

Historia eruptiva del volcán Cueros de Purulla, Puna Austral

Esteban S. Berteá^{1*}, Walter Báez¹, Emilce Bustos¹, Rubén E. Filipovich¹, Lorenzo Bardelli², Marcelo Arnosio¹, Agustina Villagrán¹, Carlos A. Sommer³, Blanca Alfaro Ortega¹, Agostina Chiodi¹

¹IBIGEO (UNSa – CONICET). *estebansantiagoberteá@gmail.com

²UNSa – CONICET

³Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Brasil.

La región de la Puna Austral (que forma parte de la provincia geológica Puna), comprendida entre los 24° y 27° de latitud sur, está caracterizada por el desarrollo de un importante volcanismo neógeno-cuaternario (tiempo geológico que va desde los ~23 millones de años -Ma- hasta la actualidad) que generó grandes volúmenes de rocas. Este volcanismo está representado por una gran variedad de estructuras volcánicas que presentan diferentes morfologías de acuerdo al tipo de erupción que las formó (ver [Guzmán y Montero, 2011. Temas B&GNOA, vol. 1, nº1](#)). Muchas de estas estructuras volcánicas se han generado recientemente (referido a tiempos geológicos; recordemos que el planeta Tierra se formó hace ~4600 millones de años) durante el cuaternario (~2,6 Ma hasta la actualidad). Una de las estructuras volcánicas poco frecuentes y escasamente estudiadas en el ámbito de la Puna Austral son los domos de lava o volcánicos (ver [Guzmán y Montero, 2011. Temas B&GNOA, vol. 1, nº1](#)). Un ejemplo de este tipo de estructura volcánica es el volcán Cueros de Purulla (VCDP) (Figura 1a-c).

¿Dónde está ubicado el volcán Cueros de Purulla?

El volcán Cueros de Purulla se ubica en el extremo sur de la Puna Austral, en la provincia de Catamarca, Argentina, 30 km al norte de la cordillera de San Buenaventura, más precisamente en el borde este de la sierra de Calalaste (Figura 1a-c).

¿Por qué estudiar este volcán?

Trabajos recientes proponen que el volcán Cueros de Purulla pudo ser el centro emisor de algunos de los niveles de cenizas (i.e. material piroclástico) encontrados en una amplia región del noroeste argentino (NOA). Esto implica que este volcán registró un evento explosivo de gran magnitud capaz de generar esta importante dispersión de material piroclástico. Por lo tanto, es importante contar con una

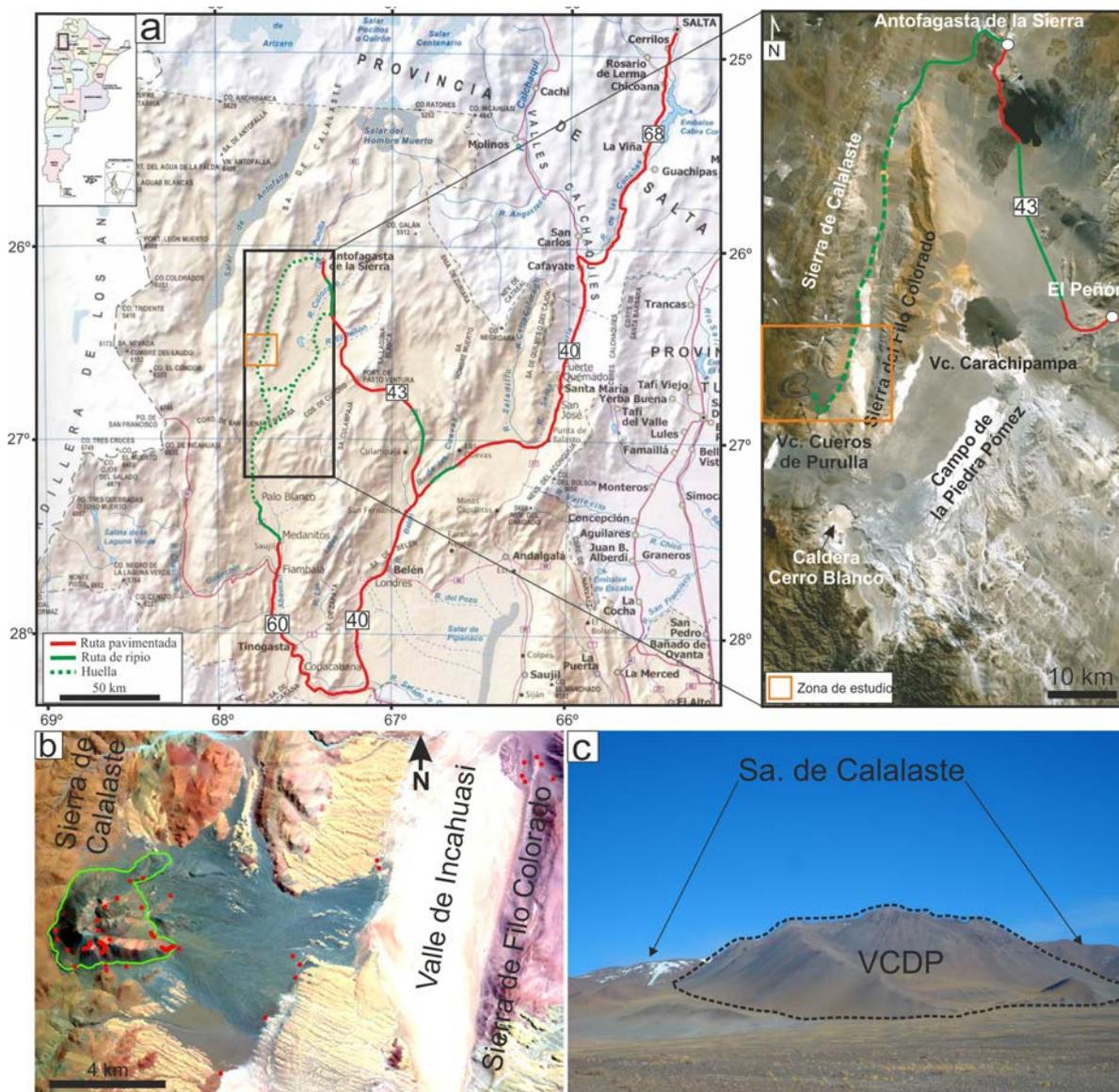


Figura 1. a) Ubicación del volcán Cueros de Purulla (VCDP). b) Imagen satelital del área de trabajo con los sitios relevados (puntos rojos). En verde el volcán Cueros de Purulla. c) Fotografía con vista al noroeste del volcán Cueros de Purulla, emplazado sobre el flanco este de la sierra de Calafaste.

base de datos detallada y confiable de las erupciones explosivas significativas recientes ocurridas en el ámbito de la Puna Austral, entre ellas la del volcán Cueros de Purulla, para realizar una correcta evaluación del peligro volcánico en esta región de los Andes. Así también es fundamental, para un análisis futuro de la peligrosidad de este volcán, adquirir un conocimiento más acabado de su historia eruptiva, a fin de precisar su potencialidad como emisor de grandes volúmenes de ceniza. Finalmente, es importante definir si el volcán Cueros de Purulla tuvo actividad holocena (es decir, en los últimos 11.700 años), lo que lo convertiría en un centro volcánico geológicamente activo, y si se trata de un volcán poligenético que potencialmente puede reactivarse.

Términos específicos	Definición
Avalancha volcánica de detritos	Gran deslizamiento de detritos y rocas, no saturadas a saturadas, sin cohesión, que se generan por el colapso parcial de un edificio volcánico.
Corrientes de densidad piroclástica	Flujos compuestos por gases y material sólido (cenizas y rocas de diversos tamaños) capaces de fluir a grandes temperaturas y velocidades.
Coulée	Flujo espeso o domo de lava, el cual ha fluido lejos de la abertura volcánica. Transicional entre un domo de lava típico y un flujo de lava.
Depósito piroclástico de caída	Los piroclastos de caída son fragmentos expulsados al aire por un centro eruptivo (volcán) y que, o bien se depositan siguiendo trayectorias balísticas, o bien son transportados por las columnas eruptivas (nube formada cuando entra en erupción un volcán) y el viento, hasta depositarse como una lluvia de material volcánico.
Detritos	Material suelto o sedimento de rocas.
Domo volcánico	Montículo aproximadamente circular que se origina en una erupción volcánica lenta de lava viscosa.
Lava	Flujo compuesto por roca fundida con sólidos suspendidos (cristales y líticos) y gases, que es emitida por un volcán a la superficie de la Tierra.
Magma	Roca fundida a alta temperatura (700 – 1300°C) formada por una mezcla heterogénea de líquido (fundido), gases (volátiles) y sólidos (cristales). Se denomina lava cuando alcanza la superficie.
Material piroclástico	Material volcánico generado durante una erupción explosiva de un volcán.

¿Cómo es definido el volcán Cueros de Purulla y cómo fue su historia eruptiva?

El volcán Cueros de Purulla (Figura 1a-c), de edad pleistocena media-superior (tiempo geológico que va desde los 774 a los 11,7 miles de años), es un complejo de domos de lavas y coulées (es decir, coladas dómicas) con una fase explosiva asociada. Los productos eruptados son de composiciones ricas en sílice (mayor al 66% peso de SiO₂) con pequeñas diferencias químicas entre lavas y material piroclástico. El volcán Cueros de Purulla se caracteriza por el desarrollo de fases constructivas y fases destructivas a lo largo de su evolución, así como por la ocurrencia de actividad volcánica de tipo efusiva y explosiva. Las diferentes fases y unidades de roca que las forman fueron interpretadas en función de las relaciones de contacto y superposición que existen entre ellas y con una gran escarpa de colapso¹ que afecta una importante porción del edificio volcánico (ver [Guzmán y Montero, 2011. Temas B&GNOA, vol. 1, nº1](#)). Las fases constructivas del edificio volcánico fueron predominantemente de tipo efusivas, caracterizadas por el emplazamiento de domos y coulées, y pueden ser divididas en dos fases principales separadas por un colapso parcial del mismo (fase destructiva) y una etapa explosiva.

La primera fase constructiva (pre-colapso) comenzó con el emplazamiento de coulées de pequeño volumen, correspondientes a las unidades A1 y A2 (Figura 2), seguidas por el crecimiento del domo de la unidad A3 (Figura 2), el cual constituye gran parte del volumen del volcán Cueros de Purulla y se

¹Escarpa de colapso: Estructura formada en el edificio volcánico producto de la destrucción-deslizamiento de una parte de un volcán. Generalmente tiene forma de herradura.

dispone por encima de las coulées de A1 y A2. La mayor parte del volumen del domo A3 fue involucrado en el evento de colapso, sin embargo, es posible reconstruir su morfología original, la cual en planta fue elíptica debido fundamentalmente a la pendiente original del borde este de la sierra de Calalaste (Figura 1c). Antes del evento de colapso, se emplazaron por encima del flanco sur de la unidad A3 una serie de domos y coulées menores (unidades A4, A5, A6, Figura 2). Todas ellas presentan morfologías alargadas en planta, las cuales se relacionan con las fuertes pendientes del flanco sur del domo A3.

Posterior a la generación de la primera fase constructiva (pre-colapso), se desarrolló una fase destructiva (sin-colapso) asociada a un colapso parcial del borde este del volcán (Figuras 2 y 3). Las evidencias encontradas de este colapso son una gran escarpa, de 1,5 km de diámetro promedio, en el edificio volcánico y un depósito de avalancha volcánica de detritos (unidad SCv) hacia el este del volcán (Figuras 2 y 3). El depósito de avalancha está compuesto por fragmentos de lavas, que corresponden a los depósitos generados durante la primera fase constructiva (generación de domos de lavas y coulées), y algunas estructuras típicas de las avalanchas volcánicas de detritos (por ejemplo, *hummocky*²,

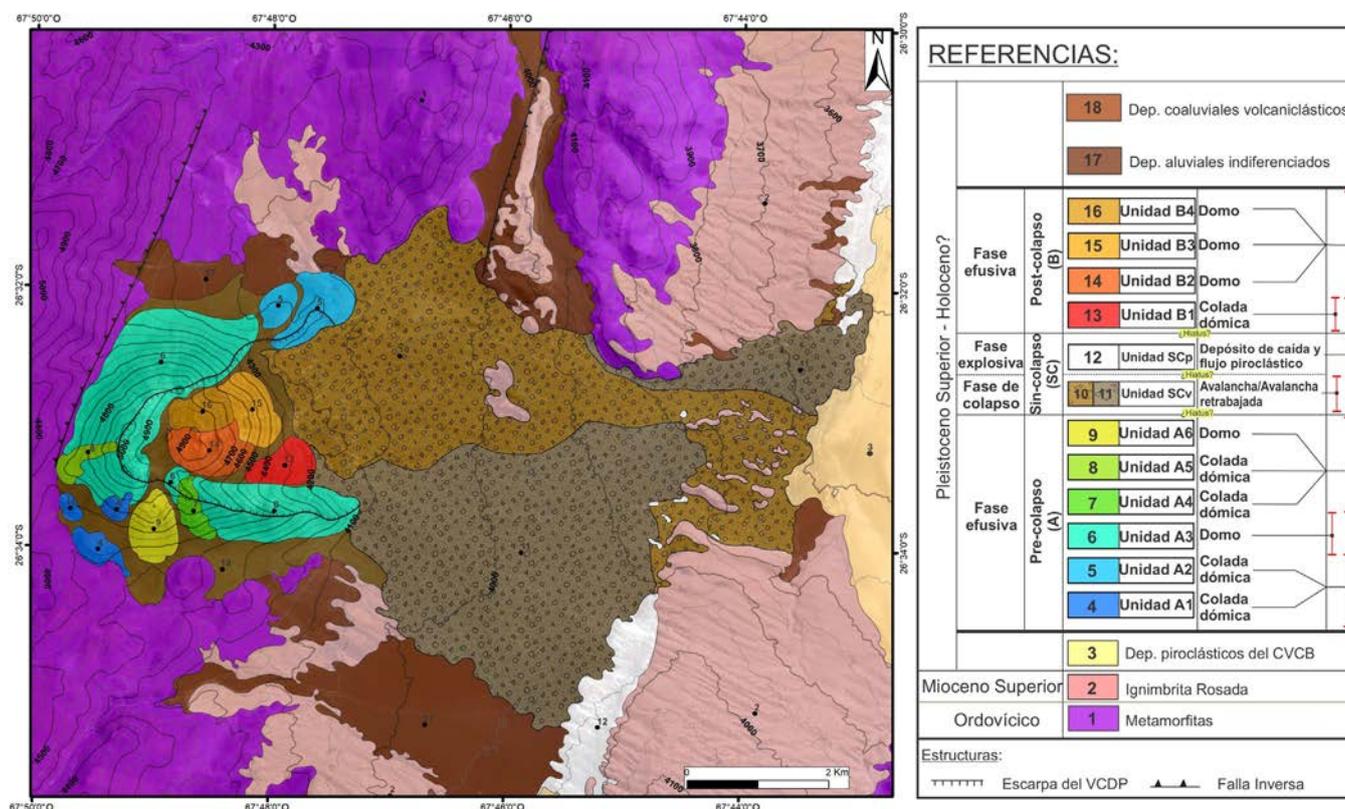


Figura 2. Mapa geológico a escala 1:30.000 del volcán Cueros de Purulla (VCDP). CVCB: Complejo volcánico Cerro Blanco. Coladas dómicas = Coulées.

²Hummocky: Montículos de detritos volcánicos en el depósito de avalancha formados durante el colapso de un volcán

Términos específicos	Definición
Erupción efusiva	Actividad volcánica de baja explosividad, dominada por la emisión de flujos de lavas, coulées y/o domos.
Erupción explosiva	Actividad volcánica de alta explosividad, dominada por la expulsión violenta de material piroclástico y gases, a veces acompañada de flujos de lava, coulées y/o domos.
Volcán	Morfología generada como resultado de la salida al exterior de material rocoso fundido (i.e. magma).
Volcán monogenético	Volcán construido por el o los productos de una erupción o una fase eruptiva. Esta puede durar desde semanas hasta varios años, pero es esencialmente una erupción prolongada involucrando un tipo de magma, la cual suele ocurrir a través de un único conducto de salida a partir de un sistema alimentador simple. Generalmente estos centros corresponden a conos, anillos o depresiones de dimensiones pequeñas y pueden tener asociados flujos de lava.
Volcán poligenético	Volcán construido por los productos volcánicos (lava y material piroclástico) de muchas erupciones, separadas por periodos relativamente largos y, a menudo, involucrando diferentes tipos de magma. Estas erupciones suelen ocurrir a través de múltiples conductos de salida o centros eruptivos a partir de un sistema alimentador complicado e intrincado, utilizados repetidas veces. En general, estos centros corresponden a volcanes de dimensiones importantes y de formas variables.

bloques *torevas*³ y *tide marks*⁴; Figura 3). Por encima del depósito de avalancha se encontraron relictos de material piroclástico (SCp), que son evidencia de la actividad explosiva (fase de sin-colapso) del volcán Cueros de Purulla (Figuras 2 y 3). Este material aflora el este del volcán y está representado por depósitos de caída piroclásticas y corrientes

de densidad piroclásticas (Figura 2). En función de la disposición observada en el campo del depósito de avalancha por debajo del material piroclástico, se infiere de manera preliminar que el colapso fue acompañado por el desarrollo de una fase explosiva importante. Sin embargo, para confirmar esto se necesitan edades de alta precisión de los depósitos asociados al colapso y a la actividad explosiva.

La segunda fase constructiva (post-colapso) comenzó con el emplazamiento de un coulée (unidad B1, Figura 2), la cual fue seguida por el emplazamiento de las unidades B2, B3 y B4 (Figura 2). Estas tres unidades posiblemente constituyan un domo complejo formado por varios lóbulos. Toda la actividad efusiva post-colapso se localizó en la parte central del edificio volcánico, en el espacio generado por el evento de colapso parcial del edificio volcánico y posiblemente ocupando el cráter (abertura de un volcán por la que salen los materiales volcánicos durante una erupción) asociado al evento explosivo.

¿Cuál podría haber sido la causa que generó el colapso del volcán Cueros de Purulla?

Los colapsos en volcanes pueden ser generados por múltiples factores ya sea magmáticos, sísmicos y/o por alteraciones hidrotermales (proceso geológico en donde sedimentos o rocas sufren los efectos de la circulación de fluidos de agua a altas temperaturas que son químicamente activos) que debiliten la estructura del edificio volcánico. En el caso particular del volcán Cueros de Purulla se cree que los factores magmáticos y sísmicos tuvieron un rol importante en la generación del colapso, sin embargo, por el momento no hay evidencias concretas que permitan afirmar esto.

³Bloques *torevas*: Bloques de grandes dimensiones generados durante el colapso de un volcán. Se depositan cerca del edificio volcánico.

⁴*Tide marks*: Estructuras generadas durante el colapso de un volcán, similares a las marcas de marea, que nos indican la distancia que alcanzó una avalancha volcánica desde el edificio volcánico.



Figura 3. Vista hacia el noroeste del volcán Cueros de Purulla donde se observa una avalancha volcánica de detritos. Se indican la escarpa de colapso y los depósitos de bloque torea y hummocky.

La participación de la componente magmática no está claramente evidenciada, pero se cree que el ingreso de una nueva parcela de magma debajo del volcán (ver figura 1 en [Guzmán y Montero, 2011. Temas B&GNOA, vol. 1, n°1](#)), antes del colapso, podría haber favorecido la desestabilización del edificio volcánico y, en consecuencia, el colapso parcial del mismo, similar a lo ocurrido durante la erupción del Monte Santa Helena (ubicado en Washington, Estados Unidos) en el año 1980.

La componente sísmica se tiene en cuenta ya que, en zonas cercanas al volcán Cueros de Purulla, existen numerosas evidencias de estructuras sísmicas producidas por deformación de la corteza terrestre, y es por esta razón que no se descarta la posibilidad de que el colapso del volcán esté relacionado a un evento sísmico de gran magnitud.

Por último, es importante mencionar que el volcán Cueros de Purulla está emplazado en el flanco oriental de la Sierra de Calalaste sobre una pendiente aproximada de 12° , por lo que probablemente la pendiente del sustrato donde se emplazó el volcán jugó un rol importante en el colapso parcial del edificio.

Algunas consideraciones del volcán Cueros de Purulla

Si consideramos la secuencia evolutiva del volcán Cueros de Purulla, podemos preguntarnos si las

etapas de actividad efusiva (pre y post-colapso) representan las fases inicial y final asociadas a una gran erupción explosiva, o bien representan el registro de varias erupciones.

Estas preguntas se podrían traducir a si el volcán Cueros de Purulla presenta un comportamiento monogenético o poligenético. Los domos ricos en sílice, como los del volcán Cueros de Purulla, son generalmente definidos como volcanes monogenéticos, y se los asocia con erupciones únicas y breves. Sin embargo, en los últimos años se realizaron estudios que demostraron que domos ricos en sílice pueden tener un comportamiento poligenético, como es el caso del volcán Cerro Pizarro en México. Si consideramos en el volcán Cueros de Purulla las variaciones químicas en sus productos, una historia eruptiva relativamente compleja (con 2 fases efusivas y 1 explosiva) y que su volumen ($5,19 \text{ km}^3$) es bastante más grande que otros volcanes considerados como monogenéticos (con volúmenes menores a 1 km^3), podemos interpretar a este volcán como poligenético. Sin embargo, la falta de edades de alta precisión de todas las unidades, así como de indicadores de hiatus temporales (lapso de tiempo que no está representado en un lugar determinado; e.g. superficies erosivas o paleosuelos) hace que no sea posible por el momento, con los datos obtenidos, definir si el volcán Cueros de Purulla es un volcán poligenético o monogenético.

Entender si el volcán Cueros de Purulla tiene un comportamiento monogenético o poligenético tiene gran implicancia en términos de peligrosidad y riesgo volcánico, ya que permitiría inferir si en algún momento puede volver a entrar en actividad.

En resumen...

El volcán Cueros de Purulla es un centro volcánico con una evolución eruptiva mucho más compleja respecto a la información disponible en trabajos previos (Figura 4). Este volcán es definido como un complejo de domos con actividad explosiva asociada, donde sus productos son ricos en sílice (SiO_2). El volcán Cueros de Purulla tuvo dos fases efusivas denominadas Pre y Post-colapso (fases constructivas), entre las cuales se generó un evento de colapso parcial de edificio (fase destructiva), al cual posiblemente se asocia temporalmente un evento explosivo. Los eventos efusivos están representados por cuerpos dómicos y coulées, el evento de colapso por una avalancha volcánica de detritos y una escarpa de colapso y el episodio explosivo está representado por depósitos de caída y de corrientes de densidad piroclástica. La falta de edades de alta precisión de todas las unidades impide definir el carácter monogenético o poligenético del volcán, lo cual tiene importancia desde el punto de vista de peligrosidad y riesgo geológico.

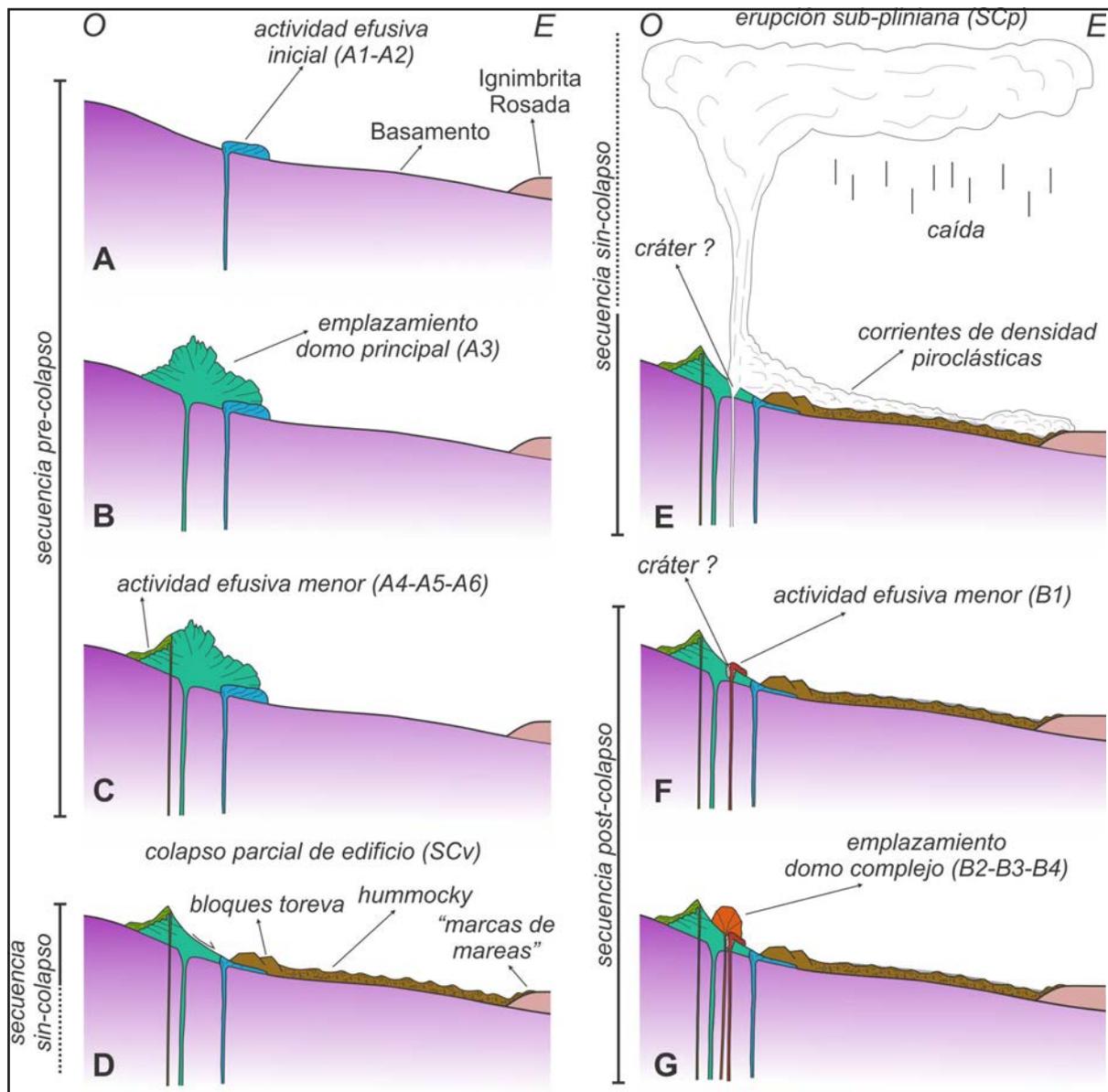


Figura 4. Modelo evolutivo del volcán Cueros de Purulla donde se reconocen las tres fases principales en su evolución: a), b) y c) pre-colapso (efusiva), d) y e) sin-colapso (¿destructiva y explosiva?) y f) y g) post-colapso (efusiva). En este trabajo la fase explosiva se asocia temporalmente a la fase sin-colapso de manera preliminar (ver texto para más explicación).

REFERENCIAS Y LITERATURA RECOMENDADA

BERTEA ES, W BÁEZ, E BUSTOS, R FILIPOVICH, L BARDELLI, M ARNOSIO, A VILLAGRÁN, C SOMMER, B ALFARO, A CHIODI. 2021. Cartografía y reconstrucción de la historia eruptiva del volcán Cueros de Purulla, Puna Austral, provincia de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 78 (2). <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/242/295>

CALDER ES, Y LAVALLÉE, JE KENDRICK, M BERNSTEIN. 2015. Lava Dome Eruptions. pp 343-362. En Sigurdsson H, B Houghton, SR McNutt, H Rymer, J Stix (Eds.), *The Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, Massachusetts.

FERNÁNDEZ-TURIEL JL, FJ PEREZ-TORRADO, A RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, J SAAVEDRA, JC CARRACEDO, M REJAS, A LOBO, M OSTERRIETH, JI CARRIZO, G ESTEBAN, J GALLARDO, N RATTO. 2019. The large eruption 4.2 ka cal BP in Cerro Blanco, Central Volcanic Zone, Andes: Insights to the Holocene eruptive deposits in the southern Puna and adjacent regions. *Estudios Geológicos* 75(1): e088. doi:10.3989/egeol.43438.515

GUZMÁN S, C MONTERO. 2011. Los volcanes de la Puna Austral. *Revista Temas de Biología y Geología del NOA*, 1 (1): 32-39. <https://ibigeo.conicet.gov.ar/revista-tbgnoa/>

PALLISTER JS, AK DIEFENBACH, WC BURTON, J MUÑOZ, JP GRISWOLD, LE LARA, JB LOWENSTERN, CE VALENZUELA. 2013. The Chaitén rhyolite lava dome: Eruption sequence, lava dome volumes, rapid effusion rates and source of the rhyolite magma. *Andean Geology*, 40 (2): 277-294. doi: 10.5027/andgeoV40n2-a06

SAMPIETRO VATTUONE MM., W BÁEZ, JL PEÑA-MONNÉ, A SOLA. 2020. Holocene tephras from Tafí and Santa María valleys (NW Argentina): A chronological and geomorphological approach. *Quaternary Research*, 94: 1-17. doi: 10.1017/qua.2019.78

SEGGIARO RE, FD HONGN, A CASTILLO, FX PEREYRA, D VILLEGAS, L MARTÍNEZ, OE GONZÁLEZ. 2006. Hoja Geológica 2769-II, 1:250.000, Paso San Francisco, Provincia de Catamarca. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR). Boletín 294, 62 p. Buenos Aires.