

EMPLEO DE RELACIONES HIDRÁULICAS

PARA LA DETERMINACIÓN DE REGIONES HOMOGÉNEAS

Graciela Viviana Zucarelli; Eduardo Blas Ceirano y Marta del Carmen Paris

Departamento Hidrología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Ciudad Universitaria, Paraje El Pozo. (3000) Santa Fe, Argentina

TE: 0054-342-4575244 (interno 167) FAX: 0054-342-4575224

e-mail: zuca@fich1.unl.edu.ar / eceirano@evarsa.com.ar / mparis@fich1.unl.edu.ar

INTRODUCCIÓN

Los caudales máximos instantáneos son aquellos cuya estadística posee una gran importancia en términos de aplicaciones prácticas, debido a la necesidad de caracterizar la crecida de proyecto, constituyendo uno de los parámetros fundamentales en los proyectos de obras hidráulicas. Sin embargo, la mayoría de los cursos de agua no poseen la suficiente información como para realizar este análisis. Además, la forma y el tamaño de las secciones transversales de los canales aluviales se relacionan con los valores de caudales. Como el caudal se incrementa hacia aguas abajo, el ancho del canal y la profundidad media tienden a incrementarse, mientras que la pendiente superficial decrece. La tasa de cambio puede ser similar para los ríos, a pesar de que otros factores, como el tamaño y la cantidad de sedimento y el tipo de vegetación de las planicies, pueden hacerla variar. La relación del caudal con el ancho, la profundidad y la velocidad de una sección transversal del río puede ser descrita por una relación potencial.

En este trabajo se presentan, primeramente, los resultados de aplicar metodologías para la determinación del caudal máximo instantáneo como así también un resumen de las relaciones hidráulicas encontradas para cauces del área de estudio. Posteriormente, se muestran los resultados alcanzados por la aplicación del método del análisis de agrupamiento y la curva de Andrews en la identificación de las regiones homogéneas, considerando que la regionalización de cuencas hidrográficas es una técnica que se utiliza para transferir información, buscando explorar al máximo los datos existentes en una determinada región geográfica. La aplicación se realiza en 11 cuencas del noroeste de la República Argentina.

METODOLOGÍA

Sangal, según cita Silva y Tucci (1997), presentó un método para estimar los caudales máximos de crecidas en función de los caudales medios diarios. Las primeras referencias a la geometría hidráulica provienen de Leopold y Maddock y datan del año 1953 (Buhman et al., 2002). Ellos demostraron que la relación del caudal con el ancho, la profundidad y la velocidad de una sección transversal del río puede ser descrita por expresiones de tipo potencial. Por su parte, la estimación del ancho estable de un cauce aluvial constituye un aspecto importante para aplicar en el diseño de canales de tierra, protección de márgenes, vías de navegación, etc., para la cual la fórmula de Glushkov es una ecuación morfológica que establece una relación entre el ancho w y la profundidad h en un cauce estable (Farias, 2000).

La metodológica utilizada en este trabajo para la determinación de regiones homogéneas involucra el empleo de los métodos estadísticos-matemáticos multivariados:

análisis de agrupamiento en Modo Q (Brown, 1998) en forma conjunta con el gráfico de Andrews (Andrews, 1972). A partir de una evaluación integrada de los resultados aportados por estas técnicas y la caracterización conceptual previa del sistema, se pretende definir zonas de comportamiento hidrológico homogéneo e identificar aquellas variables de mayor significación en la expresión funcional del caudal medio.

Andrews (1972) propuso un método simple y útil para representar gráficamente datos multidimensionales en sólo dos dimensiones. De acuerdo a ello, en cada sitio de registro o punto de observación, es posible definir una función armónica en donde los coeficientes que afectan a las funciones *sen* y *cos* y el término constante son definidos por los valores cuantificados para las n variables. Esto deriva en una expresión como la siguiente:

$$f_X(t) = \frac{X_1}{\sqrt{2}} + X_2 \text{sen}(t) + X_3 \cos(t) + X_4 \text{sen}(2t) + X_5 \cos(2t) + \dots \quad (1)$$

donde X_1, X_2, \dots, X_n , son las variables cuantificadas en cada sitio y t varía en el entre $-\pi$ y π .

APLICACIÓN

Fueron analizados un total de 605 eventos correspondientes a 11 cuencas de la República Argentina, de las cuales ocho pertenecen a la cuenca del río Salí-Dulce, una a la cuenca del río Pasaje o Salado, una a la Alta Cuenca del Juramento y la restante a la cuenca el Salar de Pipanaco (EVARSA, 1997). Los datos fueron proporcionados por la Ex Agua y Energía Eléctrica en planillas originales, por lo que fue necesario su procesamiento en soporte digital.

RESULTADOS

La identificación de regiones hidrológicamente homogéneas fue realizada sobre la base de los valores medios de las variables que caracterizan las secciones aforadas correspondientes a las cuencas de aporte superficial: área de drenaje A (km²), caudal Q (m³/s), velocidad v (m/s), profundidad h (m) y ancho de la sección transversal w (m). Los datos originales fueron transformados únicamente mediante una standarización.

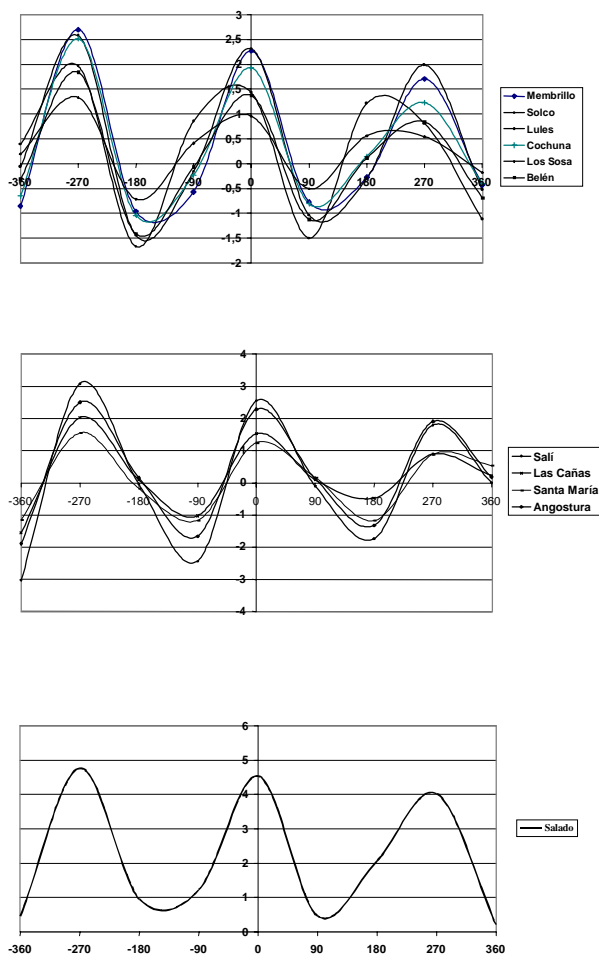


Figura 1. Agrupamiento de las cuencas

La Figura 1 presenta el agrupamiento de las cuencas obtenido de la aplicación de las técnicas mencionadas. De acuerdo a esta conformación de regiones homogéneas, las secciones de aforo correspondientes a los ríos Membrillo, Solco, Lules, Cochuna, Los Sosa y Belén, tienen un comportamiento hidrológico semejante, de modo que sería posible la transferencia de información entre las mismas. Igualmente ocurre con las estaciones de aforo de los ríos Salí, Las Cañas, Santa María y Angostura, quedando el río Salado como un tercer grupo.

CONCLUSIONES

La utilización conjunta de métodos estadísticos-matemáticos y su evaluación integrada con la caracterización conceptual previa del sistema ha permitido identificar regiones hidrológicas homogéneas en forma consistente. En relación con la constancia u homogeneidad de las características hidrológicas en las regiones y teniendo presente que, sólo 3 de las cuencas continúan siendo aforadas en la actualidad, se eleva una recomendación para que los organismos encargados de operar la red de mediciones hidrológicas, mantengan la continuidad de registro en al menos una estación por región hidrológica definida. Esto es de fundamental importancia ya que, no sólo permitirá contar

con estimaciones regionalizadas de caudales en esta zona del país, en donde se torna indispensable realizar un manejo eficiente de los recursos hídricos, sino que a la vez suministrará datos básicos para la estimación y seguimiento de crecidas en las zonas de descarga de estos ríos, donde situaciones de inundaciones y anegamientos son frecuentes. A la luz de los resultados obtenidos, se propone dar continuidad a las investigaciones encaradas mediante la aplicación de esta propuesta metodológica para la identificación de regiones hidrológicas homogéneas en otras zonas y/o por la incorporación de otras variables (precipitación, densidad de drenaje, etc.) que contribuyan a los fines de la delimitación.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS D.F. (1972). "Plots of high-dimensional data". *Biometrics*, 28, 125-136.
- BROWN, CHARLES (1998). "Applied multivariate Statistic in Geohydrologic and Related Sciences". Springer. 248 Pp.
- BUHMAN, D. L.; GATES, T. K.; WATSON, C. C. (2002). "Stochastic variability of fluvial hydraulic geometry: Mississippi and Red Rivers". *Journal of Hydraulic Engineering*. Vol.128, N 4, Abril 2002. Pp. 426-437.
- EVARSA (1997). "Estadística Hidrológica". Tomos I y II. Presidencia de la Nación. Secretaria de recursos naturales y desarrollo sustentable.
- FARIAS H. D. (2000). "Formulación racional de la relación ancho-profundidad para cauces aluviales estables". *Congreso Nacional del Agua 2000*, Santiago del Estero, Argentina.
- SILVA, E. A.; TUCCI, C. E. M (1997). "Estimativa da Vazao Máxima Instantânea con Base em vazoes Máximas Diárias". XII Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitoria/ES, Brasil, p. 449-455.