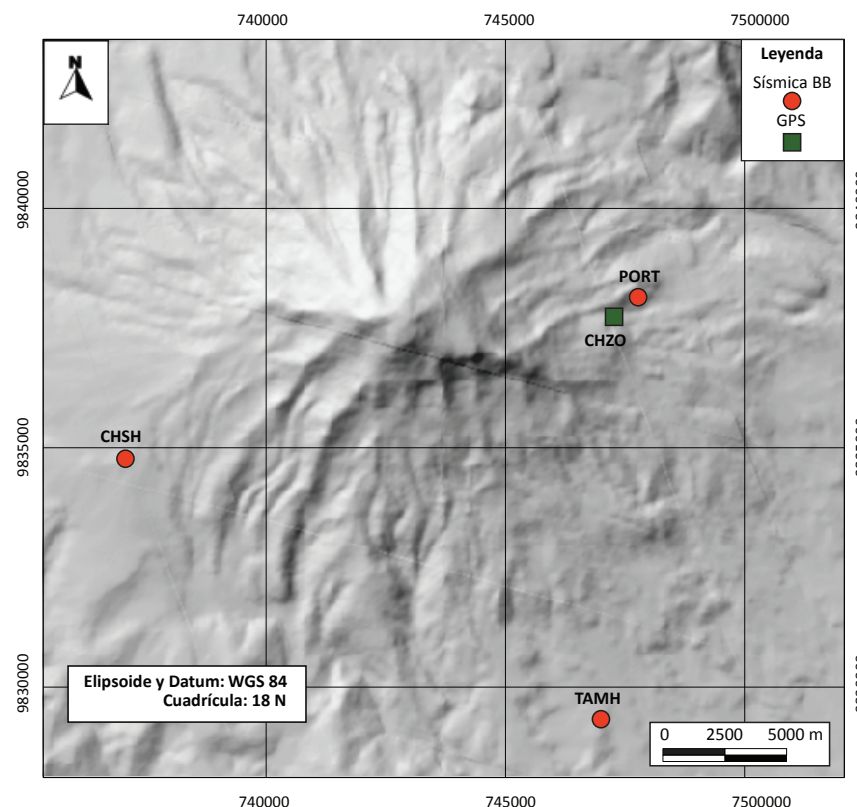
avalancha, la actividad recomenzó en la zona oriental de la cicatriz de colapso, construyendo progresivamente el edificio Intermedio. La actividad de éste tuvo lugar entre 60 y 35 ka AP (Samaniego et al., 2012). Los remanentes de este edificio son las cumbres Politécnica y Martínez. Por último la actividad migró hacia el oeste del edificio iniciando la construcción del edificio más joven cuya cumbre, Whymper, es además la más alta.

La tasa eruptiva promedio estimada para el Chimborazo durante su historia es de aprox. 0.8 km<sup>3</sup>/ka. Sin embargo, se observa una disminución de la misma desde el edificio más antiguo al actual, siendo la tasa eruptiva de este último de alrededor de 0.1 km<sup>3</sup>/ka.

Durante el Holoceno, la actividad eruptiva del Chimborazo consistió de eventos explosivos de pequeño volumen a intervalos regulares. La erupción más reciente habría tenido lugar entre el inicio del siglo V y finales del siglo VII (Barba et al., 2008). El intervalo promedio entre erupciones es de 1000 años y por lo tanto el Chimborazo es considerado como un volcán potencialmente activo. La presencia del casquete glaciar en la cumbre, la fuerte pendiente de sus flancos y su ubicación tan cercana a las zonas pobladas de Riobamba y Ambato, son factores que resultan en un riesgo potencial elevado.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 13.

## RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN CHIMBORAZO



# VOLCÁN TUNGURAHUA



Volcán Tungurahua en emisión continua visto desde el Occidente. Foto: S. Hidalgo

Nombre	Tungurahua
Coordenadas	1,468° S; 78,446° W
Altura	5020 m snm
Diámetro	16 km
Tipo de volcán	Estrato-volcán compuesto
Última erupción	1999 hasta el presente
Estado	En erupción
Actividad reciente	Explosiones strombolianas, vulcanianas, emisiones subcontinuas de gas y ceniza, flujos piroclásticos, fumarolas, actividad hidrotermal
Monitoreo	Sismicidad, deformación, desgasificación, aguas termales, temperatura, cámaras digitales.

El Tungurahua es un estrato-volcán andesítico compuesto, ubicado en la Cordillera Real del Ecuador, 120 km al sur de Quito, 33 km al SE de Ambato y tan sólo a 8 km al Norte de la ciudad de Baños. Es un edificio volcánico de 5020 m de altura con un diámetro basal de 16 km. Hall et al. (1999) dividen a este volcán en tres edificios sucesivos, Tungurahua I, II y III, siendo el tercero el edificio actual. Los dos edificios anteriores sufrieron colapsos sectoriales hace 30 y 3 ka, cuyos depósitos de avalancha afloran en los valles de los ríos Chambo y Patate. La actividad del Tungurahua III habría

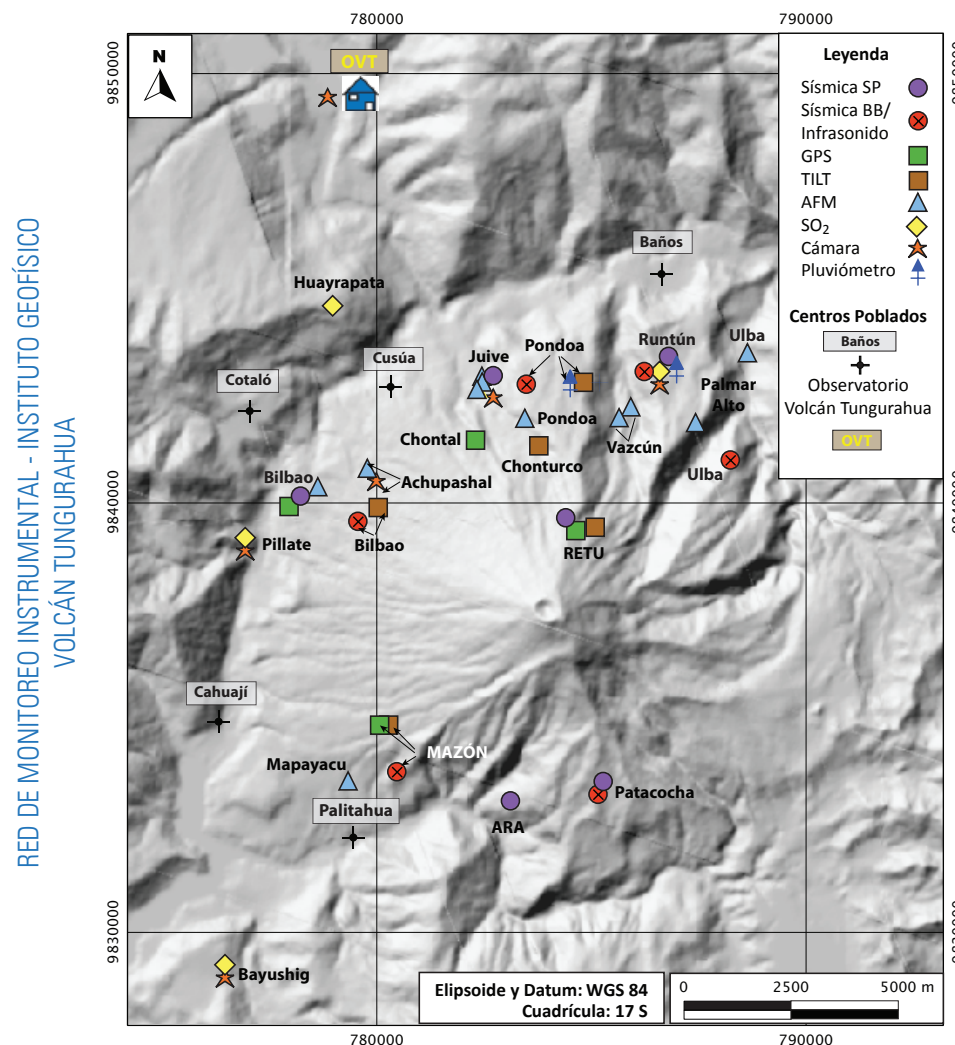
comenzado con la emisión del gran flujo de lava de las Juntas hace aproximadamente 2300 años (Hall et al., 1999). Desde el año 1300 AD el Tungurahua ha producido erupciones con flujos piroclásticos, caídas de ceniza, flujos de lava y lahares, al menos una vez por siglo (LePennec et al., 2008)

El periodo eruptivo actual se inició en 1999 y persiste hasta el momento. Al inicio la erupción actual fue subcontinua caracterizada por explosiones estrombolianas y vulcanianas; y emisiones de gases y ceniza. En Julio y

Agosto del 2006, por primera vez en este periodo el volcán produjo dos grandes erupciones explosivas con formación de flujos piroclásticos que afectaron principalmente al flanco occidental y sur occidental (Kelfoun et al. 2009, Hall et al. 2013, Douillet et al. 2013). La caída de ceniza asociada a estos eventos fue de carácter regional afectando incluso a la ciudad de Guayaquil (Eychenne et al. 2012). Desde entonces el volcán ha mantenido episodios

de actividad intermitentes con duraciones de pocos días a semanas y pausas en la actividad de hasta 3 meses. La actividad puede iniciarse con fuertes explosiones vulcanianas, como en Mayo 2010, Diciembre 2012, Julio 2013 y Febreros y Abril de 2014; o con explosiones de carácter estromboliano y emisión continua de gases y ceniza.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 14.





## VOLCÁN SANGAY



Vista aérea desde el Sur del Volcán Sangay. Foto: S. Vallejo.

Nombre	Sangay
Coordenadas	2,004° S; 78,342° W
Altura	5260 m snm
Diámetro	17 km
Tipo de volcán	Estrato volcán compuesto
Última erupción	Al menos desde 1934 hasta el presente
Estado	En erupción
Actividad reciente	Explosiones, emisiones de gas y ceniza, fumarolas
Monitoreo	Sismicidad, deformación, desgasificación

El Sangay es un estratovolcán andesítico, es uno de los más activos en el mundo, situado a unos 50 km al sureste de Riobamba sobre la vertiente oriental de la cordillera Real del Ecuador, y a unos 40 km al noroeste de Macas. Desde sus pendientes muy inclinadas, las que alcanzan hasta los 35°, se originan numerosos drenajes, los que finalmente se dirigen hacia la cuenca oriental, a través de los ríos Volcán,

Sangay, Upano y Palora. Por su forma es un volcán muy simétrico, sin embargo la zona de la cumbre corresponde más bien a la de un cono truncado, sobre la cual se alojan tres diferentes cráteres, de los cuales el central es el más activo. Según lo observado en los últimos años su actividad más característica corresponde a una actividad estromboliana con expulsiones de bloques y ceniza, caída de

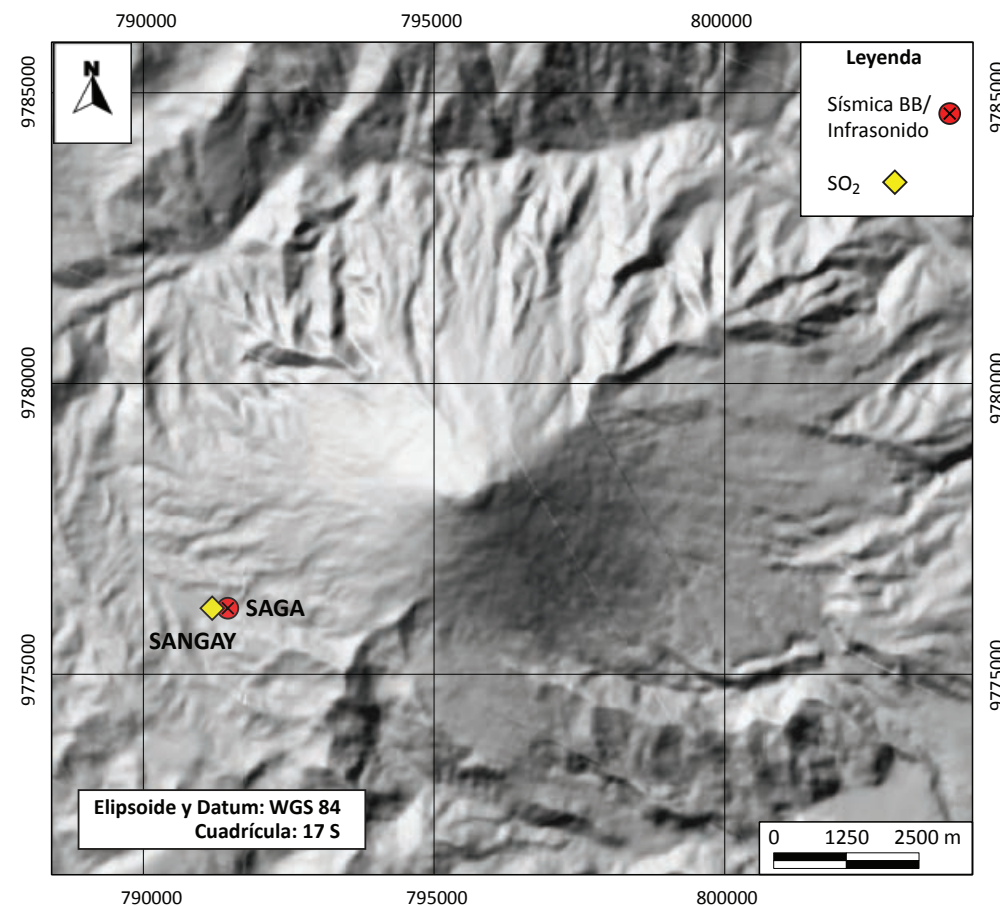
ceniza, frecuentes flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y en muy raras ocasiones grandes avalanchas de escombros producidas por grandes colapsos de los flancos del volcán.

En 1999, científicos del Instituto Geofísico y del IRD llevaron a cabo el primer estudio geológico detallado del volcán, en dicho estudio se determinó que hace unos 500 mil años se inició la construcción del edificio volcánico, desde entonces se han sucedido tres diferentes edificios siendo el más reciente el que observamos en la actualidad y que inició su formación hace unos 14 mil años (Monzier et al., 1999).

El Sangay es un volcán geográficamente muy aislado y alejado de los centros poblados, por lo que la amenaza de su intensa actividad es relativamente baja y generalmente se reduce a ocasionales caídas de ceniza en las poblaciones cercanas y al efecto que las emisiones de ceniza pueden tener sobre la navegación aérea. En el pasado mes de agosto/2013 el Instituto Geofísico instaló, en su flanco occidental, la primera estación multi-paramétrica de monitoreo.

La configuración de su red de monitoreo se muestra en la Figura 15.

### RED DE MONITOREO INSTRUMENTAL - INSTITUTO GEOFÍSICO VOLCÁN SANGAY



## Bibliografía

Andrade, D. (2002). Estudio geovolcanológico del Complejo Volcánico Pululahua. Tesis Ingeniero Geólogo, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 186 pp.

Andrade, D., Hidalgo, S., Monzier, M., Eissen, J.P., Beate, B. (2012). Los Peligros Volcánicos asociados con el Atacazo-Ninahuilca y Pululahua, Serie : Los Peligros volcánicos en el Ecuador, vol. 5., Corporación Editora Nacional, Quito-Ecuador.

Andrade, D. (2009) The influence of active tectonics on the structural development and flank collapse of Ecuadorian Arc Volcanoes. PhD Thesis, Université Blaise Pascal – Clermont 2, France, 240 p.

Ascáubi, J.J. (1802). Letter to Baron Alexander von Humboldt. Alexander von Humboldt. Biefe aus Amerika, 1799-1804. Berlin, Herausgegeben von Ulrike Moheit, Akademik Verlag. 174-176.

Athens, J.S., (1999). Volcanism and Archaeology in the Northern Highlands of Ecuador. In: Mothes, P. (Ed.), *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*. Abya-Yala editions, Quito, pp. 157–189.

Beate, B. (2001). Tefracronología Holocénica en el complejo Volcánico de Chachimbiro, prov. de Imbabura. Resumen en "Cuartas Jornadas en Ciencias de la Tierra", Escuela Politécnica Nacional, April 3-6, Quito (Ecuador), p. 46

Beate, B. (2003). La avalancha de escombros del volcán Huanguillaro, complejo volcánico de Chachimbiro, Cordillera Occidental, provincia de Imbabura. Resumen en "Quintas Jornadas en Ciencias de la Tierra", Escuela Politécnica Nacional, April 8-11, Quito (Ecuador), p. 8

Bernard, B., Robin, C., Beate, B., Hidalgo, S. (2011). Nuevo modelo evolutivo y actividad eruptiva reciente del volcán Chachimbiro. Extended abstract in the "7mas Jornadas en Ciencias de la Tierra", Escuela Politécnica Nacional, November 23-25, Quito (Ecuador), pp. 119-122

Bernard, B., Robin, C., Hidalgo, S., Beate, B., Quijozaca, J. (2013). The 3640-3510 BC eruption of Chachimbiro volcanic complex, Ecuador: a violent directed blast produced by a satellite dome. IAVCEI Scientific Assembly, July 20-24, Kagoshima (Japan), session 3G, poster P18

Bernard, B., Hidalgo, S., Robin, C., Beate, B., Quijozaca, J. 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). 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-014-0849-z>

Biass, S., Bonadonna, C. A quantitative uncertainty assessment of eruptive parameters derived from tephra deposits: the example of two large eruptions of Cotopaxi volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 73 (1), 73-90, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-010-0404-5>

Douillet, G.A., Tsang-Hin-Sun, È., Kueppers, U., Letort, J., Pacheco, D., Goldstein, F., Von Aulock, F., Lavallée, Y., Hanson, J., Bustillos, J., Robin, C., Ramón, P., Hall, M., Dingwell, D. Sedimentology and geomorphology of the deposits from the August 2006 pyroclastic density currents at Tungurahua volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology*, 75 (11). 2013. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-013-0765-7>.

Eychenne, J., Le Pennec, J-L., Ramón, P., Yepes, H. 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*, Volume 361, 2013, Pages 343-355, ISSN 0012-821X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2012.11.002>.

Hall, M.L. & Mothes, P. (1994). Tefroestratigrafía Holocénica de los volcanes principales del Valle Interandino, Ecuador; en *El Contexto Geológico del espacio físico Ecuatoriano*, ed. R. Marocco, pp. 46-47, Corporación Editora Nacional & Colegio de Geógrafos del Ecuador, Quito-Ecuador.

Hall, M.L., Robin, C., Beate, B., Mothes, P. et Monzier, M., 1999. Tungurahua Volcano, Ecuador : structure, eruptive history and hazards. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91(1): 1-21.

Hall, M.L., Ramón, P., Mothes, P., LePennec, J.L., García, A., Samaniego, P., Yepes, H. (2004). Volcanic eruptions with little warning: the case of Volcán Reventador's Surprise November 3, 2002 Eruption, Ecuador. *Revista Geológica de Chile*, Volumen 31, Número 2, pp. 349-358.

Hall, M.L., Mothes, P., Aguilar, J., Bustillos, J., Ramón, P., Eissen, J.P., Monzier, M., Robin, C., Egred, J., Militzer, A., Yepes, H. (2012). Los Peligros Volcánicos asociados con el Antisana, Serie : Los Peligros volcánicos en el Ecuador, vol. 4., Corporación Editora Nacional, Quito-Ecuador.

Hall, M.L., Steele, A.L., Mothes, P.A., Ruiz, M.C. (2013). Pyroclastic density currents (PDC) of the 16-17 August 2006 eruptions of Tungurahua volcano, Ecuador: Geophysical registry and characteristics. *Journal of Volcanology & Geothermal Research*, 265, 78-93.

Hidalgo, S., Monzier, M., Almeida, E., Chazot, G., Eissen, J.P., van der Plitch, J., Hall, M.L. (2008). Late Pleistocene and Holocene activity of the Atacazo-Ninahuilca Volcanic Complex (Ecuador). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176, 16-26. doi: 10.1016/j.jvolgeores.2008.05.017.

Kelfoun, K., Samaniego, P., Palacios, P., Barba, D. Testing the suitability of frictional behaviour for pyroclastic flow simulation by comparison with a well-constrained eruption at Tungurahua volcano (Ecuador). *Bulletin of Volcanology* 71 (9), 1057-1075. 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s00445-009-0286-6>

Le Pennec, J.L., Jaya, D., Samaniego, P., Ramón, P., Moreno Yáñez, S., Egred, J., van der Plitch, J. (2008). The AD 1300 1700 eruptive periods of Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176, 70-81.

Le Pennec, J.L., Ruiz, A.G., Eissen, J.P., Hall, M.L., Fornari, M. 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*, Volume 206, Issues 3–4, 15, Pages 121-135, ISSN 0377-0273, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2011.06.002>.

Monzier, M., Robin, C., Samaniego, P., Hall, M.L., Cotton, J., Mothes, P., Arnaud, N. (1999). Sangay volcano, Ecuador: structural development, present activity and petrology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 90, 49-79.

Robin, C., Samaniego, P., Pennec, J.-L., Fornari, M., Mothes, P., & Plicht, J. (2010). New radiometric and petrological constraints on the evolution of the Pichincha volcanic complex (Ecuador). *Bulletin of Volcanology*, 72(9), 1109–1129. doi:10.1007/s00445-010-0389-0

Samaniego, P., Eissen, J.P., Monzier, M., Robin, C., Alvarado, A., Yepes, H. (2004). Los Peligros Volcánicos asociados con el Cayambe, Serie : Los Peligros volcánicos en el Ecuador, vol. 2., Corporación Editora Nacional, Quito-Ecuador.

Samaniego, P., Monzier, M., Robin, C., Hall, M.L. (1998). Late Holocene eruptive activity at Nevado Cayambe Volcano, Ecuador. *Bulletin of Volcanology* 59, 451-459.

Samaniego, P., Barba, D., Robin, C., Fornari, M., Bernard, B. (2012). Eruptive history of Chimborazo volcano (Ecuador): A large, ice-capped and hazardous compound volcano in the Northern Andes, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Volumes 221–222, Pages 33-51, ISSN 0377-0273

von Hillebrandt, C. (1989). Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Cuicocha-Cotacachi y sus aplicaciones, Provincia de Imbabura. Dissertation Msc., Escuela Politécnica Nacional, Quito.