

Estratigrafía Cuaternaria de la Cuenca San Antonio de Pichincha

Pacheco D.*; Andrade D.*; Alvarado A.*

*Escuela Politécnica Nacional, Instituto Geofísico

Quito, Ecuador (Tel: 593-2-2225-655; e-mail: dpacheco@igepn.edu.ec)

Resumen: El presente estudio caracteriza crono-estratigráficamente a las formaciones geológicas cuaternarias de la cuenca de San Antonio de Pichincha, al norte de Quito. La secuencia estratigráfica en la zona de estudio, está integrada por depósitos volcánicos y volcano-sedimentarios. En su base se observan brechas volcánicas muy endurecidas (Formación Pisque). Una secuencia superior (Miembro Casitahua) dentro de esta formación ha sido estratigráfica y químicamente asociada con el Volcán Casitahua. Dos edades radiométricas de 898 ± 15 ka y 833 ± 26 ka, obtenidas para los domos Pacpo y Catequilla, respectivamente, han servido para ubicar el tope de la Formación Pisque en el Pleistoceno-Calabriense. El Mb. Casitahua subyace en concordancia a arcillolitas, limolitas, arenas y piroclastos, depositados en un ambiente lacustre (Formación San Miguel). Una gran discordancia erosiva separa a la Formación San Miguel de secuencias sobre-yacientes, principalmente compuestas por piroclastos y volcano sedimentos retrabajados por agua y viento. Químicamente éstas secuencias han sido asociadas con el Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya, y una capa de tefra en la base de esta formación, ha sido datada en 474 ± 17 ka. En contacto, parte concordante y parte discordante, la Formación Mojanda Fuya-Fuya subyace a volcano-sedimentos retrabajados de grano fino (Formación Cangahua), los que cubren la mayor parte de la zona de estudio. Sobre-yaciendo a la Fm. Cangahua, se encuentra el actual relleno de la cuenca, caracterizado por secuencias de piroclastos y volcano-sedimentos, asociados a los periodos de actividad del Complejo Volcánico Pululahua (Fm. Pululahua), pertenecientes al Pleistoceno Superior y Holoceno.

Palabras clave: Estratigrafía, San Antonio de Pichincha, Pomasqui, Volcán Casitahua, Domo Pacpo, Domo Catequilla, Formación Pisque

Abstract: This study characterizes chrono-stratigraphically the San Antonio de Pichincha Quaternary basin sequences. The stratigraphic sequence in the study area consists of volcanic and volcano-sedimentary deposits. At its base, there are very hardened volcanic breccias (Pisque Formation). An upper sequence (Casitahua Member), within this formation, has been associated with Casitahua Volcano. Two radiometric ages of 898 ± 15 ka and 833 ± 26 ka, were obtained for Pacpo and Catequilla domes, respectively, and were used to locate the top of Pisque Formation within Pleistocene-Calabrian. San Miguel Formation concordantly overlying to Casitahua Member. San Miguel's claystones, siltstones and pyroclastic sands were deposited in a lacustrine environment. A major erosional unconformity separates San Miguel Formation from overlying sequences, mainly composed of pyroclastic and volcano sediments reworked by water and wind. The pyroclastics have been associated with volcanic complex Mojanda Fuya-Fuya. A tephra layer at the base of this formation has been dated at 474 ± 17 ka. Mojanda Fuya-Fuya Formation is underlying, reworked fine grained volcano-sediments (Cangahua Formation), which cover most of the study area. Overlying the Cangahua Formation, is the current basin filling and it's characterized by sequences of pyroclastic and volcanoclastic sediments associated with active periods of Upper Pleistocene to Holocene Pululahua Volcanic Complex (Pululahua Formation).

Keywords: Stratigraphic, San Antonio de Pichincha, Pomasqui, Casitahua Volcano, Pacpo Dome, Catequilla Dome, Pisque Formation.

1. INTRODUCCION

La tectónica Cuaternaria en los Andes Ecuatorianos es el resultado de un estado de esfuerzos compresivos de orientación aproximada E – W, que responde a la subducción de la placa Nazca bajo el bloque Nor-Andino, dando lugar a la formación de grandes sistemas de fallas inversas y transcurrentes [7, 25].

Adicionalmente, asociado con este proceso de subducción, se

ha desarrollado el Arco Volcánico Ecuatoriano, cuyos edificios son la fuente principal de los materiales que rellenan la Depresión Interandina (también conocida como Valle Interandino).

En la Depresión Interandina se han identificado varias estructuras tectónicas en compresión, muchas de ellas activas desde el Pleistoceno [7, 8, 17, 25, 28, 29], siendo de un interés especial aquellas estructuras ubicadas en Quito y sus alrededores, ya que dicha zona se encuentra densamente poblada y en un contexto de alta actividad sísmica y

volcánica.

De las varias fuentes sismogénicas capaces de producir daños en Quito y sus alrededores, el sistema de fallas de Quito, es el que probablemente produzca las mayores intensidades en caso de ruptura, haciendo de esta estructura la fuente sismogénica potencialmente más peligrosa para la ciudad [1, 2, 12].

Este sistema de fallas tiene una cinemática inversa, debido a esto, los planos de falla no son visibles en superficie y se la interpreta como un sistema de fallas ciegas o *blind thrust* [1, 2, 8, 11, 25, 28]. Esta característica hace del sistema de fallas de Quito una estructura compleja de definir en forma directa, por lo que es necesario estudiarla usando métodos indirectos como la evolución sedimentológica de las cuencas que se han desarrollado por acción de este sistema de fallas.

La cuenca San Antonio de Pichincha se ha desarrollado por la acción conjunta del sistema de fallas de Quito y de varios edificios volcánicos cercanos, como el Complejo Volcánico Pichincha, Volcán Casitahua, Complejo Volcánico Pululahua y el Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya [20, 28].

El presente trabajo tuvo por objetivo definir y caracterizar las formaciones geológicas cuaternarias de la cuenca de San Antonio de Pichincha (Figs. 1 y 2), y fue desarrollado en base a una cartografía geológica a escala 1:10000 [20] (Fig.2), así como con la elaboración de cortes geológicos, columnas estratigráficas y descripciones de los depósitos volcánicos y las secuencias estratigráficas. Adicionalmente se muestrearon los depósitos y se tomaron medidas estructurales, cuando las condiciones de campo lo permitieron.

2. MARCO GEOLÓGICO

El Ecuador continental está subdividido en cinco regiones geológicas principales, cada una de ellas con características morfológicas y geológicas diferentes (Fig. 1).

En el Ecuador, la Depresión Interandina (DI) se extiende desde ~2°30'S hasta la frontera con Colombia [29] (Figs 1), cubre un área aproximada de 300km de largo por 20 – 30km de ancho [10] y está caracterizada por ser una depresión (hasta 3000m más baja, según [29]) entre las Cordilleras Occidental y Real (Fig. 1).

La DI está limitada hacia el oriente por la Falla de Peltetec (Figura 1), la cual se cree que se formó en el Jurásico Tardío como resultado de la acreción de los terrenos que forman la Cordillera Real [18] o alternativamente, en el Cretácico Tardío por la acreción del Bloque Pallatanga [15, 26]. La zona de sutura Calacalí – Pujilí – Pallatanga define el límite occidental de la Depresión Interandina [29] (Fig. 1).

Al Sur de los 2°10'S, paralela con la sutura Calacalí – Pujilí – Pallatanga, la DI cambia su dirección hacia el occidente y va desapareciendo (Figura 1). La sutura Calacalí – Pujilí – Pallatanga se curva hacia el golfo de Guayaquil y corta topográficamente a la Cordillera Occidental (Fig. 1) [17, 29].

La Cordillera Occidental y Real forman una sola cadena, al sur de los 2°30'S, sin una depresión central dominante y exenta de actividad volcánica cuaternaria [10].

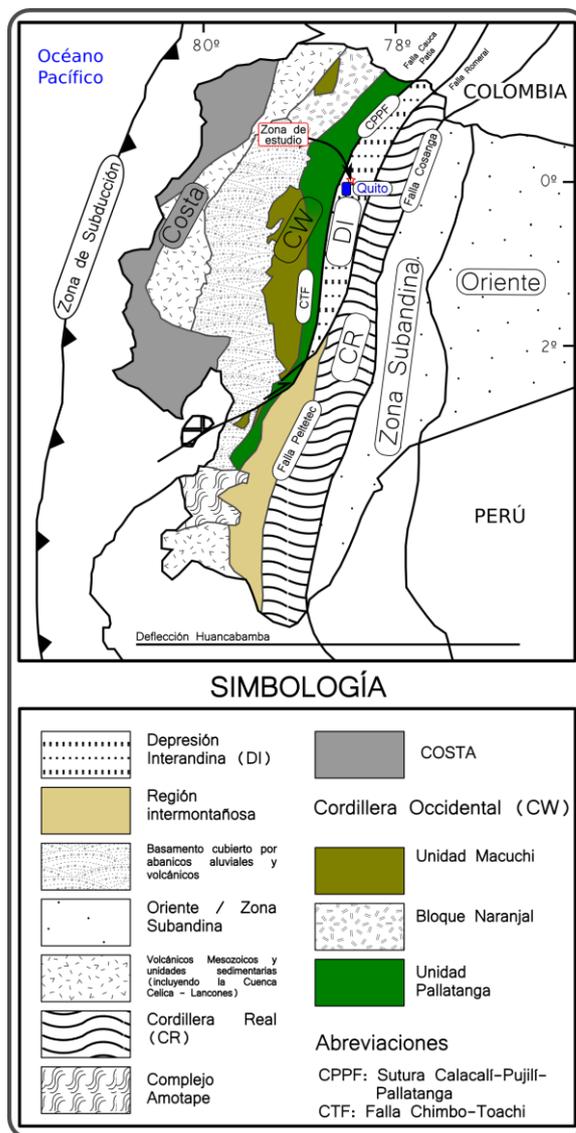


Figura 1. Principales regiones geológicas morfo-estructurales del Ecuador, modificado de [27].

No se conoce con precisión el basamento de la Depresión Interandina y una serie de hipótesis han sido propuestas al respecto, como: 1) la existencia de un micro continente de rocas metamórficas (Chaucha – Arenillas) subyaciendo a la Depresión Interandina [4], 2) la continuidad de las rocas de la Cordillera Real bajo la Depresión Interandina [14], 3) un basamento tectónicamente complejo, que involucre a rocas de la Cordillera Real y Occidental en una cuña de acreción producida por el desmembramiento de una parte de la Cordillera Real en el Jurásico Tardío – Cretácico Temprano [9, 28], y 4) el basamento de la Depresión Interandina corresponde a un plateau oceánico (San Juan) del Cretácico Temprano, acrecionado en el Campaniano Tardío [15, 19].

La interacción entre los procesos tectónicos y el volcanismo constante de la zona ha dado lugar a la formación de cuencas

sedimentarias dentro de la Depresión Interandina, las cuáles, han sido rellenadas por secuencias de depósitos volcano-clásticos, volcano-sedimentarios, fluvio-lacustres y aluviales [8, 17, 28, 29].

Éstas cuencas se han formado entre el Mioceno y el Pleistoceno [16, 17, 29] y son, de norte a sur: 1) la *cuenca del Chota*, la cual comprende una secuencia sedimentaria cercana a los 1400m de espesor y con depósitos entre 5 Ma y 0.5 Ma [29], 2) la *cuenca Quito – San Antonio – Guayllabamba*, con una secuencia sedimentaria cercana a los 1000m de espesor y con depósitos que van desde el Plioceno Tardío al Holoceno [8, 17, 20, 28], 3) la *cuenca Ambato – Latacunga*, con depósitos que van del Plioceno al Holoceno [16], y 4) la *cuenca Alausí – Riobamba*, con depósitos que van desde el Mioceno al Pleistoceno [16, 17].

3. UBICACIÓN, ESTRATIGRAFÍA Y PRINCIPALES ESTRUCTURAS DE LA CUENCA SAN ANTONIO DE PICHINCHA

3.1 Ubicación del Cuenca San Antonio de Pichincha

La Cuenca de San Antonio de Pichincha es una depresión alargada en sentido NNE-SSW que se extiende por alrededor de 25km², ubicada al norte de Quito y que abarca a las poblaciones de San Antonio y Pomasqui (Fig. 2).

La planicie central de la cuenca ha sido formada por potentes depósitos asociados a los periodos de actividad eruptiva del Complejo Volcánico Pululahua, los cuáles han cubierto esta depresión, haciéndola aproximadamente plana y con una ligera inclinación (~5°) al este [3].

La cuenca de San Antonio de Pichincha se encuentra limitada por el Volcán Casitahua al occidente y el Complejo Volcánico Pululahua al norte (Fig. 2).

La Elevación Calderón – Catequilla es el límite oriental de la Cuenca de San Antonio y la separa de la Cuenca de Guayllabamba. Esta elevación es una de las colinas asociadas con el sistema de fallas de Quito (Fig. 2) [2, 20, 28].

Su límite sur no ha sido bien definido pero se encuentra aproximadamente formado por la parte norte de la colina El Inca – Carcelén (Fig. 2).

3.2 Estratigrafía de la Cuenca San Antonio de Pichincha

Las secuencias dentro de ésta cuenca son principalmente volcánicas y volcano-sedimentarias, depositadas entre el Pleistoceno – Holoceno [5, 20, 28, 29].

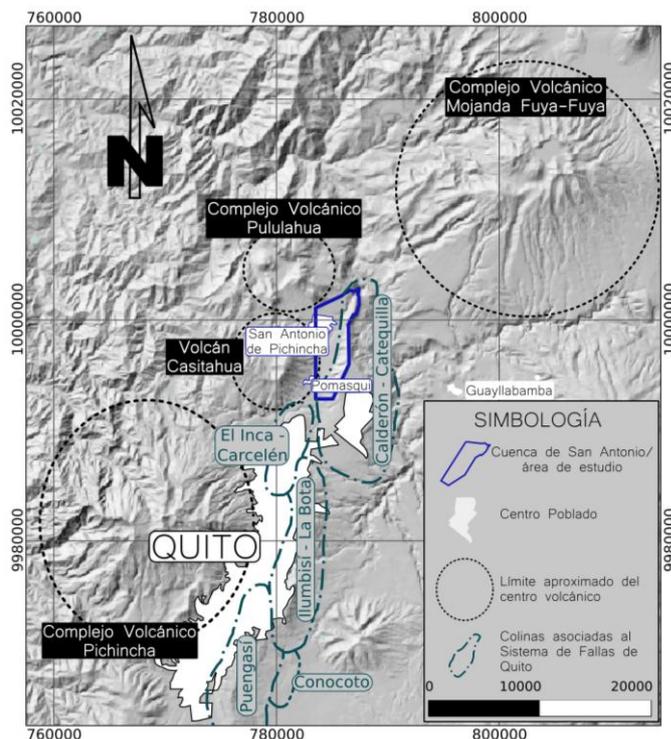


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio, junto con el esquema geomorfológico del sistema de fallas de Quito (modificado de [2]) y los principales centros volcánicos de influencia en la zona.

En esta cuenca no afloran rocas que puedan ser consideradas como parte del basamento de la Depresión Interandina [20] como sí ocurre, por ejemplo para las cuencas del Chota, de Ambato – Latacunga o de Alausí – Riobamba.

Las secuencias de lavas andesíticas básicas y lavas afaníticas inter digitadas con lacustres, reportadas en el cañón del Río Guayllabamba y anteriormente asociadas al basamento de la Depresión Interandina de tipo cordillera Occidental [6, 28, 29], parecen ser en realidad parte de la Formación Pisque (Plioceno? - Pleistoceno Calabriense; ver más abajo) [20]. Dos evidencias principales soportan esa afirmación: 1) la datación de una muestra perteneciente a esta serie, en 1152 ± 30 ka (Pleistoceno Calabriense) (Tabla 1) y 2) la química de la muestra que presenta una clara afinidad calco-alcalina, lo que sugiere que estaría asociada a un arco volcánico continental [20].

Formación Pisque

Se la ubica al pie de la secuencia estratigráfica en la Cuenca de San Antonio de Pichincha. En la parte media y basal de esta formación se encuentran los Miembros Inferiores, los cuáles son depósitos compuestos por volcano-clastos, flujos de lodo, aluviales y sedimentos volcánicos, bien compactados y retrabajados, cuya fuente pudo estar localizada, tanto en la Cordillera Real (CR) como en la Cordillera Occidental (CW), ya que dichos depósitos contienen clastos de cuarzo lechoso y obsidiana (asociado con CR), así como rocas volcánicas cloritizadas (basamento CW).

Al tope de la Formación Pisque, las brechas y volcano-

sedimentos de los Miembros Inferiores están sobre-yacidas, en aparente concordancia, por el Miembro Casitahua (Figs. 3 y 5), dentro del cual, química y estratigráficamente, se agrupan a los Domos Pacpo y Catequilla y a las secuencias de brechas volcánicas proximales y flujos de lava, que afloran en la Elevación Calderón Catequilla [20].

Los depósitos del Miembro Casitahua corresponden al desarrollo del Volcán Casitahua y están principalmente caracterizados por lahares, flujos piroclásticos, flujos de lavas (posiblemente avalanchas de escombros) y la extrusión de dos domos satélites del Volcán Casitahua, el Catequilla (833 ± 26 ka) y el Pacpo (898 ± 15 ka) [20] (Tabla 1).

Actividad volcánica cercana, aproximadamente contemporánea con el Miembro Casitahua se ha documentado en el Complejo Volcánico Atacazo-Ninahuilca (Edificio Carcacha 1029 ± 0.01 ka [13]) y en el Complejo Volcánico Pichincha (El Cinto y La Esperanza $1100 - 900$ ka y Rucu Pichincha Inferior $850 - 600$ ka [23]).

Formación San Miguel

En contacto aparentemente transicional, el Miembro Casitahua es sobre-yacido por la Formación San Miguel (Pleistoceno Calabriense – Medio?) (Figs. 3 y 5).

La Formación San Miguel está caracterizada como una secuencia de arcillolitas, limolitas y areniscas poco compactadas, intercaladas con estratos de arenas tobáceas, caídas de piroclastos y niveles calcáreos; todos ellos asociados con un ambiente lacustre. Este paso transicional entre los depósitos volcánico-clásticos del Miembro Casitahua hacia los depósitos lacustres de la Formación San Miguel (Fig. 3), da cuenta de que la actividad del Volcán Casitahua fue cesando sincrónicamente con el inicio de la formación del lago San Miguel, cuyo depocentro, según [28, 29] se localizó en la zona de Guayllabamba, aproximadamente 15 km al este de San Antonio.



Figura 3. Extremo norte (segmento La Providencia) de la Elevación Calderón Catequilla. Se observa al Miembro Casitahua sobreyacer en aparente concordancia a los Miembros Inferiores, y subyacer concordantemente a la Formación San Miguel (UTM 786766mE, 10002591mN). Dirección de toma: SSE.

Los procesos que dieron paso a la formación de este lago no han sido aún estudiados ni documentados, pero los resultados del presente estudio permiten establecer que el comienzo de

la depositación de la Formación San Miguel, en esta zona, fue posterior 833 ± 26 ka, ya que se encuentra sobreyaciendo al Domo Catequilla [20].

Actividad volcánica cercana y contemporánea con la Formación San Miguel se ha reportado en el Complejo Volcánico Pichincha (Rucu Pichincha Inferior $850 - 600$ ka [23]).

Formación Mojanda Fuya-Fuya

Una gran superficie de erosión se encuentra cortando la Formación San Miguel, sobre la cual yacen, en discordancia angular, los depósitos de la Formación Mojanda Fuya-Fuya (Pleistoceno Superior) (Figs. 4 y 5).

La Formación Mojanda Fuya-Fuya está caracterizada como una secuencia de arenas, caídas de piroclastos y suelos ricos en material volcánico, así como, los productos del retrabajamiento fluvial y eólico [20].

En la zona de estudio, los afloramientos de la Formación Mojanda Fuya-Fuya no son lateralmente muy extensos o continuos, a pesar de que principalmente está compuesta por depósitos de caídas de piroclastos. Uno de dichos depósitos de caída corresponde seguramente a la tefra R1 que [21] ubican cerca del inicio de la formación del complejo Mojanda Fuya-Fuya. [20] reporta una edad K-Ar de 474 ± 17 ka para una pómez de ese depósito (Tabla 1).

La discordancia entre la Formación San Miguel y la Formación Mojanda Fuya-Fuya (Figs. 4 y 5) representa un periodo de erosión y de no depositación en la secuencia estratigráfica de la Cuenca de San Antonio de Pichincha, ya que trabajos realizados en la Cuenca de Guayllabamba (vecina a la cuenca de San Antonio) indican que en este lapso de tiempo, se depositaron las Formaciones Guayllabamba y Chiche [25, 28, 29].

[28] y [29] sostienen que el inicio del levantamiento de la elevación Calderón – Catequilla fue aproximadamente contemporáneo con el inicio de la Formación Guayllabamba, lo que está de acuerdo con la discordancia entre la Formación San Miguel y la Formación Mojanda Fuya-Fuya en la Cuenca de San Antonio. Esto permite ubicar al inicio de este levantamiento cercano a los 600 ka [20].

El acuñamiento de depósitos pertenecientes a la Formación Chiche en dirección a la Elevación Calderón Catequilla, reportado por [24] y [28], sugiere que al momento de la depositación de la Formación Chiche, la Elevación Calderón – Catequilla ya constituía un paleo-relieve, que impidió el paso de los depósitos de la Formación Chiche hacia la Cuenca de San Antonio de Pichincha, al occidente.

Adicionalmente, entre los 600 y 450 ka se reporta una ausencia de actividad volcánica en el Complejo del Pichincha [23]. Igualmente, se estimado que el levantamiento de las lomas El Batán – La Bota e Ilumbisí – Puengasí, en la zona de Quito fue posterior a los 500 ka [2].



Figura 4 Parte Nor-occidental de la Elevación Calderón - Catequilla (Segmento Rumicucho). Discordancia angular entre los depósitos de la Formación Mojanda Fuya-Fuya y la Formación San Miguel (UTM 785682mE, 10000463mN). Dirección de toma: NW

El Complejo Volcánico Pichincha reanudó su actividad entre los 450 y 430 ka (Rucu Superior 450 – 250 ka [23]), contemporáneo con la Formación Mojanda Fuya-Fuya, ya que, desde ~500 ka se reporta actividad en el Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya [21, 22].

[17] proponen una edad aproximada de 500 ka para el fin de la depositación de la Formación Chiche, lo que está en concordancia con la edad obtenida para la zona basal de la Formación Mojanda Fuya-Fuya (Capa R1, 474±17 ka [20]).

Formación Cangahua

La Formación Mojanda Fuya-Fuya sub-yace, irregularmente, a la Formación Cangahua (Pleistoceno Ioniano – Superior).

El conjunto de arenas y limolitas tobáceas, endurecidas, que componen la Formación Cangahua (Fig. 5), ha cubierto completamente esta cuenca.

Actividad cercana a la zona de estudio y contemporánea con la Formación Cangahua se ha reportado en el Complejo Volcánico Pichincha (Rucu Terminal, 250 – 150 ka y Guagua Pichincha Principal, 60 – 22 ka [23]) y en el Complejo Volcánico Mojanda Fuya-Fuya [21, 22]. Adicionalmente, [3] ubica el inicio de la actividad del Complejo Volcánico Pululahua en el Pleistoceno Superior (posterior a los 165 ka AP).

Formación Pululahua

Intercalada y sobreyaciendo concordantemente a la Formación Cangahua se observa a la Formación Pululahua (Pleistoceno Superior – Holoceno) (Fig. 5), la cual está caracterizada como el conjunto de los depósitos asociados con la actividad volcánica y estilos eruptivos del Complejo Volcánico Pululahua.

La base de la Formación Pululahua (Miembro Brechas Dacíticas) consta esencialmente de depósitos de tipo “bloques y ceniza”, que evidencian un periodo de actividad efusiva en el Complejo Volcánico Pululahua. Este periodo eruptivo estuvo caracterizado por el emplazamiento de domos de dacita hornbléndica, los cuales formaron el conjunto de domos pre-caldera y que probablemente terminó hace aproximadamente 11 ka [3].

Sobre-yaciendo al Miembro Brechas Dacíticas se observa al Miembro Lacustres no deformados, constituido principalmente por secuencias de cenizas finas, bien sorteadas, intercaladas con lignito y asociadas a un ambiente lacustre. Estos depósitos lacustres pudieron haberse formado debido al represamiento del actual Río Monjas a causa de los depósitos de tipo bloques y ceniza del Pululahua.

Tabla 1 Detalle de las dataciones radiométricas presentadas en este trabajo, tomado de [20]

TABLA DE DATACIONES RADIOMÉTRICAS

MUESTRA	LUGAR	UTM (WGS84/ 17S)		FASE	MÉTODO - TÉCNICA	EDAD (Ma)	INCERTIDU MBRE (Ma)	RESPONSABLE/LABORATORIO
		mE	mN					
DP-01-C	Domo Pacpo - Fm. Pisque	784612	9993716	Plagioclasa	K/Ar - Cassinogillot	0.898	0.015	Dr. Xavier Quidelleur / Laboratorio de Geocronología Multi-técnicas (Universidad Paris XI)
CAT-01	Domo Catequilla - Fm. Pisque	785879	9999667	Matriz		0.833	0.026	
GAB-A-01	Miembros inferiores - Fm. Pisque	788555	10000565	Plagioclasa		1.152	0.030	
G0001	CR1 - Fm. Mojanda Fuya-Fuya	794194	9993056	Plagioclasa		0.474	0.017	

Ma=millones de años

Hacia el tope de la Formación Pulahua, el Miembro Lacustres no deformados sub-yace a los depósitos piroclásticos asociados con la formación de la caldera del explosión del Pulahua (Miembro Piroclastos Pulahua), proceso que involucró cinco etapas explosivas mayores ocurridas entre 2.6 y 2.2 ka AP [3] y que cierra la secuencia

estratigráfica en la zona de estudio. Actividad volcánica cercana y contemporánea con la Formación Pulahua (además del Complejo Volcánico Pulahua), se ha documentado en el Complejo Volcánico Pichincha (Guagua Pichincha, 60 ka – Presente [23]).

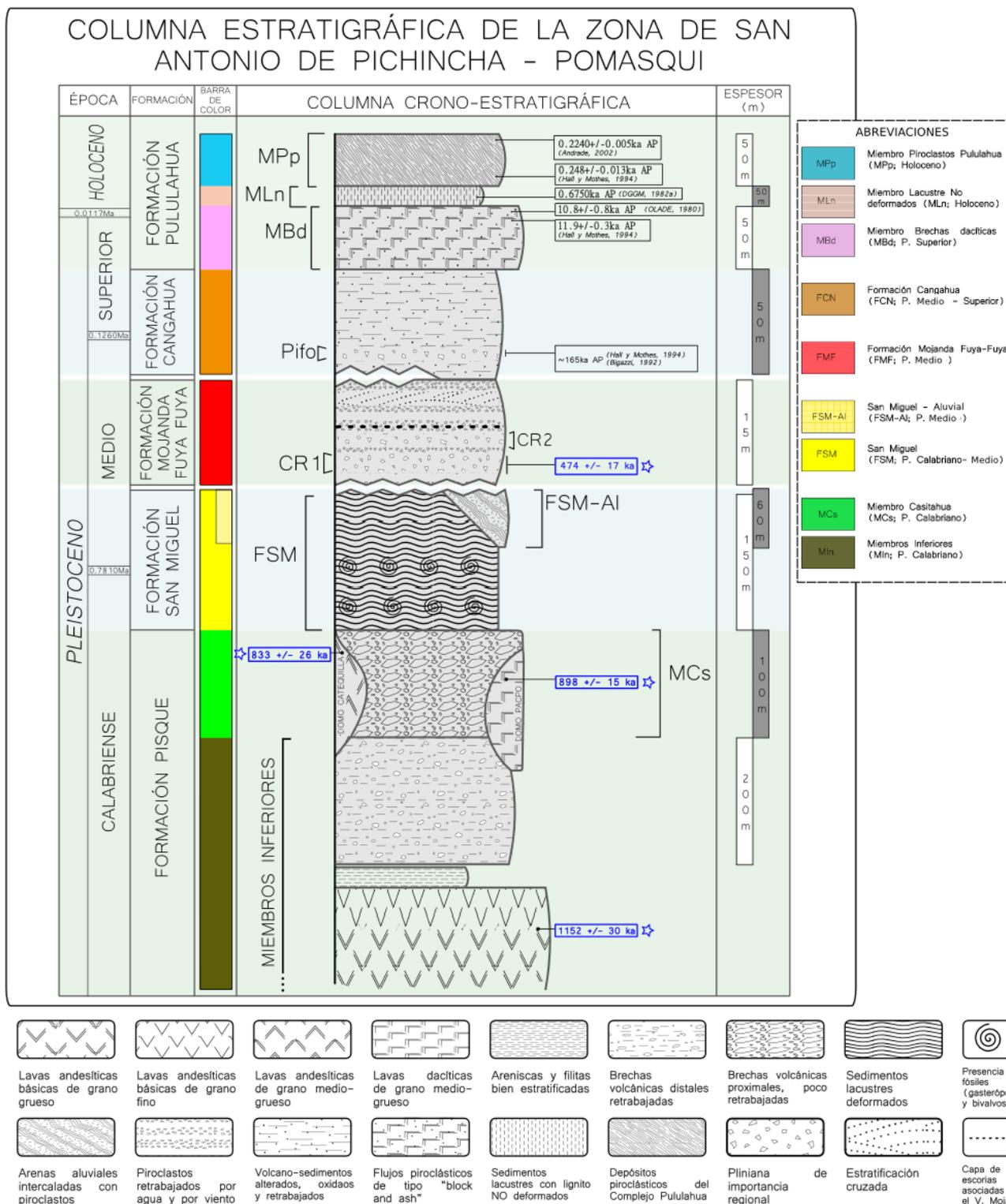


Figura 5 Columna estratigráfica de la zona de la cuenca San Antonio de Pichincha. En azul y con asteriscos se presentan las edades tomadas de [20].

3.3 Principales estructuras de la Cuenca San Antonio de Pichincha

Falla Catequilla

La falla Catequilla está caracterizada como una estructura inversa, de rumbo aproximado N – S y de buzamiento al occidente (Fig. 6); forma parte del sistema de Fallas de Quito [1, 2, 8, 28]

Esta falla no aflora en superficie (falla ciega) y su expresión morfológica es la elevación Calderón – Catequilla [1, 2, 8, 28] (Fig. 6).

La formación de la elevación Calderón – Catequilla estuvo asociada a un plegamiento originado por acción de la falla inversa Catequilla [1, 2, 8, 28].

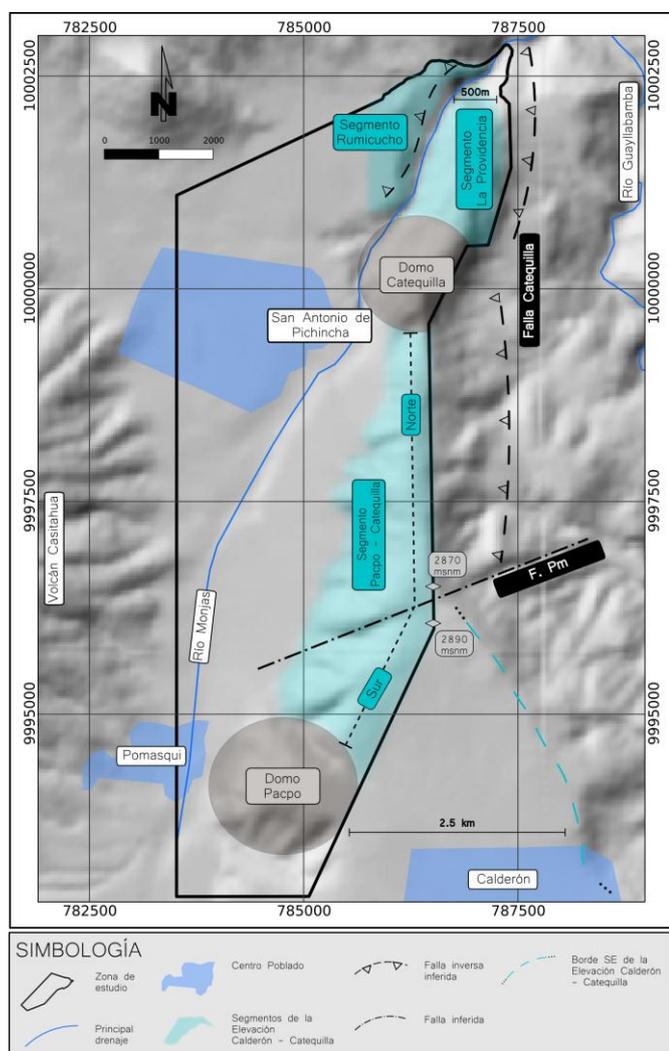


Figura 6 Principales estructuras de la Cuenca San Antonio junto con los segmentos de la Elevación Calderón - Catequilla y la ubicación de los domos Pacpo y Catequilla (F. Pm = Falla Pomasqui).

Esta elevación presenta un flanco frontal asimétrico con respecto a su flanco posterior y en su extremo norte se observa que sus capas [Fm. Pisque y Fm. San Miguel (Figura 3)] mantienen un espesor relativamente constante.

Esta forma puede ser asociada con un modelo de pliegue por propagación de fallas, pero más estudios son necesarios, ya que hacia el sur la elevación se ensancha (Fig. 6) y estructuralmente parece ser más compleja.

Falla Pomasqui

La Falla Pomasqui morfológicamente se presenta como una lineación transversal, de rumbo ~N68°, que corta la elevación Calderón – Catequilla y que topográficamente marca cambios como por ejemplo, el punto de inicio del ensanchamiento de la Elevación Calderón – Catequilla.

Sin embargo, debido a que no se han encontrado afloramientos de la Falla Pomasqui y a los pocos datos sísmicos, esta estructura aún no ha sido caracterizada con precisión y su tipo de movimiento todavía no ha sido determinado.

4. CONCLUSIONES

Evidencias geoquímicas, petrográficas y cronológicas descartan que las secuencias de lavas máficas reportadas en el Cañón del Río Guayllabamba corresponden a un basamento Cretácico y que tengan un origen oceánico como fue propuesto anteriormente por varios autores [5, 6, 17, 28, 29]. Por el contrario estas secuencias máficas son de origen continental, pertenecientes al Cuaternario y probablemente asociadas con la Formación Pisque [20].

La fuente del Miembro Casitahua (parte superior de la Formación Pisque), ha sido identificada en el Volcán Casitahua y en los Domos Catequilla y Pacpo, todos los cuáles pertenecen a la misma serie magmática [20]. Las dataciones y relaciones estratigráficas de los Domos Catequilla y Pacpo sirvieron para identificarlos como parte de la Formación Pisque [20], descartando su pertenencia a la Formación Guayllabamba, como anteriormente se creía [28, 29].

El hecho de que el inicio del levantamiento de la Elevación Calderón – Catequilla sea probablemente menor a 600 ka implica que se debería re-calcular las tasas del levantamiento, así como actualizar el análisis de peligro sísmico en esta zona.

5. REFERENCIAS

- [1] Alvarado, A. (2009) Sistema Quito, Ecuador. Atlas de deformación Cuaternaria de los Andes. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas. Publicación Geológica Multinacional 7: 294 - 297.
- [2] Alvarado, A. (2012) Néotectonique et cinématique de la déformation continentale en Equateur. Thèse de Doctorat. Université de Grenoble: 259pp.
- [3] Andrade, D. (2002) Estudio geovolcanológico del

- Complejo Volcánico Pululahua. Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica Nacional - Quito: 177pp.
- [4] Aspden J., Litherland M. (1992) The geology and Mesozoic collisional history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics* 205: 187-204.
- [5] Cornejo, R. (1980) Estudio de la Geología de la zona entre San Antonio de Pichincha y el Río Guayllabamba. Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica Nacional - Quito: 102pp.
- [6] DGGM (1982) Hoja geológica San Antonio. Escala 1:25000
- [7] Ego, F., Sebrier, M., Lavenu, A., Yepes, H., Egüez, A. (1996) Quaternary state of stress in the northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. *Tectonophysics* 259: 101-116.
- [8] Ego, F., Sebrier, M. (1996) The Ecuadorian Inter-Andean Valley: a major and complex restraining bend and compressive graben since Late Miocene Time. *Annales Tectonicae* X(12): 31-59.
- [9] Egüez A., Aspden J. (1993) The Meso-Cenozoic Evolution of the Ecuadorian Andes. Mem. Second International Symposium Andean Geodynamics. Ext Abstract. Oxford, UK: 179-181.
- [10] Hall, M., Samaniego, P., Le Pennec J., Johnson J. (2008) Ecuadorian Andes volcanism: A review of late to present activity. *Journal Volcanol Gether Res* 176: 1-6.
- [11] Hibsich, C., Alvarado, A., Yepes, H., Sebrier, M., Pérez, V. (1996a) Falla activa de Quito y Fuentes sismogénicas regionales: un estudio del riesgo sísmico de Quito (Ecuador) con el análisis de los sedimentos cuaternarios. *Bull. Inst. Fr. Etudes Andines* 25(3): 359 - 388.
- [12] Hibsich, C., Alvarado, A., Yepes, H., Sebrier, M., Pérez, V. (1996b) Holocene seismicity and tectonic activity of the Quito fault (Ecuador): A paleoseismic history recorded in lacustrine sediments. Third ISAG, St Malo France: 191 - 194.
- [13] Hidalgo, S. (2006) Les interactions entre magmas calcoalcalins <clásicos> et adakites. Exemple du complexe volcanique Atacazo-Ninahuilca (Equateur). Tesis doctoral. Blaise Pascal University-Clermont: 333pp.
- [14] Hughes R., Pilatasig L. (2002) Cretaceous and Tertiary terrane accretion in the Cordillera Occidental of the Ecuador Andes. *Tectonophysics* 345: 29-48.
- [15] Jaillard E., Lapierre H., Ordóñez M., Toro J., Amortegui A., Vanmelle J. (2009) Accreted oceanic terranes in Ecuador: southern edge of Caribbean Plate? *Geol Soc London. Special Pub* 328: 469-485.
- [16] Lavenu, A., Noblet, C., Bonhomme, M., Egüez, A., Dugas, F. (1992) New K/Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism and tectonics. *Journal of South American Sciences* 5 (3/4): 309 - 320.
- [17] Lavenu, A., Baudino, R., Ego, F. (1996) Stratigraphie des dépôts Tertiaires et Quaternaires de la Depression Interandine d'Equateur (entre 0° et 2°15S). *Bull. Inst. Fr. Etudes Andines* 25: 1 - 15."
- [18] Litherland M., Aspden J., Jemielita R. (1994) The metamorphic belts of Ecuador. *Brit Geol Survey, Overseas Mem* 11: 147pp.
- [19] McCourt W., Duque P., Pilatasig B. (1997) PRODEMINCA Report No. 3: the Geology of the Cordillera Occidental of Ecuador between 1°S and 2°S.; CODIGEM – British Geological Survey, Quito: 68 pp.
- [20] Pacheco, D. (2013) Estudio geológico de las formaciones cuaternarias en la zona San Antonio de Pichincha - Pomasqui. Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica Nacional - Quito: 157pp.
- [21] Robin, C., Hall, M., Jiménez, M., Monzier, M., Escobar, P. (1997) Mojanda volcanic complex (Ecuador): development of two adjacent contemporaneous volcanoes with contrasting eruptive styles and magmatic suites. *J South Am Earth Sci* 10: 345 - 359.
- [22] 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. *Bull Volcanol* 71: 233 - 258.
- [23] Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J., Fornari, M., Mothes, P., Van der Plincht, J. (2010) New radiometric and petrological constraints on the evolution of the Pichincha volcanic complex (Ecuador). *Bull Volc: DOI* 10.1007/s00445-010-0389-0
- [24] Samaniego, P., Egüez, A., Hibsich, C., Villagómez, R., Segovia, M. (1994) Estratigrafía y tectónica de la Cuenca Guayllabamba. Terceras Jornadas en Ciencias de la Tierra. Escuela Politécnica Nacional-Quito: 49-50.
- [25] Soulas, J-P., Egüez, A., Yepes, H., Pérez, H. (1991) Tectónica activa y riesgo sísmico en los Andes Ecuatorianos y en el extremo sur de Colombia. *Bol Geol Ecuat* 2: 3 - 11.
- [26] Spikings R., Winkler W., Hughes R., Handler R. (2005) Thermochronology of allochthonous terranes in Ecuador:

Unraveling the accretionary and post-accretionary history of Northern Andes. *Tectonophysics* 339: 195-220.

[27] Vallejo C (2007) Evolution of the Western Cordillera in the Andes of Ecuador (Late Cretaceous-Paleogene). PhD thesis. Institute of Geology, ETH Zurich: 208pp.

[28] Villagómez, D. (2003) Evolución Plio-Cuaternaria del Valle Interandino Central en Ecuador (zona Quito - Guayllabamba - San Antonio de Pichincha). Tesis de ingeniería. Escuela Politécnica Nacional - Quito: 130pp.

[29] Winkler, W., Villagómez, D., Spikings, R., Abegglen, P., Tobler, St., Egüez, A. (2005) The Chota basin and its significance for the inception and tectonic setting of the inter-Andean depression in Ecuador. *Journal South Am Earth Sci* 19: 5 - 19.