

## Aspectos morfométricos de la cuenca del arroyo Itacaruaré, Misiones, Argentina

Albarracín Franco. S<sup>a,\*</sup>, Alvarenga F.<sup>a</sup>, Sosa. A<sup>a</sup>, Iwasita B<sup>a</sup>, Barbaro S<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul, Centro Regional Misiones. INTA.  
Ruta Nacional 14 km 1085. Cerro Azul, Misiones. Argentina  
e-mails: albarracin.silvia@inta.gob.ar

---

### Resumen

Las características físicas de una cuenca hidrográfica son necesarias para estimar el potencial erosivo e hidrológico por causas naturales y antropogénicas; para ello se definen índices morfométricos que permiten explicar la forma, el relieve y la red de drenaje. El objetivo del trabajo fue analizar e interpretar los parámetros morfométricos de la cuenca del arroyo Itacaruaré, en el departamento San Javier (Misiones). Los parámetros calculados se determinaron sobre datos georreferenciados procesados con SIG, generando en gabinete, una base de datos digital morfométrica de la zona de estudio. La cuenca tiene un área 353.03 km<sup>2</sup> con dirección principal en el eje N-S, con un rango altitudinal entre los 355 y 120 msnm. El análisis de forma mostró que es irregular u oblonga, que propicia una evacuación rápida de la escorrentía que se genera en la misma. Presenta una red de drenaje bien estructurada. Estos resultados forman parte del procedimiento inicial para el diagnóstico de la dinámica del escurrimiento superficial en la cuenca, debido a que los mismos se corresponden con las formas de relieve terrestre, siendo el agua y su energía un factor modelador. Este trabajo constituye la etapa inicial para generar un modelo conceptual sobre el funcionamiento del sistema hidrológico del arroyo Itacaruaré.

**Palabras Clave** – Cuenas hidrográfica, morfometría, SIG, sistema de drenaje.

### 1. Introducción

Una cuenca hidrológica es la unidad utilizada como marco de referencia para la planeación territorial-ambiental de los recursos naturales (Fuentes, 2004) y representa áreas de escurrimiento e infiltración donde el agua de lluvia tiende a ser drenada y que desemboca a ríos, lagos y finalmente al mar. Un enfoque sistémico del concepto de cuenca hidrográfica supera la idea de reducirla a una superficie de convergencia del escurrimiento hídrico superficial, ya que considera a todo el complejo biogeomórfico y humano. La misma constituye un instrumento valioso para el Estado y la sociedad para administrar su actividad, conciliar intereses económicos y sociales, conservar la biodiversidad y permitir un uso sostenido de los recursos naturales representando a una unidad de planificación y gestión para el manejo de los recursos naturales (Gaspari, 2002).

El estudio morfométrico tiene relevancia porque permite considerar variables de forma, relieve y red de drenaje, que revelan el comportamiento morfodinámico e hidrológico de las cuencas para prevenir percances en casos de excesos de precipitación y ayudar a la planeación del uso sustentable de la misma (Domínguez *et al.*, 2003). Por su parte, Arriaga *et al.*, (2009) mencionan que la caracterización de una cuenca es un paso importante para las políticas de administración sustentable, dado que actualmente no se tienen estudios sobre el comportamiento del flujo hídrico y morfométrico que determinen su dinámica (Matter *et al.*, 2009). Méndez y Marcucci (2006) analizaron e interpretaron los parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Curutí,

\*Autor en correspondencia: albarracin.silvia@inta.gob.ar

en términos de su incidencia en el comportamiento y respuesta hidrológica del sistema, y su potencial morfodinámico, a fin de contribuir a la generación y/o ampliación de una plataforma de información básica, que permita a “posteriori” estimar los hidrogramas y caudales pico de las crecidas para el análisis y evaluación de la amenaza por inundación y aludes torrenciales.

El cálculo de los parámetros morfométricos se realiza con operaciones matemáticas, y desde el desarrollo tecnológicos de la geoinformática, se ha podido obtener estos parámetros de forma automatizada mediante sistemas de información geográfica (SIG), (Delgado y Gaspari, 2010).

El presente estudio tuvo como objetivo analizar e interpretar las características morfométricas de la cuenca del arroyo Itacaruaré, información útil en la planeación del manejo de recursos naturales de la misma.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Área de estudio

El estudio se desarrolló en la cuenca del arroyo Itacaruaré, compuesta principalmente por los arroyos Itacaruaré, del Medio y del 25 (Figura 1). Comprende una superficie aproximada de 349 km<sup>2</sup> y está ubicada en los departamentos del Leandro N. Alem, San Javier y Concepción de la Sierra. Geográficamente el centroide de la cuenca se ubica 27° 40' latitud S y 55° 18' longitud W.

El clima, según la clasificación de Köppen, tiene clima de tipo Cfa macrotérmico, constantemente húmedo y subtropical, por lo que tiene un balance hídrico favorable, si se considera todo el año. La precipitación medial anual es de 1900 mm, siendo los meses más lluviosos de marzo a julio, y le trimestre más seco de octubre a febrero. La temperatura media anual es de 23.5 °C. (Olinuck *et al.* 2017)

Para el análisis de las características morfológicas y funcionales de la cuenca del arroyo Itacaruaré, se establecieron y analizaron parámetros morfométricos de forma, de relieve y los relativos a la red de drenaje, con apoyo en el Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGis 10.1 y planillas de cálculo. Complementariamente se realizó un análisis general topográfico para integrar el relieve con el trazado del sistema de drenaje, fundamental en el análisis de la hidrografía, es especial, en el estudio de las aguas superficiales.

El material utilizado fueron las cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:10.000, denominadas Cerro Azul, Leandro N. Alem, Colonia Taranco, Arroyo del Medio, Dos arroyos, Colonia Caa Guazú y San Juan de la Sierra. El procesamiento con el programa ArcGis 10.1 de las cartas topográficas generó el modelo digital de elevación (MDE), que permitió delimitar la cuenca por divisoria de aguas, y digitalizar en pantalla el sistema de drenaje superficial. También se obtuvieron los datos de base para la definición de los parámetros geométricos de forma, de relieve y de red de drenaje. La morfometría se cuantificó por medio de índices, los cuales relacionan la forma del relieve con la respuesta hidrológica de la cuenca.

### 2.2 Parámetros morfométricos

#### a) Parámetros de forma

La forma de una cuenca influye sobre los escurrimientos y sobre la marcha del hidrograma resultante de una

precipitación dada. Los índices empleados para representar estas características son:

- 1) *Superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)*: esta medición se obtiene a partir de la cartografía temática digitalizada a través del software.
- 2) *Perímetro (P) (km)*: Es la medición de la línea envolvente de la cuenca hidrográfica, por la divisoria de aguas topográficas.
- 3) *Longitud axial y ancho promedio (km)*: Es la longitud definida con la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca.
- 4) *Longitud del cauce principal (Ln) (km)*: Es la longitud definida con la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca
- 5) *Factor de forma (IF)*: Este factor adimensional indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial. Este factor fue propuesto por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma. Se expresa con la fórmula:

$$F = A / L^2 \quad (1)$$

Donde:

A = área de la cuenca

L<sup>2</sup> = longitud de la Cuenca

Manifiesta la tendencia de la cuenca hacia las crecidas. Cuando IF es similar a 1, representa una cuenca de forma redondeada. La cuenca con IF bajo, se caracteriza por ser una cuenca alargada, que con un colector de mayor longitud que la totalidad de los tributarios, estará sujeta a crecientes de menor magnitud. Una cuenca de forma triangular, con dos vértices en las cabeceras, afluentes de similar longitud y sincronismo en la llegada, provocará crecidas más significativas.

f) *Coefficiente de compacidad de Gravelius (Kc)*: se expresa como una relación entre P (perímetro (km)) y A (superficie (km<sup>2</sup>)), por medio de la siguiente fórmula:

$$Kc = \frac{0.282 \times (Pc)}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Donde:

Kc = coeficiente de compacidad

A = área de la cuenca

Pc = perímetro de la cuenca

El Kc está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta la salida. En este momento ocurre la máxima concentración de agua, puesto que están llegando las gotas de lluvia de todos los puntos de la cuenca. Según el valor que tome este coeficiente, la cuenca tendrá diferentes formas (Tabla 1).

**Tabla 1. Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad**

| Clase de forma | Índice de compacidad (Kc) | Forma de la cuenca |
|----------------|---------------------------|--------------------|
|----------------|---------------------------|--------------------|

|           |                 |                                        |
|-----------|-----------------|----------------------------------------|
| Clase I   | 1.0 a 1.25      | Casi redonda a oval - redonda          |
| Clase II  | 1.26 a 1.50     | Oval – redonda a oval oblonga          |
| Clase III | 1.51 a más de 2 | Oval – oblonga a rectangular - oblonga |

### b) Parámetros de relieve

Para determinar la pendiente media (PM) de la cuenca se utilizó el mapa topográfico, con aplicación del SIG, como se expresa en la siguiente fórmula:

$$PM = 100 [(H \times L) / A] \quad (3)$$

Donde:

PM: Pendiente media (%).

H: Distancia vertical entre curvas medidas (equidistancia) (km).

L: Longitud total de las curvas de nivel (km).

A: Superficie (km<sup>2</sup>).

### c) Parámetro de red de drenaje

1) *Clasificación de la red de drenaje según Strahler*. Se utilizó el esquema de ordenación o de clasificación de Horton-Strahler, el cual expresa que las redes de drenaje pueden ser modeladas o representadas por un conjunto de nodos conectados unos a otros por segmentos, de manera que cada nodo tiene solo una ruta hacia la salida (Strahler, 1952).

2) *Densidad de drenaje (Dd)*: La densidad de drenaje fue establecida por Horton (1945), es definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie, calculándose mediante la expresión

$$D = \frac{\sum L}{A} \quad (4)$$

Donde:

D = densidad de drenaje (km<sup>-1</sup>).

$\sum L$  = suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km).

A = superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>).

3) *Pendiente media del cauce principal*: con este parámetro, se obtiene la pendiente media del río y su potencial para erosionar. Se expresa con “i” y se calcula con la fórmula:

$$i = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L_c} \times 100 \text{ inv tg} \quad (5)$$

Donde:

i = pendiente media del cauce principal (%).

H max = altura máxima del afluente principal.

H min = altura mínima del afluente principal.

Lc = longitud del cauce.

### 3. Resultados

#### 3.1. Parámetros de forma

El área de la cuenca del arroyo Itacaruaré se estimó en 353.03 km<sup>2</sup>. El perímetro de la cuenca resultó ser 10.96 km. El resto de factores que se relacionan con los parámetros morfométricos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Valores de los parámetros de forma de la cuenca del arroyo Itacaruaré**

| Parámetro de forma       | Unidad          | Valor  |
|--------------------------|-----------------|--------|
| Área (A)                 | km <sup>2</sup> | 353.03 |
| Perímetro                | km              | 93.31  |
| Coeficiente de Gravelius | Unidad          | 1.76   |
| Factor de forma          | Unidad          | 0.62   |
| Longitud axial           | km              | 23.89  |
| Ancho promedio           | km              | 14.78  |

#### 3.2 Parámetros de relieve

La pendiente media de la cuenca fue de 12,10%, que representa un suelo accidentado que evidentemente favorece parcialmente la escorrentía (Senciales y Ferre, 2001). Sin embargo, habría que resaltar la presencia de cobertura boscosa que ocupa la parte alta y media de la cuenca favoreciendo la infiltración gracias a la intercepción de la lluvia por la vegetación y en consecuencia la disminución en la velocidad del agua que escurre superficialmente.

#### 3.3 Parámetros relativos a la red de drenaje

Los parámetros referidos a la red de drenaje se pueden ver en la Tabla 3.

**Tabla 3. Valores de los parámetros relativos a la red de drenaje de la cuenca del arroyo Itacaruaré**

| Parámetro de forma                 | Unidad              | Valor |
|------------------------------------|---------------------|-------|
| Clasificación de la red de drenaje | Unidad              | 5     |
| Densidad de drenaje                | Km. km <sup>2</sup> | 1.07  |
| Pendiente media del cauce          | %                   | 0.85  |
| Alejamiento medio                  | %                   | 19.84 |

### 4. Resultados

Los parámetros morfométricos calculados se determinaron sobre datos básicos procesados con SIG, para confeccionar en gabinete la base de datos digital morfológica de la cuenca, formando parte del procedimiento inicial para el diagnóstico de la dinámica espacio temporal del escurrimiento superficial en la cuenca del arroyo Itacaruaré. Asimismo, dada la escasa información acerca del área de la cuenca, se considera que este trabajo conforma un aporte significativo sentando las bases para futuras investigaciones.

### 5. Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Proyecto con Enfoque Territorial Zona Sur de INTA.

## Referencias

- [1] Carvalho, P.R.S., Guimarães, R.F., Júnior, O.A.C. (2010). Análise comparativa de métodos para delimitação automática das sub-bacias do alto curso do rio preto. *Espaço & Geografia*, 13 (2) 227-307.
- [2] Cherem, L.F.S., Magalhães, A.P., Faria, S.D. (2011). Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do alto Rio das Velhas – Região central de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 12, 11-21.
- [3] Feitosa, S; Gomes, J; Moita Neto, J; Andrade C. (2011). Consequências da urbanização na vegetação e na temperatura da superfície de Teresina- Piauí. *Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, Piracicaba, v.6, n.2, p.58-75, 2011.
- [4] Horton R.E (1945). Drainage-basin characteristics. *Transactions American Geophysical Union*. Washington, USA: 13: 350-361.
- [5] Rodrigues, V.A. (2004). Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica. In: *Anais do VIII Workshop em Manejo de Microbacias Hidrográficas*. UNESP. Botucatu. 7-18.
- [6] Rodrigues, V.A., Cardoso, L.G., Pollo, R.A., Ré, D.S., Pissarra, T.C., Valle Júnior, R.F. (2013). Análise morfométrica da microbacia do Ribeirão das Araras. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 21, 25-37.
- [7] Senciales, J.M. y E. Ferre. (2001). Análisis morfométrico de la cuenca del río Benamargosa (provincia de Málaga) en López B. F., C. Conesa y M. A. Romero: Estudios de Geomorfología en España. *Actas de la II Reunión Nacional de Geomorfología*, Murcia, S.E.G. 365-375 p.
- [8] Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63: 1117 –1142.