

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN FLUVIAL DE ROSGEN EN ARROYOS URBANOS DE LA REGIÓN OESTE 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 trabajo presenta un ejemplo de la aplicación de la clasificación de Rosgen (1994) en arroyos que drenan el área urbana de Marechal Cândido Rondon, ciudad localizada en la región oeste del Estado de Paraná (Brasil). La clasificación, propuesta por el hidrólogo americano David Rosgen posee cuatro niveles de detalle: caracterización morfológica básica (nivel I), descripción morfológica (nivel II), levantamiento de las condiciones de estabilidad del río (nivel III) e verificación (nivel IV). La clasificación en nivel II fue aplicada en seis arroyos, en los cuales fueron seleccionados siete puntos. Los criterios clasificatorios utilizados en el nivel II son: número de canales, relación de excavación, relación ancho/profundidad, índice de sinuosidad y declividad del flujo. Estas variables son medidas en nivel de desborde. Fue adoptado como nivel de desborde los depósitos de bancos. Esta referencia es fácilmente reconocida y son formas comunes en los cauces encajados de los arroyos. Entre los tramos escogidos, cuatro pertenecen al tipo G (cauce profundo y estrecho) y tres al tipo E (canal poco profundo e ancha planicie aluvial).

ABSTRACT

The work presents an example of the application of the classification of Rosgen (1994) in streams that drain urban area of Marechal Cândido Rondon, city located in the region west of the State of Parana (Brazil). The classification, proposed by the American hidrologist David Rosgen have four detail levels: basic morphological characterization (level I), morphological description (level II), rising of the conditions of stability of the river (level III) and verification (level IV). The classification in level II were applied in six streams, in which seven points were selected. You classificatory approaches used in the level II are: number of channels, entrenchment ratio, width/depth ratio, sinuosity and slope of the flow. These variables are measured in bankfull level. Tops of bars were adopted as bankfull level. This reference easily observed and they are common forms in channels incised. Among the chosen points, four correspond to the type G (deep and narrow) and three to the type E (low width/depth and wide alluvial plain).

INTRODUCCIÓN

Los ríos constituyen objetos de estudio de ingenieros, hidrólogos, geomorfólogos, biólogos, geólogos e ecólogos. Unos de los primeros pasos de estos profesionales es intentar clasificar los cursos fluviales de acuerdo con sus necesidades. En la geomorfología fluvial, el objetivo da clasificación de canales fluviales es fragmentar las complejas unidades de estudios en unidades discretas. A lo largo del siglo XX, numerosas clasificaciones fueron publicadas. Varios autores se dedicaron a comentar las innumerables propuestas de clasificación publicadas (Naiman et al., 1992; Montgomery y Buffington, 1993; Goodwin, 1999 entre otros).

Entre los sistemas de clasificación de canales fluviales divulgados en las últimas décadas, se destaca la propuesta por el hidrólogo americano David L. Rosgen. El sistema de clasificación está basado en observaciones realizadas en centenas de ríos de varios tamaños distribuidos en diferentes regiones climáticas de América del Norte y Nueva Zelanda. Las observaciones de campo de D. L. Rosgen comenzaron en 1973 y después de una década de estudios, divulgó un texto preliminar de la clasificación a la comunidad científica (Rosgen, 1985). Los ajustes en la clasificación fueron presentados en la versión final publicada algunos años después (Rosgen, 1994).

Desde la publicación de la versión final, la clasificación ganó adeptos en Estados Unidos y Canadá. La adopción de la clasificación por parte de las agencias gubernamentales de ambos países en proyectos de restauración de ríos, se tornó frecuente a partir los años noventa. La popularización de la clasificación de Rosgen tal vez sea resultado de la amplia divulgación por el Internet de resultados de los proyectos realizados por las agencias gubernamentales.

OBJETIVO Y ÁREA DE ESTUDIO

El objetivo de este trabajo es aplicar la clasificación de Rosgen en seis arroyos que drenan la ciudad de Marechal Cândido Rondon localizada en la región oeste del Estado de Paraná (Brasil), limítrofe con Paraguay y Argentina (Figura 1). La ciudad fue fundada en 1960 y la población urbana alcanza los 35.000 habitantes. La región está situada a 420 m de altitud y el clima es del tipo Cfa (clasificación climática de Köppen), subtropical, húmedo con precipitación media anual de 1.600 a 1.700 mm. El suelo es arcilloso producto de la degradación de rocas basálticas (Formación Serra Peral) de edad cretácea (Melfi et al. 1988). La alteración parcial de estas rocas produce gravas y pedregullos que se acumulan en los lechos.

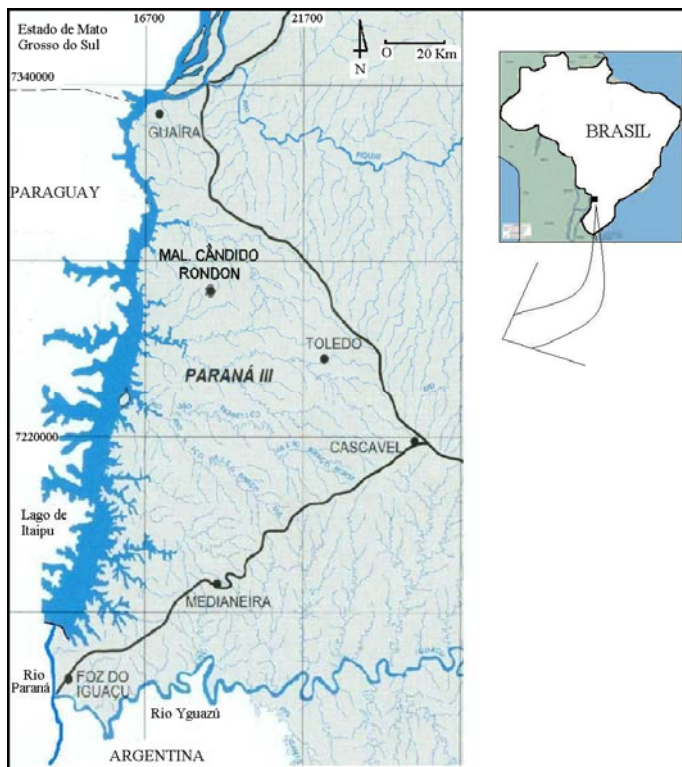


Figura 1: Localización de la ciudad de Marechal Cândido Rondon, área fronteriza con Paraguay y Argentina.

MATERIALES Y MÉTODOS

La clasificación de canales fluviales desarrollada por Rosgen (1994) incluye cuatro niveles de detalle: caracterización morfológica básica (nivel I), descripción morfológica (nivel II), levantamiento de las condiciones de estabilidad del río (nivel III) y verificación (nivel IV). En este trabajo serán presentados los resultados de la aplicación del nivel II.

En el nivel I son diferenciados nueve tipos de canales con la aplicación secuencial de cinco parámetros: número de canales, relación de excavación (RE), relación ancho/profundidad, índice de sinuosidad y declividad del flujo.

Número de canales: los ríos con un único canal pertenecen a los tipos Aa+, A, B, C, E, F y G, en cuanto que los ríos multicanales corresponden a los grupos D y DA.

Relación de excavación (RE): este parámetro es definido por la relación entre el ancho del canal en nivel de inundación equivalente a 50 años de recurrencia (W_m) y el ancho del canal en nivel de desborde (L_{mp}) (bankfull level). (Figura 2). El caudal de desborde es definido como aquel que ocupa totalmente el canal fluvial antes de inundar la planicie de inundación (Wolman y Leopold, 1957). El intervalo de recurrencia de este caudal es generalmente estimado en 1,5 a 2 años. En la sección de estudio, debe ser levantado un perfil transversal detallado, donde es identificado el nivel de desborde. El nivel W_m es obtenido duplicando el valor de profundidad del canal en nivel de desborde (P_{mp}). Rosgen considera la relación de excavación *baja* cuando $RE > 2,2$ y *fuerte* cuando $RE < 1,4$.

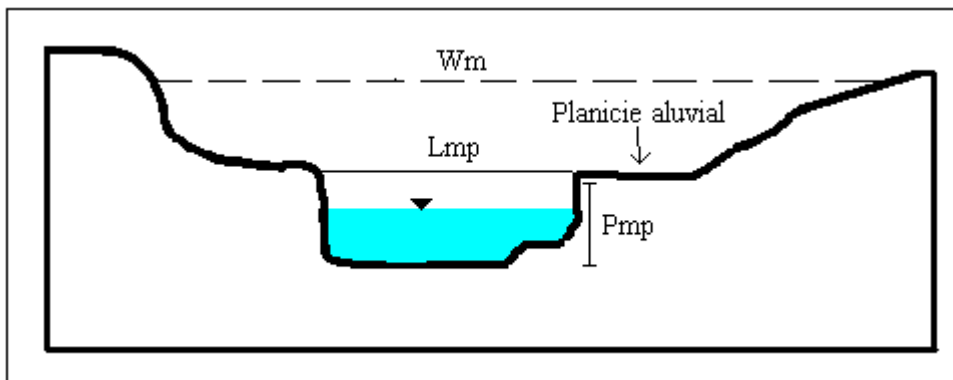


Figura 2: Variables geométricas do canal utilizadas en la clasificación de Rosgen.

Relación ancho/profundidad (L_{mp}/P_{mp}): los dos parámetros son medidos en perfiles transversales teniendo como referencia el nivel de desborde (Figura 2).

Índice de sinuosidad del canal (S): este parámetro es definido por el cociente entre el largo del canal y el largo del valle. Cuando no se dispone de una carta topográfica detallada del área de estudio (Escala $> 1/10.000$), el trayecto del canal debe ser encontrado a través de un levantamiento topográfico.

Declividad del agua (D): este parámetro debe ser medido a lo largo de una distancia equivalente a 20 a 30 veces el ancho del cauce a nivel de desborde, determinada en la sección de estudio. La declividad D es obtenida dividiendo el desnivel de la lámina del agua en un tramo considerado por el largo del canal en el mismo tramo.

La clasificación de Rosgen en el nivel II es realizada en dos etapas. En la primera, los nueve tipos de canales definidos en el nivel I son clasificados en 41 subtipos principales a partir de la inclusión de la granulometría de los sedimentos del lecho. Estos sedimentos reciben un número de identificación: 1=roca, 2=bloque, 3= grava, 4=pedregullo, 5= arena 6= limo/arcilla. La nomenclatura alfanumérica de clasificación en esta etapa es escrita de la siguiente manera: A5, G4, B2, etc. (Figura 3).

Tipo de material	A	B	C	D	DA	E	F	G
1 Roca								
2 Bloque								
3 Grava								
4 Pedregullo								
5 arena								
6 Limo/arcilla								
RE	< 1,4	1,4-2,2	> 2,2	—	> 2,2	>2,2	<1,4	<1,4
Sinuosidad	< 1,2	>1,2	>1,4	<1,1	1,1-1,6	>1,5	>1,4	>1,2
Lmp/Pmp	<12	>12	>12	> 40	<40	<12	>12	<12
Declividad	0,04-0,099	0,02-0,039	< 0,02	<0,02	<0,005	<0,02	<0,02	0,02-0,039

Figura 3: Subtipos de canales de acuerdo con la clasificación de Rosgen (Nivel II) (Modificada de Rosgen, 1994).

En la segunda etapa, la división de la declividad del flujo en dos o tres subcategorías, permite la clasificación de los 41 subtipos diferenciados en la primera etapa en otros 94 subtipos. La nomenclatura de la clasificación de Rosgen en esta última etapa es escrita de la siguiente forma: B2a, G4c, etc.

APLICACIÓN

La clasificación de Rosgen fue aplicada en siete trechos seleccionados en los alrededores de la ciudad (Figura 4). La mayor parte de los manantiales de los arroyos está situada dentro del área urbana. En la tabla 1 es mostrada la clasificación de los trechos seleccionados y los respectivos valores de los parámetros.

La mayor parte de los arroyos tienen un cauce profundo y estrecho. Estas son las características principales de los canales del tipo G. En algunos puntos, los arroyos presentan una declividad menor. Con esto, los sedimentos de los lechos no son removidos y por consiguiente los cauces son poco profundos. Este tipo de canal pertenece al tipo E.

Para la correcta aplicación de la clasificación de Rosgen es necesario que sea identificado con precisión el nivel de desborde. Dos parámetros utilizados como elementos clasificatorios (Relación de excavación e relación ancho/profundidad) son obtenidos teniendo como referencia este nivel. En las cuencas poco afectadas por la actividad humana, los criterios usados para la identificación de nivel de desborde pueden ser observados con más facilidad, ya que las

superficies de erosión y deposición son preservadas. Williams (1978) publicó un trabajo discutiendo los criterios morfológicos, sedimentológicos y botánicos usados para definir el nivel de desborde. En ríos cuyas cuencas se encuentran en áreas fuertemente afectadas por la intervención humana, las evidencias físicas utilizadas para delimitar el nivel de desborde son removidas o solapadas.

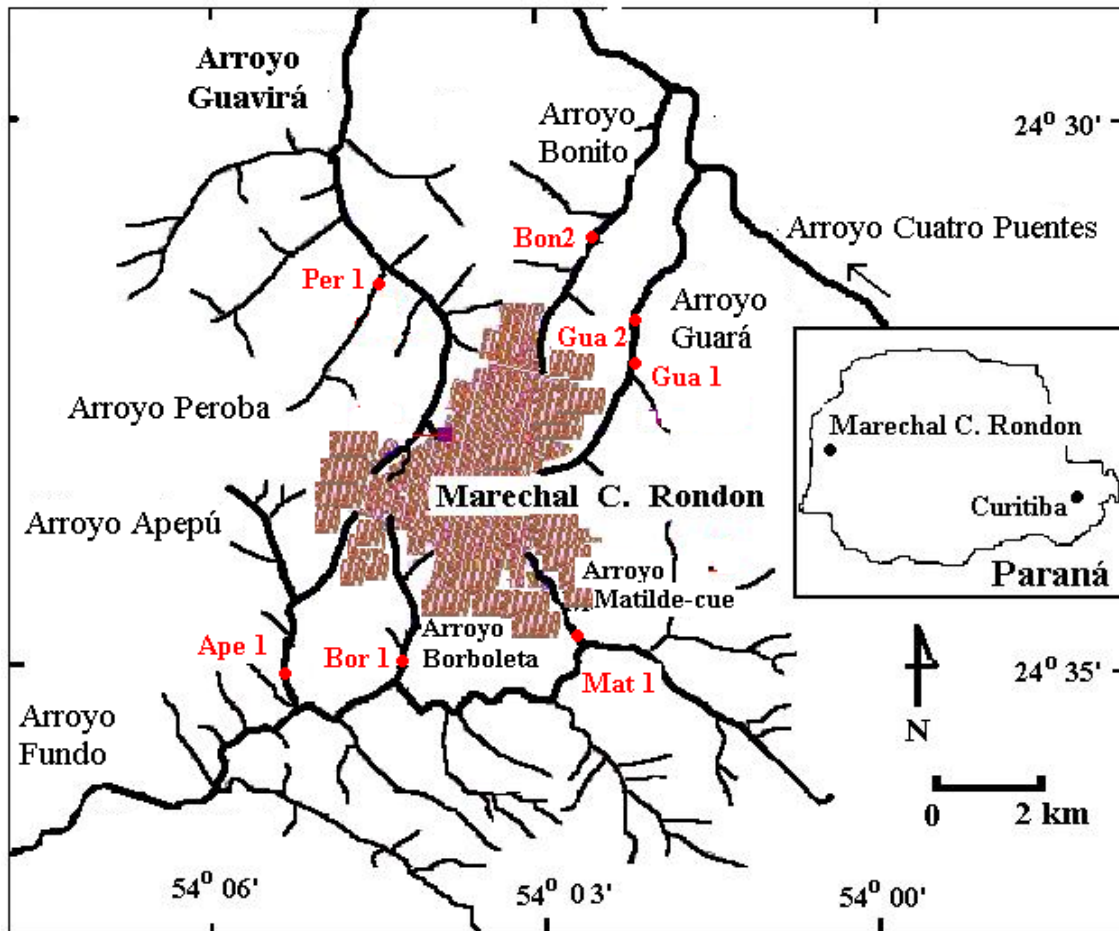


Figura 4: Localización de los trechos fluviales en estudio, en los alrededores de la ciudad de Marechal Cândido Rondon, Estado del Paraná, Brasil.

Tabla 1. Aplicación de la clasificación de Rosgen (nivel II) en los arroyos de Marechal Cândido Rondon, Estado de Paraná, Brasil.

Sección	RE	Lmp/Pmp	S	D (m/m)	Sedimento del lecho	Clasificación de Rosgen (Nivel II)
Ape 1	1,15	4,00	1,78	0,0066	Pedregullo	G4c
Mat 1	1,32	5,54	1,54	0,0096	Pedregullo	G4c
Bor 1	1,49	3,81	1,30	0,0095	Pedregullo	G4c
Guar 1	>10,7	4,0	3,38	0,0068	Pedregullo	E4
Guar 2	1,26	2,38	1,10	0,0054	Pedregullo	G4c
Per 1	2,44	2,00	1,08	0,0099	Arena	E5
Bon 2	8,33	1,78	1,64	0,0081	Pedregullo	E4

En este trabajo, fue usada la cota de los bancos de arena y pedregullo como criterio para identificar el nivel de desborde. Este criterio fue adoptado por Wolman y Leopold (1957) y Lewis y McDonald (1973). La clasificación de Rosgen recibió innumerables críticas (Miller y Ritter, 1996; Gillilan, 1996; Juracek y Fitzpatrick, 2003; Simon et al., 2005 entre otros). Estas críticas tratan sobre la dificultad de identificar el nivel de desborde. Los críticos sostienen que la aplicación de la clasificación por estudiosos poco informados sobre la dinámica fluvial, puede llevar a conclusiones equivocadas. Esta preocupación tiene origen en el hecho de que técnicos no calificados usan la clasificación, justamente debido a la facilidad en el uso. Por otro lado, los críticos coinciden en afirmar que la clasificación puede ser usada como instrumento para el intercambio de información y descripción básica de los ríos y arroyos.

CONCLUSIONES

La mayor parte de los arroyos de la región en estudio es profunda y estrecha. Esta morfología se debe a la resistencia del suelo arcilloso. A pesar del aumento del caudal causado por el proceso de urbanización, los márgenes de los arroyos permanecieron estables. Por esa razón, predominan los canales del tipo G. En estos arroyos encajados, sin planicie de inundación, la adopción de los bancos de arena y pedregullo como criterio para identificar el nivel de desborde se mostró positiva. En razón de la selección de este criterio, los canales levemente encajados fueron clasificados en el grupo E. Como se puede observar en la figura 3, los canales del tipo E no presentan barrancos expresivos. Este ejemplo demuestra como el resultado de esta clasificación depende del criterio adoptado para establecer el nivel de desborde.

LISTA DE SIMBOLOS

RE = Relación de excavación

Wm = ancho del canal en nivel de inundación equivalente a 50 años de recurrencia.

Lmp = ancho del canal en nivel de desborde.

Pmp = profundidad del canal en nivel de desborde.

S = sinuosidad del canal.

D = declividad del agua.

REFERENCIAS

GILLILAN, S. (1996) Use and misuse of channel classification schemes. Stream Notes, Technical Publication, Rocky Mountain Research. October 1996.

GOODWIN, C.N. (1999) Fluvial classification: neanderthal necessity or needless normalcy. Proceedings of Specialty Conference on Wildland Hydrology. Olson, D.S and Potyondy, J.P (Eds.) American Water Resources Association, Bozeman, MT, p. 229-236.

JURACEK, K. y FITZPATRICK, F. (2003) Limitations and implications of stream classification. American Water Resources Association, 39 (3): 659-670.

LEWIS, C.P. y McDONALD, B.C. (1973) Rivers of the Yukon north slope. In: Fluvial Processes and Sedimentation, pp. 251-271.

MILLER, J.R. y RITTER, J.B. (1996) An examination of the Rosgen classification of natural rivers. Catena 27: 295-299.

MELFI, A.J.; PICCIRILLO, E.M. y NARDY, A.J.R. (1988) Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin: an introduction. In: The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: petrogenetic and

geophysical aspects, Piccirillo, E.M. e Melfi, A.J. (eds.), São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico, USP, p. 1-13.

MONTGOMERY, D.R. y BUFFINGTON, J.M. (1993) Channel classification, prediction of channel response and assessment of channel condition. Washington State Department of Natural Resources Report TFW-SH10-93-002, 86 p

NAIMAN, R.J.; LONZARICH, D.G.; BEECHIE, T.J. y RALPH, S.C. (1992) General principles of classification and the assessment of conservation potential in rivers. In: Boon, P.J.; Carlow, P. y Petts, G.E. (Eds.) River Conservation and Management, John Wiley & Sons, Chichester, 93-123.

ROSGEN, D.L. (1985) A stream classification system. In: Riparian Ecosystems and their management. First North American Riparian Conference. Rocky Mountains Forest and Range Experiment Station, RM-120, pp. 91-95.

ROSGEN, D.L. (1994) A classification of natural rivers. *Catena*, 22: 169-199.

SIMON, A.; DOYLE, M.; KONDOLF, M.; SHIELDS Jr., F.; ROADS, GRANT, G.; FITZPATRICK, F.; JURACEK, K.; McPHILIPS, M. y MACBROOM, J. (2005) How well do the Rosgen classification and associated "natural channel design" methods integrate and quantify fluvial processes and channel response?. Proceedings of the 2005 World Water and Environmental Resources Congress, May 15-19, 2005, Anchorage, Alaska.

WILLIAMS, G.P. (1978) Bank-full discharge of rivers. *Water Resources Research*, 14 (6): 1141-1153.

WOLMAN, M.G. y LEOPOLD, L.B. (1957) River flood plains: some observations on their formation. Professional Paper, US States Geological Survey, 282C, p. 87-07.