

Aspectos geomorfológicos y climáticos de la cuenca alta y media del río Capanaparo. Llanos de Apure. Venezuela

Geomorphologic and climatic aspects of high and medium basin of "Capanaparo" river. "Apure" plains. Venezuela

Aspectos geomorfológicos e climáticos da bacia alta e meia do rio "Capanaparo". Planos de "Apure". Venezuela

Francisco Rattia¹ Omar Guerrero² Rocío Segnini³ Yorman Marín⁴

Recibido: 2-2-14; Aprobado: 7-3-14

RESUMEN	ABSTRACT	RESUMO
<p>Se realizó un estudio geomorfológico de los sistemas eólicos y fluviales de los Llanos de Apure, basándose en análisis fotogeológicos y de campo, realizados en la cuenca media y alta del río Capanaparo, específicamente en los predios de la finca San Antonio, ubicada en el sector Santa Rosa, parroquia Guachara, municipio Achaguas del estado Apure; con la finalidad de establecer un modelo de distribución sedimentaria y procedencia de sedimentos y así determinar la génesis de estos sistemas eólicos y la dinámica fluvial. Se procedió a un análisis geomorfológico-sedimentario y climatológico, para determinar parámetros granulométricos, morfométricos y determinación de grandes unidades de depósito. La evaluación hidrometeorológica permitió generar mapas de coeficiente de humedad (%) y evapotranspiración (cm), definiendo cinco (5) zonas climáticas. Mientras que los controles geomorfológicos definen tres (3) áreas geomorfológicas; una con potencial de erosión fluvial al NO, la segunda con potencial eólico al NE y la tercera bajo la influencia de efectos eólico-fluvial o de mezcla, ubicada en la zona central del estado Apure. La cuenca media y alta se evaluó mediante fotointerpretación geomorfológica y topográfica a través de una sección de aproximadamente 105 km del colector principal del río Capanaparo, estableciendo una división en cuatro (4) tramos con geometrías diversas en cuanto a: pendiente, ancho versus profundidad y sinuosidad, evaluadas según la clasificación de Rusgen (1994) como de tipos; F, E y C. Finalmente, se plantea un modelo de distribución geomorfológica de sedimentos eólicos y fluviales.</p> <p>Palabras clave: Estado Apure-Venezuela, geformas eólicas, morfometría de canales fluviales, río Capanaparo.</p>	<p><i>The geomorphology of wind and river systems in Apure plains, based on photogeological and field analysis, conducted in the middle and upper basin of Capanaparo River, specifically at San Antonio property, located in Santa Rosa sector, Guachara parish, Achaguas municipality, Apure State, in order to establish a model of sediment distribution and provenance of sediments and determine the origin of these wind systems and river dynamics. We proceeded to geomorphic-sedimentary and climatological analysis, in order to determine granulometric and morphometric parameters, and determination of large storage units. Hydrometeorological evaluation allowed to generate maps of moisture ratio (%) and evapotranspiration (cm), defining five (5) climatic zones. While geomorphological controls define three (3) geomorphological areas, one with fluvial erosion potential to NW, the second with wind potential to NE and the third under the influence of wind or mixed effects, located at the central area of Apure state. The middle and upper basin was evaluated using geomorphic and topographic photo interpretation through a section of about 105 km from the main collector Capanaparo River, establishing a division into four (4) sections with different geometries as to, slope, width vs. depth and sinuosity, evaluated according to Rusgen (1994) classification as types, F, E and C. Finally, it is presenting a geomorphological distribution model of wind and fluvial sediments.</i></p> <p>Keywords: Apure state, Capanaparo river, wind geofoms, river channel morphometry, Venezuela.</p>	<p>Realizou-se um estudo geomorfológico dos sistemas eólicos e fluviais dos planos de "Apure", baseando-se em análises fotogeológicas e de campo, realizados na bacia média e alta do rio "Capanaparo", especificamente na finca "San Antonio", localizada no sector "Santa Rosa", paróquia "Guachara", municipio "Achaguas" do estado "Apure"; com a finalidade de estabelecer um modelo de distribuição sedimentaria e procedência de sedimentos e assim determinar a génesis destes sistemas eólicos e a dinâmica fluvial. Procederá-se a uma análise geomorfológico-sedimentario e climatológico, para determinar parâmetros granulométricos, morfométricos e determinação de grandes unidades de depósito. A avaliação hidrometeorológica permitiu gerar mapas de coeficiente de humidade (%) e evapotranspiração (cm), definindo cinco (5) zonas climáticas. Enquanto os controles geomorfológicos definem três (3) áreas geomorfológicas; uma com potencial de erosão fluvial ao NÃO, a segunda com potencial eólico ao NE e a terça baixa a influência de efeitos eólico-fluvial ou de mistura, localizada na zona central do estado "Apure". A bacia média e alta avaliou-se mediante fotointerpretação geomorfológica e topográfica através de uma secção de aproximadamente 105 km do coletor principal do rio "Capanaparo", estabelecendo uma divisão em quatro (4) trechos com geometrias diversas quanto a: pendente, largo versus profundidade e sinuosidade, avaliadas segundo a classificação de Rusgen (1994) como de tipos; F, E e C. Finalmente, propõe-se um modelo de distribuição geomorfológica de sedimentos eólicos e fluviais.</p> <p>Palavras-chave: Estado Apure-Venezuela, geformas eólicas, morfometria de canais fluviais, rio "Capanaparo".</p>

¹ Ing°Geó°. Universidad de Los Andes (ULA). Grupo de Investigaciones de Ciencias de la Tierra "TERRA". e-mail: francisco186@hotmail.com; ² Geog°, Dr. ULA. TERRA. e-mail: oguerrero@ula.ve; ³ Ing°Geó°, MSc. ULA. TERRA. e-mail: rociosegnini@ula.ve; ⁴ Ing°For°, MSc. Laboratorio de Fotogeología. ULA. e-mail: yormanmarin@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La depresión tectónica de los llanos venezolanos localizados entre el sistema montañoso de Los Andes, central y oriental al norte y oeste y el escudo de Guayana al sur de Venezuela, comprende una superficie de aproximadamente 800.000 km²; extendido entre las latitudes 5° a 10°N. Las condiciones climáticas de esta extensa región está dominada por el efecto de los vientos alisios del NE y por el efecto estacional de migraciones de la zona de convergencia intertropical (ZCIT), los cuales confieren a esta región llanera un carácter pluviométrico marcadamente estacional; que comprenden entre 6 a 8 meses de precipitaciones, que corresponde con la duración de la estacionalidad de primavera y verano del Hemisferio norte, mientras que la variable temperatura, por el contrario, muestran amplitudes isotermales, es decir, no superiores a 5°C durante todo el año, el rango de temperatura media anual oscila entre 25 °C - 30 °C. Siendo las variaciones interanuales del orden de 1 °C en promedio. Los regímenes pluviométricos producto de la migración de la ZCIT hacia el norte del país, logran alcanzar la cordillera de La Costa y Los Andes venezolanos, además el sistema de vientos es permanente sobre la zona llanera durante toda la estación seca, manteniendo una dirección de viento constante NE. Esta dirección está afectada parcialmente por el corredor geográfico existente entre los sistemas orográficos montañosos del oeste y norte, como de las zonas de mesetas y tepuyes que dominan el paisaje del sur de Vene-

zuela. Los vientos secos, fuertes y constantes entran a la región llanera por el NE y E, es decir por el mar Caribe y a través del Delta del Orinoco, entre las longitudes 66° y 68° oeste, cuando el viento se acerca al territorio Apureño, a unos 400 km al oeste, los vientos son obligados a orientarse hacia el sur y suroeste, debido a la presencia de el sistema montañoso de Los Andes (estados Táchira y Mérida), por tal motivo los vientos experimentan un disminución de su fuerza (Roa, 1980). Durante los meses de estiaje del río Orinoco (noviembre-marzo), los sistemas de barras arenosas fluviales expuestas, son afectadas por la acción del viento, formando pequeños sistemas de dunas en las zonas aledañas, que son destruidos en los períodos de ascensos y avulsiones del río. Sin embargo se reconocen presencias de depósitos arenosos eólicos en las zonas de inundaciones antiguas del río Orinoco, en los estados Guárico, Anzoátegui y Bolívar. En el presente proyecto de trabajo especial de grado, se aborda el estudio de la formación de los sistemas de dunas activas que existen en la sección media-alta del río Capanaparo, el cual es extrapolable a todos los llanos, desde el punto de vista geomorfológico y sedimentario, con fines de conocer a partir de su análisis, el origen y génesis de estas formaciones de paisajes que no corresponde ambientalmente con el sistema de llanuras aluviales existentes en todos los llanos de Venezuela. El trabajo se estructura en capítulos que comprenden aspectos como; generalidades sobre los sistemas de llanuras aluviales, sistemas eólicos, evaluación del aspecto

climatológico de los llanos de Apure, distribución de las geoformas constructivas y destructivas dominantes en los llanos apureños, reseña de los aspectos geológicos regionales, análisis sedimentológico y mineralógico de los depósitos eólicos, estudios de procedencias sedimentarias.

Se plantean varias hipótesis o escenarios para el estudio de la procedencia y naturaleza de los depósitos eólicos existentes en la región de los llanos de Apure. Durante el Pleistoceno Superior (posible Máximo Glacial-LMG-10.000 años), los llanos y áreas adyacentes experimentaron un clima árido, producido por la migración de la ZCIT hacia el sur, por tal motivo la actividad eólica fue dominante en la región. El clima seco favoreció el intemperismo mecánico (termoclástismo) y la erosión de los arroyos en el Escudo de Guayana, lo cual resulta en un incremento de granulometrías de arenas y limos en las zonas bajas del río Orinoco. Una baja del nivel de base del río Orinoco, debido a la disminución del nivel del mar contribuyó a la exposición de material de granulometría arena y limo en las zonas de plataforma marina-líneas de costa. Además, es probable que los caudales del río Orinoco durante el Pleistoceno medio-reciente, fuera substancialmente mayor que en la actualidad, motivado a los grandes diferencias climáticas estacionales máximas y mínimas. Por otra parte, se presume que los vientos, era más fuerte que en la actualidad, lo que produjo deflación de arena y limos, formando campos de arena en los llanos medios y bajos del territorio

del Apure, además de los mantos de loess, más extendidos hacia el sur del río Meta. Durante el Holoceno, posterior a la formación de los suelos húmedos, los llanos experimentaron varios episodios de ciclos eólicos, probablemente menos intensos, los cuales formaron grandes dunas parabólicas con dirección NE-SW y en la confluencia entre los ríos Meta-Casanare con dirección N-S, en Colombia (Iriondo, 1992). Otro probable escenario del origen de limos (loess) es la presencia de grandes costas con extensos depósitos de arenas en las cercanías de Belém al NE de Brasilia-Brasil, que según Tricart y Da Silva (1969) sugieren que tales dunas fueron originadas por plataformas de arena durante el periodo de bajo nivel del mar durante el LGM. Por tal motivo, se propone un estudio geomorfológico-sedimentario, así como de los controles climáticos, mineralógicos y estructurales dominantes que afectan los diferentes subambientes de este espacio geográfico y la interpretación geomorfológica de la zona media-alta de la cuenca del río Capanaparo, donde se pueden reconocer depósitos eólicos de are-

nas y fluviales, con el propósito de analizar la procedencia de estos sedimentos a través de análisis fotogeológico y de reconocimientos de depósitos cuaternarios en campo.

Ubicación del Área de Estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en los predios de la finca San Antonio, localizada en el sector Capanaparo, parroquia Guachara, municipio Achaguas, del estado Apure, la cual corresponde con la cuenca media-alta del río Capanaparo. El sector con un área aproximada de 34.670 km², se encuentra entre las coordenadas geográficas: 7°05'24" N-68°28'02"O/ 7°01'00"N-68°22'76"O (Figura 1), con una altitud promedio de 70 msnm.

Caracterización físico-natural del área de estudio

La fisiografía venezolana de gran diversidad, ha sido clasificada en función de sus características geomorfológicas y climáticas, delimitándose un conjunto de espacios geográficos, los cuales se denominaron regiones naturales. En todo el país se

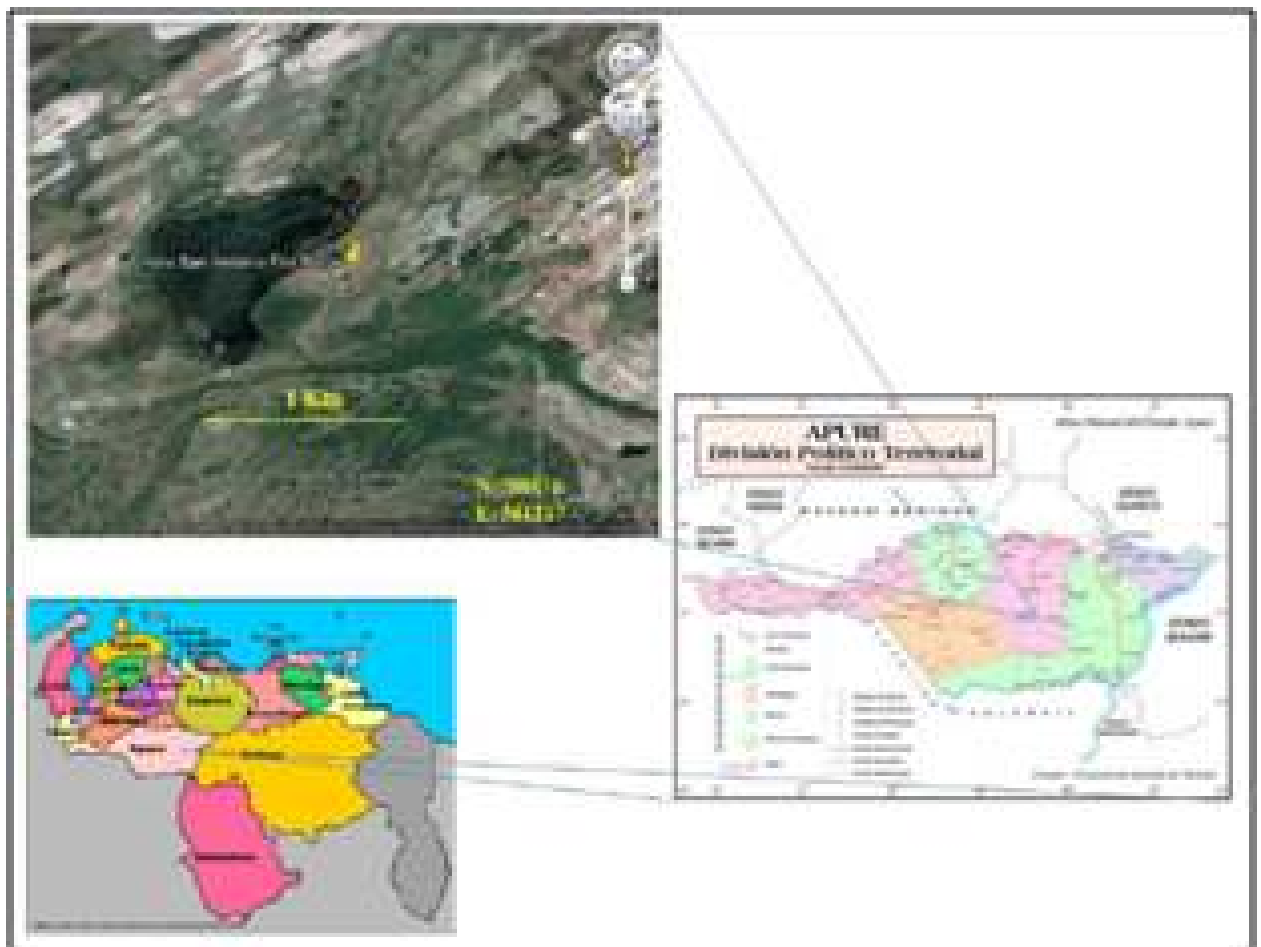


Figura 1. Localización relativa regional y nacional del área de estudio. Modificado de Google-Earth, 2010; <http://www.venezuelatuya.com/estados/apure.htm>.

definieron treinta y tres (33) regiones, de las cuales siete (7) se localizan entre los estados Guárico y Apure. (Sistemas Ambientales Venezolanos -SAV, 1982. Tabla I). En el presente trabajo la región de interés corresponde a las Llanuras Eólicas y Altiplanicies del Capanaparo, ubicada al sur del estado Apure y se extiende desde el río Capanaparo hasta el río Meta, con una superficie de 34.670 km². Los diversos procesos de meteorización-erosión presentes en el área, han dado origen a varios tipos de paisajes fisiográficos: las llanuras eólico-arenosas al norte, las cuales ocupan el 40 % aproximadamente de la superficie de la región; al noroeste planicies limosas de origen eólico, y al sur las formas de altiplanicies disectadas y no disectadas. Las morfologías de origen eólico y las antiguas formas de altiplanicies son los paisajes predominantes en la región. Las llanuras eólicas, caracterizadas por extensos campos de dunas, se presentan de formas más o menos uniformes, con dunas de diversos espesores, desde densas, sin que aflore el piso infrayacente hasta dunas esparcidas sobre formaciones basales del Pleistoceno Medio-Pleistoceno Inferior. Algunos de estos médanos poseen actividad y otros están en proceso de ruptura de su estabilidad, lo cual le imprime al paisaje un carácter de alta dinámica sedimentaria, con predominio de dunas bajas de al menos 1 m., de altura, que llegan a representar el 50 % del total, le siguen dunas entre 1 a 10 ms., que representan el 45 % y, el resto, corresponde a dunas superiores a 10 m. La forma en que se distribuyen estos médanos,

Tabla I. Regiones naturales: Región Los Llanos. Tomado de SAV, 1982).

Regiones naturales	Superficie (Km ²)	Porcentaje (%)
Serranía del Interior	3.515	3
Piedemonte Colinas-Galerías de la serranía interior	6.035	5
Llanos Ondulados Centrales	15.943	12
Llanos Altos Centrales	10.768	8
Llanos Disectados Centrales.	15.632	12
Llanuras Deltaicas Continentales.	13.932	11
Alto Apure.	20.357	15
Llanuras Eólicas y Altiplanicies del Capanaparo.	34.670	26
Depresión de Unare	10.916	8
Total	132.037	100

producen depresiones esparcidas en las planicies. Hacia interdunales las cuales son el sur, se encuentran las ocupados por pequeñas lagunas altiplanicies y planicies del en los meses húmedos. (SAV, Pleistoceno de los ríos Rielito y 1982, figura 2). Otras importantes Capanaparo, con fuertes disecciones por los drenajes llanuras de esta región la representa las planicies limosas naturales. Las planicies con planas en las que predomina topografía plana no sujetas a inundaciones frecuentes, con localmente el escarceo drenaje externo e interno rápido. (corresponde a camellones Los suelos de estas llanuras provocados por movimientos de poseen, en mayor o menor grado, solifluxión y reptación que afectan estructuras de concreciones de la capa de limo) y las depresiones hierro con corazas superficiales o en forma de cubetas localizadas y subsuperficiales desmanteladas.



En estas planicies se producen localmente fenómenos de erosión hídrica en diversas formas. Además, las características litológicas le confieren una alta susceptibilidad potencial a la erosión hídrica lineal y laminar.

De manera general, el clima es cálido clima tropical lluvioso de sabana y rigurosa estación seca. La temperatura es alta, con un promedio cercano a los 26 °C, y el nivel de precipitaciones fluctúa entre los 1.200 y los 2.000 mm anuales. En casi todo el territorio prevalece una vegetación de sabana, herbácea, de pastizales, matorrales y arbustos, frecuentemente acompañadas de enormes palmas que agrupadas forman los paisajes de "morichales" comunes a todo el llano (Figura 2). Posee también secciones intercaladas de selvas, llamadas "de galería", y en menor grado, zonas de bosque tropical lluvioso y húmedo montano en las estribaciones de Los Andes, al extremo oeste del estado, en el límite con la República de Colombia y con el estado Táchira, donde proliferan esteros y vegetación acuática en los márgenes de los ríos.

El relieve es plano casi totalmente, con extensas llanuras que van desde la confluencia de los ríos Apure, Arauca y Capanaparo con el Orinoco, hasta las estribaciones de Los Andes. Con pocos accidentes de terreno, las oscilaciones de altitud fluctúan entre los 40 y los 200 msnm (Figura 4). Los llanos apureños presentan algunos hechos fisiográficos importantes, generados por el tipo de suelo, clima y su patrón hidrográfico; sobresalen entre ellos, las zonas de médanos, planicies deltaicas y unidades tales como; bajíos, bancos y esteros, muy proclives a las inundaciones durante el período de lluvias. Además en el occidente del territorio se hallan el piedemonte y montañas con alturas mayores a los 3 km, en una porción de la cordillera oriental andina, que limita con el estado Táchira. El área de estudio corresponde con la provincia morfotectónica deprimida de la cuenca de Barinas-Apure ubicada entre los arcos de El Baúl y del Arauca, por el SO y NE, la cordillera andina por el oeste y el Escudo de Guayana por el este. Se considera que la mayor parte de los sedimentos suspendidos que transporta el río Orinoco provienen de los tributarios de la margen occidental, cuyos sedimentos más gruesos (arenas gruesas y gravas) son mayoritariamente depositados en el piedemonte de Los Andes venezolanos y cordillera oriental de Colombia, mientras que las granulometrías del rango de arenas media y muy

finas se depositan en las zonas medias y bajas de los llanos occidentales de Colombia, (Departamento Vichada) y Venezuela (estado Apure). Sin embargo, gran parte de la sedimentación clástica en tránsito localizada en los llanos altos y medios son redepositados y por el efecto erosivos de las corrientes fluviales y eólicas en posiciones geomorfológicas bajas, por tal motivo se consideran que estos sedimentos poseen una mayor madurez textural y mineralógica, por lo que la naturaleza y tipo de meteorización permite la formación de grande depósitos de arenas cuarzosas.

Johnsson, et al. (1991, en Iriondo, 2001) consideran que la mayor carga de sedimentos de arena transportada por el río Orinoco, se deriva de las zonas orogénicas de Los Andes colombianos y venezolanos del Sistema de la Costa, de los llanos altos occidentales y en menor proporción de los llanos orientales, los cuales pueden actuar como zonas de meteorización, donde se reconocen los depósitos de las Formación Mesa (Plio-Pleistoceno), igualmente, los autores antes mencionados estiman que un 95 % de los sedimentos transportados por el río Orinoco provienen de las unidades geomorfológicas antes mencionadas, mientras que un 5 % de sedimentos provienen de los tributarios que nacen en el Escudo de Guayana, los cuales se caracterizan por ser arenas feldespáticas (arcósicas y subarcósicas).

Finalmente, los suelos varían en calidad y textura según la antigüedad y el drenaje, elementos que influyen la naturaleza de la mezcla. De la misma forma es relevante la exposición a condiciones climáticas muy húmedas o algo más secas. El resultado es desigual, de modo que los suelos se distribuyen de la manera siguiente: en las zonas de médanos, son ácidos y bajos en nutrientes; en sectores de llanuras constantemente inundados, son de mediana calidad y fertilidad deficiente; en los bancos registran buen drenaje y texturas medias; y en el noreste (hacia Biruaca) ostentan un extraordinario poder agrícola.

El estado Apure está surcado por numerosos ríos de gran longitud y anchura, los cuales son parte de la cuenca del Orinoco, los ríos más importantes del estado son: el Apure que le da nombre al estado; el Arauca, de más de 700 km de longitud, que nace en Colombia (forma frontera común entre los dos países durante un trecho); el Orichuna de unos 500 km de longitud; el Capanaparo, el Cinaruco, el Cunaviche, el Matiyure y el Meta. El curso alto del río Capanaparo



Figura 3. Distribución de los principales sistemas hidrográficos de la cuenca del río Orinoco, nótese el paralelismo que existe entre los colectores de los ríos Capanaparo, Cinaruco y Arauca. El Capanaparo nace en las estribaciones del piedemonte andino.

está formado por los ríos y arroyos que provienen de la Victoria y Guasualito cuyas partes bajas se encuentran ya en el estado Apure y drena directamente al río Orinoco.

Marco Geológico

Los llanos apureños están compuestos de rocas y sedimentos originados durante el Terciario (Neógeno) y Cuaternario (Pleistoceno), de escasa o inexistente consolidación, con depósitos arenosos y arcillosos acumulados por inundaciones ocurridas en tiempos recientes. En las riberas del Orinoco se observan afloramientos de rocas precámbricas pertenecientes al Escudo Guayanés, que se

manifiestan en elevaciones que provienen de la Victoria y Guasualito cuyas partes bajas se encuentran ya en el estado Apure y drena directamente al río Orinoco. neógenas que forman colinas y bajas vertientes de la cordillera, como son las formaciones; Parángula (Mioceno Inferior), río Yuca (Mioceno Medio-Plioceno) y Guanapa (Pleistoceno). Gran parte del estado Apure está constituida por un extenso campo de dunas (ocupa unos 30.000 km²) que tiene la particularidad de no ser un clima desértico, sino de sabana tropical en un paisaje de pastos naturales que se alternan con algunas selvas de galería y ríos caudalosos con médanos de más de 100 km de longitud y hasta

20 m de altura. Así pues, este ecosistema es el resultado del modelado eólico en un clima de sabana.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Morfometría de la Cuenca Media-Alta del río Capanaparo.

Dentro del río Capanaparo en su parte media - alta, se analizó un tramo con una longitud aproximada de 105 km, partiendo de un punto de coordenadas (N: 763.276; E: 527.619) siendo la referencia geográfica más cercana la finca El Porvenir, aguas abajo del sector El Ñaure. (Figura 4). La red hidrográfica de la cuenca media-alta del río Capanaparo en su

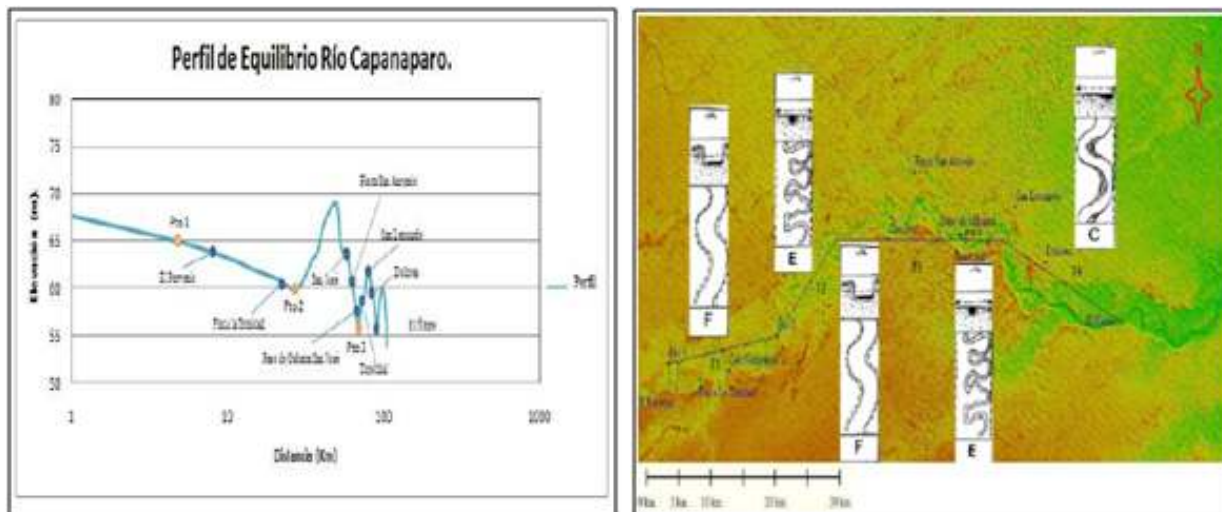


Figura 4. Perfil de equilibrio fluvial de la sección media y alta del río Capanaparo y resultados de la interpretación fotogeológica de los patrones geométricos del canal según el modelo de Rusgen (1994). Se observa la repetición de patrones tipos F/E-F/E-C, productos de procesos tectono-sedimentarios y climáticos, que definen cuatro tramos (T1, T2, T3 y T4).

parte superior, está conformada por patrones dendríticos con densidad alta y baja, mientras que en la sección media y baja el río pasa de canales trenzados a canales meandriformes. Sin embargo, se reconocen patrones geométricos de canales meandriformes de sinuosidad alta y baja, especialmente en la sección media-alta del río Capanaparo, donde podemos reconocer cuatro (4) tramos tomando en cuenta la distribución de puntos de inflexión en la curva de perfil de equilibrio (Figura 4), de acuerdo a la metodología de D. Rosgen (1994).

a) Tramo 1 (T1): Canal fluvial s20 tipo (F), va desde la zona El Porvenir hasta Las Campanas. Este corresponde a un río meandriforme con geometría encauzada serpenteante, el canal posee rápidos y estancados, se caracterizan por un bajo gradiente de pendiente (0,02 %) y una alta relación ancho profundidad (>15) que define un canal tipo lamina (sheet), (Miall 1986). La relación de encauzamiento tiene un valor de 1,8. Y este se produce sobre material altamente resistente. En la imagen se aprecia que el río se alinea con dunas fósiles estabilizadas. (Figura 4). Son canales meandriformes lateralmente inestables con una tasa alta de erosión de los diques (avulsiones), la morfología característica es de rápidos/estancados (riffle/pool), formando terrazas hacia el margen sur del río Capanaparo.

b) Tramo 2 (T2): Canal tipo (E), este tramo del canal presenta pendientes muy bajas con un valor de (0,05 %) con geometría meandriforme de corrientes que presentan rápidos y estancados con muy baja relación ancho-profundidad y escasa sedimentación,

muy eficiente y estable, presenta meandros con una alta relación de curvatura del meandro (> 1,5) la obtenida es de (1,9), conforma un valle amplio limitado por las superficies de lecho mayor de inundación relleno de material fluvial dentro de la llanura aluvial, sinuosidad muy elevada con bancos de vegetación abundante (bosque de galerías “matas”).

c) Tramo 3 (T3): Este tramo posee una geometría combinada tipo (F y E) \pard plain . Pasa por la zona de San José hasta el Paso de Gabarra. En la parte oeste se comporta como tipo F y en la parte este como tipo E, hacia el lado norte del canal, la llanura aluvial presenta rompimiento de diques con formación de abanicos de rotura, mientras que al sur se reconocen niveles de terrazas.

d) Tramo 4 (T4): Canal tipo (C), va de San Leonardo hasta El Naure. La geometría del canal presenta gradiente de pendiente baja (<0,01 %), meandriforme con desarrollo de barras de meandros, rápidos y estancados, canales aluviales amplios y llanura aluvial bien definida. La relación de encauzamiento (>2,2), relación ancho-profundidad (>15) y relación de sinuosidad (1,3). Presenta formación de terrazas en ambos márgenes, suelos aluviales, el canal se encuentra ligeramente encauzado con canales meandriformes bien definidos, la morfología del lecho del canal es asimétrica con geometría de rápidos y estancados. A partir de la interpretación de los canales podemos concluir que a lo largo de la sección del río, tenemos áreas de tasa alta de erosión lateral, socavamiento

que forma las terrazas y cortan los sedimentos del subsuelo, exponiendo altos contenido de material arenoso e incrementando las acumulaciones y mantos de arena que van a ser sometidos al efecto eólico. También se observa que hacia la zona suroeste de la figura 4, se incrementa la tonalidad de rojo, indicando que el río Capanaparo está realizando un trabajo erosivo en esta zona.

Análisis Hidrometeorológicos de la Cuenca Media-Alta del río Capanaparo.

Para el análisis se utilizó la información perteneciente a las estaciones climatológicas de todo el estado Apure, suministradas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), con la cual se realizaron balances hídricos que permitieron establecer el tipo de clima del estado. Con esta información generamos mapas de Coeficiente de Humedad que indican las concentraciones de agua en el estado y evapotranspiración (ET) con los cuales se dividió el estado en cinco (5) zonas climáticas (Tabla II, figura 5).

Zona 1. (La Victoria-Guasdalito): Ubicada hacia la parte oeste del estado Apure, se determinó un tipo de clima Sub-húmedo-Megatérmico y se observa un período aproximado de tres (3) meses secos (enero-marzo), los meses húmedos corresponden con el intervalo de abril-diciembre, siendo los máximos de precipitación los meses de junio y octubre. Por otra parte, la evapotranspiración se restringe al intervalo entre 10 a 15 cm de promedio mensual (Figura 5).

Zona 2. (Trinidad de Orichuna-Puerto Infante): Para esta zona se determinó un clima Sub-húmedo seco - Megatérmico, observando un período aproximado de cinco (5) meses de sequía que corresponden a los meses de noviembre-marzo. Mientras que, el intervalo húmedo representa los meses de abril-octubre, siendo el máximo de precipitación para el mes de julio. Los valores mensuales de evapotranspiración superan el valor 15 cm.

Zona 3. (Guachara-El Yagual): Ubicada en la zona central del estado Apure. Se determinó un tipo de clima Semiárido - Megatérmico, con un período aproximado de siete (7) meses de sequía que corresponde a los meses de octubre hasta abril, mientras que los meses húmedos van desde mayo a septiembre, con un máximo de precipitación en el mes de junio. Por otra parte, la evapotranspiración supera el valor de 15 cm, como se puede apreciar en el mes de marzo, coincidiendo con el equinoccio (22-23 de marzo).

Zona 4. (Cunaviche-El Caballito): Ubicada hacia la zona Este del estado Apure. Se determinó un clima de tipo Semiárido-Megatérmico, con un período aproximado de ocho (8) meses de sequía que ocupan desde octubre-mayo, siendo los valores máximos de evapotranspiración correspondiente a los meses de marzo-abril, que superan los 20 cm, siendo el rango de ET entre los valores de 15 a 25 cm.

Zona 5. (Buena Vista-Puerto Páez): Ubicada hacia la parte sur del estado Apure, se determinó un

clima de tipo Semiárido-Megatérmico con un período aproximado de cinco (5) meses de sequía, que se prolongan desde diciembre hasta abril, con máximos de ET en el mes de marzo, mientras que el período húmedos se extienden desde mayo a octubre, con máximos de precipitación en julio. El rango de ET oscila entre 15 a 25 cm. Las variaciones climáticas observadas en el estado Apure, permiten reconocer cinco (5) franjas climáticas que varían desde climas sub-húmedo-megatérmico a semiárido-megatérmico, estableciéndose una variaciones de los rangos de meses secos con altos valores de ET, en la medida que descendemos altitudinalmente, estas condiciones climáticas permiten reconocer variaciones en la distribución geomorfológica dentro del sistema de llanura aluvial observada en la cuenca media y alta del río Capanaparo.

Dirección y sentido del viento: condicionante del control climático

Con la información recopilada del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), se logran construir diagramas que nos permiten conocer la velocidad máxima y media de los vientos (km/h) en diferentes estaciones del Estado, que permite puntualizar el comportamiento del viento, determinando la zona y los meses del año donde se incrementa y disminuye su velocidad (Figura 6). Los máximos promedios (20-60 km/h) escala vientos fuertes, según escala de Beaufort están distribuidos de manera uniforme durante los períodos secos (30 km/h), mientras que en períodos

Tabla II. Zonas climáticas, ubicación y valores climatológicos.

Zona climática	Ubicación coordenadas (UTM)		ETP (cm)	Índice de aridez (%)	Índice hídrico anual (%)
	Norte	Este			
La Victoria-Guasualito	778.127	231.544	139,6	14,7	7
Trinidad de Orichuna-Puerto Infante	786.468	413.866	153,3	27,3	-13,1
Guachara-El Yagual	799.583	566.238	166,4	45,1	-24
Cunaviche-Caballito	821.968	676.575	209,4	51,5	-28,5
Buena Vista-Puerto Páez	682.015	546.466	209,4	49	-27

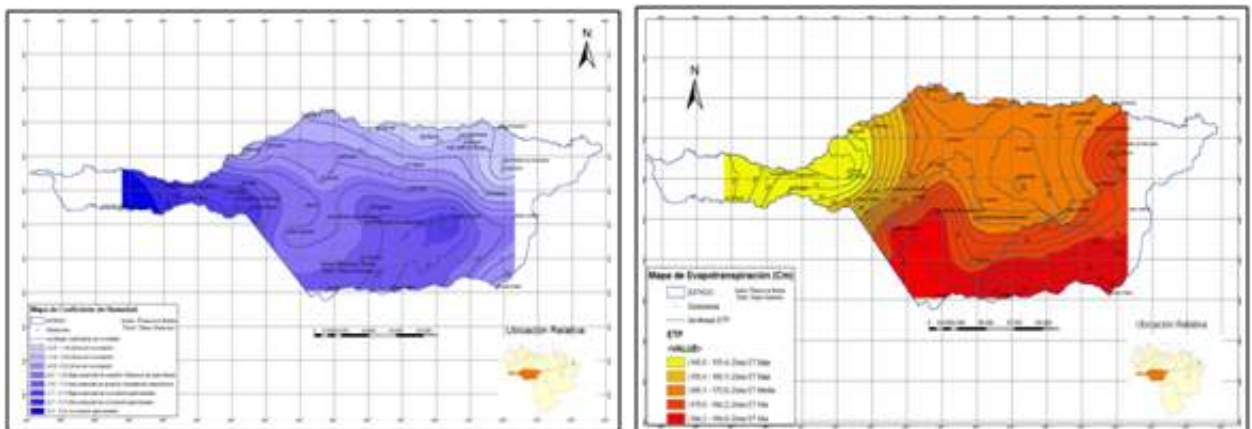


Figura 5. Distribución del coeficiente de humedad y la evapotranspiración para gran parte del territorio del estado Apure que incluyen las cuencas medias y altas del río Capanaparo. Nótese la disminución de la humedad y el aumento de la evapotranspiración hacia las zonas bajas del río Capanaparo.

de lluvia las velocidades son de 60 km/h, aproximadamente, esto permite deducir que los vientos máximos no afectan sustancialmente el desplazamiento de masa de sedimentos por efecto eólico. Los diagramas de velocidad máxima y medias de los vientos (km/h) definen un patrón de dirección de vientos predominantemente del NE (Alisios del NE), con velocidades promedio (4-20 km/h escala suave-

moderada) que coinciden con los meses más secos, lo cual permiten un proceso de erosión efectivo. Es de notar que el efecto erosivo generado por la velocidad media del viento permite la amplia distribución de mantos y acumulaciones de arena en las zonas aledañas al río Capanaparo, debido a que la misma actúa durante los períodos secos del año, mientras que el efecto erosivo de las máximas

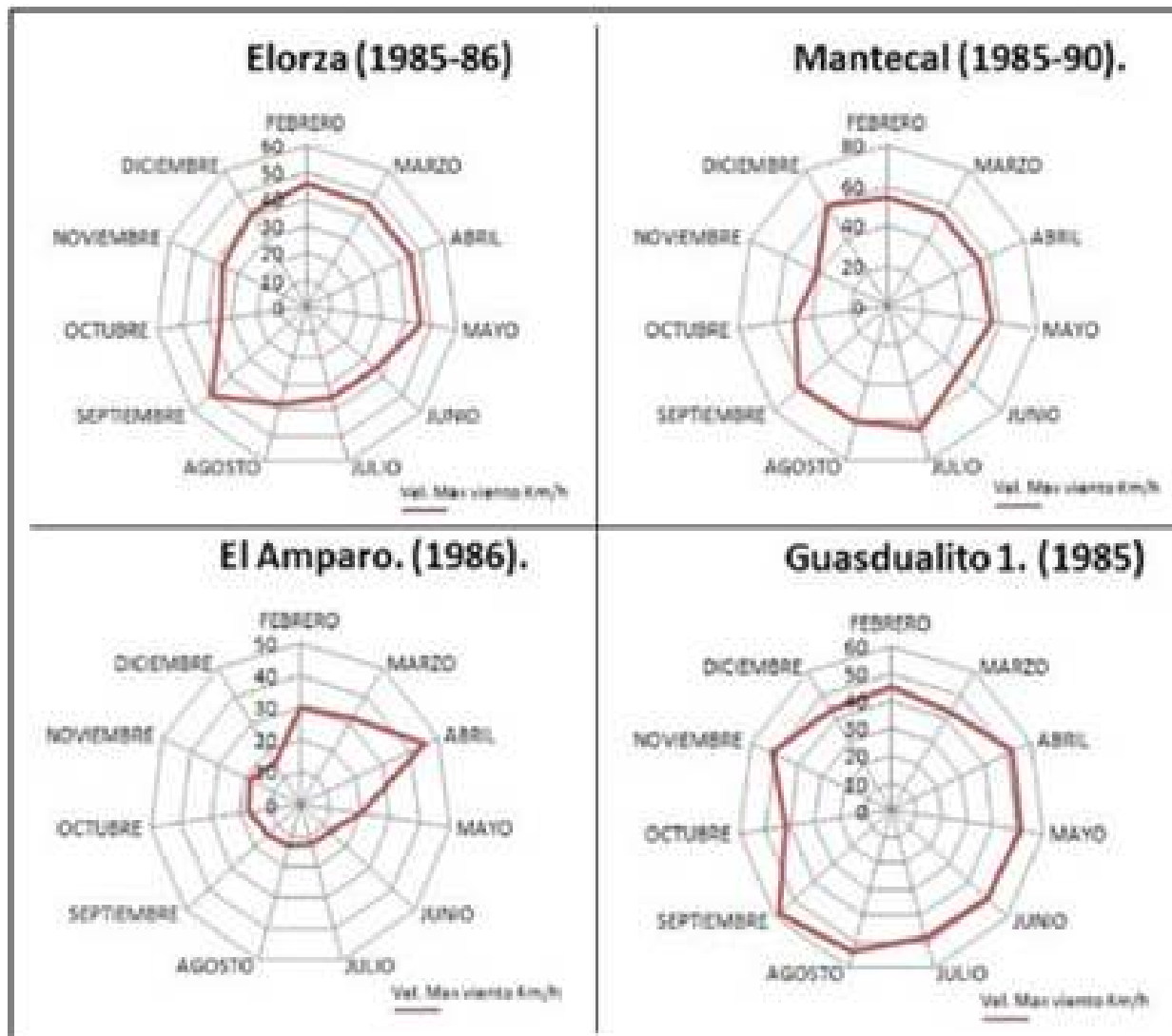


Figura 6. Diagramas de velocidad máxima de los vientos (Km/h). Los cuales tienen un comportamiento errático en la sección alta y media del río Capanaparo. En ambos casos, se reconocen máximos de vientos para los periodos de máximos de precipitación.

velocidades del viento actúan erráticamente durante el año y son más prominentes en los periodos de lluvias, lo cual hace que el efecto de erosión y acumulación de sistemas de dunas de gran desarrollo vertical sean escasos.

Análisis geomorfológico de la Cuenca Media-Alta del río Capanaparo.

Para la interpretación de unidades de relieve y paisaje se realizó una fotointerpretación de una imagen rafter de la zona de estudio, donde se logra distinguir diferentes zonas que se conforman de llanuras

aluviales y sistemas eólicos y fluviales. La unidad de relieve dominante se considera como “llano” el cual se caracteriza en general por una topografía plana de baja pendiente. Entre las unidades de paisajes tenemos (Figura 8).

Sistemas eólicos

Entre los sistemas eólicos se establecen tres tipos: mantos de arena, acumulaciones de arena y dunas ó médanos. (Figura 8); Los Mantos de arena son grandes llanuras arenosas de superficie lisa y poca potencia, pudiendo

tener gran extensión. En estas llanuras el aporte de arena es escaso; esto y la posible existencia de un nivel freático poco profundo que fije la misma, no permite acumulación de la arena en montones. (Vérgara, L. 1971). Estos se encuentran distribuidos en la zona central del área de estudio identificado con una tonalidad amarilla. Las acumulaciones de arena; son depósitos formados detrás de un obstáculo interpuesto en la dirección del viento, éste al perder fuerza y velocidad al sortear dicho obstáculo, deposita en la parte su-

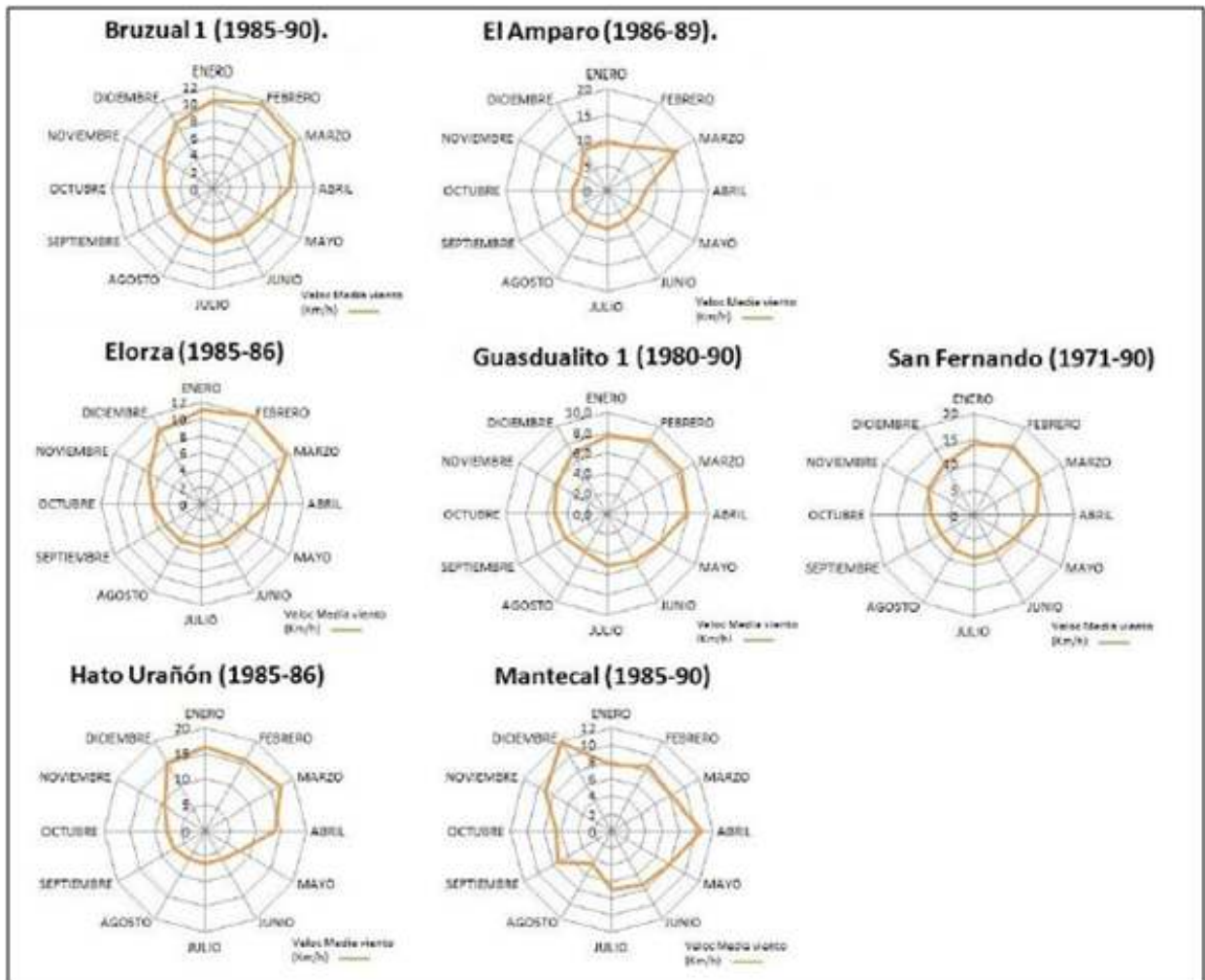


Figura 7. Diagramas de velocidad media de los vientos para la cuenca media y alta del río Capanaparo, en este caso, las direcciones y promedios de los vientos en km/seg., coinciden con los periodos secos (bajas de precipitación) y alta ET, por lo que se consideran fundamentales en la construcción y destrucción de geformas eólicas y fluviales.

perior del mismo parte de la arena que transportaba. La altura está condicionada a la altura del obstáculo, los cuales se encuentran distribuidos hacia la zona suroeste del área de estudio, identificados con una tonalidad naranja. Las dunas o médanos; son grandes depósitos de arena formados bajo la acción prolongada de un viento dominante. Su situación no queda determinada por la presencia de ningún obstáculo ni abertura topográfica, sino que se forman en terrenos llanos, por lo que pueden cambiar su situación avanzando a lo largo de estas a favor del viento. Entre los tipos de dunas observadas tenemos: Barjanes y Seif. Los barjanes corresponden a médanos en forma de media luna cuya parte convexa se forma del lado por el que sopla el viento, estos pueden aparecer enlazados formando colinas o cadenas. Mientras que los seif son cadenas de médanos dispuestos paralelamente a la dirección del viento dominante. Pueden

tener cientos de kilómetros de longitud, su parte superior está formada por crestas orientadas oblicua o transversalmente a la dirección del viento. Estas se distribuyen en mayor proporción en la zona central del área de estudio, identificados con una tonalidad rojiza. (Figura 8).

Sistemas fluviales

Los depósitos fluviales están constituidos por sedimentos que se acumulan a partir de la actividad de los ríos. Estos depósitos se generan en diversas condiciones climáticas, desde desérticas hasta glaciales, sin embargo, en función de su sinuosidad (longitud del canal/longitud del valle) se reconocen tres sistemas fluviales bien definidos: sistema de ríos trenzados (braided), sistemas meándricos (meandering) y sistemas anastomosados (anastomosing) (Miall, 1987). En la zona de estudio tenemos esencialmente sistemas de ríos meandriformes de

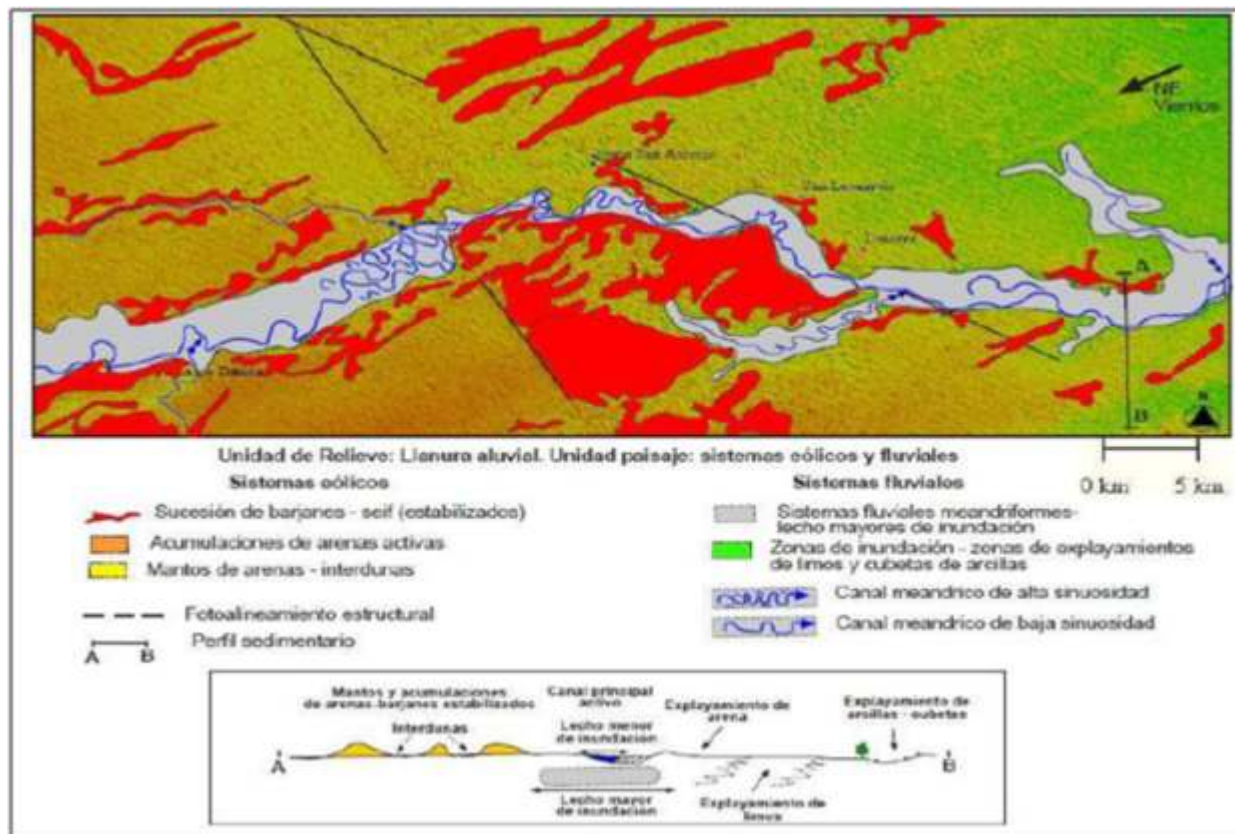


Figura 8. Distribución espacial de los grandes unidades de paisaje dentro del relieve de llanos de la cuenca media y alta del río Capanaparo. Se reconocen los paisajes eólicos más expresivos que los fluviales.

sinuosidad alta y baja. (Figura 8).

Sistemas de ríos meándricos

Los sistemas de ríos meándricos tienden a ser confinados a un canal principal que presenta una sinuosidad mayor a 1,5. En estos sistemas la pendiente es mucho menor, y los sedimentos involucrados en la carga de las corrientes son más finos. Algunos ocurren como sistemas independientes, otros pueden representar un cambio gradual (corriente abajo) de un sistema de ríos trenzados. Comúnmente los grandes sistemas de ríos meándricos desarrollan en su desembocadura sistemas deltaicos de depósito. Algunos autores prefieren llamar sistema de ríos de sinuosidad alta a este tipo de sistema fluvial (Miall, 1987).

Estos se distribuyen en la zona aguas arriba del área de estudio

hacia el oeste. (Figura 8) y corresponde con el tipo E de Rusgen (1994, Figura 4). Mientras que los de baja sinuosidad se reconocen en las zonas medias y bajas de la cuenca del río Capanaparo y corresponden con los tipos F y C de Rusgen (1994, Figura 4).

Lecho mayor de inundación

Es el lecho máximo que puede ser ocupado por el agua. También se le denomina lecho de inundación, llanura de inundación o llanura baja aluvial. Se identifica con una tonalidad gris (Figura 8). Suele estar cubierto por limos y por vegetación (bosques de galería), e incluso cultivado y topográficamente es apenas perceptible. (Miall, 1987).

Lecho menor de inundación

Este corresponde al canal fluvial

propriadamente dicho es decir, por donde discurren las aguas. Está vinculado a las variaciones de los talweg (bajo topográfico del canal del río), por lo que permanece “estable” cuando los ríos tienen geometrías del tipo F y C de Rusgen (1994), y menos estables cuando tienen geometría tipo E, para nuestro caso de estudio.

Con el propósito de reconocer la secuencia de subambientes geomorfológicos se realizó un corte desde el punto “A” hasta el punto “B” (Figura 8), donde se observa el perfil longitudinal de una sección del río, que muestra unidades de paisaje contiguas conformada por depósitos eólicos y de llanura aluvial. Las zonas donde ocurren avulsiones corresponden a los explayamientos de arena, seguida de una zona de menor energía correspondiente al área de explayamiento de limos, hasta

llegar a la zona de formación de cubetas y explayamiento de arcillas. En el área de estudio podemos establecer un elemento fundamental, desde un punto de vista del control climático para estos depósitos, como son los efectos de las inundaciones-avulsiones - vientos, la cual tiene una influencia en la zona en la formación de esteros en los períodos de lluvia, y se puede observar en los valores de coeficiente de humedad obtenidos por los balances hídricos (Tabla III).

Potencial de inundación-avulsión-viento, según coeficiente de humedad

En base a los valores de coeficiente de humedad, la zona de estudio fue dividida en tres áreas según el potencial de erosión existente (Tabla III). La primera área, representa el rango de coeficiente de humedad que va de (1,5- 2) que corresponde a la zona de potencial de erosión hídrica, la cual es producto del fenómeno de erosión en la superficie terrestre y la movilización de sedimentos. Otra área con valor de (CH= 1), que podemos considerar neutra, ya que existe una combinación entre el potencial de erosión hídrica y el potencial de erosión eólica. Y por último el área de potencial de erosión eólica con valores de (CH= <0.5). Con los valores de coeficiente de humedad y las velocidades máximas del viento (km/h), podemos clasificar las tres (3) áreas, ya descritas de acuerdo al potencial de erosión, como sigue (Tabla IV).

CONCLUSIONES

A partir del uso de la imagen raster se elaboró un perfil de equilibrio del río y se logró caracterizar la morfometría de la cuenca media-alta del río Capanaparo delimitando cuatro tramos (según Rosgen, 1994): Tramo 1 (T1): con geometría de canal fluvial tipo (F). Tramo 2 (T2): geometría de corriente tipo (E) Tramo 3 (T3): canal con geometría combinada entre tipo F y E. Tramo 4 (T4): como corriente tipo (C).

En base a los valores de Índice hídrico (Coeficiente de Humedad y de Evapotranspiración) representados en la cartografía realizada se establecieron cinco (5) zonas climáticas; Zona 1. (La Victoria-Guasdualito); clima Sub-húmedo - Megatérmico y se observa un período aproximado de 3 meses secos; Zona 2. (Trinidad de Orichuna-Puerto Infante). Para esta zona se determinó un

clima Seco Sub-húmedo Megatérmico, observando un período aproximado de cinco (5) meses de sequía; Zona 3. (Guachara-El Yagual); tipo de clima Semiárido - Megatérmico, se observa un período aproximado de siete (7) meses de sequía; Zona 4. (Cunaviche-El Caballito), se determinó un clima de tipo Semiárido- Megatérmico con un período aproximado de ocho (8) meses de sequía y la Zona 5. (Buena Vista-Puerto Páez), se determinó un clima de tipo Semiárido Megatérmico con un período aproximado de cinco (5) meses de sequía, que se prolongan desde diciembre hasta abril.

Los diagramas de velocidad máxima y medias de los vientos (km/h) definen un patrón de dirección de vientos predominantemente del NE (Alisios del NE), con velocidades promedios (12-20 km/h- escala suave-moderada) que coinciden con los meses más secos, lo cual permiten un proceso de erosión eólica efectivo, mientras que los máximos promedios (20-60 km/h- escala vientos fuertes), están distribuidos de manera uniforme durante los períodos secos (30 km/h), mientras que en los períodos de lluvia las velocidades son de 60 km/h, esto permite definir que los vientos máximos no afectan sustancialmente el desplazamiento de masa de sedimentos por efecto eólico. Es de notar que el efecto erosivo generado por la velocidad media del viento, permite la amplia distribución de mantos y acumulaciones de arena en las zonas aledañas al río Capanaparo, debido a que la misma actúa durante los períodos secos del año, mientras que el efecto erosivo de las máximas

Tabla III. Propuesta de potencial de inundación-avulsión según los valores de coeficiente de humedad obtenidos por balance hídrico.

Potencial de erosión	Valor Coeficiente de humedad	Efectos naturales
Potencial de erosión hídrica	2	Inundación
	1,5	Sobresaturación (avulsión)
Sin erosión aparente	1	Saturación del suelo-equilibrio erosivo aparente
Potencial de erosión eólica	0,5	Sub-saturado
	< 0,5	Insaturado

Tabla IV. Zonas de la cuenca media y alta del río Capanaparo sometidas a los efectos de potencial de erosión hídrica- eólica según el balance hídrico y el efecto de vientos.

Estación /Año	Velocidad Máx. Viento Enero-Dic. (km/h)	Coeficiente de humedad	Potencial de erosión hídrica/eólica
Guasdualito (1985)	48,7	2,7	Hídrico/Eólico
El Amparo (1989)	20,6	2,2	Hídrico
Elorza (1985-86)	42,1	2,0	Hídrico/Eólico
Mantecal (1985-90)	55	0,4	Eólica alta

velocidades del viento actúan erráticamente durante el año y son más prominentes en los períodos de lluvias, lo cual hace que el efecto de erosión y acumulación de sistemas de dunas (barjanes) de gran desarrollo, se haga menos efectivo en la geomorfología eólica del paisaje.

La cartografía realizada mapas (coeficiente de humedad y evapotranspiración) permitió dividir el estado Apure en tres áreas geomorfológicas: una con potencial de erosión fluvial ó hídrica que corresponde hacia el noroeste del estado, mientras que, el potencial de erosión eólica se ubica hacia el noreste del estado y por último, el área que se encuentra bajo la influencia de ambos procesos, se ubica en la zona central del estado.

AGRADECIMIENTO

Al CDCHTA-ULA por el aporte económico en este proyecto I-1356-13-02-F.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Arche, A. (1992). Sedimentología. Consejo superior de investigaciones científicas. Madrid, España.

Briceño H. & C. Schubert (1992). Geomorfología. En O. Huber (Ed.), El Macizo de Chimantá, Escudo de Guayana, Venezuela. O. Todtmann Editores, Caracas.

Comerma, J, y Luque, O. (1971). Los principales suelos y paisajes del estado Apure. *Agronomía tropical*. Maracay-Venezuela.

Feo-Codecido G. (1960). Técnicas para el estudio de minerales pesados y su aplicación a la estratigrafía Venezolana. *Revista Geos* N° 4.

Gossen, I. (1971). Physiography and soils of the Llanos orientales, Colombia. *Pub Of. ITC, Ser. B. N° 64*, 198 pp.

Iriondo, M. (2001). El sistema depositacional de las grandes llanuras: Características y significado sedimentológico. Universidad de Barcelona, Facultad de Geología. Curso corto. 92 p.

Khozby, J. (1981). Los campos de dunas del norte de Colombia y de los llanos de la Orinoquia (Colombia y Venezuela). *Rev. CIAF. 6 (1-3): 257-292*. Bogotá-Colombia.

Miall, A. (1960). Litofacies type and vertical profile models in braided river deposits. In: *Fluvial sedimentology (A.D.Miall)*. Can. Soc.Petrol. Geol. Mem.

Ochoa, G. y Oballos, J. (2006). Diccionario de suelos. Universidad de los Andes, Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT). Mérida, Venezuela.

Parnaud, F.; Tocco, R. y Gallango, O. (1994). Análisis geológico integrado de las cuencas Barinas y Maracaibo. Informe técnico. Los Teques-Venezuela.

Roa, P (1979). Estudio de los médanos de los llanos centrales de Venezuela: evidencias de un clima desértico. *Acta biológica venezolana* 10: 19-49, Caracas-Venezuela.

Roa, P. (1980). Algunos aspectos de la evolución sedimentológica y geomorfológica de la llanura aluvial de desborde en el bajo llano. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales*. Caracas, Venezuela.

Roger, G. (1992). Facies model, Eolian systems. University of Guelph. Guelph-Ontario.

Rosgen, D. (1994). A classification of natural rivers, *Catena. Wildland Hydrology*, 157649 U. S. Highway 160, Pagosa Springs, CO 81147

Schubert, C; Briceño, H. y Fritz, P (1986). Paleoenvironmental Aspect of the Caroni-Paragua River Basin (Southeastern Venezuela). *Interciencias*, v. 11, P. 226-228.

Schubert, C. (1988). Climatic change during the last Glacial Maximun in the northern South America and the Caribbean: a review, *Interciencia*, v.13, p 128-137.

Mapas de Venezuela (1999).

[Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.avenzuela.com/mapas/map/html/vegetación.html>. [Consulta 2012. octubre 20]

Mapas de Venezuela (1999). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.avenzuela.com/mapas/map/html/relieve.html>. [Consulta 2012. octubre 25]

Ministerio del Ambiente. (1982). *Sistemas ambientales Venezolanos*. Proyecto (VEN/79/001). Región de los llanos, Estados Guárico y Apure. Caracas, Venezuela.

Apure. <http://www.venezuelatuya.com/estados/apure.htm> [Consulta 2013, Febrero, 7].

Escala velocidad del viento. [Página Web en línea]. Disponible en: http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/wind_speeds.html&lang=sp. [Consulta: 2013. marzo 15].

Google-earth 2013. US Dept of State Geographer. Geobasis-DE/BKG. Data SIO,NOAA, US, Navy. NGA, GEBCO. [Consulta 2013, Febrero, 7].

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH). [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.inameh.gob.ve/> [Consulta: 2013. abril 5].

PDVSA (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*. [Página Web en línea]. Disponible en: <http://www.pdvsa.com/lexico/b31w.htm>. [Consulta 2013, febrero, 7].

