

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL CUERPO VOLCÁNICO DE IZA, BOYACÁ - COLOMBIA

María Luisa Monsalve¹; Nadia R. Rojas¹; Francisco A. Velandia P.^{1,2};
Iraida Pintor^{1,3}; Lina Fernanda Martínez^{1,4}

RESUMEN

El cuerpo volcánico de Iza (5°36'20"N – 72°59'33" W) corresponde a pulsos de ascenso de magma riodacítico a riolítico, que no alcanzaron la superficie, el primero de ellos dio origen a una brecha intrusiva, resultado del movimiento del magma en profundidad, que al entrar en contacto con un posible acuífero en rocas sedimentarias, induce a la sobresaturación en volátiles y a su disrupción. La brecha, que forma el sector sur del cuerpo volcánico, es masiva, color habano a rojizo, con disyunción pseudocolumnar, compuesta por fragmentos angulares-subredondeados de rocas sedimentarias y en menor cantidad ígneas, embebidos en una matriz de roca ígnea porfirítica. Esta fase es seguida por emplazamiento de domos (criptodomas), correspondientes a rocas de composición riodacítica – riolítica, petrográficamente similares a la matriz de la brecha, presentan textura porfirítica, con fenocristales de sanidina, cuarzo y plagioclasa y matriz afanítica vítrea. Localmente, y en menor escala, el domo se encuentra fracturado y presenta facies brechosas (autobrechas y rompecabezas entre otros). Por relaciones con la secuencia sedimentaria encajante, se plantea que este cuerpo fue emplazado como criptodomas, expuestos en superficie por fallamiento y erosión.

Palabras clave: Iza, Brecha intrusiva, Domos, Criptodomas.

GEOLOGICAL CHARACTERIZATION OF IZA VOLCANIC STRUCTURE, BOYACÁ - COLOMBIA

ABSTRACT

Iza volcanic structure (5°36'20"N – 72°59'33" W) is the result of rising riodacitic to rhyolitic magmatic pulses, which didn't reach the surface, the first of them giving origin to an intrusive breccias, interpreted as the result of indirect hot deep magma interaction with a sedimentary aquifer, leading to vapor overpressure and consequent fragmentation of the host rocks. The intrusive breccia form the Southern part of the Iza edifice, it is massive beige to light red in color, locally with pseudo columnar joint; it is composed by angular to subrounded sedimentary and minor igneous rock fragments in a porphyry rhyolitic matrix. This stage is followed by dome emplacement which are dacitic to rhyolitic in composition. Petrographic analysis show that they are similar to the matrix breccia; they have a porphyritic texture, phenocryst of sanidine, quartz and plagioclase and glassy matrix. Locally the domes are fractured presenting breccias facies (autobreccia and Jig saw breccias, among others). Relationship with the host rock allow to interpreting the volcanic body as a cryptodomes, outcropping at surface by faulting and erosion.

Keywords: Iza, Intrusive Breccias, Dome, Cryptodome.

¹ INGEOMINAS – Dirección Técnica Servicio Geológico – Bogotá, D.C. Profesor Universidad Industrial de Santander, mmonsalve@ingeominas.gov.co, nrojas@ingeominas.gov.co

² Profesor Universidad Industrial de Santander, UIS, Escuela de Geología, Bucaramanga, favelanp@uis.edu.co

³ Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá, impintotb@unal.edu.co

⁴ Eco Oro Minerals Corp., Bucaramanga.

INTRODUCCIÓN

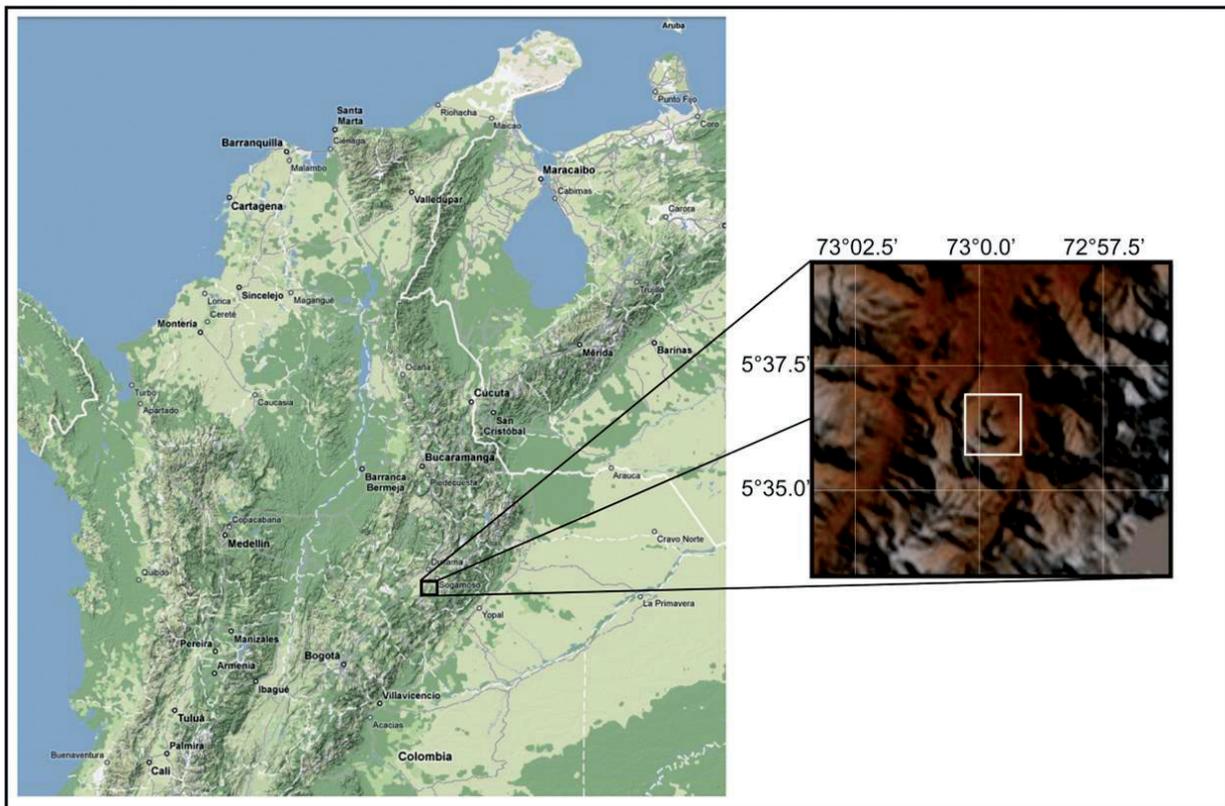
Cuerpos ígneos con manifestaciones termales asociadas, aflorantes en la Cordillera Oriental de Colombia han sido objeto de estudios debido, entre otros, al interés geotérmico que ellos representan. Por medio de estos estudios se identificaron los sistemas geotérmicos de Paipa e Iza, cuyas áreas se encontrarían relacionadas por fallas profundas de dirección NW que permitieron el ascenso del magma, e igualmente llevaron al reconocimiento del volcán calderico de Paipa, el cual ha generado domos e importantes depósitos piroclásticos, así como la definición del sistema geotérmico de este volcán.

Con el fin de complementar los resultados obtenidos y definir el sistema geotérmico de Iza, se llevó a cabo el reconocimiento geológico que permitió caracterizar el cuerpo volcánico, así como su relación con las rocas encajantes. A diferencia del volcán de Paipa, el cuerpo de Iza no alcanzó la superficie en el momento de su emplazamiento, considerándose como criptodomo, los cuales han sido expuestos en superficie por actividad tectónica y erosión. El presente trabajo da a conocer el

resultado de los trabajos geológicos en el área de Iza, en el marco del proyecto institucional de INGEOMINAS: “exploración de recursos geotérmicos”, y discute las relaciones de campo que han permitido interpretar el carácter de criptodomo de este cuerpo.

ANTECEDENTES Y MARCO GEOLÓGICO

El cuerpo volcánico de Iza se ubica en la zona axial de la Cordillera Oriental de Colombia, en el altiplano Cundi-Boyacense, a 1 km de la población del mismo nombre (FIGURA 1). La región está conformada por un basamento de rocas metamórficas y sedimentarias del Paleozoico, así como intrusivas y extrusivas del Jurásico que afloran en el Macizo de Floresta (Velandia, 2003), sobre el basamento se encuentra una secuencia sedimentaria de gran espesor conformada por rocas del Cretáceo como las Formaciones Tibasosa, Une, Churuvita, Conejo, Plaeners, Los Pinos y Labor-Tierna y rocas Terciarias como las Formaciones Guaduas, Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración (Rojas *et al.*, 2009a, 2009b), (FIGURA 2).



FIGURAS 1. Localización geográfica del cuerpo volcánico de Iza. El recuadro blanco muestra la ubicación dentro del área de estudio.

como Falla Paipa-Iza por Velandia (2003, 2005), quien lo interpreta como una falla de basamento o zona de transferencia durante la etapa de *rifting* del Mesozoico de la Cordillera Oriental, que posteriormente, en la fase de levantamiento andino, se reactivó con cinemática transtensiva y facilitó el flujo de material magmático. Otro cuerpo de rocas ígneas en la Cordillera Oriental es mencionado por Ujueta *et al.* (1992) en el municipio de Quetame, también relacionado con un lineamiento NW.

Taboada *et al.* (2000), proponen la subducción de la placa paleo Caribe como responsable del magmatismo de la cordillera Oriental, lo cual complementa Sarmiento (2001) al plantear además, un rompimiento de la placa que subduce (*slab breake-off*) para explicar la sismicidad intermedia a profunda y el volcanismo neógeno que se presenta en la Cordillera Oriental de Colombia, tipo Paipa-Iza

La edad de los eventos magmáticos relacionados con los cuerpos de Paipa e Iza no está bien establecida, como parte de la cartografía geológica de INGEOMINAS en escala 1:100.000, Renzoni *et al.* (1967) y Renzoni y Rosas (1983) mencionan cuellos volcánicos andesíticos en Olitas al sur de Paipa, e interpretan su emplazamiento después de la Formación Bogotá y antes de la Formación Tilatá (a finales del Neógeno), mientras Reyes (1997) con base en análisis estratigráficos y morfogenéticos de los depósitos del altiplano entre Tunja y Sogamoso, ubica el emplazamiento de estas rocas ígneas a principios del Cuaternario. Cepeda y Pardo (2004) y Pardo 2004, en estudios que llevaron al reconocimiento del edificio volcánico de Paipa, proponen la existencia del volcán de Iza, a cuya actividad estarían relacionados emplazamiento de domos y anillos piroclásticos producto de actividad explosiva; igualmente determinan una edad para los eventos antiguos del volcán de Paipa comprendida entre 2.1 – 2.5 m.a., muy relacionada con la datación K/Ar y Ar/Ar de 2,5 Ma +/- 0.06 que Olade – Geotérmica Italiana, (1981 en: INGEOMINAS, 1995) dio a conocer para una muestra de Paipa. Entre tanto, Jaramillo *et al.* (2005), basados en dataciones por trazas de fisión en una secuencia de cenizas volcánicas intercaladas con paleosuelos aflorantes en la Cordillera Oriental, proponen eventos explosivos originados en volcanes de esta Cordillera, con una edad comprendida entre 4.7 y 3.6 m.a.

Entre los estudios con interés específico en geotermia se debe mencionar a Olade – Geotérmica Italiana, (1981 en: INGEOMINAS, 1995), quienes llevan a cabo en Colombia un estudio de reconocimiento de áreas con potencial geotérmico, incluyendo los volcanes

de la Cordillera Central y la zona de Paipa-Iza, donde reportan datos petrográficos y geoquímicos de elementos mayores que clasifican las rocas como riolitas altas en potasio. Otras descripciones petrográficas y litológicas de las rocas ígneas de Iza son realizadas por Martínez (1989), quien las describe como compuestas por pequeños cuerpos ácidos, enriquecidos en potasio, pero pobres en Na, Ca, Mg, Mn, Fe, y las clasifica como riolitas a riolitas alcalinas. Fabre (1986, en: Martínez, 1989) y Martínez (1989), proponen el magmatismo de la Cordillera Oriental como resultado del cabalgamiento del substrato continental de la cordillera oriental sobre la corteza continental de los Llanos durante el Mioceno superior y el Plioceno. Adicionalmente esta autora, anota sobre la similitud de la composición química de las rocas de Iza con aquella de los granitos syn-colision, sugiriendo que las rocas de Iza podrían representar apófisis de granitos alcalinos ricos en aluminio.

Rincón y Romero (1990) atribuyen un intenso metasomatismo potásico y una fuerte alteración hidrotermal para las rocas de Iza, y definen además, tobas en las cercanías del municipio de Cuitiva y un anillo de brechas volcánicas líticas alrededor del cuerpo dómico. En sentido similar, IRME-UPTC (2000) definen las rocas de Iza como hipoabisales con morfología de domo, de composición riolita a riolita, afectada por soluciones hidrotermales.

Contreras - Fayad (2008), lleva a cabo la caracterización mineralógica de las rocas del cuerpo volcánico de Iza, basado análisis petrográficos, metalográficos, y de composición química elemental con microsonda EDAX, concluyendo que las rocas que componen el cuerpo volcánico de Iza se encuentran afectadas por procesos hidrotermales que se reflejan principalmente en la presencia de minerales como el ópalo, la calcedonia, la tridimita y la epidota.

Un depósito volcánico localizado en el sector Los Naranjos, entre las poblaciones de Iza y Firavitoba, es descrito por Schonwalder (2006) con predominancia de flujos de ceniza y pómez y un pequeño depósito de caída, que asocia a la “actividad explosiva del volcán de Iza”. Esta unidad geológica es cartografiada como Depósitos Piroclásticos Los Naranjos (N2vs) por Rojas *et al.* (2009a).

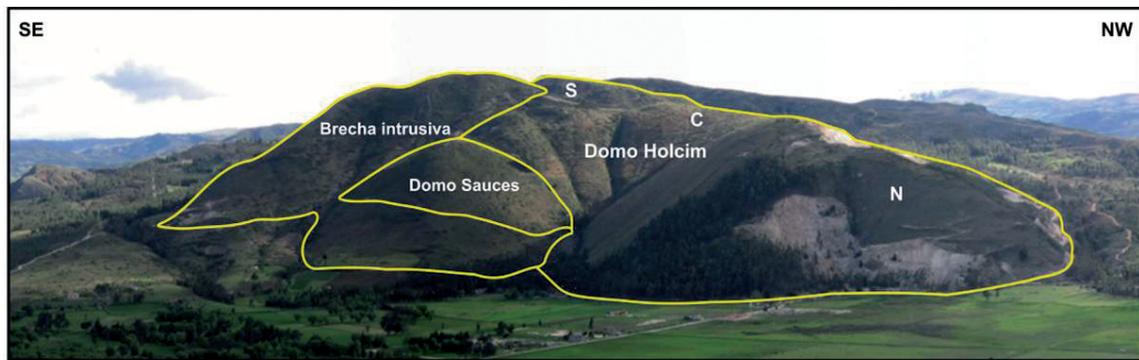
RESULTADOS OBTENIDOS

El cuerpo volcánico de Iza, ocupa un área de 1,4 km²; se encuentra a alturas entre los 2.600 y 2.950 m.s.n.m., es elíptico en vista de planta con diámetro aproximado

de 1,7 km N-S y 1,2 km E-W. Está conformado por una brecha intrusiva y criptodomas dacíticos-riolíticos (FIGURA 3), denominados en este trabajo Holcim y Saucos, los cuales se originaron por el emplazamiento de pulsos sucesivos de magma, lo que hace que en una sección transversal presente una forma semiesférica irregular. Se encuentra bien expuesto debido a la erosión y a la explotación del material dómico como puzolana. Las Formaciones encajantes del Terciario muestran una disposición semicircular que insinúa la forma inicial del cuerpo volcánico. Evidencias de fallas

después del emplazamiento se encuentra hacia el sector SW del cuerpo con estrías de falla que indican una dirección N50°W y afectan la brecha y parte del domo; la expresión de la falla está dada por una depresión morfológica (silleta), que se encuentra entre estos dos.

Preliminarmente se identifican dos domos, tanto estos como la brecha se encuentran afectados por alteración hidrotermal correspondiente a argilitización avanzada y silicificación; el grado avanzado de alteración puede estar enmascarando el contacto entre diferentes domos.

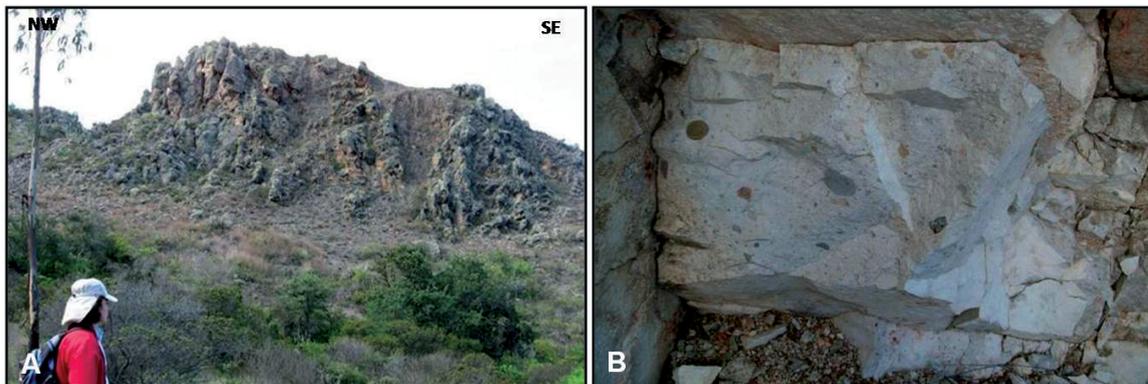


FIGURAS 3: Panorámica del cuerpo volcánico de Iza desde el NE. Se observa la brecha intrusiva, domo los Saucos y domo Holcim: parcialmente al sur (S), la parte central (C) y el norte (N).

Brecha intrusiva

La brecha aflora hacia el sector Sur Este del cuerpo volcánico de Iza, formando el pico más alto (Alto de Vita). Aparece como N2bi en la cartografía geológica (FIGURA 2) realizada en el área (Rojas *et al.*, 2009a, 2009b). A nivel de afloramiento se presenta como un cuerpo masivo de color habano a rojizo, localmente con disposición pseudocolumnar (FIGURA 4A), siendo común encontrar precipitación de minerales hidrotermales entre los planos de las columnas. La

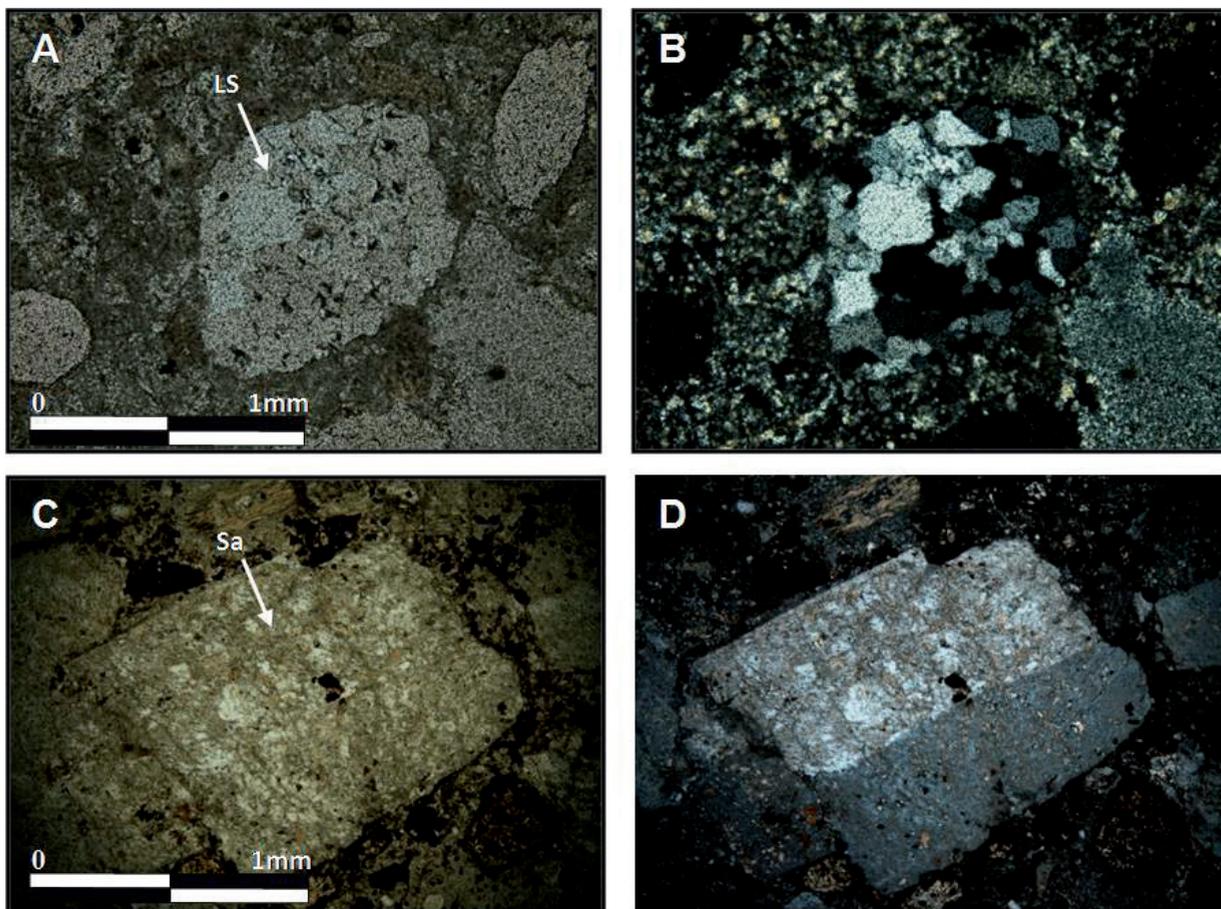
brecha está constituida en un 40 a 70% por fragmentos de roca angulares a subredondeadas, con tamaño promedio de 2 cm en y máximo observado hasta de 8 cm. Los fragmentos son principalmente de rocas sedimentarias, al parecer correspondientes en su mayoría a unidades de la Formación Plaeners: areniscas, limolitas y chert; con metamorfismo de contacto y en menor cantidad rocas porfíricas, embebidos en una matriz ígnea generalmente silicificada, con textura porfírica (FIGURA 4B).



FIGURAS 4. A. Aspecto de la brecha intrusiva hacia el tope, Alto de Vita. Nótase la disyunción pseudocolumnar. B. Aspecto a nivel de afloramiento en la cantera del sector del Batán.

Petrográficamente los fragmentos de roca sedimentaria están compuestos por granos de cuarzo policristalino en contactos cóncavos-convexos, con extinción recta y ondulante, indicando metamorfismo de contacto, cuarzo monocristalino, hematita y sericita (FIGURA 5 A-B). Los fragmentos ígneos corresponden a rocas porfíricas (riolitas a riodacitas), al parecer provenientes del mismo magma en ascenso. La matriz de la brecha corresponde a una roca ígnea de textura porfírica

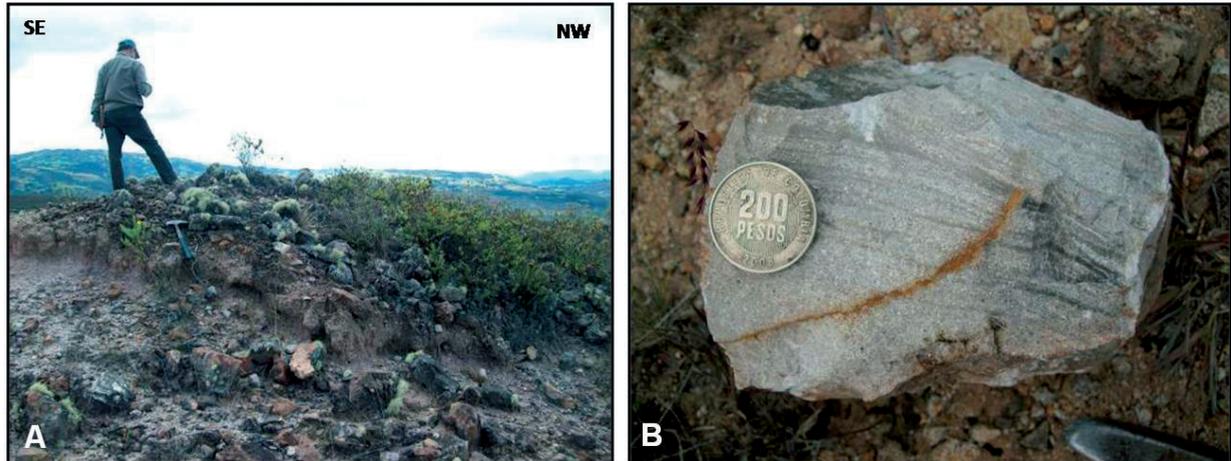
a su vez con matriz afanítica vítrea parcialmente devitrificada (FIGURA 5 C-D), color pardo a rojiza, debido a la presencia de hematita; los fenocristales corresponden a sanidina euhedral a subhedral, algunos de ellos con macla carlsbal, generalmente alterada a sericita, cuarzo, epidota y arcillas como caolinita y posiblemente halloysita; localmente se encuentra hornblenda alterando a clorita. La matriz de la brecha es clasificada como riolita.



FIGURAS 5. A. SECCIÓN IZI-207B. Fragmento lítico sedimentario (LS) constituido por cuarzo monocristalino y policristalino. B. (XPL). C. SECCIÓN IZI-080. Matriz de la brecha. Fenocristal de sanidina con alteración hidrotermal, en medio de una matriz vítrea alterada D. (XPL).

Localmente, en el sector del alto de Vita, sobre la brecha y el domo Holcim aparecen delgados remanentes de rocas sedimentarias o fragmentos aislados de las mismas, principalmente de areniscas a areniscas conglomeráticas, afectadas por metamorfismo de contacto (FIGURA 6), al parecer pertenecientes a niveles de la Formación Labor-Tierra, lo que estaría indicando que el cuerpo magmático en ascenso no alcanzó la superficie afectando térmicamente formaciones del Terciario. Aunque

contactos directos de la brecha y los domos no fueron observados directamente en campo, estos parecen ser netos ya que en pocos metros se pasa de una litología a otra sin observar ninguna transición. Rincón y Romero (1990), clasifican la brecha como lítico cristalina, estos autores y, Cepeda y Pardo (2004), la interpretan como un anillo piroclástico alrededor del domo cuyo origen estaría en explosiones freatomagmáticas asociadas al emplazamiento del mismo.



FIGURAS 6. A. Remanente sedimentario cercano a la brecha en el sector del Alto de vita. B. Aspecto de los fragmentos afectados por metamorfismo de contacto.

Sillitoe (1985), describe la génesis de una gran variedad de brechas, entre ellas las de intrusión, las cuales pueden resultar de la disrupción mecánica de rocas encajantes durante el movimiento de un magma bajo la superficie. Burnham (1972; en Cas and Wright, 1982) discute las consecuencias de tener un magma saturado en volátiles ascendiendo a niveles cercanos a la superficie en un sistema cerrado y Burnham (1985) anota que las brechas asociadas con sistemas de pórfidos, formados a mayores profundidades, parecen estar más relacionadas a fracturamiento hidráulico que a explosiones.

De acuerdo con las características observadas en campo, se interpreta la brecha como de carácter intrusivo, donde el cuerpo magmático en ascenso, entraría en contacto con un posible acuífero, localizado en la secuencia sedimentaria mesozoica (en especial Formación Plaeners); la sobresaturación en agua, así como la devolitización del magma en proceso de cristalización habrían inducido a la fragmentación de la roca encajante, arrastrando estos fragmentos dentro del magma en ascenso, pero sin alcanzar la superficie, originando la brecha del cuerpo volcánico. Se plantea el ascenso de la brecha como fase inicial del magmatismo en el sector de Iza, la cual fue seguida por ascenso de domos.

Domos.

Se reconocen al menos dos generaciones de domos, aunque no se descarta la posibilidad de que pueda tratarse de mas, cuyos contactos, que deberían ser visibles en la cantera de explotación de puzolana, puedan estar enmascarados por el alto grado de alteración que afecta al cuerpo volcánico. Estos domos se denominan Holcim y los Sauces; las relaciones de campo sugieren

que estos corresponden a pulsos posteriores del magma y que al igual que la brecha no alcanzaron la superficie, intruyendo la secuencia sedimentaria como criptodomas. No es común encontrar en la literatura descripciones de cuerpos aislados de Criptodomas, pero sí algunos asociados a edificios volcánicos y calderas (Fink *et al.*, 1990; Goto and McPhie, 1998; Goto *et al.*, 2000, 2004). La TABLA 1 resume las principales características actuales de los domos que conforman la estructura volcánica de Iza.

Domo Holcim: Formaría la mayor parte del cuerpo volcánico de Iza; hacia el sector norte presenta una morfología bien conservada, mientras que hacia el centro y sur presenta una morfología irregular, constituyéndose esto, además de otros, en uno de los criterios que hacen pensar en la posibilidad de presencia de otra(s) generacion(es) de domo(s); sin embargo se tratará como un solo cuerpo debido a que el contacto entre ellos no fue observado. Aparece como N2dh en el mapa geológico (FIGURA 2) de Rojas *et al.*, (2009a, 2009b). En general se presenta muy alterado con tonalidades que varían de blancos, amarillentos y rosados y tonalidades grises cuando está mas fresco, distinguiéndose su textura porfirítica y alta cristalinidad. Hacia el sector sur, forma un alto contiguo al de Vita (FIGURA 7) formado por la brecha intrusiva, con la cual tendría un contacto fallado (fallamiento post emplazamiento), en general se encuentra muy alterado, localmente deleznable, aunque hacia la parte superior se encuentra silicificado y endurecido.

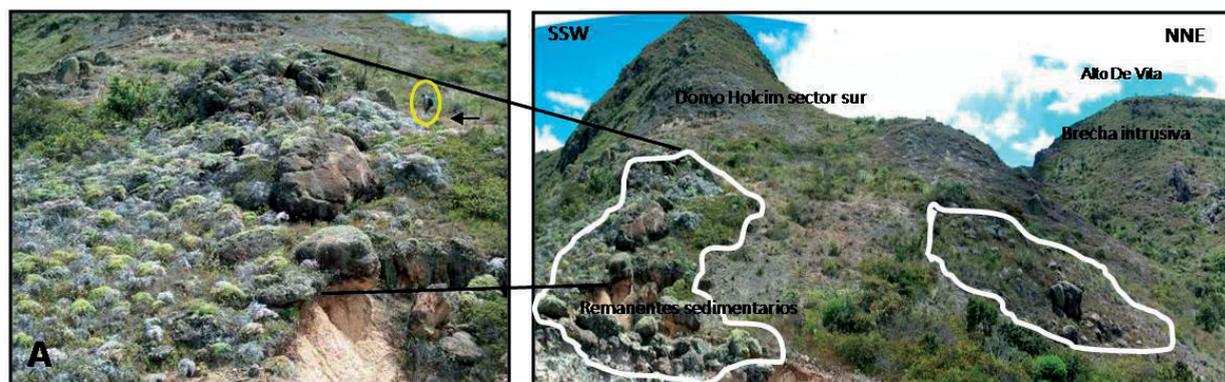
Sobre el domo, en este sector, se encuentran delgados remanentes de rocas sedimentarias correspondientes a la Formación Labor-Tierna (FIGURA 7), la cual se

presenta con efectos de metamorfismo de contacto; localmente, fragmentos redondeados a subredondeados de estas areniscas así como fragmentos del domo se

encuentran involucrados en la parte superior del mismo, formando una brecha no continua endurecida por silicificación.

TABLA 1. Principales características de los domos que conforman el cuerpo volcánico de Iza.

| | Domo Holcim | Domo Los Sauces |
|-----------------------|--|--|
| Tamaño | Corresponde a un área de 0,67 km ² , donde se ubica toda la cantera de explotación | Localizado entre el domo y la brecha, con un área aprox. de 0,12 km ² |
| Geoforma | Domo | Domo muy redondeado |
| Composición | Riolítica porfírica con mayor predominio de sanidina | Riolita porfírica con mayor contenido de plagioclasa |
| Xenolitos | Abundancia de sectores brechosos con xenolitos principalmente sedimentarios, en menor proporción volcánicos y escasos metamórficos | Escasos xenolitos |
| Silicificación | Alta | Muy alta, mayor que la del domo Holcim |
| Alteración | Presenta fuerte caolinización, silicificación y argilización | Presenta fuerte caolinización, silicificación y argilización |
| Autobrechación | Presenta autobrechación | No presenta autobrechación |
| | Presenta localmente anfíboles y biotita | Aparentemente no presenta anfíboles y biotita |
| Opacos | Menor presencia de opacos | Mayor presencia de opacos |



FIGURAS 7. Domo Holcim Sur visto desde el SE. A. Detalle del remanente sedimentario sobre el domo, la flecha indica la persona como escala.

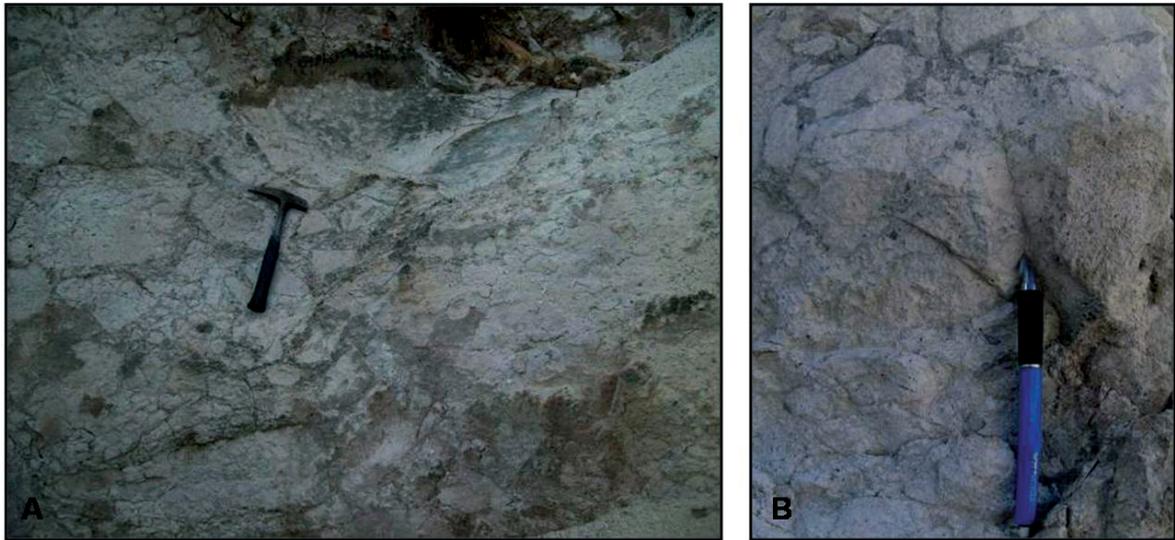
Hacia las partes externas del domo, en el sector oriental, localmente se encuentran brechas en rompecabezas (FIGURA 8), formadas por fragmentos angulares del domo en una matriz conformada por el mismo material o vidrio alterado, indicando expansión por gases contenidos en el magma; en estos mismos sitios es común observar la roca muy vesiculada (FIGURA 8), e igualmente, es común encontrar venillas y fragmentos de azufre de hasta 7cm, estas facies son comunes para las zonas más externas de los domos silíceos. Hacia el sector SW, se puede observar que mientras la Formación Labor-Tierna se encuentra suprayaciendo al domo, lateralmente éste estaría afectando a la Formación Guaduas, la cual según Martínez (1989), sufre efecto

térmico localizado, teniendo en cuenta los resultados de medidas de reflectancia de la vitrinita del carbon contenido en esta formación.

Hacia la parte Central (media), en el sector comprendido entre la brecha y la cantera de Holcim, el domo se caracteriza por presentar una importante “red” de diques -tanto con disposición vertical como subhorizontales- y diferentes orientaciones. En general, son diques delgados (3 a 6 cm de ancho), identificándose tres tipos principales: -Diques constituidos por material afaníticos a microgranular, de color blanco a verde claro correspondientes a rocas ácidas; -venas de cuarzo, generalmente con disposición vertical; y

-diques subhorizontales de color gris a gris oscuro afaníticos a porfiríticos. Hacia las partes externas de los diques se observa una alta disolución de los cristales del domo y reemplazamiento de la matriz por sílice. Martínez (1989) describe venas que afectan al domo, las cuales petrográficamente, presentan textura vítrea, con “fantasmas” de fenocristales reemplazados por vidrio y compuesta por un 95% de vidrio y un 5% por

Cuarzo, Calcedonia y Sericita. Hacia la parte superior del domo se encuentran estructuras bandeadas de flujo. Sobre la parte media se observan algunos remanentes de unidades sedimentarias y son comunes fragmentos dispersos de cuarcitas y areniscas conglomeráticas; para Martínez (1989) la Formación Socha Superior “parece” recubrir el domo en la parte superior, cerca a la cantera.

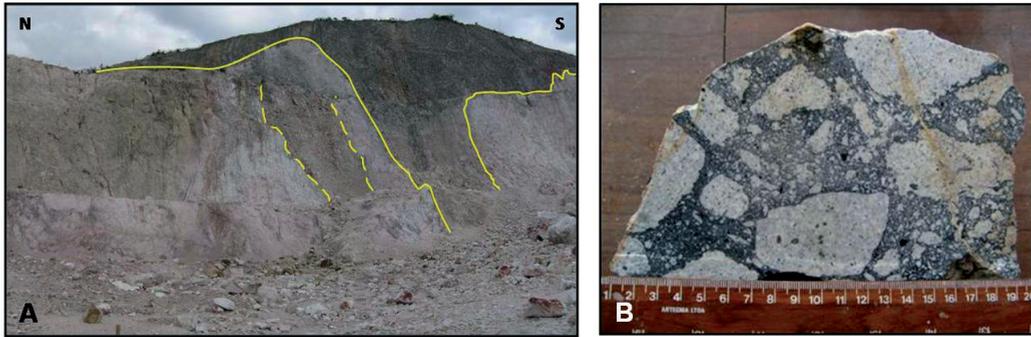


FIGURAS 8. Detalle del domo en dos localidades hacia su parte externa (sector oriental). **A.** Nótese las brechas en rompecabezas, el material gris que conforma la matriz corresponde a vidrio volcánico alterado. En **B.** la roca, localmente, presenta un alto grado de vesicularidad.

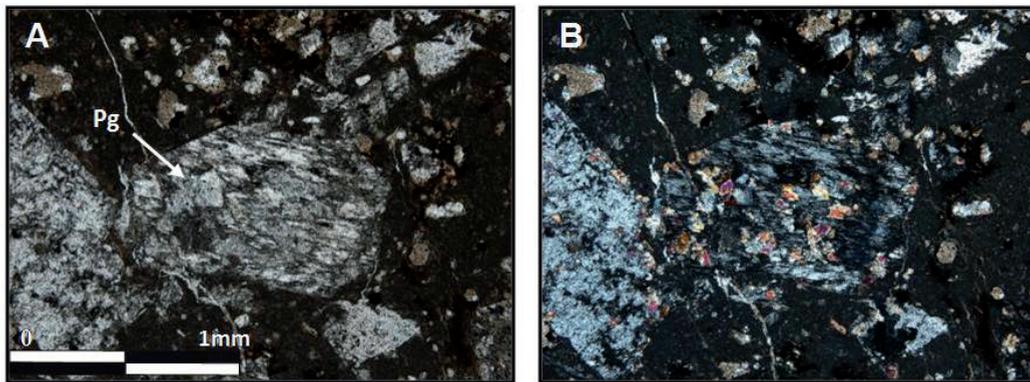
El sector norte del domo es el mejor expuesto debido a la explotación de la cantera de Holcim. Dependiendo del grado de alteración puede conservar su textura porfirítica original o tiene una apariencia “granular” dada por los cristales alterados, tornándose deleznable. Localmente, presenta sectores bien definidos, generalmente con disposición vertical y autobrechas (FIGURA 9), donde se encuentra silicificado, siendo la roca más dura, de color generalmente blanco a violáceo, y limitados por fracturas mayores rellenas por material arcilloso plástico color café oscuro (posible smectita), que a su vez está relleno de los espacios entre los fragmentos. Hacia la parte baja de la cantera se encuentra roca menos alterada con disposición vertical, la cual es de color gris oscuro a negro, porfirítica media a gruesa, con un alto contenido de fenocristales de feldespatos y en menor cantidad cuarzo en una matriz afanítica vítrea, con pirita diseminada, presentando una alta concentración de xenolitos (10 y 25%), que imprimen un aspecto brechoso, similar al de la brecha intrusiva (FIGURA 9 B). Los fragmentos son subangulares a subredondeados con

tamaños hasta de 5 cm y corresponden principalmente a rocas ígneas porfiríticas de color claro, y en menor cantidad sedimentarias oscuras. Los xenolitos metamórficos se encuentran ocasionalmente dentro del domo, de una manera aislada alcanzando tamaño del orden decimétrico.

Como producto de alteración se observan venillas de ópalo, cuarzo, sericita y caolinita. Así como en este trabajo, Martínez (1989), Rincón y Romero (1990), y Contreras-Fayad (2008), describen petrográficamente la roca del domo Holcim como porfirítica con fenocristales de sanidina, plagioclasa, cuarzo subordinado, ocasionalmente con hornblenda, biotita y circones; su matriz es vitrocrystalina, compuesta por vidrio y microlitos de plagioclasa y cuarzo (FIGURA 10). De acuerdo con los análisis de elementos mayores y trazas, Martínez (1989) clasifica la roca como riolitas a riodacitas y propone un magma rico en potasio, el cual sufre un enriquecimiento de este elemento, por procesos de alteración hidrotermal o metasomatismo potásico según Rincón y Romero (1991).



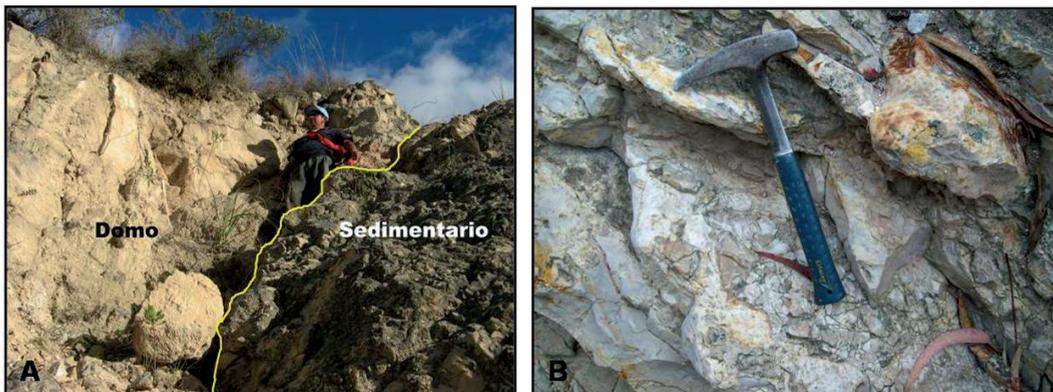
FIGURAS 9. A. Aspecto del domo en el sector N (Cantera Holcim). Note el grado de alteración del domo, así como la disposición columnar local. Al centro y tope, con tonalidad más oscura, autobrecha. B. Detalle del domo menos alterado exhibiendo facies brechosa.



FIGURAS 10. A. SECCIÓN IZI-097H. Domo Holcim. Plagioclasa (Pg) con fuerte alteración hidrotermal en medio de matriz vítrea igualmente alterada (PPL). B. (XPL).

Hacia el NE, el domo se encuentra lateralmente en contacto con la Formación Labor-Tierna (FIGURA 11); en las partes más cercanas al contacto se observa una mayor cantidad de fragmentos de roca de esta unidad incorporadas en el domo, dando un aspecto brechoso, similar al observado hacia el tope, en el

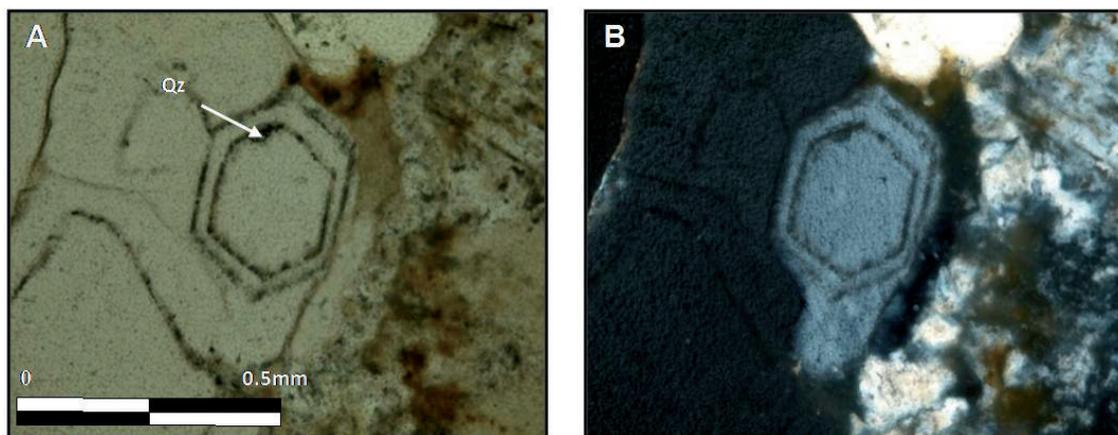
sector sur. En la quebrada Aguas calientes, la unidad sedimentaria se encuentra afectada por metamorfismo de contacto, además de presentar silicificación entre los planos de estratificación y localmente brechas de rocas sedimentarias cuyos fragmentos se encuentran cementados por sílice.



FIGURAS 11. A. Detalle del contacto del cuerpo dómico (sector norte) con la Formación Labor – Tierna. B. Quebrada aguas calientes, detalle de como se presenta la Formación sedimentaria afectada por metamorfismo de contacto debido a la intrusión del domo.

Domo Los Sauces: Se nombra de esta manera a un cuerpo pequeño, circular, morfológicamente bien conservado, localizado entre la brecha intrusiva, a la cual intruye, y el domo Holcim (parte Central y Norte) en el sector E del cuerpo volcánico de Iza (FIGURA 3). Aparece como N21s en la cartografía geológica (FIGURA 2) realizada en el área por Rojas *et al.*, (2009a, 2009b). Es un pequeño cuerpo (aproximadamente 0,15 km²), masivo, muy homogéneo y silicificado, el cual se caracteriza macroscópicamente por sus tonalidades

blancas, textura porfirítica gruesa, con fenocristales observables de feldespato y matriz afanítica, con pirita disseminada. No se observaron xenolitos y hacia la parte superior presenta localmente autobrechas con disposición vertical de dimensiones decimétricas. Petrográficamente, corresponde a una roca con textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo (FIGURA 12) y sanidina. La matriz presenta devitrificación y microlitos de plagioclasa y cuarzo. Como mineral de alteración hidrotermal se presenta ópalo.



FIGURAS 12. SECCIÓN IZI-048A. Sección delgada correspondiente al domo Los Sauces. **A.** Cristal de cuarzo con crecimiento secundario enmarcado por una fina película de minerales de hierro (PPL). **B.** (XPL).

DISCUSION DE RESULTADOS

La estructura del cuerpo volcánico de Iza sugiere que este se formó por crecimiento sucesivo de domos exógenos (según clasificación de Fink *et al.*, 1990; Fink, 1993), debido a la varias inyecciones de nuevo magma hacia sus partes externas, dando como resultado una estructura que involucra varios domos, con diferentes estructuras y texturas. La FIGURA 13A muestra un esquema de la génesis del cuerpo volcánico de Iza, según se propone en éste trabajo; mientras la FIGURA 13B representa un corte esquemático N-S mostrando la actual relación entre la brecha, los domos y las rocas encajantes. La primera inyección de magma posiblemente interactuó con un acuífero localizado en unidades sedimentarias, sobrepresurizando el sistema y originando una brecha intrusiva, mientras el ascenso de pulsos sucesivos continúa hacia las márgenes de la brecha. El magma que formó el cuerpo volcánico de Iza no alcanzó la superficie, pero afectó la secuencia sedimentaria pre-existente cambiando su dirección, según la forma del cuerpo volcánico y originando metamorfismo de

contacto a la base de las secuencias que lo suprayacen y lateralmente a las que intruye (FIGURAS 11 y 13). El intenso tectonismo de la región y la erosión han dejado al descubierto el cuerpo volcánico. Más de cien metros de depósitos cuaternarios identificados en el área mediante perforaciones, estarían incluyendo material erosionado de la secuencia Terciaria que suprayacía al cuerpo volcánico de Iza.

Cepeda y Pardo (2004), y Pardo (2004), definen al cuerpo volcánico de Iza como “el volcán de Iza”, mientras Schonwalder (2006) reporta depósitos piroclásticos (Los Naranjos) asociados a la actividad de éste volcán, los cuales afloran a una distancia de 6 km al NW de Iza en dirección a Firavitoba. Dadas las características del cuerpo volcánico de Iza se descarta que este haya generado erupciones superficiales, y no se clasificaría como volcán. En cambio, con base en la caracterización geológica del presente trabajo, se puede postular que los depósitos piroclásticos de Los Naranjos estarían más relacionados con la actividad explosiva del Volcán de Paipa.

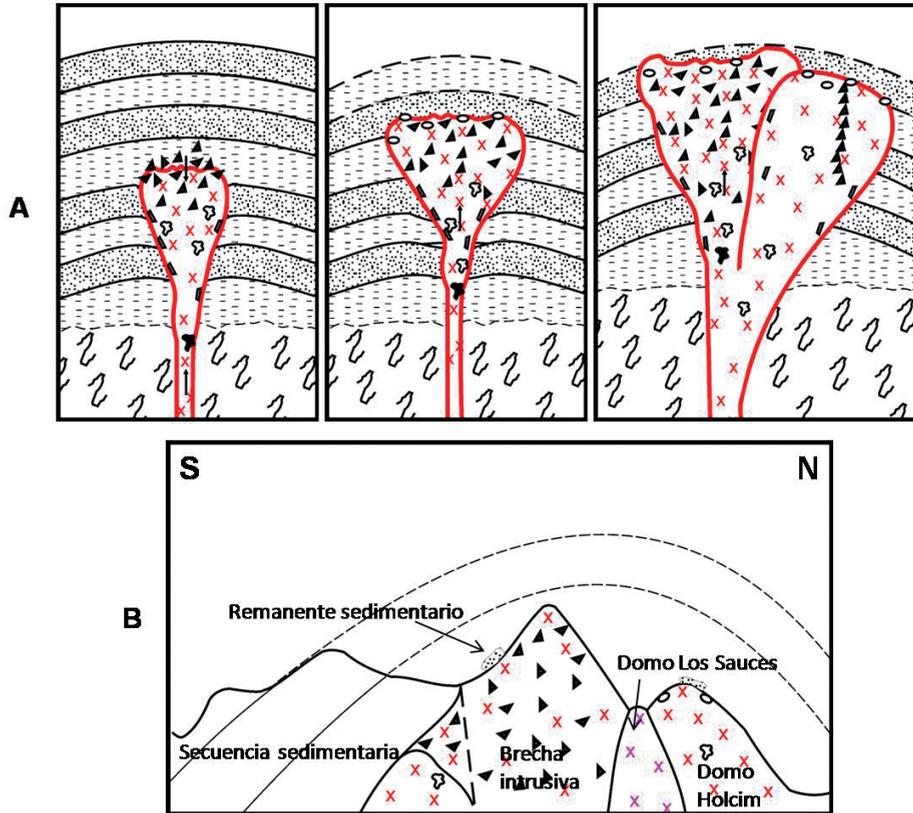


FIGURA 13. A- Esquema del emplazamiento del cuerpo volcánico de Iza: Ascenso de un primer pulso de magma, disrupción, formación de la brecha intrusiva y posterior ascenso de pulsos de magmas que dan lugar a la formación de domos. B- Perfil esquemático del cuerpo volcánico de Iza al presente, después de la erosión de las unidades sedimentarias.

CONCLUSIONES

El cuerpo volcánico de Iza en la Cordillera oriental de Colombia, tiene diámetros de 1,7 y 1,3 km.; alcanza alturas sobre el terreno cercanas a los 350 m; representa el ascenso de varios pulsos de magma que dieron lugar a una brecha intrusiva y varias generaciones de domos con crecimiento exógeno.

La brecha está conformada principalmente por rocas sedimentarias de la Formación Plaeners, que indicarían una disrupción del material en este nivel. Se reconocen al menos dos fases subsiguientes de ascenso de magma que dan origen a domos exógenos.

Tanto la brecha como los domos provienen de un mismo emplazamiento de magma, lo cual es confirmado por la similitud en composición entre la matriz de la brecha y los domos.

Los sucesivos ascensos de magma no alcanzaron la superficie en la época de su emplazamiento, interpretándose este cuerpo volcánico como

criptodomas, que afloran debido a erosión y fallamiento, y por lo tanto se descarta la posibilidad de que el cuerpo de Iza se trate de un volcán con generación de productos volcánicos superficiales.

AGRADECIMIENTOS

A la Química Claudia Alfaro, coordinadora del proyecto de Exploración de Recursos Geotérmicos de la Subdirección de Recursos del Subsuelo de INGEOMINAS, dentro del cual se llevó a cabo el estudio del área de Iza. Al geólogo Edinson Lozano por las discusiones en campo. A Adiel Martínez, Marta Lucía Calvache, Oscar Manzo y Sandra Manosalva por la revisión del manuscrito y comentarios que ayudaron a mejorar el artículo. A Luis Evelio Castaño y Miguel Chía por su apoyo en las actividades de campo.

REFERENCIAS

Burnham, C. W. 1985. Energy release in subvolcanic environments: Implications for breccia formation. *Economic Geology*, 80: 1515-1522.

- Cas, R. A. F. and Wright, J. V. 1982. Modern and Ancient volcanic successions: An approach to analysis of facies, environments of deposition and tectonic setting. Department of Earth Sciences, Monash University. England.
- Cepeda, H. y Pardo, N. 2004. Vulcanismo de Paipa. INGEOMINAS, Proyecto exploración y evaluación de los recursos geotérmicos. Reporte interno. Bogotá, 103p.
- Contreras-Fayad, D.A. 2008. Caracterización mineralógica de rocas que componen el cuerpo volcánico que aflora en Cercanías al Municipio de Iza, Boyacá, Colombia. Petrografía, metalografía y análisis elemental por Medio de un Microscopio Electrónico de Barrido. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 38p.
- Fink, J.H., 1993. The emplacement of silicic lava flows and associated hazards. In: *Active Lavas*, C.J. Kilburn and G. Luongo (Eds.), University College London Press, pp. 5-24.
- Fink, J.H., Malin, M.C., and Anderson, S.W. 1990. Intrusive and extrusive growth of the Mount St Helens lava dome. *Nature*, 348: 435-437.
- Goto, Y., Kano, S., Tuchiya, N., and Nakatsuka, K. 2000. Internal structures and fracture networks in a Miocene dacite intrusion Rebun island Hokkaido, Japan. *Proceedings World Geothermal Congress*, pp. 3713-3718.
- Goto, Y., Ito, Y., Yokoyama, Y., Matsui, T., and Mimatsu, S. 2004. Internal structures of a subaerial dacite cryptodome at Usu volcano, Hokkaido, Japan. *Mem. Muroran Inst. Tech.*, 54: 3-10.
- Goto, Y. and McPhie, J. 1998. Endogenous growth of a Miocene dacite cryptodome, Rebun Island, Hokkaido, Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 84: 273-286.
- INGEOMINAS. 1995. Compilación de los estudios geológicos oficiales en Colombia: Estudio de reconocimiento de los recursos geotérmicos de la República de Colombia (Olade Geotérmica Italiana), Tomo XXI. 455p.
- IRME-UPTC. 2000. Estudio de prefactibilidad para definir zonas de depósito para estériles de la mina de puzolana en Iza (Boyacá). *Cementos Boyacá. Sogamoso*, 110p.
- Jaramillo, J. M., Rojas, P., and Garver, J. I. 2005. Pliocene volcanism in the Cordillera Oriental of Colombia. 6th International Symposium on Andean Geodynamics. Barcelona, Extended Abstracts, pp. 411-412.
- Martínez, A. 1989. Geologie de la région d'Iza, Boyaca. Cordillere orientale de Colombie. Diplome de mineralogie et Geologie, Universite de Lausanne, 52p.
- Pardo, N. 2004. Estratigrafía de las vulcanitas asociadas al volcán de Paipa, municipios de Paipa y Tuta, Departamento de Boyacá, Colombia. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia- Bogotá. 163p.
- Renzoni, G., Rosas, H., Etayo, F. *et al.* 1967. Geología de la Plancha 191 Tunja, escala 1:100.000, INGEOMINAS, publicada en 1998.
- Renzoni, G. y Rosas, H. 1983. Geología Plancha 171-Duitama. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. Bogotá.
- Reyes, I. 1997. Observaciones sobre el Cuaternario del altiplano Tunja-Sogamoso. *Geología Colombiana*, Bogotá, (17): 151-157.
- Rincón, M. y Romero, O. 1990. Evaluación Geovulcanológica del área de interés geotérmico de Iza, Boyacá. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 135p.
- Rojas, N., Velandia, F., Monsalve, M.L., Pintor, I. 2009a. Geología del Domo Volcánico de Iza y sus alrededores sector Pesca e Iza, INGEOMINAS. Bogotá.
- Rojas, N., Monsalve, M.L., Velandia, F., Pintor, I., Martínez, L.F. 2009b. Geología del Domo Volcánico de Iza y sus alrededores sector Pesca e Iza, Memoria Explicativa. INGEOMINAS. Bogotá. 103p.
- Sarmiento, L. 2001. Mesozoic rifting and cenozoic basin inversion history of the Eastern Cordillera, Colombian Andes. Inferences from tectonic models. PhD. Thesis. Vrije Universiteit Amsterdam, 296p.
- Schonwalder, D. 2006. Caracterización geoquímica y petrográfica de un depósito asociado al volcán de Iza Boyacá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 23p.
- Sillitoe, R. H. 1985. Ore-related breccias in volcano plutonic Arcs. *Economic Geology*, 80: 1467-1514.

Taboada A. Rivera L., Fuenzalida A., Cisternas A., Philip H., Bijwaard H., Olaya J., and Rivera C. 2000. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, 19 (5): 787-813.

Ujueta, G., Macía, C., y Romero, F. 1992. Cuerpo Riodacítico del Terciario Superior en la Región de Quetame, Cundinamarca. *Geología Colombiana*, 17: 143-150.

Ujueta, G. 1993. Lineamientos Muzos, Tunja y Paipa en los departamentos de Boyacá y Casanare. *Geología Colombiana*, 18: 65-73.

Velandia, F. 2003. Cartografía geológica y estructural sector sur del municipio de Paipa. INGEOMINAS Proyecto Geodinámica. Informe interno. Bogotá, 31p.

Velandia, F. 2005. Interpretación de transcurrencia de las fallas Soapaga y Boyacá a partir de imágenes Landsat TM. *Boletín de Geología*, 27 (1): 81-92.

Trabajo recibido: Mayo 5 de 2011
Trabajo aceptado: Junio 20 de 2011