

CURVAS DE LA GEOMETRÍA HIDRÁULICA REGIONAL PARA RÍOS DEL ESTADO DE PARANÁ, BRASIL.

Oscar Vicente Quinonez Fernandez

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste)

Rua Pernambuco, 1777 – Marechal Cândido Rondon - Paraná – Brasil – CEP 85960-000.

E-mail: fernandez@unioeste.br

RESUMEN

El presente trabajo presenta los resultados preliminares de las relaciones de la geometría hidráulica de los ríos de las regiones de las regiones oeste y suroeste del Estado de Paraná, Brasil. La cota de los cordones naturales fue elegida como referencia para determinar el nivel de desborde del cauce. El área de drenaje de las estaciones de aforo varió de 969 a 12.124 km². La relación entre el área de drenaje y de descarga, anchura, profundidad y área da sección transversal, todas medidas a nivel de desborde de los cauces, llegaron a valores del coeficiente de correlación (R^2) iguales a 0,94, 0,89, 0,49 y 0,83, respectivamente. Estos resultados demuestran una fuerte correlación entre las variables de la geometría hidráulica regional en las regiones estudiadas.

ABSTRACT

This paper presents the preliminary results of the relations of bankfull hydraulic geometry for rivers of West and Southwest regions in Parana State, Brazil. The elevation of the upper limit of sand-sized particles deposited in bank surface was chosen as a reference for determining the bankfull level. The drainage area of gauging stations ranged from 969 to 12,124 km². The relationship between drainage area and discharge, width, depth and channel cross-sectional area, all measures at the bankfull level, reached values of the correlation coefficient (R^2) equal to 0.94, 0.89, 0.49 and 0.83, respectively. These results show a strong correlation between regional hydraulic geometry at studied regions.

Introducción

La relación entre los elementos geométricos del canal fluvial (ancho superficial, profundidad y área de sección transversal) medidos a nivel del caudal de desborde con el área de la cuenca hidrográfica, fue denominada por Dunne y Leopold (1978) de curvas regionales o geometría hidráulica regional. Las curvas regionales constituyen un método gráfico que ilustra la relación matemática entre los elementos de la geometría hidráulica y el área de la cuenca entre secciones o puntos localizados en una determinada región o provincia fisiográfica (Harman et al., 1999). Posterior al trabajo pionero de Dunne y Leopold (1978), otros investigadores desarrollaron curvas para diferentes regiones fisiográficas de los Estados Unidos (Harman et al., 1999; White, 2001; Castro y Jackson, 2001; Emmert, 2004; Sherwood y Huitger, 2005, entre otros).

Objetivo y Área de Estudio

El presente trabajo trata de las relaciones de la geometría hidráulica regional para los ríos que bañan las regiones Oeste e Sudoeste del Estado de Paraná, Brasil (Figura 1).

Las regiones en estudio son constituidas por rocas basálticas de edad cretácea (Nardy et al., 2002) y están ubicadas en la meseta paranaense, localizadas en la parte central de la cuenca sedimentar del Paraná (Figura 2). El origen de estas mesetas está relacionado con la evolución de la Plataforma Brasileña. La elevación epirogenética de la Plataforma, ocurrida durante el Plioceno y Pleistoceno, levantaron las rocas sedimentares paleozoicas e volcánicas mesozoicas para altitudes superiores a 1.000 m (Almeida, 1966). Esta fuerte elevación colocó el área de estudio en un continuo proceso de erosión. La precipitación media anual varía de 1.600 mm (región Oeste) a 1.900 mm (región Sudoeste) y el clima de acuerdo a la clasificación de Köppen es del tipo Cfa, subtropical húmedo, mesotérmico, con veranos

calurosos, raras escarchas en invierno y concentración de lluvias en los meses de verano (IAPAR, 1994).

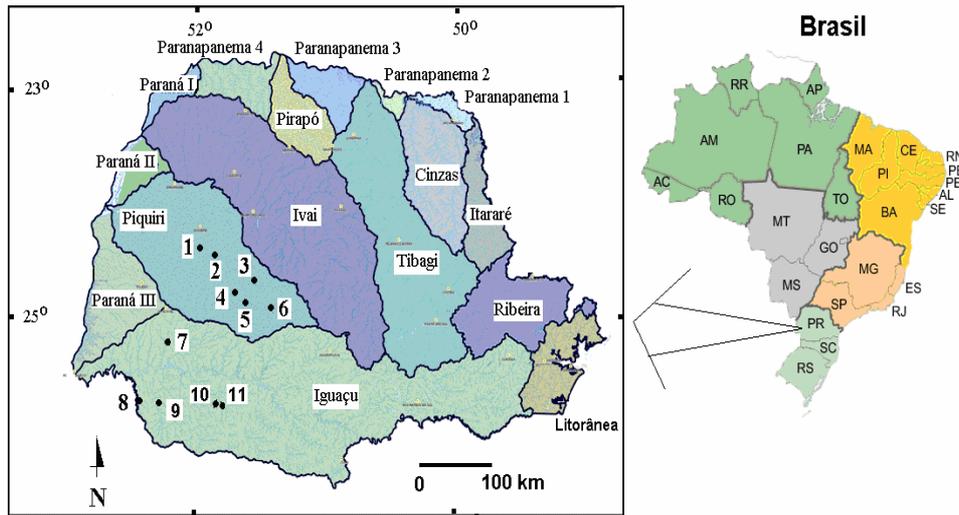


Figura 1: Localización de las secciones de aforo en las cuencas hidrográficas de los ríos Iguaçu y Piquiri, regiones Sudoeste y Oeste del Estado de Paraná, Brasil. Os números indican la localización de las secciones de aforo estudiadas. **Cuenca del Piquiri:** 1=Porto Novo 2; 2=Ponte do Piquiri; 3=Balsa do Cantu; 4=Foz do Cantu; 5=Porto Guarani; 6=Guampará. **Cuenca del Iguaçu:** 7=São Sebastião; 8=Muniz; 9=Ponte do Capanema; 10=Balsa do Santana; 11=Águas do Verê e 12=Porto Palmeirinha.

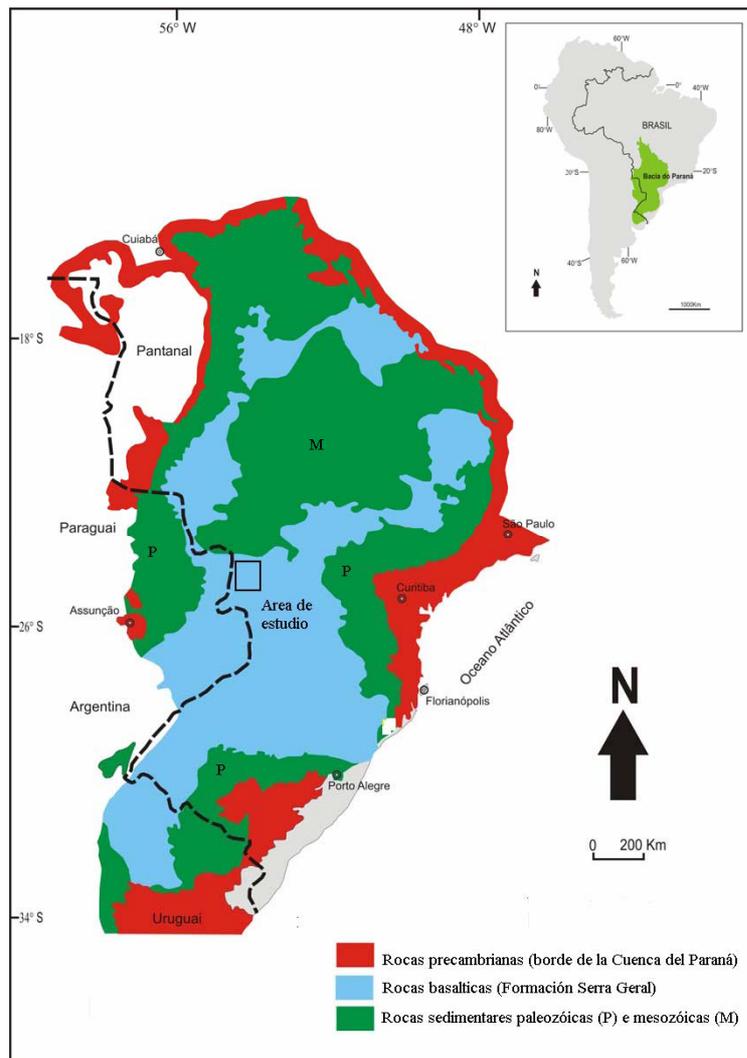


Figura 2: Localización de la cuenca sedimentar del Paraná (Silva, 2006). Las rocas precambrianas e las rocas sedimentares paleozoicas (P) e basálticas constituyen las mesetas meridionales brasileñas.

Materiales e métodos

Este estudio analizó las informaciones morfológicas e hidrométricas recogidas en 11 estaciones de aforos instaladas en las cuencas de los ríos Piquiri e Iguazu, operadas por la Suderhsa (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), órgano dependiente de la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Paraná, (Figura 1, Tabla 1).

En las estaciones, el nivel de caudal de desborde fue calculado a partir de observaciones de campo, teniendo como referencia el límite superior de los cordones naturales más sobresalientes identificados en la margen de los ríos (Figura 3). Este criterio fue propuesto por Leopold & Skibitzke (1967) y Nunnally (1967). Los ríos de meseta paranaense son caracterizados por canales profundos, productos de un largo proceso de incisión. Los cordones naturales son compuestos por sedimentos arenosos finos, pocos expresivos que se acumulan en varios niveles a lo largo de las márgenes inclinadas.

La cota del nivel de caudal de desborde fue obtenida mediante levantamientos topográficos convencionales. Para las estaciones de aforo fueron calculadas las relaciones matemáticas entre cota y caudal de desborde con informaciones concedidas por la Agencia Nacional de Aguas (ANA) (<http://hidroweb.ana.gov.br>). Los valores de ancho y profundidad del cauce correspondiente para cada secciones fueron obtenidos a partir de perfiles transversales levantados por la Suderhsa y disponible en el sitio de la ANA.

Tabla 1: Datos básicos de las secciones de aforo seleccionadas (Fuente: Suderhsa).

Código de la ANA	Estaciones	Coordenadas Geográficas	Cuenca/Río	Área (km ²)
65990550	Muniz	25° 44' 83" S 53° 50' 49" W	Iguazu/Santo Antonio	969
65979000	São Sebastião	25° 27' 37" S 53° 31' 43" W	Iguazu/Andrada	1.309
65981500	Ponte do Capanema	25° 46' 05" S 53° 36' 42" W	Iguazu/Capanema	1.740
65955000	Balsa do Santana	25° 54' 54" S 52° 50' 59" W	Iguazu/Santana	1.720
65927000	Porto Palmeirinha	26° 01' 46" S 52° 37' 42" W	Iguazu/Chopim	3.410
65966000	Águas do Verê	25° 46' 37" S 52° 55' 58" W	Iguazu/Chopim	6.696
64775000	Balsa do Cantu	24° 44' 55" S 52° 42' 10" W	Piquiri/Cantu	2.513
64764000	Guampará	24° 58' 59" S 52° 16' 59" W	Piquiri/Piquiri	1.703
64771500	Porto Guarani	24° 51' 58" S 52° 45' 46" W	Piquiri/Piquiri	4.223
64776100	Foz do Cantu	24° 45' 7" S 52° 52' 36" W	Piquiri/Piquiri	7.690
64795000	Ponte do Piquiri	24° 33' 31" S 53° 07' 45" W	Piquiri/Piquiri	11.303
64799500	Novo Porto 2	24° 22' 41" S 53° 09' 45" W	Piquiri/Piquiri	12.124



Figura 3: Cordones naturales tomados como criterio para definir el nivel de desborde. Ejemplo de la sección Guampará. Diciembre de 2008.

Avaluación de resultados

Las relaciones de la geometría hidráulica regional correspondientes a las cuencas de los ríos Iguazú y Piquiri son mostradas en la figura 4.

Las curvas regionales fueron obtenidas para estaciones cuyas áreas de contribución se extienden de 1.000 a 12.000 km². Las ecuaciones permiten estimar, las dimensiones del cauce a nivel de descarga de desborde teniendo como variable independiente el área de la cuenca. Los significativos valores de R² indican que los cordones naturales más sobresalientes, encontrados en las márgenes de los ríos, pueden ser utilizados como referencia para la identificación del nivel del caudal de desborde en áreas de meseta, donde la planicie aluvial activa es poco desarrollada o no existe, en virtud del predominio de los procesos erosivos. La planicie aluvial es la referencia morfológica más usada para identificar el nivel del caudal de desborde.

El uso de las ecuaciones puede orientar técnicos en proyectos de restauración de canales fluviales y auxiliar en trabajos de evaluación de las condiciones de degradación en ambientes fluviales

Conclusiones

Las relaciones de la geometría hidráulica regional muestran altos valores de coeficiente de correlación (R²), con excepción de la relación área versus profundidad. Esta baja correlación también fue observada en estudios similares ejecutados en los Estados Unidos. Las ecuaciones producidas son representativas para puntos situados en cuencas hidrográficas del oeste y sudoeste del Estado de Paraná inseridas en un contexto geológico y climático similar y cuyas áreas de contribución se extienden de 1.000 a 12.000 km²

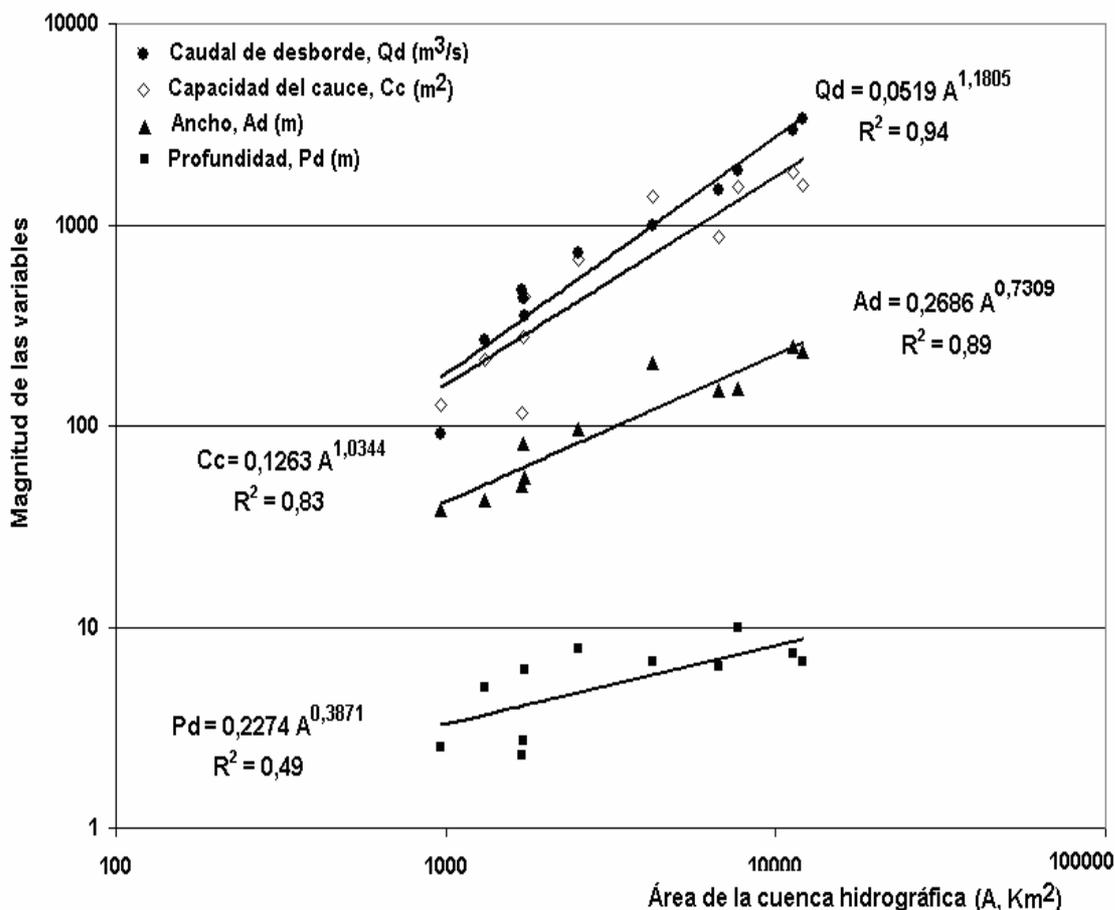


Figura 4: Curvas de la geometría hidráulica regional para ríos de las regiones oeste e sudoeste del Estado de Paraná, Brasil.

Agradecimiento. El autor agradece a la Agencia Nacional de Aguas (ANA) e a Suderhsa por la entrega de los datos hidrométricos e a los responsables por las secciones de aforo Pedro Paulo dos Santos, Maria Augusta Coelho, Osvaldo da Silva, Adão Valter Parolin, Hugo Selmiro Rodher, Jatir Maronese, Eliezer Marcos Brustolin, Edson Nascimento Dias, João Ferreira e Aguiomar José Jaiewky por la ayuda en los trabajos de campo.

Lista de Símbolos

Q_d : caudal de desborde (m^3/s).

C_c : Capacidad del cauce o área de la sección transversal en cota de desborde (m^2)

A_d : Anchura del cauce en cota de desborde (m)

P_d : Profundidad del cauce en cota de desborde (m)

Referencias Bibliográficas

Almeida, F.F.M. (1966) Origem e evolução da Plataforma Brasileira. Sedeeo, 2: 46-89.

Castro, J.M.; Jackson, P.C. (2001) Bankfull discharge recurrence intervals and regional hydraulic geometry relationships: patterns in the Pacific Northwest, USA. Journal of the American Water Resources Association, 37 (5): 1249-1262.

Dunne, T.; Leopold, L.B. (1978) Water in Environmental Planning. W.H. Freeman Co., San Francisco, CA.

Emmert, B.A. (2004) Regional curve development for Kansas. Proceedings of the ASAE September Conference: Self-Sustaining Solutions for Streams, Wetlands and Watersheds. September 12-15, 2004. St. Paul, Minnesota: 27-35.

Harman, W.A.; Jennings, G.; Patterson, J.; Clinton, D., Slate, L., Jessup, A., Everhart, J. y Smith, R. (1999) Bankfull hydraulic geometry relationships for North Carolina streams. In: AWRA Wildland Hydrology Symposium Proceedings (D. Olsen & J. Potyondy, Eds.), Bozeman, Montana, 401-408.

IAPAR - Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (1994) Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná, Curitiba (PR), 49 p.

Leopold, L.B. y Skibitzke, H.E. (1967) Observation on unmeasured rivers. Geographical Annaler 49: 247-255.

Nardy, A.J.R.; Oliveira, M.A.F.; Betancourt, R.H.S.; Verdugo, D.R.H. y Machado, F.B. (2002) Geologia e estratigrafia da Formação Serra Geral. Geociências (Unesp, São Paulo): 21: 15-32.

Nunnally, N.R. (1967) Definition and identification of channel and overbank deposits and their respective roles in floodplain formation. Professional Geographer 19: 1-4.

Sherwood, J.M.y Huitger, C.A. (2005) Bankfull characteristics of Ohio streams and their relation to peak stream-flows. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5153, 38 p.

Silva, D.R.O.A. (2006) Aplicação de métodos radiométricos (Rb-Sr e Sm-Nd) na análise de bacias sedimentares-o exemplo da Bacia do Paraná. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. 134 p.

White, K. E. (2001) Regional curve development and section of a reference reach in the non-urban, lowland sections of the Piedmont physiographic province, Pennsylvania and Maryland. USGS. 20 pp.