
Factores que influyen

en la sinuosidad del río Portuguesa,
Llanos centro-occidentales
venezolanos

Factors influencing Portuguesa River
sinuosity, on Western Venezuelan Llanos

Orlando González

Universidad Pedagógica Experimental Libertador,
Instituto Pedagógico de Caracas, Departamento
de Ciencias de la Tierra.

orlandojose57@yahoo.com.mx

Resumen

Para el cauce principal del río Portuguesa se realizó una aproximación y análisis de los patrones de canal de alta y baja sinuosidad del río. Su determinación se realizó fundamentalmente mediante el uso del Índice de Sinuosidad (IS) y, en menor grado, del Índice de Entrelazamiento (IE); ambos índices se relacionaron con la pendiente del río y otros factores que inciden en el trazado del cauce. Básicamente, los resultados indican la presencia de tramos sinuosos y meándricos, que se alternan con pequeños tramos rectos a lo largo del río. En general, se concluye que el río Portuguesa es de cauce único, caracterizado por la presencia alterna de canales rectos, sinuosos y meándricos, asociados a los cambios de pendiente y otros factores como la planicie aluvial cohesiva, resistencia de los bancos a la erosión, la vegetación que circunda al canal y la neotectónica.

Palabras clave: río Portuguesa; sinuosidad; patrones de canal; pendiente; neotectónica

Abstract

An analysis of channel patterns of high and low Portuguesa river sinuosity was performed. The sinuosity index (IS) and, to a lesser extent, Interlacing Index (IE) were determined. Both indexes were related to the slope of the river and to other factors affecting the layout of the channel. The results show the presence of winding and meandering sections, alternating with small straight sections along the river. In conclusion, Portuguese river has a main channel that coexists with straight, winding and meandering channels associated with slope changes and other factors such as the cohesive floodplain, resistance of banks to erosion, vegetation surrounding the channel, and neotectonics.

Key words: Portuguesa River; sinuosity; channel patterns; pending; neotectonics.

1. Introducción

Los estudios que abordan la dinámica fluvial, son considerados de extrema importancia para discutir su funcionamiento natural o alteraciones producidas por las acciones antrópicas (Dos Santos *et al.*, 2013). El desconocimiento de la complejidad natural de estos sistemas, sus cauces y riberas, ha generado en las últimas décadas grandes problemas asociados al ambiente rural y urbano. Estos sistemas han sido estudiados en ambos hemisferios en climas que incluyen las áreas templadas, glaciales, húmedas tropicales, regiones áridas y semiáridas (Latrubesse & Franzinelli, 2005).

Particularmente, los ríos tropicales han atraído la atención de los investigadores en aspectos relacionados con la geomorfología fluvial, procesos sedimentarios e hidrosedimentológicos, inundaciones, paleo-inundaciones, procesos tectónicos y fluviales.

El conocimiento base de estos sistemas es todavía limitado, ya que estos ríos atraviesan una variedad de contextos geomorfológicos/geológicos, cinturones orogénicos, plataformas, mesetas basálticas y sedimentarias, crátones, planicies bajas y terrenos mezclados (Latrubesse & Franzinelli, 2005). El estudio de estos ambientes alcanzó su mayor auge a finales del siglo pasado y continúa hasta la actualidad, (ver por ejemplo: Van der Hammen & Absy, 1994; Stevaux, 1994; Iriondo & Latrubesse, 1994; Stevaux, 2000; Latrubesse 2003; Latrubesse & Nelson, 2000; Latrubesse & Kalicki, 2002; Latrubesse & Stevaux, 2002; Latrubesse & Franzinelli, 2005; Latrubesse & Stevaux, 2009; Carneiro Filho *et al.*, 2002; Assine, 2005; Assine y Soares, 2004; Assine *et al.*, 2005; Latrubesse *et al.*, 2008; Latrubesse *et al.*, 2012; Sander *et al.*, 2013; Abad *et al.*, 2013).

Venezuela como país tropical tiene un enorme potencial hidrológico, pero se encuentra rezagado en este tipo de estudios. Su territorio posee abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos y es drenado por más de un millar de ríos, donde 124 de ellos poseen cuencas mayores a 1.000 km² entre los que destacan el Orinoco, Caura, Caroní, Apure, Meta, Ventuari, Portuguesa, Santo Domingo, Uribante y Chama (MARNR, 2006).

De estos ríos, el Portuguesa es una de las subcuencas del sistema Apure-Orinoco, ocupando aproximadamente el 6,5 % del territorio venezolano, siendo la cuenca de mayor extensión al norte del Orinoco (MOP, 1969). El río nace en los Andes surorientales y cruza los Llanos en dirección NO-SE, constituyendo un sistema fluvial de terrenos mezclados, ya que drena el orógeno andino y la cuenca de antepaís de los Llanos venezolanos. La cuenca del río Portuguesa es de gran importancia, dada su magnitud y trascendencia para la economía agrícola y pecuaria y por la biodiversidad que la caracteriza.

En dinámica fluvial, uno de los aspectos más estudiados se relaciona con los modelos de canal de un río y los factores que determinan su formación. Éste ha sido un tema recurrente en numerosas investigaciones que han contribuido con interesantes aportes relacionados no sólo con la simple diferenciación de las formas del cauce, sino también con la importancia de sus procesos, características sedimentológicas y condiciones medioambientales que controlan su evolución (Conesa, 1992). Tradicionalmente, los trazados fluviales se han clasificado en tres tipos: rectos, meandriformes y trenzados o *braided* (Leopold y Wolman, 1957;

Bridge, 2003). No obstante, los ríos tropicales exhiben una amplia variedad de modelos de canal, donde muestran una transición de una forma de cauce a otro, por lo que las tradicionales definiciones de canales rectos, meándricos y entrelazados pueden ser dificultosas de aplicar (Latrubesse *et al.*, 2005). En la literatura, se ha señalado que esa diversidad de patrones de canal es el resultado de la combinación de una serie de factores como la carga y tipo de sedimento, gradiente y estabilidad del canal, resistencia de los bancos a la erosión lateral, presencia de vegetación, porcentaje limo/arcilla en los bancos, naturaleza de los materiales por donde fluye el río, actividad neotectónica, entre otros (Mosley, 1987; Schumm, 1985; Ebisemiju, 1994; Petrovszki y Timár, 2010; Zámolyi *et al.*, 2010).

El propósito de este artículo consiste en describir y clasificar los patrones de canal que caracterizan al río Portuguesa, y su relación con la pendiente y otros factores geológicos/geomorfológicos que determinan el tipo de cauce a lo largo de su recorrido.

2. Contexto regional

La cuenca del río Portuguesa se localiza entre los 7°57' y 10°20' de Latitud Norte y 67°21' y 70° 33' de Longitud Oeste (Figura 1). Tiene una longitud aproximada de 600 km, un área de drenaje de 59.500 km² y una descarga anual de 495 m³s⁻¹ (MOP, 1969; MAR-NR, 2006). El clima es tropical húmedo-seco, con lluvias que se incrementan de sur a norte (1.000 a 1.600 mm) en la cuenca baja y media y 1.600 a 3.000 mm en el piedemonte y cuenca alta, respectivamente. Geomorfológicamente, la cuenca forma parte de la serranía de Portuguesa, el piedemonte andino-llanero y Llanos occidentales ve-

nezolanos. El piedemonte se caracteriza por la presencia de terrazas escalonadas y mega-abanicos que se extienden por varios kilómetros en dirección NO-SE, hasta la confluencia de los ríos Guanare y Portuguesa (González, 2013). Otros rasgos geomorfológicos que han sido reportados para esta área son: ríos desviados, brechas de viento, abanicos desplazados y escarpes flexurales (Audemard, 1999). Geológicamente, el río Portuguesa corta el orógeno andino y el piedemonte andino-llanero, atravesando un mosaico rocoso que está constituido por rocas sedimentarias cenozoicas, rocas ígneas volcánicas de edad Paleozoico, y por depósitos sedimentarios cuaternarios de edad Pleistoceno Tardío-Holoceno de origen aluvial y eólico en menor grado (González, 2013; González *et al.*, 2013).

3. Metodología

La unidad de estudio es el cauce actual del río Portuguesa que fue dividido en cinco sectores: curso alto, piedemonte, curso medio alto y bajo y curso bajo. Se seleccionaron tramos representativos del río mediante el uso de ortofotomapas (1:25.000) del Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar (1998) y mapas topográficos (1:250.000, Hojas NC-9, NC-10, NC-11, NC-14 y NC-15) del año 1972. Se determinaron dos factores hidráulicos: el Índice de Sinuosidad (IS) y el Índice de Entrelazamiento (IE) para la descripción del modelo de canal y su caracterización geomorfológica.

El IS se midió en 13 tramos del río (Figura 2) y se calculó de la siguiente manera: $IS = LC/LV$; donde LC = longitud del canal y LV = longitud central del valle (Brice, 1964) y el tipo de canal se clasificó según Miall (1977). El IE se estimó en un solo sector (piedemon-

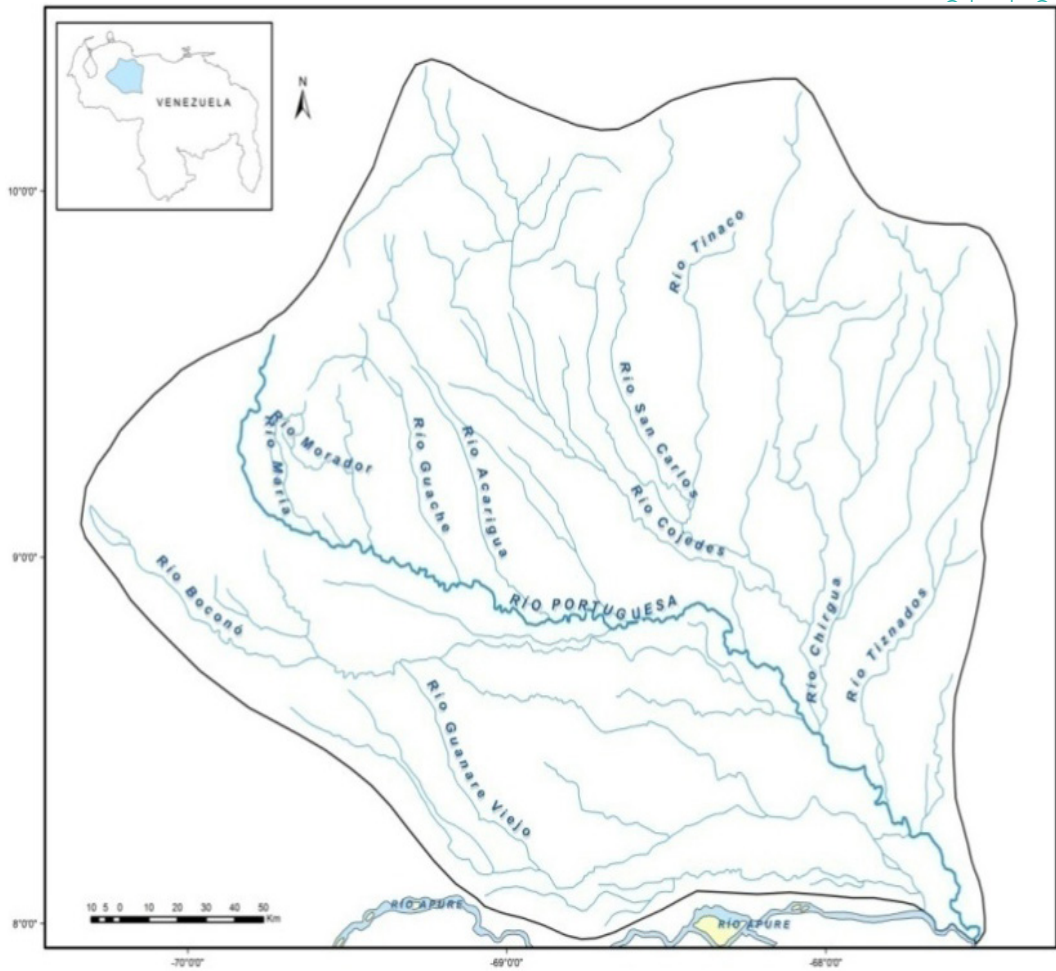


Figura 1 Cuenca del río Portuguesa. Fuente: González, 2013

te) mediante la siguiente expresión: $IE = 2 (\Sigma \text{ longitud de las barras e islas}) / \text{longitud de la línea central del tramo}$. La pendiente se calculó mediante la razón entre el desnivel vertical y la distancia horizontal, desde el extremo superior al inferior y se expresó en porcentaje.

4. Resultados y discusión

4.1. Curso alto

Los resultados indican que en los tramos seleccionados el mínimo valor de sinuosidad fue 1,08 y el máximo 2,74, con un promedio de 1,37. En el curso alto, el río Portuguesa

forma un valle angosto de paredes abruptas, con pendientes que varían entre 30° y 80° de inclinación. Estos valles muestran puntos de ruptura (*knickpoint*), con gradientes muy inclinados y no desarrollan perfiles longitudinales cóncavos suaves porque los ríos son incapaces de alcanzar el equilibrio. Estos rasgos y los valles en forma de copa de vino, son evidencias del rápido levantamiento que está experimentando esta región (Audemard, 2003). El río está controlado por fallas sub-paralelas y oblicuas al sistema de fallas de Boconó, cuyas evidencias se relacionan con la presencia de facetas triangulares

erosionadas en la vertiente izquierda del río (González, 2013; **Figura 3A**). Igualmente, el río se desplaza en dirección NE-SO, encajándose en el substrato rocoso constituido por rocas sedimentarias del Cretáceo Temprano, Paleoceno y Eoceno. La pendiente promedio del canal es 35 % y el río es de cauce único y ligeramente sinuoso ($IS = 1,08$; **Figura 2**), hasta entrar en el piedemonte andino-llanero.

Valores de sinuosidad similares se presentan con frecuencia en áreas de montaña, donde la longitud media del valle y la longitud del cauce principal coinciden, lo que conlleva a obtener un IS igual o escasamente superior a 1 (Senciales, 1998). Por otra

parte, el río muestra poca migración lateral debido a que las vertientes rocosas limitan los procesos de erosión lateral del cauce. Geomorfológicamente, el lecho del río está formado por pequeñas barras laterales y longitudinales colonizadas por vegetación herbácea; estas barras están constituidas por clastos redondeados y sub-redondeados de areniscas y lutitas, embutidos en una matriz de arenas gruesas, gravas y cantos rodados (González, 2013; **Figura 3B**).

4.2. Piedemonte

Comprende la franja de rocas blandas del Terciario y de los depósitos cuaternarios más antiguos. Aquí, el río Portuguesa se des-

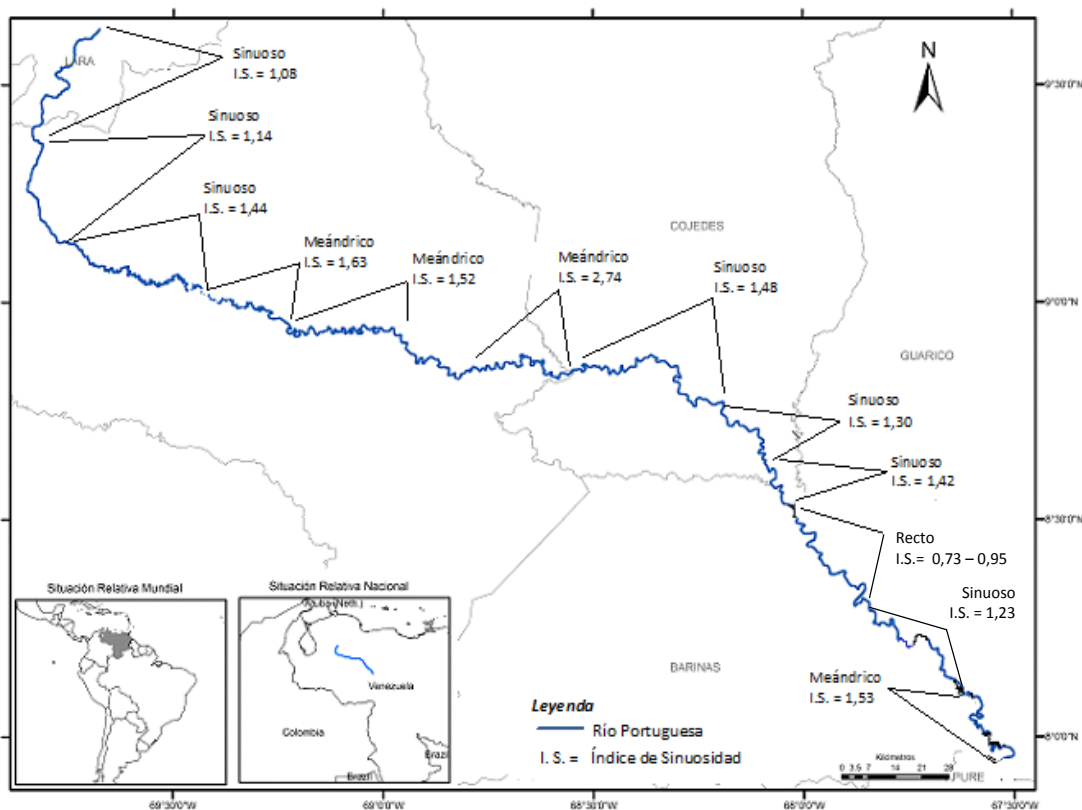


Figura 2 Localización relativa de los tramos estudiados, modelos de canal y valores de Índice de Sinuosidad (IS) del cauce actual del río Portuguesa. Fuente: González *et al.*, 2013



A.

B.



C.

Figura 3 **A.** Facetas triangulares erosionadas originadas sobre las rocas del Terciario al sur de la región de Villa Nueva, margen izquierda del río Portuguesa (cuena alta); **B.** Barras de canal margen izquierda formada por clastos de lutita y arenisca, cerca de la región de Villa Nueva; **C.** Afloramiento de la formación río Yuca margen izquierda del río Portuguesa, sector El Alambre (piedemonte andino-Ilanero).

plaza en sentido NO-SE y entra en contacto con estas unidades geológicas, cortando terrazas del Pleistoceno Tardío y encajándose en la formación río Yuca (**Figura 3C**). En este tramo, el río presenta un IS de 1,14 (**Figura 2**), que corresponde a un modelo de canal entrelazado (Miall, 1977). El IE fue de 1,17, valor típico de canales entrelazados (Rust, 1978). El tramo está constituido por 13 islas permanentes que han sido estabilizadas por la vegetación arbustiva y 29 barras desprovistas de vegetación; las barras están constituidas por clastos de rocas sedimentarias, gravas y arenas (**Figura 4**).

El río cambia de cauce único a múltiple y esto se puede relacionar con el cambio brusco de la pendiente que pasa de 35 % en el curso alto, a 5 % de inclinación en el piedemonte. En esta circunstancia, el río en épocas de crecidas, transporta una alta carga de sedimentos gruesos (bloques, clastos y gravas), que son depositados en el lecho,

dando origen a la alternancia y acumulación de barras e islas, que pueden ser erosionadas y removidas estacionalmente, al igual que la consolidación y acrecentamiento de las islas estabilizadas por la vegetación (González, 2013; **Figura 4**). Por otro lado, el piedemonte parece haberse hundido al norte de una línea de falla de dirección oeste-este y este-sureste, que el río Portuguesa sigue en su recorrido por la planicie aluvial (MARNR, 1982). Igualmente, en este estudio se señala que el río Portuguesa discurre por una depresión de origen tectónico ubicada al límite sur de los ríos Cojedes y Acarigua y al norte del río Guanare en la Depresión de Arismendi. Estos rasgos neotectónicos coinciden con las evidencias geomorfológicas reportadas por Audemard (1999; 2003), para esa región piemontina. Aparentemente, estos procesos han favorecido la formación del modelo de canal entrelazado en este sector. Por otra parte, es probable que estos

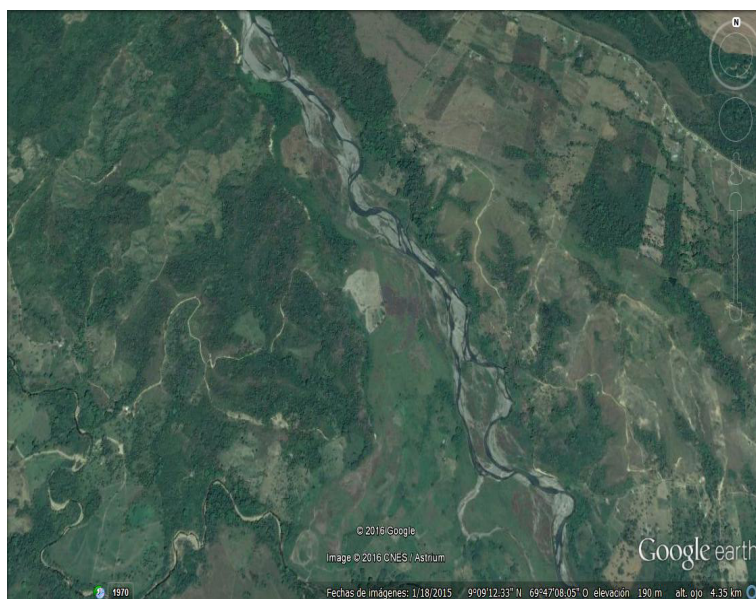


Figura 4 Modelo de canal entrelazado área del piedemonte andino-llanero, sector El Portachuelo

rasgos coincidan con lineamientos tectónicos mayores, que han sido reportados para el norte de Suramérica que atraviesan el territorio venezolano en dirección NE-SO y NO-SE (Urbani, 2004).

4.3. Curso medio alto

A partir de esta sección, el río Portuguesa se desplaza en la extensa planicie aluvial de los Llanos centro-occidentales, hasta su desembocadura en el río Apure. Esencialmente, esta planicie está constituida por material limo-arcilloso, por lo que puede ser clasificada como una planicie aluvial cohesiva (Nanson & Croke, 1992). En este tramo, el río mantiene ligeramente su orientación NO-SE y luego cambia en sentido oeste-noreste y este-sureste, entre Mijagual-El Maceo y Nueva Florida, donde el río parece estar controlado por una línea de falla ubicada al norte y que sigue en su recorrido por la planicie aluvial (MARNR, 1982). En este trayecto, la pendiente disminuye (0,18 %) y el río se encaja en la planicie aluvial cohesiva (Figura 5A).

El IS medido para 3 secciones del río oscila entre 1,14 y 2,74 (Figura 2). Los IS altos se asocian con meandros irregulares y tortuosos, caracterizados por la presencia de barras de punta (*point bar*) con forma de media luna en ambas márgenes del río. Igualmente, se observa la presencia de paleomeandros abandonados en la margen derecha del río. Algunos de ellos se originaron por procesos de acortamiento (*chute cutoff*) y son los que caracterizan los tramos de baja sinuosidad; mientras que otros paleomeandros se originaron por procesos de estrangulamiento (*neck cutoff*) y son típicos de los tramos más tortuosos y mayor sinuosidad (Figuras 5B y 5C). La presencia de vege-

tación o bosques de galería que bordean el canal determinan la forma de la planicie de inundación, provocando que el río divague para formar curvas de meandros tortuosos y asimétricos, como resultado de la resistencia que opone la vegetación al flujo del agua atenuando el efecto de la erosión lateral en sus márgenes (González, 2013).

4.4. Curso medio bajo

En este sector, el río cambia ligeramente de dirección y se dirige hacia el sureste por unos pocos kilómetros, para luego desplazarse nuevamente en sentido oeste-este por un largo trecho localizado entre los esteros Los Pelados y Vuelta de La Yegüera. La pendiente varía entre 0,13 % y 0,029 %, y el modelo de canal es sinuoso, con tramos cortos meándricos de arcos ligeramente suaves o tortuosos, y longitudes de onda relativamente amplias. La sinuosidad, varía entre 1,48 y 1,5 (Figura 2 y 6A). Igualmente, se observa la presencia de paleocanales alargados y meandros abandonados que indican la dinámica cambiante del río durante el Holoceno. Los paleocanales están colmatados de sedimentos y cubiertos de vegetación y están dispuestos de forma más o menos paralela al canal actual, lo que sugiere que su origen está asociado a procesos de avulsión del río Portuguesa.

Por otro lado, los meandros abandonados se encuentran distribuidos en ambas márgenes del río y presentan las mismas características descritas para los paleocanales; su origen se relaciona con procesos de acortamiento y avulsión. En la planicie aluvial, al norte del río se observa una serie de caños que circundan la planicie y se interconectan entre ellos formando un patrón de canal anastomosado, paralelo al cauce



Figura 5 A. Lecho limo-arcilloso del río Portuguesa en el sector La Cascada, aguas abajo de Nueva Florida; B. tramo meándrico desembocadura río Boca Morador (Hoja 6343-III-SO), y C. tramo meándrico Nueva Florida (Hoja 6342-I-SE) en la cuenca media alta. *Fuente:* González, 2013

principal del río Portuguesa. La anastomosis se relaciona con procesos de avulsión y la resistencia a erosión de los bancos limo-arcillosos. Este modelo se aprecia al este de la sección estudiada (Figura 6B).

4.5. Curso bajo

En el tramo que está entre Guadarrama y Camaguán, el río se caracteriza por la presencia de pequeños segmentos rectos con un IS que varía entre 0,73 y 0,95 (Figura 2); estos segmentos se alternan con otros más pequeños de curvaturas relativamente suaves o pronunciadas en algunos casos. Quizás, estas secciones rectas se relacionan con la nueva orientación tectónica que sigue

el río Portuguesa en sentido sureste. A lo largo del tramo, se observan paleomeandros y paleocanales paralelos o sub-paralelos al cauce principal del río Portuguesa, que se originaron por procesos de avulsión del río. Muchos de estos cursos secundarios están activos hoy en día y otros se han rellenado durante los procesos de inundación, y han sido colonizados totalmente por la vegetación que los circunda (Figura 7A y B).

Al sur de Camaguán, los valores de pendiente de la planicie aluvial entre esta población y la desembocadura del río Portuguesa varían entre 0,13 % y 0,018 % y el patrón de canal es meándrico, con un IS de 1,53 (Figura 2). Un valor teórico de pen-



Figura 6 A. Tramo de baja sinuosidad transicional a meándrico, sector La Portuguesa (Hoja 6449-IV-SE) y B. tramo anastomosado, sector El Barbascos (Hoja 6542-IV-SO) en la cuenca media baja



Figura 7 A. Patrón de canal recto y paleomeandros en las cercanías de Guadarrama (Hoja 6541-I-SE) y, B. Costa de Rosario (Hoja 6541-II-NE), cuenca baja del río Portuguesa. Fuente: González, 2013

diente de 0,020 fue determinado para un tramo meándrico del río Portuguesa que va desde el Baúl, hasta su desembocadura en el río Apure (Pérez, 2004). Valores de pendiente similares a los reportados en este estudio han sido considerados como valores umbrales para la formación de canales meándricos (Schumm & Khan, 1972; Smith, 1998). Estos cambios ligeros en el gradiente del perfil longitudinal de un río y su rela-

ción con la sinuosidad parecen relacionarse con controles neotectónicos. Donde los ríos encuentran zonas activas de subsidencia o levantamiento, su perfil longitudinal puede ser deformado. Por lo tanto, la deflexión de un río alrededor de un área levantada o de hundimiento puede manifestarse con un cambio abrupto en el curso del río si este coincide con la zona deformada. Los bajos gradientes de un río son especialmente

sensitivos a los movimientos epigenéticos, tales como deformaciones muy susceptibles que pueden alterar el curso principal de los ríos (Holbrook & Schumm, 1999).

Estos resultados sugieren que para el curso medio y bajo del río Portuguesa, donde los valores de pendiente son inferiores al 1 %, el patrón de canal parece estar controlado por la tectónica cuaternaria activa que experimenta esa región. Los meandros formados en el curso bajo no son tan comprimidos, pero si son las de mayor extensión y

amplitud. En la margen izquierda del cauce se observa la presencia de grandes paleomeandros que, probablemente, fueron originados por procesos de acortamiento (*chutte cutoff*) y avulsión durante el Holoceno (**Figuras 8A y B**); los procesos señalados y el patrón de canal meándrico pudiesen estar relacionados con el lineamiento cuaternario de Calabozo. Este lineamiento presenta la misma dirección que el cauce actual del río Portuguesa en la cuenca baja; es decir, ambos siguen la dirección NO-SE.



Figura 8 Patrón de canal meándrico de la planicie aluvial del río Portuguesa en la cuenca baja: **A.** sector La Negra (Hoja 6640-I-SE) y **B.** sector El Sombrerito desembocadura del Portuguesa en el río Apure (Hoja 6639-I-NE). Fuente: González, 2013

5. Conclusiones

En conclusión, la sinuosidad del río Portuguesa se relaciona con la disminución de la pendiente a lo largo del cauce principal y esto influye en el patrón de canal del río, pero no es el único factor que determina el tipo de cauce. Indudablemente, la pendiente juega un papel preponderante en el tipo de cauce que se genera en el curso alto y el piedemonte, debido al fuerte cambio que experimenta el gradiente y el exceso de carga del lecho en ambos sectores. No obstante, cuando el río entra en la planicie aluvial además de la pendiente, entran en juego otros factores geomorfológicos y geológicos, que controlan el desarrollo de la sinuosidad del río Portuguesa. En ese sentido, donde el río presenta patrones meándricos tortuosos se producen procesos de ahorcamiento, y donde las curvas de meandros son menos tortuosas, ocurren procesos de acortamiento asociado a procesos de avulsión del río. Aunado a esto influye la presencia de vegetación alrededor del perímetro del cauce y la resistencia de los bancos a la erosión, sobre todo, hacia la cuenca media y baja del río. No menos importante es el papel que juega la tectónica que, en algunos casos, influye en el desarrollo de pequeños tramos rectos (500 m a 1 km), como ocurre en la

cuenca alta y baja del río, o en el desarrollo de tramos meándricos, que posiblemente están asociados a los lineamientos cuaternarios o con fallamiento inverso ciego. Por otra parte, el tramo descrito en este estudio como un patrón de canal anastomosado, posiblemente debe su origen a la combinación de factores tales como la subsidencia y, en consecuencia, la disminución del gradiente, al igual que la resistencia que oponen los bancos a la erosión en la planicie aluvial cohesiva.

Finalmente, como se señaló al principio de esta investigación, Venezuela es un país con un alto potencial hidrológico, por lo que este tipo de estudios contribuyen desde el punto de vista de la investigación básica al conocimiento de la dinámica cambiante de los sistemas fluviales, que se relacionan entre otras cosas, con la proyección y construcción de obras viales (carreteras, caminos y puentes), o con procesos de inundación que afectan a las poblaciones aledañas o áreas agrícolas, como ocurre con los ríos de meandros. Igualmente, el estudio de los patrones de canal constituyen una fuente de información paleoclimática y paleoambiental del Cuaternario, cuyo estudio nos puede ayudar a entender al proceso de calentamiento global actual.

6. Agradecimientos

El autor agradece a la Geógrafa Rosiris Guzmán, al Profesor Juan Manual Carrera y al Doctor Maximiliano Bezada por la elaboración de las figuras y fotografías presentadas en esta investigación. A la subdirección de Investigación y Postgrado de la UPEL, que financió este trabajo a través del proyecto N° 07-002, así como a los revisores anónimos que contribuyeron y ayudaron a mejorar la presente contribución.

7. Referencias citadas

- ABAD, J. D.; VISCARRA, J.; PAREDES, J.; MONTORO, H.; FRIAS C. & C. HOLGUIN. 2013. Morphodynamics of the upper Peruvian Amazonian rivers, implications into fluvial transportation. *International Conference IDS2013-Amazonia* (17-19 de julio 2013). Iquitos, Peru.
- ASSINE, M. L. 2005. «River avulsions on the Taquari megafan, Patanal Wetland, Brazil». *Geomorphology*, 70: 357-378.
- ASSINE, M. L. & P. SOARES. 2004. «Quaternary of the Pantanal, west central-Brazil». *Quaternary International*, 114: 23-34.
- ASSINE, M. L.; PADOVANI, C. R.; ZACHARIAS, A. A.; ANGULO, R. J. & M. C. SOUZA. 2005. «Compartimentação geomorfológica. Processos de avulsão fluvial e mudança do curso do Rio Taquari, Pantanal Mato-grossense». *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6: 97-108.
- AUDEMARD, F. A. 1999. «Morpho-Structural Expression of Active Thrust Fault Systems in the Humid Tropical Foothills of Colombia and Venezuela». *Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd*, 118: 227-244.
- AUDEMARD, F. A. 2003. «Geomorphic and geologic evidence of ongoing uplift and deformation in the Mérida Andes, Venezuela». *Quaternary International*, 101-102: 43-65.
- BRICE, J. C. 1964. «Channel patterns and terraces of the Loup River in Nebraska», *US Geological Survey Professional Paper*, 422-D.
- BRIDGE, J. S. 2003. *Rivers and floodplains. Forms, processes, and sedimentary record*. Blackwell publishing.
- CARNEIRO FILHO, A.; SCHWARTS, D.; TATUMI, S. H. & T. ROSEIQUÉ. 2002. «Amazonian paleodunes provide evidence for drier phases during the Late Pleistocene-Holocene». *Quaternary Research*, 58(2): 205-209.
- CONESA, G. C. 1992. «Trazados de baja y alta sinuosidad en ríos españoles». *Papeles de Geografía*, (18): 9-29.
- DOS SANTOS, M.; ALVES DE SOUSA, C.; BABILONIA DE SOUSA, J.; ROSESTOLATO FILHO, A. & R. PEREIRA DOS SANTOS. 2013. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 9(17): 3161-3187.
- EBISEMIJU, F. S. 1994. «The sinuosity of alluvial river channels in the seasonally wet tropical environment: Case study of river Elemi, southwestern Nigeria». *Catena*, 21: 13-25.
- GONZÁLEZ, O. 2013. *Análisis de la dinámica fluvial del río Portuguesa durante el Pleistoceno Tardío y el Holoceno, Llanos centro-occidentales venezolanos*. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. Trabajo Especial de Grado (Inédito).
- GONZÁLEZ, O.; BEZADA, M.; MILLÁN, Z. y J. CARRERA. 2013. «Cambios paleoambientales durante el Pleistoceno Tardío-Holoceno de la cuenca

- del río Portuguesa, Llanos centro-occidentales Venezuela». *Interciencia*, 38(10): 696-704.
- HOLBROOK, J. & S. A. SCHUMM. 1999. «Geomorphic and sedimentary response of rivers tectonic deformation: a brief review and critique of a tool for recognizing sub-epirogenic deformation in modern and settings». *Tectophysics*, 305: 287-306.
- IRIONDO, M. & E. LATRUBESSE. 1994. «A probable scenario for a dry climate in Central Amazonia during the Late Quaternary». *Quaternary International*, 21: 121-128.
- LATRUBESSE, E. M. 2003. «Paleohydrology: Understanding global change». In: K. J. GREGORY AND BENITO G. (Eds.). *The Late-Quaternary Paleohydrology of large South American fluvial systems. Paleohydrology: Understanding global change*. pp. 193-212. Wiley, & Chichester.
- LATRUBESSE, E. M. & B. NELSON. 2000. «Evidence for late Quaternary Aeolian activity in the Roraima-Guyana Region». *Catena*, 43: 63-80.
- LATRUBESSE, E. M. & T. KALICKI. 2002. «Late Quaternary palaeohydrological changes in the upper Purus basin, southwestern Amazonia, Brazil». *Z. Geomorph. N. F. Suppl.*, 129: 41-59.
- LATRUBESSE, E. M. & J. C. STEVAUX. 2002. «Geomorphology and environmental aspect of the Araguaia fluvial basin, Brazil». *Z. Geomorph. N.F. Suppl Bd.*, 129: 109-127.
- LATRUBESSE, E. M. & E. FRANZINELLI. 2005. «The Late Quaternary evolution of the Negro River, Amazon, Brazil: Implications for island and floodplain formation in large anabranching tropical system». *Geomorphology*, 70: 372-397.
- LATRUBESSE, E. M.; AMSLER, M. L. DE MORAIS, R. P. & S. AQUINO. 2005. «The geomorphologic response of a large pristine alluvial river to tremendous deforestation in the South American tropics: The case of the Araguaia River». *Geomorphology*, 113: 239-252.
- LATRUBESSE, E. M. & C. STEVAUX. 2009. «Hydro-geomorphology, sediment transport and human impact in large South American rivers: Preface». *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 16(2): 77-78.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; CREMON, E. H.; MAY, J-H; TATUMI, S. H.; HURTADO M. A.; BEZADA, M. & B. J. ARGOLLO. 2012. «Late Quaternary megafans, fans and fluvio-aeolian interactions in the Bolivian Chaco, Tropical South America». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. (doi:10.1016/j.paleo.2012.04.003).
- LEOPOLD, L. B. & M. G. WOLMAN. 1957. «River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight. Physiographic and Hydraulic Studies of Rivers». *Geological Survey professional Paper*, 282-B: 283-300.

- MIALL, A. D. 1977. «A Review of the Braided-River». *Earth-Science Reviews*, 1-62.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR). 1982. *Principales aspectos morfogenéticos y cronológicos de los Llanos occidentales*. Dirección de Zona 2 (Aragua y Carabobo). División de Información e Investigación del Ambiente. Programa Inventario Nacional de Tierras. Maracay, Venezuela.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (MARNR). 2006. *Sistema Nacional de Información Hidrológica y Meteorológica* (SINAIHME). Dirección de Hidrología y Meteorología. Caracas, Venezuela.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP). 1969. *Cuenca del río Portuguesa. Estudio Preliminar para el Aprovechamiento Integral de los Recursos Hidráulicos*. Ministerio de Obras Públicas (MOP), Dirección de Obras Hidráulicas, División de Planeamiento, Sección de Investigación y Proyectos. Caracas, Venezuela.
- MOSLEY, M. P. 1987. «In River Channels. Environment and Process». In: KEITH RICHARDS (Ed.). *The classification and characterization of rivers*. pp. 295-321. The Institute of British Geographers, Special Publication Series. Basi Blackwell.
- NANSON, G. C. & J. C. Croke. 1992. «A genetic classification of floodplains». *Geomorphology*, 4: 459-486.
- PERÉZ, H. D. 2004. Configuración geomorfológica del perfil longitudinal del río Portuguesa. *Jornadas de Investigación, Facultad de Ingeniería*, (29/11 - 3/12).
- PETROVSZKI, J. & G. TIMÁR. 2010. «Channel sinuosity of Körös River system, Hungary/Romania, as possible indicator of the neotectonic activity». *Geomorphology*, 122: 223-230.
- RUST, B. R. 1978. «Fluvial Sedimentology». En: A. D. MIALL (Ed.). *A classification of alluvial channel systems*, 5: 187-198. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir.

- SANDER, C.; MORATO DE CARVALO, T. & G. N. V. LOVATTO. 2013. «Breve síntesis de dinámica fluvial do rio Branco, nas adjacências da cidade de Boa vista, Roraima». *Rev. Geogr. Acadêmica*, 7(1): 60-69.
- SENCIALES, G. M. 1998. «El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio Hidrográfico». Disponible en [http://www.fyl-unex.com/norba\[artículo en línea\],X,155-183,foro/publicaciones/norba/file/10/p10.pdf](http://www.fyl-unex.com/norba[artículo en línea],X,155-183,foro/publicaciones/norba/file/10/p10.pdf). [Consulta: junio, 2013].
- SCHUMM, S. A. 1985. «Patterns of alluvial rivers». *Annales Rev. Earth Planet. SCI.*, 13: 169-183.
- SCHUMM, S. A. & H. R. KHAN. 1972. «Experimental Study of Channel Patterns». *Geological Society of America Bulletin*, 83: 1755-1770.
- SMITH, C. E. 1998. «Modeling high sinuosity meanders in a small flume». *Geomorphology*, 25: 19-30.
- STEVAUX, J. C. 1994. «The upper Paraná River (Brazil): geomorphology, sedimentology and paleoclimatology». *Quaternary International*, 21: 143-161.
- STEVAUX, J. C. 2000. «Climatic events during the Pleistocene and Holocene in the upper Paraná River: correlation with NE Argentina and south-central Brazil». *Quaternary International*, 77: 87-94.
- URBANI, F. 2004. El Lineamiento Cuaternario de Calabozo, Venezuela. *Memorias XII Congreso venezolano de Geofísica*. 14-17, noviembre. Editado en CD. Caracas, Venezuela.
- VAN DER HAMMEN & M. L. ABSY. 1994. «Amazonia during the last glacial». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109(2-4): 247-261.
- ZÁMOLYI, A.; SZÉKELY, B.; DRAGANITS, E. & G. TIMÁR. 2010. «Neotectonic control on river sinuosity at the western margin of the Little Hungarian Plain». *Geomorphology*, 122: 231-243.

Lugar y fecha de finalización:
Caracas, Venezuela;
julio, 2016