

# DEPÓSITOS VOLCANOSSEDIMENTARIOS DEL CRETÁCICO EN LAS CUMBRES Y VERTIENTE ORIENTAL DE LA SIERRA CHICA, CÓRDOBA, Y REDEFINICIÓN DE LA FORMACIÓN EL PUNGO

Natalia del Valle OVIEDO y Ricardo A. ASTINI

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Emails: oviedonatalia@hotmail.com.ar, raastini@efn.uncor.edu

## RESUMEN

Un reciente estudio sedimentológico-estratigráfico en la región de la divisoria de aguas de la Sierra Chica a la altura del camino al Cuadrado (ruta provincial N° E-57) ha permitido identificar y caracterizar una unidad volcánico-clástica no descrita con anterioridad y equivalente a la unidad cretácica definida por Gordillo y Lencinas (1967a) en la localidad de El Pungo (“Vulcanita de El Pungo”). Dicha unidad incluye depósitos primarios de caída, posibles depósitos de oleadas piroclásticas, depósitos de flujos densos y depósitos de retrabajo, además de un pequeño asomo de basaltos en la estancia La Sureña. El conjunto constituye una asociación de facies sinéruptivas estrombolianas y freatomagmáticas generadas en el entorno de un volcán monogénico basáltico, del cual aún se preservan relictos. La correlación con unidades semejantes expuestas al este de la localidad de La Cumbre y otras regiones de las sierras de Córdoba permite sostener que este registro volcanosedimentario formaría parte del relleno de cuencas extensionales que ocuparon la región central de Argentina, asociadas con la apertura del océano Atlántico. La inversión tectónica y el alzamiento de la actual Sierra Chica, habría exhumado, erosionado y retrabajado este intervalo estratigráfico, quedando actualmente solo algunos relictos a lo largo de la sierra, como los expuestos sobre la ruta provincial N° E-57 y adyacencias.

**Palabras clave:** *Procesos volcanosedimentarios, estromboliano, freatomagmático, sinrift, Cretácico*

## ABSTRACT

*Cretaceous volcanosedimentary deposits of the Sierra Chica, Córdoba, and redefinition of the El Pungo Formation*

Recent sedimentological and stratigraphic studies along Road El Cuadrado across the Sierra Chica of Córdoba have allowed identification and characterization of a volcanoclastic unit, previously unidentified, that seems equivalent to the Cretaceous “Vulcanita de El Pungo” (Gordillo y Lencinas 1967a). The unit includes primary fall-out deposits, possible surge deposits, gravity flow deposits and reworked deposits, together with small patches of basaltic flows within the “estancia La Sureña”. These rocks would constitute relicts of syneruptive strombolian and freatomagmatic facies associations generated close to a basaltic monogenic volcanic system. The correlation with similar units elsewhere along the Sierra Chica (central Argentina) allows suggesting that this volcanosedimentary record would have filled synrift basins contemporaneous with the opening of the Atlantic Ocean. Subsequent tectonic inversion and uplifting of the Sierra Chica unroofed, eroded and reworked this stratigraphic interval, which discontinuously outcrops along the Provincial Road E-57.

**Keywords:** *Volcanosedimentary processes, strombolian, freatomagmatic, synrift, Cretaceous*

## INTRODUCCIÓN

El Grupo El Pungo fue originalmente definido por Gordillo y Lencinas (1967a, “Grupo sedimentario-volcánico El Pungo”) para incluir volcanitas y unidades sedimentarias que afloran entre los 30°56' y 31° de latitud sur y entre los 64°26'30" y 64°21'28" de longitud oeste, sobre la región más elevada de la Sierra Chica e inmediatamente al este de la localidad de La

Cumbre, en el valle de Punilla (Fig. 1). Esta denominación fue sostenida con posterioridad por los mismos autores (Gordillo y Lencinas 1979), quienes al realizar la síntesis geológica de las sierras de Córdoba, extendieron algunos de los nombres originalmente propuestos para la región ubicada al este de La Cumbre a otras localidades de la Sierra Chica.

Posteriormente, Delpino *et al.* (1999), Sánchez *et al.* (1999 y 2001) y Sánchez (2001a

y 2001b) introdujeron de manera informal nuevos nombres formacionales para la región de El Pungo y realizaron nuevas interpretaciones de los depósitos originalmente descritos por Gordillo y Lencinas (1967a), sobre la base de una cartografía de mayor detalle realizada en el área tipo y el reconocimiento de depósitos volcánico-clásticos asociados al tradicional basalto nefelínico de El Pungo.

El objetivo de este trabajo es describir y

caracterizar los depósitos volcanoclásticos presentes en la región más elevada de la Sierra Chica sobre la divisoria de aguas y expuestos sobre la nueva traza del camino al Cuadrado (ruta provincial N° E-57) y en sus adyacencias, y establecer una correlación entre éstos y los depósitos definidos por Gordillo y Lencinas (1967a) en la región de El Pungo.

El estudio sedimentológico-estratigráfico y el mapeo de detalle de las unidades sedimentarias realizados en el presente trabajo, constituyen una actualización del conocimiento fragmentario que se tiene y permite comprender la naturaleza del volcanismo y la importancia que tuvieron los procesos volcanoclásticos en el relleno de las cuencas cretácicas en esta región.

## GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se ubica en la región de la divisoria de aguas y vertiente este de la Sierra Chica, en la provincia de Córdoba, entre las localidades de Salsipuedes al este, y Valle Hermoso, al oeste. Se encuentra limitada por los paralelos 31°04'56,28" y 31°09'25,79" de latitud sur, y por los meridianos 64°20'30,03" y 64°29'03,54" de longitud oeste (Fig. 1d). La Sierra Chica constituye el bloque más oriental de las Sierras Pampeanas. El basamento está formado por unidades metamórficas-plutónicas de edad neoproterozoica-paleozoica, y fue originalmente descrito por Pastore (1932) y revisado por Gordillo y Lencinas (1979) y Baldo *et al.* (1996). Estos últimos autores, incluyeron las diferentes litologías de la Sierra Chica dentro del Grupo Sierra Chica compuesto por una serie de rocas paradedrivadas (metasedimentarias) y un conjunto ortoderivado. Todo el basamento de la Sierra Chica está surcado y cortado por intrusivos filonianos de diferentes disposiciones, espesores y composiciones (tonalitas, granodioritas y granitos).

La cubierta sedimentaria de la Sierra Chica está representada por depósitos discontinuos y aislados de naturaleza epiclástica, volcánica y volcanoclástica, cuyas edades se extienden entre el Cretácico y el

Cuaternario. Los depósitos asignados al Cretácico están asociados a cuencas extensionales desarrolladas concomitantemente con la apertura del Atlántico (Uliana y Biddle 1988, Schmidt *et al.* 1995), marco en el cual se desarrolló una sedimentación continental (Astini *et al.* 1993) con etapas efusivas basálticas (Kay y Ramos 1996). La tectónica extensional del Cretácico generó un control importante sobre la configuración de la falla de la Sierra Chica, ya que en algunos tramos de la falla se nuclea, reactiva e invierte una falla directa previa (Schmidt *et al.* 1995). No obstante, vale remarcar que la deformación andina aparte de reutilizar planos antiguos de fallas maestras normales habría generado nuevas fallas inversas de atajo y directas de alivio, responsables del alzamiento durante el Cenozoico (Schmidt *et al.* 1995)

Los depósitos epiclásticos posteriores se generaron a lo largo de la etapa de estructuración e inversión tectónica de las Sierras Pampeanas cuyo alzamiento, asociado con la compresión andina, constituyó nuevas áreas fuentes para la sedimentación cenozoica (Astini y del Papa 2012). En particular, la región de divisoria de aguas y vertiente oriental de la Sierra Chica expone unidades epiclásticas que incorporan el retrabajo de los depósitos cretácicos (Oviedo 2012), particularmente reconocido por la existencia de bloques y clastos de volcánitas basálticas, como es el caso de la sección basal del "Fanglomerado del Valle del Sol" (Gordillo y Lencinas 1967a, 1979) y la Formación Villa Belgrano (Santa Cruz 1972).

## RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

En la región de estudio se llevaron a cabo estudios cartográficos mediante imágenes de *Google Earth* de alta resolución espacial con chequeos de campo y levantamiento sistemático de columnas sedimentarias georreferenciadas, diagramas de arquitectura lateral, muestreos litológicos y fotografiado de facies. Se han identificado dos unidades stratigráficas diferentes, una unidad inferior de natu-

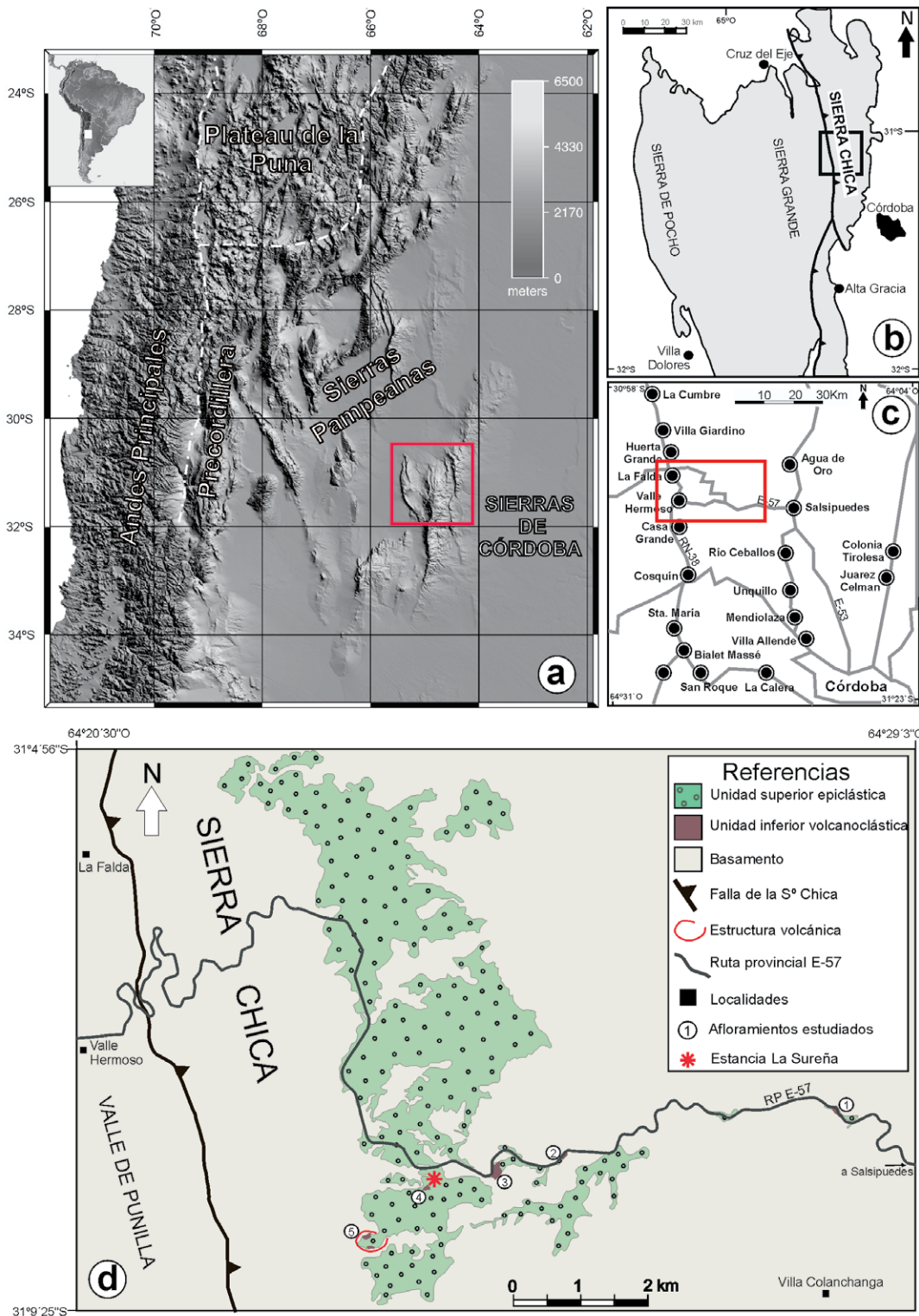
raleza volcanoclástica y carácter muy localizado, y otra superior de naturaleza epiclástica y expresión más regional. Ambas unidades cubren al basamento en relación de no concordancia aunque, localmente, la unidad superior apoya sobre la inferior mediante un contacto marcadamente erosivo. El basamento inmediatamente por debajo de la no concordancia se encuentra intensamente alterado, presentando características de un saprolito arcilloso. Este grado de alteración química implica una importante etapa de exposición y meteorización del basamento anterior al depósito de la unidad superior.

La unidad volcanoclástica inferior, aflora en varios puntos a lo largo de la traza del camino al Cuadrado (ruta provincial N° E-57) y dentro de la estancia La Sureña (Fig. 1d) y está compuesta por materiales de color rojizo-morado intenso de espesor relativamente reducido. Dentro del intervalo epiclástico suprayacente (Oviedo 2012) se distinguen diferentes litologías que incluyen desde cuerpos netamente conglomerádicos hasta areno-conglomerádicos y areno-pelíticos de colores rosados a rojizo pálidos, genéricamente incluidos dentro del "Fanglomerado del Valle del Sol" (Gordillo y Lencinas 1967a). Estos depósitos apoyan en discordancia erosiva sobre la unidad volcanoclástica o directamente sobre el basamento. Asimismo, en la región de las cumbres de la Sierra Chica y su vertiente oriental, y particularmente en fondos de valles y depresiones, se desarrolla una cubierta cuaternaria, circunscripta a los bajos topográficos. Esta, consiste en una cubierta de suelos poco desarrollados y acumulaciones de hasta algunos metros de espesor de gravas y regolito, producto de reptación de laderas, con abundante matriz arenolimo-arcillosa, de color oscuro, infiltrada.

## DEPÓSITOS VOLCANICLÁSTICOS

### Facies y asociaciones de facies

Se han identificado seis facies dentro de la unidad volcanoclástica, las cuales definen, a su vez, cuatro asociaciones de facies que permiten una caracterización genética y



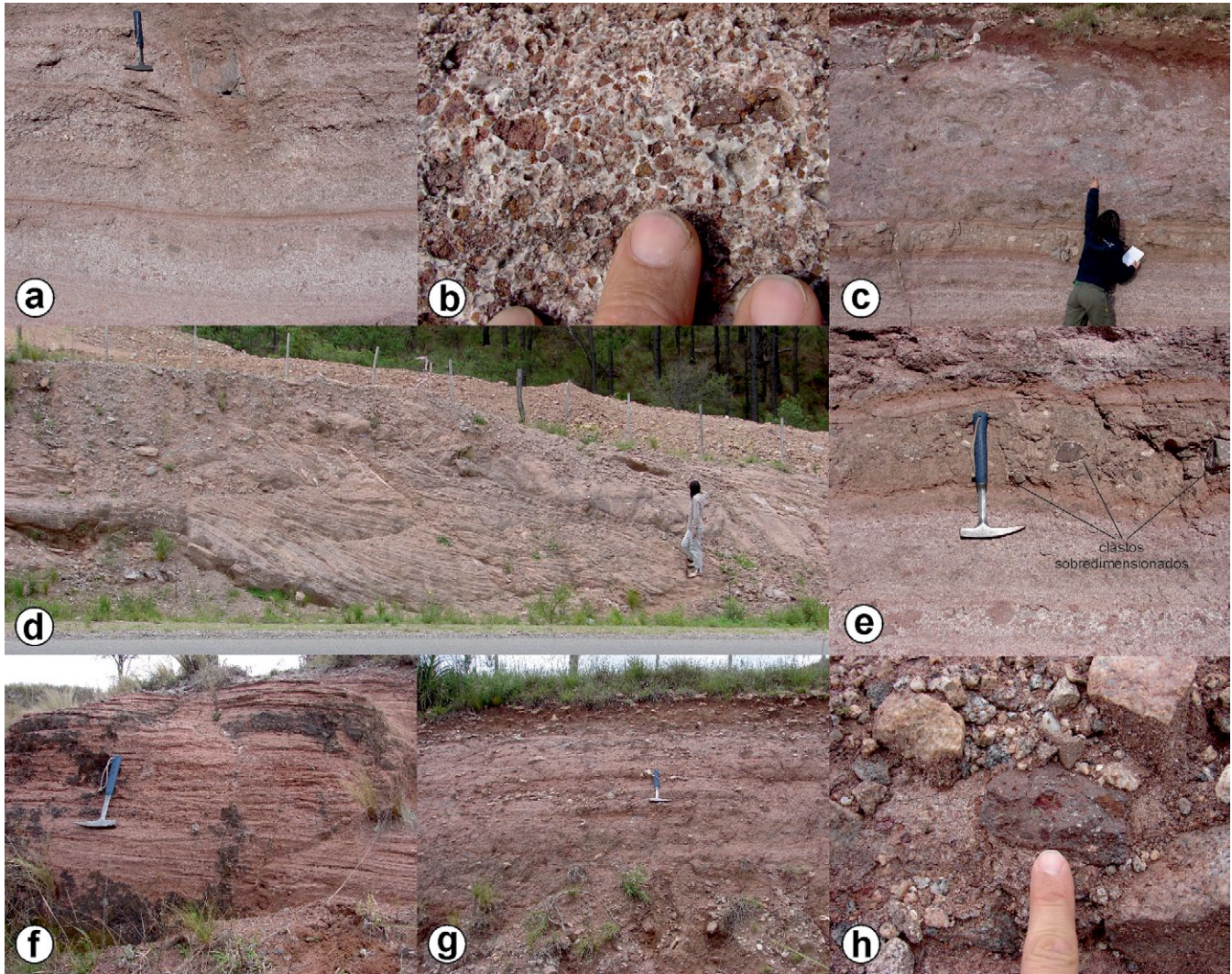
**Figura 1:** a) Imagen de relieve digital sombreado del segmento andino central con recuadro del área de estudio. b) Mapa de contorno de las sierras de Córdoba, región septentrional. c) Ubicación de localidades en el recuadro. d) Cartografía de unidades de la cubierta sedimentaria de la Sierra Chica en la región de estudio, a la latitud del camino al Cuadrado (ruta provincial E-57). Los números del 1 al 5 corresponden a los afloramientos de la unidad volcanoclástica descrita en este trabajo. Nótese en semicírculo una estructura diatrémica.

temporal. En el cuadro 1 y figuras 2 y 3 se resumen las características principales de cada una de ellas y en el cuadro 2 se presenta una síntesis de los criterios utilizados en este trabajo para identificar y clasificar los depósitos volcanosedimentarios.

### MODELO PALEOAMBIENTAL

Aun cuando los asomos de la unidad volcanoclástica son pequeños en la región estudiada puede establecerse un modelo

paleoambiental basado en las consideraciones cartográficas, litofaciales, la naturaleza del volcanismo y argumentos geológicos regionales. La unidad descansa en el área de estudio directamente sobre el basamento en algunos sectores mientras

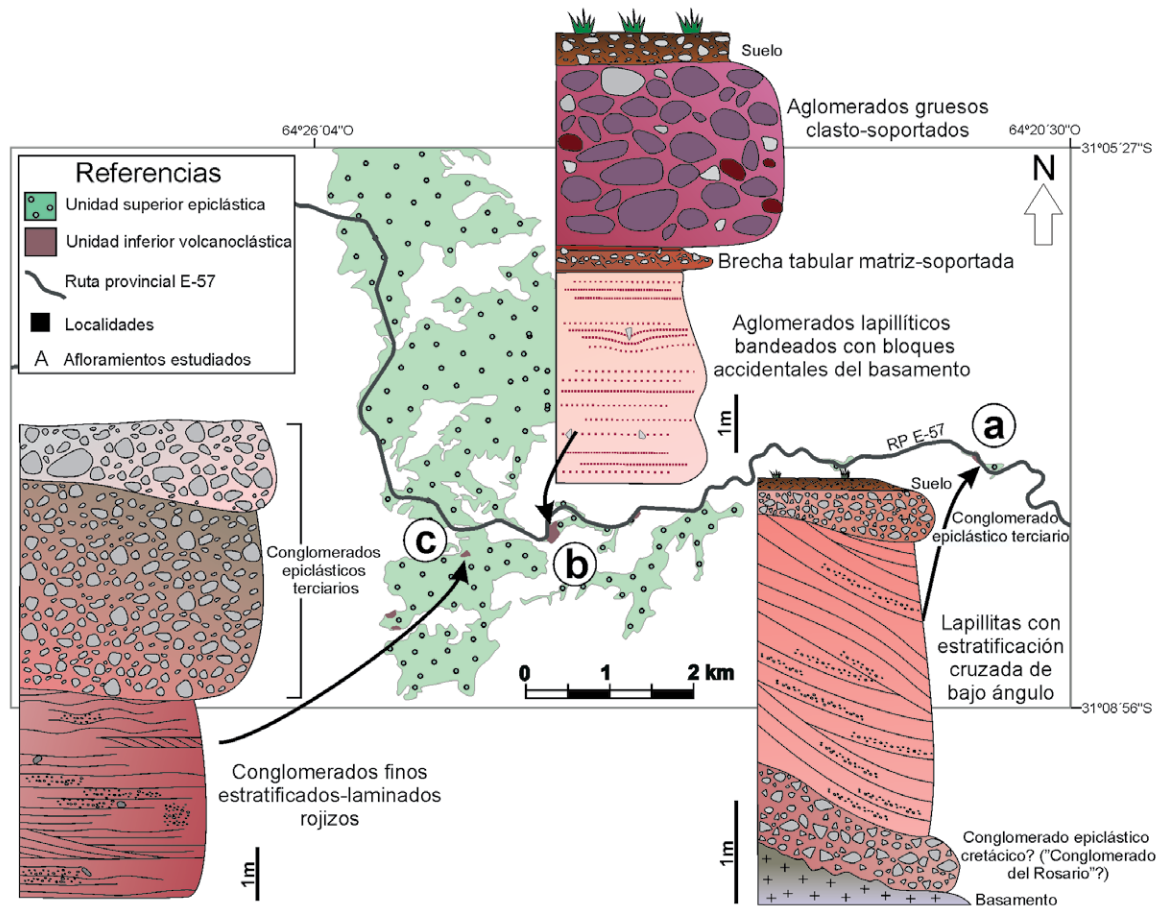


**Figura 2:** a) y b) “Aglomerado lapillítico bandeado”: a) Aspecto bandeado característico y eyecto balístico que corta y deforma las capas (sag). b) Textura clasto flotante con fragmentos juveniles escoriáceos y abundante matriz calcítica. c) “Aglomerado grueso clasto soportado” suprayaciendo al aglomerado lapillítico bandeado. d) “Lapillitas con estratificación cruzada” con estructuras onduladas agradacionales de oleadas piroclásticas. e) “Brecha tabular matriz soportada” con clastos sobredimensionados indicando la densidad del flujo. f) “Conglomerado fino estratificado-laminado rojizo” con algunas superficies erosivas y estratificaciones cruzadas. g) “Conglomerado polymictico estratificado” con abundantes clastos de basalto, interpretado como depósitos de retrabajo tardío. h) Detalle de la composición polymictica señalando un clasto de basalto.

que se intercala entre depósitos no volcánicos en otros (Fig. 3). Esto permite interpretar que el volcanismo se desarrolló contemporáneamente con depósitos aluviales gruesos, indicando la presencia de relieves pronunciados en la región. Este tipo de ambientes continentales con una gran dinámica y tasas de acomodación y sedimentación variables indican un mosaico paleoambiental complejo que habría caracterizado al relleno de los hemigrábenes asociados con la extensión cretácica. La unidad volcanoclástica, incluye depósitos primarios de caída correspondientes a las facies de aglomerados lapillíticos ban-

deados (Fig. 2a y b y Fig. 3b) y de aglomerados gruesos clasto soportados (Fig. 2c y Fig. 3b), posibles oleadas piroclásticas (facies de lapillitas con estratificación cruzada de bajo ángulo, Fig. 2d y Fig. 3a) y flujos densos asociados a episodios muy explosivos (facies de brecha tabular matriz soportada, Fig. 2e y Fig. 3b). Las anteriores constituyen parte de una asociación de facies sin eruptiva (*sensu* McPhie *et al.* 1993) e incluyen además, asociaciones de retrabajo (facies de conglomerados finos estratificados-laminados rojizos, Fig. 2f y Fig. 3c y de conglomerados polymicticos estratificados, Fig. 2g y h y Fig. 3c). Las facies

de retrabajo se interpretan, tentativamente, como tempranas y tardías en función de su composición (contenido volcanolítico versus composición derivada del propio basamento) y de su madurez textural (*sensu* Smith 1991, McPhie 1993). Además, como producto de la cartografía de detalle en la región se encontró un pequeño asomo de basaltos interpretados como restos de una colada lávica, comparable con los mantos basálticos descritos por Gordillo y Lencinas (1967a) dentro de las “Vulcanitas de El Pungo”, que se dispone adyacente a una estructura subcircular de ~300m de diámetro, labrada en el



**Figura 3:** Cartografía de las unidades de la cubierta sedimentaria de la Sierra Chica sobre la traza del camino al Cuadrado y ubicación de columnas estratigráficas que contienen las asociaciones de facies discutidas en el texto.

basamento cristalino y rellena de brechas volcánicas y volcanolíticas (Fig. 1d). Esta correspondería a una diatrema afectando directamente al basamento cristalino de la Sierra Chica.

Con anterioridad a este trabajo, Delpino *et al.* (1999) y Sánchez *et al.* (1999 y 2001) reconocieron depósitos piroclásticos e interpretaron procesos hidromagmáticos asociados al volcanismo de El Pungo. Este volcanismo basáltico alcalino caracteriza a un marco tectónico de sinrift y aflora en varias regiones de las sierras de Córdoba (Kay y Ramos 1996, Lagorio 2008, Martínez *et al.* 2012). No obstante, un limitado conocimiento sobre las facies volcánicas y volcanoclásticas asociadas ha impedido en el pasado realizar interpretaciones del contexto ambiental en el que se produjo, a diferencia de los depósitos epiclásticos rojos, más abundantes en la cubierta sedimentaria de la Sierra Chica, sobre los cuales se han realizado varios trabajos de síntesis (Astini *et al.* 1993, Schmidt *et al.* 1995).

Considerando la distribución de facies analizadas en este trabajo y la existencia de una estructura volcánica relictual en la zona, es posible realizar una reconstrucción parcial de centros efusivos, que a manera de volcanes monogénicos se habrían distribuido en el fondo de la cuenca alimentados por lavas basálticas. En su proceso de extrusión, los mismos interactuaron con niveles freáticos o cuerpos de agua someros para generar *maars*, conos de escoria y lava, y anillos de escoria, espacialmente intercalados con facies epiclásticas y sometidos parcialmente a retrabajo (Fig. 4). Resulta importante resaltar que los estudios en sistemas volcánicos monogénicos (véase síntesis de Kereszturi y Németh 2013) indican que etapas explosivas (hidrovulcánicas) pueden intercalarse con otras estrombolianas, más tranquilas (Houghton y Gonnerman 2008), razón por la cual los estilos eruptivos pueden variar durante la historia de un volcán monogénico. Así, tanto espacial como verticalmente pueden sucederse diferen-

tes asociaciones de facies en el contexto de una misma cuenca.

En marcos extensionales es común que la actividad volcánica desarrollada en las zonas deprimidas de grábenes o hemigrábenes interactúe con niveles freáticos generando actividad hidromagmática (White 1991) y la consecuente participación de abundantes líticos incorporados como eyectos en los depósitos de caída (Fig. 2a y Fig. 3b), procedentes de la fragmentación y explosión de la roca de caja (Cashman *et al.* 2000, Morrissey *et al.* 2000), en este caso el propio basamento cristalino de la Sierra. Asimismo, estos episodios hidrovulcánicos serían también responsables de la generación de flujos supercríticos, altamente concentrados, capaces de depositar facies de oleadas piroclásticas, como las registradas en el sector más oriental (véase afloramiento 1 en Fig. 1d y Fig. 3a). En esta última localidad, se interdigitan componentes volcanoclásticos con depósitos epiclásticos, reflejando una dinámica compleja donde podrían haber

**CUADRO 1:** Facies y asociaciones de facies correspondientes a la unidad volcanoclástica en la región estudiada.

Asociaciones de facies	Facies	Descripción	Interpretación
Depósitos volcanoclásticos primarios de caída	Aglomerado lapillítico bandeado	Aglomerados finos a medianos, bien seleccionados, de color morado y tonalidades claras a oscuras, muy bien estratificados y de aspecto mantiforme. Estratificación delgada a mediana. Típico bandeado con contactos graduales (Fig. 2a). Gradaciones inversas y normales. Laminación planar gruesa en granulometrías más finas. Textura clasto soporte a clasto flotante. Empaquetamiento muy abierto con cemento calcítico (20-30%) (Fig. 2b). Selección granulométrica moderada a muy buena. Formas subredondeadas a subangulosas. Rango de tamaños máximos entre 0,5-5,5cm. Componentes juveniles mayoritarios (>99%), de aspecto escoriáceo y vesiculado. Bloques accidentales de basamento sobredimensionados de hasta más de 50cm de diámetro, con eje "a" subvertical y estructuras de deflexión ( <i>sags</i> ) y corte de las capas subyacentes (Fig. 2a).	El predominio de escorias vesiculadas, la buena selección, la abundancia de cemento y ausencia de matriz y el aspecto mantiforme permiten interpretar depósitos de caída primarios asociados con actividad volcánica estromboliana. La presencia de eyectos de basamento permite interpretar episodios de explosividad freatomagmática. (Allen 1984, Chough y Sohn 1990, McPhie <i>et al.</i> 1993, Orton 1996, Valentine y Grooves 1996, Houghton <i>et al.</i> 2000, White y Houghton 2006).
	Aglomerado grueso clasto soportado	Aglomerado de bloques irregulares, color morado a rojizo, aspecto caótico y marcada alteración, con un espesor promedio en el sector aflorante de 3m (Fig. 2c). Escaso cemento. Estructura maciza y aspecto mantiforme. Selección moderada a mala. Formas irregulares y angulosas a subangulosas, subtabulares a achatadas y dispuestas subparalelas a la estratificación. El TMP=50cm. Bloques de tamaño métrico distribuidos de manera aleatoria. Buena relación de contactos. Matriz de color rojizo intenso (muy oxidada) y composición areno/limfangosa. Composicionalmente dominan bloques juveniles fuertemente alterados. Escasos bloques accesorios de basamento. Disposición con ejes mayores subhorizontales.	Brechas de caída de carácter muy proximal (tipo spatter) asociado a una erupción explosiva (estromboliana) La dificultad para diferenciar los bloques de la matriz, permite sugerir un proceso de alteración postdeposicional temprano a sindeposicional. (Cas y Wright 1987, Paredes <i>et al.</i> 2008).
Depósitos volcanoclásticos primarios hidrovulcánicos	Lapillitas con estratificación cruzada de bajo ángulo	Conglomerado fino a muy fino, laminado, bien seleccionado, rosado a rojizo, con un espesor máximo aflorante de 4m (Fig. 2d). Laminaciones internas milimétricas formando ondulaciones de gran longitud de onda (>5m) y frecuentes truncamientos internos formados por conjuntos de entre 0,5 y 1,3m de espesor, cortados por superficies de bajo ángulo (5-15°). Selección moderada a buena. Clastos subredondeados a subangulosos. Textura abierta y abundante cemento calcítico (10 y 20%). Composicionalmente predominan clastos y granos juveniles tamaño lapilli, escoriáceos y alterados (90%). Litoclastos y cristoclastos angulosos a subangulosos (igneos y metamórficos) representan la fracción accesoria.	Posibles depósitos de oleadas piroclásticas asociados con erupciones hidromagmáticas. Las ondulaciones de gran longitud de onda indican un alto régimen de flujo compatible con estadios de onda fija y antidunas. Los espesores de los conjuntos laminados indican una sedimentación fuertemente agradacional. (Crowe y Fisher 1973, Sparks 1976, Allen 1984, Fisher y Schmincke 1984, Cas y Wright 1987, Valentine 1987, Chough y Sohn 1990, Carey 1991, Valentine y Fisher 2000).
	Brecha tabular matriz soportada	Brecha tabular polimodal polimítica con un espesor aflorante de 30cm. Gradación inversa y normal. Laminaciones y ondulaciones al tope. Fábrica clasto flotante, matriz arenosa y cemento blanquecino (Fig. 2e). Clastos angulosos a subangulosos de composición granítica y gneílica, y clastos juveniles subordinados (10-30%). Clastos sobredimensionados (TMC= 14cm), comunmente protruyendo del tope del depósito. Los clastos mayores se disponen con el eje "a" subhorizontal.	Depósito de flujo denso que grada entre alta y baja concentración, culminando con una etapa turbulenta de alto régimen (ondulaciones al tope) (Lowe 1982, Vallance 2000). Posiblemente asociado con episodio explosivo freatomagmático.
Depósitos volcanoclásticos resedimentados (retrabajo temprano)	Conglomerado fino estratificado laminado rojizo	Conglomerados finos, bien estratificados y laminados, de color rojizo y con un espesor máximo aflorante de 2m. Estratificación delgada y bien marcada (Fig. 2f). Contactos netos e irregulares y frecuentes saltos texturales. Paquetes delgados y lenticulares con estratificación cruzada y agrupamientos de clastos mayores. Selección moderada. Textura bimodal abierta con escasa matriz y cemento calcítico (10-15%). Composicionalmente hay un predominio de granos y clastos juveniles redondeados a subangulosos, vesiculados y alterados, con un TMP=1cm y TMC=10cm y una fracción importante de clastos de basamento con TMP=9cm y aristas redondeadas.	Depósitos de retrabajo de materiales primarios volcanoclásticos a partir de procesos tractivos y mezclados con poblaciones epiclásticas indicando cierta madurez textural. (Chough y Sohn 1990, Smith 1991, Smith y Katzman 1991, McPhie 1993).
Depósitos volcanogénicos de retrabajo tardío	Conglomerado polimítico estratificado	Conglomerado polimítico mal seleccionado, bien estratificado, de color rojizo pálido. Estratificación planar, gradaciones internas y delgados conjuntos de estratificación cruzada (Fig. 2g). Rango de tamaños de clastos entre 0,2mm y 15cm. Clastos subangulosos a subredondeados. Matriz arenosa abundante. Notable abundancia de clastos basálticos (hasta el 50%) con variados aspectos y grados de alteración y texturas desde amigdaloides y vesiculares hasta macizas y porfíricas. El porcentaje restante corresponde a litologías variadas del basamento (Fig. 2h).	Depósito volcanogénico resultado de un retrabajo tardío por erosión de vulcanitas y depósitos volcanosedimentarios y mezclas texturales y composicionales con poblaciones epiclásticas. Las texturas y estructuras indican predominio de depósitos de arroyadas en manto. (Smith 1991, Smith y Katzman 1991, McPhie 1993).

existido varios pulsos o etapas eruptivas e intereruptivas (p. ej: Smith 1991, Martini *et al.* 2006).

La facies de aglomerado lapillítico bandeado (Fig. 2a y b y Fig. 3b), interpretada como tefras de caída (Cuadro 1) cons-

tituye una clave para cualquier modelo paleoambiental que se proponga para el Cretácico. Tanto los depósitos de caída,

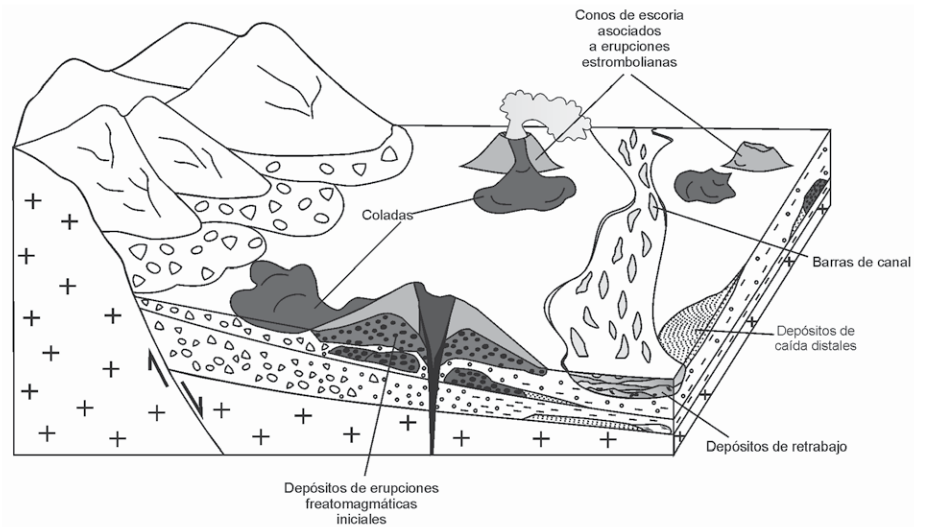
**CUADRO 2:** Criterios utilizados en este trabajo para la diferenciación y clasificación de los depósitos volcanosedimentarios.

	Depósitos volcanoclásticos primarios			Depósitos de retrabajo tempranos o tardíos (volcanogénicos)			
	Flujos Piroclásticos		Oleadas Piroclásticas	Depósitos de caída	Retrabajos Tractivos	Flujos de detritos	
Composición	pómez cristales líticos	>pómez	pómez cristales líticos	>pómez	>>fragmentos juveniles vesiculados (+líticos)	mezclas variables	polimícticos (clásticos no volcánicos)
Selección	mala a muy mala		regular (sin extremos gruesos ni finos)	muy buena (2-64mm "lapi- lli"), fragmentos angulosos	entre mala y buena, granos redondeados	muy mala	
Finos (matriz)	muy abundantes		abundantes	muy escasos	variables	muy abundantes, fábricas matriz soporte	
Cemento	muy escaso		escaso	abundante, hasta >50%	común, 5-30%	muy escaso	
Estratificación	-bancos gruesos a muy gruesos -mantiformes -contactos no erosivos, planos o irregulares		-delgada a mediana -contactos erosivos	-mantean la topografía -bandeado interno delgado, sin contactos netos ni erosivos (estratificación pulsante)	-bien estratificados y laminados -superficies erosivas frecuentes	-bancos gruesos a muy gruesos -mantiformes -contactos no erosivos, planos o irregulares	
Estructuras	-macizos o gradados -frecuentes colas de gruesos -gradación inversa en pó- mez o juveniles vesiculados -gradación normal en líticos -gradación inversa en base -carpetas tractivas		-laminados y bien estruc- turados -lenticulas de fragmentos pómez -frecuentes carpetas tractivas	-gradación normal -fábrica abierta, muy suelta y flotante -clastos balísticos (acciden- tales) sobredimensionados (>> al promedio, eje "a" verticalizado, > al espesor de capa, marcas de percusión o <i>sags</i> )	-estratificaciones cruzadas comunes -frecuentes contactos erosivos -clastos agrupados -imbricación de clastos -parches clasto soporte	-macizos o gradados -gradación normal -bloques sobredimensiona- dos y protruyendo al tope (tensión de matriz), con el eje "a" horizontal/subhor- izontal -relación lineal entre TMP-EC	

Basados en Fisher y Schmincke (1984), Cas y Wright (1987), McPhie *et al.* (1993) y Murcia *et al.* (2013).

como así también, los aglomerados gruesos interpretados como brechas (Cuadro 1) indicarían que se trata de depósitos muy próximos a bocas eruptivas. La presencia de capas con abundantes eyectos procedentes del propio basamento, algunos de los cuales superan los 30 cm de diámetro, constituye otra evidencia independiente de la proximidad al centro efusivo.

El potencial de conservación de volcanes monogénicos, tanto conos de escoria y cinders basálticos como *maars*, es muy bajo y su preservación en el registro fósil es excepcional y de difícil reconocimiento (Wood 1980a y b, Cas y Wright 1987, Valentine *et al.* 2006, Kereszturi y Németh 2013). Aun cuando la distribución de facies sea localizada, esta constituye un rasgo inequívoco de tales expresiones morfológicas, íntimamente asociadas con depocentros controlados por extensión (White 1991). La presencia de asociaciones de resedimentación temprana (depósitos volcanoclásticos resedimentados, Cuadro 1, Fig. 2f) y de retrabajo tardío (depósitos volcanogénicos, Cuadro 1, Fig. 2g y h) constituye también una fuerte evidencia del desarrollo de este tipo de siste-

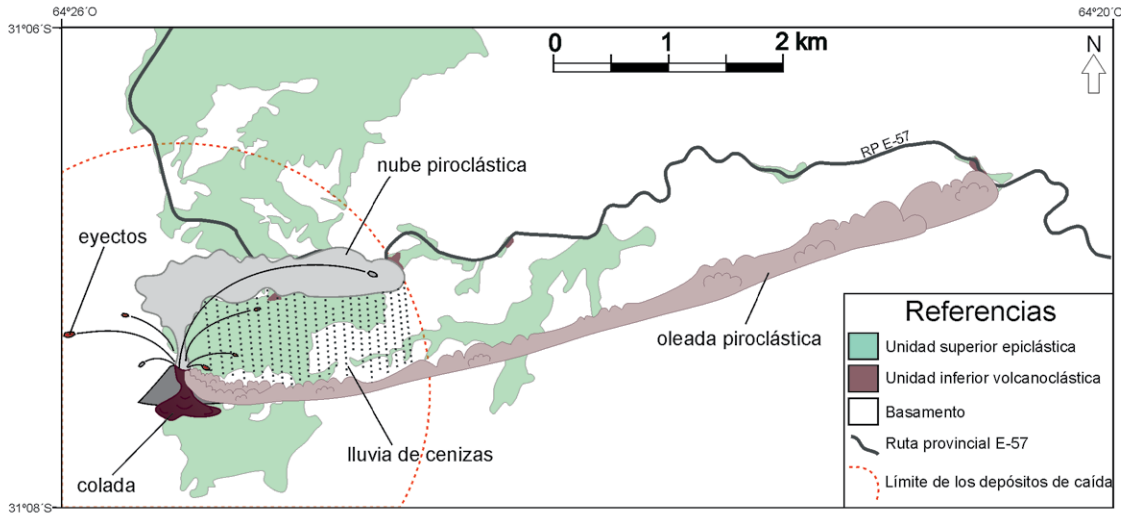


**Figura 4:** Diagrama de bloque representando la etapa de extensión cretácica durante la cual se desarrolla una intensa actividad volcánica que genera conos de escoria, flujos lávicos y depósitos de retrabajo. Nótese en el perfil la interdigitación entre depósitos sedimentarios y volcanosedimentarios.

mas volcánicos que tienden a degradarse rápidamente en el registro fósil (Kereszturi y Németh 2013).

De acuerdo con nuestras observaciones en el área de estudio existen registros de una etapa activa de volcanismo y registros de una etapa pasiva (*"active stage"* y *"passive stage"* *sensu* Kereszturi y Né-

meth 2013). Durante la etapa activa se sucedieron erupciones freatomagmáticas y de tipo estromboliano cuyos grados de explosividad y aportes de material permitieron el desarrollo de un aparato volcánico y la distribución de depósitos volcánicos y volcanoclásticos asociados. Cabe aclarar que si bien la etapa activa es consi-



**Figura 5:** Diagrama esquemático de los procesos y productos resultantes con base en la cartografía y posición relativa de los afloramientos estudiados en este trabajo.

derada la etapa constructiva en la vida del volcán, durante la misma alternan episodios destructivos asociados con erupciones muy violentas que generan la pérdida del registro volcánico previo. La etapa pasiva comienza una vez finalizada la actividad volcánica y durante la misma se produce la degradación del edificio volcánico como consecuencia de los procesos de meteorización y erosión, desarrollándose asociaciones de facies de retrabajo (Wood 1980a, Fisher y Schmincke 1984). En el caso del registro volcánico de la región cumbre de la Sierra Chica, la intensa degradación llevó a la eliminación de gran parte del aparato volcánico, quedando expuesta una estructura interpretada como una diatrema (Fig. 1d).

El conjunto de procesos interpretados a partir del análisis de facies en relación con la posición relativa del conducto cartografiado en este estudio (Fig. 1d) se esquematiza en la Figura 5.

### FORMACIÓN EL PUNGO: DISCUSIÓN SOBRE ASPECTOS FORMALES

Como fue indicado en la introducción, fueron Gordillo y Lencinas (1967a) quienes agruparon las unidades estratigráficas e introdujeron la nomenclatura más utilizada para la Sierra Chica. Estos autores definieron tanto el Grupo El Pungo como las unidades formales que lo constituyen, generando una triple división formada por: a) una unidad sedimentaria basal o

“Conglomerado del Rosario”, b) una unidad predominantemente volcánica intermedia o “Vulcanita de El Pungo” y c) una unidad sedimentaria cuspidal o “Fanglomerado del Valle del Sol”, que es la de mayor distribución areal según los propios autores.

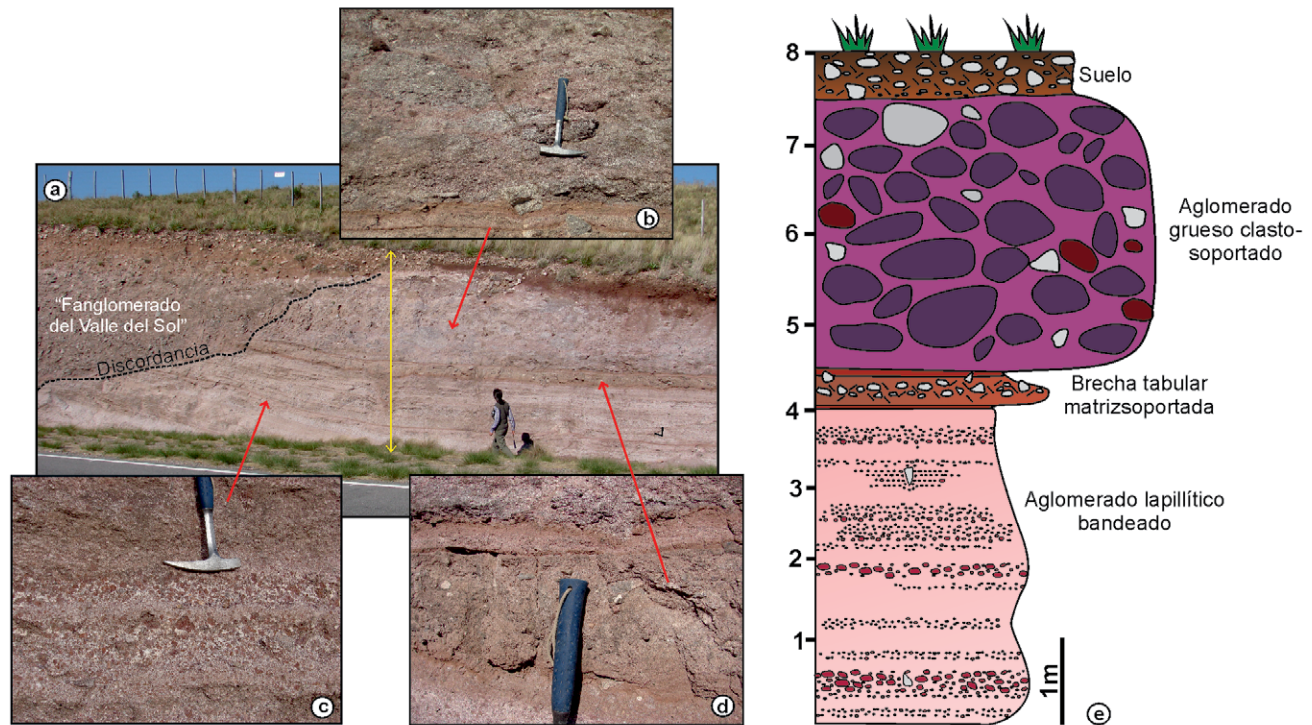
Con posterioridad a las definiciones originales, Delpino *et al.* (1999), Sánchez *et al.* (1999 y 2001) y Sánchez (2001a y 2001b) introdujeron los nombres de Formación El Rosario, Formación El Saucito y Formación Peñón Blanco dentro del Grupo El Pungo, redefiniendo y reemplazando, de manera informal, los términos originales de Gordillo y Lencinas (1967a). Esta nomenclatura si bien produjo una actualización de la estratigrafía originalmente propuesta por Gordillo y Lencinas (1967a), no ha tenido difusión. No obstante, vale destacar que estos autores advirtieron que la unidad denominada “Vulcanita de El Pungo” es minoritariamente una vulcanita propiamente dicha y, en gran medida, se trata de depósitos volcanoclásticos para los cuales interpretaron fenómenos hidromagmáticos y estrombolianos (Delpino *et al.* 1999, Sánchez *et al.* 2001 y 2002).

En este trabajo se realiza un detallado reconocimiento del estratotipo original, donde constatamos la abundancia de depósitos volcanoclásticos asociados. A pesar de la complejidad del mapa efectuado por Sánchez *et al.* (1999, 2001a, 2001b y 2002), es posible en el campo reconocer un conjunto de facies lapillíticas y de

tefras de granulometría fina a media como así también, depósitos de brechas volcánicas y depósitos de retrabajo. Estos últimos poseen diversos grados de participación de componentes procedentes del basamento, y si bien resultan difíciles de cartografiar, confirman la génesis volcanosedimentaria de gran parte de la unidad. A pesar de ello, no consideramos apropiado cambiar la nomenclatura original de Gordillo y Lencinas (1967a), puesto que la complejidad del mosaico de facies e interdigitaciones no permite formalizar nuevas unidades litoestratigráficas que cumplan con un objetivo cartográfico práctico. Vale destacar que los autores de este trabajo revisamos la colección de cortes delgados del Dr. Carlos E. Gordillo, actualmente en el repositorio de la Cátedra de Petrología de la UNC, entre los cuales hallamos una lámina (incluida con el número 0065) representativa de los depósitos de tefra, compuestos de fragmentos de escoria basáltica vesiculada, ópticamente indiferenciables de la facies de lapillitas bandeada descrita y analizada en este trabajo.

Las unidades basal e intermedia del Grupo El Pungo fueron originalmente adjudicadas al Cretácico Inferior por correlación con el Grupo Sierra de Los Cóndores (Gordillo y Lencinas 1967b) y posteriormente, una datación K/Ar (en roca total) sobre basaltos nefelínicos de El Pungo (González y Kawashita 1972) corroboró aquella edad, arrojando  $119 \pm 5$  Ma (Gordillo y Lencinas 1979).





**Figura 6:** Propuesta de para estratotipo de la Formación El Pungo sugerida en este trabajo. a) Panorámica del afloramiento donde pueden verse los depósitos volcanoclásticos y la discordancia erosiva que los separa del “Fanglomerado del Valle del Sol”. b) Aglomerado grueso clasto-soportado. c) Aglomerado lapillítico bandeado; d) Brecha tabular matriz soportada. e) Columna estratigráfica representativa de esta localidad.

Nuestro estudio sedimentológico-estratigráfico en la región de la divisoria de aguas y vertiente oriental de la Sierra Chica en la zona del camino al Cuadrado, permitió reconocer una unidad volcanoclástica equivalente a la definida por Delpino *et al.* (1999) y Sánchez *et al.* (1999) en la región de El Pungo, y que originalmente, Gordillo y Lencinas (1967a) denominaron “Vulcanita de El Pungo”. En sentido estricto, ésta denominación sería incorrecta dado que el nombre no diferencia ni alude a la existencia de los depósitos volcanoclásticos asociados. Por esta razón, proponemos enmendar la definición original de Gordillo y Lencinas (1967a) para incorporar dentro de la Formación El Pungo, la presencia de depósitos de esta naturaleza. Así, en el presente trabajo, proponemos redefinir a la Formación El Pungo como una unidad volcánica y volcanosedimentaria representada por mantos lávicos basálticos dispuestos en coladas con escasa continuidad lateral y espesor máximo de algunos metros (en ningún caso se superan los 10m) y equivalentes volcanoclásticos, constitui-

dos por aglomerados, brechas y lapillitas bandeadas con espesores que alcanzan la decena de metros y coloraciones que varían de rojo-morado a amarillento y rosado pálido por alteración. Estos depósitos, según su granulometría y grado de segregación, muestran desde estratificación grosera a estratificación bien desarrollada, entre mediana y delgada. La unidad también incluye depósitos volcanogénicos, donde participan bloques y clastos de la volcánita mezclados en proporciones variables con clastos derivados del basamento local de la Sierra Chica. En la localidad tipo, el conjunto no supera los 100m de espesor total y tiene una escasa continuidad cartográfica. Vale aclarar que esta definición ampliada de la Formación El Pungo permite identificarla tanto por sus facies volcánicas como volcanoclásticas que, por la naturaleza del vulcanismo, pueden ser mutuamente excluyentes.

De acuerdo con esto, en la localidad estudiada, el intervalo volcanoclástico inferior puede ser referido a la Formación El Pungo y una importante discordancia erosiva

lo separaría del suprayacente “Fanglomerado del Valle del Sol”.

A partir de lo expuesto anteriormente, teniendo en cuenta no solo los afloramientos originales de la región de El Pungo, sino también los aquí descritos en el camino al Cuadrado y ajustando las nomenclaturas de las unidades a lo estipulado por el Código Argentino de Estratigrafía (CADE 1992), se propone redefinir la Formación El Pungo.

#### **Paraestratotipo de la Formación El Pungo en el camino al Cuadrado (RP N° E-57)**

A partir de la revisión de los depósitos volcanosedimentarios definidos en la región del Pungo e incorporados en la redefinición de la Formación homónima aquí propuesta, se propone como paraestratotipo al perfil ubicado sobre la traza del camino al Cuadrado, en el punto GPS 31°7'52,38"S/ 64°24'24,44"O (véase afloramiento 3 en Fig. 1d y Fig. 3b). Este se ubica en una amplia curva de la ruta provincial N° E-57 que une las localidades de Valle Hermoso y Salsipuedes en-

contrándose sobre la margen derecha del camino, 2,5 km al este de la divisoria de aguas y próximo a la entrada de la estancia La Sureña. En este perfil (Fig. 6) pueden observarse conglomerados finos y gruesos formados por fragmentos juveniles basálticos muy vesiculados y con alto grado de alteración, reflejado en sus colores rojizos-morados. Estos se interpretan, respectivamente, como depósitos primarios de caída y depósitos de brechas de caída de carácter proximal (tipo *spalter*), generados durante erupciones de tipo estromboliano con incorporación de bloques balísticos arrancados del conducto y del encajonante. Entre los depósitos anteriores se intercala además una facies tabular de poco espesor asociada con flujos densos. Gran parte de los clastos y bloques del basamento en estos depósitos volcanoclásticos se disponen verticalizados, con su eje mayor formando ángulos próximos a los 90° con respecto a la estratificación. En este mismo afloramiento puede verse también la discordancia erosiva que separa la Formación El Pungo de los depósitos epiclásticos del “Fanglomerado del Valle del Sol”.

## CORRELACIÓN ESTRATIGRÁFICA

De acuerdo a la redefinición propuesta para la Formación El Pungo, se establece una vinculación directa entre los depósitos volcánicos y volcanoclásticos de la zona del Cuadrado y las manifestaciones de volcanismo estromboliano e hidromagmático descritas por Delpino *et al.* (1999), Sánchez *et al.* (1999 y 2002) y Sánchez (2001) en la localidad tipo del Grupo El Pungo, ubicada 15km al norte, en los alrededores de la estancia del Rosario al este de La Cumbre. Dado que no existen criterios crono o bioestratigráficos para ajustar esta correlación, la misma enfatiza sobre criterios de índole litoestratigráfica. Cabe reflexionar que la distancia que separa a ambas localidades permite que los depósitos no sean necesariamente sincrónicos y estén vinculados a diferentes aparatos volcánicos. No obstante, dada la velocidad de los procesos construc-

tivos de aparatos monogénicos (Fisher y Schmincke 1984, Cas y Wright 1987, Kereszturi y Németh 2013) es posible que el conjunto de facies volcanosedimentarias se haya desarrollado en el mismo intervalo de tiempo, considerando la rapidez con que ocurren. Asimismo, vale aclarar que las etapas activas y pasivas de volcanismo monogénico (Wood 1980b, White 1991, Kereszturi y Németh 2013) no son equivalentes en rango temporal a los estadios eruptivos e intereruptivos de otros marcos tectónicos (p. ej. Smith 1991), razón por la cual, pueden establecerse analogías genéticas entre ambas localidades.

## CONCLUSIONES

El estudio sedimentológico-estratigráfico de la cubierta sedimentaria en la región de la divisoria de aguas y vertiente este de la Sierra Chica en la zona del camino al Cuadrado (ruta provincial N° E-57), ha permitido identificar una unidad volcanoclástica no descrita ni analizada hasta el momento. Esta unidad resulta comparable con la “Vulcanita de El Pungo” nombre originalmente propuesto por Gordillo y Lencinas (1967a) para denominar a un intervalo volcánico en la región homónima, y que, a la luz de los resultados de este trabajo, justifican su redefinición.

En los afloramientos sobre los cuales se ha trabajado pueden observarse depósitos de caída con características geométricas y texturales típicas (facies de aglomerados lapillíticos bandeados y de aglomerados gruesos clasto soportados), depósitos asignables a oleadas piroclásticas (facies de lapillitas con estratificación cruzada), depósitos de flujos densos (facies de brecha tabular matriz soportada) y depósitos volcanoclásticos asociados a retrabajos tempranos y tardíos (facies de conglomerados finos estratificados-laminados rojizos y de conglomerados polimícticos estratificados). Los relictos de lavas basálticas ubicados en la estancia La Sureña son poco representativos; sin embargo, resultan importantes para completar la asociación litológica típica de esta unidad. De acuerdo con las observaciones y estudios realizados, en esta localidad existen

registros de una etapa de volcanismo activo, durante la cual se desarrollaron los depósitos volcánicos y volcanoclásticos descritos y una etapa pasiva posterior, durante la cual se produjo la degradación del edificio volcánico.

El estudio paleoambiental junto a consideraciones regionales permite interpretar que el desarrollo de volcanismo asociado a la etapa de sinrift cretácica corresponde a una actividad volcánica estromboliana e hidrovulcánica que habría desarrollado volcanes monogénicos, de tipo *maar* y conos de escorias y lavas, interactuando con los rellenos epiclásticos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los propietarios de la estancia La Sureña por permitirnos el acceso a la región de estudio. Las sugerencias del comité editorial de la revista ayudaron a mejorar la versión final del trabajo.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Allen, J.R.L. 1984. Sedimentary structures. Their character and physical basis. Unabridged One-Volume Edition. Elsevier. 663 p., Amsterdam.
- Astini, R.A., Pezzi, L. y Massei, G. 1993. Paleogeografía y paleoambientes del Cretácico de la Sierra de Pajarillo-Copacabana-Maza, noroeste de Córdoba. 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Acta 1: 170-176, Mendoza.
- Astini, R.A. y del Papa, C.E. 2012. Conclusiones del relevamiento geológico de superficie sobre unidades sedimentarias cretácicas-neógenas de las Sierras Pampeanas de Córdoba. Informe Final YPF (inédito), 115 p., Córdoba.
- Baldo, E., Demange, M. y Martino, R. 1996. Evolution of the Sierras de Córdoba, Argentina. Tectonophysics 267: 121-142.
- CADE, 1992 (Código Argentino de Estratigrafía). Comité Argentino de estratigrafía. Serie "B" (Didáctica y Complementaria), N°20. Asociación Geológica Argentina, 64 p.
- Carey, S.N. 1991. Transport and deposition of tephra by pyroclastic flows and surges. En Fisher, R.V. y Smith, G.A. (eds.) Sedimentation in Volcanic Settings. Society Economic Paleontologists Mineralogists, Special Publica-

- tion 45: 39-57, Tulsa.
- Cas, R.A.F. y Wright, J.V. 1987. Volcanic successions modern and ancient. A geological approach to process, products and successions. Unwin Hyman, 528 p, London.
- Cashman, K.V., Sturteran, B., Papale, P. y Naron, O. 2000. Magmatic Fragmentation. En Sigurdsson, H. (ed.) *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, 421-430, San Diego.
- Chough, S.K. y Sohn, Y.K. 1990. Depositional mechanics and sequences of base surges, Songaksan tuff ring, Cheju Island, Korea. *Sedimentology* 37: 1115-1135.
- Crowe, B.M. y Fisher, R.V. 1973. Sedimentary structures in base-surge deposits with special reference to cross-bedding, Ubehebe craters, Death Valley, California. *Geological Society of America Bulletin* 2: 663-682.
- Delpino, E., Sánchez, M.L., Bermúdez, A., Marclé, R. y Ancheta, M.D. 1999. Los depósitos hidroclásticos y estrombolianos del Grupo El Pungo, Córdoba. 14° Congreso Geológico Argentino, Acta 2: 197-199, Salta.
- Fisher, R.V. y Schmincke, H-U. 1984. *Pyroclastic rocks*. Springer-Verlag, 442 p., Berlin.
- González, R. y Kawashita, K. 1972. Edades K/Ar de rocas básicas de las sierras de la provincia de Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27: 259-260.
- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N. 1967a. El basalto nefelínico de El Pungo, Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* 46: 109-115.
- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N. 1967b. Geología y petrología del extremo norte de la Sierra de Los Cóndores, Córdoba. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, Córdoba* 46: 73-108.
- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N. 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y de San Luis. En Turner, J.C.M. (ed.) *Segundo Simposio Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias 577-650, Córdoba.
- Gross, W. 1948. Cuadro tectónico del Valle de Punilla. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 3: 73-132.
- Houghton, B.F., Wilson, C.J.N. y Pyle, D.M. 2000. Pyroclastic fall deposits. En Sigurdsson, H. (ed.) *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, 555-570, San Diego.
- Houghton, B.F. y Gonnerman, H.M. 2008. Basaltic explosive volcanism: Constraints from deposits and models. *Chemie der Erde - Geochemistry* 68: 117-140.
- Kay, S. y Ramos, V. 1996. El magmatismo cretácico de las sierras de Los Cóndores y sus implicancias tectónicas. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Acta 3: 453-454, Buenos Aires.
- Kereszturi, G. y Németh, K. 2013. Monogenetic basaltic volcanoes: Genetic classification, growth, geomorphology and degradation. En Németh, K. (ed.) *Updates in Volcanology- New Advances in Understanding Volcanic Systems*, INTECH Open Science: 1-89, <http://dx.doi.org/10.5772/51387>.
- Lagorio, S.L. 2008. Early Cretaceous alkaline volcanism of the Sierra Chica de Córdoba (Argentina): Mineralogy, geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences* 26: 152-171.
- Lowe, D.R. 1982. Sediment gravity flows II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal Sedimentary Petrology* 52: 279-297.
- Martina, F., Dávila, F.M. y Astini, R.A. 2006. Mio-Pliocene volcanoclastic deposits in the Famatina Ranges, southern Central Andes: A case of volcanic controls on sedimentation in broken foreland basins. *Sedimentary Geology* 186: 51-65.
- Martínez, A.N., Rivarola, D., Strasser, E., Giambiagi, L., Roquet, M.B., Tobares, M.L. y Merlo, M. 2012. Petrografía y geoquímica preliminar de los basaltos cretácicos de la sierra de Las Quijadas y Cerrilada de Las Cabras, provincia de San Luis, Argentina. En Aceñolaza, F. G. (ed.) *Aportes al Magmatismo y Metalogénesis Asociada de la República Argentina I. Serie Correlación Geológica* 28: 9-22, Instituto Superior de Correlación Geológica, San Miguel de Tucumán.
- McPhie, J., Doyle, M. y Allen, R. 1993. Volcanic textures. A guide to the interpretation of textures in volcanic rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania. 198 p., Hobart.
- Morrissey, M., Zimanowski, B., Wohletz, K. y Butther, R. 2000. Magmatic Fragmentation. En Sigurdsson, H. (ed.) *Encyclopedia of Volcanoes*. Academic Press, 421-430, San Diego.
- Murcia, H.G., Borrero, C.A., Pardo, N., Alvarado, G.E., Arnoso, M. y Scolamacchia, T. 2013. Depósitos volcanoclasticos: Términos y conceptos para una clasificación en español. *Revista Geológica de América Central* 48: 15-39.
- Orton, G.J. 1996. Volcanic environments. En Reading, H.G. (ed.) *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*, Blackwell Science: 485-567, Oxford.
- Oviedo, N. 2012. Estudio geológico sobre los "Fanglomerados del Valle del Sol", región cumbral de la Sierra Chica, entre Valle Hermoso y Salsipuedes (Camino al Cuadrado), Córdoba. Trabajo Final, Universidad Nacional de Córdoba (inédito), 128p., Córdoba.
- Paredes, J.M., Colombo, F., Foix, N., Allard, J.O., Nillni, A. y Allo, M. 2008. Basaltic explosive volcanism in a tuff dominated intraplate setting, Sarmiento Formation (Middle Eocene-Lower Miocene), Patagonia Argentina. *Latin American Journal of Sedimentology and Basis Analysis* 15: 77-92.
- Pastore, F. 1932. Descripción de la Hoja Geológica 20i, Córdoba. Ministerio de Agricultura Dirección de Minería y Geología, Boletín 36: 1-67, Buenos Aires.
- Rivarola, D. y Spalletti, L. 2006. Modelo de sedimentación continental para el rift cretácico de la Argentina central. Ejemplo de la sierra de Las Quijadas, San Luis, *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 61: 63-80.
- Sánchez, M.L. 2001a. Sedimentología de la Formación El Rosario (Cretácico), La Cumbre, provincia de Córdoba, Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo de Geología. Actas CD-ROM, Montevideo.
- Sánchez, M.L. 2001b. Sedimentología de la Formación Peñón Blanco (Cretácico), en la zona de La Cumbre, Córdoba, Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo de Geología. Actas CD-ROM, Montevideo.
- Sánchez, M.L., Toro, E., Delpino, E. y Bermúdez, A. 1999. Geología y estratigrafía de las rocas cretácicas de La Cumbre - Estancia del Rosario, Córdoba. 14° Congreso Geológico Argentino, Acta 1: 445-448, Salta.
- Sánchez, M.L., Ancheta, M.D. y Marclé, R. 2001. Las volcanitas de la Formación El Saucito, Grupo El Pungo (Cretácico Inferior), Córdoba, Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo de Geología. Actas CD-ROM, Montevideo.
- Sánchez, M.L., Ancheta, M.D. y Marclé, R. 2002. Rocas volcánicas cretácicas de la cuenca El

- Pungo, Córdoba. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas CD-ROM, El Calafate.
- Santa Cruz, J. 1972. Geología al Este de la Sierra Chica (Córdoba). Valle del Río Primero. Boletín de la Asociación Geológica 1: 102-110, Córdoba.
- Schlaginweit, O. 1952. Una interesante dislocación en Potrero de Garay (Valle de Calamuchita). Y observaciones sobre las sierras Chica y Grande de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina 9: 135-154.
- Schmidt, C., Astini, R.A., Costa, C., Gardini, C. y Kramer, P. 1995. Cretaceous rifting, alluvial fan sedimentation, and Neogene inversion, southern Sierras Pampeanas, Argentina. En A. Tankard, R. Suárez S., y H.J. Welsink (eds.) Petroleum basin of South America, American Association of Petroleum Geologists 62: 341-358, Tulsa.
- Smith, G.A. 1991. Facies sequences and geometries in continental volcanoclastic sediments. En Fisher, R. y Smith, G. (eds.) Sedimentation in Volcanic Settings. Society Economic Paleontologists Mineralogists, Special Publication 45: 109-121, Tulsa.
- Smith, G.A. y Katzman, D. 1991. Discrimination of eolian and pyroclastic-surge processes in the generation of cross-bedded tuffs, Jemez Mountains volcanic field, New Mexico. Geological Society of America 19: 465-468.
- Sparks, R.S.J. 1976. Grain size variations in ignimbrites and implications for the transport of pyroclastic flows. Sedimentology 23: 147-188.
- Uliana, M. y Biddle, K. 1988. Mesozoic-Cenozoic paleogeographic and geodynamic evolution of southern South America. Revista Brasileira de Geociencias 18: 172-190.
- Valentine, G.A. 1987. Stratified flow in pyroclastic surges. Bulletin of Volcanology 49: 616-630.
- Valentine, G.A. y Grooves, K.R. 1996. Entrainment of country rock during basaltic eruptions of the Lucero volcanic field, New Mexico. The Journal of Geology 104: 71-90.
- Valentine, G.A., Perry, F.V., Krier, D., Keating, G.N., Kelley, R.E. y Cogbill, A.H. 2006. Small-volume basaltic volcanoes: Eruptive products and processes, and post-eruptive geomorphic evolution in Crater Flat (Pleistocene), southern Nevada. Geological Society of America Bulletin 118: 1313-1330.
- Valentine, G.A. y Fisher, R.V. 2000. Pyroclastic surges and blasts. En Sigurdsson, H. (ed.) Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, 571-580, San Diego.
- Vallance, J.W. 2000. Lahars. En Sigurdsson, H. (ed.) Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, 601-616, San Diego.
- Vespermann, D. y Schmincke, H-U. 2000. Scoria cones and tuff rings. En Sigurdsson, H. (ed.) Encyclopedia of Volcanoes, Academic Press, 683-694, San Diego.
- White, J.D.L. 1991. The depositional record of small, monogenetic volcanoes within terrestrial basins. En Fisher, R.V. y Smith, G.A. (eds.) Sedimentation In Volcanic Settings, Society Economic Paleontologists Mineralogists, Special Publication 45: 155-171, Tulsa.
- White, J.D.L. y Houghton, B.F. 2006. Primary volcanoclastic rocks. Geological Society of America 34: 677-680.
- Wood, C.A. 1980a. Morphometric evolution of cinder cones. Journal of Volcanology and Geothermal Research 7: 387-413.
- Wood, C.A. 1980b. Morphometric analysis of cinder cone degradation. Journal of Volcanology and Geothermal Research 8: 137-160.

Recibido: 24 de octubre, 2013

Aceptado: 25 de julio, 2014