



Revista Universitaria de Geografía
ISSN: 0326-8373
ISSN: 1852-4265
editorialdgyt@uns.edu.ar
Universidad Nacional del Sur
Argentina

Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires

Camino, Mariana A.; Bó, María Juliana; Cionchi, José L.; Del Río, Julio L.; López de Armentia, Adriana; De Marco, Silvia G.

Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires

Revista Universitaria de Geografía, vol. 27, núm. 1, 2018

Universidad Nacional del Sur, Argentina

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 3.0 Internacional.

Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires

Mariana A. Camino
UNMdP, Argentina
macamino@mdp.edu.ar

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383257036005>

María Juliana Bó
UNMdP, Argentina
mjbo@mdp.edu.ar

José L. Cionchi
Universidad FASTA, Argentina
josecionchi@ufasta.edu.ar

Julio L. Del Río
UNMdP, Argentina
jldr@mdp.edu.ar

Adriana López de Armentia
Práctica Privada, Argentina

Silvia G. De Marco
UNMdP, Argentina
demarco@mdp.edu.ar

Recepción: 20 Octubre 2017
Aprobación: 20 Febrero 2018

RESUMEN:

El sudeste bonaerense presenta una red de drenaje que discurre a través de zonas rurales, urbanas y costeras antes de desembocar en el litoral atlántico. El objetivo de este estudio es analizar la morfometría de doce cuencas de drenaje del sudeste de la provincia de Buenos Aires ubicadas en la vertiente sur del Sistema de Tandilia, con el fin de comprender y predecir el comportamiento hidrodinámico de las mismas, y que podría constituir un aporte para la planificación ambiental y la adecuada gestión del recurso hídrico superficial. Se determinaron siete variables morfométricas de medición directa, 3 parámetros de forma, 5 de red de drenaje y 6 de relieve. Se concluye que las respuestas hidrológicas están determinadas fundamentalmente por la posición de las cuencas respecto al eje que constituye el eje serrano, cabecera de las mismas. Las variables que permiten evaluar y comprender la respuesta del sistema hídrico ante eventuales picos de crecidas y la respuesta hidrológica de cada una de las cuencas analizadas están condicionadas por la distancia entre las nacientes y la desembocadura. Conocer el comportamiento hidrodinámico de las cuencas resulta imprescindible para implementar programas y planes de gestión.

PALABRAS CLAVE: Cuenca hidrográfica, Análisis morfométrico, Llanura pampeana.

ABSTRACT:

The southeast of Buenos Aires has a drainage network that runs through rural, urban and coastal areas before flowing into the Atlantic coast. The objective of this study is to analyze the morphometry of twelve drainage basins of the southeast of the province of Buenos Aires located on the southern slope of the Tandilia System. Understanding and predicting their hydrodynamic behavior could offer a significant contribution to environmental planning and adequate management of surface water resources. Seven direct measuring morphometric variables, parameters of form (3), drainage networks (5) and relief (6) were determined. It is concluded that the hydrological responses are determined mainly by the location of the basins with respect to the axis that constitutes the mountain axis. The variables that make it possible to evaluate and understand the response of the water system

at possible flood peaks and the hydrological response of each basin are conditioned by the distance between the springs and the mouth. Knowing the hydrodynamic behavior of the basins is essential to implement programs and management plans.

KEYWORDS: Drainage Basin, Morphometric Analysis, Pampas Plain.

INTRODUCCIÓN

La morfometría de cuencas constituye una importante herramienta para evaluar el funcionamiento del sistema hidrológico de una región (Maidment, 1992; Verstappen, 1983; Campos, 1992; Gregory y Walling, 1985; Fuentes Junco, 2004), y así contribuir al manejo y gestión de los recursos naturales.

Los estudios morfométricos de las cuencas de drenaje son escasos en nuestro país. En el sudeste bonaerense, las investigaciones realizadas no han sido de carácter integral, y constituyen abordajes específicos de diversa índole. A modo de ejemplo, Cionchi (1984), Martínez y Cionchi, (1987, 1988) y Cionchi y Martínez (1988) efectuaron los primeros estudios geomorfológicos cuantitativos. Asimismo, Kruse (1985) y Kruse, Laurecena, Deluchi, y Varela (1997) abordaron aspectos geohidrológicos. Camino y Martínez (1995), realizaron el mapeo y la jerarquización de las cuencas del partido de General Pueyrredón. Desde la perspectiva del riesgo ambiental de las inundaciones se destacan los trabajos de Del Río, Otero, Müller, Manolidis, Bó y Martínez Arca (1998); Del Río, Bó, Martínez Arca, López de Armentia, Camino, Maurel, Drago y Viola (2004); Martínez Arca, Del Río, Bó, López de Armentia y Camino (2003); Quiroz Londoño, Martínez y Massone (2012a, 2012b) y Gaspari, Delgado y Senisterra (2009) evaluaron la degradación del suelo por erosión hídrica superficial y simularon las consecuencias de la implementación de medidas conservacionistas del suelo. La dinámica litoral y su relación con las desembocaduras de arroyos fueron analizadas por Camino y Padilla (2008) y Camino, López de Armentia y Del Río (2011).

El servicio ambiental de provisión hídrica fue analizado por Gaspari, Díaz Gómez, Delgado y Senisterra (2015). Bó, Del Río, López de Armentia, Cionchi, Osterrieth, Álvarez y Camino (2009) aplicaron un sistema de geindicadores para la evaluación de la calidad ambiental de suelos y aguas en agroecosistemas. Pecotche (2010) y Cohen, Padilla, Martínez y Camino (2015) analizaron, mediante el procesamiento de imágenes satelitales, los cambios de uso de suelo a escala de cuenca. Las características físico-químicas y la vulnerabilidad de cursos fluviales fueron estudiadas por De Marco, Mallo, Camino, López de Armentia, Bó, Beltrame, Bazzini y Del Río (2008), De Marco, Barral, Bazzini, Beltrame, Bó, López de Armentia, Sollazo y Marcovecchio (2012) y De Marco, Barral, Bazzini, Bó, Camino, Cionchi, López de Armentia, Martínez Arca y Marcovecchio (2014).

El sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina) es una amplia región caracterizada por la presencia de las estribaciones orientales del sistema orográfico de Tandilia, en un ámbito de llanura ondulada de génesis eólica. En esta región se genera una red de drenaje conformada por un conjunto de cursos permanentes e intermitentes, la mayoría de los cuales discurren a cielo abierto a través de zonas rurales, urbanas y costeras antes de desembocar en el Mar Argentino (Ramos, 1999).

El objetivo del presente trabajo consiste en analizar la morfometría de doce cuencas de drenaje del sudeste de la provincia de Buenos Aires, ubicadas en la vertiente sur del Sistema de Tandilia, con el fin de comprender y predecir el comportamiento hidrodinámico de las cuencas, y que podría constituir un aporte para la planificación ambiental y la adecuada gestión del recurso hídrico superficial.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Las 12 (doce) cuencas objeto de estudio se denominan (de N a S): Corrientes, Lobería, Seco, Chapadmalal, Las Brusquitas, El Durazno, La Totorá, La Ballenera, La Carolina, La Tigra, Chocorí y Nutria Mansa. Las

mismas se localizan en la región comprendida entre los $37^{\circ} 58' 31''$ y $38^{\circ} 21' 39''$ latitud sur y los $57^{\circ} 34' 24''$ y $58^{\circ} 10' 48''$ de longitud oeste (Fig. 1).

METODOLOGÍA

Se estudiaron doce cuencas en la región del sudeste bonaerense: Corrientes, Lobería, Seco, Chapadmalal, Las Brusquitas, El Durazno, La Totorá, La Ballenera, La Carolina, La Tigra, Chocorí y Nutria Mansa. Su delimitación y el trazado de las redes de drenaje se realizaron mediante la interpretación de cartas topográficas a escala 1:50.000 editadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), con los debidos controles de campo.

Las cuencas con sus correspondientes redes de drenaje fueron digitalizadas en un Sistema de Información Geográfica (SIG), a partir del cual se pudieron medir variables que permiten calcular los parámetros morfométricos de las mismas.

Con el objetivo de representar en forma continua la distribución espacial de la elevación de la superficie del terreno y calcular los valores de alturas y pendientes, se utilizó el Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina (MDE-Ar), provisto por el IGN con una resolución de 45 m. Este modelo fue desarrollado a partir de información proveniente de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission, NASA). Las imágenes fueron obtenidas desde el portal del IGN. El programa utilizado para la implementación del SIG fue el software libre QGIS 2.8.1.

Se determinaron las siguientes variables morfométricas de medición directa:

- Perímetro (P) (km). Es la dimensión de la línea que limita la cuenca hidrográfica, a lo largo de la divisoria topográfica de aguas.
- Longitud axial (La) (km). Es la distancia entre la desembocadura y el punto más lejano de la divisoria de aguas de la cuenca. Este parámetro está definido como la longitud de la línea recta que conecta los puntos extremos de la cuenca en forma aproximadamente paralela al curso principal (Morisawa, 1985) denominado eje de la cuenca (Henao Sarmiento, 1988)
- Longitud del curso principal (L) (km). Es la distancia medida desde el punto más distante del curso colector (el de mayor orden) de la cuenca hasta la desembocadura.
- Longitud total del drenaje (Ln) (km). Es la sumatoria de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan en una cuenca determinada.
- Ancho promedio (Ap) (km). Es la relación entre la superficie de la cuenca (A) y la longitud axial (La).
- Área de la cuenca (A) (km²). Es un parámetro que tiene una relación directa con el caudal de descarga. Se utiliza la clasificación de Campos Aranda (1992) (Tabla I), basada en la dimensión de la cuenca.

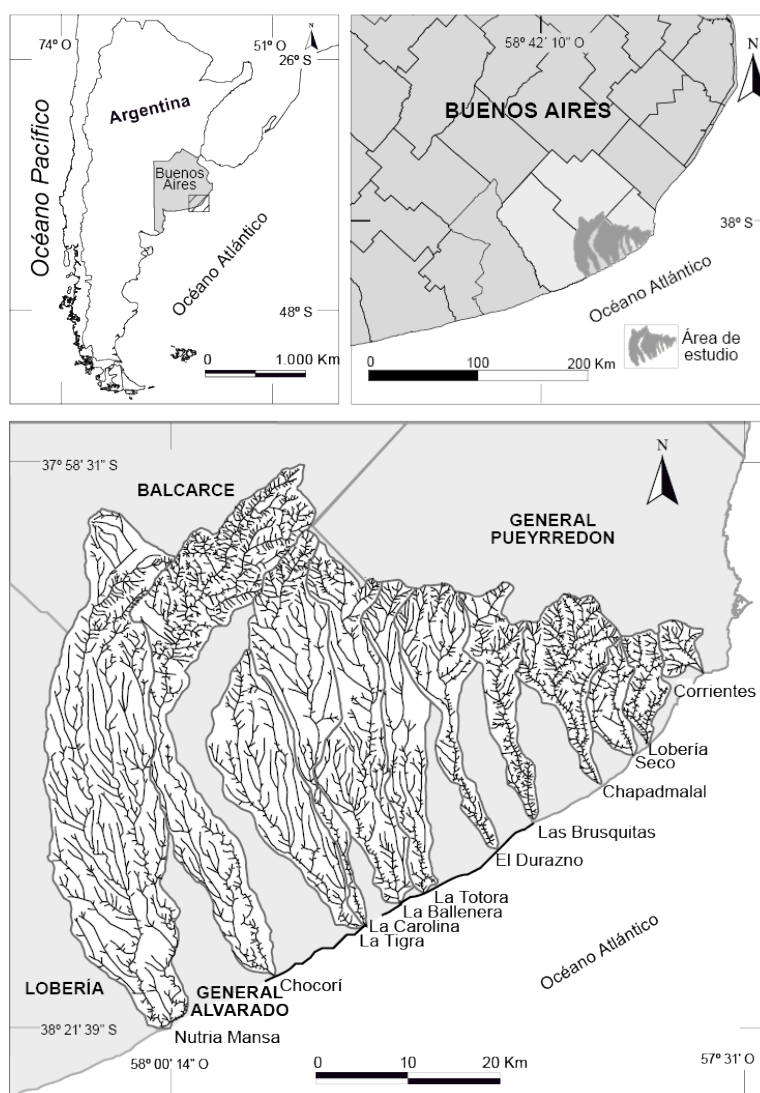


FIGURA 1.

Mapa de ubicación del área de estudio.

Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

Las variables que permiten caracterizar las cuencas cuali y cuantitativamente se agrupan en parámetros de forma, de relieve y de la red de drenaje (López Cadenas de Llano, 1998 y Gaspari, Rodríguez Vagaría, Senisterra, Denegri, Delgado y Besteiro, 2012). La determinación de estos parámetros se obtiene a través de mediciones indirectas.

TABLA I.
Clasificación de tamaños de cuencas

| Rangos de áreas (km ²) | Clasificación |
|------------------------------------|---------------------|
| < 25 | Microcuenca |
| 25 a 250 | Pequeña |
| 250 a 500 | Intermedia- pequeña |
| 500 a 2500 | Intermedia-grande |
| 2500 a 5000 | Grande |
| > 5000 | Muy grande |

Fuente: Campos Aranda (1992)

PARÁMETROS DE FORMA

La forma de las cuencas fue analizada mediante tres índices que atienden a la relación del área con el cauce principal que la drena. Cada uno de estos índices toma una cuenca ideal como referencia. Cabe destacar que su análisis no contempla el relieve.

- Índice de Forma (IF)

Es un coeficiente adimensional que manifiesta cómo se regula la concentración del escurrimiento superficial. Se expresa como la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud axial (Jardí, 1985; López Cadenas de Llano, 1998 y Senisterra, Rodríguez Vagaría, Gaspari y Mazzucchelli, 2013). Además, expresa el comportamiento de la cuenca en relación con las crecidas. Cuando IF es similar a 1, representa una cuenca de forma redondeada y cuando su valor decrece, en oposición, tenderá a ser una cuenca alargada.

$$IF = A_p / L_a$$

Una cuenca alargada tendrá menor probabilidad de recibir lluvias intensas y simultáneas sobre la totalidad de su superficie y, consecuentemente, estará sujeta a crecientes de menor magnitud que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor (Henao Sarmiento, 1988).

~ 1 circular

<<< 1 alargada

- Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc)

Este parámetro es adimensional y relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo teórico de área equivalente al de la cuenca (Gravelius, 1914; Horton, 1932; Jardí, 1985).

$$K_c = 0,282 * P / \sqrt{A}$$

Brinda información de las fuerzas y ondas de las crecidas. De este modo, permite estimar el tiempo que tarda en llegar el agua desde la zona donde precipita hasta la desembocadura. Está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración — tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la desembocadura hasta la misma —. En este momento ocurre la máxima concentración de agua, puesto que llega la precipitación desde todos los puntos de la cuenca. Por lo tanto, permite evaluar cómo influyen las precipitaciones torrenciales en el escurrimiento superficial.

Un índice de compacidad cercano al valor 1 indica que la forma de la cuenca se asemeja a un círculo; por lo tanto, la peligrosidad de la cuenca a las crecidas es mayor, porque existe una equidistancia relativa de los puntos de la divisoria con respecto a uno central. Cuando estos valores se acercan progresivamente hasta 1,75, las cuencas tienden a ser alargadas. Valores superiores indican cuencas irregulares y con menor peligrosidad a las crecidas (Gaspari et al., 2012; Tabla II). A medida que el tiempo de concentración es mayor, la respuesta de la cuenca a determinada precipitación tenderá a ser menor y viceversa.

- Razón de elongación (Re)

Relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la cuenca y la longitud máxima de la cuenca. Este parámetro explica la relación del área con el cauce principal que la drena. La fórmula utilizada es la propuesta por Schumm (1956).

$$Re = (1,128 \sqrt{A}) / L_a$$

Es el parámetro de forma más utilizado ya que guarda mayor correlación con la hidrología de la cuenca (López Bermudez, Navarro, Romero, Conesa, Castillo, Martínez y García, 1988). Los valores inferiores a la unidad implican cuencas de formas alargadas, en coincidencia con lo mencionado por Ibisate González de Matauco (2004). El valor 1 de este parámetro indica cuencas redondeadas y cuanto menor a la unidad sea el índice, mayor será el alargamiento de la misma.

TABLA II.
Clasificación del Índice de Compacidad de Gravelius.

| Kc | Clasificación |
|------------|------------------------------------|
| 1 a 1,25 | Casi redonda a oval-redonda |
| 1,25 a 1,5 | Oval redonda a oval-oblonga |
| 1,5 a 1,75 | oval oblonga a rectangular oblonga |
| >1,75 | Rectangular |

Fuente: Gaspari et al. (2012).

PARÁMETROS DE RELIEVE

Involucra la tercera dimensión de una cuenca hidrográfica, es decir el conjunto de las cotas.

- Altura máxima de la cuenca (HM) (m). Es la cota más elevada de la cuenca.
- Altura mínima (Hm) (m). En la zona estas cotas corresponden al nivel del mar por desembocar en el Mar Argentino.
- Altura media (Hmed) (m). Promedio entre la cota máxima y mínima.
- Desnivel absoluto (d) (m). Es la diferencia entre la cota máxima y mínima.

Otro de los parámetros considerados es la pendiente, la cual tiene una influencia directa sobre el tipo de drenaje, el diseño de los cauces, la velocidad y el tipo de escorrentía, y consecuentemente en el potencial erosivo y el modelado resultante. En este estudio, se analizaron las pendientes descriptas a continuación:

- Pendiente media del cauce principal (i) (%). Es un valioso indicador del grado de respuesta de un cauce ante la torrencialidad de la precipitación. En muchas ocasiones es subjetivo estimar el comienzo del cauce principal, en este caso se considera el cauce de máxima longitud.
- Pendiente media de la cuenca (Pend) (%). Dicho parámetro brinda información de la velocidad de escorrentía como así también de las características de los hidrogramas. Las cuencas de mayor pendiente tienden a responder con mayor celeridad ante las precipitaciones al aumentar los caudales (Horton, 1945; Strahler, 1964). La clasificación de dicho parámetro se realizó sobre la base de la propuesta por Ortiz Vera (2004) (Tabla III).

TABLA III.
Clasificación de pendientes medias.

| Pendiente (%) | Tipo de relieve |
|---------------|-----------------|
| 0 - 3 | Plano |
| 3 - 7 | Suave |
| 7 - 12 | Mediano |
| 12 - 35 | Accidentado |
| 35 - 50 | Fuerte |
| 50 - 75 | Muy Fuerte |
| >75 | Escarpado |

Fuente: Ortiz Vera (2004).

PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE

Estas variables explican la configuración y el comportamiento del drenaje; asimismo aportan información de las características del sustrato y de las superficies de las cuencas, consecuentemente son parámetros relevantes para lograr una visión más exhaustiva de su comportamiento.

Densidad de drenaje (Dd) (km/km²)

Es el parámetro que cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico y permite conocer su complejidad (Fuentes Junco, 2004; Delgadillo y Páez, 2008) (Tabla IV). Es la relación entre la longitud total (Lt) de los cursos de agua perennes, intermitentes y efímeros, de una cuenca y su propia área (A) (Horton, 1932, 1945). A mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por lo cual se considera como otro indicador de peligrosidad.

$$Dd = Lt / A$$

Las precipitaciones y la topografía, entre otros factores, condicionan la red de drenaje; en cuencas planas y de alta densidad de drenaje, se espera estabilidad de regímenes de caudales, debido al escurrimiento superficial y al aporte de aguas subterráneas (Fuentes Junco, 2004). Este parámetro brinda información de la eficiencia del drenaje.

TABLA IV.
Clasificación de la red de drenaje de las cuencas.

Clasificación de la red de drenaje

| Rangos (km/km ²) | Clases | Rangos (km/km ²) | Clases |
|------------------------------|----------|------------------------------|----------|
| Fuentes Junco (2004) | | Delgadillo y Páez (2008) | |
| 0,1-1,8 | Baja | <1 | Baja |
| 1,9-3,6 | Moderada | 1-2 | Moderada |
| 3,7-5,6 | Alta | 2-3 | Alta |
| | | >3 | Muy alta |

Fuente: Fuentes Junco (2004) y Delgadillo y Páez (2008).

Extensión media de escorrentía (EME) (km)

Se la puede definir como “la distancia media” que el agua tendría que recorrer sobre el terreno en el caso de que el escurrimiento ocurriera en línea recta desde el lugar en que el agua precipita hasta el punto más próximo de un curso cualquiera de esa cuenca y por el cual se encauza.

Orden de la cuenca (O) (N°)

Es aquel número que expresa el grado de ramificación de un sistema hidrográfico (Strahler, 1964).

Relación de bifurcación (Rb)

Es el cociente entre el número total de cauces de un orden dado ($Nr_{(n)}$) y el número total de cursos del orden inmediato superior ($Nr_{(n+1)}$).

$$Rb = Nr_{(n)} / Nr_{(n+1)}$$

De acuerdo con Summerfield (1991), si la litología en una cuenca es homogénea, la relación de bifurcación rara vez es mayor de 5 o menor de 3; si la cuenca es muy elongada, con una alternancia de afloramientos contrastantes en sus características litológicas, pueden obtenerse valores mayores a 10.

Cuenca homogénea; $3 \leq Rb \leq 5$

Cuenca muy elongada; $Rb > 10$

Esta variable es importante para describir el comportamiento del sistema fluvial (Horton, 1945). Strahler (1964) interpreta los valores de Rb en cuanto a su torrencialidad; asocia valores bajos con cuencas bien drenadas pero que pueden generar crecidas más violentas que aquellas que poseen un Rb alto. Por otra parte, el parámetro Rb media entre los diferentes órdenes de una cuenca ha sido utilizado por diversos autores (Llamas, 1993; Ibisate González de Matauco, 2004).

Coefficiente de torrencialidad (Ct)

Se determina a partir de la relación entre el número total de cursos de primer orden ($Nc1$) y el área total de la cuenca. Multiplica la densidad de drenaje por el número de cursos de orden 1, en relación con la superficie. A mayor número de cursos de primer orden y menor superficie, la torrencialidad de la cuenca será mayor (Romero Díaz y López Bermúdez, 1987). Es un indicador de la erodabilidad lineal y la capacidad de descarga de una cuenca. Debido a que los cursos de primer orden son de génesis erosiva, altos valores indican elevada susceptibilidad a la erosión, menores tiempo de llegada al pico y alta torrencialidad. En otras palabras, los cursos de orden 1 son los de mayor importancia en la generación de flujos torrenciales y de inundaciones aluvionales veloces (Busnelli y Horta, 2014). Este parámetro permite interpretar el comportamiento del flujo de agua en la cuenca.

$$Ct = Nc1 / A$$

RESULTADOS

Caracterización morfométrica de las cuencas

En términos generales, el perímetro y las áreas de las cuencas de drenaje aumentan en sentido N-S (Tabla V). De acuerdo con la clasificación de tamaños de cuencas de Campos Aranda (1992) (Tabla I), la cuenca Corrientes corresponde a una “muy pequeña”. Las cuencas Lobería, Seco, Chapadmalal, Las Brusquitas, El Durazno, La Totorá, La Ballenera, La Carolina y La Tigra son pequeñas. Chocorí es una “cuenca intermedia-pequeña” y, finalmente, La Nutria Mansa corresponde a “intermedia-grande” (Fig. 1). La misma tendencia se observa en la longitud axial. En cambio, el ancho medio de las cuencas resulta heterogéneo y no manifiesta una gradación N-S, aunque el ancho máximo lo exhibe la cuenca Nutria Mansa, ubicada en el extremo S de la región de estudio (Tabla V).

TABLA V.
Variables morfométricas de medición directa de las cuencas.

| CUENCAS | Variables morfométricas | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------|-------|--------|-------|-------------------|-------|
| | P km | La m | L km | Ln km | Ap km | A km ² | Nc1Nº |
| Corrientes | 21,14 | 6,99 | 4,30 | 41,90 | 5,04 | 21,79 | 48 |
| Lobería | 31,01 | 11,97 | 9,00 | 87,00 | 4,40 | 39,72 | 153 |
| Seco | 30,50 | 12,87 | 11,32 | 68,10 | 4,36 | 40,13 | 91 |
| Chapadmalal | 54,60 | 20,76 | 17,06 | 241,00 | 6,32 | 107,76 | 333 |
| Las Brusquitas | 63,95 | 25,72 | 24,92 | 170,20 | 3,45 | 87,25 | 195 |
| El Durazno | 68,31 | 28,74 | 16,96 | 184,66 | 6,51 | 110,35 | 178 |
| La Totorá | 76,96 | 33,93 | 9,60 | 158,31 | 3,61 | 115,13 | 118 |
| La Ballenera | 93,83 | 39,97 | 1,62 | 296,72 | 5,39 | 195,14 | 217 |
| La Carolina | 96,60 | 43,08 | 45,46 | 234,35 | 3,68 | 167,20 | 185 |
| La Tigra | 73,62 | 32,25 | 22,34 | 234,92 | 8,15 | 182,08 | 137 |
| Chocorí | 143,00 | 65,58 | 56,76 | 618,20 | 6,00 | 340,50 | 617 |
| La Nutria Mansa | 133,19 | 56,87 | 54,12 | 711,51 | 9,81 | 530,87 | 406 |

Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

Parámetros de forma

El IF de las cuencas analizadas (Tabla VI) permite caracterizar la cuenca Corrientes como redondeada; las restantes manifiestan una tendencia decreciente de este parámetro en sentido N-S que las categoriza como alargadas.

El Kc (Tablas II y VI) muestra que la cuenca Corrientes es la que más se aproxima a la forma de un círculo (oval redonda). El resto de las cuencas, aumentan paulatinamente el valor de este índice en sentido N-S. Las cuencas Lobería, Seco y Chapadmalal se clasifican como “oblonga a oval oblonga”. Dentro de la categoría “oblonga a rectangular oblonga” se encuentran las cuencas La Tigra y Nutria Mansa. Las Brusquitas, El Durazno, La Totorá, La Ballenera, La Carolina y Chocorí corresponden a la categoría “rectangular”.

Los valores del parámetro Re de las cuencas analizadas son inferiores a 1, ya que oscilan entre 0,33 y 0,75 (Tabla VI), y por lo tanto sus formas son en general alargadas, con excepción de la cuenca Corrientes, que se acerca a la unidad (0,75), y cuya forma, como ya se ha mencionado, tiende a ser circular.

TABLA VI.
Parámetros de forma de las cuencas.

| Cuencas | Parámetros | | |
|----------------|------------|------|------|
| | If | Kc | Re |
| Corrientes | 1,17 | 1,27 | 0,75 |
| Lobería | 0,49 | 1,38 | 0,59 |
| Seco | 0,47 | 1,39 | 0,56 |
| Chapadmalal | 0,37 | 1,47 | 0,56 |
| Las Brusquitas | 0,14 | 1,92 | 0,41 |
| El Durazno | 0,38 | 1,82 | 0,41 |
| La Totorá | 0,11 | 2,01 | 0,36 |
| La Ballenera | 0,15 | 1,88 | 0,39 |
| La Carolina | 0,08 | 2,09 | 0,34 |
| La Tigra | 0,36 | 1,53 | 0,47 |
| Chocorí | 0,11 | 2,17 | 0,37 |
| Nutria Mansa | 0,18 | 1,62 | 0,46 |

Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

Parámetros de relieve

Las alturas máximas de las cuencas, así como el desnivel absoluto varían entre 298 y 70 m s. n. m.; esto se explica porque todas ellas alcanzan la cota 0 m en su desembocadura en el Mar Argentino, en un ámbito de llanura. Las alturas medias oscilan entre 32,62 y 97,73 m s. n. m. (Fig. 2, Tabla VII).

Las pendientes del cauce principal de las cuencas varía entre 0,94 y 0,24 %, muestra una tendencia general decreciente en sentido N-S y, a pesar de las diferencias, todas ellas se discurren a través del relieve plano propio de la región (Tablas III y VII).

Las pendientes medias de las cuencas varían entre 4,93 y 2,29 % y, a diferencia de las del cauce principal, se corresponden con relieves suaves y planos, respectivamente y en sentido decreciente N-S (Ortiz Vera, 2004) (Tablas III y VII).

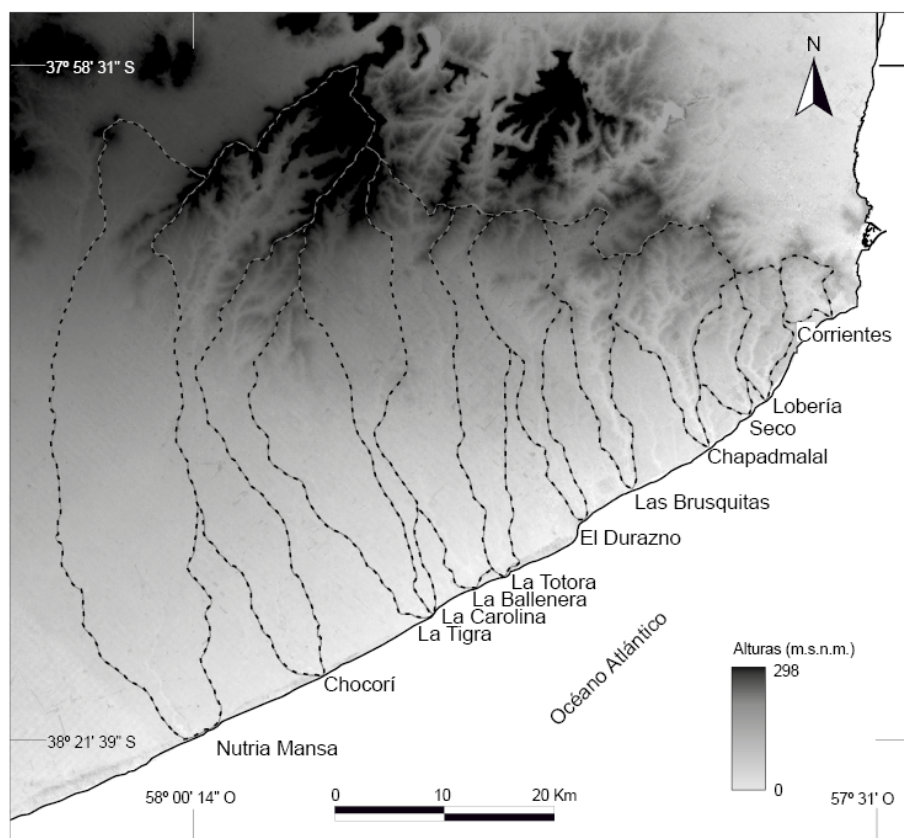


FIGURA 2.
Modelo Digital de Elevaciones del área de estudio.
Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

Parámetros de la red de drenaje

La densidad de drenaje de las cuencas estudiadas, de acuerdo con Fuentes Junco (2004), es baja para las cuencas Seco, Durazno, La Totorá, La Ballenera, La Carolina, La Tigra y Nutria Mansa; baja a moderada para la cuenca Chocorí, y moderada para las cuencas Corrientes, Lobería, Chapadmalal y Las Brusquitas (Tablas IV y VIII). En cambio, teniendo en cuenta la clasificación de Delgadillo y Páez (2008), las cuencas analizadas poseen una densidad de drenaje moderada, con excepción de las cuencas Lobería, Chapadmalal y Las Brusquitas, cuya densidad de drenaje es alta (Tablas IV y VIII).

La extensión media de escorrentía de las cuencas varía entre 0,42 y 0,68 km y revela un leve pero claro crecimiento en el desarrollo del drenaje superficial de N a S (Tabla VIII).

TABLA VII.
Parámetros de relieve de las cuencas

| Cuencas | Parámetros | | | | | |
|----------------|------------|------|--------|-----|------|--------|
| | HM m | Hm m | Hmed m | dm | i % | Pend % |
| Corrientes | 70 | 0 | 32,62 | 70 | 0,94 | 4,93 |
| Lobería | 79 | 0 | 36,10 | 79 | 0,55 | 4,22 |
| Seco | 77 | 0 | 34,64 | 77 | 0,40 | 3,66 |
| Chapadmalal | 130 | 0 | 57,39 | 130 | 0,53 | 4,24 |
| Las Brusquitas | 125 | 0 | 58,39 | 125 | 0,41 | 3,78 |
| El Durazno | 146 | 0 | 65,57 | 146 | 0,44 | 3,38 |
| La Totorá | 162 | 0 | 51,57 | 162 | 0,38 | 2,95 |
| La Ballenera | 238 | 0 | 57,21 | 238 | 0,47 | 3,07 |
| La Carolina | 113 | 0 | 84,45 | 113 | 0,47 | 3,34 |
| La Tigra | 210 | 0 | 34,55 | 210 | 0,24 | 3,07 |
| Chocorí | 298 | 0 | 97,73 | 298 | 0,41 | 4,79 |
| Nutria Mansa | 218 | 0 | 59,17 | 218 | 0,32 | 2,29 |

Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

Los órdenes de las cuencas analizadas varían entre cuarto (Corrientes, Lobería, Seco, Las Brusquitas, La Totorá, La Carolina y La Tigra) (Tabla VIII) y quinto (Chapadmalal, El Durazno, La Ballenera, Chocorí y Nutria Mansa) (Tabla VIII). El parámetro Relación de bifurcación (Rb) media, mostró, en las cuencas de cuarto orden, valores que oscilan entre un mínimo de 3,7 (en la cuenca Corrientes) y un máximo de 6,1 (en La Carolina) (Tabla VIII).

Por su parte, en las cuencas de quinto orden, el Rb medio oscila entre 4,2 (La Ballenera) y 5,1 (El Durazno) (Tabla VIII). El coeficiente de torrencialidad varía entre 0,76 (Nutria Mansa) y 3,85 (Lobería).

DISCUSIÓN

Las cuencas de drenaje analizadas muestran un claro aumento de su superficie en sentido N-S, desde “muy pequeña” a “intermedia-grande”. Las cuencas ubicadas al S de la zona del presente estudio que fueron analizadas por Kruse et al. (1997) también expresan esta tendencia, ya que varían entre “intermedia-grande” y “muy grande”. Este patrón se explica a través de dos factores determinantes: la ubicación y orientación del Sistema de Tandilia, donde dichas cuencas tienen sus nacientes, y el ángulo que este sistema forma con la línea de costa.

TABLA VIII.
Parámetros de drenaje de las cuencas.

| Cuencas | Parámetros | | | | | Rb media | Ct | Cursos Orden 1 | |
|----------------|-----------------------|--------|------|-----------------|---------------|----------|------|----------------|-------------|
| | Dd km/km ² | EME Km | O N° | Rb | | | | N° | Longitud km |
| Corrientes | 1,92 | 0,42 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 4,8 3,3 3 | 3,7 | 2,20 | 48 | 22 |
| Lobería | 2,18 | 0,38 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 6,7 7,7 3 | 5,8 | 3,85 | 153 | 50 |
| Seco | 1,69 | 0,42 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 7,6 4 3 | 4,9 | 2,27 | 91 | 36 |
| Chapadmalal | 2,23 | 0,35 | 5 | 1/2 2/3 3/4 4/5 | 6,8 4,9 3,3 3 | 4,5 | 3,09 | 333 | 142 |
| Las Brusquitas | 1,93 | 0,56 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 4,9 5,7 7 | 5,9 | 2,23 | 195 | 101 |
| El Durazno | 1,67 | 0,51 | 5 | 1/2 2/3 3/4 4/5 | 6,6 6,8 2 2 | 5,1 | 1,61 | 178 | 99 |
| La Totorá | 1,32 | 0,55 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 6,2 6,3 3 | 5,2 | 1,02 | 118 | 82 |
| La Ballenera | 1,52 | 0,57 | 5 | 1/2 2/3 3/4 4/5 | 6,3 4,5 4 2 | 4,2 | 1,11 | 217 | 150 |
| La Carolina | 1,40 | 0,55 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 5,6 3,7 9 | 6,1 | 1,02 | 185 | 104 |
| La Tigra | 1,29 | 0,63 | 4 | 1/2 2/3 3/4 | 8,7 3,2 5 | 5,6 | 0,82 | 137 | 106 |
| Chocorí | 1,81 | 0,65 | 5 | 1/2 2/3 3/4 4/5 | 5,4 4,6 5 5 | 5,0 | 0,81 | 617 | 337 |
| Nutria Mansa | 1,34 | 0,68 | 5 | 1/2 2/3 3/4 4/5 | 6,7 4,7 4,3 3 | 4,7 | 0,76 | 406 | 356 |

Fuente: elaborado por Camino, Bó, Cionchi, López de Armentía, Del Río y De Marco.

El ancho medio de las cuencas analizadas presenta, en general, una escasa variación si son comparadas con las estudiadas por Kruse et al. (1997), con excepción de las cuencas Quequén Grande, Tres Arroyos y Quequén Salado.

Los tres parámetros de forma analizados (IF, Kc y Re) confirman que las cuencas tienden a elongarse a medida que sus desembocaduras se alejan de sus nacientes en el eje serrano. Los valores que asumen dichos parámetros se interpretan, de modo general, como un aumento constante de la longitud axial y de la tendencia al alargamiento de la cuenca. La cuenca Corrientes, ubicada en el extremo N del área de estudio presenta una forma más aproximada a la de un círculo, lo cual implica que tiene la mayor probabilidad de presentar picos de crecidas ante eventos de precipitación torrencial, desde el punto de vista de estos parámetros. Por lo tanto, la cuenca Corrientes constituye una cuenca potencialmente peligrosa en este sentido. En oposición, las formas de las restantes cuencas sugieren una disminución a la probabilidad de crecidas en sentido N-S. Las cuencas estudiadas por Kruse et al. (1997), ubicadas al S del área de estudio, revelan que esta tendencia continúa.

La interpretación de los parámetros de relieve confirma lo expresado por los parámetros de forma. La cuenca Corrientes, si bien tiene la menor altura máxima de todas las cuencas analizadas, tiene su desembocadura muy próxima a las nacientes (21 km), y esto se ve reflejado en el valor de la pendiente media, que es la que presenta el máximo valor. Contrariamente, La Nutria Mansa, ubicada en el extremo S del área de estudio, presenta alturas máximas cercanas a los 300 m, pero la distancia entre las nacientes y la desembocadura es mucho mayor (aproximadamente 150 km). Consecuentemente, las pendientes medias de las cuencas tienden a disminuir hacia el S. Esta tendencia se mantiene en las cuencas ubicadas al S del área de estudio (Kruse et al., 1997). El análisis combinado de los parámetros de forma y de relieve sustenta la potencial torrencialidad de las cuencas.

Dentro de los parámetros de la red de drenaje, la densidad de drenaje pone de manifiesto los atributos geológicos y ecológicos de las cuencas. Entre los factores que la controlan, se pueden mencionar la litología, la permeabilidad del suelo, su capacidad de infiltración y el tipo y grado de la cobertura vegetal (Peña Llopis, 2007).

En este estudio, las dos clasificaciones utilizadas para categorizar este parámetro presentan diferente sensibilidad. De acuerdo con Fuentes Junco (2004), la mayoría de las cuencas aquí analizadas presenta densidad de drenaje baja. Por su parte, la propuesta por Delgadillo y Páez (2008) resulta más sensible para prever el comportamiento de las redes de drenaje. En este sentido, la cuenca Chapadmalal es la que, por presentar el máximo valor de Dd (2,23), se espera concentre los mayores volúmenes de agua. Esta cuenca presenta el mayor grado de complejidad hidrológica, la cual se vería reflejada en la estabilidad de regímenes de caudales superficiales y de aporte de agua subterránea (Ibáñez González de Maturco, 2004). En una geomorfología llana como la del área de estudio, con una marcada variación estacional de precipitaciones, y con sustratos caracterizados por poseer cierta permeabilidad, es esperable que las cuencas posean regímenes de escurrimiento intermitentes. Sin embargo, con excepción de la del Seco, los regímenes son permanentes a partir de la cuenca media-inferior. Esto ha sido atribuido al carácter efluente o ganador de los cursos, es decir, al aporte de escorrentía subterránea (Cohen et al., 2015).

Las cuencas estudiadas por Kruse et al. (1997) (de la Malacara, El Moro, Quequén Grande, Cristiano Muerto, Tres Arroyos y Quequén Salado) que se ubican al S del área del presente estudio se caracterizan por una densidad de drenaje significativamente inferior (0,009-0,0014 km/km²).

Las extensiones medias de escorrentía no contribuyeron a la interpretación de la dinámica de la cuenca, ya que sus valores fueron muy similares. Las ubicadas al S de la zona del presente estudio y analizadas por Kruse et al. (1997) poseen extensiones medias mayores (1,15 a 2,6 km) que las aquí determinadas.

El número de orden de las cuencas es un indicador de la extensión y ramificación de la red de drenaje. En general, se relaciona directamente con el poder erosivo, el transporte de sedimentos y la escorrentía. Este parámetro no depende de su área (Ortiz Vera, 2004), y un mayor número de orden no implica que

el coeficiente de torrencialidad sea proporcionalmente mayor. Los valores obtenidos en el presente estudio permiten calificar las cuencas como bien ramificadas, y consecuentemente, bien drenadas.

La relación de bifurcación media de las cuencas de cuarto orden sugiere, de acuerdo con Strahler (1964), una torrencialidad moderadamente alta a alta, con excepción de la cuenca Corrientes cuyo Rb indica una torrencialidad moderada.

En cambio, en las cuencas de quinto orden, el rango de valores de Rb media se estrecha. Todas las cuencas presentan una torrencialidad moderadamente alta. Según Summerfield (1991), estos valores tanto para las cuencas de cuarto como de quinto orden ponen de manifiesto una homogeneidad litológica, ya que ninguna supera el valor de 10. En este sentido, las cuencas estudiadas por Kruse et al. (1997) muestran una mayor homogeneidad litológica.

Los valores de Ct determinados tienen una importante variación, ya que el máximo valor resulta ser cinco veces mayor que el mínimo (3,85 y 0,76, respectivamente), lo que pone de manifiesto su sensibilidad.

Tanto el área como el número de cursos de primer orden que permiten calcular este índice, aumentan su valor absoluto de N a S, lo cual explica la disminución de Ct en el mismo sentido cardinal. Esto confirma lo interpretado a partir de los parámetros de forma y de relieve. En efecto, si bien los mayores números de cursos de primer orden se encuentran al S del área de estudio, la torrencialidad de estas cuencas es menor porque sus áreas tienen mayor desarrollo en el mismo sentido. Las cuencas Corrientes, Lobería y Seco, a pesar de tener altos Ct, poseen escasos cauces de primer orden (entre 48 y 173 para Corrientes y Lobería, respectivamente), así como escaso desarrollo de sus áreas (Tablas V y VIII). Así, los valores de Ct marcan una tendencia decreciente de N a S que confirman lo expresado por los parámetros de forma y de relieve oportunamente analizados.

CONCLUSIONES

Del análisis morfométrico de las cuencas del SE bonaerense objeto de este estudio se desprende que las respuestas hidrológicas están determinadas fundamentalmente por la posición de las mismas respecto del eje que constituye las cabeceras y que corresponde al Sistema de Tandilia y la llanura aledaña.

Si bien la diversidad de parámetros morfométricos es grande, en el presente estudio se consideraron aquellos más sensibles, teniendo en cuenta las características geomorfológicas del área analizada.

La proximidad de las desembocaduras de las cuencas en el Mar Argentino respecto de las nacientes determina el área, la pendiente, la forma, la densidad de drenaje media-alta, la relación de bifurcación, como así también el coeficiente de torrencialidad, que permiten evaluar y comprender el comportamiento de los sistemas hídricos analizados y sus respuestas ante eventuales picos de crecidas. Si bien conocer el comportamiento hidrodinámico de las cuencas resulta imprescindible para implementar programas y planes de gestión, se recomienda considerar las intervenciones antrópicas que puedan afectar la dinámica de las mismas.

REFERENCIAS

- Bó, M. J., Del Río, J. L., López de Armentía, A., Cionchi, J. L., Osterrieth, M., Alvarez, M. F., & Camino, M. A. (2009). Aplicación de un sistema de geoindicadores para la evaluación de la calidad ambiental en agroecosistemas del sudeste de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 23, 55 - 66.
- Busnelli, J & Horta, L.R. (2014). Morfometría de cuencas montañas y metamorfosis fluvial, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Buenos Aires: Asociación Geológica Argentina, 71(1), 11-20. Recuperado de: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v71n1/v71n1a02.pdf>

- Camino, M.A. & Padilla, L. (2008). Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero y diagnóstico ambiental del riesgo en Mar del Sud, partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires. *Revista Párrafos Geográficos*, 7(1), 34 - 59. Recuperado de: http://igeopat.org/parrafosgeograficos/images/RevistasPG/2008_V7_1/9-2.pdf
- Camino, M. A., López de Armentía, A. M. & Del Río, J. L. (2011). Análisis de las variaciones en la función amenidad de ambientes costeros por efectos de la minería de áridos y la urbanización. Caso de estudio: Mar del Sud, provincia de Buenos Aires. *Revista Párrafos Geográficos*, 10(2), 130 - 145.
- Camino, M. A. & Martínez, G. A. (1995). Mapa de drenaje. En: J.L. Del Río y M. J. Bó, J. Martínez Arca & V. Bernasconi (Eds.). (1995). *Carta Ambiental del Partido de General Pueyrredon*. Mar del Plata: Inédito Tomo 1, 11 - 14.
- Campos Aranda, D. (1992). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- Cionchi, J.L. (1984). Análisis cuantitativo de pendientes en la cuenca superior del arroyo Chocorí, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 39 (1-2), 28 - 37.
- Cionchi J. L. & Martínez, G. A. (1988). Caracterización y distribución de las pendientes en las cuencas de drenaje de los arroyos Los Cueros, Seco, Los Patos, Santa Elena y Camet (partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires). En: Universidad Nacional del Sur, *II Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 145 - 151. Bahía Blanca, Argentina.
- Cohen, C.; Padilla, N. Martínez, G. & Camino, M. A. (2015). Línea de base ambiental de las cuencas de los arroyos El Durazno y La Totorá. Partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (16), 231 - 252. Recuperado de: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/424/339>
- Dalla Salda, L. & Iñíguez Rodríguez, A. M. (1979). La Tinta, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. En Asociación Geológica Argentina, *VII Congreso Geológico*, 539 - 550. Neuquén, Argentina.
- Delgadillo, A. & Páez, G. (2008). Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo. En C. Ferrer & M. Duarte (Eds.). (2008). *Plan de desarrollo urbano del Municipio Antonio Pinto Salinas, bajo el enfoque de gestión del riesgo. Caracterización del riesgo de la cuenca del valle Mocoties*. Mérida: FUNDAPRIS.
- Del Río, J.L., Otero, A., Müller, M.L.L., Manolidis, N., Bó, M.J. & Martínez Arca, J. (1998). Riesgo Ambiental por Inundaciones en el Sudeste de la provincia de Buenos Aires (El caso del partido de General Pueyrredón). En Instituto de Geología y Minería., *II Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación De Territorio*. Jujuy, Argentina.
- Del Río, J.L., Bó, M. J., Martínez Arca, J.; López de Armentía, A., Camino, M., Maurel, D., Drago, C. & Viola, D. (2004). Evaluación de riesgos múltiples de las cuencas de los arroyos El Durazno y La Totorá, provincia de Buenos Aires. Argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, (20), 161-172.
- De Marco, S.G., Mallo, J.C., Camino, M., López de Armentía, A., Bó, M. J., Beltrame, M.O., Bazzini, S. & Del Río J.L. (2008). Monitoreo de la calidad ambiental de arroyos del Partido de General Pueyrredón (Buenos Aires, Argentina). En SiFyQA, *V Congreso Iberoamericano de Química Ambiental*. Mar del Plata, Argentina.
- De Marco, S. G., Barral, M. P., Bazzini, S. M., Beltrame, M.O., Bó, M. J., López de Armentía, A. M., Sollazo, M.S. & Marcovecchio, J. E. (2012). Vulnerabilidad de cuerpos de aguas superficiales en el sudeste de la Provincia de Buenos Aires: estudio preliminar. En J.E. Marcovecchio & R.H. Freije (Eds.). (2012). *Compilado de trabajos extendidos de la II Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie* (pp. 61-66). Bahía Blanca: EdiUNS.
- De Marco, S. G., Barral, M. P., Bazzini, S. M., Bó, M. J., Camino, M.A., Cionchi, J. L.; López de Armentía, A. M., M Martínez Arca, J. & Marcovecchio, J. E. (2014). Vulnerabilidad a la contaminación en cuerpos de aguas superficiales de la vertiente sur del sistema de Tandilia. En H. Massone & K. Miglioranza (Eds.). (2014). *Actas de la III Reunión Argentina de Geoquímica de la Superficie* (18).
- Fuentes Junco, J. J. A. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancitaro*. México: Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Gaspari, F. J., Delgado, M. I. & Senisterra, G. E. (2009). Simulación espacio-temporal de la erosión hídrica superficial en una cuenca serrana bonaerense, Argentina. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la*

- Información Geográfica*, (9), 67-82. Recuperado de: <http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/161>
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G.; Delgado, M. I. & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente. AUGMDOMUS*, 4, 143-158. Recuperado de: <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/download/476/505/>
- Gaspari, F.J., Díaz Gómez, A., Delgado, M.I. & Senisterra, G. E. (2015). Evaluación del Servicio Ambiental de provisión hídrica en cuencas hidrográficas del sudeste bonaerense. Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata*, 114(1). Recuperado de: <http://revista.agro.unlp.edu.ar/index.php/revagro/article/view/324/219>
- Gravelius, H. (1914). *Grundrifi der gesamten Gewissserkunde. Compendium of Hydrology*. Berlín: Goschen.
- Gregory J. K. & Walling, E. D. (1985). *Drainage Basin Analysis*. Victoria: The Bath Press.
- Henao Sarmiento, J. E. (1988). *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá: Universidad Santo Tomás, Centro de enseñanza desescolarizada.
- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions*, 13(1), 350 - 361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*. (56), 275 - 370.
- Ibisate González de Mateuco, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje Del Río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas". *Boletín de la Asociación Geológica Española*. (38), 311 - 329.
- Jardi, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, 19, 41-68.
- Kruse, E. (1985). Aspectos geohidrológicos de la región sudoriental de Tandilia (Cuencas de los Arroyos Vivoratá, Las Brusquistas y El Durazno). *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 41(3-4), 367-374.
- Kruse, E., Laurecen, P.; Deluchi, M. & Varela, L. (1997). Caracterización de la red de drenaje para la evaluación hidrológica en la región interserrana (provincia de Buenos Aires). En Asociación Argentina de Hidrogeólogos, *I Congreso Nacional de Hidrogeología y III Seminario Hispano-Argentino sobre temas actuales de Hidrología Subterránea*. Bahía Blanca, Argentina.
- Llamas J. (1993). *Hidrología general: principios y aplicaciones*. Bilbao: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- López Bermúdez, F., Navarro, F., Romero, M.A., Conesa, C., Castillo, V., Martínez, J. & García, C. (1988). *Geometría de cuencas fluviales: Las redes de drenaje del Alto Guadalentín*. Madrid: ICONA.
- López Cadenas de Llano, F. (1998). *Restauración Hidrológica Forestal de cuencas y Control de la Erosión*. Madrid: Mundi Prensa.
- Martínez Arca, J., Del Río, J. L., Bó, M. J., López de Armentía, A. & Camino, M. A. (2003). Riesgo de inundaciones en Mar del Plata, partido de General Pueyrredón: una visión evolutiva. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*. Publicación Especial (4), 1 - 10.
- Maidment, D.R. (1992). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw Hill.
- Martínez, G. A. & Cionchi, J. L. (1987). Análisis hipsométrico de las cuencas de drenaje del área urbana marplatense, provincia de Buenos Aires. En Asociación Geológica Argentina, *X Congreso Geológico Argentino*.
- Martínez, G.A. & Cionchi, J. L. 1988. *Morfometría e hipsometría en cuencas de drenaje de la mitad septentrional del partido de General Pueyrredon, provincia de Buenos Aires*. En Universidad Nacional del Sur. 1988. Bahía Blanca: Actas II Jornadas Geológicas Bonaerenses, pp. 153-161.
- Martínez, G. (2001). La influencia de un paisaje heredado sobre el escurrimiento superficial en la región pampeana. Provincia de Buenos Aires. En L. Teruggi (Ed.). (2001). *Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas y Planificación Territorial* (47-55).
- Morisawa, M. (1985). *Rivers: forms and process*. London: Longman.
- Ortiz Vera, O. (2004). Evaluación hidrológica. *Hidrored*, (1), 1-7.

- Peña Llopis, J. (2007). *Efectos ecológicos de los cambios de coberturas y usos del suelo en la marina baixa (Alicante)*. (Tesis de doctorado). Departamento de Ecología, Universidad de Alicante, Alicante. España. Recuperada de: <https://www.pik-potsdam.de/news/public-events/archiv/alter-net/alumni/tesis-juanpena.pdf>
- Pecotche, S. (2010). *Establecimiento de línea de base ambiental de la Cuenca del Arroyo Lobería, partido de General Pueyrredón, provincia de Buenos Aires, Argentina*. (Tesis de grado inédita). Departamento de Ciencias Humanas, Universidad nacional del Centro de la provincia de Buenos Aires, Tandil. Argentina.
- Quiroz-Londoño, O. M.; Martínez, D. E. & Massone, H. (2012 a). Evaluación comparativa de métodos de cálculo de recarga en ambientes de llanura. La llanura interserrana bonaerense (Argentina), como caso de estudio. *Dyna*, 79(171), 239 - 247.
- Quiroz-Londoño, O. M.; Martínez, D. E. & Massone, H. (2012 b). Estimación de recarga de acuíferos en ambientes de llanura con base en variaciones de nivel freático. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 3(2), 123-130. Recuperado de: <http://revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/articleCms/view/276/255>
- Ramos, V. A. (1999). Las provincias geológicas del territorio argentino. *Anales Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales*, (29), 41-96.
- Romero Díaz, M. A. & López Bermúdez, F. (1987). Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir. *Papeles de Geografía*, (12), 47-62.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. *Geological Society American Bulletin*, 67(5), 597-646.
- Senisterra, G. E., Rodríguez Vagaría, A. M., Gaspari, F.J. & Mazzuchelli, M.G. (2013). Aspectos morfométricos de la cuenca alta del arroyo Napaleofú, provincia de Buenos Aires-Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(2), 287-303. Recuperado de: <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/39614>
- Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. En Chow, V. (Ed). (1964). *Handbook of applied Hydrology* (439-476). New York: Mc Graw-Hill.
- Summerfield, M. A. (1991). Subaerial Denudation of Passive Margins - Regional Elevation Versus Local Relief Models. *Earth and Planetary Science Letters*, 102 (3-4), 460-469.
- Teruggi, M. (1957). The nature and origin of Argentine loess. *Journal of Sedimentary Petrology*, (27), 322-332.
- Teruggi, M. E. & Kilmurray J. O. (1975). Tandilia. En Asociación Geológica Argentina, *IV Congreso Geológico Argentino*. Bahía Blanca, Argentina.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review*, 38(1), 55-94.
- Verstappen, H. Th. 1983 *Applied Geomorphology: Geomorphological Surveys for Environmental Development*. Amsterdam: Elsevier.
- Zárate, M. A. (2005). El Cenozoico Tardío Continental de la provincia de Buenos Aires. En Asociación Geológica, *XVI Congreso Geológico Argentino*. La Plata, Argentina.