
Avalanchas de roca:

un ejemplo de su ocurrencia.
Sector La Horqueta-Boconó,
Andes centrales venezolanos

Rock avalanches: an example of its occurrence.
La Horqueta-Bocono, Venezuelan central Andes

Rubén I. Ayala O.

Gustavo A. Páez S.

Jonny Santiago

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Escuela de Geografía. Mérida, Venezuela
ayalaru@gmail.com; gustavogeog61@gmail.com; santiagojonny@gmail.com
Gustavo Páez: <https://orcid.org/0000-0001-7882-6433>

Resumen

El presente trabajo trata sobre la ocurrencia de un movimiento de masa ubicado en el sector La Horqueta-Boconó, municipio Campo Elías, estado Mérida, Venezuela, que probablemente se haya generado como consecuencia de un sismo de magnitud importante ocurrido tiempo atrás en la región de Los Andes venezolanos. El propósito central fue proporcionar una interpretación detallada del depósito generado por el movimiento como aporte a la comprensión del comportamiento de este tipo de procesos. Para ello, se procedió a interpretar fotografías aéreas de la zona, y utilizar y digitalizar cartografía base detallada (escala 1:2.500), obteniendo así el modelo digital de elevación; se complementó con interpretación de imágenes de satélite y sucesivas salidas de campo para el chequeo de información. Se concluye, por los rasgos geomorfológicos identificados, que se está en presencia de un movimiento de masa complejo que inició como una caída o como un deslizamiento y terminó como una avalancha de rocas.

PALABRAS CLAVE: avalanchas de rocas; movimientos de masa; distancia.

Abstract

The present research deals with the occurrence of a mass movement located in the La Horqueta-Bocono, Campo Elías municipality, Merida State, Venezuela. It was probably generated as a consequence of a major earthquake that has occurred in the Venezuelan Andes region. The main purpose is to provide a specific interpretation of the deposit produced by mass movement as a way to understand the behavior of this kind of process. Given that, an interpretation of aerial photographs of the area must be made, and the specific base cartography (1: 2.500 scale) must be used and digitized, obtaining the digital model of transfers; it was complemented with the interpretation of satellite images and field trips to verify information. Finally, by the identified geomorphological features, that we are in the presence of a complex mass movement that occurred as a fall or as a landslide and ended as an avalanche of rocks.

KEYWORDS: rock avalanches; mass movements; run out.

1. Introducción

En los Andes venezolanos existen numerosos casos reportados de movimientos de masa, en su mayoría del tipo deslizamientos y derrumbes (caídas), cuya morfología y dinámica han sido descritas en detalle por diferentes autores (Ferrer, 1991; Ferrer, 1999; Ferrer y Laffaille, 2005; Ayala, 2006). Sin embargo, hasta ahora son pocos los investigadores que han reportado procesos del tipo avalanchas de rocas para esta región de Venezuela.

Tal como lo señala Friedmann (1997), los procesos de remoción en masa de este tipo han sido particularmente poco comprendidos, debido en parte a la ausencia de ejemplos recientes bien estudiados, y a los pocos y relativamente restringidos ejemplos existentes.

Las investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN, 2007), en el marco del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, demuestran que en las adyacencias de la ciudad de Mérida, en el sector El Minual, han ocurrido más de tres eventos de avalanchas de rocas con edades comprendidas entre 200 y 2.000 años, de acuerdo a dataciones realizadas mediante el método Clorina 36, por el Dr. Lionel Jackson del Servicio Geológico de Canadá. Esto corrobora que este tipo de procesos en los Andes venezolanos es más común de lo que se pensaba.

El propósito de este trabajo fue reportar la existencia de un depósito sedimentario, producto de una avalancha de rocas ocurrida en el sector La Horqueta-Boconó perteneciente a la parroquia La Mesa, municipio Campo Elías del estado Mérida-Venezuela, además de proporcionar una descripción de sus rasgos geomorfológicos característicos y una interpretación lo más detallada posible sobre la dinámica del proceso que le dio origen, como un aporte para la comprensión del comportamiento de este tipo de eventos.

2. Algunos antecedentes necesarios

Las avalanchas o aludes de roca son procesos catastróficos poco frecuentes, que se pueden comportar como flujos, en su mayoría secos, extremadamente rápidos, que exhiben gran longitud de transporte, incluso en terrenos de baja pendiente, y son resultantes de la ocurrencia de deslizamientos o caídas de rocas de magnitud considerable, derivados del colapso, bien sea de un talud o de un acantilado rocoso; caracterizados por la extrema y rápida fragmentación de la masa de roca colapsada, que dejan depósitos de grandes volúmenes de fragmentos, gruesos, angulares y muy pobremente seleccionados (Hsü, 1975; Blair y Mc Pherson, 1994; Hungr *et al.*, 2001; Hewitt *et al.*, 2008).

Para autores como Friedmann (1997) y Davies y McSaveney (2012), la distancia de viaje (*run out*) sobre el terreno que puede alcanzar una avalancha de roca (*rock avalanche*) hasta que cesa gradualmente o se detiene, es igual a H/L , es decir, la distancia de viaje (L) dividida entre su caída vertical (H); donde (H) es la diferencia de elevación entre la parte superior del área fuente y la punta o parte distal del depósito, y (L) la distancia horizontal entre ambos puntos. Se supuso que H/L era igual al coeficiente de fricción interna del material de avalancha de roca μ_i , de modo que para avalanchas de roca pequeñas $H/L = \tan \theta_i \approx 0.6$, donde θ_i es el ángulo de fricción interna de los materiales (FIGURA 1), que generalmente es alrededor de 30-35°. La relación H/L fue propuesta por Scheidegger (1973) y Hsü (1975).

Una característica clave de muchas avalanchas de roca es que su distancia de recorrido "*run out*" es mayor que la de los depósitos generados por otros tipos de procesos de remoción de masas, por ejemplo, flujos de detritos y caídas de roca (Friedmann, 1997). Davies y McSaveney (2012), corroboran la gran longitud de transporte de

este tipo de procesos al señalar que las grandes avalanchas de roca pueden extenderse muy lejos del área fuente, es decir, pueden llegar a alcanzar extraordinarias longitudes de recorrido en relación a la pérdida de elevación (H) desde el área fuente hasta la parte más distal del depósito. Hungr *et al.* (2001; en PMA, 2007: 28) refuerzan esta afirmación al señalar que, “*las avalanchas de roca pueden ser extremadamente móviles, y su movilidad parece que aumenta con el volumen*”. En este sentido, Davies y McSaveney (2012) afirman que la distancia de viaje (*run out*) de depósitos granulares con volúmenes que varían desde 10^{-4} m^3 hasta 10^6 m^3 , viene dado por la siguiente expresión: $Rh/h^* \leq 4$ (donde Rh es el recorrido sobre un plano horizontal y $h^* = (\text{volumen})^{1/3}$); mientras que los grandes depósitos ($>10^6 \text{ m}^3$) cumplen con la siguiente expresión: $6 \leq Rh/h^* \leq 10$ (FIGURA 1). Estos autores añaden que el reconocimiento de que H / L aumenta con el volumen condujo a la identificación del llamado ‘efecto de tamaño’ (Scheidegger, 1973), y que fue así como Hsü (1975) propuso que la movilidad de este tipo de proceso podría expresarse por el ‘exceso de la distancia de viaje’ L_e (FIGURA 1). Siendo, $L_e = L - H/\tan 32^\circ$.

Esta ecuación supone implícitamente que la caída o disminución de la altura H es una variable de control que, a primera vista, parece razonable. Sin embargo, varios investigadores (Hsü, 1975; Davies,

1982; Davies y McSaveney, 1999) han demostrado, utilizando datos de campo y de laboratorio, que L no varía mucho con H. Por esta razón, Davies y McSaveney (2012) agregan que, investigaciones más recientes (Legros, 2002) han señalado que el efecto de fricción en una masa que baja por una pendiente y se extiende por una superficie menos empinada puede representarse mejor por la reducción en la elevación y la traslación horizontal del centro de masa H_g / L_g (FIGURA 1) que por H / L.

Desde el punto de vista geomorfológico, una avalancha de rocas se puede catalogar como un movimiento de masa complejo (Angeli *et al.*, 1996), según la clasificación de Varnes (1978), quien utiliza el término ‘deslizamientos complejos’ para referirse a aquellos movimientos de masa que tienen un particular mecanismo de falla inicial, pero adoptan posteriormente, uno o más estilos diferentes de movimiento en la medida que se trasladan, por ejemplo, las caídas de roca que evolucionan a avalanchas de roca cuando se mueven pendiente abajo (Clague y Stead, 2012). En este sentido, este tipo de movimientos de masa puede desarrollarse de dos maneras (FIGURA 2): la primera es a partir de la caída de un cuerpo de rocas, que se inicia debido al colapso o al desprendimiento de un volumen de roca que sobresale (*overhang*), el cual puede perder progresivamente su cohesión durante el transporte y transformarse en una masa seca de detritos, para continuar su avance como una avalancha de detritos o de rocas. La segunda es por la movilización repentina o deslizamiento de un volumen de rocas que bien puede propagarse como un flujo de detritos o como una avalancha de rocas o de detritos (Angeli *et al.*, 1996). Las rocas que inician la caída pueden desprenderse debido a movimientos sísmicos, la lluvia, los ciclos de congelación-descongelación, el crecimiento de raíces, la influencia de vientos fuertes o la meteorización progresiva de las masas rocosas (Frattoni *et al.*, 2012).

FIGURA 1. Movilidad y grandes distancias de transporte de las avalanchas de rocas. Tomado de Davies y McSaveney (2012)

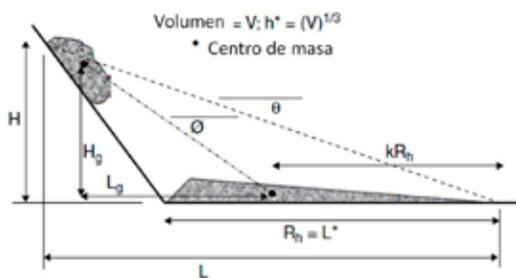
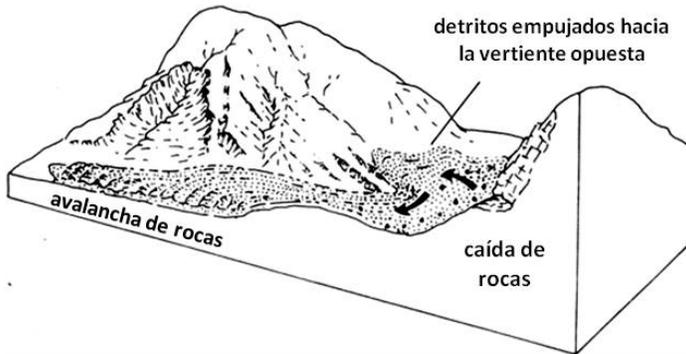


FIGURA 2. Bloque diagrama esquemático de una caída de rocas-avalancha. Tomado de Angeli *et al.* (1996)



Angeli *et al.* (1996) mencionan que los depósitos producto de las avalanchas de rocas están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito, material fino derivado de la fragmentación parcial de la roca incorporado durante su trayectoria. Estos autores agregan que, desde el punto de vista textural, los depósitos dejados por una avalancha de rocas se caracterizan por presentar una textura uniforme y una marcada delimitación observada mediante fotografías aéreas.

El volumen de estos depósitos es de al menos $0,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Keefer, 1984); sin embargo, algunos incluso pueden alcanzar volúmenes $> 1 \times 10^9 \text{ m}^3$ (Hungre *et al.*, 2001; en PMA, 2007), cubriendo una superficie total por encima de $0,1 \text{ km}^2$ (Angeli, *et al.*, 1996). Otra de las características de estos procesos de depósito es su alta velocidad y corta duración (Friedmann, 1997; Hungre *et al.*, 2001). “Las avalanchas de rocas pueden ser muy peligrosas... algunas represan ríos y pueden crear una amenaza secundaria asociada al rompimiento o colmatación de una presa. Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s , y las velocidades medias pueden estar en el rango de $30\text{-}40 \text{ m/s}$.” (Hungre *et al.*, 2001; en PMA, 2007: 28).

3. Área de estudio

El depósito de rocas objeto de este estudio (FIGURA 3) se encuentra en el sector La Horqueta-Boconó perteneciente a la parroquia La Mesa, municipio Campo Elías del estado Mérida, enmarcado dentro de las coordenadas UTM 946.000 y 947.900 metros Norte, 247.545 y 249.250 metros Este; Datum SIRGAS-REGVEN UTM Zona 19 Norte; dicho depósito rellena un valle que se encuentra flanqueado por dos vertientes (FIGURAS 3 y 4); la vertiente derecha corresponde a una colina oblicua a la Loma de los Indios y la vertiente izquierda es adyacente a los sectores La Ranchería y La Mesa de los Indios que se encuentran al sur del área de estudio (FIGURAS 3, 4 y 5); ambas vertientes presentan pendientes promedio algo escarpadas; $26,30^\circ$ (51,15%) la vertiente derecha y $28,11^\circ$ (55,51%) la vertiente izquierda (FIGURA 5).

El área fuente de sedimentos (lugar de inicio del movimiento de masa que aportó los materiales) posee una pendiente promedio cercana a $26,6^\circ$ (59,11%), tal como se puede observar en el mapa de sectores de pendiente (FIGURA 5) en el lugar donde se encuentra la corona, a una altura aproximada de 187 m con respecto al fondo del valle. Dicha área fuente se encuentra sobre un plano de falla, cuyos rangos de pendiente varían desde $8,5^\circ$ (18,89%) hasta 45° (100%), mientras

FIGURA 3. Mapa topográfico del área de estudio

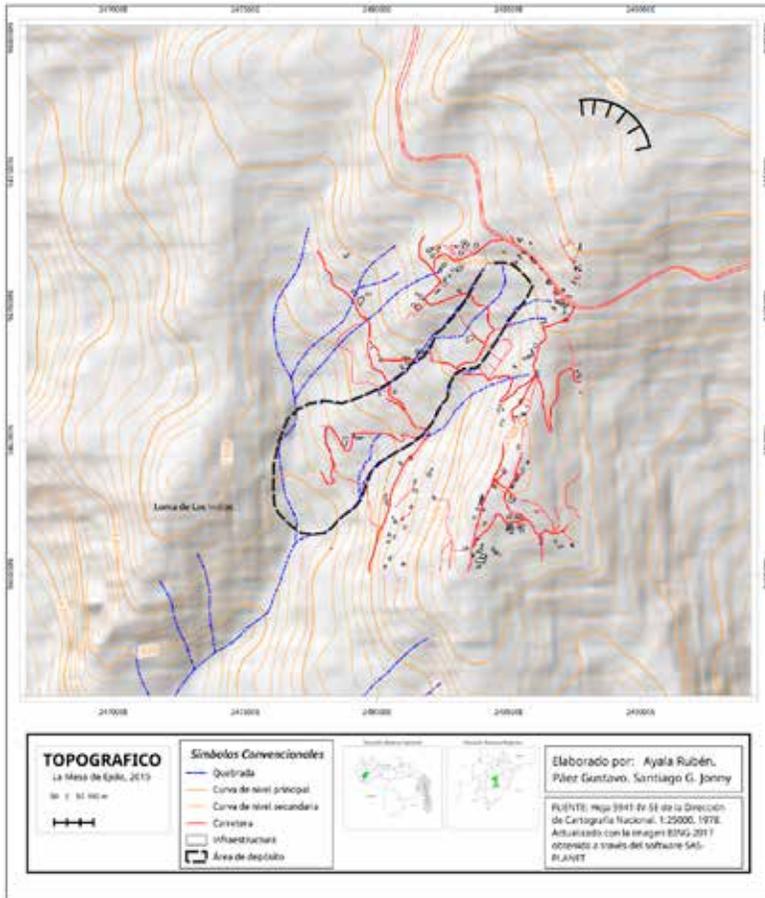
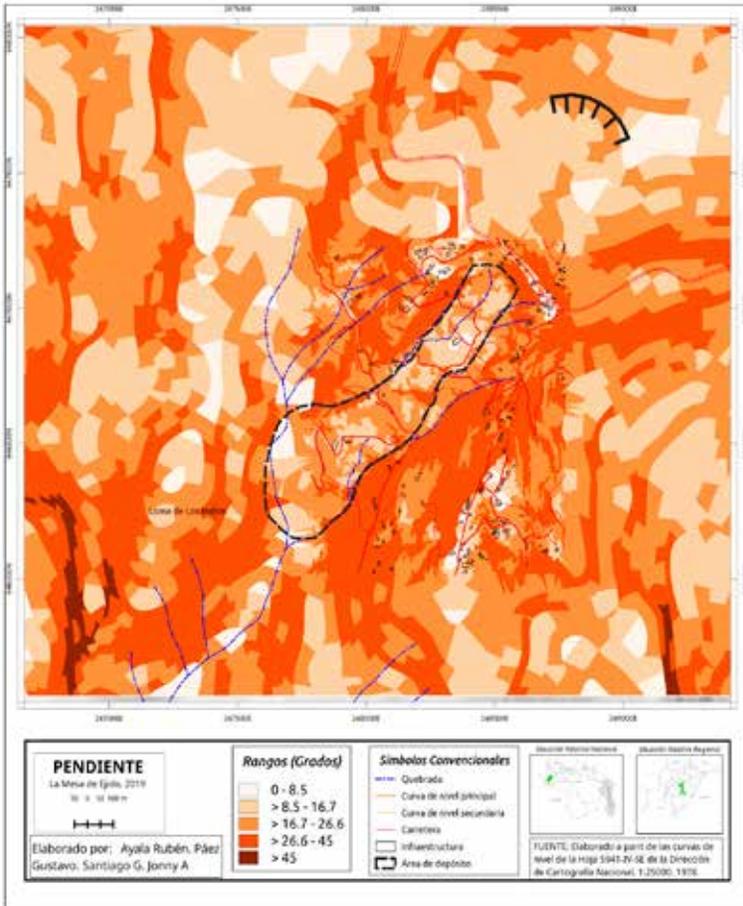


FIGURA 4. Depósito y área fuente, vistos desde la Loma de Los Indios
FOTOGRAFÍA: RUBÉN AYALA (2016)



FIGURA 5. Mapa de sectores de pendiente



que en el fondo del valle, la pendiente (FIGURAS 5 y 6) es más suave, aproximadamente $17,40^\circ$ (38,67 %) en promedio.

El relleno sedimentario en el fondo del valle consiste de fragmentos de areniscas cuarzosas, bastante angulosos y de tamaño variable (pobrementemente seleccionados) donde predominan los bloques con ejes principales mayores a 1 m (FIGURA 7) por encima de los guijarros y fragmentos de menor tamaño, todos pertenecientes a la Formación Aguardiente (Cretácico-Albiense). Este relleno está flanqueado por dos pequeñas quebradas de régimen intermitente que confluyen en una de

mayor longitud que lo corta en su parte distal (FIGURAS 3, 4, 5, 8 y 9), la cual a su vez es afluente del río La González.

El sustrato sobre el cual reposan los sedimentos provenientes de la Formación Aguardiente que constituyen el relleno del fondo del valle, se corresponde con las rocas de la Formación La Quinta del período Jurásico (FIGURA 8). Desde el punto de vista estructural destaca la presencia de cuatro (4) fallas geológicas, que se muestran en el mapa geológico (FIGURA 8), las cuales muy probablemente han jugado un papel fundamental en el nivel de fracturación de las rocas que afloran

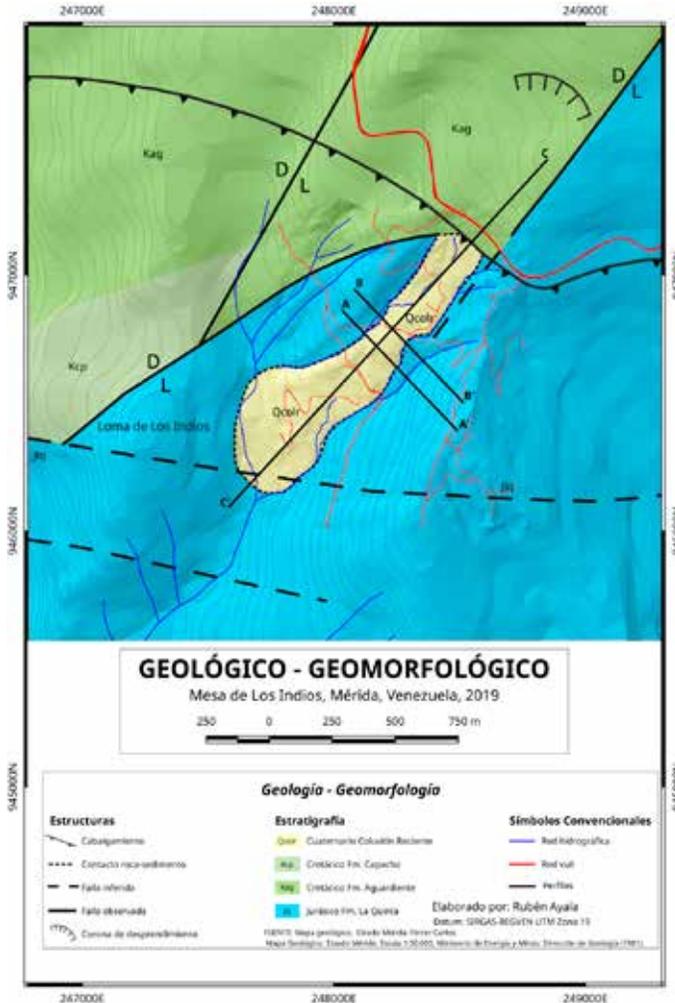
FIGURA 6. Vista en planta del depósito y de la parte inferior del plano de falla donde se encuentra el área fuente
FUENTE: GOOGLE EARTH (2015), COMPOSICIÓN GUSTAVO PÁEZ (2019)



FIGURA 7. Los bloques que constituyen el relleno sedimentario consisten en fragmentos de areniscas cuarzosas, bastante angulosos y de tamaño variable (pobremente seleccionados), cuyos ejes principales en su mayoría sobrepasan a 1 m de longitud



FIGURA 8. Mapa Geológico. Realizado por Rubén Ayala, a partir de: Mapa Geológico de Mérida (Ministerio de Energía y Minas, 1981). Mapa Geológico del Sector Tabay-Estanques, Hoja 2 (Ferrer, 1996)



en el área fuente. Al norte del área de estudio, la Formación La Quinta se encuentra en contacto de falla con las areniscas cuarzosas de la Formación Aguardiente (Cretácico-Albiense), dicho contacto se evidencia claramente por medio de un escarpe que corresponde a un plano de falla.

4. Materiales y métodos

La geoforma y los límites del depósito originado por la avalancha de rocas se determinaron mediante la interpretación de las fotografías aéreas números 053, 054 y 055 de la Misión 010434, a escala 1:20.000 del año 1968; además de la interpretación del mapa topográfico a escala 1:2.500 (escala de detalle) elaborado por MINDUR (antiguo Ministerio del Desarrollo Urbano) en el año 1979. Esta

información fue complementada con el análisis visual en detalle de imágenes de satélite tomadas del *software Google Earth*, junto con el respectivo levantamiento de información en campo y la elaboración de un modelo digital de elevación (DEM por sus siglas en inglés). Debido a que el mapa de MINDUR (1979) no cubre la totalidad del área de estudio, el mapa topográfico (FIGURA 3) se produjo a partir de la digitalización de curvas de nivel con intervalos de contorno cada 10 m mediante el uso del *software Qgis 2.4*. Por otra parte, el DEM (FIGURA 9) se realizó mediante la digitalización de curvas de nivel con intervalos de contorno cada 5 m con el uso del mismo *software*.

El área se estimó a partir del mapa topográfico (FIGURA 3) elaborado durante esta investigación; mientras que el volumen de sedimentos depositados por la avalancha de roca se estimó a partir del mapa topográfico y el DEM. Para ello, se realizaron 9 secciones o perfiles transversales a partir de transectas trazadas sobre el depósito, de las cuales, para efectos de simplificación, solo se muestran 2 en el mapa geológico (FIGURA 8) además de la transecta del perfil longitudinal (FIGURA 10). Los perfiles transversales se realizaron con

la finalidad de estimar el espesor de sedimentos que se encuentran por encima de los *talweg* de las quebradas que flanquean el depósito (FIGURAS 11 y 12), ya que los cauces han erosionado hasta el contacto entre las rocas del sustrato (Formación La Quinta) y los sedimentos de relleno suprayacentes (provenientes de la Formación Aguardiente). De esta manera, a partir del DEM y de la información obtenida de las transectas trazadas sobre el depósito en el mapa topográfico, además de las limitadas observaciones en campo (debido a que gran parte del depósito se encuentra en zonas de propiedad privada cuyo acceso es restringido), se asumió de manera conservadora, un espesor promedio aproximado de 10 m.

Una vez delineado el depósito, se procedió a indagar los posibles procesos que dieron lugar a su formación, es decir, el tipo y la dinámica del movimiento de masa que lo originó. Para ello nos basamos en las características granulométricas (selección del tamaño de los clastos, angulosidad/redondez de los clastos), rasgos geomorfológicos, área y volumen del depósito, longitud de transporte, además de la configuración geológica general del área de estudio.

FIGURA 9. Modelo de elevación digital. Se puede apreciar el depósito sedimentario de la avalancha de rocas



FIGURA 10. Perfil longitudinal realizado a partir de la transecta longitudinal en el mapa geológico

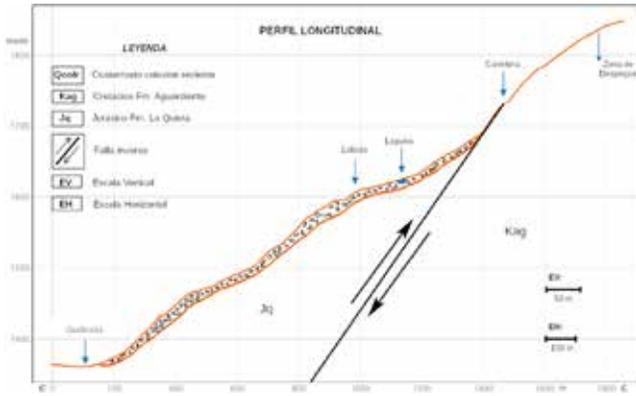


FIGURA 11. Perfil 04 realizado a partir de la transecta del mismo número sobre el depósito de la avalancha de rocas

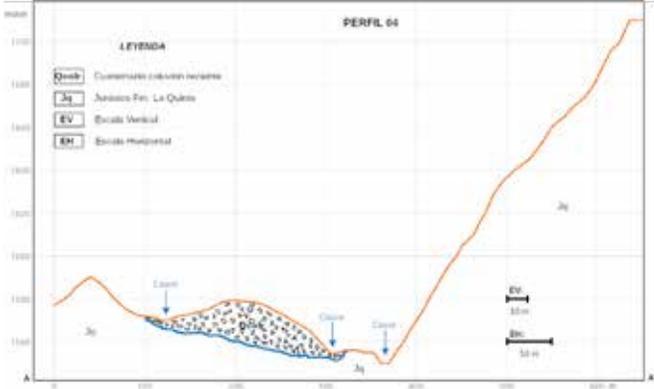
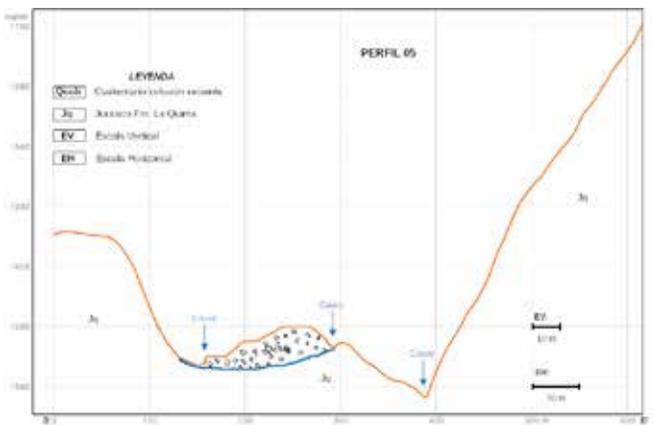


FIGURA 12. Perfil 05, realizado a partir de la transecta del mismo número sobre el depósito de la avalancha de rocas. Se puede observar claramente los talweg de las quebradas que flanquean el depósito



5. Resultados y análisis

5.1 Forma

El depósito puede delimitarse a través de fotografías aéreas e imágenes de satélite debido a la textura uniforme que presenta en su superficie. La forma del depósito (FIGURAS 3, 4, 5, 8 y 9) es alargada (con una longitud aproximada de 1,2 km por 0,243 km de ancho en promedio), lo cual concuerda con Shaller (1991), quien menciona que en la mayoría de las avalanchas de roca los depósitos son de 2 a 5 veces más largos que anchos.

El relieve lobulado que tomó forma durante la depositación de los materiales, junto con sus deformaciones sucesivas (Angeli *et al.*, 1996), es una característica típica de los depósitos originados por este tipo de movimiento de masa. Así como también el hecho de que el depósito sedimentario se encuentra cubierto por bloques grandes bastante angulosos, cuyos ejes principales son mayores a 1m (FIGURAS 7, 13 y 14), aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito material fino derivado de la roca parcialmente fragmentada e

FIGURA 13. En la mayor parte de su superficie el depósito sedimentario se encuentra cubierto por bloques grandes (ejes principales > 1 m) de areniscas cuarzosas de la Formación Aguardiente, bastante angulosos

FOTOGRAFÍA: RUBÉN AYALA, JULIO (2015)



FIGURA 14. La superficie del depósito sedimentario se encuentra cubierta por bloques de areniscas cuarzosas de la Formación Aguardiente, bastante angulosos y grandes (ejes principales > 1 m), algunos de los cuales superan los 4 m de longitud

FOTOGRAFÍA: RUBÉN AYALA, JULIO (2015)



incorporada durante su trayectoria, lo cual sugiere, como lo indican Shugar y Clague (2011), que la fragmentación de las rocas durante una avalancha, se produce principalmente dentro de la masa de rocas desplazadas, y no en su superficie.

5.2 Área y volumen

El área es de 0,29 km², por encima de 0,1 km² (Angeli, *et al.*, 1996) y el volumen es aproximadamente igual a 2,9 x 10⁶ m³ (> 0,5 x 10⁶ m³), lo cual se corresponde con los volúmenes típicos de las avalanchas o aludes de rocas (Keefer, 1984).

5.3 Litología y área fuente

El contraste litológico entre el sustrato rocoso del área de estudio consistente de areniscas matriz-soportadas de grano grueso a conglomerático intercaladas con limolitas que corresponden a la facies no roja de la Formación La Quinta (Jurásico), y la totalidad del relleno del fondo de valle constituido por bloques y detritos de areniscas cuarzosas de la Formación Aguardiente, fracturados y angulosos, indican que el área fuente de suministro de la avalancha se encuentra fuera del sitio de relleno en el plano de falla al norte del área de estudio. El depósito sedimentario que rellena el valle se encuentra flanqueado por dos drenajes (FIGURAS 3, 4, 5, 8 y 9), de reducido caudal, que no superan los 1,3 km de longitud y nacen al pie del plano de falla al norte del área de estudio, lo cual hace poco probable que los materiales de relleno mencionados fueran transportados por ellos; por el contrario, su área fuente se ubica en la parte alta del plano de falla.

5.4 Indicadores de transporte

La angulosidad de los materiales del relleno sedimentario indica una distancia de transporte relativamente corta a partir del área fuente, ubicada en el plano de falla donde afloran las areniscas de la Formación Aguardiente.

A pesar de que la distancia de transporte de las avalanchas de rocas es usualmente extensa (Friedmann, 1997; Hewitt *et al.*, 2008; Hewitt, 2009; Davies y McSaveney, 2012), el recorrido de los materiales en el caso que nos atañe no superó los 1,3 km. Esto se puede explicar por la presencia de una colina alargada en la parte distal del depósito (La Loma de los Indios), que muy probablemente impidió el desplazamiento de los materiales restringiendo su longitud de transporte (FIGURAS 3, 5, 6, 8 y 9).

5.5 Posibles causas y mecánica del movimiento

La corona ubicada en el plano de falla (FIGURA 8) y el contraste entre la litología de dicho escarpe (consistente de areniscas cuarzosas bastante fracturadas de la Formación Aguardiente) y la litología del sustrato (Formación La Quinta) sobre el cual reposan los fragmentos angulares de rocas de la Formación Aguardiente que conforman el depósito sedimentario objeto de este estudio, indican que la zona de salida de la masa de rocas que dio lugar a la avalancha se encuentra en dicho escarpe.

Se especula entre los detonantes más probables (Angeli *et al.*, 1996) un posible sismo del cual no se tiene registro y que pudo haber ocurrido entre 200 y 2.000 años antes del presente, de acuerdo a la información aportada por INGEOMIN (2007) para la localidad el Minual cercana al área de estudio. En este sentido, se infiere que el proceso muy probablemente se inició con una caída de rocas, pues a pesar de que en el área fuente la pendiente no es muy elevada, esto no sería una limitante para este tipo de procesos, ya que Davies y McSaveney (1999) reportaron una prueba de laboratorio en la que se permitió que 1 litro de arena fina y seca cayera unos 10 cm por una pendiente de 35°. Pero en todo caso, pudo haberse iniciado con el deslizamiento de un gran volumen de rocas que luego se comportó como una avalancha (en

ambos casos se trata de un movimiento de masa complejo, según la clasificación de EPOCH, 1993, a partir de las clasificaciones de Varnes (1978) y Hutchinson (1988), que se movilizó a alta velocidad y luego fue frenado por la colina ubicada en su parte distal (Loma de los Indios). Sin embargo, esto no impidió la fragmentación basal de las rocas, permaneciendo los enormes bloques en la superficie del depósito de avalancha de roca, dando como resultado una masa fractalmente distribuida, con clastos angulares, en su mayoría con ejes mayores superiores a 1m que pueden alcanzar hasta 4m de longitud, y descansan sobre una capa de clastos de menor tamaño, donde se aprecia un aumento sustancial en el espesor del depósito desde el sitio inicial hasta la parte distal del mismo (*bulking*), lo cual le confiere un relieve lobulado. Estas características son típicas de los depósitos de avalanchas (Angeli *et al.*, 1996; Hewitt, 2009).

6. Conclusiones

Entre los rasgos geomorfológicos del depósito sedimentario destacan, entre otras: su gran volumen ($2,9 \times 10^6 \text{ m}^3$) y área en planta ($0,29 \text{ km}^2$); su forma alargada (5 veces más larga que ancha), el aumento sustancial del volumen total entre el sitio inicial de colapso y el lugar del depósito (*bulking*), y la trituración (fragmentación) de los clastos en todas las escalas de tamaño a lo largo de todo el depósito. Todo lo cual permite concluir que se trata de una avalancha de rocas.

La descripción y análisis de las características geomorfológicas del depósito de avalancha de rocas ubicado en el sector La Horqueta-Boconó, constituye una contribución a la comprensión de este tipo de procesos en Los Andes venezolanos. El reconocimiento e identificación de este tipo de depósitos en la región, confirman que las avalanchas de roca han sido fenómenos comunes y frecuentes a lo largo de nuestra historia geológica reciente.

7. Referencias citadas

- ANGELI, M. G.; GASPARETTO, P.; MENOTTI, R. M.; PASUTO, A.; SILVANO, S. & M. SOLDATI. 1996. "Rock Avalanche". En: R. DIKAU; D. BRUNSDEN; L. SCHROTT & M. L. IBSEN (eds.), *Landslide Recognition. Identification, Movement and Causes*. John Wiley and Sons. Chichester, England.
- AYALA O., R. 2006. "Abanico El Palón: evidencia cosísmica del alto grado de vulnerabilidad de la cuenca del río Chama, estado Mérida-Venezuela". *Revista Geográfica Venezolana*, 47(1): 85-102.
- BLAIR, T. C. & J. G. McPHERSON. 1994. "Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages". *Journal of Sedimentary Research*, A64(3): 450-489.
- CLAGUE, J. & D. STEAD (Eds.). 2012. *Landslides: Types, Mechanisms and Modeling*. Published by Cambridge University Press © Cambridge University Press.
- DAVIES, T. R. H. 1982. "Spreading of rock avalanche debris by mechanical fluidization". *Rock Mechanics*, 15: 9-24.
- DAVIES, T. R. H. & M. J. McSAVENY. 1999. "Runout of dry granular avalanches". *Canadian Geotechnical Journal*, 36: 313-320.
- DAVIES, T. R. H. & M. J. McSAVENY. 2012. "Mobility of long-runout rock avalanches". En: J. CLAGUE & D. STEAD (eds.), *Landslides: Types, Mechanisms and Modeling*. pp. 50-58. Published by Cambridge University Press.

- EUROPEAN COMMUNITY PROGRAMME (EPOCH). 1993. *Temporal Occurrence and Forecasting of Landslides in the European Community*. Ed. J-C FLAGEOLLET. 3 Volumes, Contract No. 90 0025.
- FERRER, C. 1991. Tres grandes deslizamientos asociados con un segmento de la falla de Boconó (Andes venezolanos). *Memorias. 3er. Encuentro de Geógrafos de América Latina*. 15-32. Toluca, México (18-22 de marzo).
- FERRER, C. 1996. *Mapa Geológico del Sector Tabay-Estanques, Estado Mérida. Hoja 2. Evolución de un Segmento de la Falla de Boconó durante el Pleistoceno, Implicaciones Tectónica y Sedimentológicas*. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Postgrado en Ciencias Geológicas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Tesis de Maestría.
- FERRER, C. 1999. "Represamientos y rupturas de embalses naturales (lagunas de obturación) como efectos cosísmicos: algunos ejemplos en Los Andes venezolanos". *Revista Geográfica Venezolana*, 40(1): 119-131.
- FERRER, C. y J. LAFFAILLE. 2005. "Un estudio de amenazas múltiples en la cuenca media del río Chama (Andes centrales venezolanos): caso zanjón El Paraíso". *Revista Geográfica Venezolana*, Número especial: 93-117.
- FRATTINI, P.; CROSTA, G. & F. AGLIARDI. 2012. "Rockfall characterization and modeling". En: J. CLAGUE & D. STEAD (eds.), *Landslides: Types, Mechanisms and Modeling*. pp. 267-281. Published by Cambridge University Press © Cambridge University Press.
- FRIEDMANN, J. S. 1997. "Rock-Avalanche elements of the shadow Valley Basin, Eastern Mojave Desert, California. Processes and problems". *Journal of Sedimentary Research*, 67(5): 797-804.
- HEWITT, K.; CLAGUE, J. J. & J. F. ORWIN. 2008. "Legacies of catastrophic rock slope failures in mountain landscapes". *Earth Sci. Rev.*, 87: 1-38.
- HEWITT, K. 2009. "Rock avalanches that travel onto glaciers and related developments, Karakoram Himalaya, Inner Asia". *Geomorphology*, 103: 66-79.
- HSÜ, K. J. 1975. "Catastrophic debris streams (Sturzstroms) generated by rockfall". *Geol. Soc. Am. Bull.*, 86: 129-140.
- HUNGR, O.; EVANS, S. G.; BOVIS, M. & J. N. HUTCHINSON. 2001. "Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering". *Geoscience*, 7: 22-238.
- HUTCHINSON, J. N. 1988. Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. *Memorias, 5th International Conference on Landslides, Lausanne*, p. 3-35.
- INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA y MINERÍA - REGIÓN LOS ANDES (INGEOMIN). 2007. *Estudio de susceptibilidad ante movimientos en masa y vulnerabilidad social de las comunidades de las subcuencas Montalbán - La Ceibita*. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA: GCA). Mérida, Venezuela.
- KEEFER, D. K. 1984. "Landslides caused by earthquakes". *Geol. Soc. America Bulletin*, 95(4): 406-421.
- LEGROS, F. 2002. "The mobility of long-runout landslides". *Engineering Geology*, 63: 301-331.
- MINISTERIO DEL DESARROLLO URBANO (MINDUR). 1979. *Plano Aerofotogramétrico, Ciudad de Mérida, Tabay y Ejido. Distrito Libertador, Distrito Campo Elias, Estado Mérida*. Hoja N° E-18. Escala 1:2.500.

- MINISTERIO DE ENERGÍA y MINAS. 1981. *Mapa geológico. Estado Mérida*. Escala 1:50.000. Dirección de Geología. Venezuela.
- PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO (PMA). 2007. *Movimientos de masa en la región andina. Una guía para la evaluación de amenazas*. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación geológica Multinacional N° 4. Canada.
- SCHEIDEGGER, A. E. 1973. "On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides". *Rock Mechanics*, 5: 231-236.
- SHALLER, P. J. 1991. *Analysis and implications of large Martian and terrestrial landslides*. California Institute of Technology, Pasadena, California. [un-published Ph.D. thesis].
- SHUGAR, D. H. & J. J. CLAGUE. 2011. "The sedimentology and geomorphology of rock avalanche deposits on glaciers". *Interdisciplinary Arts and Sciences Publications*. SIAS Faculty Publications. 336. Disponible en: https://digitalcommons.tacoma.uw.edu/ias_pub/336.
- VARNES, D. 1978. "Slope movement types and processes". 11-2. Special report 176: En: SCHUSTER, R. L & R. J. KRIZEK (eds.), *Landslide: Analysis and control*. TRB, National Research Council. Washington, D.C. USA.