

Données nouvelles sur la volcanologie du massif de l'Imbabura, Équateur

Andrés G. Ruiz¹
Jean-Luc Le Pennec²
Minard L. Hall¹
Jean-Philippe Eissen³

Mots-clés : volcanologie – datation – pétrologie – risques naturels – Imbabura

Introduction

Le complexe volcanique de l'Imbabura (figure 1), situé dans la vallée Interandine d'Équateur à 60 km au Nord de Quito, comprend un massif principal, nommé Taita Imbabura (« le père Imbabura », point culminant à 4 620 m), et un massif adventif appelé Huarmi Imbabura (le « fils Imbabura », 3 920 m). Des études antérieures ont montré le caractère géologiquement jeune de ce volcan (Hall et Beate, 1991), bien que peu de données sur l'âge ou la composition des roches aient été présentées. Cependant, la proximité des grandes agglomérations comme Ibarra, Atuntaqui ou Otavalo justifie d'approfondir les recherches pour mieux connaître les menaces encourues par les populations locales. Entre 2000 et 2004, nous avons étudié la volcanologie du massif en nous appuyant sur diverses méthodes : cartographie géologique au 25 000^e; reconstitution de 56 colonnes stratigraphiques obtenues

sur l'ensemble du massif ; étude pétrographique de 70 lames minces ; analyses géochimiques de 46 échantillons de roche. De plus, 8 nouvelles datations au carbone 14 ont été obtenues sur des paléosols et des bois carbonisés contenus dans certains dépôts.

Deux stades d'édification

Les études géologiques conduisent à distinguer deux grands stades d'édification du volcan Imbabura. L'Imbabura ancien s'est construit au Pléistocène, entre 1,8 million d'années et 43 000 ans (Barberi *et al.*, 1988 ; Ruiz, 2003). Il est

1 Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional (IG-EPN), Apartado postal 17-01-2759, Quito, Équateur

2 IRD, Whymper 442 y Coruña, Apartado 17-12-857, Quito, Équateur

3 IRD, UMR « Magmas et volcans », Laboratoire Magmas et volcans, UMR 6524, OPGC-Université Blaise Pascal, 5, rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand cedex, France

composé de six unités stratigraphiques principalement constituées de coulées de lave empilées sur environ 1 000 m d'épaisseur. Ces laves contiennent des plagioclases, un ou deux types de pyroxènes, un peu d'olivine ou amphibole, et des oxydes. Les teneurs en silice varient de 54 à 63 % en poids d'oxyde, ce qui correspond à des compositions d'andésites. Ce premier édifice s'est brusquement effondré vers le Nord-Ouest, à une date supérieure à 43 000 ans, en formant une avalanche qui a parcouru 16 km vers le Nord-Ouest, recouvrant une surface d'environ 160 km². Le volume du dépôt d'avalanche est estimé à 1,6 km³. Cet événement majeur met fin à l'évolution de l'Imbabura ancien.

L'Imbabura récent s'est édifié de la fin du Pléistocène supérieur à l'Holocène (en gros les derniers 40 000 ans). D'importantes phases d'activité du Taita Imbabura sont datées vers 30 000 et 15 000 ans, la dernière se serait produite entre 10 000 et 6 000 ans. Ces phases sont caractérisées par la croissance de dômes de laves visqueuses (dacites à 64 % de silice) qui se sont effondrés vers l'Est et le Nord, en produisant des nuées ardentes riches en blocs. Les dépôts se sont superposés au cours des millénaires pour constituer, à l'Est, un véritable cône d'épandage, dont la morphologie est bien préservée dans le paysage actuel. L'événement le plus remarquable est une puissante explosion, datée de 28 000 ans, qui a d'abord provoqué l'effondrement du flanc Sud-Ouest du

Taita Imbabura, avant de se propager vers l'Ouest à très grande vitesse, en dévastant une superficie de 90 km² environ. L'explosion a laissé un cratère de 3 km de diamètre, dans lequel des dômes de laves visqueuses se sont ensuite accumulés pour constituer le Huarmi Imbabura. Les quelques âges obtenues pour le Huarmi (Ruiz, 2003) et des perforations dans le lac San Pablo (Athens, 2000) suggèrent que la dernière phase d'activité s'est produite à l'Holocène inférieur, entre 10 000 et 8 000 ans, voire moins. La forme en tronç du cône du Huarmi est facilement repérable dans le panorama qui s'étend aujourd'hui à l'Est du lac San Pablo (figure 1). Des coulées de laves andésitiques (57 à 62 % de silice en poids d'oxyde), d'âge inconnu mais appartenant sans doute à l'Imbabura récent, ont parcouru des distances de 4 à 6 km sur le flanc Sud du volcan. Elles contiennent des plagioclases, deux types de pyroxènes, et un peu d'amphibole. Au cours des derniers millénaires jusqu'à la période historique, des coulées de boue se sont produites sur certains flancs du volcan.

Conclusion

Les résultats obtenus dans notre étude suggèrent que les dernières phases d'activité du complexe volcanique de l'Imbabura se sont produites au début de l'Holocène, entre 10 000 et 8 000, voire 6 000 ans. Dans ces conditions, il est difficile de considérer que ce volcan est définitivement éteint, si bien qu'il

faut envisager une future réactivation. Compte tenu de la densité de population aux alentours de l'édifice (250 000 personnes vivent à proximité du massif), nous avons réalisé une nouvelle carte

de menaces en délimitant les zones les plus exposées en cas de crise (Ruiz *et al.*, 2005). De plus, l'acquisition de matériel pour la mise en place d'une surveillance sismologique minimale est en cours.

Figure 1 – Le complexe volcanique Imbabura vu de l'Ouest et le lac San Pablo

El complejo volcánico Imbabura visto del Oeste y el lago San Pablo



Photo : Jean-Luc Le Penneç, juin 2004

Références bibliographiques

- Athens, J. S., 1999, Volcanism and Archeology in the Northern Highlands of Ecuador, in Mothes, P. (Ed.), *Actividad volcánica y pueblos precolombinos en el Ecuador*, Editions Abya-Yala, Quito, 157-189.
- Barberi, F., M. Coltelli, G. Ferrara, F. Innocenti, J. M. Navarro et R. Santacroce, 1988, Plio-Quaternary volcanism in Ecuador, *Geol. Mag.*, 125: 1-14..
- Ruiz, G.A., 2003, Estudio geovolcanológico del complejo volcánico Imbabura. Proyecto inédito previo a la

obtención del título de ingeniero geólogo, Escuela de Ingeniería, Escuela Politécnica Nacional, 317 p.

- Hall M.L. et B. Beate, 1991, El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador, in Mothes, P., Paisaje volcánico de la Sierra Ecuatoriana, *Estudios de Geografía*, 4: 5-17.

- Ruiz A. G., J.-L. Le Penneç, M.L. Hall et P. Samaniego, 2005, Mapa de los peligros volcánicos potenciales del complejo volcánico Imbabura (échelle : 1/50 000), IGM-IG/EPN-IRD.

Nuevos datos sobre la volcanología del macizo del Imbabura, Ecuador

Palabras clave: datación – petrología – riesgos naturales – Imbabura

Introducción

El complejo volcánico del Imbabura (figura 1), situado en el valle interandino de Ecuador, a 60 km al norte de Quito, comprende un macizo principal llamado Taita Imbabura (Padre Imbabura) que culmina a 4.620 m.s.n.m. y un macizo secundario llamado Huarmi Imbabura (Hijo Imbabura) que culmina a 3.920 m.s.n.m. Estudios anteriores han mostrado el carácter geológicamente joven de este volcán (Hall y Beate, 1991), aunque se han presentado pocos datos sobre la edad o la composición de las rocas. Sin embargo, la proximidad de grandes aglomeraciones como Ibarra, Atuntaqui u Otavalo justifica que se profundicen las investigaciones para conocer mejor las amenazas que pesan sobre la población local. Entre 2000 y 2004 se estudió la volcanología del macizo utilizando varios métodos: cartografía geológica a escala 1:25.000, reconstrucción de 56 columnas estratigráficas obtenidas en todo el macizo, estudio petrográfico de 70 láminas delgadas, análisis geoquímicos de 46 muestras de roca. Se obtuvieron, además, 8 nuevas dataciones mediante carbono 14 en paleosuelos y

madera carbonizada contenidos en ciertos depósitos.

Dos estadios de edificación

Los estudios geológicos llevan a distinguir dos grandes estadios de edificación del volcán Imbabura. El Imbabura antiguo se construyó en el Pleistoceno, entre 1,8 millón de años y 43.000 años antes del presente (Barberi y otros, 1988; Ruiz, 2003). Se compuso de seis unidades estratigráficas constituidas principalmente de flujos de lava apilados en aproximadamente 1.000 m de espesor. Estas lavas contienen plagioclasas, uno o dos tipos de piroxenos, algo de olivino o anfíbol, y óxidos. Los contenidos de sílice varían de 54 a 63% en peso de óxido, lo que corresponde a composiciones de andesitas. Este primer edificio colapsó de forma catastrófica hacia el noroeste, hace más de 43.000 años, formando una avalancha que recorrió 16 km en esa dirección, cubriendo una superficie de alrededor de 160 km². El volumen del depósito de la avalancha ha sido estimado en 1,6 km³. Este evento mayor pone fin a la evolución del Imbabura antiguo.

El Imbabura reciente se edificó de finales del Pleistoceno superior al Holoceno

(*grosso modo* los últimos 40.000 años). Importantes fases de actividad del Taita Imbabura han sido datadas hacia 30.000 y 15.000 años antes del presente. La última se habría producido entre 10.000 y 6.000 años antes del presente. Estas fases se caracterizan por el crecimiento de domos de lava viscosa (dacitas con 64% de sílice) que colapsaron hacia el este y el norte, produciendo nubes ardientes ricas en bloques. Los depósitos se superpusieron a lo largo de los milenios para formar, al este, un verdadero cono de deyección, cuya morfología está bien preservada en el paisaje actual. El evento más notable es una poderosa explosión, datada de 28.000 años antes del presente, que provocó primeramente el colapso del flanco sudoeste del Taita Imbabura, antes de propagarse hacia el oeste a gran velocidad, devastando una superficie de aproximadamente 90 km². La explosión dejó un cráter de 3 km de diámetro, en el que se acumularon luego domos de lavas viscosas para constituir el Huarmi Imbabura. Las pocas edades obtenidas para este último (Ruiz, 2003) y perforaciones en el lago San Pablo (Athens, 2000) sugieren que la última fase de actividad se produjo en el Holoceno inferior, entre 10.000 y 8.000 años antes del presente, e incluso menos. La forma de tronco del cono del Huarmi es fácilmente identificable en el panorama

que se extiende hoy en día al este del lago San Pablo (figura 1). Flujos de lavas andesíticas (57 a 62% de sílice en peso de óxido), de edad desconocida pero pertenecientes probablemente al Imbabura reciente, recorrieron distancias de 4 a 6 km en el flanco sur del volcán. Contienen plagioclasas, dos tipos de piroxeno y algo de anfíbol. Durante los últimos milenios hasta el período histórico, se han producido flujos de lodo en ciertos flancos del volcán.

Conclusión

Los resultados obtenidos en nuestro estudio sugieren que las últimas fases de actividad del complejo volcánico del Imbabura se produjeron a inicios del Holoceno, entre 10.000 y 8.000 años antes del presente, pudiendo haber ocurrido inclusive alrededor de 6.000 años antes del presente. En tales condiciones, es difícil considerar que este volcán esté definitivamente apagado, por lo que debe contemplarse una futura reactivación. Dada la densidad poblacional en las inmediaciones del edificio (250.000 personas viven cerca del macizo), se realizó un nuevo mapa de amenazas delimitando las zonas más expuestas en caso de crisis (Ruiz y otros, 2005). Además, está en curso la adquisición de equipos para la implementación de una vigilancia sísmológica mínima.