

Análisis morfométrico de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

*Morphometric analysis of the Curucutí Creek catchment,
Vargas State-Venezuela*

Méndez Williams* y Marcucci Ettore**

Recibido: enero, 2005 / Aceptado: septiembre, 2005

Resumen

La microcuenca de la quebrada Curucutí se ubica en la vertiente norte del macizo del Ávila ($10^{\circ}33'08'' - 10^{\circ}36'23''$ LN y $66^{\circ}57'38'' - 66^{\circ}59'14''$ LO), en el sector centro occidental del estado Vargas. El propósito de este trabajo es determinar e interpretar los parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Curucutí, en términos de su incidencia en el comportamiento y respuesta hidrológica del sistema, y en su potencial morfodinámico. La metodología se basó en los cálculos y mediciones de los parámetros morfométricos, con apoyo en cartas topográficas del área a escalas 1:5.000 y 1:25.000. Los resultados indican que esta microcuenca es un sistema hidrogeomorfológico, cuyas respuestas morfodinámica e hidrológica están determinadas por la pequeña área del mismo, fuertes pendientes en las vertientes y cauces del sector montañoso, la densidad de drenaje media, el orden 4 de la red de drenaje, una relación de bifurcación media de 4,69, alta torrencialidad, las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias.

Palabras clave: morfometría; hidrología; cuenca de drenaje; estado Vargas; Venezuela.

Abstract

The Curucutí Creek catchment is located at the north slope of Ávila Massif ($10^{\circ}33'08'' - 10^{\circ}36'23''$ LN and $66^{\circ}57'38'' - 66^{\circ}59'14''$ LW), on the central western part of Vargas state. The purpose of this work is to determine and to interpret the morphometric parameters of this catchment. The methodology was based on calculations and measurements of the morphometric parameters by using topographic charts scales 1:5,000 and 1:25,000. The results suggest that this catchment is a hydrogeomorphological system whose morphodynamic and hydrological responses are determined by its small area, hillsides and channels with steep slopes at the mountain area, medium drainage density, a 4 order drainage network, mean bifurcation relationship of 4.69, high torrentiality, the storms dimensions, and intensity and duration of the rains.

Key words: morphometry; hydrology; catchment; Vargas State; Venezuela.

* Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Departamento de Ciencias de la Tierra, Núcleo de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano, e-mail: wjmendezmata@yahoo.com

** E. Marcucci Ingenieros, Centro Comercial El Placer II, Baruta, Caracas, e-mail: ettoremarcucci@sbcglobal.net

Introducción

A pesar de que la microcuenca de la quebrada Curucutí fue uno de los más de veinte sistemas que se activaron desde el punto de vista hidromorfodinámico, como consecuencia de las lluvias extraordinarias ocurridas en diciembre de 1999 en el estado Vargas, poco interés o atención se le ha prestado a la misma, quizás debido a que los impactos en los medios físico, biológico y socio-económico no fueron tan marcados y cuantiosos como en otras cuencas. Sin embargo, ello no la exceptúa de ser un sistema potencial de generar efectos geomorfológicos similares a los de sus cuencas vecinas, considerando que ésta se localiza en el mismo contexto fisiográfico.

El interés en la microcuenca de drenaje de la quebrada Curucutí radica en que en su sector bajo se asienta gran parte de la infraestructura aduanera (almacenes) portuaria y aeroportuaria del país, la cual fue afectada por el evento de 1999; una extensión significativa del Aeropuerto Internacional de Maiquetía *Simón Bolívar*, que eventualmente pudiera ser afectado por una crecida de la quebrada y un asentamiento poblacional significativo emplazado en el área del abanico aluvial y vertientes bajas, parcialmente afectado durante el evento de diciembre de 1999.

El análisis morfométrico de una cuenca de drenaje es de gran importancia para comprender e interpretar su comportamiento morfodinámico e hidrológico, así como para inferir indirecta y cualitativamente la estructura, características y formas de los hidrogramas resultantes

de eventos de crecidas (respuesta hidrológica). También permiten analizar y comprender los elementos geométricos básicos del sistema, que ante la presencia de externalidades (precipitaciones extremas por ejemplo), interactúan para originar y/o activar procesos geomorfológicos (movimientos de masa) de vertientes y aludes torrenciales (Alonso *et al.*, 1981; Vélez y Vélez, s/f.a).

Diversos trabajos de investigación en geomorfología, hidrología, hidráulica y análisis y evaluación de amenazas naturales, que abordan aspectos de la morfometría de las cuencas de drenaje que estudian, han sido realizados por distintos autores en diversas cuencas hidrográficas venezolanas y del mundo y a distintas escalas de trabajo. Entre estos trabajos en los últimos 5 años, sólo por citar algunos de ellos, podemos mencionar los de: Díaz *et al.* (1999); Silva (1999); Hurtrez *et al.* (1999); Scally *et al.* (2001); Carbone y Pícolo (2002); Jamieson *et al.* (2003); Delgadillo *et al.* (2004); Dugarte y Ferrer (2004); González de Matauco (2004) y Olivero *et al.* (2004).

El presente trabajo tiene como objetivo fundamental analizar e interpretar los parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Curucutí en términos de su incidencia en el comportamiento y respuesta hidrológica del sistema, y en su potencial morfodinámico, a fin de contribuir a la generación y/o ampliación de una plataforma de información básica, que permita 'a posteriori' estimar los hidrogramas y caudales pico de crecidas para el análisis y evaluación de la amenaza por inundaciones y aludes torrenciales;

estudiar en detalle los factores externos y las relaciones causa - efecto que influyen en la génesis de procesos geomorfológicos asociados a movimientos de masa y aludes torrenciales, y aportar elementos básicos para la zonificación de las amenazas naturales asociadas a inundaciones y movimientos de masa.

Área de estudio

La microcuenca de la quebrada Curucutí está situada geográficamente en la región centro norte del territorio venezolano, específicamente en el sector centro occidental del estado Vargas y definida geoastrónomicamente por las siguientes coordenadas: 10°33'08" - 10°36'23" de latitud norte, y 66°57'38" - 66°59'14" de longitud oeste (Figura 1).

La geología está representada fundamentalmente por afloramientos de rocas metamórficas correspondientes a las siguientes unidades litodémicas: (a) Complejo San Julián (esquistos y gneises); (b) Esquisto de Tacagua; (c) Mármol de Antímano y (d) cuerpos de serpentinita. En forma discordante suprayacen a las rocas metamórficas en la parte baja de la microcuenca, los depósitos aluvionales (Holoceno) de la quebrada Curucutí que han modelado un abanico (González de Juana *et al.*, 1980; Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar / Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales [IGVSB / MARN], 2002c; PDVSA-Intevep, 1996; Urbani, 1999, 2000, 2002a, 2002b, 2002c, 2002d; Urbani, Rodríguez, y Vivas, 2000). Desde el punto de

vista orográfico, el área de estudio se ubica en el sector central del sistema orográfico central de Venezuela, en el tramo septentrional conocido como cordillera de la Costa o serranía del Litoral, y específicamente emplazada en el extremo occidental de la vertiente norte de la sierra o macizo del Ávila.

La microcuenca se comparte entre dos grandes unidades de relieve con topografías contrastantes: (a) un sector montañoso de topografía muy abrupta que abarca la mayor extensión del área, con alturas comprendidas entre 100 msnm y más de 1400 msnm, y pendientes que oscilan entre 3 % y 45 %; (b) una unidad de abanico coluvio-aluvial de topografía suave y moderadamente inclinada, emplazada en la parte baja o terminal de la microcuenca, con elevaciones desde 0 msnm en la línea de costa y base del abanico, hasta 125 msnm en el ápice del mismo, y pendientes entre 0 % y 18 % (IGVSB / MARN, 2002a, 2002b, 2002d, 2002e, 2002f).

La microcuenca de la quebrada Curucutí está enmarcada en un sector de tipo climático Bsh (Clima Tropical Estepario), según la clasificación de Köppen. Con base en datos climáticos del MARN, Dirección de Hidrología y Meteorología (2000), la precipitación en la parte baja del área (franja costera) presenta montos pluviométricos anuales que oscilan entre 521,4 mm y 647,4 mm, y temperatura media anual de 26,0 °C. Mientras que la precipitación en la parte alta del área presenta un monto anual de 551,7 mm, lo cual se debe fundamentalmente al ascenso orográfico de las masas de aire carga-

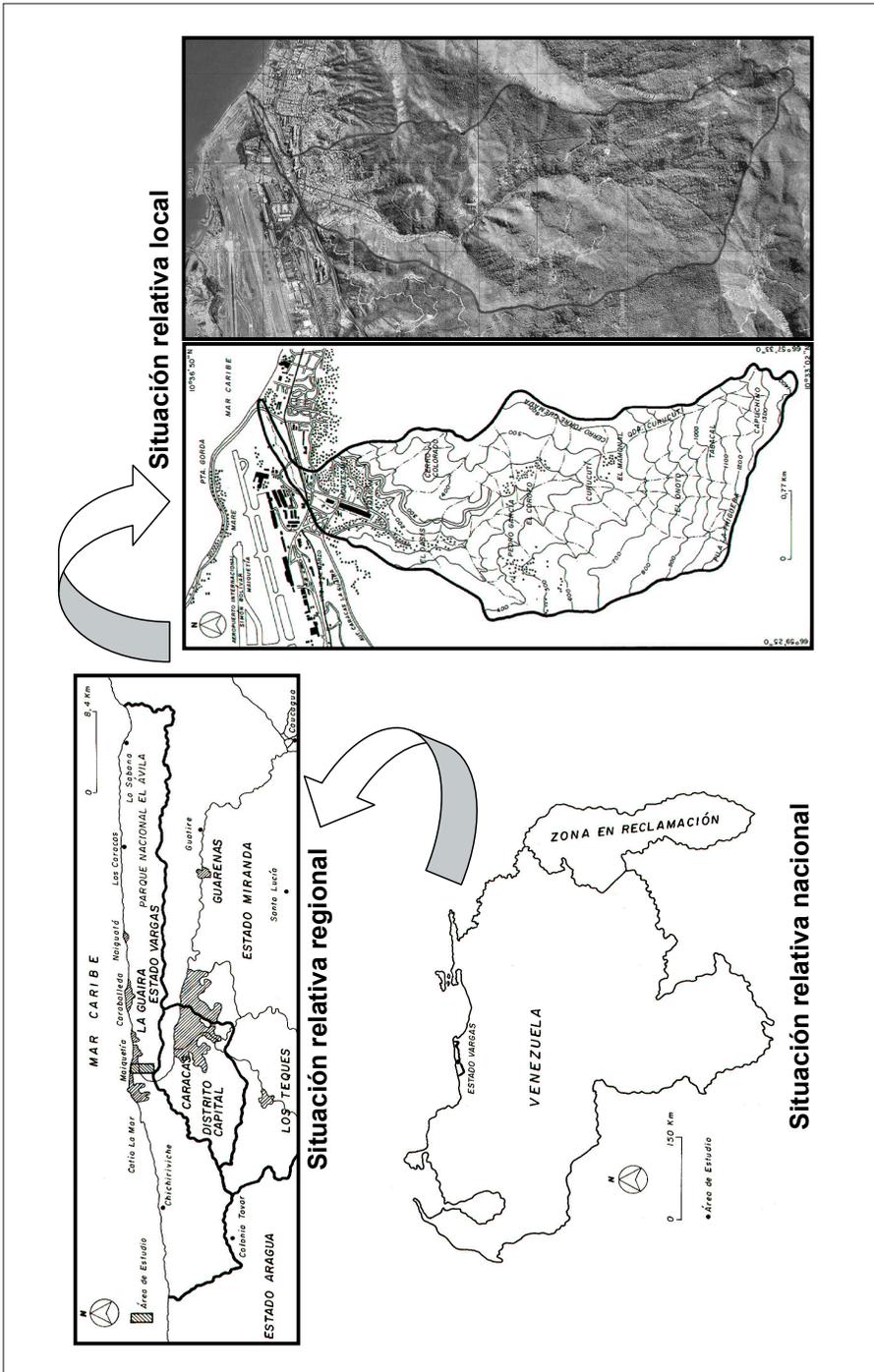


Figura 1. Localización de la microregión de la quebrada Curucuti, estado Vargas, Venezuela. Fuente: Dirección de Cartografía Nacional, 1979a, 1979b; Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, 1995a, 1995b

das de humedad, principalmente a finales y comienzos de año, y determinados por la influencia de situaciones sinópticas extratropicales (frentes fríos), (Foghin, 2002). La temperatura media anual es de 17 °C, reflejando un clima mucho más fresco que el de la parte baja del área.

Las formaciones vegetales que conviven en el área de la microcuenca de la quebrada Curucutí, desde la línea de costa hasta la parte más alta en el sector montañoso, son: vegetación litoral, cardonales y espinares, bosque decíduo, bosque semi-decíduo, bosque transicional, bosque de galería y vegetación secundaria (Amend, 1991; Arismendi *et al.*, 2000; IGVS/B/MARNR, 2002g; MARNR, 1983; Monedero y Gutiérrez, 2001; Steyermark y Huber, 1978).

Con relación al uso actual de la tierra, los asentamientos humanos se concentran básicamente en la parte baja (abánico coluvio-aluvial) de la microcuenca, mientras que la parte alta (sector montañoso) con la mayor extensión superficial, corresponde a un Área Bajo Régimen de Administración Especial, bajo la figura jurídica de Parque Nacional El Ávila. Las actividades económicas se concentran mayoritariamente en las ramas construcción, comercio, transporte y comunicaciones y administración pública (Autoridad Única para el Área del Estado Vargas [AUAEV], 2003a, 2003b, 2003c, 2003d; IGVS/B/MARNR, 2002g; Marcano y Barrios, 2001).

Materiales y métodos

La metodología desarrollada en este trabajo se basó fundamentalmente en mediciones y cálculos de variables y parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Curucutí y su red de drenaje, para lo cual se utilizó como fuente de información planos topográficos del área de estudio a escala 1:5.000, correspondientes a las hojas B-42, C-42 y D-42 editadas por la Gobernación del Distrito Federal en el año 1984 (Gobernación del Distrito Federal, 1984a; 1984b; 1984c).

A partir de la cartografía digitalizada del área de estudio y empleando la herramienta SIG (software MapInfo versión 5.5, acoplado con el Módulo de Altimetría Vertical Mapper) se calcularon los parámetros morfométricos básicos puntuales, lineales, areales y pendientes de la cuenca y de su red de drenaje. Otros parámetros se obtuvieron de la lectura directa sobre la base cartográfica original, y otros por medio de las ecuaciones matemáticas que los definen. Cada uno de los parámetros morfométricos medidos y calculados en este estudio para el área de interés se especifican en el Cuadro 1.

Para el cálculo de la altura mediana de la microcuenca, se seleccionaron intervalos entre curvas de nivel cada 200 m y se midió el área parcial de cada intervalo expresándolas en porcentajes y luego como área acumulada en porcentaje. Posteriormente, se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje x el área acumulada (%) y en el eje y la altura (msnm), a partir del cual se estimó la altura mediana, valor este correspon-

Cuadro 1. Parámetros morfométricos medidos y calculados para la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas -Venezuela

| Variable | Parámetro | Símbolo | Ecuación | Dimensión |
|--|---|--|--|--------------------|
| Escala de la cuenca | Área | A | - | L ² (1) |
| | Perímetro | P | - | L (2) |
| | Longitud | L | - | L |
| | Ancho | W | - | L |
| | Diámetro | D | $D = (4A/\pi)^{1/2}$ | L |
| Gradiente y forma del relieve de la cuenca | Altura máxima | H | - | L |
| | Altura mínima | h | - | L |
| | Altura mediana | H _{md} | - | L |
| | Relieve máximo | H _b | $H_b = H - h$ | L |
| | Radio del relieve | R | $R = H_b/L$ | - |
| | Pendiente mediana | S _{md} | - | % |
| | Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal | S _m | $S_m = (\sum \sqrt{S_{mi}}/m)^2$ S _{mi} ⁽³⁾ m ⁽⁴⁾ | % |
| | Concavidad del perfil longitudinal de la corriente principal | C | $C = b/B$ b ⁽⁵⁾ B ⁽⁶⁾ | - |
| Curva hipsométrica | Ch | Construcción gráfica con los coeficientes de altura relativa (Chr) y área relativa (Car) respectivamente | - | |
| Forma de la cuenca | Elongación | S _e | $S_e = A^{0.5}/L$ | - |
| | Perímetro relativo de crenulación | S _c | $S_c = P^2/A$ | - |
| | Radio de crenulación | R _c | $R_c = L_{cn}/P$ L _{cn} ⁽⁷⁾ | - |
| | Forma | R _f | $R_f = A/L^2$ | - |
| | Coefficiente de compacidad | K _c | $K_c = P/A^{1/2} \cdot 0,28$ | - |

Continuación del cuadro 1

| Variable | Parámetro | Símbolo | Ecuación | Dimensión |
|---------------------------------------|--|-------------------------|---|-----------|
| Extensión de la red de drenaje | Longitud de la corriente principal | L_{cp} | - | L |
| | Longitud total de las corrientes | C_t | $C_t = \Sigma$ longitud de las corrientes | L |
| | Densidad de drenaje | D_d | $D_d = C_t/A$ | L/L^2 |
| | Coefficiente de mantenimiento del canal | C_{mc} | $C_{mc} = A/C_t$ | L^2/L |
| Orden y magnitud de la red de drenaje | Orden de la corriente | u | - | - |
| | Número de segmentos de la corriente de un orden dado | N_u | - | - |
| | Relación de bifurcación | R_b | $R_b = N_u/N_{u+1}$ | - |
| | Longitud de la corriente de un orden dado | L_u | - | L |
| | Longitud total de las corrientes de un orden dado | L_{tu} | $L_{tu} = \Sigma L_u$ | L |
| | Longitud media de las corrientes de un orden dado | L_{mu} | $L_{mu} = L_{tu}/N_u$ | L |
| | Longitud media acumulada de las corrientes de un orden dado | L_{mau} | $L_{mau} = L_{mu} + L_{mu+1}$ | L |
| Relación de longitud | R_l | $R_l = L_{mu}/L_{mu-1}$ | - | |
| Orden y magnitud de la red de drenaje | Número de áreas de drenaje de la corriente de un orden dado | N_{Au} | - | - |
| | Área de drenaje de la corriente de un orden dado | A_u | - | L^2 |
| | Área total de drenaje de las corrientes de un orden dado | A_{tu} | $A_{tu} = \Sigma A_u$ | L^2 |
| | Área media de drenaje de las corrientes de un orden dado | A_{mu} | $A_{mu} = A_{tu}/N_{Au}$ | L^2 |
| | Área media de drenaje acumulada de las corrientes de un orden dado | A_{mau} | $A_{mau} = A_{mu} + A_{mu+1}$ | L^2 |
| | Relación de áreas | R_A | $R_A = A_{mu}/A_{mu+1}$ | - |
| | Coefficiente de torrencialidad | CT | $CT = N_1/A$ | - |

Fuente: Gardiner, 1981; Gregory y Walling, 1973; Guevara y Cartaya, 1991; Henao, 1998; Horton, 1945; Leopold, Gordon y Miller, 1964; Monsalve, 2000; Pastrana, 2003; Pérez, s/f.; Senciales, 1998; Smith y Stopp, 1978; Strahler, 1968; Strahler, 1985; Vélez y Vélez, s/f.a.; Vélez y Vélez, s/f.b. (1) L^2 = areal; (2) L = lineal; (3) S_{mi} = pendiente media de cada intervalo del perfil longitudinal de la corriente principal; (4) m = número de intervalos en que se divide el perfil longitudinal de la corriente principal; (5) b = altura del perfil longitudinal de la corriente principal en su longitud mediana; (6) B = altura de la recta del perfil longitudinal de la corriente principal en su longitud mediana; (7) L_{cm} = longitud de la curva de nivel que corta el mayor número de corrientes de la red de drenaje; (8) N_1 = número de corrientes de orden 1

diente al 50 % de área acumulada. Para el cálculo de la pendiente mediana se siguió el mismo procedimiento descrito para estimar la altura mediana, sólo que para cada intervalo de curva de nivel se calculó la pendiente media del terreno, promediando varias mediciones realizadas en cada uno de ellos.

Para la estimación de la pendiente media del cauce principal de la quebrada Curucutí, el perfil longitudinal de éste se subdividió en intervalos de 1 Km, y en cada uno de ellos se calculó gráficamente su pendiente media, luego con estos valores se calculó la pendiente media de todo el perfil utilizando la ecuación que se indica en el cuadro 1.

Para la construcción de la curva hipsométrica se tomaron los mismos intervalos de 200 msnm entre curvas de nivel y los valores de área acumulada. Luego se calcularon los coeficientes de altura relativa dividiendo los valores de los límites superiores de cada intervalo entre la altura máxima de la cuenca, y los coeficientes de área relativa dividiendo el área acumulada en cada intervalo entre el área total de la cuenca. Con estos coeficientes se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje x el área relativa y en el eje y la altura relativa.

Para la representación gráfica de la relación longitud del curso principal de la quebrada Curucutí – área de la microcuenca, se retomaron los intervalos de 200 msnm entre curvas de nivel con sus respectivos valores de área acumulada y se midieron las longitudes parciales del cauce de la quebrada Curucutí en cada uno de los intervalos, los cuales luego se

expresaron como longitud acumulada. Con estos valores se construyó un gráfico bidimensional representando en el eje x el área acumulada y en el eje y la longitud acumulada del cauce de la quebrada Curucutí.

Los tiempos de concentración de la microcuenca de la quebrada Curucutí en su desembocadura y en el ápice del abanico, se estimaron con base en la ecuación de Kirpich (1940) $t_c = 0,01947 L^{0,77} S^{-0,385}$ (L es la longitud del cauce principal, y S es la pendiente promedio del cauce principal). La velocidad promedio del flujo en las mismas posiciones geomorfológicas y altitudinales, se estimaron por medio de la ecuación $V_f = L / t_c$.

Resultados y discusión

Escala de la cuenca

Las magnitudes calculadas para los parámetros correspondientes a la variable escala de la cuenca, cuyas apreciaciones dependen precisamente de la escala de la base cartográfica utilizada para tales mediciones, en conjunto denotan un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones (Cuadro 2), que lo califican bajo la categoría de microcuenca.

La pequeña área por sí sola de esta microcuenca, supone menores tiempos de concentración de la escorrentía superficial y mayor susceptibilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y corta duración. Este valor areal también denota que la superficie fuente de contribución a la es-

Cuadro 2. Características morfométricas de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

| Variable | Parámetro | Magnitud |
|--|---|--------------------------|
| Escala de la cuenca | Área | 9,31 Km ² |
| | Perímetro | 17 Km |
| | Longitud | 5,95 Km |
| | Ancho | 2,65 Km |
| | Diámetro | 3,44 Km |
| Gradiente y forma del relieve de la cuenca | Altura máxima | 1400 msnm |
| | Altura mínima | 0 msnm |
| | Altura mediana | 529,41 msnm |
| | Relieve máximo | 1400 msnm |
| | Radio del relieve | 0,24 |
| | Pendiente mediana | 21,50 % |
| | Pendiente media del perfil longitudinal de la corriente principal | 16,25 % |
| | Concavidad del perfil longitudinal de la corriente principal | 0,37 |
| Forma de la cuenca | Elongación | 0,51 |
| | Perímetro relativo de crenulación | 31,04 |
| | Radio de crenulación | 0,88 |
| | Forma de la cuenca | 0,26 |
| | Coefficiente de compasidad | 1,56 |
| Extensión de la red de drenaje | Longitud de la corriente principal | 7,48 Km |
| | Longitud total de las corrientes de la red de drenaje | 56,70 Km |
| | Densidad de drenaje | 6,09 Km/Km ² |
| | Coefficiente de mantenimiento del canal | 0,16 Km ² /Km |

correntía superficial es pequeña, y que en presencia de una tormenta de extensión considerable, toda el área se activa y aporta agua, lo que favorece la generación de hidrogramas con las características arriba mencionadas.

Además del área, los valores de ancho y longitud de la microcuenca (Cuadro 2) también sugieren un sistema de drenaje pequeño con mayor tendencia al crecimiento longitudinal que lateral, lo cual puede interpretarse como una respuesta

a la predominancia de la erosión regresiva del curso principal de la quebrada Curucutí, sobre el trabajo erosivo de los cursos de agua que drenan perpendicular y oblicuamente hacia ésta a lo largo de su canal, condicionado por una litología que ofrece poca resistencia a los procesos erosivos, el control de los sistemas de fracturas y la pendiente topográfica regional de la vertiente norte del macizo del Ávila. Los valores del diámetro y del perímetro (Cuadro 2) de la microcuenca también corroboran las pequeñas dimensiones de este sistema.

Gradiente y forma del relieve de la cuenca

Las alturas en el área están comprendidas desde los 0 msnm (altura mínima) que corresponde a la cota en la que desemboca la quebrada Curucutí directamente al mar, al este del saliente de Punta Gorda y del Aeropuerto Internacional de Maiquetía *Simón Bolívar*, y 1400 msnm (altura máxima) correspondiente a la cota en la que nace la quebrada Curucutí, al sureste del perímetro de la microcuenca en la fila La Triguera. La diferencia entre estas dos alturas extremas definen un relieve máximo de 1400 msnm que sugiere alturas y pendientes significativas favorables a la génesis y activación de procesos erosivos y de transporte de materiales.

El valor obtenido de altura mediana (Cuadro 2) significa que un 50 % del área de la microcuenca posee alturas por encima de esta cota y un 50 % por debajo de ella. El incremento de la altura por encima del valor de la mediana es brusco y

abrupto (sector montañoso) (Figura 2); por el contrario, el descenso en la altura por debajo de la mediana exhibe una pendiente más suave (sector de abanico aluvial), (Figura 2). Estos contrastes altimétricos implican el predominio de procesos erosivos y de generación de precipitaciones asociadas al ascenso orográfico forzado de masas de aire por encima del valor de la altura mediana, y de procesos de transporte y depositación por debajo de ella.

El radio del relieve (Cuadro 2) indica que por cada kilómetro de longitud de la cuenca existe un incremento promedio en altura de 240 m, lo cual es un valor significativo y de esperar para una microcuenca cuya mayor extensión se asienta sobre un relieve montañoso, por lo tanto este parámetro es un indicador del incremento de la pendiente a medida que se asciende en altura y, por ende, del potencial erosivo en la microcuenca.

El valor obtenido de pendiente mediana (Cuadro 2) indica que un 50 % del área de la microcuenca posee pendientes iguales y/o por encima de este valor y un 50 % por debajo de él. El incremento del valor de la pendiente media acumulada por encima del valor de la mediana es ligeramente más brusco y abrupto (sector montañoso), (Figura 3 y Cuadro 3), mientras que el descenso del valor de la pendiente media acumulada por debajo de la mediana exhibe una inclinación más suave (sector de abanico aluvial), (Figura 3 y Cuadro 3). Estos contrastes de valores de pendiente media acumulada al igual que el de altura, indican la predominancia de procesos erosivos por encima del valor

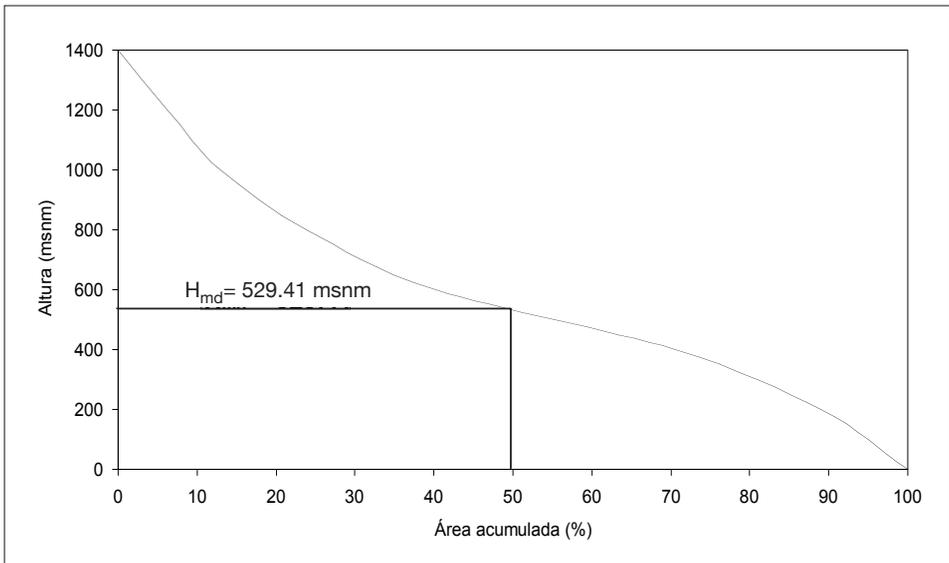


Figura 2. Altura mediana de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

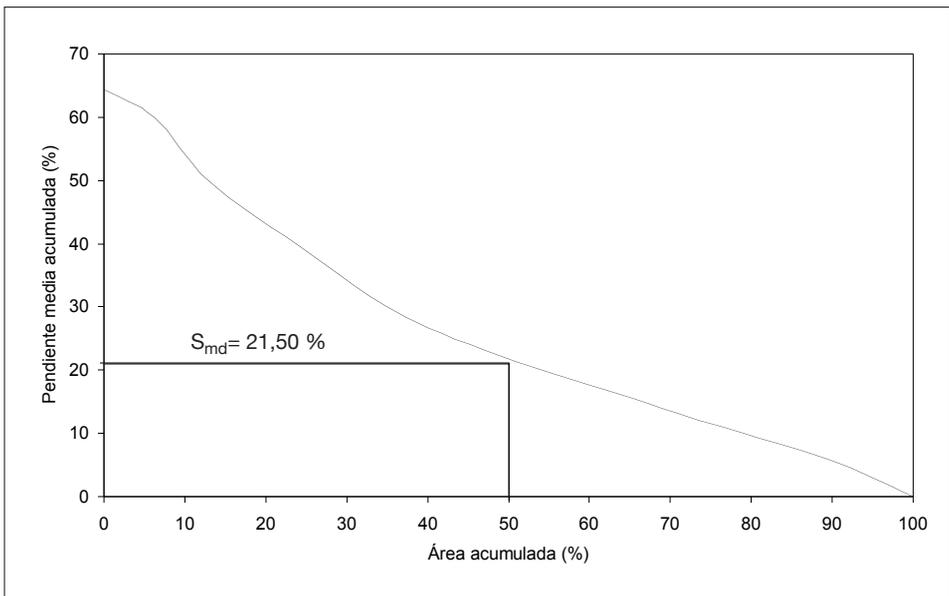


Figura 3. Pendiente mediana de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

Cuadro 3. Mediciones y cálculos para la representación gráfica y estimación de la altura mediana, pendiente mediana, curva hipsométrica y relación área de la cuenca – longitud del cauce principal de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas - Venezuela

| Intervalos de curvas de nivel (msnm) | Área | | Área acumulada | | Pendiente media del terreno (%) |
|---|-----------------|-------|-----------------|-------|------------------------------------|
| | km ² | % | km ² | % | |
| 0 – 200 | 1,03 | 11,06 | 1,03 | 100 | 6,15 |
| 200 – 400 | 1,71 | 18,37 | 2,74 | 88,95 | 7,18 |
| 400 – 600 | 2,83 | 30,40 | 5,57 | 70,58 | 13,34 |
| 600 – 800 | 1,52 | 16,33 | 7,09 | 40,18 | 13,33 |
| 800 – 1000 | 1,01 | 10,85 | 8,10 | 23,85 | 10,00 |
| 1000 – 1200 | 0,63 | 6,77 | 8,73 | 13,00 | 10,00 |
| 1200 – 1400 | 0,58 | 6,23 | 9,31 | 6,23 | 4,00 |

| Intervalos de curvas de nivel (msnm) | Pendiente media del terreno acumulada (%) | Coefficiente de altura relativa (h/H) (1) | Coefficiente de área relativa (a/A) (2) | Longitud del cauce principal (Km) | Longitud del cauce principal acumulada (km) |
|---|--|--|--|--------------------------------------|--|
| 0 – 200 | 6,15 | 0,14 | 0,11 | 3,25 | 3,25 |
| 200 – 400 | 13,33 | 0,28 | 0,29 | 1,50 | 4,75 |
| 400 – 600 | 26,67 | 0,43 | 0,60 | 0,75 | 5,50 |
| 600 – 800 | 40,00 | 0,57 | 0,76 | 0,50 | 6,00 |
| 800 – 1000 | 50,00 | 0,71 | 0,87 | 0,45 | 6,45 |
| 1000 – 1200 | 60,00 | 0,86 | 0,94 | 0,50 | 6,95 |
| 1200 – 1400 | 64,44 | 1,00 | 1,00 | 1,05 | 8,00 |

(1) (h/H) = altura correspondiente al límite superior de cada intervalo de curvas de nivel / altura máxima de la cuenca; (2) (a/A) = área acumulada en cada intervalo de curvas de nivel / área total de la cuenca

de la pendiente mediana, y de transporte y depositación por debajo de ella. La presencia de mayores alturas y elevados valores de pendientes en la parte alta de la microcuenca, por encima de sus respectivos valores medianos, condicionan menores tiempos de concentración, así como un mayor potencial erosivo y de arrastre de sedimentos.

En líneas generales, las pendientes topográficas en toda la microcuenca de la quebrada Curucutí oscilan entre 0 % y 45 % (Figuras 4 y 5). En el tramo final del curso de la quebrada hacia su desembocadura, las pendientes están entre 0 % y 3 % correspondiéndose con una topografía plana a suave. En el valle de la quebrada las pendientes presentan valores entre 3 % y 18 %, correspondiéndose con topografías medianas a accidentadas, y en el resto del sector montañoso de la microcuenca las pendientes oscilan entre 18 % y 45 %, definiendo topografías accidentadas a muy fuertes.

La quebrada Curucutí realiza un recorrido de 8 Km desde su nacimiento hasta su desembocadura, a lo largo del cual describe un perfil longitudinal que exhibe fuertes cambios de gradiente topográfico (Figura 6), arrojando una pendiente media de 16,25 %, condición que refleja el control de la litología y del relieve en la morfología del mismo. La pendiente media del perfil y el fuerte contraste de pendiente entre sus segmentos, son indicadores de la alta probabilidad de esta quebrada a experimentar crecidas con hidrogramas de caudales picos elevados y de corta duración, altas velocidades medias del flujo, mayor capacidad de transporte de materiales y menores tiempos de concentración.

Con relación al valor de concavidad (Cuadro 2) del perfil longitudinal de la quebrada Curucutí, éste indica un avanzado estadio de incisión o erosión vertical del flujo de la quebrada (Figura 6), probablemente condicionado por el levanta-

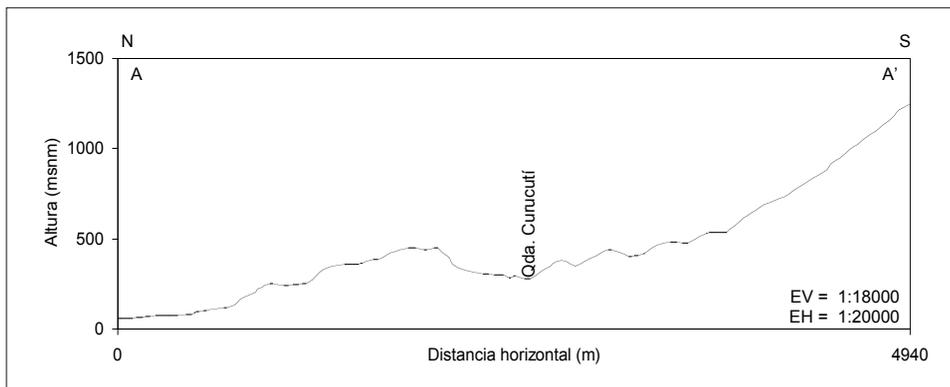


Figura 4. Perfil topográfico longitudinal (A-A') (vista de oeste a este) de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

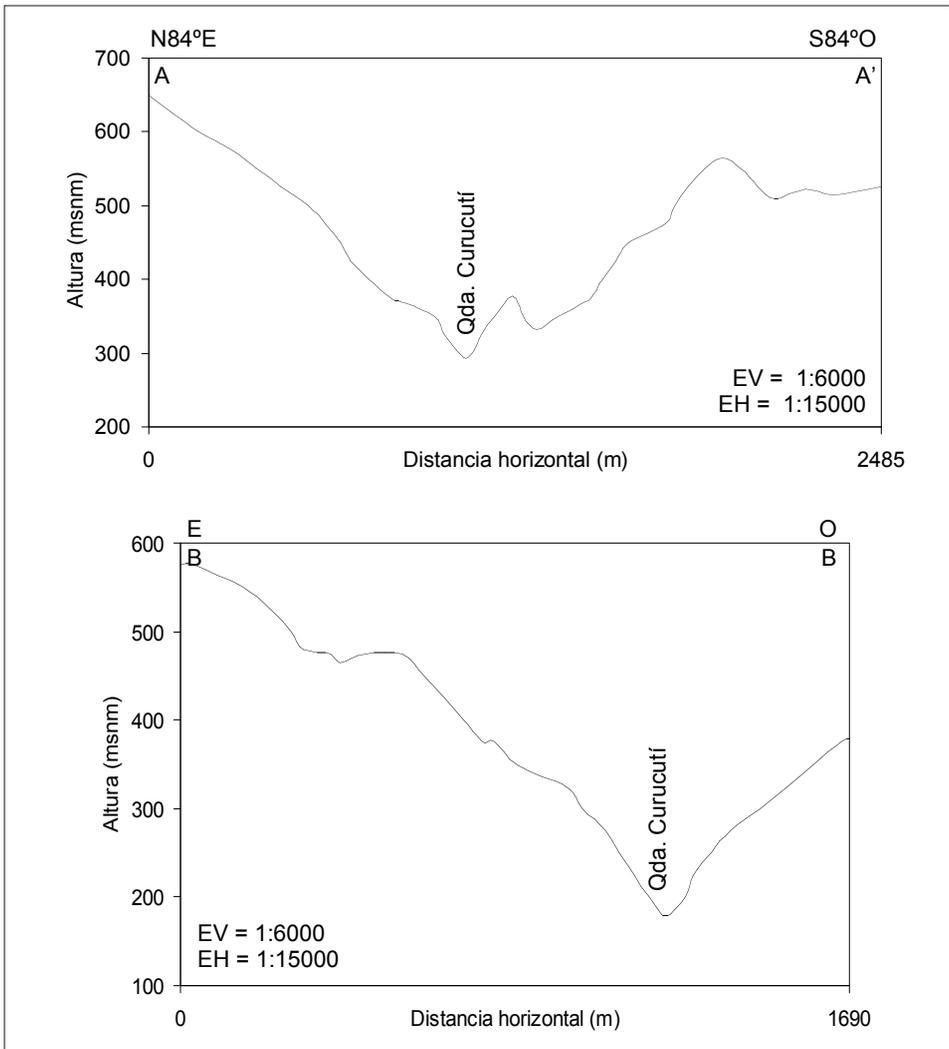


Figura 5. Perfiles topográficos transversales (A-A' y B-B') (vistas de norte a sur) de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

miento tectónico del área y el consecuente rejuvenecimiento del relieve y la poca resistencia de la litología aflorante a los procesos erosivos.

La curva hipsométrica (Cuadro 3) obtenida refleja un área cuyo relieve se

encuentra en un estadio erosional joven, por lo que su potencial morfodinámico para experimentar procesos erosivos y movimientos de masa en vertientes es muy alto. La forma de la curva (Figura 7) denuncia claramente una fuerte influen-

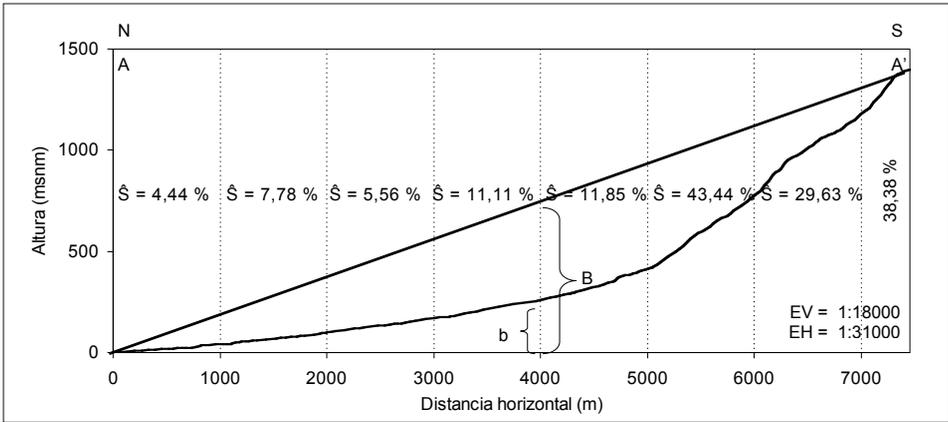


Figura 6. Perfil longitudinal del cauce principal de la quebrada Curucutí (A-A') (vista de oeste a este), estado Vargas-Venezuela

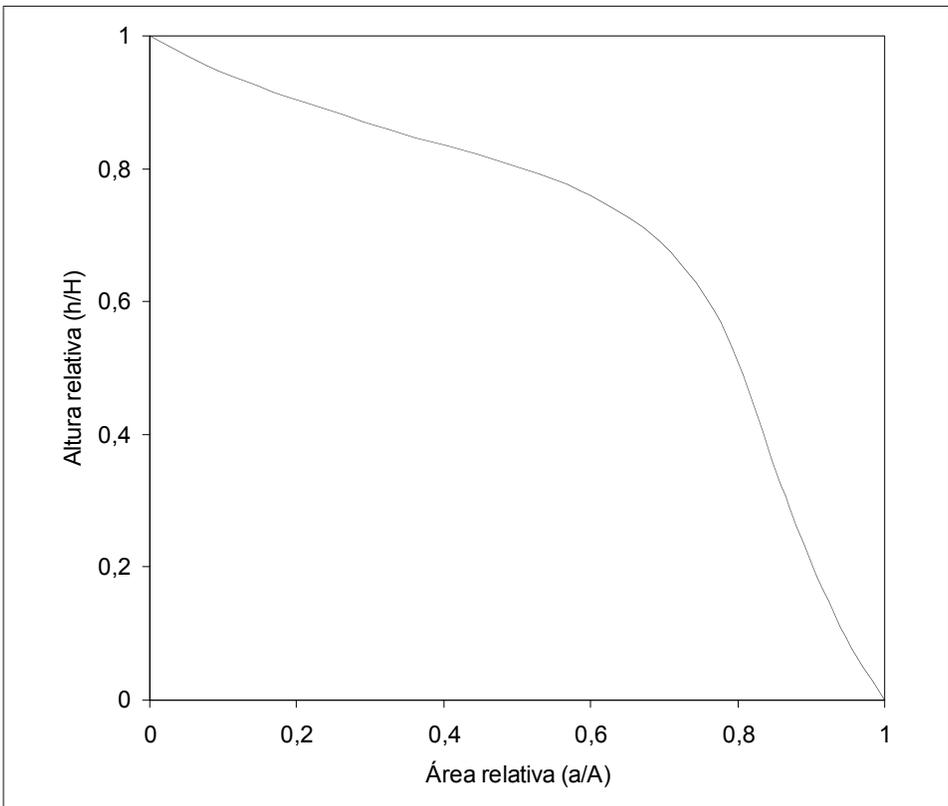


Figura 7. Curva hipsométrica de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

cia del componente tectónico en el levantamiento vertical del área como agente endógeno constructor de relieve, lo cual se traduce en el rejuvenecimiento de éste determinando un balance tectónico-erosional positivo.

Forma de la cuenca

La expresión morfológica del trazado del perímetro de la microcuenca de la quebrada Curucutí sobre la base cartográfica de análisis, evidencia la forma alargada del sistema con una orientación nortesur y perpendicular a la línea de costa.

El valor de elongación (Cuadro 2) calculado indica que la microcuenca presenta una forma alargada con tendencia a una configuración rectangular; además este valor es representativo de cuencas emplazadas en relieves montañosos. Los valores del perímetro relativo de crenulación y del radio de crenulación (Cuadro 2), también indican una tendencia de la forma hacia el alargamiento.

El valor del factor de forma de la cuenca (Cuadro 2) es bastante bajo, lo que implica de igual manera una fuerte tendencia al alargamiento, y bajas probabilidades de experimentar frecuentes crecidas, debido a que su forma no permite exponer toda su superficie al radio de acción de una determinada tormenta. Sin embargo, estas afirmaciones son relativas, ya que ello depende del tamaño o extensión de la tormenta, de la duración e intensidad de la misma y de las magnitudes extremas del fenómeno, considerando que se trata de un sistema hidrogeomorfológico bastante pequeño.

El coeficiente de compasidad muestra un valor (Cuadro 2) que define a la forma de la microcuenca como oval-oblonga a rectangular-oblonga, lo que indica que la forma de ésta dista en gran medida de la circularidad, por lo que su probabilidad a experimentar crecidas frecuentes es baja, y los tiempos de concentración son mayores en comparación con otra cuenca de igual área pero de forma más circular.

De cualquier modo, la probabilidad de que se presenten crecidas con hidrogramas de picos pronunciados y de corta duración es alta, aunado a las características del relieve ya discutidas. Por otro lado, la forma de la microcuenca según su índice de compasidad, tiende a producir hidrogramas de crecidas asimétricos, es decir, con tiempo al pico desde el inicio de la crecida mayor que el tiempo desde el pico a la recesión del hidrograma.

Extensión de la red de drenaje

La red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Curucutí está constituida por cauces o corrientes de agua de corto recorrido y régimen intermitente con una longitud total de 56,70 Km, que en conjunto muestran un patrón de drenaje de tipo subdendrítico (Figura 8). La existencia de sistemas de fracturas (diaclasas y fallas) y los desniveles topográficos entre bloques tectónicos, también ejercen control en la disposición y distribución de las corrientes que conforman la red de drenaje.

El parámetro más importante en la definición de la extensión de un sistema de drenaje natural es su densidad, que para

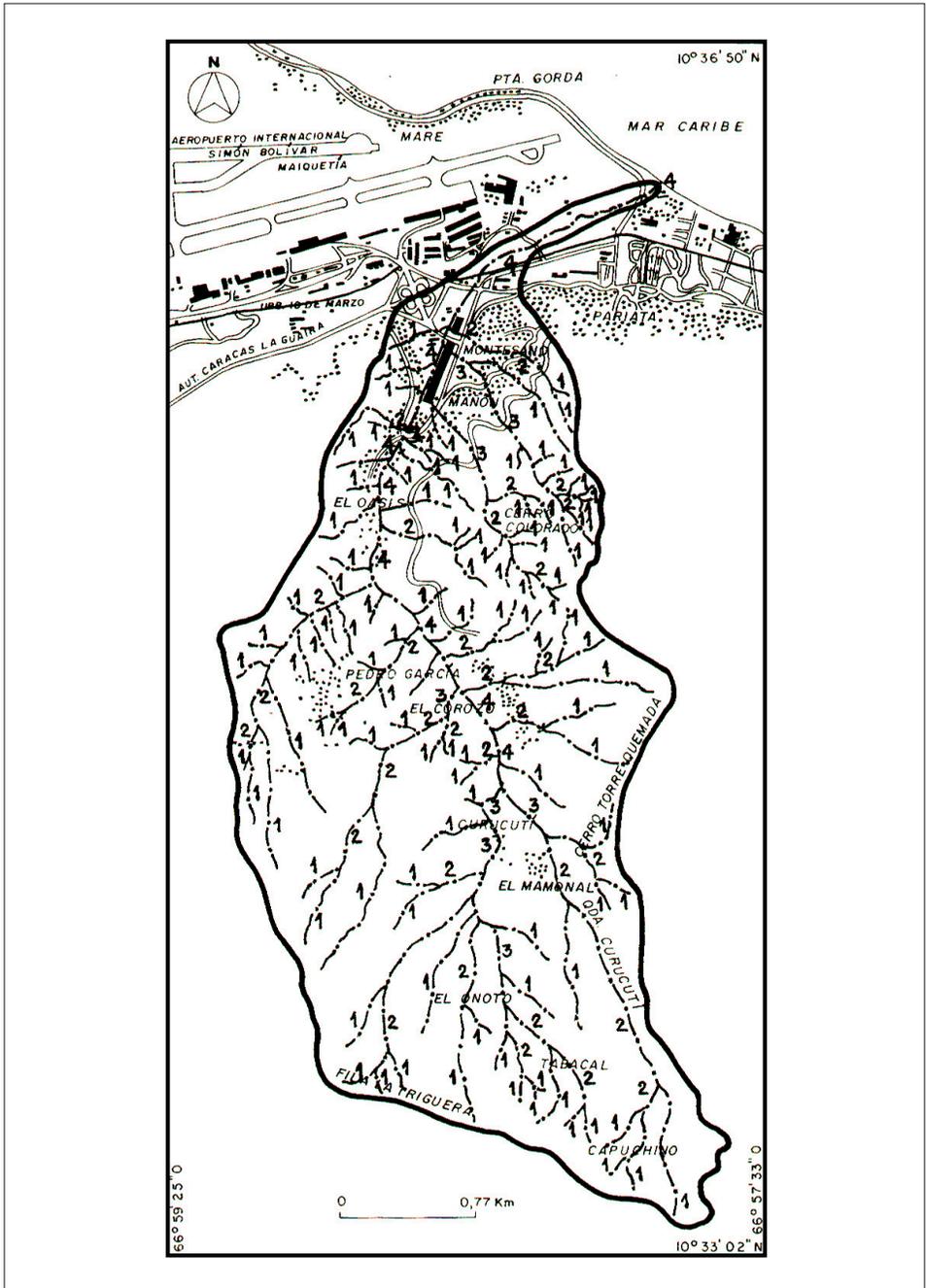


Figura 8. Red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Curucutí indicando el orden y la magnitud (jerarquización) de las corrientes, estado Vargas-Venezuela

el caso que nos ocupa este valor es medio (Cuadro 2), con una textura media. Entre los factores que la controlan en el área, el de mayor peso está representado por la alta susceptibilidad de la litología a los procesos erosivos y el fracturamiento del material.

La densidad de drenaje media en esta área indica que la mayor parte de la superficie de la microcuenca experimenta escorrentía concentrada, por lo que es de suponer una alta tasa de erodabilidad en toda su extensión, inestabilidad morfo-genética, gastos sólidos significativos, hidrogramas de picos elevados y reducidos tiempos de concentración, condicionados por las características del relieve (pendiente), el tamaño de la microcuenca, y las características (extensión, intensidad y duración de las lluvias) de las tormentas que las puedan generar.

El coeficiente de mantenimiento del canal muestra un valor medio a alto (Cuadro 2), lo que significa que por cada kilómetro de cauce existe un área de drenaje promedio de 16000 m², indicando la prevalencia de la escorrentía concentrada sobre la escorrentía laminar.

Los resultados de relacionar la longitud del cauce principal de la quebrada Curucutí con el área acumulada de la microcuenca, indican una clara tendencia de relación directamente proporcional desde su nacimiento hasta su desembocadura en el mar, determinada por una función de tipo potencial; sin embargo, se observa que los puntos no se ajustan perfectamente a la recta, sino que muestran una ligera dispersión que se evidencia en un coeficiente de determinación de

0,9469, que aún así es un valor bastante bueno (Figura 9). Tal dispersión se debe a la no existencia de una razón de incremento constante de ambos parámetros en los intervalos de curvas de nivel, condicionado por la pendiente topográfica en cada intervalo y la variación de la pendiente del cauce de la quebrada Curucutí en cada tramo (Cuadro 3).

Orden y magnitud de la red de drenaje

La microcuenca de la quebrada Curucutí corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de orden 4 (Figura 8), siendo esta magnitud de cierta manera un indicador importante de la extensión y ramificación de la red de drenaje, considerando la pequeña superficie del sistema, así como de alta probabilidad a experimentar crecidas con hidrogramas de picos significativos.

El 78,20 % de las corrientes son de orden 1 (Cuadro 4) con áreas de drenaje promedio de 0,05 Km², lo cual influye significativamente en la reducción de los tiempos de concentración de la microcuenca en presencia de tormentas. La corriente principal de la red correspondiente a la quebrada Curucutí, alcanza su orden 4 aproximadamente a los 350 msnm y a una distancia de 5 Km de su desembocadura en el mar, lo que significa que en presencia de una crecida, ésta alcanza caudales pico importantes desde su curso medio encajado en un cañón montañoso. El coeficiente de torrencialidad (Cuadro 4) muestra un valor bastante alto, lo cual indica una elevada susceptibilidad a la erosión lineal, así como

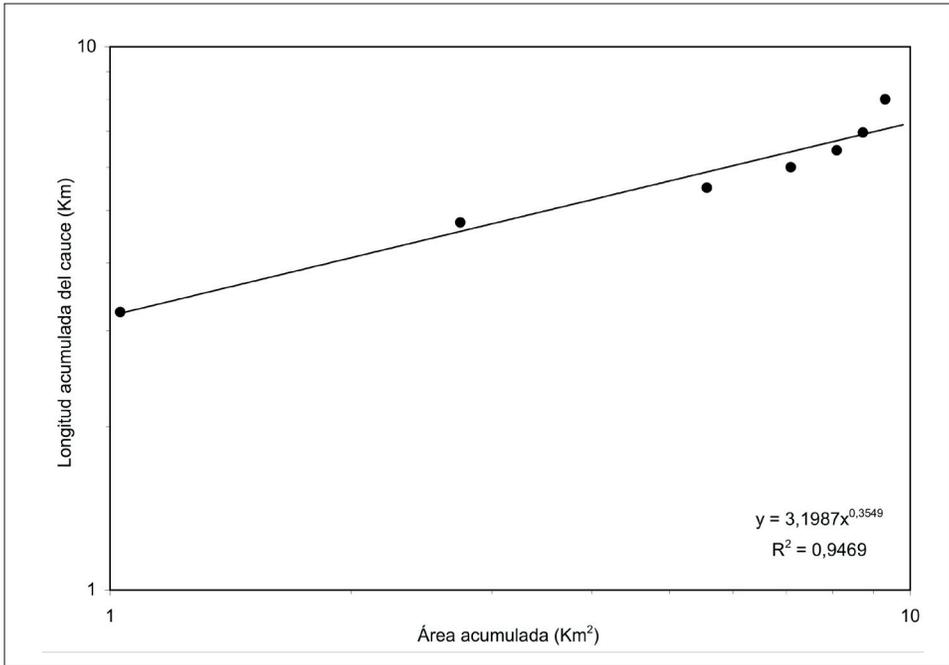


Figura 9. Relación del área acumulada con la longitud del cauce principal de la microcuenca de drenaje de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

Cuadro 4. Orden y magnitud de las corrientes de la red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas - Venezuela

| Orden de la corriente | Número de corrientes | Relación de bifurcación | Longitud total de las corrientes (Km) | Longitud media de las corrientes (Km) | Longitud media acumulada de las corrientes (Km) | Relación de longitud |
|---------------------------------|----------------------------|---|---|---|---|----------------------|
| 1 | 104 | | 33,50 | 0,32 | 0,32 | |
| 2 | 23 | 4,52 | 15,00 | 0,65 | 0,97 | 2,03 |
| 3 | 5 | 4,60 | 3,70 | 0,74 | 1,71 | 1,14 |
| 4 | 1 | 5,00 | 4,50 | 4,50 | 6,21 | 6,08 |
| Orden de la corriente | Número de áreas de drenaje | Área total de drenaje de las corrientes (Km²) | Área media de drenaje de las corrientes (Km²) | Área media acumulada de drenaje de las corrientes (Km²) | Relación de área | |
| 1 | 104 | 5,27 | 0,05 | 0,05 | | |
| 2 | 23 | 6,45 | 0,28 | 0,33 | 5,60 | |
| 3 | 5 | 4,84 | 0,97 | 1,30 | 3,46 | |
| 4 | 1 | 9,31 | 9,31 | 10,61 | 9,60 | |
| Coeficiente de torrencialidad = | | 11,17 | | | | |

tiempos de concentración o de respuesta de la microcuenca muy cortos.

La relación de bifurcación entre los distintos órdenes de corrientes de la red de drenaje es bastante uniforme en todo el sistema, con un valor de relación de bifurcación media de 4,69 (Figura 10), que señala alta probabilidad de experimentar crecidas con caudales pico importantes. Para el caso de las relaciones de longitud y de área, en ambas el último valor de relación entre las corrientes de orden 3 y la corriente de orden 4 no se corresponde con los rangos de valores característicos (Cuadro 4). Los valores de relación de longitud media y de área media se aprecian en la figura 10, los cuales tampoco se ubican dentro de los rangos característicos para sistemas fluviales.

Tiempos de concentración y velocidad del flujo

Los tiempos de concentración y las velocidades de flujo calculadas para la microcuenca de la quebrada Curucutí, se muestran en el Cuadro 5. Según los resultados obtenidos, en la desembocadura del sistema se registra un tiempo de concentración de 38,56 min con una velocidad promedio del flujo de 3,46 m/seg. En el ápice del abanico el tiempo de concentración es de 23,48 min, con una velocidad promedio del flujo de 3,55 m/seg. Los tiempos de concentración estimados, corroboran las afirmaciones que sobre este parámetro se realizaron, a partir del análisis de las características morfométricas de la microcuenca, a la vez que tales magnitudes tienen correspondencia con la morfo-

logía y la geometría del sistema hidrológico de interés en este estudio.

Los tiempos de concentración estimados son bastante cortos, correspondiéndose con valores críticos que suponen el tiempo de arribo de una crecida a las secciones de referencia, principalmente en el ápice del abanico (125 msnm), a partir del cual hacia la línea de costa y bordeando el cauce principal de la quebrada Curucutí sobre los depósitos torrenciales del abanico aluvial, se asienta gran parte de la población de la Parroquia Carlos Soublette del estado Vargas.

Conclusiones

La microcuenca de la quebrada Curucutí corresponde a un sistema hidrogeomorfológico de pequeñas dimensiones de carácter exorreico con orientación nortesur perpendicular a la línea de costa, cuyas respuestas morfodinámica e hidrológica están determinadas por la pequeña área del mismo, fuertes pendientes en las vertientes y cauces del sector montañoso, la densidad de drenaje media, el orden 4 de la microcuenca, una relación de bifurcación media de 4,69, alta torrencialidad, las dimensiones de las tormentas y la intensidad y duración de las lluvias. En breves palabras, las respuestas morfodinámica e hidrológica de la microcuenca son condicionadas y controladas por las características morfométricas del sistema y de su red de drenaje.

Los tiempos de concentración estimados son bastante cortos, a la vez que representan valores críticos como tiempo

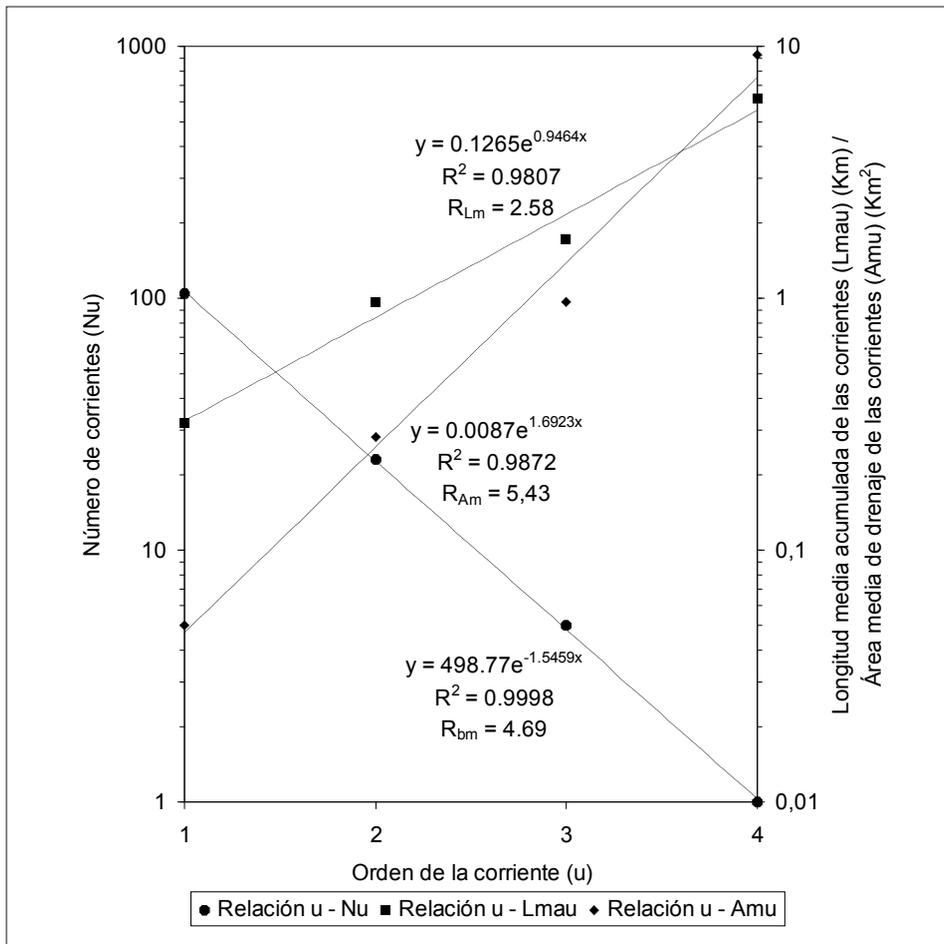


Figura 10. Relación del orden de las corrientes con el número de corrientes, la longitud media acumulada de las corrientes, y el área media de drenaje de las corrientes de la red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas-Venezuela

de respuesta hidrológica (crecidas) de la microcuenca, considerando los asentamientos humanos emplazados sobre el área del abanico aluvial. Estos valores de tiempo de concentración, corroboran el control de la morfometría del sistema y de su red de drenaje en la magnitud de los mismos.

Este análisis morfométrico aporta elementos de gran importancia y peso para la concepción y/o reevaluación, de ser el caso, del diseño hidráulico e hidrológico de estructuras para el control de crecidas y de sedimentos, así como para el análisis, evaluación y zonificación de la amenaza por inundaciones, movimientos

Cuadro 5. Tiempo de concentración y velocidad del flujo de la microcuenca de la quebrada Curucutí, estado Vargas -Venezuela

| Posición geomorfológica | Magnitudes empleadas en los cálculos | | Tiempo de concentración | | Velocidad del flujo | |
|--|--------------------------------------|--|-------------------------|-------|---------------------|-------|
| | Longitud del cauce principal (m) | Pendiente promedio del cauce principal (m) | h | min | Km/h | m/seg |
| Desembocadura de la quebrada Curucutí en el mar (0 msnm) | 8000 | 0,175 | 0,64 | 38,56 | 12,45 | 3,46 |
| Ápice del abanico aluvial (125 msnm) | 5000 | 0,248 | 0,39 | 23,48 | 12,78 | 3,55 |

de masa y aludes torrenciales y el diseño de sistemas de alerta.

La morfometría detallada de este sistema permitirá, posteriormente, estimar los caudales pico de crecidas para distintos períodos de retorno y duración de la lluvia, a través del modelo del Hidrograma Unitario Instantáneo Geomorfológico (HUIG), el cual asume a la respuesta hidrológica de una cuenca, como una función directa de sus parámetros morfométricos.

Referencias citadas

ALONSO, F.; BRANDIS, D.; BULLÓN, T.; GIL, A.; GONZÁLEZ, J.; MARTÍNEZ DE P., E.; MUÑOZ, J.; ORTEGA, N.; REDONDO, A.; RÍO I. DEL; SANZ, C. y TROITIÑO, M. 1981. **Prácticas de Geografía Física** (Colección Prácticas de Geografía). Editorial Oikos-Tau. Barcelona-España. 205 p.

AMEND, S. 1991. **Parque Nacional El Ávila** (Parques Nacionales y Conservación Ambiental N° 2). Editora Stephan y Thora Amend. Caracas-Venezuela. 176 p.

ARISMENDI, J.; VARELA, D. y SALCEDO, R. 2000. Geomorfología actual y cobertura natural de la vertiente norte de la cordillera de la Costa afectada por el evento hidrometeorológico de diciembre 99, a partir de la interpretación de imágenes de satélite. *Memorias del Seminario Internacional Los Aludes Torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Disponible en DC. Caracas-Venezuela (27 de noviembre al 01 de diciembre).

AUTORIDAD ÚNICA DE ÁREA PARA EL ESTADO VARGAS y ECOLOGY AND ENVIRONMENT. 2003a. *Plan de Manejo para la Ordenación y Restauración Ambiental del Eje Arrecife – Los Caracas: Mapa 5.2, Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra, escala 1:25.000*. Autoridad Única de Área para el Estado Vargas. Maiquetía-Venezuela. [Online] <http://www.auev.gov.ve>

- AUTORIDAD ÚNICA DE ÁREA PARA EL ESTADO VARGAS y ECOLOGY AND ENVIRONMENT. 2003b. *Plan de Manejo para la Ordenación y Restauración Ambiental del Eje Arrecife – Los Caracas: Mapa 9.1, Uso Actual, escala 1:25.000*. Autoridad Única de Área para el Estado Vargas. Maiquetía-Venezuela. [On line] <http://www.aaev.gov.ve>
- AUTORIDAD ÚNICA DE ÁREA PARA EL ESTADO VARGAS y ECOLOGY AND ENVIRONMENT. 2003c. *Plan de Manejo para la Ordenación y Restauración Ambiental del Eje Arrecife – Los Caracas: Mapa 10.1, Zonificación de las Áreas de Protección y Recuperación Ambiental dentro de los Límites del Parque Nacional El Ávila, escala 1:25.000*. Autoridad Única de Área para el Estado Vargas. Maiquetía-Venezuela. [On line] <http://www.aaev.gov.ve>
- AUTORIDAD ÚNICA DE ÁREA PARA EL ESTADO VARGAS y ECOLOGY AND ENVIRONMENT. 2003d. *Plan de Manejo para la Ordenación y Restauración Ambiental del Eje Arrecife – Los Caracas: Categorías de Uso y Manejo, escala 1:25.000*. Autoridad Única de Área para el Estado Vargas. Maiquetía-Venezuela. [On line] <http://www.aaev.gov.ve>
- CARBONE, M. y PÍCCOLO, M. 2002. *Morfometría de la cuenca del arroyo Claromecó, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Geofísica*. 56: 51-66.
- DELGADILLO, A.; FERRER, C. y LAFFAILLE, J. 2004. Caserío La González-Urbanización Villa Libertad: Un estudio de amenazas múltiples y vulnerabilidad en la cuenca media del río Chama (Andes venezolanos). *Memorias del V Congreso Venezolano de Geografía*. Disponible en DC. Mérida – Venezuela (29 de noviembre al 03 de diciembre).
- DÍAZ, C.; MAMADO, K.; ITURBE, A.; ESTELLER, M. y REYNA, F. 1999. *Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: Caso el curso alto del río Lerma, estado de México. Ciencia Ergo Sum*. 6 (2): 124-134. [On line] <http://148.215.4.212/rev/104/10401504.pdf>
- DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1979a. *23 de Enero, hoja 6847-IV-SO, mapa a escala 1:25.000*. Caracas – Venezuela.
- DIRECCIÓN DE CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1979b. *Maiquetía, hoja 6847-IV-NO, mapa a escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- DUGARTE, M. y FERRER, C. 2004. Una aproximación al estudio de los problemas de inestabilidad en la cuenca del río Mocotíes, Mérida, Venezuela. *Memorias del V Congreso Venezolano de Geografía*. Disponible en DC. Mérida-Venezuela (29 de noviembre al 03 de diciembre).
- FOGHIN, S. 2002. **Tiempo y clima en Venezuela: Aproximación a una geografía climática del territorio venezolano** (Colección Clase Magistral). Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Miranda José Manuel Siso Martínez, Subdirección de Investigación y Postgrado. Caracas-Venezuela. 159 p.
- GARDINER, V. 1981. Drainage basin morphometry. En: A. Goudie (ed.). **Geomorphological Techniques**. 47-55. George Allen & Unwin. Londres.
- GOBERNACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. 1984a. *Hoja B-42, mapa a escala 1:5.000*. Caracas-Venezuela.
- GOBERNACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. 1984b. *Hoja C-42, mapa a escala 1:5.000*. Caracas-Venezuela.

- GOBERNACIÓN DEL DISTRITO FEDERAL. 1984c. *Hoja D-42, mapa a escala 1:5.000*. Caracas-Venezuela.
- GONZÁLEZ DE JUANA, C.; ITURRALDE DE AROZENA, J. y PICARD, X. 1980. **Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas** (Ts. 1-2). Ediciones Foninves. Caracas-Venezuela. 1031 p.
- GONZÁLEZ DE M., A. 2004. *Análisis morfo-métrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas*. **Boletín de la AGE**. 38: 311-329. [On line] http://www.ieg.CSIC.es/age/boletin_/38/17%20IBISATE%20311-329.pdf
- GREGORY, K. and WALLING, D. 1973. **Drainage basin form and process: A geomorphological approach**. Edward Arnold. Londres-Inglaterra. 456 p.
- GUEVARA, E. y CARTAYA, H. 1991. **Hidrología: Una introducción a la ciencia hidrológica aplicada**. GUECA. Valencia-Venezuela. 358 p.
- HENAO, J. 1998. **Introducción al manejo de cuencas hidrográficas**. Universidad Santo Tomás. Santafé de Bogotá-Colombia. 396 p.
- HORTON, R. 1945. *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydro-physical approach to quantitative morphology*. **Geological Society of America Bulletin**. 56: 275-370.
- HURTREZ, J.; SOL, C. and LUCAZEAU, F. 1999. *Effect of drainage area on hypsometry from an analysis of small-scale drainage basins in the Siwalik Hills (Central Nepal)*. **Earth Surface Processes and Landforms**. 24 (9): 799-808.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002a. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Balance Morfodinámico, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002b. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Formas de Relieve, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002c. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Geología, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002d. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Hipsometría, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002e. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Pendientes, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002f. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Procesos Geomorfológicos, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO DE VENEZUELA SIMÓN BOLÍVAR y MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. 2002g. *Proyecto Ávila, Mapa de Riesgos: Vegetación, escala 1:25.000*. Caracas-Venezuela.

- JAMIESON, S.; SINCLAIR, H.; KIRSTEIN, L. and PURVES, R. 2003. *Tectonic forcing of longitudinal valleys in the Himalaya: Morphological analysis of the Ladakh Batholith, North India*. **Geomorphology**. Artículo en prensa. [On line] [http://www.geos.ed.ac.uk/contacts/homes/s0095818/Jamieson et al. pdf](http://www.geos.ed.ac.uk/contacts/homes/s0095818/Jamieson%20et%20al.pdf)
- KIRPICH, Z. 1940. *Time of concentration of small agricultural watersheds*. **Civil Engineering**. 10 (06): 362.
- LEOPOLD, L.; GORDON, M. and MILLER, J. 1964. **Fluvial processes in Geomorphology**. W. H. Freeman and Company. San Francisco-USA. 872 p.
- MARCANO, F. y BARRIOS, S. 2001. **Estado Vargas: Aspectos socioeconómicos, función urbana y opciones de desarrollo, Litoral Vargas: Corredor urbano y red vial estructurante**. Instituto de Urbanismo, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela, Centro de Estudios del Desarrollo. Caracas -Venezuela. 287 p.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. 1983. *Mapa de la vegetación actual de Venezuela, mapa a escala 1:500.000*. Caracas-Venezuela.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES, DIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA Y METEOROLOGÍA. 2000. *Datos climatológicos: Estaciones Maiquetía, Maiquetía-Aeropuerto y Los Castillitos*. Datos no publicados. Caracas-Venezuela.
- MONEDERO, C. y GUTIÉRREZ, M. 2001. *Análisis cuantitativo de los patrones espaciales de la cobertura vegetal en el geosistema montañoso tropical El Ávila*. **Ecotrópicos**. 14 (1): 19-30.
- MONSALVE, G. 2000. **Hidrología en la Ingeniería**. Escuela Colombiana de Ingeniería. Santafé de Bogotá-Colombia. 382 p.
- OLIVERO, M.; AGUIRRE, J. y MONCADA, A. 2004. Información técnica sobre los deslizamientos de barro y escombros ocurridos en la zona del páramo de Mérida en junio 2003. *Memorias del V Congreso Venezolano de Geografía*. Disponible en DC. Mérida-Venezuela (29 de noviembre al 03 de diciembre).
- PASTRANA, S. 2003. *Análisis topológico de cuencas*. [On line] <http://club.telepolis.com/geografo/geomorfologia/analculen.htm>
- PÉREZ, D. s/f. *Fundamentos de geomorfología dinámica con énfasis en los procesos fluviales*. Venezuela, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Dirección General de Información e Investigación del Ambiente, Dirección de Hidrología. Caracas – Venezuela. 70 p.
- PDVSA – INTEVEP. 1996. *Léxico estratigráfico electrónico de Venezuela*. [On line] <http://www.pdvsa.com/lexico>
- SCALLY, F. DE; SLAYMAKER, O. and OWENS, I. 2001. *Morphometric controls and basin response in the Cascade Mountains*. **Geografiska Annaler**. 83 A (3): 117-130. [On line] http://www.geog.ubc.ca/~olav/publications/DeSally_et_al_2001.pdf
- SENCIALES, J. 1998. *El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico*. **Norba**. X: 155-183. [On line] <http://www.fyl-unex.com/foro/publicaciones/norba/files/10/p10.pdf>
- SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1995a. *Caracas, hoja 6847-IV-SO, ortofotomapa a escala 1:25.000*. Caracas -Venezuela.

- SERVICIO AUTÓNOMO DE GEOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA NACIONAL. 1995b. La *Guaira*, hoja 6847-IV-NO, ortofotomapa a escala 1:25.000. Caracas-Venezuela.
- SILVA, G. 1999. *Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela*. **Revisita Geográfica Venezolana**. 40 (1): 9-42.
- SMITH, D. and STOPP, P. 1978. **The river basin: An introduction to the study of hydrology**. Cambridge University Press. Cambridge – Great Britain. 273 p.
- STEYERMARK, J. y HUBER, O. 1978. **Flora del Ávila: Flora y vegetación de las montañas del Ávila, de la Silla y del Naiguatá**. Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Völlmer Foundation, Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas-Venezuela. 655 p.
- STRAHLER, A. 1968. Quantitative Geomorphology. En: R. Fairbridge (ed.). **The Encyclopedia of Geomorphology** (Encyclopedia of Earth Sciences Series, T. 3). 898-912. Dowden, Hutchinson & Ross. Pennsylvania-USA.
- STRAHLER, A. 1985. **Geografía Física** (7a. ed.). Editorial Omega, S. A. Barcelona – España.
- URBANI, F. 1999. *Revisión de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. **Geos 33**. Disponible en DC: Geos N° 35/marzo 2002/UCV/Fundación Geos/Caracas.
- URBANI, F. 2000. Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de diciembre de 1999. *Memorias del XVI Seminario Venezolano de Geotecnia: Calamidades geotécnicas urbanas con visión al siglo XXI, la experiencia para proyectos del futuro*. 179-193. Caracas-Venezuela (07-09 de noviembre).
- URBANI, F. 2002a. *El río Miguelena de Camurí Grande, estado Vargas: Una ventana a la geología de la Cordillera de la Costa – Guía de excursión* (Excursiones Geológicas N° 02-1). Sociedad Venezolana de Geólogos, Comité Metropolitano de Excursiones. Caracas-Venezuela.
- URBANI, F. 2002b. *Geología del área de la autopista y carretera vieja Caracas – La Guaira, Distrito Capital y estado Vargas: Guía de excursión*. **Geos 35**. Disponible en DC: Geos N° 35/marzo 2002/UCV/Fundación Geos/Caracas.
- URBANI, F. 2002c. Geología del estado Vargas y las unidades ígneo-metamórficas de la Cordillera de la Costa. *Memorias del III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica y III Jornadas de Sismología Histórica* (Colección Serie Técnica N° 2). 236-240. Caracas – Venezuela (15-20 de julio).
- URBANI, F. 2002d. *Nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela*. **Geos 35**. Disponible en DC: GeosN°35 /marzo2002 / UCV/Fundación Geos/Caracas.
- URBANI, F.; RODRÍGUEZ, J. y VIVAS, V. 2000. Geología del estado Vargas, Venezuela. *Memorias del Seminario Internacional Los Aludes Torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Disponible en DC. Caracas-Venezuela (27 de noviembre al 01 de diciembre).
- VÉLEZ, M. y VÉLEZ, J. s/f.a. Geomorfología de cuencas. En: M. Vélez y J. Vélez (eds.). **Hidrología (I-1060): Notas del curso de Hidrología de la profesora María Victoria Vélez O**. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Sede Medellín, Unidad de Hidráulica. [On line] http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/hidrologia/4_Geomorfologia.pdf

VÉLEZ, M., y VÉLEZ, J. s/f.b. La cuenca hidrográfica. En: M. Vélez y J. Vélez (eds.). **Hidrología (I-1060): Notas del curso de Hidrología de la profesora María Victoria Vélez O.** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Sede Medellín, Unidad de Hidráulica. [On line] http://poseidon.unalmed.edu.co/Materias/jivelez/morfometría_cuenca.doc