

DEPÓSITOS FLUVIOTORRENCIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONO DE DEYECCIÓN DE KAVAK, SE. DEL AUYANTEPUI, ESTADO. BOLÍVAR, VENEZUELA

Lara ¹, Sara; González ¹, Luis F., Suárez ², Carlos

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Dpto. de Geografía e Historia¹, Dpto de Ciencias de La Tierra ², Av. Páez, El Paraíso, Caracas

Recibido: 11-11-2010

RESUMEN. Nos proponemos establecer las características sedimentológicas del cono de deyección de Kavak y los procesos involucrados en su depositación. La metodología incluye fotointerpretación, la aplicación del método de Bouyoucos para sedimentos finos y técnicas morfométricas para sedimentos gruesos. El resultado de la foto-interpretación muestra que en la cuenca alta del río Kavak, predominan los movimientos de remoción en masa conformando el sitio de despegue de los materiales. El desprendimiento de estos, está relacionado con condiciones de saturación local del suelo en las rocas profundamente diaclasadas el cual, ante copiosas lluvias, actúa como matriz viscosa. Los materiales al ingresar al cañón empinado se desplazan favorecidos por la gravedad como un flujo canalizado, rápido, saturado de agua y detritos no clasificados hasta asomar al ápice. A partir de aquí, se propicia la sedimentación de esos materiales, debido al cambio abrupto de pendiente y de gradiente hidráulico, generándose una morfología de lóbulos alargados con el frente abultado hacia la parte distal, donde se concentran fragmentos heterométricos inmersos en una matriz arenosa con muy poca arcilla. Se postula que el cono se ha construido a partir de procesos relacionados con una dinámica sedimentaria catastrófica de flujos de detritos granulares. **Palabras claves:** acumulaciones fluvio-torrencales, cono de deyección, flujos de detritos granulares, estado Bolívar, Venezuela.

FLUVIAL TORRENTIAL DEPOSITS IN THE BUILDING OF KAVAK ALLUVIAL CONE IN THE SE OF AUYANTEPUI. BOLIVAR STATE, VENEZUELA

ABSTRACT. Our purpose is to establish the sedimentological characteristics of Kavak cone, and the implicit deposition process. The methodology includes photointerpretation, Bouyoucus method application for fine sediments and morphometric techniques for coarser sediments. The photointerpretation shows a steep catchment with mass movement activation process in the upper basin. These stepwise torrential flows, allowed heterogeneous very poorly sorted sediments to be transfer to the narrow and steep canyon. These heterogeneous sediments, as debris flows - sediment-water mixture - move quickly and behave as a viscous matrix until the gradient change and the sediments are released as levees and lobes deposits. This gives to the cone surface an irregular aspect. The unsorted, disorganized, sandy bouldery cobble gravel texture of these deposits and mixed in a coarse grained sand-pebbly sandstone matrix, is diagnostic of granular debris flow deposition from the no cohesive type. It is concluded that the debris flows are one of the main mechanisms of deposition at Kavak alluvial cone. **Key words:** torrential deposits, alluvial cone, granular debris flows, Bolívar State, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

Generalidades

En Venezuela, las formas topográficas conocidas como conos de deyección, están bien desarrolladas en los valles intramontanos andinos y han sido atribuidas a la actividad cuaternaria por Tricart ⁵², Vivas ⁵³, Schubert y Vivas ⁴⁸. Igualmente en el Sistema Montañoso de La Costa los eventos fluvio-torrencales de El Limón Edo Aragua, han sido estudiados, entre otros, por Audemard y col. ², Montes ³⁷, Audemard ³, Audemard y Singer ⁴ y Salcedo ⁴².

Durante la década del 2000, en el Litoral Central del Edo Vargas se reactivaron las investigaciones sobre los procesos que explican estas acumulaciones, con los sucesos denominados flujos torrencales de diciembre 1999, cuyos análisis se encuentran en López ³³, Audemard ³, Pérez ³⁸, Córdova y González ¹², y Salcedo ⁴³ entre muchos otros estudios.

En relación con estas geoformas argumenta Bigarella ⁶ que, los ríos de alta montaña, al llegar al pie de monte, sufren un cambio brusco en su pendiente y gradiente hidráulico, por lo cual bajo condiciones de lluvias extraordinarias los materiales heterométricos provenientes de la cuenca alta que han sido incorporados a los estrechos y empinados canales se desplazan rápidamente vertiente abajo conformando un flujo de

detritos. Gómez ²⁰ señala que éste es el principal mecanismo en la formación del cono pues al producirse una brusca reducción en la energía, se inicia la acumulación como resultado de la disminución de la profundidad y velocidad del flujo debido al aumento de la amplitud topográfica cuando éste se extiende por la superficie.

Entre los investigadores pioneros del tema aquí tratado, podemos mencionar a Beaty ⁵, Bull ⁷, Denny ¹⁵, Innes ³⁰ y Selby ⁴⁵ quienes relacionaron el desarrollo de los conos con lluvias cortas pero de gran agresividad morfogenética, propias de ambientes áridos y semi-áridos. No obstante, en la actualidad se reconoce su funcionamiento bajo otros tipos climáticos (Harvey y col. ²⁴, Corominas y col. ¹⁰, Hartley y col. ²⁵, Pope y Wilkinson ⁴⁰, Wildford y col. ⁵⁴ Fídel y Olcese ¹⁶) pero siempre asociados a eventos meteorológicos de baja frecuencia y alta magnitud, por lo cual entran en la denominación de modelados poligénicos. Un ejemplo de ello, es el cono de Kavak ubicado en ambiente tropical húmedo.

En cuanto a la planimetría que adopta esta forma topográfica, Coplanarh ¹³, Takahashi ⁵¹, Bigarella ⁶ y Méndez ³⁵ indican que está relacionada con una forma cónica, vista en planta, con el ápice aguas arriba y su parte distal aguas abajo. En plano vertical muestra una forma de abanico abombado, lobulado, convexo. Bull ⁷

señala un valor promedio de pendiente longitudinal entre 4°-5° en el segmento intermedio y 1° a 2° en el inferior, rara vez sobrepasando los 10° para la totalidad de la misma. Sin embargo, en nuestro país Coplanarh¹³ amplía este valor hasta 15°, mientras que el Grupo de Trabajo en Neotectónica (GTN²¹), del Proyecto Multinacional Andino admite un ángulo de reposo alto que puede alcanzar hasta 35° o más, para el cono. A pesar de la ausencia de consenso en cuanto al grado de inclinación para la geofoma estudiada, los autores de los trabajos revisados, están de acuerdo en asociar su origen con eventos torrenciales catastróficos. Algunos investigadores como Jackson y col.³¹ establecen diferencias entre abanico y cono, asignándole al primero una inclinación menor a 2,5° y al segundo un ángulo de reposo mayor a 4°. Por tanto, en esta última clasificación quedaría incluida la forma topográfica que nos ocupa y en consecuencia en lo sucesivo nos referiremos a cono de deyección o cono aluvial.

El cono dentro de la cuenca, señala Harvey y col.²⁴, funciona similar a una unidad hidrológica de sistema abierto, por lo cual una compleja interacción de factores externos como fluctuaciones climáticas, tectónicas, usos del suelo y factores internos constituidos por los umbrales de estabilidad geomorfológica, se conjugan en un momento determinado para generar los procesos responsables de estas formas topográficas, tal y como ha quedado comprobado en los eventos fluvio torrenciales de diciembre 1999 en el Edo Vargas, Venezuela.^{3, 12, 33, 34, 38, 43.}

Visto de esta manera, los controles dominantes sobre el mecanismo de transporte de los sedimentos para conformar el cono, están asociados a la proporción del sedimento grueso y disponibilidad de material fino en la mezcla de agua, lo que se reflejará en las características sedimentológicas de los depósitos.

Antecedentes de manifestaciones extremas

En el caso del Sur del país, en la Guayana venezolana, el tema de las acumulaciones fluvio-torrenciales las introduce Aguerrevere y col.¹, mientras que Yáñez⁵⁵ elabora la cartografía de conos aluviales en el SE del Auyantepui en el estado Bolívar. Al respecto, sostiene este investigador que no existe en el presente un río capaz de transportar los guijarros y cantos rodados acumulados en una superficie de 3 km², por lo cual lo asocia a lluvias cortas y torrenciales, características de los ambientes semiáridos prevalecientes en el Pleistoceno. Schubert⁴⁶, y Schubert y Huber⁴⁷, continúan investigando sobre el área mencionada y reportan dos conos aluviales: el primero ubicado al W del río Uruyén y el segundo hacia el E, el cual corresponde al estudiado en este trabajo, con la salvedad de que en su fotointerpretación, el río Kavak aparece con el nombre de Quebrada Tuaiwatey. Los autores antes citados, coinciden con Yáñez⁵⁶ en cuanto a la edad cuaternaria de estas formas topográficas y las condiciones ambientales de depositación.

En el Este del estado Amazonas, en la frontera con Brasil, Yáñez⁵⁷ indica la existencia de un abanico aluvial «fossilizado» de 2 km de largo, y lo relaciona con paleoclimas más secos que los actuales.

En esta investigación, nos referiremos a las características del depósito cono de deyección de Kavak con el propósito de establecer sus características sedimentológicas y los procesos involucrados en su depositación. Para ello comenzaremos por revisar la fundamentación teórica considerada pertinente a tales efectos.

Consideraciones teóricas

El complejo grupo de depósitos de grano grueso, que incluye grandes bloques, mal seleccionados y con poca o ninguna estratificación, han sido reconocidos por los investigadores a través de diferentes términos pero de igual significado, así tenemos conos de deyección por Takahashi⁵¹, abanicos aluviales por Kochel³² o coladas de piedras por Gómez²⁰. Igualmente, en francés, se le denomina *lave torrentielle* y en habla inglesa *debris flow*. En la región andina el Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA²²), argumenta que los diferentes países adoptan ciertos nombres de origen local que luego son transferidos a la literatura, es el caso de la denominación de huaicos utilizada en Perú, avenida o flujo torrencial en Colombia y Venezuela. En cualesquiera de los casos, de acuerdo a Corominas y col.¹⁰, se relacionan con procesos denominados indistintamente en Castellano como flujos de detritos, deslaves, aludes torrenciales o avalanchas, aludes de laderas canalizadas, lavas torrenciales.

En Venezuela, Singer⁴⁴, Audemard y col.², Audemard³, Montes³⁷, Pérez³⁸, Córdova y González¹², López³³, Audemard y Singer⁴, utilizan el término aludes torrenciales, *debris flows* para referirse aquellos flujos con altas concentraciones de sedimentos generados en las cuencas montañosas, cuyo origen está asociado a la ocurrencia de movimientos en masa de despegue súbito a partir de una zona fuente durante lluvias de alta intensidad y corta duración. Además, están conformados por agua, lodo, grandes fragmentos de rocas y hasta material vegetal (troncos, ramas árboles etc). Hungr²⁸ precisa que al darse las condiciones geológicas o geomorfológicas favorables, los flujos de detritos pueden transportar más sedimentos que agua. En estos flujos la concentración de sedimentos es frecuentemente en exceso de 60 % del volumen u 80 % del peso (wt).

Los tamaños de los sedimentos arrastrados varían desde micrones como las arcillas hasta peñones de varios metros de diámetro o bloques ciclópeos. Méndez³⁵ agrega que, la dinámica sedimentaria de estos depósitos pueden ser de gama muy variada a lo largo de la pendiente del cono, tales como a) de canal -*streamflood deposits*- constituidos por barras fluviales, b) de corrientes laminares, c) lobulares o de tamiz -*sieve deposits*- ligadas a material grueso permeable, d) de flujos viscosos o

coladas de piedras, asociados a porcentajes importantes de arcillas.

Podríamos decir que la selección pobre de los materiales es un atributo general de los cuatro tipos de depósitos citados.

En este sentido, Marcucci³⁴ cita a Leeders y menciona cuatro tipos ideales de transporte de sedimentos por gravedad a) flujo de granos, b) flujo de detritos, c) flujo fluidificado y d) flujo de turbidez. El paso de uno a otro es gradual, más no secuencial pues se pueden producir inversiones y, todo dependerá de las características de las variables involucradas tales como pendiente, tamaño y forma de la cuenca, agua entrante al sistema en un momento determinado, cantidad y densidad del material sólido contenido, entre otros.

Costa¹¹, Hungr y col.²⁹ y GEMMA²² les asignan al flujo de detritos las siguientes características: a) se inicia con deslizamientos de detritos en las cabeceras, b) flujo muy rápido a extremadamente rápido, c) comportamiento no newtoniano, d) saturado de detritos no plásticos con un Índice de plasticidad <5%, e) se desplaza en un canal confinado de fuerte pendiente, f) incorporan en su trayectoria gran cantidad de materiales de diferentes tamaños saturados, al descender en el canal, g) al llegar al ápice el canal se amplía y los clastos más gruesos son expulsados hacia los lados formando albardones y el frente es sobrepasado por el material fino que viajaba

detrás hasta detenerse tomando una forma lobulada, h) los depósitos varían desde diques longitudinales, en forma de trenes de bloques rocosos y bloques ciclópeos, i) el caudal pico de estos flujos puede ser hasta 40 veces mayor que aquellos que causan una inundación, de allí su potencial destructivo.

La clasificación de Julien y O'Brien es utilizada por López³³, como referencia para distinguir el flujo convencional de agua y sedimentos, del flujo de barro, y del flujo de detritos; la diferencia queda establecida por la concentración volumétrica en cada caso, la cual varía como abajo durante un evento torrencial.

López³³ coincide con Pérez³⁸ en que, si más de la mitad de la fracción sólida está compuesta por granos mayores que las arenas, se usa el término de flujos de detritos, en lugar de flujos de barro o lodo. Por consiguiente, los flujos de detritos se refieren a una mezcla de agua y sedimentos compuestos por una mayor proporción de arenas, gravas, cantos rodados y peñones, que una vez depositados conforman el cono de deyección.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio está delimitada por las coordenadas 05° 45' 45" N - 05° 42' 34" N y 62° 27' 30" W - 62° 25' 35" W en el estado Bolívar, Venezuela (Figura 1), y corresponde



Figura 1. Localización del área de estudio, Kavak, Estado Bolívar, Venezuela.

a una forma topográfica cuya evolución geomorfológica está asociada a una secuencia dinámica, en una vertiente de tepuyes con cima relativamente plana y bordes abruptos, a partir de las cuales se generaron elevadas tasas de movimientos en masa, los materiales una vez removidos fueron canalizados en un cañón de fuerte pendiente por el cual transitaron los materiales, para posteriormente al llegar al ápice y conformar un área fluviotorrential al pie, generando un cono de deyección a una altura de 700 msnm. La altura máxima del tepuy es de 2400 msnm y se localiza en el extremo Sureste del mismo, por lo cual las cabeceras del área en estudio se ubican en el ecogeosistema tropical del piso templado (2400 m) del Escudo Guayanés^{26, 27}

El punto de partida para ascender al depósito aluvial mencionado es el campamento pemón Kavak, a 540 msnm, en el flanco SE del Auyantepui, en el estado Bolívar (Figura 2). Para el ascenso se siguió la ruta que conduce a las cuevas de Kavak. Desde el campamento, se divisan las pendientes escalonadas del Auyantepui constituidas por cornisas de areniscas, separadas por desniveles de taludes detríticos regularizados, estimadas en unos cientos de metros de espesor, cuya litología, corresponde al Grupo Roraima^{26,27,39,55,56} de edad Precámbrica, mesoproterozoico 1800-1600 ma. Sin embargo, el cono sólo es visible al remontar 260 m, para ubicarse en la cota de los 700 msnm donde una cuesta monoclinial de

arenisca, a manera de rampa de frenado, retuvo los sedimentos.

En cuanto a las características del clima actual, la Tabla I indica que únicamente los tres primeros meses del año son inferiores al valor de 60 mm por tanto, se clasifica como tropical húmedo Am, según Koopen, fuertemente influenciado por el efecto de la Convergencia Intertropical^{19,26,27,36}. La temperatura media es de 25°, de acuerdo a los datos obtenidos en el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR³⁶). Sin embargo, es conocido que con la altura estos valores disminuyen respondiendo al gradiente altotérmico de 0,6°C por cada 100 m¹⁹

Métodos Analíticos.

El trabajo de campo se realizó en marzo del 2007. Una vez en el sitio, en la parte distal y más oriental, se delimitó una sección de 3 m de largo por 1,90 m de profundidad en el entalle del río Kavak y, se midieron al azar, 20 muestras de cantos del aluvión, a los que se les aplicó la morfometría de los sedimentos gruesos siguiendo el método propuesto por Cailleux y Tricart⁹ y Steinnet⁴⁹. A las muestras se les determinó con una cinta graduada, las dimensiones de los ejes largo (a), ancho (b) y espesor (c) y con el diagrama semicircular se estimó el radio (r), a partir del ángulo menor. Finalmente, se procedió a aplicar las fórmulas de Índice de Redondez: $2r/ax100$, Índice de Aplanamiento $a+b/2c$, más la clasificación verbal.

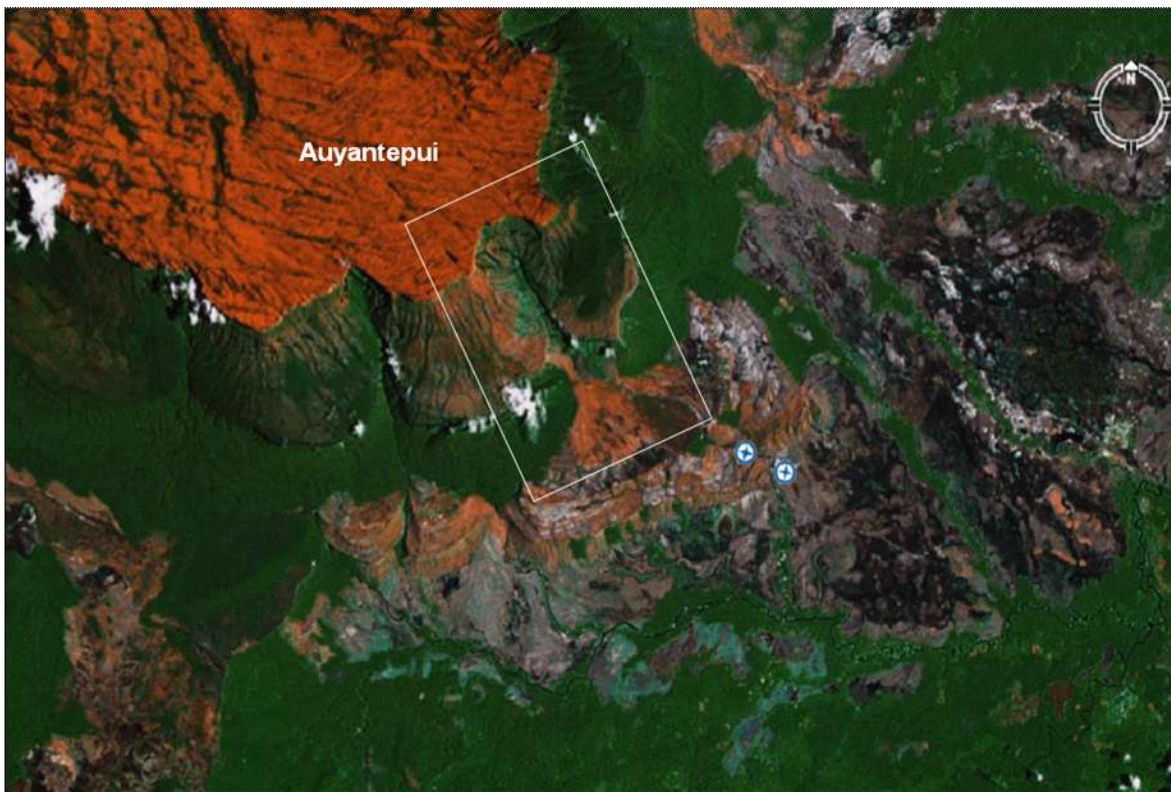


Figura 2. Imagen de satélite Google Earth, del Flanco Sur del Auyantepui. El rectángulo ubica el área de trabajo. Obsérvese el aspecto semicircular de la corona de colapso en la cuenca alta, tope del tepuy. Las cruces en círculos corresponden, de arriba hacia abajo, a Kavak y Kamarata respectivamente.

Tabla I. Estación Kamarata (1970-1990). 460 m.s.n.m. 5° 45' 40" N y 62° 25' 03" W. Estado Bolívar, Venezuela. (MARNR, 2003).

MESES	E	F	M	A	M	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D	Total
Lluvia (m.m)	28	38	52	120	222	299	275	276	267	201	184	106	2068

Igualmente se determinó en mano, la litología de cada muestra.

Adicionalmente, se extrajeron muestras de la matriz dentro de la cual están inmersas las gravas, cantos y bloques. Luego en el laboratorio, se les aplicó el método de Bouyoucos⁸, para lo cual se utilizó el hidrómetro ASTM-152 H y una solución de hexametafosfato de sodio como agente dispersante, con la finalidad de conocer las características texturales de la misma.

Los registros de buzamiento en el reverso de la cuesta, conformada por arenisca del Grupo Roraima^{26,27,39, 55,56}, cuya inclinación sostiene el depósito fluvio-torrencial, se determinaron con una brújula Brunton. Las mediciones se realizaron, una vez que se alcanzó el tope, después de salir de las «Cuevas de Kavak», en un transepto hacia el

Este, cada 10 m hasta donde lo permitió la continuidad del afloramiento.

Para la fotointerpretación del área se utilizaron las fotos aéreas pancromáticas de la misión 050172: 635-640 y 531-532 de escala 1/50.000. A partir de las mismas y con la ayuda de un planímetro y curvímetro digital, se estimaron las dimensiones del área de trabajo, pudiéndose comparar con la imagen de satélite de Google Earth (Figuras 2 y 3).

Los datos recopilados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables³⁶ de la estación meteorológica de Kamarata, sirvieron de base para estimar las características del clima actual por ser la más cercana al área de estudio (Tabla I).



Figura 3. Cono de Kavak, Edo. Bolívar, Venezuela

Tabla II. Dimensiones de la corona en la cuenca alta del río Kavak. Estado Bolívar.

Área (km ²)	Ancho máximo (km)	Largo máximo (km)	Pendiente %	Profundidad del cañón (m)
8,00	3,00	3,00	55	800

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Corona o área fuente de colapso

Se trata de una cuenca de pequeñas dimensiones de 8 Km² en un área de tepuyes, caracterizada por una fuerte pendiente de aproximadamente 55% equivalente a 29°, de 3 Km de largo máximo y 3 Km de ancho máximo (Figura 2 y Tabla II).

Las observaciones de campo, la fotointerpretación (Figura 3) y la comparación con la imagen de Google Earth (Figura 2), revelan que, los bordes en el tope del tepuy a manera de semicírculos constituyen coronas individuales, que juntas conforman un área de desprendimiento ubicada en la cuenca alta del río Kavak, de donde provienen los materiales que ingresan al cauce y una vez allí, ayudados por la gravedad y por la saturación del agua dentro del canal, se transforman en flujos de detritos. Esta morfología de cornisas en el borde de la cima del tepui, semejan anfiteatros que sugieren una activación de avalanchas detríticas en las cornisas, fenómenos puntuales de colapso, a partir de las cuales se produjo el retroceso de las mismas. Las laderas de la corona presentan surcos de denudación parecidos a

«arañazos», «cicatrices» alargadas, interpretadas como evidencias de las trayectorias transitadas por las avalanchas de detritos bajo el efecto de la gravedad, amplificada por la fuerte pendiente. Estos «arañazos» similares a los reportados por Audemard³ y Audemard y Singer⁴, son reutilizados luego por la escorrentía concentrada donde es evidente la ausencia de vegetación.

Igualmente, en la Figura 3 se representan las diaclasas del tope del tepuy, cuya disposición, perpendicular a los planos de estratificación de las areniscas, ejercen un control tectónico que ha propiciado, adicional a la permeabilidad, la entrada de agua a lo largo del tiempo y con ello la desagregación granular, «arenitización» y su posterior dismantelamiento. En consecuencia, esta sección de la cuenca alta, se interpreta como una sección proveedora de sedimentos, eluvial favorecida por una fuerte pendiente de aproximadamente 55% equivalente a 29°, la cual funciona como fuente de detritos de diferentes tamaños y por ende de pobre selección.

La Figura 4, muestra una vista desde el abanico a 700 msnm, hacia el tope del tepui, en la misma son evidentes las cornisas casi verticales de la arenisca, señaladas con

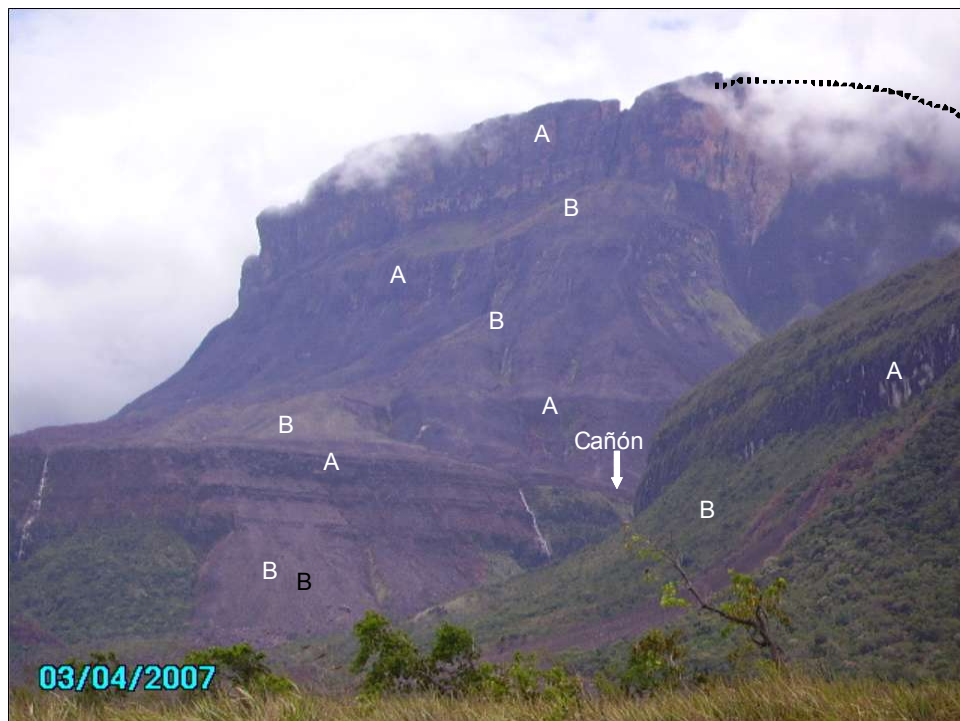


Figura 4. Flanco sur del Auyantepui en una vista desde el abanico hacia la cuenca alta en el tope del tepui. Obsérvese las cornisas casi verticales de arenisca (A), intercaladas con taludes de detritos más regularizados (B) producto del dismantelamiento de la arenisca. Son evidencia de haber sido controlados por un clima diferente al actual. La línea pespunteada indica el extremo occidental de la corona señalado en la Figura 3. La flecha indica la boca del cañón.

la letra A, mientras que los taludes de pendiente relativamente más regularizada, indicados con la letra B, corresponden a derrubios producto de la desmantelación de A, lo cual fue corroborado en campo y sugiere una secuencia relativamente uniforme de esta litología.

Cañón: Corredor de canalización de los flujos.

El control estructural se manifiesta en el drenaje, cuyo resultado es el cañón del río Kavak, el cual funciona como un corredor canalizador de los flujos, consiste en un valle profundo, encajonado y con una caída calculada en 800 m (Tabla II) desde la cima de la cornisa del tepui hasta la parte más baja indicada en la figura 4.

Los cañones, son considerados por Serrato ⁵⁰, como geoformas originadas por el efecto combinado de la tectogénesis y cambios climáticos, los cuales generan un efecto de disección profunda, más de 100 m de la red fluvial, acompañada de procesos de remoción en masa y flujos torrenciales que modelan el paisaje.

Estas apreciaciones en el área de trabajo, encuentran apoyo en Yáñez ^{55, 56} quien señala que los cauces localizados en las mayores diaclasas en el Cerro Guaiquinima, al W de nuestra área de trabajo, han desarrollado cañones de más de 500 m de profundidad. Por su parte, Galán ¹⁸ agrega que la meteorización y la erosión sobre los sistemas de fracturas son los procesos responsables de tal profundización en las grietas y cañones.

A lo largo de su trayectoria, las avalanchas de detritos provenientes de la corona incorporan materiales saturados que al llegar al cañón son confinados por la morfología montañosa. La fuerte pendiente incrementa la

energía de la crecida al descender y los materiales se convierten en flujos de detritos para finalmente expandirse y depositarse a la salida del área y ser liberados del control topográfico¹⁰. En consecuencia, el cañón funciona como corredor de canalización de los flujos y permite la transferencia de materiales al cono. Una porción de la sección occidental de la cuenca alta y la boca del cañón se observa en la Figura 4.

Cono: sector de expansión del flujo.

La sección de expansión del flujo comienza en el punto donde las vertientes se separan y el flujo se asoma con su carga de materiales luego de su desplazamiento por el cañón (Figura 3). En este punto, denominado zona de avulsión, el flujo se abre y deposita vertiente abajo, toda la carga de sedimentos obtenida por la activación de los procesos de remoción en masa producidos en las altas vertientes del tepui y luego convertido en flujo de detritos. La sedimentación del cono argumenta Gutiérrez ²³, se origina por cambios en la geometría hidráulica debido a una reducción brusca de la pendiente del canal, el cual cambia de un flujo confinado a otro sin confinar. Por consiguiente, una vez que se asoma al ápice, el flujo se mueve con gran velocidad y aumenta con cada crecida generándose una dinámica sedimentaria catastrófica denominada flujo de detritos (*debris flow*). Así, los materiales caóticos conforman pendiente abajo del cono, una morfología sinuosa característica.

En Kavak esta morfología es uno de los rasgos más relevantes del cono, la cual se ubica en la parte media y distal de la zona de expansión del flujo (Figura 3). El cono presenta una morfometría cuyos parámetros son 6,50 Km²



Figura 5. Vista oblicua del cono - terraza en su parte distal y más oriental. Se resalta un bloque orientado perpendicular al flujo del drenaje que viene del Este. Obsérvese que la imbricación de los cantos desmejora.



Figura 6. La fotografía corresponde a la parte distal y oriental del cono-terrace, ilustrativa de depósitos de tamiz (*sieve deposits*) relacionados con la dinámica sedimentaria de los flujos de detritos. Obsérvese la heterometría del material. Se indica la longitud del eje mayor de uno de los bloques a manera de escala.

de área, 3,80 Km de ancho máximo, 3,00 Km de largo máximo, una pendiente de 15% equivalente a $8,5^\circ$ lo cual representa una diferencia de 40% ($20,5^\circ$) con respecto a la sección de la corona. El río está conectado con el cauce que desciende del cañón y se desplaza entallando el abanico por una longitud de 4,90 Km (Tabla III) hasta donde la cornisa de arenisca frenó el transporte a una altura de 700 msnm.

En la margen oriental y más distal del cono, se localiza un cauce proveniente del Este (Figuras 3 y 5), el cual confluye en el río Kavak y al superar el reverso de la cuesta de arenisca precipita en forma de cascada hasta el fondo de un segundo cañón, cuya configuración constituye las denominadas «Cuevas de Kavak». Hacia el Oeste del abanico se observa un lecho fluvial menos ancho, aparentemente más antiguo y aun cuando no es afluente del cauce principal, drena hasta la parte distal al igual que lo hacen otros cursos de escurrimiento menor.

En cuanto a las características morfológicas del depósito, se observa en la Figura 3, formas de lóbulos

alargados con el frente abultado hacia la parte distal, así como también hacia las márgenes laterales, lo cual le provee a la superficie del cono un aspecto irregular, producto de los diferentes tipos de fragmentos que se desplazan desde bloques, cantos (Figuras 5 y 6) hasta gravas y arenas. Debido a los cambios laterales de facies, se conforma un amplio sistema de canales distributarios de aspecto sinuoso, donde los fragmentos de mayores dimensiones se ubican en la parte frontal de la misma y decrecen hacia atrás en la dirección del ápice. En algunos casos, estos lóbulos se disponen de manera incompleta, sugiriendo una disminución en la energía de la sedimentación principal o un posible desmantelamiento por un evento fluviotorrencial posterior.

La Figura 6 ilustra la dinámica sedimentaria de los flujos de detritos que identificamos como lóbulos de detritos o depósitos de tamiz (*sieve deposits*) mencionados por Takahashi⁵¹, Gómez²⁰ y Méndez³⁵, entre otros. Este tipo de acumulación es característica de la parte distal del área trabajada, se produce cuando el flujo tiene suficiente

Tabla III. Dimensiones del cono de deyección de Kavak, Estado Bolívar.

Área (km ²)	Ancho máximo (km)	Largo máximo (km)	Pendiente		Recorrido del río (km)
			%	°	
6.50	3,80	3,00	15	8.5	4.90

Tabla IV. Granulometría de cuatro muestras de la matriz de los cantos del cono de deyección de Kavak. Estado Bolívar.

Nº Muestra	Arcilla%	Limo%	Arena%	Clase Textural
M 1	1,6	12,8	85,6	Areno limoso
M 2	3,6	10,8	85,6	Areno limoso
M 3	2,0	8,3	89,7	Areno limoso
M 4	1,8	12,4	85,7	Areno limoso

energía para realizar el transporte de los sedimentos durante una alta descarga, pero al disminuir ésta, es incapaz de efectuar un transporte más lejano, de modo que un lóbulo de sedimentos gruesos, caóticos se deposita con el frente abultado hacia la parte distal y el fluido se infiltra en el material permeable generándose una morfología lobular, aborregada, la cual es favorecida en Kavak, por el material intersticial areno-gravoso que muestra baja contribución de arcillas como se indica en la Tabla IV. Además, es importante mencionar el obstáculo que ejerce la cornisa de arenisca, al transporte del material, en la parte distal del cono. En esta parte, el buzamiento de la cuesta monoclinial que constituye la cornisa, es de 8° N en promedio y forma parte de la estructura sinclinal a gran radio del Auyantepui (Tabla V).

Morfología sedimentaria diagnóstica del flujo granular en la zona de expansión y respaldos sedimentológicos

Como ya se ha argumentado, esta morfología irregular del cono sugiere que en las vertientes se produjeron procesos de remoción en masa, probablemente ocasionados por lluvias cortas pero torrenciales que propiciaron fenómenos concentrados de colapso, derrumbes de bloques en condiciones de flujos torrenciales, rápidos, saturados de agua y detritos sin selección, no plásticos, de comportamiento antinewtoniano, los cuales se movilizaban rápidamente constreñidos en un corredor de canalización del flujo de fuerte pendiente constituido en este caso, por el cañón de Kavak. Cuando el flujo de detritos alcanza el ápice del abanico, disminuye la pendiente y el gradiente hidráulico lo cual facilita la depositación, pues el ápice se amplía. De este modo, los clastos más gruesos son expulsados hacia los lados formando albardones y el frente es sobrepasado por el material menos grueso que avanza a manera de lóbulos.

Tradicionalmente algunos investigadores como Bull⁷ y Costa¹¹, entre otros, han priorizado el contenido de arcillas, para generar resistencia y viscosidad del material transportado por la corriente a manera de flujos de detritos (*debris flows*). Sin embargo, Coussot y

Meunier¹⁴, han revisado estos conceptos a partir de simulaciones en laboratorio, y han diferenciado los flujos granulares de los flujos coladas de barro (*mud flows*). Los primeros tienen como atributo una composición de 50-90% de fracción sólida y un contenido de matriz intersticial más arenosa que arcillosa, donde esta última es inferior al 10%. Mientras que los flujos cohesivos, están constituidos por 1-25% de fracción sólida y un contenido de arcillas mayor al 10%.

En este mismo sentido, Wildford y col.⁵⁴ se refieren a los flujos de detritos (*debris flows*) como procesos hidrogeomórficos depositacionales que concentran una sedimentación del 70 al 90% por peso, razón por la cual también se les denomina flujos de detritos granulares. A conclusiones similares llegan Harvey y col.²⁴, Hartley y col.²⁵, Wildford y col.⁵⁴, en estudios de campo realizados en diferentes ambientes climáticos.

Por consiguiente, los diferentes autores, se refieren a una mezcla de agua y sedimentos compuestos por una mayor proporción de arenas, gravas, cantos rodados y peñones de funcionamiento no newtoniano, los cuales una vez depositados conforman una morfología sinuosa de diques (*levées*) y lóbulos de detritos.

En este marco de consideraciones, los valores de la Tabla IV revelan que el sedimento intersticial de los flujos en Kavak, carecen de un monto importante de arcillas, lo cual coincide con los resultados obtenidos por López³³ y Pérez³⁸, donde los flujos de detritos se desarrollaron en una matriz arenosa con muy poco contenido de fracción arcillosa. En el cono de Kavak, la sumatoria de limos y arcillas no excedió el 15% mientras que, el 85% correspondió a las arenas, lo cual justifica la baja plasticidad y la baja cohesión. Resultados similares han sido reportados por Ramírez y col.⁴¹ en la región de Guayana.

En función de lo señalado, los depósitos de Kavak pertenecen a flujos de detritos granulares, no cohesivos. Adicionalmente, Pérez³⁸ argumenta que la caída de la viscosidad en la mezcla de arenas puede ser compensada por una alta concentración de las partículas

Tabla V. Buzamiento de la cornisa de arenisca de la Formación Roraima en la zona distal del cono de Kavak, Edo Bolívar, a 700 msnm.

Punto de medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Buzamiento	7°	8°	7°	10°	8°	9°	10°	7°	8°	6°	8°



Figura 7. La fotografía evidencia un nivel de erosión posterior de entalle en los materiales del flujo de detritos, de 1, 90 m de profundidad. Los clastos presentan una imbricación de moderada a fuerte, sus ejes longitudinales están orientados de manera paralela a la dirección del flujo, de derecha a izquierda como lo indica la flecha. Los ejes a-b buzcan hacia aguas arriba.

minerales. Lo anteriormente expuesto demuestra que cualquier tipo de material puede alcanzar el umbral de estabilidad, atendiendo a su resistencia, los niveles de meteorización, fracturación y pendiente, entre otros factores.

El bajo contenido de arcillas y limos podría explicarse por la menor proporción de estratos de lutitas en la cuenca alta y el predominio de las areniscas, cuya capacidad de infiltración ha permitido la desagregación granular («arenitización») por efecto de la disolución del cemento silíceo, en largos períodos de tiempo, a lo que se agrega la humedad característica del piso climático templado en medio tropical donde se ubica esta parte de la cuenca alta, un segmento de la misma se observa en la Figura 4.

La Figura 6 ilustra un ejemplo de campo relacionada con la dinámica sedimentaria de los flujos de detritos que identificamos como depósitos de tamiz o (*sieve deposits*; ^{35, 51}). Este tipo de acumulaciones son características de la parte distal del área trabajada y se encuentran favorecidas por material intersticial areno-gravoso que muestran baja contribución de arcillas como ya hemos señalado para Kavak. Bajo estas condiciones, la superficie del cono es sumamente permeable y los bloques y gravas forman una barrera para los sedimentos que se acumulan detrás, dando la forma lobular vista en planta (Figura 3).

Igualmente en la parte distal del cono, la Figura 7 ilustra un rasgo sedimentológico formado por procesos

depositacionales del tipo barras fluviales (*fluvial bar deposits*), barras formadas por cantos (*boulder bars*) o por guijarros (*cobble bars*). Las primeras de acuerdo a Harvey y col.²⁴, forman barras lobuladas con un relieve depositacional de moderado a alto y los clastos muestran una clasificación desde el frente a la cola. Estas barras están libres de matriz fina y presentan una imbricación de moderada a fuerte. Los ejes longitudinales de los clastos están típicamente orientados en la misma dirección del flujo. La inclinación de los clastos en dirección aguas arriba y concentrados en el tope del depósito la explica Fisher¹⁷ como resultado de la flotación por efecto de la resistencia y viscosidad del flujo, que para Kavak estaría explicado por la concentración de las partículas de arena. La capa suprayacente al depósito de sedimentación fina se interpreta como parte del evento final cuando la torrencialidad de la crecida disminuyó y un flujo laminar se impuso (Figura 7).

Los rasgos texturales del flujo de detritos (*debris flow*) pueden verse en las Figuras 5, 6 y 7, las cuales ilustran los atributos asignados por la literatura a este depósito, tales como, una mezcla heterométrica de cantos, bloques mal seleccionados e inmersos en una matriz fina de alta viscosidad que producen presiones dispersivas (Tabla IV).

En la Figura 3 aparece de manera resaltada dentro de un rectángulo una porción de la región oriental de la parte distal del abanico, la cual se observa en la Figura 8. En

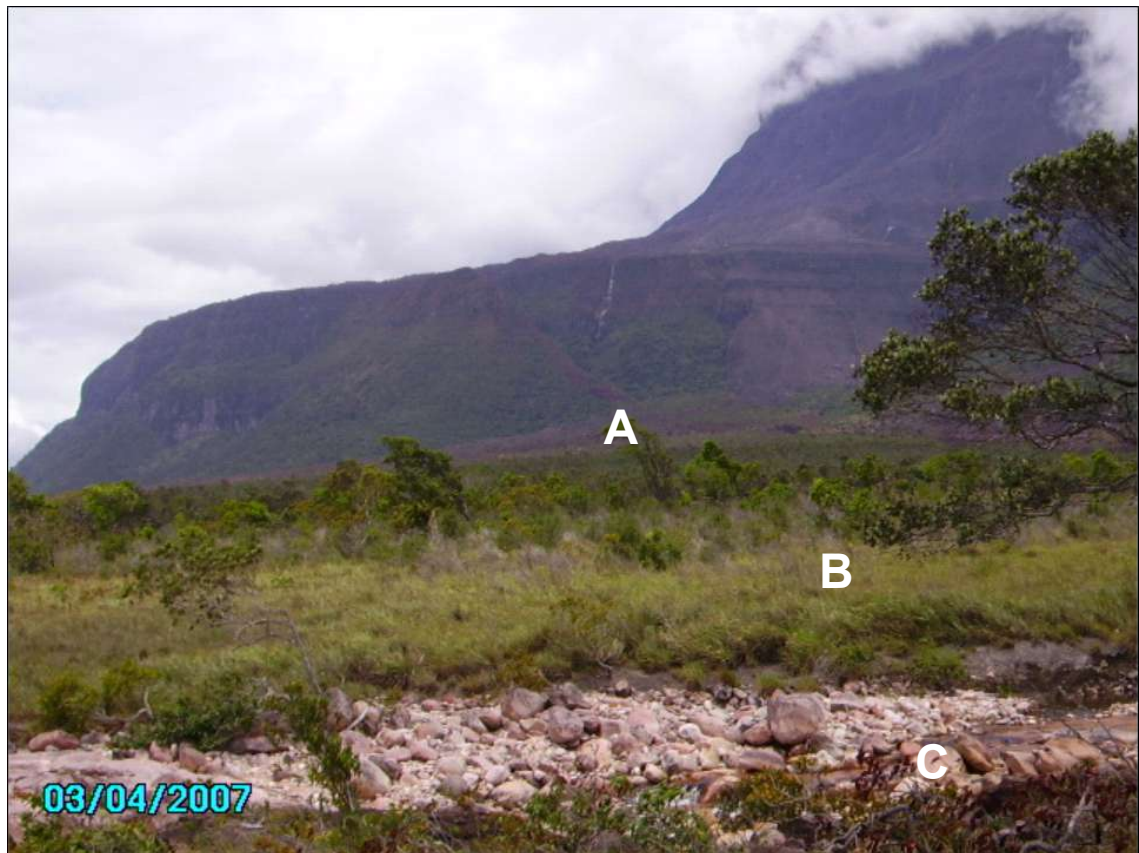


Figura 8. Vista ubicada en la parte distal y oriental del abanico de Kavak. En primer plano, se observan tres entalles identificados con las letras A- B y C. Se interpretan como niveles de erosión originados por los entalles de ondas de crecida posteriores a la sedimentación previa o finales de la sedimentación principal.

esta última se reconocen tres remanentes, a manera de escalones, identificados con las letras A, B y C, y se interpretan como niveles de erosión originados por los entalles de las ondas de crecida producidas quizás, a finales de la sedimentación principal, lo cual genera una morfología de cono-terracea.

Una característica distintiva de la composición litológica del depósito, es la existencia de abundantes fragmentos de tobas desvitrificadas de variados tonos de verde y pardo rojizo, mezclados con areniscas cuarcíticas. Las primeras, son descritas como atributo general del Grupo Roraima por Petróleos de Venezuela³⁹, mientras que Yáñez^{55,56} y Schubert^{46,47} las han reportado puntualmente en los ríos Aitcha y Uruyén (Figura 3). Los resultados de la morfometría indican un predominio en un 50% de muestras subangulares, 30% redondeadas, 10% angulares, 5% subredondeadas y 5% bien redondeadas. El Índice de Aplanamiento resultó poco aplanado en un 100%, lo cual se corresponde bien con el recorrido relativamente corto de los fragmentos, los procesos súbitos de transporte y la litología involucrada (Tabla VI).

CONCLUSIONES

El cono de Kavak presenta una morfología lobulada, aborregada, cuyo origen se presume sea del Pleistoceno Superior, por el estado fresco en que se preservan los sedimentos silíceos y tobáceos, cuyo transporte debió

efectuarse mediante un mecanismo de flujo de detritos (*debris flows*) granulares, no cohesivos, durante eventos torrenciales de carácter catastrófico, a juzgar por la heterometría de los clastos y la matriz arenosa con muy poca fracción arcillosa.

Los materiales al explayarse en la superficie del cono quedaron retenidos por un contrafuerte de arenisca de la Formación Roraima de 8° N de inclinación promedio (Tabla IV), a una altura de 150 m por encima del campamento pemón Kavak. Este freno brusco, provocado por la cornisa litológica, contribuyó a la heterometría del aluvión.

En general, entre los factores condicionantes y detonantes de los procesos de flujos de detritos involucrados en la construcción del cono de Kavak destacan:

a) La fuerte pendiente de las vertientes que conforman la cuenca alta del río Kavak, propició en el borde del tope del tepui (2400 m.s.n.m) el colapso de materiales dejando una forma similar a semicírculos o coronas, evidenciando el sitio de despegue de los mismos, b) la intensa red de diaclasas se constituyeron en planos de debilidad por donde penetraron las aguas superficiales favoreciendo los procesos de meteorización química, desilificación y «arenitización», promoviendo el desmatelamiento de los estratos rocosos y garantizando la disponibilidad de material detrítico, c) la litología constituida por areniscas

Tabla VI. Dimensiones de los ejes a, b, c, e Índice de redondez, Índice de angularidad, escala verbal y litología en los cantos del cono de Kavak. Estado Bolívar.

Muestra *	a	b	c	r	I. R = 2r/a.100	Escala Verbal	I. A = a+b/2c	Litología
1	11,5	8,0	5,50	2,5	43,47	Subredondead	1,77	Arenisca
2	20,0	17,0	14,00	3,5	35,00	Subangular	1,32	Cuarcita
3	10,8	8,00	4,20	2,0	37,03	Subangular	2,23	Toba
4	12,0	9,0	7,50	1,00	16,66	Anguloso	1,40	Arenisca
5	9,40	7,50	6,00	1,5	31,91	Subangular	1,40	Arenisca
6	6,60	4,50	4,00	2,5	75,75	Redondeado	1,38	Toba
7	15,0	12,0	9,50	1,5	20,00	Anguloso	1,42	Cuarcita
8	12,3	9,60	7,00	2,0	32,52	Subangular	1,56	Cuarcita
9	8,60	7,50	5,00	3,0	69,76	Redondeado	1,61	Toba
10	11,0	8,00	6,80	2,0	36,36	Subangular	1,39	Toba
11	9,5	7,4	4,00	3,0	63,15	Redondeado	2,11	Toba
12	7,80	6,00	5,10	3,5	89,79	Bien redondeado	1,35	Arenisca
13	8,90	6,50	4,00	1,5	33,70	Subangular	1,92	Toba
14	14,0	12,0	9,00	2,0	28,57	Subangular	1,44	Toba
15	15,0	13,0	11,0	2,5	33,33	Subangular	1,27	Toba
16	13,0	8,2	6,50	1,5	23,07	Subangular	1,61	Arenisca
17	9,50	7,8	6,30	3,0	63,15	Redondeado	1,37	Arenisca
18	8,00	7,00	5,50	2,5	62,50	Redondeado	1,36	Cuarcita
19	6,44	5,00	3,00	2,00	62,50	Redondeado	1,90	Toba
20	12,3	9,30	5,00	2,40	39,02	Subangular	2,16	Arenisca

*Todas las muestras se presentan frescas sin evidencias de meteorización química.

**Los resultados de Índice de Aplanamiento (I.A) clasifican como poco aplanados para todas las muestras
a = largo, b = ancho, c = espesor, r = radio, I.A= Índice de redondez, I.R= Índice de aplanamiento

cuya permeabilidad facilitó aún más la infiltración profunda de las aguas corrientes, d) el tiempo geológico lo suficientemente largo como para que estos procesos de meteorización química se hayan intensificado y promovido el despegue y la saturación de los sedimentos que ingresaron al cauce del torrente como matriz del flujo, e) el sector del valle estrecho del río Kavak, encañonado, de empinada pendiente, confinó el material en su tránsito, una vez allí, ayudado por la gravedad y por la saturación del agua dentro del canal, se transformó en flujos de detritos antes de explayarse en la cuenca baja, f) el factor detonante de los procesos de flujos de detritos, debieron ser lluvias excepcionales de alta magnitud y baja frecuencia cuya irrupción alteró el equilibrio entre cuenca y cauce al generar picos de crecida súbitos, episódicos los cuales incidieron sustancialmente en la heterometría de la depositación del material tal y como se puede interpretar a partir de las evidencias de campo, las cuales

indican que estos cinco factores mencionados parecen haber funcionado estrechamente interrelacionados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a Pedro, el joven pemón, quien con sus conocimientos del saber ancestral, nos condujo al sitio de trabajo, después de sortear los intrincados caminos de la selva y los múltiples senderos de la sabana.

Igualmente agradecemos al Dr. André Singer y dos árbitros anónimos las sugerencias que mejoraron sustantivamente el manuscrito original.

REFERENCIAS

1. **Aguerrevere, S., López, V., Delgado, C., Freeman, C.** Exploración de la Gran Sabana. *Revista de Fomento* 3, 501-735, 1939.

2. **Audemard, F.A., De Santis, F., Montes, L., Singer, A.** El alud torrencial del 06-09-1987 del Río El Limón, al Norte de Maracay, Edo Aragua. Memorias 50 Aniversario de la Escuela de Geología y Minas y Geofísica. Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, *Revista GEOS* **29**: 250 - 260, 1989.
3. **Audemard, F.A.** Aludes torrencales en los sistemas montañosos de Venezuela: ¿Imprevisibles? *X Congreso Venezolano de Geofísica*. Universidad Central de Venezuela, 2 -5 de abril. Caracas, 2000.
4. **Audemard, F.A., Singer, A.** El alud torrencial del 6 de septiembre de 1987 en la cuenca del río El Limón, al Norte de Maracay, Venezuela Septentrional. En Hubp e Invar. (Comp.) *Desastres Naturales en América Latina*, XXI: 385-408, Edit. Fondo de Cultura Económica, 1ª Edición. Ciudad de México: México, 2002.–
5. **Beaty, C.** Origen of alluvial fans, White Mountains, California and Nevada. *Ann. Assoc. Am. Geographers*, **53**: 516-535, 1963.
6. **Bigarella, J.** *Estructura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Volumen 1, 1ª edición. Publicaciones de la Universidad Federal Sta Caterina, Florianópolis, Brasil, 2003, pp.1353-1371.
7. **Bull, W.** The alluvial fan environment. *Progress in Physical Geography*, **1**: 222-270, 1977.
8. **Bouyoucos, G.** Hidrometer method improved for making particle size analyses of soils. *J. Agron.*, **54**: 464-465, 1962.
9. **Cailleux, A., Tricart, J.** *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centre Documentation Universitaire, Paris, France, 1963, pp. 376.
10. **Corominas, J., Remondo, J., Farías, P.** Debris Flows. En *Landslide Recognition. Identification, Movement and causes*. R, Dikau., D Brunnsden., L, Shrott., M, Ibsen. (Eds). International Association of Geomorphologists publication, Wiley and Sons, New York, 1997, pp.161-180.
11. **Costa, J.** Physical geomorphology of debris flows. En *Developments and applications of geomorphology*. J. Costa and P.Fleisher (Eds). Springer- Verlag, 1984, pp.268-317.
12. **Córdova, J., González, M.** Estimación de los volúmenes y caudales máximos que produjeron los aludes torrencales ocurridos en diciembre de 1999 en cuencas del Litoral Central del Estado Vargas. *Acta Científica Venezolana*, **54** (Sup.1): 33-48, 2003.
13. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos Coplanarh. *Glosario de términos geomorfológicos*. Publicación 33, Caracas, Venezuela, 1974, pp.1-11.
14. **Coussot, P., Meunier, M.** Recognition, classification and mechanical description of debris flows. *Earth-Science Reviews*, **40**: 209-227, 1996.
15. **Denny, C.** Alluvial fans in the Death Valley region, California and Nevada. *U.S. Geol. Surv. Profess. Paper*, **466**: 62 - 76, 1965.
16. **Fídel, L., Olcese, D.** *Flujo de detritos (Huayco) de Tambo de Viso, Lima Perú*. En Movimientos en masa de la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino. Geociencias para las comunidades Andinas. Publicación Geológica Multinacional N° 4, Ottawa, Canadá. 2007, pp. 292-295.
17. **Fisher, R.** Feature of coarser - grained, high concentration fluids and their deposits. *J. Sed. Petrol.*, **41**: 916-927, 1971.
18. **Galán, C.** Geomorfología e Hidrología del Sistema Roraima Sur, Venezuela, la mayor cavidad del mundo en cuarcitas: 10,8 Km. *Bol. Soc. Venezolana Espel.*, **38**: 2-16, 2004.
19. **Goldbrunner, A.** El clima de Venezuela y su clasificación. Mimeografiado, Instituto Universitario Pedagógico de Caracas y Servicio de Meteorología y Comunicaciones de la Fuerza Aérea Venezolana, Caracas, 1976, pp10-11.
20. **Gómez Villar, A.** Abanicos aluviales: Aportación teórica a sus aspectos más significativos. *Cuaternario y Geomorfología*, **10**: 77-124, 1996.
21. **Grupo de Trabajo en Neotectónica (GTN).** «Atlas de deformaciones cuaternarias de Los Andes» Proyecto Multinacional Andino: Geociencia para las comunidades andinas, Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional N° 7, Ottawa, Canadá, 2009, pp. 11, 17-18.
22. **Grupo de Estándares para Movimientos en Masa (GEMMA).** *Movimientos en masa en la región andina. Una guía para la evaluación de amenazas*. Proyecto Multinacional Andino: Geociencia para las comunidades andinas. Servicio Nacional de Geología y Minería. Publicación Geológica Multinacional N° 4, Ottawa, Canadá, 2007, pp. 19-22.
23. **Gutiérrez, M.** *Geomorfología Climática*. Ediciones Omega. Barcelona, España, 2001, pp. 311-322. Omega, 2001, pp.311-322
24. **Harvey, A., M. Mather, A., Stokes, M.** Alluvial Fans: geomorphology, sedimentology, dynamics - introduction. A review of alluvial fan research. En *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Harvey, A., M. Mather, A., Stokes, M (eds). Geological Society. Special Publication 251, London, England, 2005. 251., 1-7, 2005.
25. **Hartley, A., Mather, A., Jolley, A., Turner, P.** Climatic Controls on alluvial fan-activity, Coastal Cordillera, northern Chile». En: *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Harvey, A., M. Mather, A., Stokes, M (Eds Geological Society. Special Publication 251., pp 95- 116, London, England, 2005.
26. **Huber, O., Todtmann, O.** (Eds). *Chimantá Escudo de Guayana, Venezuela : Un ensayo ecológico tepuyano*. Caracas, Venezuela, 1992, pp.105-109.
27. **Huber O, Febres G., Arnal H.** (Eds). *Ecological guide to the Gran Sabana Canaima National Park. Venezuela*. The Nature Conservancy. Chevron Texaco for Latin America. First English edition. Caracas, Venezuela, 2001, pp.22-23.
28. **Hungr, O.** Classification and terminology. En *Debris flow hazard and related phenomena*: Jakob, M., y Hungr, O., (Eds), Springer-Praxis, Chichester, England, 2005, pp. 9-23.
29. **Hungr, O., Evans, S., Boris, M., y Hutchinson, J.** Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, **7**: 222-238, 2001.
30. **Innes, J.** Debris flows. *Progress in Phys. Geo.*, **7**: 469-501, 1983.

31. **Jackson, L., Kostaschuck, R., MacDonald, G.** Identification of debris flow hazard on alluvial fans in the Canadian Rocky Mountains. *Geol. Soc. Am. Rev. Eng. Geol.*, VII:115-124, 1987.
32. **Kochel, R.** Humid fans of the Appalachian mountains. En *Alluvial fans. A field approach*. A.M. Rachocky and M Church (Eds), John Wiley and Sons, New York, 1990, pp. 3-24.
33. **López, J.** Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras. *Rev. Fac. Ing. UCV*, **20** (4): 61-73, 2005.
34. **Marcucci, E.** Los procesos catastróficos de dinámica sedimentaria ocurridos en diciembre de 1999 en la parte baja de la cuenca del río San Julián, zona de Los Corales y posibles acciones de remediación. *Informe de la ONG, «Los Corales Viven»*. Colegio de Ingenieros de Venezuela, Caracas, 2002, pp. 12-14.
35. **Méndez, J.** *Petrología*. Ambientes Sedimentarios. Petróleos de Venezuela, INTEVEP, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, Imprenta Universitaria UCV, Caracas, Venezuela, 2006, pp.233-234.
36. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR). *Reserva Forestal Imataca. Ecología y Bases Técnicas para el Ordenamiento Territorial*. José Luis Berroterán (Editor). Edición Fundación de Educación Ambiental (Fundambiente), Caracas, Venezuela, 2003, pp.23-25.
37. **Montes, L.** Avalanchas y aludes torrenciales en la cuenca del río El Limón: Estudio de vulnerabilidad. *VII Congreso Geológico Venezolano. Memoria Sociedad Venezolana de Geólogos*. Tomo III: 1232-1252, 12-18 noviembre, Barquisimeto Edo. Lara. Venezuela, 1989, pp.1232-1252.
38. **Pérez, F.** Matrix granulometry of catastrophic debris flow december 1999 in central coast Venezuela. *Catena*, **45**: 163-183, 2001.
39. Petróleos de Venezuela (PDVSA). *Léxico Estratigráfico Electrónico de Venezuela*. Caracas, 1999. www.pdv.com/lexico, página visitada el 31/01/2012.
40. **Pope, R., Wilkinson, K.** Reconciling the roles of climate and tectonics in Late Quaternary fan development on the Spartan piedmont, Greece. En Harvey, A., M. Mather, A., Stokes, M (Eds). *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Geological Society. Special Publication 251, Books Editorial Committee. London, England, 2005, pp.134-152.
41. **Ramírez, N., Dezzeo, N., Chacón, N.** Floristic composition plant species abundance and soil properties of mountains savannas in the Gran Sabana Venezuela. *Flora*, **202**: 316-322, 2007.
42. **Salcedo, D.** Flujo de detritos del río Limón, al Norte de Maracay, Edo Aragua Venezuela. En: Movimientos en masa de la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino. Geociencias para las comunidades Andinas. *Publicación Geológica Multinacional* N° 4, Ottawa, Canadá, 2007, pp. 269-272.
43. **Salcedo, D.** Los flujos torrenciales en el estado Vargas y área metropolitana de Caracas. Venezuela, diciembre 1999. En Movimientos en masa de la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Proyecto Multinacional Andino. *Publicación Geológica Internacional*, N° 4, Ottawa, Canadá, 2007, pp.336-368.
44. **Singer, A.** Acumulaciones torrenciales catastróficas, de posible origen sísmico y movimientos neotectónicos de subsidencia en la parte oriental del Valle de Caracas. *Revista Geos*, 22: 64-67, 1977.
45. **Selby, M.** *Hillslope materials and processes*. 2nd edition . Oxford University. Press, 1993, pp.45-48.
46. **Schubert, C.** Terrazas aluviales en el Escudo de Guayana. *Acta Científica Venezolana* **37**: 226-228, 1986.
47. **Schubert, C., Huber, O.** *La Gran Sabana. Panorámica de una región*. Cuadernos Lagoven, Caracas, Venezuela, 1989, pp. 51-54.
48. **Schubert, C., Vivas, L.** *El Cuaternario de la Cordillera de Mérida*. Universidad de Los Andes, Fundación Polar, Mérida, Venezuela, 1993, pp. 154-197.
49. **Steinnet, R.** Sampling and size distribution of quartzose pebbles from New Jersey gravels. *J. Geol.*, **70**: 56-73, 1962.
50. **Serrato, P.** Propuesta metodológica para la definición, clasificación y zonificación de los cañones colombianos: una visión geográfica. *Perspectiva Geográfica*, **12**: 71-94, 2007.
51. **Takahashi, T.** *Debris flow*. Disaster, Prevention Research Institute, Kyoto University. International Association for Hydraulic Research. Monograph Series, Editorial A.A. Balkema/Brookfield, Rotterdam: Holand. 1991, pp.21-25.
52. **Tricart, J.** Geomorfología del área de Mucuchíes. *Revista Geográfica*, **7** (16-17): 31-42, 1966.
53. **Vivas, L.** *El Cuaternario*. La Imprenta, Mérida, 1992, pp.134-136.
54. **Wildford, D., Sakals, M., Innes, J., Sidle, R.** Fans with forest: contemporary hydrogeomorphic processes on fans with forest in west central British Columbia, Canada. En *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics*. Harvey, A., M. Mather, A., Stokes, M (Eds) Geological Society. Special Publication 251, Books Editorial Committee, London, England, 2005, pp.25- 40.
55. **Yáñez, G.** Provincia geológica del Roraima: Geología Estructural y Geomorfología de su parte septentrional entre los ríos Paragua y Caroní. Venezuela. *Mem. del IV Congreso Geológico Venezolano. Tomo IV. Publicación Especial* N° 5, 1972, pp. 1243-1306.
56. **Yáñez, G.** Geología y Geomorfología del Grupo Roraima en el SE de Venezuela. *VI Congreso Geológico Venezolano*. Volumen 2: 1243-1306, 1985.
57. **Yáñez, G.** Aspectos geológicos geomorfológicos de la frontera con Brasil, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Geól.*, **44**: 3-14. 1992

Correspondencia: Sara Lara, Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas, Dpto. de Geografía e Historia Av. Páez, El Paraíso, Caracas.

Correo electrónico: saralaradegonzalez@hotmail.com