

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MUSEO
REVISTA DEL MUSEO DE LA PLATA
(NUEVA SERIE)

**RETROCESO DE PENDIENTES E IGNIMBRITAS,
HOJA SAN JUAN DE ORO, PROVINCIA DE JUJUY**

MARIO M. MAZZONI (1)

RESUMEN

El modelo dinámico erosivo actual de pendientes en la región, es aplicable y satisfactorio para explicar la generación de rocas pedestal, y de los planos de discontinuidad emplazados en los pináculos de los afloramientos terciarios del área. Se considera que los de tipo pedestal corresponden a relictos de esas pendientes, que han perdurado por la acción protectora de bloques - generalmente de ignimbritas soldadas - provenientes del borde de las mesas. Otras variedades analizadas se atribuyen a desmoronamientos y/o asentamientos. Se discute su potencialidad de fosilización, significación, y relación con otras estructuras ignimbríticas.

ABSTRACT

SLOPE RETREAT AND IGNIMBRITES, SAN JUAN DE ORO QUADRANGLE, JUJUY PROVINCE. Through dynamic evaluation of present slope retreat in the area, pedestal pillars and unconformities within pinnacles are explained in terms of slump and slide processes. Cliff blocks coming down from ledges of ignimbric mesas, and stopping at different points above the slope, can preserve the less resistant material beneath from future erosion. Fossilization potential, significance, and relations with other ignimbric structures are here discussed.

Geomorphology - Slope retreat - Pillars.

(1) Centro de Investigaciones Geológicas (CIG), La Plata

INTRODUCCION

A raíz de las tareas de seguimiento de los depósitos de flujos piroclásticos del Cerro Panizos, (22° 15'S, 66° 45'W), en la Puna de Jujuy, hemos podido registrar en el borde de su meseta subcircular y en afloramientos aislados, una serie de rasgos morfológico-estructurales que, por lo peculiares, consideramos necesario describir y evaluar con cierto detalle. Los caracteres que se consideran en esta presentación, oscurecen las relaciones estratigráficas de los distintos depósitos de flujos que constituyen la ignimbrita del Cerro Panizos, especialmente sus relaciones de base.

Estas manifestaciones corresponden con pináculos o pilares, los que son a menudo citados con diferentes nombres en la literatura geológica y frecuentemente fotografiados por su exotismo y atractivo visual. Lo que más ha llamado la atención en nuestro caso, es la frecuente presencia de planos de discontinuidad y otros rasgos, en el interior de esos pináculos, de los que no se conocen antecedentes, y de los que tratará especialmente esta contribución.

El interés en comprender la génesis de estas estructuras fue reforzado por la incertidumbre inicial acerca de la significación de las mismas, ya que si bien eran parecidas, no correspondían con las típicas estructuras generadas en rocas piroclásticas.

Según las consideraciones que figuran más adelante en este trabajo, esos planos corresponden a retazos de pendientes, y pueden llegar a fosilizarse si hay subsiguiente agradación. Si así sucediera, y por presentarse estrechamente asociados con rocas piroclásticas, se considera importante describir con detalle sus características, a los fines de diferenciarlos de otras estructuras primarias o de enfriamiento de las piroclásticas -especialmente ignimbríticas- con las que, como fuera apuntado en el párrafo anterior, pueden resultar parecidas y/o confundirse.

Se considera que la información que se provee puede resultar útil a la mejor evaluación paleoambiental de acumulaciones ignimbríticas, y de sus rasgos de acumulación y yacencia. Sobre este último particular debemos advertir que los procesos operantes y sus resultados, que aquí se tratan, complican aún más la ya de por sí difícil correlación de flujos de unidades piroclásticas, recientemente tratada por Hildreth y Mahood (1985). En el caso de las ignimbritas del Cerro Panizos (Coira y Mazzoni, en preparación) esta tarea se ve agravada por la antigüedad de los depósitos (aproximadamente 9 Ma), y por su posible intercalación con ignimbritas regionales y locales, provenientes de otros centros aledaños, que reúnen caracteres composicionales semejantes, según puede desprenderse de las descripciones de esos depósitos de flujos piroclásticos (cf. Sparks et al., 1985, Koukharsky, 1985, Ort et al., 1987, Koukharsky et al., 1988).

MARCO GEOLOGICO Y ESTRATIGRAFIA

Las rocas aflorantes en el área (fig. 1) han sido agrupadas originariamente por Turner (1978) en cuatro unidades formacionales: Acoite (Ordovícico, grauvacas y pelitas), Peña Colorada (Plioceno, epiclástica), Lipiyoc (Pleistoceno, tobas dacíticas) y Vicuñaahuasi (lavas dacíticas). Esta estratigrafía ha sido revisada y ampliada recientemente (Coira y Mazzoni, 1986, Ort et al., 1987),

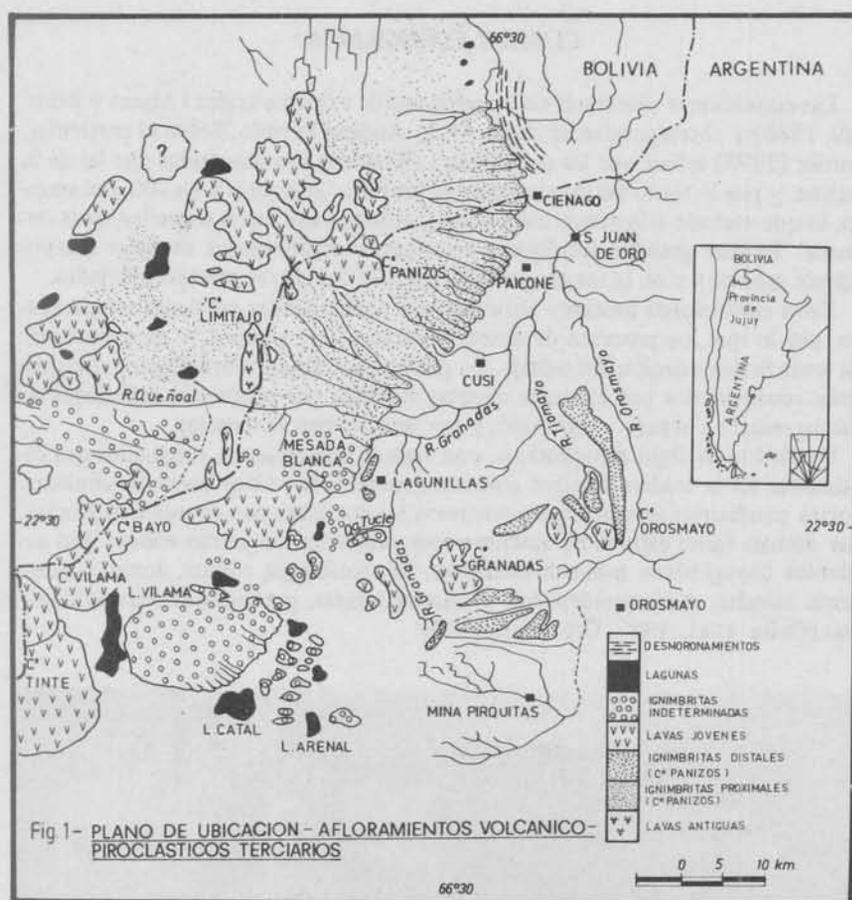


FIG 1 - Plano de ubicación.

especialmente en lo que se refiere a la Formación Lipiyoc, la que ha sido reinterpretada. Su origen se vincula con la acumulación de sucesivos pulsos ignimbríticos, en su mayor parte desde la caldera del Panizos (Ort et al., 1987) de antigüedad Mioceno Superior. Esta unidad presenta una disminución general en sus condiciones de soldamiento, desde situaciones proximales respecto a la caldera, a depósitos menos soldados, hasta casi incoherentes, en sus farellones y afloramientos más distales. Esta gradación en el soldamiento, con depósitos menos resistentes a medida que aumenta la distancia del centro emisor, el carácter pumíceo, y típicamente cristalino de las ignimbritas de la caldera Panizos, la morfología y el clima de la región, privilegian su meteorización física y la degradación por procesos de erosión eólica y de remoción en masa. Estos últimos son fácilmente apreciables a distintas escalas, especialmente en la regional, en el sector noreste de la figura 1. En este sector la orla mesetiforme del Panizos está caracterizada por varios kilómetros de fajas de desmoronamientos, asentamientos y caídas de rocas, también perceptibles en Lagunillas (fig. 1), los que por otra parte, han sido mapeados y descritos en la contribución de Turner (1978).

CLIMA Y FISIOGRAFIA

Las condiciones climáticas en la región son de extrema aridez (Alpers y Brimhall, 1988) y corresponden al clima Arido Andino Puneño. Sobre el particular, Turner (1978) señala que las condiciones climáticas son más áridas que las de la Quiaca, y por lo tanto las precipitaciones pluviales inferiores a los 200 mm anuales, lo que sumado a la escasa nubosidad y altura, acentúan la sequedad de la comarca. Existen grandes amplitudes térmicas, precipitaciones estivales (mayormente granizo), y en la mayor parte de los días del año se producen heladas.

Estas condiciones bastante rigurosas son acompañadas por bajas temperaturas, por lo que los procesos de descomposición son mínimos, y en consecuencia lenta la degradación del paisaje. En general, los rasgos morfológicos mayores están conformados por extensas mesetas surcadas por profundos cañadones de diseño radial en el sector argentino, y por remanentes de mesetas.

Depósitos de flujo piroclásticos, con variado soldamiento, originados principalmente en la caldera Panizos coronan generalmente estos cuerpos tabulares. Cortas pendientes acantiladas en retroceso los conectan con cauces transitorios, que drenan valles estrechos, muchas veces cubiertos con arenas eólicas. Los accidentes topográficos más sobresalientes, de morfología cónica, domal o raramente tabular, corresponden con efusiones lávicas, predominantemente dacíticas (Coira et al., 1987, Ort et al., 1987).

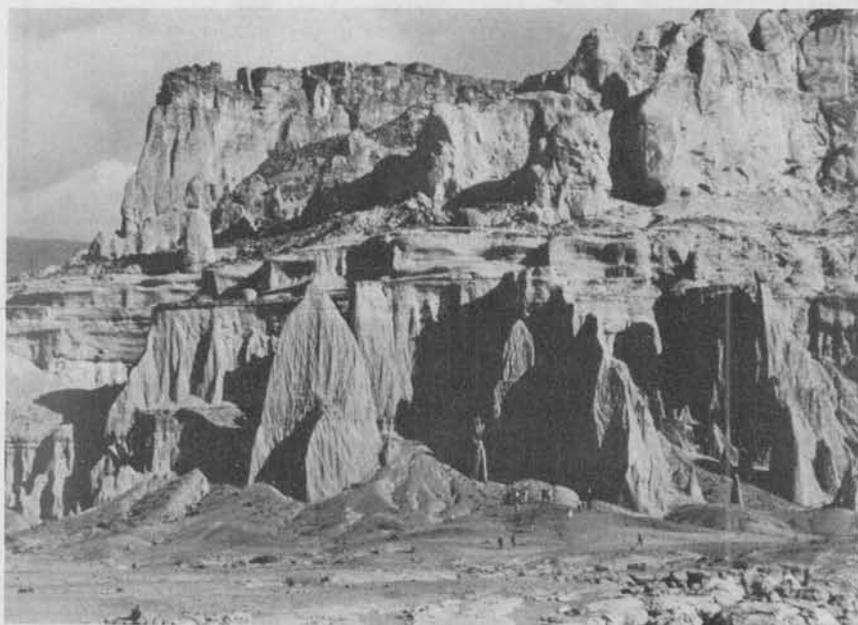


FIG. 2 - Afloramientos de las ignimbritas basales del Cerro Orosmayo. El sector medio (más estratificado), donde se intercalan ignimbritas con volcánoclastitas, subyacen ignimbritas más masivas y resistentes. Personas para escala en la base de los pináculos.

A escala de observación de mayor detalle, los afloramientos ignimbríticos aparecen con forma de castillos, las pendientes cubiertas por pináculos en conformación de "mal país" (fig. 2). Esta característica fue utilizada, a la distancia, como criterio de identificación de las ignimbritas y de su diferenciación de la Fm. Peña Colorada, que presenta formas erosivas mucho más atenuadas. Este procedimiento, forzado por la extensión de los afloramientos y su frecuente inaccesibilidad, sin embargo, resultó equívoco, ya que las superficies con pináculos aparecen sobre otros depósitos volcanoclásticos más antiguos y también más modernos. El control detallado de los materiales de las pendientes y de esos pilares ha conducido al reconocimiento de diferentes materiales constitutivos y de configuraciones internas peculiares, que se detallan a continuación.

PINACULOS Y PLANOS

Los pilares en el área revisada gradan desde aquéllos totalmente aislados sobre el plano de erosión actual, a tipos más arracimados, pendiente arriba y, finalmente, a morfologías de "mal país" y/o de tubos de órgano sobre la cara del acantilado. Su altura varía desde pocos metros hasta 50, y si bien tienden a morfologías pseudocónicas, son más frecuentes las pseudopiramidales, con abundancia de aquéllos con dos grandes caras (fig. 2). En la figura 3 se esquematizan los que, por presentar un nítido plano en su interior, son los que más han llamado nuestra atención. Ese plano, que en los casos a y c se encuentra muy cerca y debajo del bloque cuspidal, inclina con variados ángulos y con orientación más o menos paralela a las pendientes actuales (Fig. 4 y 5).

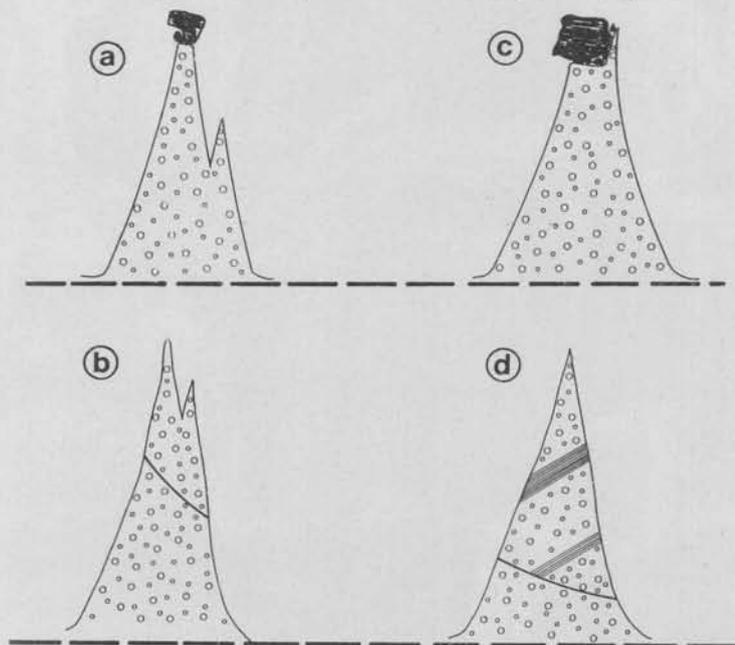


FIG. 3 — Variedades esquematizadas de pináculos; a y b tipo pedestal, la d es frecuente en Ciénago.

Debemos señalar que los últimos tipos descritos pueden calificarse como variedad pedestal de los pináculos. Sin embargo, los distingue de aquellos comúnmente descritos, la presencia de materiales psefíticos o bloques por encima de un plano de discontinuidad. Esta particularidad los diferencia entonces de los pedestales más frecuentes, donde el material protector corresponde con una porción más resistente, mayormente un clasto psefítico, de una roca sedimentaria sin discontinuidades internas.

Para el caso ilustrado en la fig. 3c, el bloque se encuentra en contacto con un remanente del pináculo. En la mayor parte de los casos revisados de ambas variedades, se observa que el sedimento por debajo del plano es una ignimbrita sin señales de soldamiento en los pómez, estas ignimbritas son resistentes al golpe de la piqueta y representan variedades tipo sillar (Fenner, 1948).

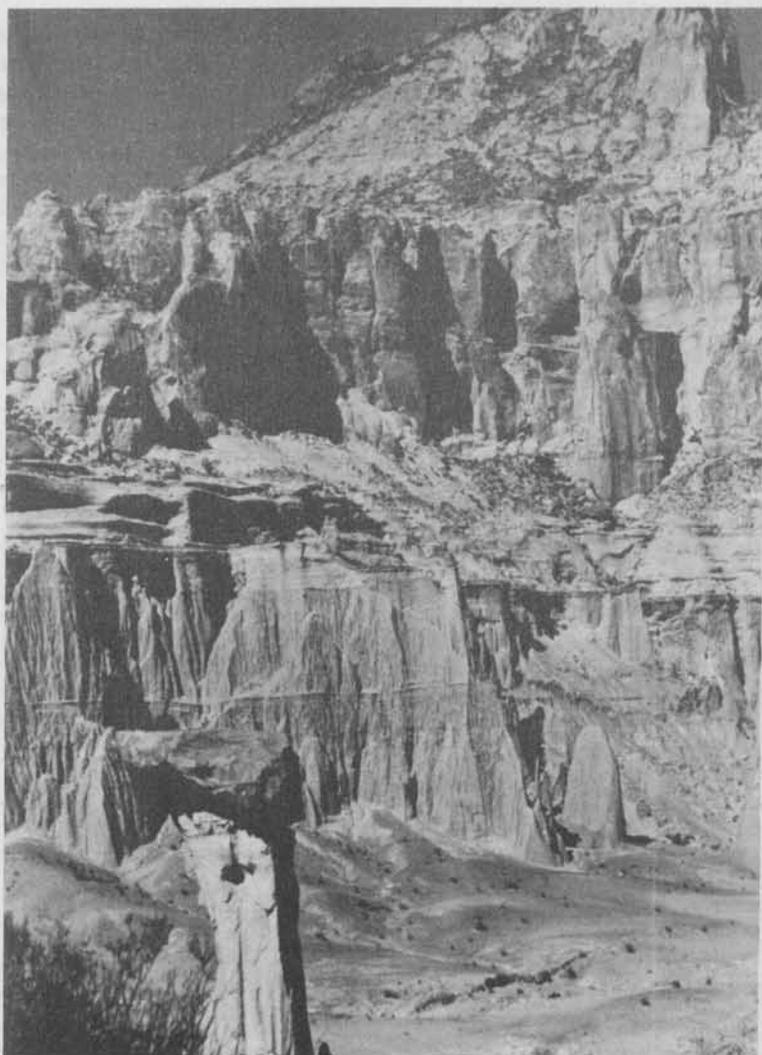


FIG. 4 — Misma localidad que figura 2. Pilar tipo pedestal, del tipo figura 3a, abajo a la izquierda. El bloque cuspidal mide aproximadamente 1,80 m.

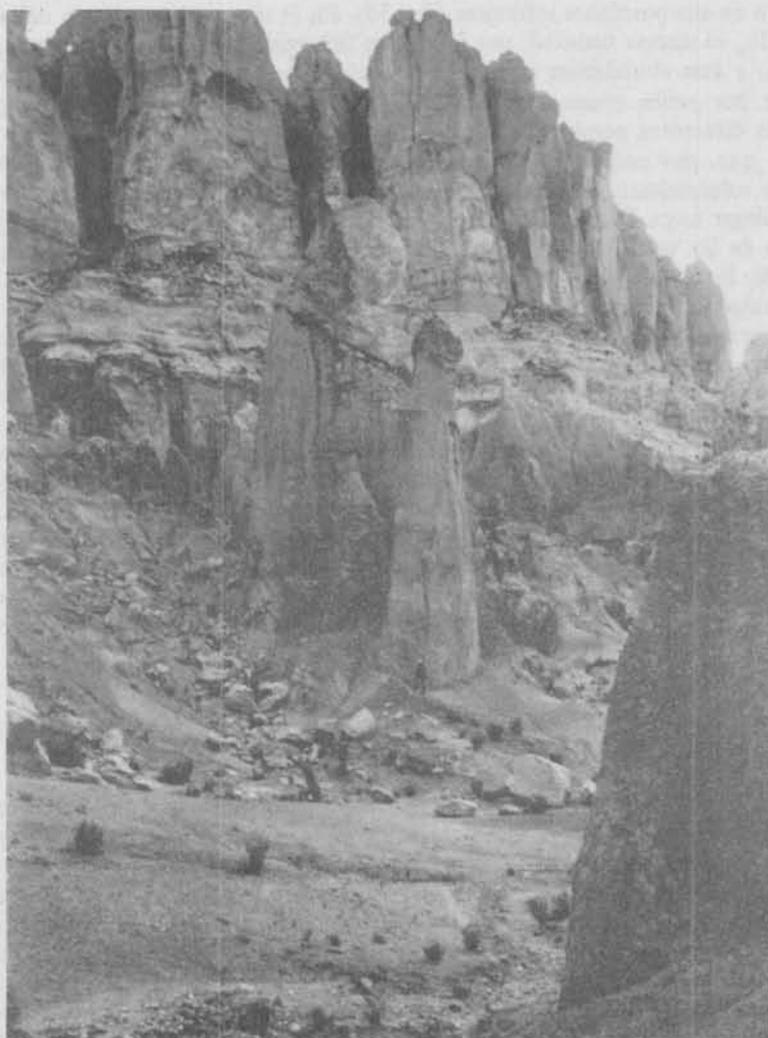


FIG. 5 – Superficie de unos 20 m de largo, cubierta por detritos y por bloques de la ignimbrita cuspidal, algo columnar, del frente del afloramiento en segundo plano. Persona para escala en la base del pináculo.

El bloque cuspidal, que se comporta como “techo” del pedestal, y cuya protección permite la preservación del pináculo, está constituido generalmente por ignimbritas rosadas, de leve a moderado soldamiento, y por consiguiente, algo más oscuras y tenaces que las del pilar. Estas características son particularmente visibles en los afloramientos ignimbríticos sobre el flanco septentrional y oriental del Cerro Orosmayo (fig. 4 y 5).

A su vez, los pilares que se ilustran en la fig. 3b y d son de morfología más sencilla, pero pueden ser internamente más complejos, en virtud de los diferentes materiales que los componen y de las distintas inclinaciones que se ob-

servan en sus porciones inferiores (fig. 3d). En el tipo esquematizado de la figura 3b, el mismo material, por lo común una ignimbrita poco coherente, grisácea, y con abundantes pómez blanquecinos de pocos centímetros, aparece tanto por arriba como por debajo del plano de discontinuidad. En cambio, en las diferentes combinaciones del tipo que se ilustra en la figura 3d, se observa que, por encima del plano, se intercalan depósitos piroclásticos primarios y volcánoclasticos estratificados, con grados de inclinación variada, que pueden llegar hasta 30-40 grados, y buzando en diferentes direcciones. La mayor parte de las veces esta inclinación es opuesta al sentido del plano de discordancia. En los aledaños de Ciénago, estos pilares se erigen en las cercanías del contacto entre los sedimentos rojos de la Fm. Peña Colorada y la base de las ignimbritas, y dificultan seriamente el reconocimiento de ese plano de separación, el que, por otra parte, es de tipo transicional. Es en esta localidad donde se comprueba que el aspecto de "mal país" y de torretas cónicas no es exclusivo de las ignimbritas.

En otras localidades del área ha sido posible comprobar que los relictos erosivos corresponden con porciones más resistentes del material en degradación. En estos casos no se observa ni el bloque superior, ni el plano descrito en los casos anteriores. Estos pináculos son comunes en los aledaños del Co. Orosmaño, y están controlados por la ubicación de conductos gaseosos (Mazzoni, 1986 a). La mayor resistencia a la degradación responde al mayor tamaño y mayor concentración de los litoclastos en relación con la ignimbrita donde se alojan.

INTERPRETACION GENETICA

Creemos que la observación de los rasgos morfológicos y de los procesos operantes en la región resultan claves en la interpretación genética de las estructuras y de los caracteres descritos en el capítulo anterior.

Así, en el paisaje actual, y especialmente sobre las pendientes desarrolladas entre las mesetas estructurales y los valles aledaños ya citados se producen caídas de bloques y de detritos gruesos, los que deslizan y/o ruedan hasta sectores menos empinados de la pendiente (Fig. 6), donde detienen su movimiento. Los detritos más grandes así originados, generalmente bloques, que pueden alcanzar varios metros de diámetro, tienen asegurada su permanencia en sectores bajos de la pendiente, ya que faltan agentes de transporte competentes en el ambiente, que puedan removerlos del lugar. Esta virtual inmovilidad de esos materiales los convierte en un escudo protector de la erosión para los materiales que cubren sobre la pendiente. Es oportuno aquí señalar que la escasa meteorización química en el área motiva que estos bloques sean bien consolidados y coherentes, y que no se disgreguen in situ con facilidad, favoreciendo también esta característica su funcionalidad como pantalla protectora del substrato.

El paso siguiente para generar las relaciones internas de los pináculos que se ilustran en las figuras 7 a y b, es el de subsiguiente erosión y retroceso de la pendiente. En esta situación, el bloque ignimbrítico -generalmente soldado y por lo tanto resistente- protege de la erosión al plano de pendiente y la porción de materiales geológicos que cubre. En la mayoría de los casos observados en el área, el pináculo es tobáceo, generalmente una ignimbrita poco soldada, y menos resistente que el bloque, la que es por lo tanto degradada con

mucha mayor velocidad fuera del área protegida. Creemos que de esta manera nacen y crecen los pináculos con materiales pefíticos y/o bloques. Así, y en función de los objetivos de este trabajo, pueden explicarse la generación y preservación de la discontinuidad, que representa un retazo de una vieja superficie de pendiente (slope), y por lo tanto constituye un plano de discordancia dentro de la secuencia de rocas piroclásticas. Es probable que los carentes de estos planos y estructuras representen formas de degradación más avanzada de los tipo pedestal, donde ya hayan sido eliminados el bloque cuspidal y el plano infraestante.

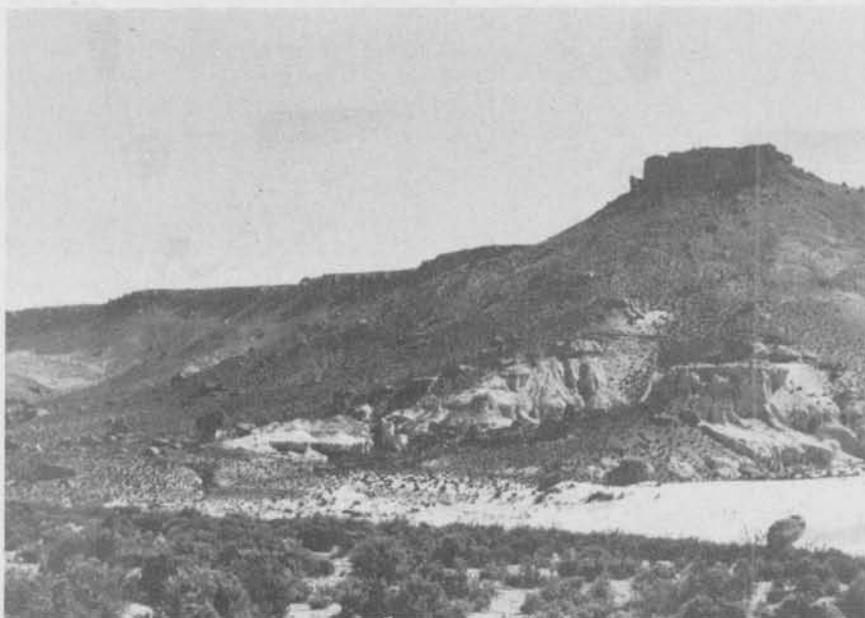


FIG. 6 — Movimiento de bloques a lo largo de la pendiente, desde el remanente de meseta. Al centro, a la derecha, se observa un bloque de unos 3 m de diámetro, que ha rodado hasta caer sobre el médano que ocupa la parte inferior del valle.

En la figura 7c se ilustra una variedad del tipo anteriormente considerado, donde un pináculo ha servido de barrera para el desplazamiento pendiente abajo del bloque, modelo aplicable a generación de los pináculos del tipo ejemplificados en la fig. 3c, que comienza a sobresalir sobre el plano de denudación, a causa de la erosión diferencial. Es oportuno mencionar la continuidad temporal de este proceso, la que queda evidenciada por la muy variada escala y altura de este tipo de pináculos en el terreno.

Los casos esquematizados en la fig. 3b y d también exhiben un plano conspicuo e inclinado, pero carecen de la cobertura pefítica. Consideramos que, a diferencia de los tratados con anterioridad, y teniendo en cuenta también los procesos geomórficos actuales en el ambiente, son consecuencia de la generación de desmoronamientos o asentamientos (slumps). En este caso, el movimiento en masa afecta principalmente ignimbritas poco soldadas, en pendientes con cornisas poco desarrolladas.

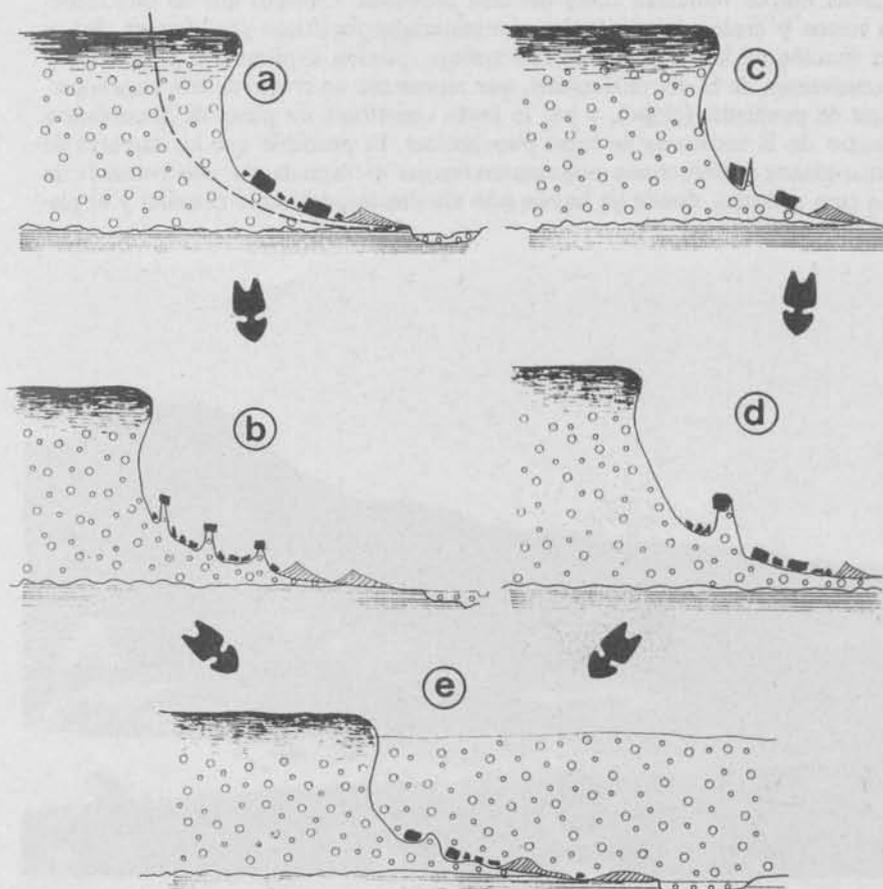


FIG. 7 - Evolución esquematizada de las rocas pedestal. Los casos c y d corresponden a bloques endicados por pináculos. En e se ejemplifican las posibles relaciones estratigráficas que podrían surgir del proceso de relleno de valle.

Sobre el particular, debemos señalar que este tipo de remoción en masa es el que moviliza mayor cantidad de materiales en la zona, y es particularmente activo al Norte de Ciénago (fig. 1), a lo largo de toda la meseta subcircular de la ignimbrita del Cerro Panizos, y también entre Lagunillas y la quebrada de Tucle. El sector ligeramente más resistente de la ignimbrita, y otras circunstancias, aún no determinadas, impedirían la erosión del pináculo, que conserva en su seno la antigua pendiente. Por lo general este plano inclina en la misma dirección que el de la pendiente local actual (fig. 8).

Por su parte, el caso de más difícil explicación, corresponde al tipo 3d, (fig. 8) especialmente en función del alto grado de buzamiento que muchas veces muestran las capas. Al respecto, se debe advertir que esta inclinación es sólo reconocible cuando se intercalan depósitos estratificados y especialmente volcánoclasticos. Los ignimbríticos son mayormente macizos y por lo tanto es difícil documentar la rotación hacia atrás que caracteriza los desmoronamientos (fig. 8c y d).

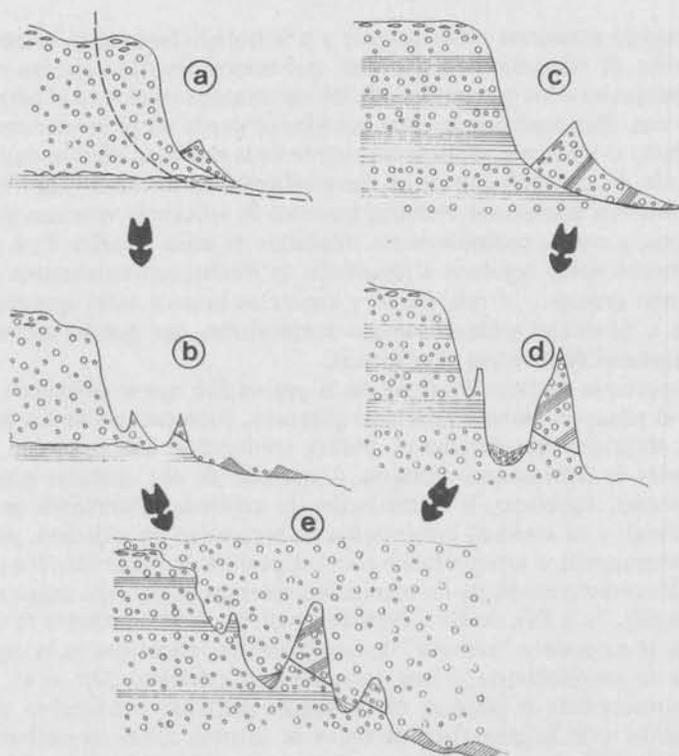


FIG. 8 – Evolución esquematizada que conduce a la formación de los pináculos del tipo de la figura 3b (8a y 8b) y 3d (8c y 8d). En e se ejemplifican las relaciones estratigráficas potenciales por relleno de valle.

COMENTARIO

En los últimos años ha crecido marcadamente el conocimiento de las condiciones de generación, transporte y depositación de los depósitos de flujos piroclásticos, y consecuentemente el de sus rasgos de yacencia, de sus distribuciones de tamaño, de sus características composicionales y especialmente de sus arreglos internos (Mazzoni, 1986 b).

Si bien, como fuera señalado, los depósitos de flujos piroclásticos son típicamente macizos, existen variedades de segregaciones internas, de carácter poligenético. Por caso los “ground surges”, las brechas residuales ignimbríticas, los escapes gaseosos, etc., y los que resultan de transformaciones en el flujo, interacción con agua, etc. y cuyo resultado es la concentración diferencial de materiales pefíticos, generalmente líticos, por lo común hacia la base del depósito.

De acuerdo a nuestras observaciones y a lo tratado hasta aquí, creemos que los procesos de retroceso de pendientes que hemos descripto pueden originar rasgos semejantes a los que resultan de los mecanismos citados en el párrafo anterior, y con ellos confundirse. Esta posibilidad puede ser particularmente factible debido al frecuente carácter recurrente de la actividad efusiva, cuyo resultado puede ser el sepultamiento de las pendientes en retroceso (fig. 7e y 8e). En este sentido, pueden ser comunes los casos de relleno de valle con ignimbritas, lahares, y menos probablemente, depósitos de caída de tefra. Este proceso de agradación puede conducir al desarrollo de planos, concentraciones de fragmentos más gruesos y/o más duros, y contactos bruscos entre ignimbritas de diferente o de similar soldamiento y/o composición, que pueden asemejarse a rasgos primarios de las rocas piroclásticas.

Es importante destacar aquí que sin la prevención que se desprende de este trabajo, el plano de discordancia local generado, consecuencia de los procesos erosivos anteriormente descriptos, podría confundirse asimismo con límites de unidades de enfriamiento distintas, y más aún, de dos unidades ignimbriticas diferentes. Asimismo, la acumulación de médanos comprobada en el ambiente actual, y su eventual preservación en secuencias piroclásticas, puede inducir erróneamente a interpretarlos como depósitos de flujos diluïdos (surges) cuando las características de las estructuras internas no revistan rasgos muy específicos (fig. 7e y 8e), como a menudo acontece. A este respecto se debe señalar que la naturaleza "arenosa" de las ignimbritas aflorantes en la región -en virtud de su granulometría, y carácter netamente cristalino (Ort et al., 1987)- y consecuentemente la pobreza de materiales pelíticos, constituyen un serio impedimento para la generación de flujos de detritos. Estas características favorecen la erosión, movimiento y depositación eólica de los materiales, para constituir médanos tanto en los valles actuales como en las pendientes donde a menudo adquieren el carácter de "trepadores". Con frecuencia, los materiales gravitatorios en tránsito se mezclan en las pendientes con esos materiales eólicos (fig. 6, 7a, b, 8b).

Además, es probable también que otras acumulaciones de talud, en muchos casos arenosas -dadas las características ya citadas de composición y coherencia de la mayor parte de las ignimbritas en el área aquí tratada- puedan configurar depósitos endicados por irregularidades del terreno (p. ej. pináculos, fig. 8d y e) y aún originar depósitos algo estratificados y con pendientes depositacionales (fig. 8).

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer a los Dres. Francisco Fidalgo y Luis A. Spalletti y al Lic. Pablo Guerstein el beneficio de esta presentación a través de sus observaciones y comentarios. Al Sr. Mauricio Llampá (UNJ) por su valiosa colaboración en el terreno. El presente trabajo fue financiado con recursos del PID C002116 (CONICET).

BIBLIOGRAFIA

- ALPERS, C.N. y BRIMHALL, G.H., 1988. Middle Miocene climatic change in the Atacama Desert, northern Chile: evidence for supergene mineralization at La Escondida. *Geol. Soc. Am. Bull.* 100:1646-1656.
- COIRA, B. y MAZZONI, M.M., 1986. Depósitos de flujos piroclásticos del Cerro Panizos, Jujuy, Argentina. *Primera Reun. Argent. Sedimentol., Res. Exp.*: 89-92. La Plata.
- COIRA, B., MAZZONI, M.M. y MERODIO, J.C., 1987. Cerro Panizos, un centro emisor dacítico, Jujuy, Argentina. *Actas X Congr. Geol. Argent.* IV: 338-341.
- FENNER, C.N., 1948. Incandescent tuff-flows in Southern Peru. *Geol. Soc. Am. Bull.* 59:879-893.
- HILDRETH, W. y MAHOOD, G., 1985. Correlation of ash-flow tuffs. *Geol. Soc. Am. Bull.* 96:968-974.
- KOUKHARSKY, M.M.L. 1985. Caracterización petrológica de ignimbritas cenozoicas de la Puna Argentina. *IV Congr. Geol. Chileno*, III: 254-274, Antofagasta.
- KOUKHARSKY, M.M.L., VULLIEN, A., ABRIL, E. y MORELLO, O., 1988. Las ignimbritas cenozoicas del noroeste de Susques, Jujuy: Geología, petrografía y química. *Asoc. Geol. Argent. Rev.* 42:441-460.
- MAZZONI, M.M., 1986a. Procesos y depósitos piroclásticos. *Asoc. Geol. Argent. Ser. "B"*, 14:1-115. Buenos Aires.
- MAZZONI, M.M. 1986b. Depósitos de flujos piroclásticos e ignimbritas. *Primera Reun. Argent. Sedimentol., Res. Exp.*: 93-96, La Plata.
- ORT, M., COIRA, B., MAZZONI, M.M., FISHER, R.V. y MATTINSON, J.M.M., 1987. Volcanismo ignimbrito del Cerro Panizos, Jujuy, Argentina. *Actas X Congr. Geol. Argent.*, IV:338-341.
- SPARKS, R.S.J., FRANCIS, P.W., HAMER, R.D., PANKHURST, R.J., O'CALLAGHAN, L.O., THORPE, R.S. y PAGE, R., 1955. Ignimbrites of the Cerro Galán Caldera, N.W. Argentina. *J. Volcanol. Geoth. Res.* 24: 205-248.
- TURNER, J.C., 1978. Carta geológico-económica 2a. San Juan Oro, Prov. de Jujuy. *Bol. Serv. Geol. Nac., Bol.*, 157, Buenos Aires.

Manuscrito recibido el 5 de octubre de 1988.

Manuscrito revisado recibido el 28 de febrero de 1989.