

Tufo Yura: la ignimbrita más joven de Arequipa, sur del Perú

Carla Palacios¹, Nélica Manrique¹, Rigoberto Aguilar^{1,2} y David Arteaga¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, Urb. Magisterial 2 B-16, Yanahuara, Arequipa, Perú - cpalaciosn@ingemmet.gob.pe

² Université Clermont Auvergne, Laboratoire Magmas et Volcans UMR 6524 CNRS, OPGC, IRD, Campus Universitaire des Cézeaux, 6 Avenue Blaise Pascal, 63178 Aubière Cedex, France

Palabras clave: PDC, ignimbrita, Tufo Yura.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los peligros asociados a las erupciones volcánicas, las Corrientes de Densidad Piroclástica (PDC) son uno de los fenómenos más peligrosos para las poblaciones aledañas al volcán. Debido a factores como su alta velocidad de emplazamiento y alta temperatura, son capaces de arrasar y calcinar todo por su paso. Eventos catastróficos generados por los PDC son las ocurridas en 1902 en los volcanes Monte Pelée (Isla Martinica) y Santa María (Guatemala) donde hubieron más de 28.000 y 6.000 víctimas respectivamente (Pérez y Fernández, 2015).

Los depósitos de PDC se pueden clasificar según composición, volumen del depósito y las litofacies dominantes (Brown y Calder, 2005). Según Wilson y Hildreth (2003) aquellos depósitos de PDC que superan 1 km³, son considerados como ignimbritas producidas por erupciones plinianas, con una composición de magma diferenciado. Las ignimbritas están constituidas por ceniza y piedra pómez, la cuales, se forman por el colapso de columnas eruptivas, o por derrames a partir de fisuras casi concéntricas que luego pueden generar la formación de una caldera (e.g. Aguilar et al. 2022).

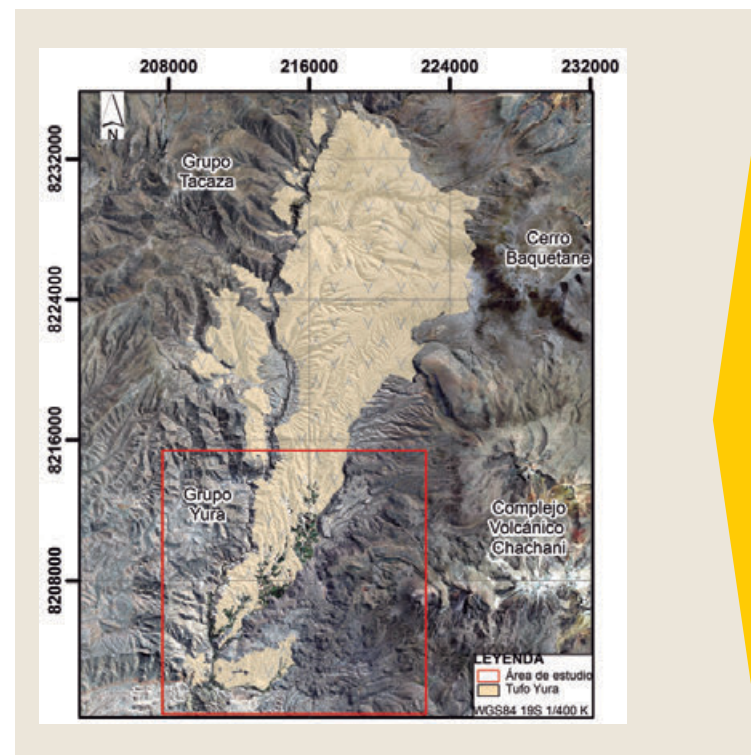
El sur del Perú es el segundo campo de ignimbritas del Neógeno más grande de los Andes (Thouret et al., 2018); solo en Arequipa, alrededor del Complejo Volcánico Chachani (CVC), se han identificado cuatro unidades de ignimbritas riolíticas (1) La ignimbrita Río Chili (ca. 13.33 Ma), (2) La Joya (ca. 4.87 Ma), (3) Aeropuerto de Arequipa (ca. 1.6 Ma) y (4) Tufo Yura (ca. 1.02 Ma) (Paquereau - Lebti et al. 2006, 2008).

En el presente trabajo se describe la geomorfología, geología y la estratigrafía del Tufo Yura, a partir del

trabajo de campo y el levantamiento de columnas tefroestratigráficas de los depósitos, con el fin de entender el proceso eruptivo y los mecanismos que generaron los depósitos del Tufo Yura.

METODOLOGÍA

El presente estudio se enfocó en el sector suroeste del Cerro Baquetane (Figura 1), y se realizó en tres etapas. En la etapa de pre campo se realizó una recopilación de información bibliográfica, y a partir de la imagen satelital del mapa base de ArcMap y Google Earth se realizó la fotointerpretación geomorfológica y geológica. En la etapa de campo, se realizó el estudio



► Fig. 1 – Mapa de ubicación del área de estudio.

geomorfológico, geológico, y estratigráfico mediante el cartografiado y levantamiento de columnas tefro – estratigráficas de los depósitos expuestos del Tufo Yura. Finalmente, en la etapa de post campo (gabinete), el análisis de los datos obtenidos en campo.

Los depósitos del Tufo Yura afloran al noroeste del Complejo Volcánico Chachani y al oeste del Cerro

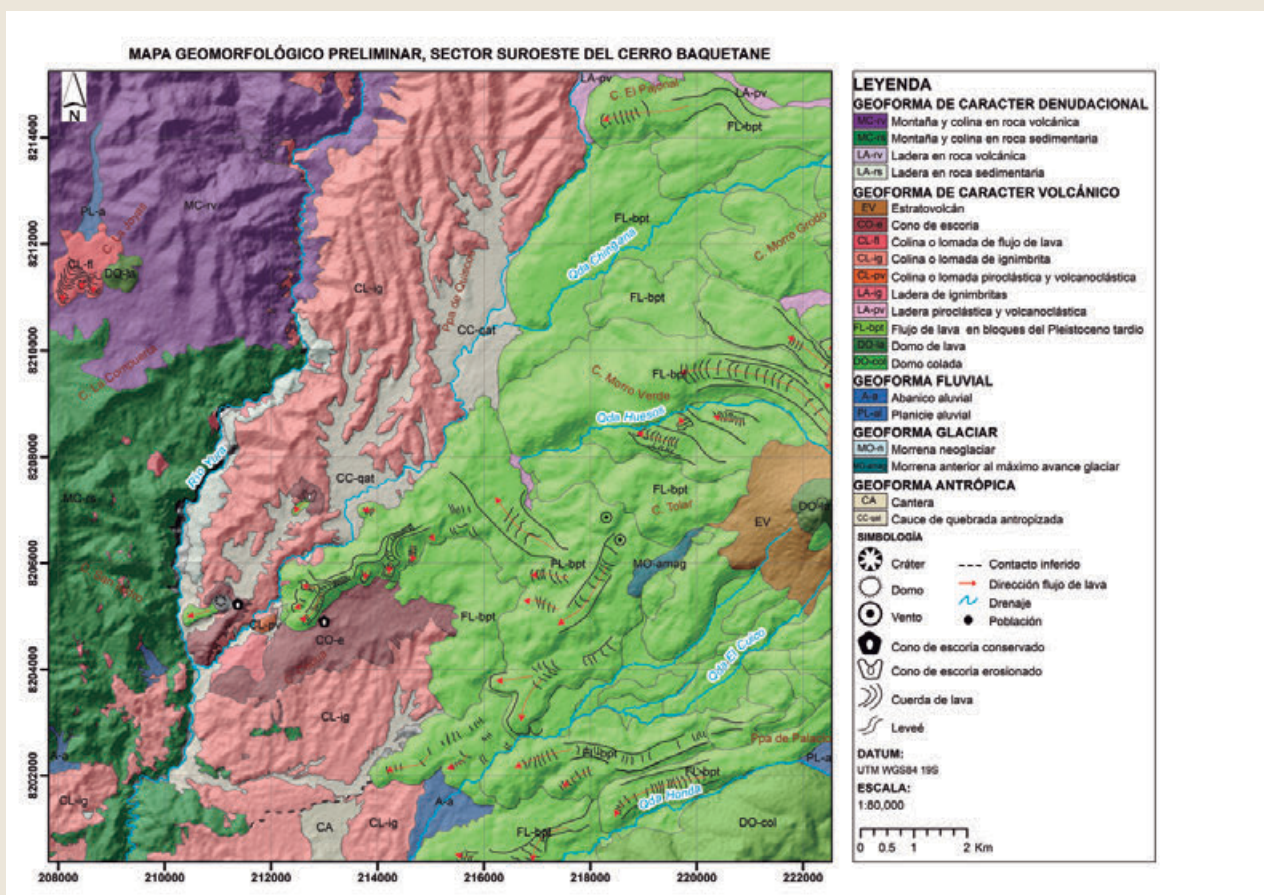
Baquetane, en territorio de los distritos de Yura, Achoma y Yanque, de la provincia y Región de Arequipa.

Geomorfológicamente el área de estudio está conformada por unidades de carácter denudacional, volcánico, fluvial, glaciar y antrópico (Figura 2). La descripción de las unidades geomorfológicas se encuentra resumida en la Tabla 1.

Unidad	Subunidad	Ubicación	Descripción	Pendiente	Tipo de roca
Geoforma de carácter denudacional	Montañas y colinas en roca volcánica (MCrv)	Cerro Las Joyas	Brechas y lavas hidrotermalizadas	Muy escarpado (>45°)	Grupo Tacaza
	Montañas y colinas en roca sedimentaria (MCrs)	Sector medio del río Yura	Rocas sedimentarias	Muy fuerte a muy escarpado (30° - >45°)	Grupo Yura
Geoforma de carácter volcánico	Estratovolcán (EV)	Cerro Morro Verte y Tolar	Sucesiones de flujo de lava (4600 msnm)	Muy fuerte (30° - 45°)	Estratovolcán Rodado (CVC)
	Conos de escoria (CO-es)	Sectores de Ccapua, Yura Viejo y Uyupampa (Arteaga et al. 2021)	Flujos de escoria, caída de escoria y ceniza.	Fuerte y muy fuerte (12° - 45°)	Campos monongenéticos
	Colinas o lomadas de flujos de lava (CL -fl)	Pampa del Chiral	Flujos de lava y escorias andesíticas – basálticas, con estructuras de cordones y una dirección de flujo hacia el sur	Muy fuerte (30° - 45°)	Grupo Barroso
	Colinas o lomadas de ignimbrita (CL -ig)	Sector suroeste del Cerro Baquetane y oeste del CVC	Presenta un drenaje dendrítico disectado por quebradas poco profundas.	Suave a moderada (0° - 12°) y fuerte (12° - 30°)	Tufo Yura
	Colinas o lomadas piroclásticas y volcanoclasticas (CL -pv)	Cerro Capua	Flujo piroclástico de pómez y ceniza.	Muy fuerte (30° - 45°)	Edificio Nozarane (CVC)
	Laderas de ignimbrita (LA -ig)	Margen derecha del río Yura	Aflora en las laderas del Grupo Yura y Grupo Tacaza	Muy fuerte a muy escarpado (30° - >45°)	Tufo Yura
	Laderas piroclásticas y volcanoclasticas (LA -pv)		Depósitos de flujo piroclástico de bloques y cenizas	Suave a moderado (0° - 12°)	Domo Cabrerías (CVC)
	Flujos de lava en bloque del Pleistoceno Tardío (FL -bpt)	Oeste del CVC	Afloran en los flancos del CVC, presentan estructuras de cordones y leveés	Moderada a fuerte (3° - 30°)	Edificio Nozarane, Rodado y Uyupampa (CVC)
	Domos lava (Do -la)	Distrito de Yura	Con estructura en forma de herradura abierta hacia el sureste con un ancho de ~1.2 km (Aguilar et al. 2016) Forma de cúpula de ~ 350 m de altura.	Muy fuerte (30° - 45°)	El Rodado Grupo Barroso
	Domos coladas (Do -col)	Distrito de Yura	Superficie suave y ondulada.	Fuerte a muy fuerte (12° - 45°)	Domo Potrero
Geoforma de carácter fluvial	Abanico aluvial (A -a)	Sector suroeste del CVC y pie del frente montañoso del Grupo Yura	Presenta drenaje radial que se abre en forma de "abanico"	Moderado (3° - 12°)	Depósito aluvial
	Planicie aluvial (PL -al)	Pampa del Chiral		Suave (0° - 3°)	Depósito aluvial
Geoforma glaciar	Morrena anterior al máximo avance glaciar (Moamag)	Oeste del Edificio Rodado	Alcanza altitudes mayores a 3627 msnm con forma ovalada y una distancia de 200m.	Muy fuerte (30° - 45°)	Depósitos morrénicos
Geoforma antrópica	Cantera (CA)	Distrito de Yura	Cantera de Cementos Yura.	Suave (0° - 3°)	Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa
	Cauce de quebrada antropizada (CC -qat)	Oeste del CVC	Contorno irregular alargado en dirección suroeste. Sobre el cual se desarrollan actividad agrícola y viviendas.	Suave a moderada (0° - 12°)	Depósitos lacustres

Los depósitos del Tufo Yura, han rellenado una depresión entre el edificio Nocarane (edificio del CVC) al este y las escarpas del Grupo Yura y Grupo Tacaza al oeste. Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio son rocas sedimentarias, lutitas, calizas y areniscas del Grupo Yura (Jurásico Superior - Cretácico Inferior), seguido por la Formación Arcurquina (Cretácico Inferior - Cretácico Superior), constituida por calizas con intercalaciones lutáceas. Además; brechas, y lavas hidrotermalizadas de Grupo

Tacaza (Oligoceno), luego la Ignimbrita Aeropuerto de Arequipa, Tufo Yura, lavas andesíticas y basálticas del Pleistoceno Inferior, atribuidas al Grupo Barroso Superior. Cubriendo estos depósitos se observan flujos de escoria, caída de escoria y ceniza asociado a los volcanes monogenéticos de Yura Viejo, Uyupampa, y Ccapua, (Arteaga et al. 2021), flujos y domos de lava de los edificios del Complejo Volcánico Chachani (Pleistoceno Medio - Superior). Finalmente, depósitos morrénicos, lacustres, coluviales y aluviales (Figura 3).



► Fig. 2 - Mapa geomorfológico preliminar del sector SO del Cerro Baquetane.

Estratigrafía

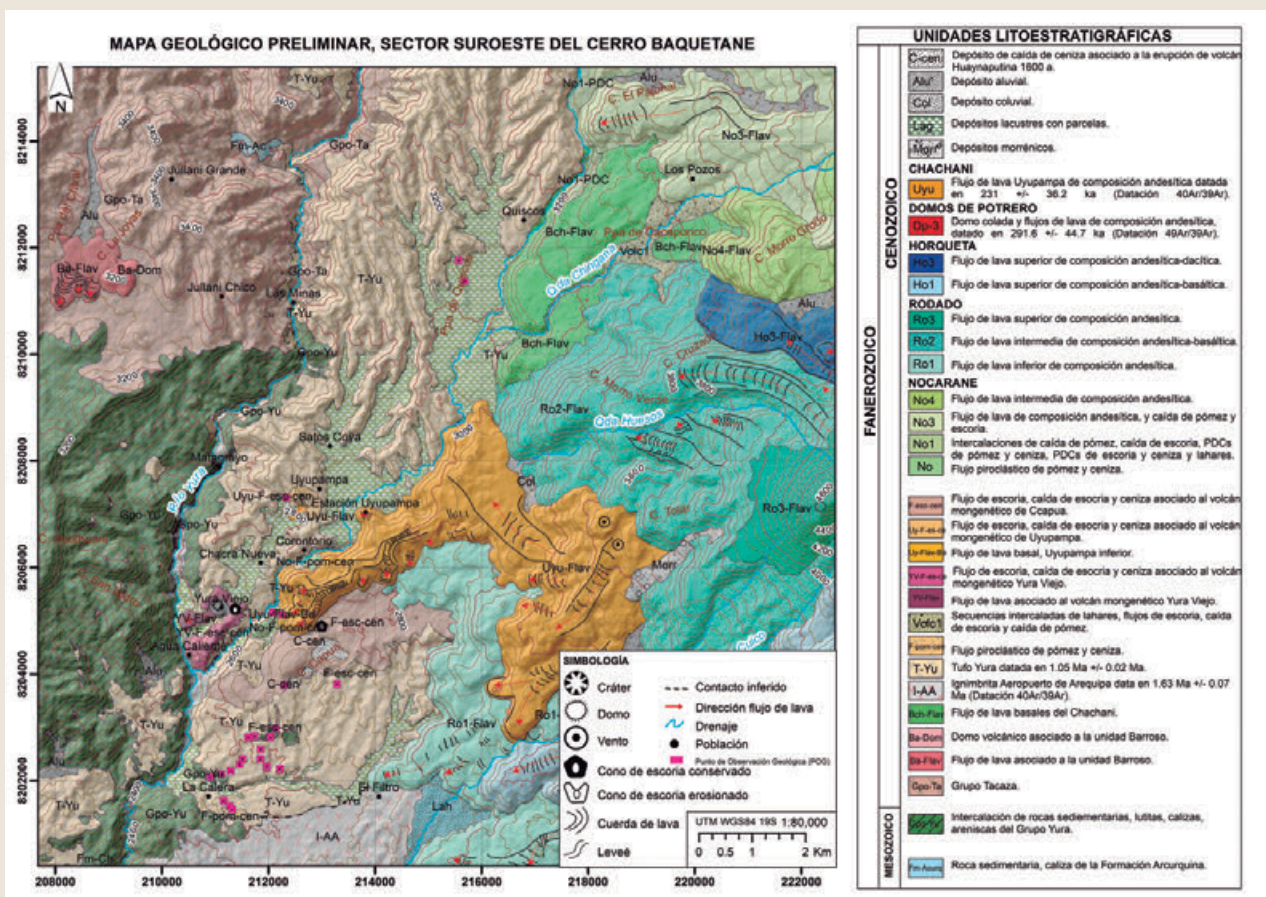
El Tufo Yura está conformado por al menos seis niveles de flujo piroclástico, un depósito de caída piroclástica y dos niveles de oleadas piroclásticas (Figura 4). El primer nivel inferior de flujo piroclástico de pómez y ceniza se caracteriza por ser suelto, pobremente

sorteado, con 15% de matriz y 85% fragmentos. El segundo nivel, caída de lapilli pómez con 35% de matriz y 65% de fragmentos, con lentes de acumulación de pómez (<4.5 cm) hacia el tope. El tercer nivel, oleada de lapilli pómez con estratificación laminar. El cuarto nivel, flujo piroclástico de pómez con fragmentos que varían entre lapilli y ceniza (40%), y

60% de matriz. El quinto nivel, oleada piroclástica de lapilli con estratificación laminar. El sexto nivel, suelto, matriz soportado con 60% de matriz y 40% de fragmentos con lentes de acumulación de pómez de ~2cm en la base. En el último nivel se ha observado 2 tipos de pómez; de textura fibrosa (22%) y masiva (3%).

Cada unidad presenta, características petrográficas similares en los fragmentos juveniles (pómez de textura fibrosa) y fragmentos líticos (negros, grises

oscuros, rojizos y bandeados) (Figura 5). Por otro lado, los flujos de lava del Cerro Baquetane sobreyacen estratigráficamente los depósitos del Tufo Yura. Se identificaron 2 tipos de flujos de lava; flujo de lava en bloques con estructura laminar, de color gris medio, de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica y flujo de lava en bloques de color gris claro, de textura porfírica con fenocristales de plagioclasa y anfíbol englobados en una matriz afanítica.



► Fig. 3 – Mapa geológico preliminar del sector SO del Cerro Baquetane, modificado de Aguilar et al. (2012).

Discusión y conclusiones

La distribución espacial de los depósitos del Tufo Yura, muestra que estos están controlados por la paleotopografía, rellenando preferentemente un valle, de orientación NE – SO.

Según Paquereau-Lebti et al. (2006) la fuente de emisión de los depósitos del Tufo Yura se ubica en un volcán "paleo – Chachani" al norte del Nocarane y al sur del Cerro Baquetane siendo concordante con lo visto en campo, puesto que se observó los flujos de lava del Cerro Baquetane sobreyaciendo a los depósitos del Tufo Yura.

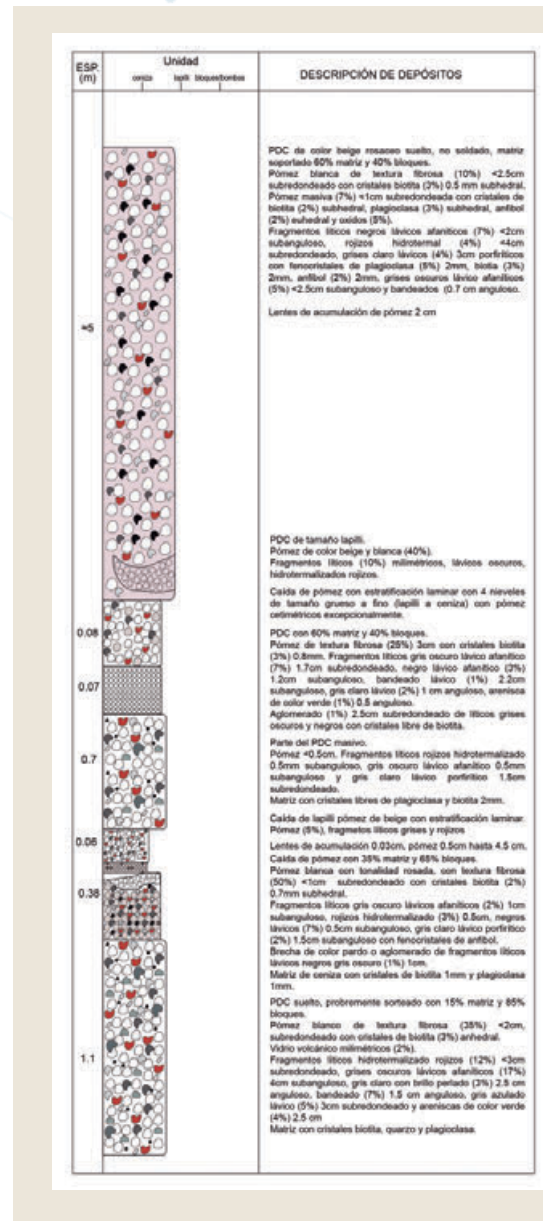
La posición estratigráfica de los depósitos indica que el Tufo Yura es más antiguo que los depósitos del Cerro Baquetane.

Las características macroscópicas (estratigrafía y petrología) de los depósitos y el grado de compactación de la ignimbrita (no soldada) permiten sugerir que el Tufo Yura está conformado por varias unidades de PDC; sin embargo, es necesario realizar estudios microscópicos y dataciones radiométricas, a fin de que se determine el lapso de tiempo que duró la erupción.

Según, Freundt et al. (2000) en ignimbritas de volumen moderado a grande, y especialmente en ignimbritas soldadas, es difícil identificar las unidades de flujo siendo coherente con lo visto en campo ya que los depósitos del Tufo Yura son no soldados y tiene un volumen de 1.5 km³ (Paquereau – Lebti, 2006).



► Fig. 4 –Afloramiento de los depósitos del Tufo Yura.



► Fig. 5 –Columna tefro – estratigráfica del sector SO del Cerro Baquetane – Pampa de Quiscos (coordenadas E 216016N 8212740).

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se realiza en el marco del Proyecto IGCP 692 Geopatrimonio para la resiliencia ante riesgos geológicos – UNESCO y el proyecto GA17F Estudio y evaluación de los peligros asociados a los volcanes Chachani y Casiri. Agradecemos al Dr. Benjamin Van Wyk de Vries por sus valiosos comentarios en el desarrollo del estudio, colegas del Observatorio Vulcanológico del INGEMEMT y amigos, Yaldri Bravo, por su disposición y apoyo en los trabajos de campo.

REFERENCIAS

- ▶ Aguilar R., Thouret J., Samaniego P., Worner G., Jicha B., Paquette J., Suaña E., Finizola A. (2022). Growth and evolution of long – lived, large volcanic clusters in the Central Andes: The Chachani Volcano Cluster, southern Peru. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 426.
- ▶ Aguilar R., Thouret J., Suaña E., Rivera M., Jicha B. (2012). Implicancias de los sistemas de fallas regionales en el magmatismo del sur del Perú: estratigrafía del Complejo Volcánico Chachani. XVI Congreso Peruano de Geología.
- ▶ Arteaga D., Manrique N., Aguilar R. (2021). Volcanes monogenéticos de Yura: Geología y petrografía para el entendimiento de la actividad volcánica en Arequipa. Vigésimo Congreso Peruano de Geología.

Brown R., Calder E. (2004). Pyroclastics (Including Tuff, Ignimbrites and Ash). In Selley, R.C., Cocks, L.R.M. and Plimer, I.R. (eds) *Encyclopedia of Geology*. Elsevier Press.
- ▶ Freundt A., Wilson C., Carey S. (2000). Ignimbrites and block and ash flow deposits. *Encyclopedia of Volcanoes*.
- ▶ Paquereau L., Fornari M., Roperch P., Thouret J.- C., Macedo O. (2008). Paleomagnetic, magnetic fabric properties, and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, of Neogene - Quaternary ignimbrites in the Arequipa area, Southern Peru. Flow directions and implications for the emplacement mechanisms. *Bulletin of Volcanology*, 70, 977-997.
- ▶ Paquereau L., Thouret J.-C., Wörner G., Fornari M., 2006. Neogene and Quaternary ignimbrites in the area of Arequipa, Southern Peru: Stratigraphical and petrological correlations. *J Volcanol Geotherm Res*, 154, 251–275.
- ▶ Pérez F., Fernández J., 2015. Peligros asociados a los depósitos piroclásticos. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*.
- ▶ Thouret J.-C., Jicha B., Paquette J.-L. (2018). Cronoestratigrafía del volcanismo con énfasis en ignimbritas desde hace 25 Ma en el SO del Perú – Implicaciones para la evolución de los Andes centrales. *Foro Internacional: Los volcanes y su impacto*.
- ▶ Wilson C., Hildreth W., 2003. Assembling an Ignimbrite: Mechanical and Thermal Building Blocks in the Bishop Tuff, California. *The Journal of Geology*, 111:653–670.