



## Caracterización morfométrica de la cuenca del arroyo Chapaleofú, sistema de Tandilia

Bruno DIPARDO<sup>a,b,\*</sup>, Rosario Soledad BARRANQUERO<sup>a,c</sup>, Marcelo Raúl VARNI<sup>d</sup> y Alejandro Víctor RUIZ DE GALARRETA<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales-CIC, Facultad de Ciencias Humanas (FCH), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNCPBA), Buenos Aires

<sup>b</sup> Becario doctoral Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

<sup>c</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y técnicas (CONICET)

<sup>d</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras Dr. Eduardo Usunoff, UNCPBA, Buenos Aires

\*Correspondencia a los autores, E-mail: brunodipardo@gmail.com

**Eje temático:** Estructura y dinámica de ecosistemas acuáticos.

### Resumen

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) define como su unidad mínima de análisis a la cuenca hidrográfica. El conocimiento de las características morfométricas de una cuenca es uno de los pasos fundamentales para la interpretación del funcionamiento general del sistema y para llevar adelante una GIRH. El presente trabajo se realizó en la cuenca rural del arroyo Chapaleofú, en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). El objetivo fue la delimitación de la cuenca del arroyo Chapaleofú y sus subcuencas; y el análisis e interpretación de sus parámetros morfométricos. Para ello se procesó información teledetectada (MED) mediante el uso de herramientas del software ArcMap 10.2, corroboradas con cartas topográficas IGN y salidas de campo. Se delimitaron tres subcuencas: Chapaleofú Chico, Chapaleofú Grande y Chapaleofú (producto del aporte de las dos subcuencas anteriores). Se lograron generar los siguientes parámetros de forma, relieve y drenaje: área, perímetro, perímetro 3D, longitud axial, longitud del curso principal, longitud total del drenaje, coeficiente de sinuosidad total, ancho promedio, factor de forma, coeficiente Gravelius, curva hipsométrica, coeficiente de rugosidad, clasificación de drenaje, densidad de drenaje, pendiente media del arroyo, índice de circularidad y tiempo de concentración. La cuenca presentó una forma de oval oblonga a rectangular oblonga. La longitud del curso principal se determinó en 88.62 km, con un número de orden de 3. Las cotas oscilaron entre 108 y 520 msnm. La subcuenca del arroyo Chapaleofú se identificó como la que mayor peligrosidad presenta ante eventos de crecidas. Se relevaron en campo acciones de particulares que modifican la dinámica hídrica. Los resultados y conclusiones obtenidas representan, junto a otros trabajos realizados en el área de estudio, un aporte para generar un modelo conceptual de sistema hídrico a nivel de cuenca en pos de alcanzar una gestión integrada de los recursos hídricos.

**Palabras clave:** agua superficial; cuenca de drenaje; seguridad hídrica; sistema de información geográfica.

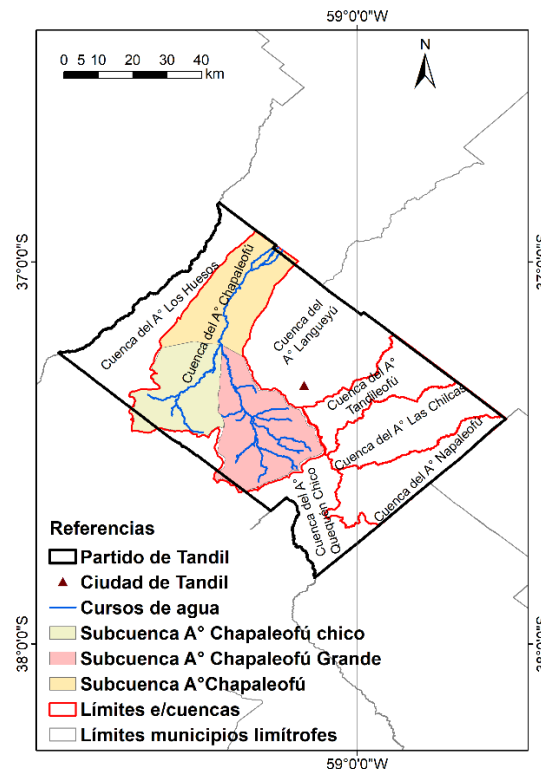
### 1. Introducción

La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) apunta a la administración sostenible y equilibrada del recurso, teniendo en cuenta los intereses sociales, económicos y al contexto medioambiental. Un punto clave a considerar para la GIRH es la unidad mínima de su análisis: la cuenca hidrográfica (GWP, 2009). El conocimiento de la morfometría de una cuenca es un aspecto fundamental para la interpretación del funcionamiento general del sistema, así como para evaluar riesgos ambientales como las inundaciones y sequías.

Los eventos hidrológicos extremos son una característica de la provincia de Buenos Aires. Los balances de agua en el suelo indican que la cuenca del Río Salado (dentro de la cual se asienta la cuenca del arroyo Chapaleofú, objeto de estudio del presente trabajo) es la más sensible a los excesos hídricos y la más perjudicada durante las deficiencias hídricas (Scarpati y Capriolo, 2013), por lo que cobra importancia el análisis de su morfometría.

La cuenca rural del arroyo Chapaleofú se localiza al oeste de la cuenca urbana del arroyo Langueyú, dentro del partido de Tandil, en el centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires. Tiene una superficie aproximada de 1600 km<sup>2</sup> y está conformada por las subcuencas de los arroyos Chapaleofú Chico, Chapaleofú Grande y Chapaleofú (Figura 1). Los primeros dos arroyos tienen sus nacientes en el sector de serranías, que forman parte del sistema de Tandilia, por lo que presentan pendientes pronunciadas y al unirse en la zona de piedemonte de la cuenca originan el arroyo Chapaleofú que presenta pendientes suaves. Dichos cursos de agua atraviesan usos del suelo destinados principalmente a actividades agrícola-ganaderas, pero también recreativas y residenciales (asentamientos de Azucena, Estación María Ignacia Vela, Gardey y La Pastora).

El objetivo de este estudio fue la delimitación de la cuenca del arroyo Chapaleofú y las subcuencas que lo conforman, así como el análisis e interpretación de su morfometría.



**Figura 1.** Ubicación de la cuenca del A° Chapaleofú y sus subcuencas.

## 2. Materiales y métodos

Se utilizó el Sistema de Información Geográfica ArcMap 10.2 como apoyo cartográfico georreferenciado. A partir de un Modelo de Elevación Digital del terreno (MED) se generó la

información para el análisis y caracterización de la cuenca hidrográfica. Para este trabajo se utilizaron MED provistos por el Servicio de Geología de los Estados Unidos (USGS). Para realizar los cálculos de superficies y distancias se transformaron las capas a un sistema de coordenadas basadas en la red IGM Posiciones Geodésicas Argentinas (POSGAR '94 zona 5). Se utilizaron 11 cartas topográficas de escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (ex IGM) para contrastar la información del MED. De esta forma se definieron los límites de la cuenca y las subcuencas. El límite noreste fue determinado mediante un cierre arbitrario en el límite del partido de Tandil. Se aplicó un método de observación directa en campo, para corroborar aspectos conflictivos detectados durante el análisis. Se determinaron parámetros morfométricos (Gaspari *et al.*, 2013) de la cuenca del arroyo Chapaleofú y de sus tres subcuencas (Tabla 1).

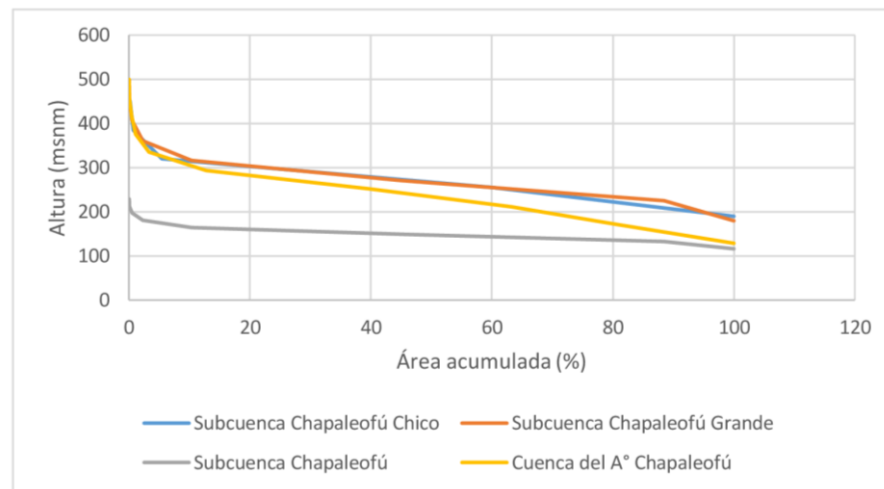
Parámetros	Forma	Área (A), Perímetro (P) y Perímetro 3D (P_3D)	Características básicas del polígono que conforman la cuenca y subcuencas.
		Longitud Axial (La)	Distancia entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca (Henaos, 1988).
		Longitud del curso principal (L)	Distancia desde la naciente hasta la desembocadura del curso principal.
		Longitud total del drenaje (Ln)	Sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca.
		Coeficiente de sinuosidad total (S)	Relación entre L real y la longitud en línea recta o curva del arroyo (Llamas, 1993)
		Ancho promedio (Ap)	Relación entre A/La.
		Factor de forma (IF)	Indica cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial en la cuenca. Relación entre Ap/La (Henaos 1988).
	Coeficiente Gravelius (Kc)	Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca (López Cádenas de Llano, 1998)	
	Relieve	Curva Hipsométrica	Gráfico que explica el estado de madurez de la cuenca.
		Coeficiente de rugosidad (Ra)	Relación entre desnivel de la cuenca y su densidad de drenaje (Dd) (Patton, 1998).
Drenaje	Clasificación drenaje	Número de orden de río según Strahler (1964).	
	Densidad de Drenaje (Dd)	Relación entre Ln/A de la cuenca (Horton, 1932).	
	Pendiente media del arroyo	Pendiente en m/m o % del cauce principal del arroyo.	
	Tiempo de concentración (Tc)	Tiempo teórico que tardaría una gota de agua desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de salida de la misma (Kirpich, 1940).	

**Tabla I.** Parámetros determinados en el presente estudio. Fuente: Gaspari *et al.*, 2013.

### 3. Resultados y discusión

La cuenca del arroyo Chapaleofú de acuerdo al Kc obtenido (Tabla II) presenta una forma de oval oblonga a rectangular oblonga. El IF presenta un valor bajo, característico de una cuenca triangular, con dos vértices en la cabecera, afluentes de similar longitud y sincronismo en la llegada, que pueden provocar crecidas significativas (Gaspari *et al.*, 2013). Las cotas dentro de la cuenca oscilaron entre los 108 y 520 msnm. Alrededor del 63% de la superficie se encuentra por encima de los 211 m de altura. La curva hipsométrica (Figura 2) determinó

que la cuenca presenta un estadio de madurez en su evolución hidrográfica. Siguiendo el método de jerarquización del drenaje de Strahler (1964) se alcanzó un orden máximo de 3. Se evidenciaron a partir del trabajo de campo modificaciones en las redes de drenaje por acciones como la construcción de diques y la canalización de cursos de agua por medio de particulares. Teniendo en cuenta la sensibilidad de la cuenca del Río Salado a eventos hídricos extremos (Scarpati y Capriolo, 2013) toman importancia las tareas de prevención como obras civiles y redes de monitoreo de las condiciones principales que intervienen en este tipo de fenómenos, con el fin de dar alerta a las autoridades competentes (Ibarlucia *et al.*, 2017).



**Figura 2.** Curva hipsométrica de la cuenca del A° Chapaleofú y sus subcuencas.

Parámetro	Subcuenca C.C.	Subcuenca C.G.	Subcuenca C.	Cuenca A° Chapaleofú
Área (km <sup>2</sup> )	439.86	592.46	519.21	1600.48
Perímetro (km)	98.04	122.15	109.48	240.00
Perímetro 3D (km)	99.83	123.4	109.55	241.28
Diferencia de altura (m)	322.80	359.34	121.17	401.04
La (km)	32.96	43.42	32.48	75.79
Ap (km)	13.34	13.64	15.98	21.11
Kc (adimensional)	1.32	1.41	1.35	1.69
IF (adimensional)	0.40	0.31	0.49	0.27
L (km)	41.32	51.96	36.65	88.62
Ld (km)	32.96	41.35	32.48	73.76
Ln (km)	54.92	147.80	58.65	261.44
S (adimensional)	1.25	1.25	1.12	1.20
Dd (km/km <sup>2</sup> )	0.12	0.24	0.11	0.16
Ra (adimensional)	2585.32	1440.47	1072.68	2455.03
Diferencia altura arroyo	115.66	157.25	53.66	202.33
Pendiente (m/m)	0.02	0.03	0.01	0.02
Pendiente (%)	2.79	3.03	1.46	2.28
Tc Kirpich (h)	4.61	5.33	5.39	10.73
Índice de Circularidad	0.22	0.20	0.21	0.14

**Tabla II.** Parámetros calculados para la cuenca del arroyo Chapaleofú y sus subcuencas.



#### 4. Conclusiones

El presente trabajo permitió realizar una caracterización de los parámetros morfométricos de la cuenca del arroyo Chapaleofú, donde el SIG resultó una herramienta eficiente y ágil para su cálculo. Las subcuencas de los arroyos Chapaleofú Chico y Grande presentaron características similares en los parámetros analizados. La subcuenca del arroyo Chapaleofú presentó una mayor peligrosidad ante eventos de crecidas debido a la recepción del agua proveniente de las subcuencas mencionadas, y la poca pendiente de su terreno. Con esta herramienta y el trabajo de campo se han podido observar en determinados sectores modificaciones antrópicas sobre la hidrodinámica superficial de la cuenca por parte de productores rurales, con el fin de retener o sacar agua de sus campos, que podría profundizar la vulnerabilidad de la cuenca a eventos hidrológicos extremos. Dada la escasa información existente acerca de la hidrodinámica y el riesgo de inundaciones en la cuenca del arroyo Chapaleofú, se considera que este trabajo conforma un aporte significativo sentando las bases para futuras investigaciones y para una GIRH.

#### Referencias bibliográficas

- Gaspari F, Vagaría A, Senisterra G, Denegri G, Delgado M, Besteiro S. 2013. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*. 4:143-158.
- Global Water Paternship (GWP). 2009. *Manual para la gestión integrada de Recursos Hídricos en Cuencas*. Londres. 112 págs.
- Henaos J. 1988. *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Universidad Santo Tomás, Centro de enseñanza desescolarizada, Bogotá, Colombia. 396 págs.
- Horton R. 1932. Drainage-basin characteristics. *Transactions American Geophysical Union*. 13: 350-361.
- Ibarlucía D, Carmona F, Mancino C, Bayala M, Silicani M, Degano F, Rivas R, Holzman M, Cazenave G, Varni M, Barbero V, Toscani P, Castany I, Ramírez D, Aguirre L, Oyarbide F, Ramallo A. 2017. Red de monitoreo de eventos hidrológicos en la vertiente sur del Río Salado, Provincia de Buenos Aires. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Azul. 14 págs.
- Kirpich Z. 1940. Time of concentration of small agricultural watersheds. *Journal of Civil Engineering*. 10: 362.
- Llamas J. 1993. *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco. Bilbao, España. 635 págs.
- López Cadenas de Llano F. 1998. *Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión*. Madrid, España. 945 págs.
- Patton P. 1998. Drainage basin morphometry and floods. En: Baker V, Kochel C y Patton P (eds) *Flood geomorphology*. Ed. John Wiley & Sons. New York. Págs. 51-65.
- Scarpati O, Capriolo A. 2013. Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 82: 38-51.
- Strahler A. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. En: Chow V (eds) *Handbooks of Applied Hydrology*. Ed. McGraw-Hill Book Co. New York. Págs. 439-476.