



## Análisis morfométrico de la cuenca del río de Oro aplicado al peligro de crecidas. Provincia del Chaco, Argentina

*Morphometric analysis of the Río de Oro basin applied to flood hazard. Chaco province, Argentina*

**Meza, Julio C.**<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Nordeste. Facultad de Humanidades. Departamento de Geografía.

Resistencia - Chaco. Argentina.

[juliomeza@hum.unne.edu.ar](mailto:juliomeza@hum.unne.edu.ar)

**Gil, Verónica**<sup>2</sup> 

<sup>2</sup>Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geografía y Turismo.

Bahía Blanca - Buenos Aires. Argentina

[geografavg@gmail.com](mailto:geografavg@gmail.com)

Recibido: 17/06/25

Aceptado: 28/10/2025

### RESUMEN

El presente estudio tiene por objetivo analizar las características morfométricas de la cuenca del río de Oro ubicado en el este de la Provincia del Chaco (República Argentina), con el fin de contribuir a la comprensión de la dinámica hídrica y de los procesos asociados al peligro de crecidas. Para llevar a cabo este trabajo se integraron datos en formato vectorial y ráster en un Sistema de Información Geográfica [SIG] mediante el cual se calcularon los parámetros morfométricos vinculados a la forma, tamaño, relieve, topología y red de drenaje de la cuenca. El análisis morfométrico realizado en la cuenca del río de Oro ha permitido caracterizarla como una cuenca grande, alargada, con pendientes muy suaves y baja densidad de drenaje. Estas condiciones geomorfológicas generan un escurrimiento lento, sin crecidas repentinas, y explican una respuesta hidrológica atenuada ante eventos de precipitación.

**Palabras clave:** Morfometría fluvial - Chaco Oriental - Drenaje - Sistemas de Información Geográfica.

### ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the morphometric characteristics of the Oro river basin, located in the east of the Chaco Province (Argentina), in order to contribute to the understanding of water dynamics and processes associated with flood hazards. To carry out this work, vector and raster data were integrated into a Geographic Information System [GIS] through which the morphometric parameters related to the shape, size, relief, topology and drainage network of the basin were calculated. The morphometric analysis carried out in the Oro river basin has allowed us to characterize it as a large, elongated basin, with very gentle slopes and low drainage density. These geomorphological conditions generate a slow runoff, without flash floods, and explain an attenuated hydrological response to precipitation events.

**Keywords:** River morphometry - Chaco Oriental - Drainage - Geographic Information Systems.



## 1. Introducción

Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con los escurrimientos superficiales y encauzados que transitan por ella. La morfometría, como disciplina de análisis cuantitativo de cuencas, permite obtener un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control ([Lux Cardona, 2016](#)), especialmente en contextos con escasos datos de aforo. El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve, drenaje y su importancia radica en que brindan resultados aplicables al conocimiento de la dinámica fluvial, análisis y génesis de crecidas, procesos erosivos y la posterior definición de las estrategias para la formulación de su manejo ([Gil, 2009](#); [Gaspari et al., 2012](#)).

En cuencas no aforadas o con escasos registros hidrológicos, las características morfométricas resultan indispensables para: a) aproximarse a su comportamiento hidro-sedimentario; b) lograr resultados cual-quantitativos para realizar comparaciones entre cuencas y c) obtener conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio a partir de la descripción precisa de la geometría de las formas superficiales ([Gaspari et al., 2012](#); [Gil et al., 2019](#)). Comprender y predecir el comportamiento hidrológico es esencial para la planificación y gestión ambiental e hídrica del territorio, así como también para la evaluación del riesgo frente a fenómenos como crecidas, inundaciones y erosión ([Alves et al., 2020](#)).

El análisis morfométrico se ha consolidado como herramienta diagnóstica transversal a múltiples escalas y ambientes físicos. Permite inferir el comportamiento hidrológico potencial de una cuenca y, en consecuencia, estimar el peligro de crecidas, al identificar si los caudales de escurrimiento tenderán a concentrarse rápida o lentamente, con picos altos y prolongados, y en qué sectores existe mayor susceptibilidad de inundación ([Gil, 2009](#); [Gil et al., 2019](#)). No obstante, persisten desafíos en la aplicación de estos estudios en regiones de llanuras, especialmente por la dispersión de los datos hidrométricos y la dificultad en la delimitación de las cuencas por la escasa pendiente.

La cuenca del río de Oro, localizada en el este de la provincia del Chaco (Argentina), se emplaza sobre el sector distal del megaabanico del río Bermejo y posee un diseño en planta de tipo subparalelo-dendrítico. En el área de estudio aquí propuesta, los datos de aforos son escasos, fragmentados y desactualizados, asimismo, las investigaciones sobre morfometría de cuencas son pocas. Es por ello que esta investigación busca analizar la dinámica hidrológica de la cuenca del río de Oro a partir del estudio de sus condiciones físicas, variables o factores de esta y que influyen en las crecidas. Entre ellos se incluyen la forma y el tamaño de la cuenca, la topografía, la pendiente y la red de drenaje. Se presta especial atención a aquellos elementos que pueden incrementar el peligro de crecidas, es decir, la probabilidad de que el nivel del agua alcance magnitudes capaces de superar el cauce y generar inundaciones. Este fenómeno afecta a las áreas urbanas como General Vedia, Selvas del río de Oro y General José de San Martín, cuyas urbanizaciones han avanzado sobre la planicie de inundación de dicho río y que se han visto afectadas en diferentes ocasiones.

Este estudio contribuye a llenar un vacío en la investigación hidrológica al aplicar un análisis morfométrico detallado de una cuenca de llanura del nordeste argentino, un contexto poco explorado en comparación con cuencas de montaña. Esta cuenca representa un caso singular por su escasa pendiente, gran extensión y relevancia para centros urbanos que se emplazan sobre su planicie de inundación. Este enfoque, si bien replica una metodología consolidada, no solo aporta evidencias científicas sobre la dinámica hídrica de ambientes de baja energía fluvial, sino que también ofrece insumos claves para la gestión del territorio y la planificación frente al peligro de crecidas e inundaciones. La relevancia de esta contribución se refuerza en el marco de la creciente variabilidad climática, que incrementa la frecuencia e intensidad de los eventos extremos y exige diagnósticos precisos a escala regional.

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo de este trabajo es analizar las características morfométricas de la cuenca del río de Oro en la Provincia del Chaco, Argentina. Esta contribución constituye una primera

aproximación en detalle al estudio de la dinámica de esta cuenca y su vinculación con el peligro de crecidas.

#### Antecedentes

Los aportes clásicos de [Horton \(1945\)](#), [Strahler \(1964\)](#), [Strahler \(1974\)](#), [Schumm \(1956\)](#) y [Gregory y Walling \(1973\)](#) constituyen la base teórica-metodológica del análisis morfométrico, continuados por [Jardí \(1985\)](#), [Romero Díaz y López Bermúdez \(1987\)](#), [Senciales González \(1998, 1999\)](#) y [González de Matauco \(2004\)](#), principalmente en regiones mediterráneas. Posteriormente, la integración de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) amplió las posibilidades de análisis multiescalar. [Farhan et al. \(2015\)](#) y [Abdo \(2020\)](#) lo hicieron en cuencas de Jordania y Siria, respectivamente; [Guevara Gutiérrez \(2019\)](#), [Cruz Romero et al. \(2015\)](#), [Martínez y Díaz \(2011\)](#), [López Huerta et al. \(2022\)](#), [Tome Hernández y Villareal Manzo \(2022\)](#) en México; [Matovelle y Heras \(2020\)](#) en Ecuador; [Choquehuana Huanca \(1999\)](#), [Barboza Castillo et al. \(2017\)](#) y [Yalta Meza et al. \(2014\)](#) en Perú; [Mauro et al. \(2019\)](#), [Alves et al. \(2020\)](#), [Boareto Vasconcellos et al. \(2020\)](#), [Barboza Dos Santos y Holanda Do Nascimento \(2021\)](#) y [dos Anjos et al. \(2021\)](#) en Brasil.

En Argentina, las investigaciones como las de [Camino et al. \(2018\)](#), [Gaspari et al. \(2012\)](#), [Moretto et al. \(2019\)](#), [Riva et al. \(2021\)](#) y [Zanandrea et al. \(2024\)](#) han realizado caracterizaciones morfométricas en cuencas de la región pampeana, demostrando el impacto de la litología, el relieve suave y la intervención antrópica sobre los patrones de drenaje. En regiones semiáridas y de montaña, como La Rioja, San Juan, Mendoza, Chubut y Tierra del Fuego, trabajos como los de [Garay y Agüero \(2018\)](#), [Esper Angillieri et al. \(2016\)](#), [Rios et al. \(2024\)](#), [Vaccarino Pascuali et al. \(2012\)](#), [Aumassanne et al. \(2018\)](#), [Torrero \(2017\)](#) y [Quiroga et al. \(2014\)](#), han vinculado los parámetros morfométricos con la peligrosidad por aluviones, crecidas súbitas. Para cuencas de la región del Noroeste Argentino lo han hecho [Díaz Gómez et al. \(2017\)](#).

Paralelamente, se reconoce un interés creciente por sistematizar metodologías para la delimitación y análisis comparados de cuencas, como lo reflejan los trabajos de [Brieva \(2018\)](#) y [Gómez \(2025\)](#). Otros aportes metodológicos destacables lo constituyen los análisis multiescalares y la aplicación de índices morfométricos específicos al estudio del peligro de crecidas, fundamentalmente estudiando en cuencas serranas ([Gil, 2009](#); [Gil et al., 2019](#); [Ortuño-Cano y Gentili, 2023](#)). En la región del Noreste Argentino, [Popolizio et al., \(1978\)](#) han caracterizado la morfometría del río Negro en la provincia del Chaco y [Smichowski y Contreras \(2023\)](#) lo hicieron para la cuenca del río Santa Lucía en Corrientes.

Si bien estas investigaciones han fortalecido el campo de la morfometría fluvial y su aplicación a la gestión de inundaciones, se observa un vacío en el estudio de cuencas de llanura con pendientes mínimas como las que caracterizan al Chaco. En estos ambientes, la delimitación de las cuencas y la interpretación del comportamiento hidrológico resultan particularmente complejas debido a la carencia y dispersión de datos hidrométricos.

#### Área de estudio

La cuenca del río de Oro se localiza en el sector oriental de la provincia del Chaco (República Argentina), en la cuenca inferior del río Bermejo. El curso principal tiene sus nacientes poco definidas en el noreste de la provincia, en cercanías a la localidad de Presidencia Roca y desemboca en el río Paraguay. El cauce principal del Oro se ubica en el sector oeste de la cuenca y recibe en su tramo un total de ocho afluentes, tres por su margen derecho (Arroyo Correntoso, Cañada Malva y un curso sin nombre) y cinco desde la izquierda (arroyo Zapirán, el curso formado de la confluencia de los Arroyos Changüí Chico y Changüí Grande y tres arroyos sin nombre) ([Figura 1](#)).

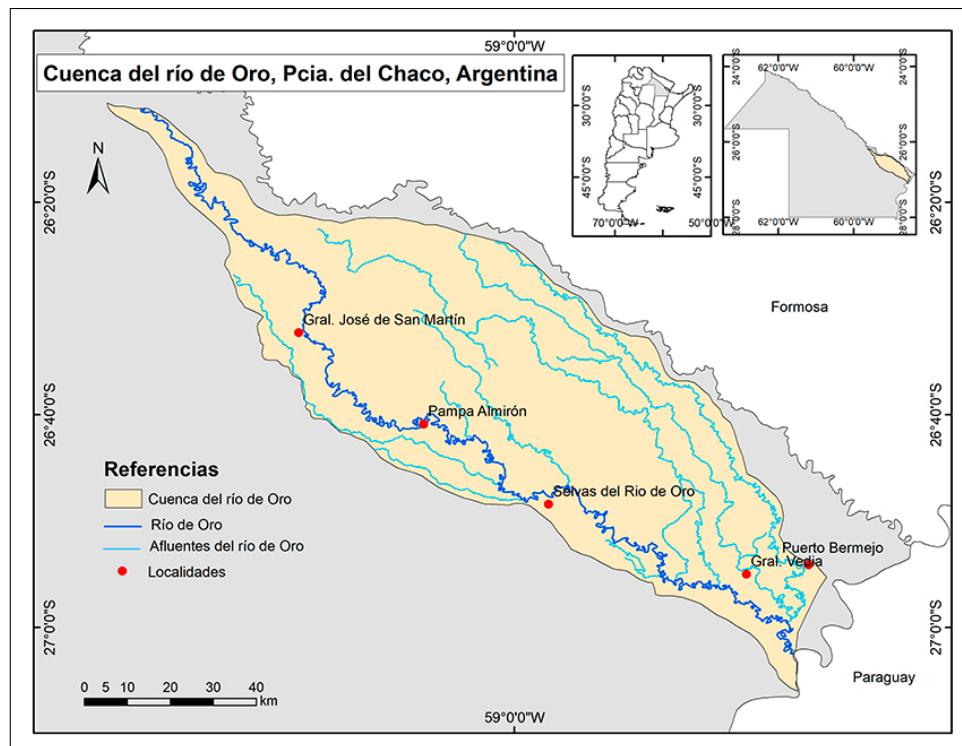


Figura 1. Mapa del área de estudio: Cuenca del río de Oro (Provincia del Chaco, República Argentina).

Fuente: Elaboración propia.

Geomorfológicamente, la cuenca se sitúa sobre el conoide del Bermejo que, como señala Popolizio (1986), se caracteriza por la presencia de valles fluviales abandonados originados bajo condiciones morfoclimáticas diferentes. Los grandes abanicos aluviales (o mega-abanicos) de los ríos de la región chaqueña son sistemas complejos, formados por unidades sedimentarias y morfológicas de diferentes edades y contextos climáticos. Los paleovalles se disponen en forma de abanicos con orientación noroeste-sudeste y se destacan por la presencia de derrames laterales muy amplios que sobresalen de las planicies, entre estos se ubican grandes extensiones de cañadas y esteros. Las redes fluviales actuales, como los ríos Negro, Guaycurú y de Oro, entre otros responden al paleomodelo del subsistema Pilcomayo-Bermejo (Popolizio, 1978).

El contexto climático actual de la región de la cuenca es húmedo, sin embargo, se suceden ciclos húmedos y secos que responden a la variabilidad climática. El clima es subtropical, con 800-1200 mm de precipitación anual. La temporada de lluvias comienza en octubre y termina en marzo; los inviernos son secos. Las temperaturas medias varían entre 24 °C y 30 °C en verano.

La Figura 2 muestra los totales anuales de precipitaciones desde el año hidrológico 1954/1955 hasta 2023/2024 registrados en Gral. José de San Martín (Figura 1), evidenciando una marcada variabilidad interanual y una media cercana a los 1.200 mm. A lo largo de la serie se observan años con precipitaciones significativamente superiores, entre los que se destacan 2013/2014 con 2.079 mm (máximo absoluto), 1982/1983 con 1.961 mm, el bienio 2014/2015–2015/2016 con valores superiores a 1.700 mm. También sobresalen 1965/1966 (1.668 mm) y 2018/2019 (1.629 mm) como años excepcionalmente húmedos, todos ellos asociados a eventos El Niño de fuerte intensidad, según el Índice Oceánico del Niño (ONI) (GGWeather, s. f.).

En contraste, los mínimos se registran en 2019/2020 con apenas 554 mm (el valor más bajo de toda la serie), seguido por 1978/1979 (773 mm), 2003/2004 (714 mm), 1995/1996 (743 mm) y 1971/1972 (749 mm), lo que evidencia períodos de sequía prolongada vinculados a fases de La Niña (GGWeather, s. f.). Dicha descripción indica la tendencia de ciclos húmedos y secos alternados, con episodios extremos que tienden a intensificarse,



lo cual resulta clave para comprender tanto el peligro de inundaciones como los déficits hídricos en la región.

En general, en los años donde se manifiesta un evento El Niño, existe un mayor ingreso de humedad en la región del nordeste argentino y se manifiesta en intensas y prolongadas precipitaciones que superan montos normales, mientras que cuando se desarrolla La Niña, las precipitaciones son menores que el valor medio, lo cual al combinarse con el aumento de temperaturas extremas genera sequías de diferentes magnitudes y duraciones ([Contreras y Kowalewski, 2024](#)).

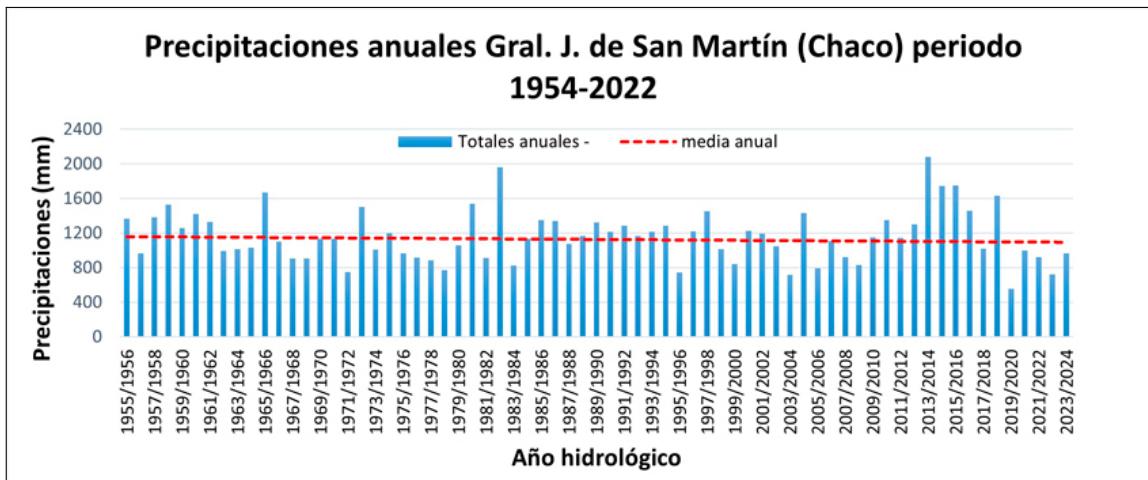


Figura 2. Precipitaciones anuales Gral. J. de San Martín (Chaco) periodo 1954-2022.

Fuente: Administración Provincial del Agua ([\[APA\], 2017a](#)) y Centro de Estudios y Desarrollo e Innovación ([\[CEDEI\], s. f.](#)).

En la [Figura 3](#) se presentan los hidrogramas mensuales de máximos, promedios y mínimos de alturas del río de Oro, correspondientes a tres estaciones hidrométricas ubicadas en distintos tramos del curso principal: A- General José de San Martín en la cuenca alta (período 1989-1993), B- Selvas del río de Oro en el sector medio (período 1981-2009) y C- General Vedia en la cuenca baja (período 1989-1998) ([Figura 1](#)). Estas curvas permiten observar el comportamiento estacional del régimen fluvial en diferentes sectores de la cuenca y su variabilidad intermensual.

En la primera estación (A), se observa una doble crecida anual, con picos destacados en diciembre y abril-mayo. La primera crecida es abrupta, alcanzando un máximo en diciembre de 3 metros, y es seguida por una disminución en enero. La segunda crecida presenta una subida progresiva hasta mayo, momento en el que se alcanzan valores cercanos a 3 metros y el período de aguas bajas se extiende desde junio a octubre, con alturas mínimas por debajo de 1 metro. La estación de selvas del río de Oro (B) evidencia un comportamiento más estable, pero con mayores valores absolutos, especialmente en el máximo absoluto (B.a) que alcanza picos superiores a 5 metros entre septiembre y diciembre. El hidrograma presenta una crecida temprana en primavera con valores altos en octubre y una estabilización posterior. La escasa amplitud entre los promedios (B. b, c y d) y extremos mínimos (B.e) advierte sobre la menor variabilidad interanual en comparación con la cuenca alta (A). Asimismo, el largo periodo podría influir en la atenuación de los valores extremos.

En el tramo inferior (C), el hidrograma registra las mayores alturas, con valores máximos absolutos (C.a) cercanos a 6,5 metros en diciembre y una notable variabilidad mensual a lo largo del año. Se observan tres picos de altura máxima: en diciembre, febrero y abril, lo que evidencia una alta respuesta a eventos puntuales de precipitaciones en el verano y los aportes de afluentes en esta sección del río (cuenca baja). A diferencia de los otros hidrogramas, el promedio de alturas mínimas (C.d) es mayor, lo que indica una alta capacidad de retener el escurrimiento todo el año dada la influencia del resto de la cuenca.

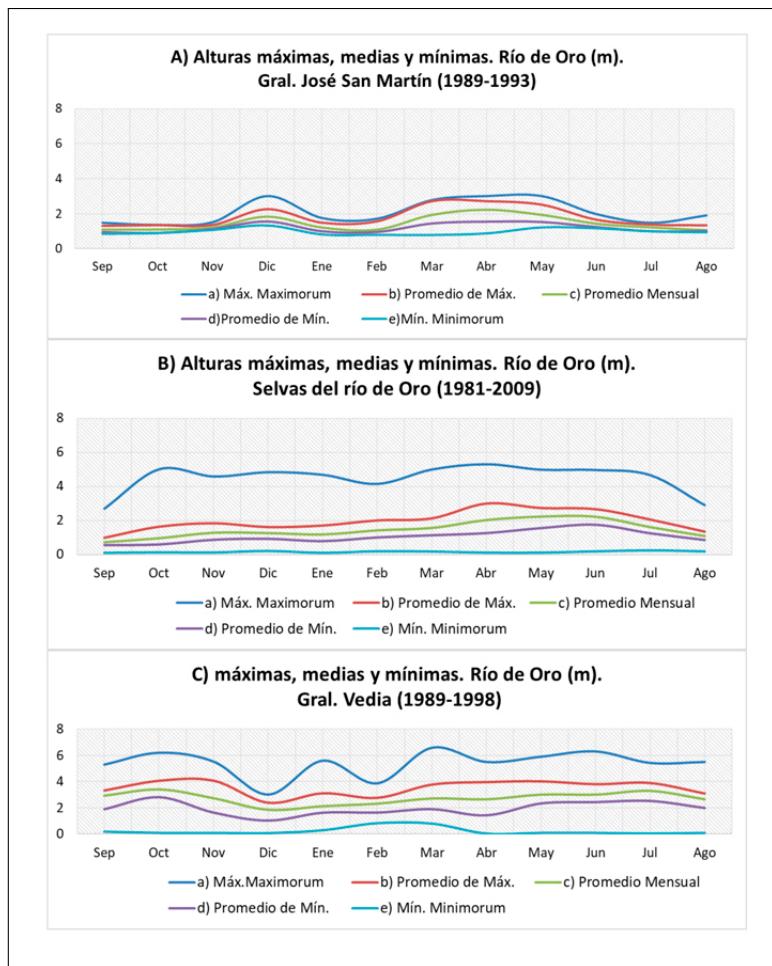


Figura 3. Alturas máximas, medias y mínimas del río de Oro.

Fuente: Administración Provincial del Agua ([\[APA\], 2017b](#))

La infiltración del agua es prácticamente nula, debido a que el terreno superficial está compuesto por arcillas y la pendiente baja, no es adecuada para la evacuación de los excesos hídricos. En consecuencia, aparecen pantanos permanentes (esteros) y temporarios (bañados) (Neiff, 1986), densamente cubiertos por la vegetación palustre y flotante. En esos ambientes la evapotranspiración es varias veces mayor que la evaporación potencial, y la materia orgánica se acumula en el ambiente anaeróbico del fondo de los pantanos. Asimismo, Orfeo (1999) señala:

El paisaje se ve afectado por temporadas alternas de sequía y períodos de inundaciones prolongadas, lo que ha provocado la progresiva coalescencia de los cuerpos de agua y la saturación de la capacidad de almacenamiento de las cuencas. El clima, la topografía, las condiciones estructurales y la litología del subsuelo definen el sistema de drenaje local y configuran las principales características del paisaje. (p. 69)

Los pantanos cubren un área de 125.000 km<sup>2</sup> en los abanicos de los ríos Bermejo y Pilcomayo. Los mismos forman los tramos superiores de redes fluviales locales, desarrollados en los mega-abanicos durante el clima húmedo actual. Los colectores de esas redes locales son arroyos muy divagantes, de 2 a 5 m de profundidad y 20 a 60 m de ancho (Iriondo, 2006) que corren por antiguos cauces de los ríos alóctonos mayores bordeados por albardones. Constituyen un tipo especial de río subajustado, en el cual el cauce antiguo tuvo una cuenca mucho mayor que el cauce actual. Es por ello que, en los períodos húmedos donde se dan las inundaciones extraordinarias, el agua cubre todas las áreas bajas de la región y los únicos elementos geomorfológicos emergentes son los antiguos albardones. Durante los períodos húmedos o eventos de



extremas precipitaciones, las inundaciones y anegamientos generalizados cubren vastas áreas bajas, afectando particularmente a núcleos urbanos como General José de San Martín, Selvas del río de Oro y General Vedia (Figura 4).



Figura 4. a) La fotografía ilustra la ocurrencia de inundaciones y la variabilidad hidrológica en Gral. San Martín en 1998, evidenciando una inundación que afectó la infraestructura vial y dejó barrios anegados. b) La imagen corresponde al 2019 donde se muestra las condiciones del cauce en un periodo seco. c) Corresponde a una inundación en Gral. Vedia en 2019 por desborde del Río de Oro. d) La fotografía corresponde al mismo sitio en Gral. Vedia bajo condiciones normales en 2018. e) Inundación y anegamientos en Selvas del río de Oro en el año 2019. f) Corresponde al mismo sitios en condiciones normales, capturada en 2018.

Fuente: a) [Roces \(2013\)](#), b) [Meza \(2019\)](#), c) [Vera \(2019\)](#), d) [Vera \(2018\)](#), e) [Selvas del río de Oro \(2019\)](#) y f) [Selvas del río de Oro \(2018\)](#). Todas las fotografías fueron autorizadas a usarse por parte de sus autores.

## 2. Materiales y métodos

Para realizar este trabajo se elaboró la base de datos geográfica integrada por capas vectoriales de la cuenca y la red de drenaje, complementadas con un modelo digital de elevaciones [MDE] de resolución espacial de 45 m, puestos a disposición por el Instituto Geográfico Nacional [IGN] en el año 2014. Estos MDE se distribuyen en escala 1:100.000, con lo cual se elaboró un mosaico ráster a partir de nueve hojas en dicha escala para abarcar toda el área de la cuenca y posteriormente realizar el recorte con los límites de esta.

La capa de la cuenca fue suministrada por la Administración Provincial del Agua [APA], la de los cursos de agua fue proporcionada por el IGN y ambas capas fueron actualizadas mediante digitalización manual sobre imágenes de alta resolución de *Google Earth Pro (on-line)* y el reconocimiento en campo, con el fin de obtener el trazado real de la red de drenaje para su posterior jerarquización sobre la base del método [Strahler \(1964\)](#).

Mediante el uso de SIG y base de datos cuantitativa (planilla Excel), se midieron y calcularon los parámetros e índices morfométricos vinculados a: a) tamaño y forma (área, perímetro, longitud máxima, ancho, factor de forma, razón de elongación); b) relieve (pendiente media, razón y relación de relieve); y c) red de drenaje (orden, relación de bifurcación, densidad y frecuencia de drenaje) con base en metodologías de [Horton \(1945\)](#), [Strahler \(1964\)](#), [Schumm \(1956\)](#), y estudios nacionales ([Gil, 2011](#); [Gil et al., 2019](#); [Moretto et al., 2019](#); [Quiroga et al., 2014](#); [Esper Angillieri et al., 2016](#) y [Gaspari et al., 2012](#)) (Tabla 1a; Tabla 1b; Tabla 1c).

Tabla 1a. Parámetros e índices morfométricos utilizados.

<b>Parámetros e índices de tamaño y forma</b>		
<b>Variable</b>	<b>Unidad/ fórmula</b>	<b>Definición</b>
Área (A)	km <sup>2</sup>	Proyección ortogonal del área de drenaje de un sistema de escorrentía.
Perímetro (P)	km	Longitud del contorno del área.
Longitud máxima de la cuenca (Lc)	km	Distancia entre la desembocadura y el punto más lejano de la divisoria de aguas de la cuenca.
Ancho de la cuenca (Ac)	km	Distancia entre los puntos más alejados de la cuenca perpendicular a la longitud máxima.
Longitud del cauce principal (Lcp) ( <a href="#">Horton, 1945</a> )	km	Distancia desde la desembocadura hasta el punto más alejado del curso principal.
Factor forma (F) ( <a href="#">Horton, 1932</a> )	$F = \frac{A}{Lc^2}$	Cociente entre el ancho (A) y la longitud máxima de la cuenca (Lc) al cuadrado.
Razón de Elongación (Re) <a href="#">Schumm (1956)</a>	$Re = \frac{(1,128 \sqrt{A})}{Lcp}$	Relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la cuenca y la longitud máxima de la cuenca (Lcp).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1b. Parámetros e índices morfométricos utilizados.

<b>Parámetros e índices del relieve</b>		
Cota máxima (Cmax)	m	Cota del punto más alto de la cuenca
Cota mínima (Cmin)	m	Cota del punto más bajo de la cuenca
Desnivel altitudinal (D)	m	Diferencia entre la cota más alta y la más baja de la cuenca
Pendiente media de la cuenca (P)	%	Inclinación promedio de esa superficie. Diferencia de elevación entre dos puntos (D) y dividiéndola por la distancia horizontal entre esos puntos.
Razón de relieve (Rr) <a href="#">Schumm (1963)</a>	$Rr = \frac{D}{Lc}$	Relación entre el desnivel máximo de la cuenca (D) y su longitud máxima (Lc).
Relación de relieve (R) <a href="#">Melton (1957)</a>	$R = \frac{D}{P}$	Relación entre el desnivel absoluto de la cuenca (D) y el perímetro de esta (P).

Fuente: Elaboración propia



Tabla 1c. Parámetros e índices morfométricos utilizados.

<b>Índices de intensidad fluvial, topología y longitud de la red</b>		
Relación de bifurcación (Rb) Horton (1945)	$Rb = \frac{Nu}{Nu+1}$	Relación entre el número de cauces de cualquier orden y el número de cauces de orden del siguiente orden superior.
Relación de longitud (Rl) Horton (1945)	$Rl = \frac{Lu}{Lu-1}$	Relación entre la longitud media de los segmentos de un orden dado y la de los segmentos del orden inmediato inferior.
Densidad del drenaje (Dd) Horton (1945)	$Dd = \frac{\sum Li}{A}$	Relación entre la longitud total de los cursos de agua y su área total de la cuenca.
Frecuencia de drenaje (Fd) Strahler (1964)	$Dd = \frac{\sum Li_1}{A}$	Relación existente entre el número de cauces de primer orden y el área de la cuenca.

Fuente: Elaboración propia

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Parámetros e índices morfométricos asociados a la forma y tamaño de la cuenca

El tamaño y la forma, junto con otros elementos del relieve son algunas de las propiedades morfométricas que pueden ayudar a explicar comportamientos de caudales y las crecidas, tanto atenuando o intensificando estas últimas (Gil et al., 2019).

El Área (A) es una de las métricas más importantes a considerar cuando hablamos de una cuenca y en este caso, la del río de Oro es de 3.809,5 km<sup>2</sup> considerada como grande, según Campos Aranda (1998) y en cuanto al perímetro [P], le corresponde el valor de 370,2 km. Según Gómez (2025) en su clasificación de cuencas de la provincia del Chaco, la cuenca es considerada pequeña (menos de 7.000 km<sup>2</sup>).

El cauce principal de la cuenca fue identificado teniendo en cuenta el criterio topográfico y de longitud (Senciales González, 1998), donde éste se define como aquel cuya cabecera alcanza la cota máxima y el que se encuentra más alejado del nivel de base. El río de Oro es un curso que discurre en el sentido general de la pendiente de la región que tiene dirección noroeste-sureste y presenta un diseño en planta que se caracteriza por tener numerosos meandros típicos de ríos de llanura, resultado de la escasa energía del relieve. La longitud del cauce principal [LCP] es de 365 km y es un parámetro que incide en el comportamiento hidrológico de las cuencas (Senciales González, 1999). Cuanto más largo es el cauce, más tiempo tardará el agua en recorrerlo, influenciando en la duración y la intensidad de los picos de crecidas. Por su parte, la longitud máxima de la cuenca en la misma orientación alcanza el valor de 148,5 km y de la relación entre este parámetro y el área se obtiene el Ancho de la cuenca [AC], que se traduce en el valor adimensional de 25,7. Este valor por sí solo no permite inferir en un comportamiento hidrológico, pero resulta útil al ser insumo para combinarlo con la longitud máxima de la cuenca para obtener el factor forma (F).

En cuanto al factor de forma (F) nos da indicios del tiempo de respuesta de la cuenca, es decir, al tiempo de recorrido de las aguas a través de la red de drenaje (Ordoñez Gálvez, 2011). Una cuenca ensanchada, caracterizada por tener un ancho relativamente grande respecto de su longitud, concentra el escurreimiento en un tiempo más corto, aumentando la susceptibilidad a crecidas rápidas. Por el contrario, una cuenca alargada, cuya longitud supera ampliamente su ancho, genera un retardo en el flujo del agua, lo que se traduce en picos de crecidas menos pronunciados y más prolongados. El valor resultante para la cuenca analizada es 0,001, coincidente con el valor obtenido por Gómez (2025) clasificándose como muy alargada.



Efectivamente, y de acuerdo con el valor obtenido se trata de una cuenca alargada que favorece una crecida lenta y sostenida del nivel de agua, es decir, baja susceptibilidad de avenidas ([Horton, 1932](#)). Valores similares se encuentran en cuencas de ambientes de llanura y escasa pendiente ([Smichowski y Contreras, 2023](#)). Por el contrario, en cuencas más ensanchadas la respuesta hidrológica puede ser diferente, sin embargo, el retardo en la concentración puede variar en función de otros factores como la pendiente, la superficie del drenaje y el control estructural ([Senciales González, 1998](#)). De manera que podemos encontrar cuencas alargadas, pero con mayores pendientes que suponen mayor susceptibilidad de crecidas repentinas como el caso de las cuencas serranas ([Gil et al., 2019](#)).

La Razón de Elongación ( $Re$ ) explica la relación del área con el cauce principal que la drena ([Camino et al., 2018](#)), cuanto más alejado de 1 sea el valor de  $Re$  mayor será la elongación. Las cuencas con mayor elongación presentan un retardo en la concentración de la escorrentía a causa de la gran longitud del cauce principal y, una vez concentradas las aguas, mayor brusquedad en la crecida, principalmente en la cuenca inferior ([Campo et al., 2012](#)). El valor calculado para la cuenca es 0,4 lo que confirma su forma alargada. Valores similares y con el mismo índice fueron obtenidos para otros ambientes por [Camino et al. \(2018\)](#) en cuencas del sudoeste de Buenos Aires (entre 0,3 y 0,7), [Gil et al. \(2019\)](#) para el arroyo San Bernardo (entre 0,4 y 0,5), [Campo et al. \(2012\)](#) en dos cuencas urbanas de Ingeniero White (entre 0,3 y 0,8) y [Quiroga et al. \(2014\)](#) para la cuenca del río Avilés en Tierra del Fuego obtuvo el valor de 0,2.

Resultados semejantes han sido obtenidos mediante otros índices como el de circularidad, compacidad y alargamientos determinando que también son cuencas alargadas y, por lo tanto, tienen baja susceptibilidad a crecidas en condiciones normales de precipitaciones, tal es el caso de la cuenca del río Luján en Buenos Aires ([Riva et al., 2021](#)), la subcuenca del río Urupá en Brasil ([Boareto Vasconcelos et al., 2020](#)). En la Provincia de Corrientes, [Smichowski y Contreras \(2023\)](#), a través del índice de alargamiento, establecieron que la cuenca del río Santa Lucía posee un valor de 6,46 lo que la clasifica como muy alargada. [Gómez \(2025\)](#) determinó mediante el radio de circularidad de Miller que las cuencas del oriente chaqueño -entre ellas la cuenca del Oro- poseen valores entre 0 y 0,25 siendo consideradas oblongas y con bajo potencial de crecidas.

En general, las cuencas señaladas se ubican en ambientes de planicies, es decir, con escasas pendientes. Esto, sumado a sus formas alargadas, hace que los tiempos de concentración de la escorrentía sean de larga duración. Si bien los picos de crecida serán menos repentinos, en caso de precipitaciones intensas, las inundaciones por desbordes tendrán un impacto significativo en las urbanizaciones y actividades cercanas a los cursos de agua ([Riva et al., 2021](#)), ya que el agua tardará más en evacuar. En síntesis, se producirán crecidas graduales, pero extendidas en el tiempo ([Smichowski y Contreras, 2023](#)).

### 3.2 Parámetros e índices morfométricos vinculados al relieve

En la Figura 5 se observan valores altimétricos de la cuenca que van desde la cota mínima (48 m s.n.m.) en cercanías al río Paraguay donde se ubica la cuenca baja y la desembocadura del cauce principal, y asciende a 101 m s.n.m. en el noreste coincidiendo con el sector de la cuenca alta. El desnivel general es de 53 m lo que, en principio podría indicar una pendiente baja teniendo en cuenta la longitud que presenta la cuenca desde la naciente del curso principal hasta la desembocadura. Según [Senciales González \(1999\)](#) el valor medio de pendiente influye en la velocidad del caudal, condiciona la energía cinética y la consecuente erosividad a lo largo del cauce. En este caso, la pendiente media calculada es de 0,015 % que se traduce en una baja velocidad de la escorrentía y, en consecuencia, no favorece los procesos erosivos ([Camino et al., 2018; Smichowski y Contreras, 2023](#)).

En la Figura 6 se puede visualizar la distribución de valores de pendientes para toda la cuenca. Se aprecia que los mayores valores se ubican en torno a los cauces de los ríos y arroyos (8%-30%) y los menores corresponden a los interfluvios rondando entre 0% y 6%. Esta distribución de valores, casi imperceptible, se debe a que la mayoría de los cursos de agua poseen albardones y barrancas abruptas en algunos tramos, superando en varios sectores el valor de 30%, sin embargo, se debe advertir que la vegetación de ribera también



genera una distorsión en los valores de pendiente ya que los MDE comprenden la altura de todos los elementos de la superficie como se puede observar en la Figura 7.

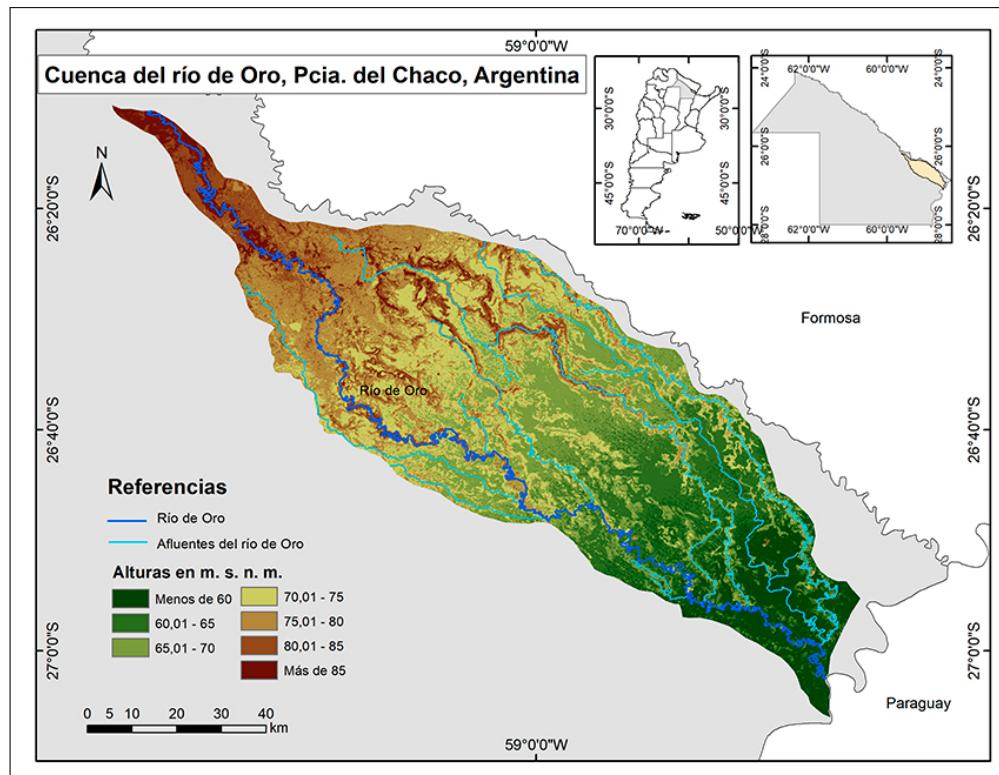


Figura 5. Mapa topográfico de la cuenca del río de Oro.

Fuente: Elaboración propia en base MDE del IGN.

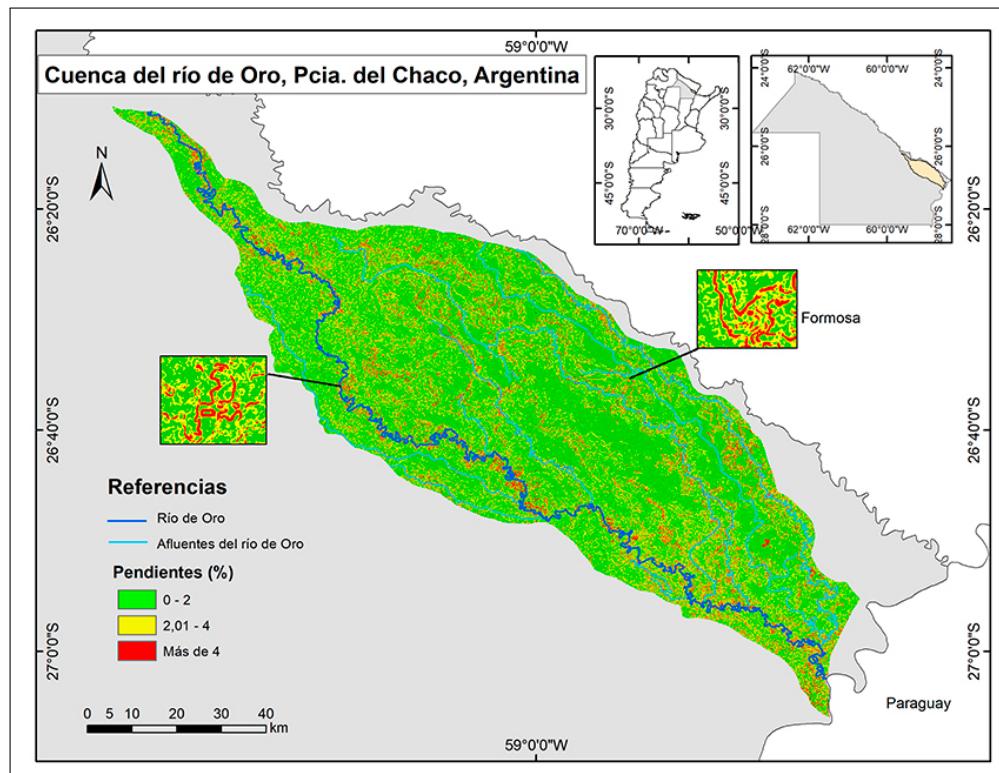


Figura 6. Mapa de pendiente () de la cuenca del río de Oro.

Fuente: Elaboración propia en base MDE del IGN.



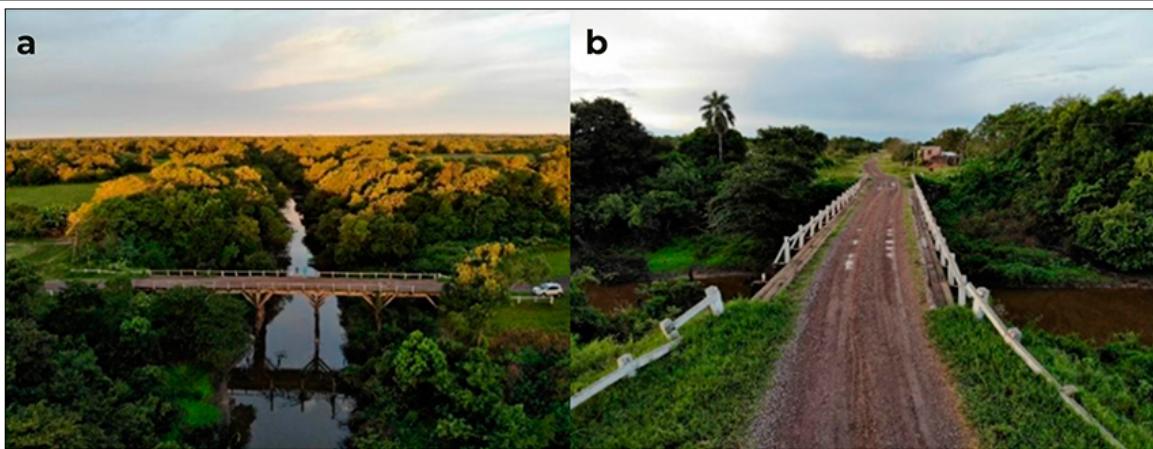


Figura 7. Las imágenes ilustran la presencia de albardones y barrancas en sectores ribereños de un tramo del río de Oro, evidenciando cómo los desniveles abruptos generan cambios marcados en la pendiente inmediata al cauce. Asimismo, se observa la densa vegetación de ribera que, además de cumplir la función ecológica clave en la protección de márgenes y regulación hídrica, introduce distorsiones en los valores de pendiente al ser captada por los MDE. Estas condiciones permiten comprender mejor la distribución espacial de las pendientes más elevadas en torno a los cursos de agua. Sin embargo, estas particularidades no inciden en el valor de pendiente general de la cuenca en el sentido noroeste-sureste.

Fuente: [Selvas del río de Oro \(2018\)](#) La Razón de relieve ( $Rr$ ) es definida como la relación entre el desnivel máximo de la cuenca y su longitud máxima (Schumm, 1956, cit. por Gil et al., 2019). Para el caso de esta cuenca el resultado es de 0,36. En tanto, la Relación de relieve ( $R$ ) es el cociente entre el desnivel absoluto de la cuenca y el perímetro de esta (Melton, 1957 cit. por Gil et al., 2019). El valor para esta cuenca es de 0,14. Ambos índices son bajos lo cual significa que las velocidades de caudales serán bajas y en consecuencia la capacidad erosiva también. Por el contrario, cuencas con mayores desniveles representan valores mayores de  $Rr$  y, en consecuencia, respuestas hidrológicas más rápidas (Ortuño-Cano y Gentili, 2023) y vinculadas a antecedentes de torrencialidad y aluviones (Esper Angillieri et al., 2016).

### 3.3. Parámetros e índices de topología y longitud de la red de drenaje

La red de drenaje se refiere a las trayectorias o la disposición que guardan entre sí los cauces dentro de una cuenca. Se genera a partir de la bifurcación de los cauces, o visto de otro modo, es la unión de infinidad de cauces la que da lugar, en una reducción progresiva del número de estos (que consigue el aumento de su energía erosiva por adición de fuerzas), a la creación de una única red de drenaje que termina en un nivel de base dado (Senciales González, 1998). Es otra característica importante en el estudio hidrográfico ya que manifiesta la eficiencia del sistema en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que desaloja la cantidad de agua que recibe. El diseño de drenaje proporciona también indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca (Ordoñez Gálvez, 2011).

La red de drenaje de la cuenca del río de Oro tiene un orden jerárquico de 4 y podemos observar que posee un diseño en planta de tipo subparalelo-dendrítico, este diseño también puede ser observado en otros ambientes donde el control estructural es más fuerte (Martínez y Díaz, 2011). Los resultados para cada orden fueron de 14 segmentos de orden 1; 10 segmentos de orden 2; 3 segmentos de orden 3 y 1 segmento de orden 4 (Figura 8). El número de orden es un indicador de la extensión y ramificación de la red de drenaje, un mayor orden se relaciona con el poder erosivo y la escorrentía. Ríos de montaña pueden alcanzar órdenes altos entre 5 y 7 (Barboza Dos Santos y Holanda Do Nascimento (2021); Rios et al., 2024; Esper Angillieri et al., 2016; Torrero, 2017), en cuencas serranas bonaerenses los valores oscilan entre 4 a 5 y también son descritas como bien ramificadas y drenadas (Camino et al., 2018). No obstante, en áreas de llanura, pero con un control estructural más acentuado pueden darse valores similares a los de cuencas de montaña (Smichowski y Contreras, 2023).



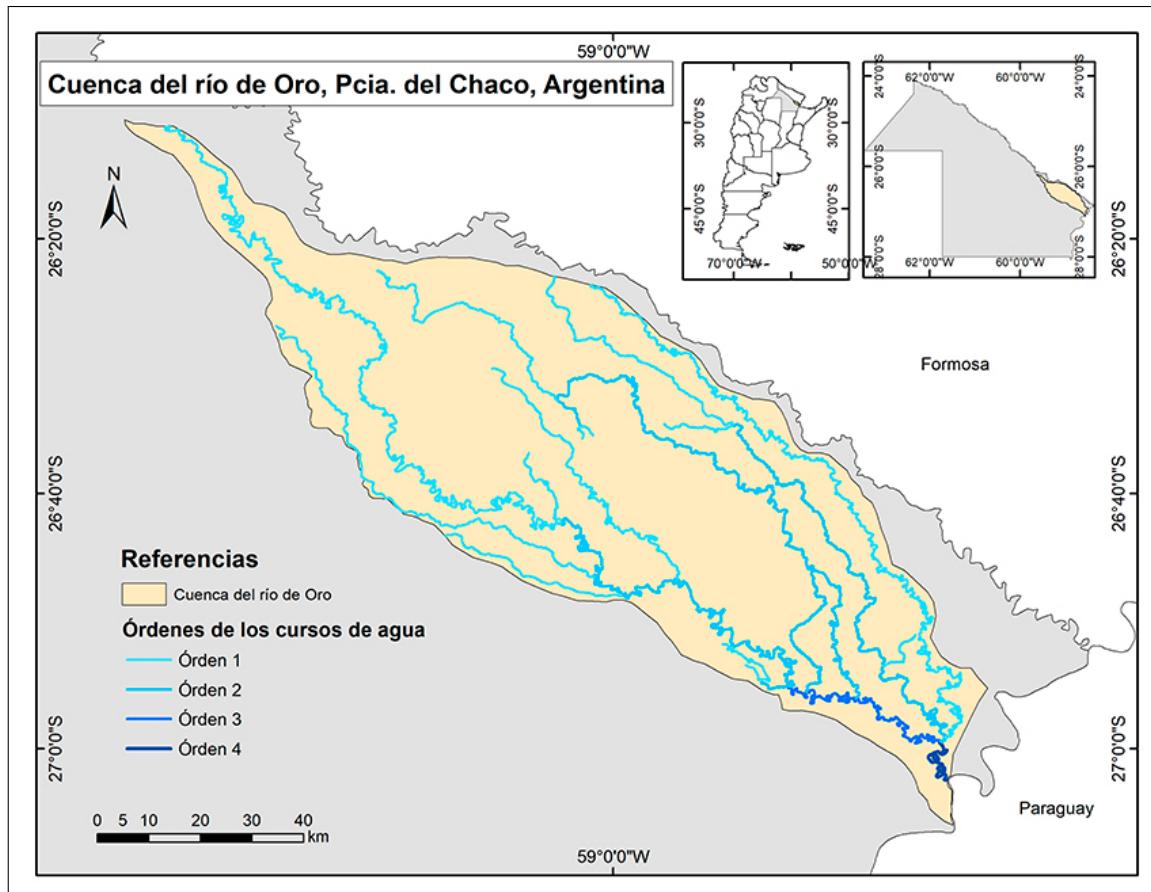


Figura 8. Mapa de órdenes de los cursos de agua.

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base de la jerarquización realizada se obtuvieron índices tales como la relación de bifurcación ( $R_b$ ) y la relación de longitud (RL) (Tabla 2). El primero de ellos relaciona el número de cauces de cualquier orden y el número de cauces de orden del siguiente orden superior. Según Senciales González (1999) los valores próximos a 2 están vinculados a cuencas con escasa energía de relieve, los valores entre 3 y 5 se vinculan con áreas montañosas con poca dependencia estructural y valores por encima de 5 indican una fuerte dependencia de las estructuras. El valor medio para la cuenca estudiada es de 2,6, en tanto que el mayor valor obtenido fue 3,3 y corresponde a la relación entre los cursos de orden 2 y 3, mientras que el mínimo fue 1,4 dado por la relación entre los cursos de orden 1 y 2. Estos valores nos indican la clara correspondencia con el relieve llano sobre el que se asienta y una red ramificada (Gil et al., 2019). Sin embargo, hay casos en cuencas de llanura muy alargadas y escasa cantidad de tributarios donde presentan valores altos de  $R_b$ , similares a los de ríos de montaña como fue detectado por Smichowski y Contreras (2023).

Tabla 2. Relación de bifurcación ( $R_b$ ).

$R_b$	$R_b$ (1-2)	$R_b$ (2-3)	$R_b$ (3-4)	Valor medio
<b><math>R_b</math></b>	1,4	3,3	3	2,6

Fuente: Elaboración propia

La RL es una métrica que muestra la relación entre la longitud media de los segmentos de un orden dado y la de los segmentos del orden inmediato inferior (Horton, 1945). Como se indica en la Tabla 3, el RL entre los cauces de órdenes 1 y 2 es 1,1, entre los de órdenes 3 y 2 es 1,2 y entre los de órdenes 4 y 3 es 0,3. Esto significa que los cauces de primer y segundo orden poseen longitudes casi similares, lo que nos muestra



un patrón ramificado en los inicios de la red de drenaje. Entre los cursos de segundo y tercer orden se observa un aumento del valor y luego, disminuye en los segmentos de tercer y cuarto orden, lo cual significa que este último es más corto y se explica por la configuración de la red subparalela que tiene la cuenca analizada.

Según [Senciales González \(1999\)](#) los valores medios oscilan entre 1,5 en aquellas cuencas en las que se incrementa poco la longitud de los cauces y 3 para las cuencas en las que los órdenes superiores presentan grandes longitudes. El valor medio para cuenca es de 0,8 con lo cual se confirma lo antes dicho. Como señalan [Smichowski y Contreras \(2023\)](#), altas relaciones de longitud ( $RL > 3$ ) revelan una concentración paulatina de caudales a lo largo del colector principal, mientras que bajas relaciones ( $RL < 3$ ) muestran mayor energía concentrada bruscamente.

En cuanto a los valores de longitud de los cauces, la mayor proporción en los cursos corresponde a los cauces de orden 1 y 2. Y en cuanto a la longitud media la mayor corresponde al orden 3 y el menor, al orden 4 ([Tabla 3](#)). Estos valores resultan ser bajos ya que no existe un aumento en las longitudes de los cauces conforme aumenta el número de órdenes y se puede explicar atendiendo la base geológica-geomorfológica donde se da el actual diseño de drenaje.

Los valores bajos de relación de longitud nos indican que en la cuenca del río de Oro la concentración de caudales debería ser brusca, sin embargo, la disminución en la longitud de los cursos conforme aumenta el orden dado la morfología alargada, extensión, la asimetría y la escasa pendiente de la cuenca genera que la concentración sea paulatina en el curso principal. De la misma forma ocurre en cuencas alargadas, pero con longitudes mayores en los órdenes superiores y dándose valores altos de  $RL$ , como ocurre con la cuenca del río Santa Lucía ([Smichowski y Contreras, 2023](#)).

Tabla 3. Relación de longitud ( $RL$ ).

<b>RL</b>	$R_L$ (2-1)	$R_L$ (3-2)	$R_L$ (4-3)	Valor medio
<b>RL</b>	1,1	1,2	0,3	0,8
<b>Longitud total de segmentos (km)</b>	654	331	53	17,8
<b>Longitud media</b>	9,6	11	13,2	4,4

Fuente: Elaboración propia

La Densidad del drenaje [Dd], según [Ordoñez Gálvez \(2011\)](#) es reflejo de la dinámica de la cuenca, de la estabilidad de la red hidrográfica y del tipo de escorrentía de superficie, así como de la respuesta de la cuenca a una precipitación. Se define como la relación entre la longitud total de los cursos de agua y su área total. El cálculo para esta cuenca es de 0,27 km/km<sup>2</sup>.

Según la clasificación de Franca (1968) cit. por [Cerignoni y Rodríguez \(2015\)](#) corresponde a una densidad baja, ambientalmente significa una cuenca de baja escorrentía. Valores bajos se asocian a cuenca que escurren sobre litologías permeables y muy permeables y, por el contrario, valores altos se asocian con materiales impermeables a nivel subsuperficial, vegetación dispersa y relieves montañosos, además de ello indica que la cuenca posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas, es decir, más rápida será la respuesta de la cuenca ante estas, evacuando el agua más rápidamente ([Lux Cardona, 2016](#); [Smichowski y Contreras, 2023](#)). Una baja Dd (menos a 0,5 km/km<sup>2</sup>) puede indicar drenajes poco eficientes, valores por encima pero menos de 3,5 corresponde a cuencas con drenaje moderado y valores mayores reflejan respuestas hidrológicas rápidas ([López Huerta et al., 2022](#)). Por lo tanto, en la cuenca analizada el agua se evaca más lentamente, lo que disminuye los picos de caudal registrados en los hidrogramas.

En cuanto a la Frecuencia del drenaje [Fd], es la relación existente entre el número de cauces de primer orden y el área de la cuenca. Se expresa en número de cauces por kilómetro cuadrado. La cuenca analizada



presenta un valor de 0,003 cauces/km<sup>2</sup>. Este valor significa que por cada kilómetro cuadrado de la cuenca hay apenas 3 metros de cauce, lo que se traduce en una red de drenaje escasa, explicada por la baja pendiente, la alta permeabilidad y cubierta vegetal. Aunque la densidad de drenaje está influenciada por el clima, la litología, las estructuras geológicas y la historia del relieve de una región, también puede servir como indicador indirecto de estos factores (Shekar y Mathew, 2023; Parea y Parea, 2011).

#### 4. Conclusiones

Sobre la base del análisis morfométrico, se puede comprender cómo las propiedades de la cuenca influyen en la velocidad y volumen del agua que circula, y por lo tanto, en la rapidez y magnitud de su respuesta ante eventos de precipitaciones intensas (Esper Angillieri et al. (2016); González de Matauco, 2004; Ortúño-Cano y Gentili, 2023).

El estudio realizado en la cuenca del río de Oro ha permitido caracterizarla como grande, alargada, de pendientes muy suaves y baja densidad de drenaje. Estas condiciones geomorfológicas generan un escurrimiento lento, sin crecidas repentinas, y explican una respuesta hidrológica atenuada ante eventos de precipitación. Los parámetros de forma y relieve -como la razón de relieve [Rr] y la relación de relieve [R]- refuerzan esta caracterización, al indicar caudales que escurren a baja velocidad y escasa capacidad erosiva, con una red de drenaje de cuarto orden, con relaciones morfométricas coherentes de cuencas de llanura.

La baja densidad de drenaje (0,27 km/km<sup>2</sup>) y la frecuencia de drenaje (0,003) evidencian un sistema hidrográfico poco desarrollado, lo que se asocia a la alta permeabilidad de los materiales litológicos presentes en la cuenca. Esta condición se confirma en los hidrogramas de las estaciones de aforo, que muestran una respuesta lenta y sostenida frente a las precipitaciones. Si bien este comportamiento atenúa las crecidas súbitas, también favorece la permanencia del agua en superficie, incrementando el riesgo de encharcamiento o inundaciones prolongadas en áreas urbanas cercanas al cauce.

Por otra parte, la relación de bifurcación media ( $R_b = 2,6$ ) revela que los caudales se integran rápidamente en los cursos de orden superior, generando una mayor concentración del escurrimiento en el tramo principal. Esta dinámica, combinada con la amplia superficie de la cuenca caracterizada por pendientes menores al 2% y cotas inferiores a los 60 m s.n.m., determina que las zonas bajas próximas al río de Oro y a las confluencias de sus afluentes de tercer y cuarto orden constituyan los sectores más susceptible a eventos de crecidas.

Los resultados obtenidos constituyen una base valiosa para el Ordenamiento Territorial y la planificación ambiental, especialmente en la región del oriente chaqueño propensa a la acumulación hídrica. Asimismo, brindan insumos claves para futuros estudios sobre el peligro de crecidas e inundaciones urbanas, el análisis de subcuencas y la relación entre geoformas locales y la dinámica hidrológica. Se destaca la necesidad de revisar y ajustar la cartografía oficial a diferentes escalas, dado que muchas veces presentan imprecisiones que afectan el trazado real de los cursos de agua.

En suma, la caracterización morfométrica de la cuenca del río de Oro no solo aporta a la comprensión hidrológica de ambientes de llanura del Chaco, sino que constituye una herramienta clave para evaluar el peligro de crecidas e inundaciones urbanas en contextos de creciente variabilidad climática.

#### Referencias bibliográficas

- Abdo, H. (2020). Envolving a total-evaluation map of flash flood hazard for hydro-prioritization based on geohydromorphometric parameters and GIS-RS manner in Al-Hussain river basin, Tartous, Syria. *Natural Hazards*, 104, 681-703. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-020-04186-3>

- Administración Provincial del Agua [APA] (2017a). *Anuario de precipitaciones: Provincia del Chaco 1956-2017*. Dirección de Estudios Básicos Administración Provincial del Agua. <http://apachaco.gob.ar/site/images/anuarios/ANUARIO%20PLUVIOMETRICO.pdf>
- Administración Provincial del Agua [APA] (2017b). *Anuario de hidrometría: Provincia del Chaco 1905-2017*. Dirección de Estudios Básicos. Administración Provincial del Agua. <http://apachaco.gob.ar/site/images/anuarios/ANUARIO%20HIDROMETRICO.pdf>
- Alves, W. S., Martins, A., Moraes, W., Pôssa, E., Moura, D. L., Santos, Ferreira, R., Nunes, N., Pereira, M. & Moreira, E. (2020). Morfometria da bacia Hidrográfica do Rio Verdinho, Sudoeste de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7), 3636-3638. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3636-3658>
- Aumassanne, C., Gaspari, F., Bege, M., Sartor, P., Oricchio, P. & Di Bella, C. (2018). Morfometria de la cuenca alta del río Colorado, Argentina. *Boletín Geográfico*, 40(1), 13-29. [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/1336/176787/CONICET/\\_Digital/\\_Nro.a5396842-e034-4bae-853f-a836bf2a2f3c/\\_B.pdf?sequence=2](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/1336/176787/CONICET/_Digital/_Nro.a5396842-e034-4bae-853f-a836bf2a2f3c/_B.pdf?sequence=2)
- Barboza Castillo, E., Chichiple, M. & Salas López, R. (2017). Comparación de los MDE ASTER y SRTM en el análisis morfométrico de la cuenca del Utcubamba (Perú). *INDES*, 3(1), 86-98. <https://doi.org/10.25127/indes.20153.136>
- Barboza dos Santos, F. & Holanda do Nascimento, F. (2021). Avaliação de parâmetros morfométricos com o uso de produtos de sensoriamento remoto: Estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Benevente, Estado do Espírito Santo, Brasil, como subsídio aos planejamentos ambiental e territorial. *GeoFocus*, 27, 95–114. <https://doi.org/10.21138/GF.646>
- Boareto Vasconcelos, T., Da Silva Marinho, D., Vendruscolo, J., Schimidt Cavalheiro, W., Marques Rodríguez, A. & Stachiw, R. (2020). Hidrogeomorfometria da sub-bacia do rio Urupá, Amazonia Occidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 12(16), 1-16. <https://revistageosig.wixsite.com/geosig/geosig-16>
- Brieva, C. (2018). *Caracterización de cuencas. PNAGUA – PE 1133022. Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológica en cuencas*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Camino, M., Bó, J., Cionchi, J., López de Armentia, A., Del Río, J. & De Marco, S. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1), 73-97. <https://www.redalyc.org/journal/3832/383257036005/383257036005.pdf>
- Campos Aranda, D. (1998). *Procesos del Ciclo Hidrológico*. Editorial Universitaria Potosina.
- Campo, A. M., Aldalur, N. B. & Fernández, S. N. (2012). Morfometria fluvial aplicada a una cuenca urbana en Ingeniero White, República Argentina. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, (77), 7-17. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-46112012000100002&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000100002&lng=es&tlang=es).
- Centro de Estudios y Desarrollo e Innovación [CEDEI] (s. f.). *Estadísticas pluviométricas – Precipitación por año hidrológico*. Gobierno del Chaco. Recuperado el 7 de septiembre de 2025, de [https://celei.produccion.chaco.gov.ar/?page/\\_id=289](https://celei.produccion.chaco.gov.ar/?page/_id=289)
- Cerignoni, F. J. & Rodríguez, V. (2015). Análisis morfométrico de la microcuenca "C" núcleo Cunha, São Paulo, Brasil. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 4, 355-366. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87641>
- Choquehuanca Huanca, A. (1999). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del Río Lucre. *Espacio Y Desarrollo*, (11), 125-145. <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/8077>
- Cruz Romero, B., Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Carrillo González, F. M., & Téllez López, J. (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 23(64), 26-34. <https://www.redalyc.org/pdf/674/674410>



39004.pdf

- Contreras, F. I., & Kowalewski, M. M. (2024). El retorno de La Niña: una amenaza socioambiental como consecuencia de la manifestación de sequías en la provincia de Corrientes. *FACEA*, 34(2), 17–31. <https://doi.org/10.30972/fac.3427905>
- Díaz Gómez, R., Gaspari, F. & Georgieff, S. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 3–19. <https://www.lillo.org.ar/revis/geo/2017/v29n1/v29n1a01.pdf>
- dos Anjos, S., Sulzbacher Haus, C., Vieira Boone, N., Johem, J., Rebelo Lima, A., Padovan de Oliveira, J., Vendruscolo, J., Schmidt Cavalheiro, W., Franco Rosell, E. & Marques Rodrigues, A. A. (2021). Hidrogeomorfometría da microbacia Rio Azul, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GeoSIG)*, 13(19), 1–20. <https://revistageosig.wixsite.com/geosig/geosig-19-2021>
- Esper Angillieri, M., Espejo, K., Lara, G., Perucca, L. & Rothis, M. (2016). Morfometría de cuencas como base en la evaluación de la susceptibilidad/peligrosidad por aluviones, caso de estudio: Cuenca del río del Agua, San Juan, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 73(4), 513–519. <https://revista.geologica.org.ar/raga/article/view/277>
- Farhan, Y., Anbar, A., Enaba, O. & Al-Shaikh, N. (2015). Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, using remote sensing and GIS. *Journal of Water Resource and Protection*, 7(6), 456-475. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2015.76037>
- Garay, D. & Agüero, J. (2018). *Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón*. INTA Ediciones. <https://es.scribd.com/document/442656489/inta-delimitacion-y-caracterizacion-de-la-cuenca-del-rio-anzulon-1>
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G. A., Delgado, M. I. & Besteiro, S. I. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGM DOMUS*, 4, 143-158. <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476>
- GGWeather (s. f.). *El Niño and La Niña Years and Intensities* [Base de datos]. Recuperado de <https://ggweather.com/enso/oni.htm>
- Gil, V. (2009). *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas* [Tesis de Doctorado en Geografía, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur]. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2069>
- Gil, V. (2011). Geomorfología fluvial de la cuenca del arroyo El Negro, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 20(1), <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/79321>
- Gil, V., Volonté, A. & Campo, A. (2019). Índices morfométricos a diferentes escalas aplicados al peligro de crecidas en cuencas pequeñas. Cuenca del Arroyo San Bernardo, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología*, 20(4). <https://doi.org/10.20502/rbg.v20i4.1598>
- Gómez, C. (2025). Delimitación y caracterización morfométrica de las cuencas hidrográficas de la provincia del Chaco, Argentina. *Cuadernos Docentes*, (11). <https://iighi.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/29/2025/04/CD-11.pdf>
- González de Matauco, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín de la A.G.E.*, (38), 311-329. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/495>
- Gregory, K. & Walling, D. (1973). *Drainage basin. Form and process: a geomorphological approach*. E. Arnold.
- Guevara Gutiérrez, R., Olgún López, J., Mancilla Villa, O. & Barreto García, O. (2019). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Ayuquila, Jalisco-México. *GeoFocus*, (24), 141-158. <http://dx.doi.org/10.21138/GF.622>



- Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions of the American Geophysical Union*, 13, 350–361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, 275-230.
- Iriondo, M. (2006). Cambios ambientales en el Chaco argentino y boliviano en los últimos miles de años. *Folia Histórica del Nordeste*, (16), 5-35.
- Jardí, M. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. *Revista de Geografía*, XIX, 41–68. <https://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/download/45789/56812>
- López Huerta, C., Marceleño-Flores, S., Nájera-González, O. & Bojórquez-Serrano, J. (2022). La morfometría como apoyo al estudio ante inundaciones en la cuenca del occidente de México. *Revista Educateconciencia*, 30(34), 25-40. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8805581>
- Lux Cardona, B. (2016). *Conceptos Básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas*. (Ponencia de Maestría en Energía y Ambiente). Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. <http://www.repository.usac.edu.gt/4482/>
- Martínez, G. & Díaz, J. (2011). Morfometría en la cuenca hidrológica de San José del Cabo, Baja California, México. *Revista Geológica de América Central*, (44), 83-100. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rgac/n44/a05n44.pdf>
- Mauro, T., Schmidt Cavalheiro, W., Stachiw, R., Vendruscolo, J., Rosa, D., Alves de Souza, L. & Fernández, I. (2019). Uso do geoprocessamento para caracterização morfométrica e desmatamento da sub-bacia do rio Rolim de Moura, Amazônia, Brasil. *Revista Geográfica Venezolana*, (Número Especial), 182-197. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46168>
- Matovelle, C. & Heras, D. (2020). Análisis comparativo de las características morfométricas de sistemas hidrográficos de la vertiente del Pacífico, Ecuador. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 28(80), 22-31. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/view/3000>
- Melton, M. A. (1957). *An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology* (Technical Reports N° 11). Office Naval Research, Geography Branch.
- Meza, J. (2019). *Fotografía del cauce en General San Martín, año 2019* [Fotografía]. Archivo personal.
- Moretto, B., Gentili, J. & Campo, A. M. (2019). Análisis morfométrico multiescalar en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto (Buenos Aires, Argentina). *Revista Huellas*, 23(2). <http://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/huellas>
- Neiff, J. (1986). Sinopsis ecológica y estado actual del Chaco oriental. *Ambiente Subtropical*, 1, 5-35.
- Ordoñez Gálvez, J. (2011). *¿Qué es una cuenca hidrológica?* (Cartilla Técnica). Sociedad Geográfica de Perú, Foro Peruano para el agua. [https://aquabook.irrigacion.gov.ar/files/upload/contenidos/10/\\_1/Ciclo/\\_Hidrológico-Peru.pdf](https://aquabook.irrigacion.gov.ar/files/upload/contenidos/10/_1/Ciclo/_Hidrológico-Peru.pdf)
- Orfeo, O. (1999). Sedimentological characteristics of small rivers with loessic headwaters in the Chaco, South America. *Quaternary International*, 62(1), 69-74. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(99\)00024-5](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(99)00024-5)
- Ortuño-Cano, M. de los Á. & Gentili, J. (2023). Análisis morfométrico de la cuenca alta del arroyo Cura Malal Grande (Argentina) aplicado a la susceptibilidad de generar crecidas fluviales. *Investigaciones Geográficas*, (66), 48-64. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2023.70111>
- Pareta, K. & Pareta, U. (2011). Quantitative morphometric analysis of a watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) data and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(1), 248–260. <https://www.indianjournals.com/view-article/ijggs-2-1-022?username=null&referrer=https://www.bing.com/>
- Popolizio, E. (1978). Génesis y evolución de las redes fluviales del Chaco Oriental. *VII Congreso Geológico Argentino, II*, 69-76. <https://icaa.gov.ar/trabajos-de-investigacion-del-ingeniero-doctor-eliseo-popolizio>



- Popolizio, E. (1986). Influencia del sistema geomorfológico en las crecientes e inundaciones del nordeste argentino. 2da parte. *Anales del Seminario Latinoamericano de Recursos Hídricos: Las inundaciones en el Cono Sur*, Buenos Aires, Argentina. <https://www.iusnoticias.com.ar/publicidad/popolizio1.pdf>
- Popolizio, E., Serra, P. Foschiatti, A. M., Medina, C. A. G., Gaborov, D. R., Leiva, C. A. y Bobadilla, R. A. (1978). Fotointerpretación aplicada al estudio de la cuenca del Río Negro (Provincia del Chaco). *Serie C. Investigación, Tomo 14*, (1). Centro de Geociencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Nordeste. <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/50500>
- Quiroga, D., Gil, V. & Coronato, A. (2014). Morfometría de la cuenca del río Avilés, Tierra del Fuego, Argentina. Aportes al conocimiento de las condiciones de escurrimiento en territorios semiáridos. *Cuaternario y Geomorfología*, 28(1-2), 61-78.
- Riva, P., Sánchez Caro, A., & Gaspari, F. (2021). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Luján, Buenos Aires, Argentina. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*, 13(21), 1-20. <https://revistageosig.wixsite.com/geosig/copia-de-geosig-21-2021>
- Rios, N., Ginesta Torcivia, C., Onorato, M., Cortez Taillant, V. & Esper Angillieri, M. (2024). Morfometría de una cuenca de los Andes Centrales, San Juan, Argentina: evaluación de los factores condicionantes del terreno a la ocurrencia de aluviones. *Andean Geology*, 51(1), 194-217. <https://doi.org/10.5027/andgeoV51n1-3441>
- Roces, C. (2013). Experiencia de investigación proyectual: Equipamiento educativo y obras complementarias. Barrio Los Silos. Gral. San Martín, Chaco. *ADNEA Revista de Arquitectura y Diseño del Nordeste Argentino*, 1(1), 97-105. [https://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/31732/RIUNNE/\\_F AU/\\_AR/\\_Roces/\\_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/31732/RIUNNE/_F AU/_AR/_Roces/_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Romero Díaz, M. & 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. <https://revistas.um.es/geografia/article/view/42391>
- Schumm, S. (1956). The evolution of drainage systems and slopes in bad lands at Perth, Amboi, New Jersey. *GSA Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67](https://doi.org/https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67)
- Schumm, S. (1963). *A tentative classification of alluvial river channels* (Circular 477, 16 pp.). Washington, DC: U.S. Geological Survey.
- Senciales González, J. (1998). El análisis morfológico de las cuencas fluviales aplicado al estudio hidrográfico. *Norba*, (10), 155-183.
- Senciales González, J. (1999). *Redes Fluviales, metodología de análisis*. Ed. Universidad de Málaga.
- Selvas del Río de Oro (2018, octubre 20). *Fotografía aérea del cauce en período seco* [Fotografía]. Facebook. <https://www.facebook.com/SelvasdelRiodeOroChaco>
- Selvas del Río de Oro (2019, abril 15). *Fotografía aérea del cauce en período húmedo* [Fotografía]. Facebook. <https://www.facebook.com/SelvasdelRiodeOroChaco>
- Shekar, P. R., & Mathew, A. (2023). Morphometric analysis of drainage basins using GIS and remote sensing techniques: A case study. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 46, 101398. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101398>
- Smichowski, H. & Contreras, F. (2023). Análisis morfométrico de la cuenca del río Santa Lucía (Corrientes, Argentina). *Revista Geográfica de América Central*, 1(70), 297-320. <https://doi.org/10.15359/rgac.70-1.11>
- Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. En V. Chow (Ed.), *Handbook of applied hydrology compendium of water-resources technology* (pp. 39–76). McGraw-Hill.
- Strahler, A. (1974). *Geografía Física*. Omega S.A.
- Tome Hernández, G. y Villareal Manzo, L. (2022). Caracterización morfométrica de la cuenca del río Huitzilac,



- Puebla, México. *Boletín Geográfico*, 44(1), 1-28. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8523565>
- Torrero, M. (2017). Hidrografía de la cuenca del Río Tecka-Gualjaina, Chubut, Argentina. *Revista Geográfica de Valparaíso*, (54), 1-12. <https://doi.org/10.5027/rgv.v0i54.a24>
- Vaccarino Pascuali, M., Manduca, F., Bizzotto, F. & Vich, A. (2012). Morfometría de cuencas ubicadas en el piedemonte mendocino de la Precordillera. *1er Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos (IFRH 2012)*, Ezeiza, Buenos Aires. [https://www.researchgate.net/publication/267961388\\_Morfometria\\_de\\_cuencas\\_ubicadas\\_en\\_el\\_piedemonte\\_mendocino\\_de\\_la\\_Precordillera](https://www.researchgate.net/publication/267961388_Morfometria_de_cuencas_ubicadas_en_el_piedemonte_mendocino_de_la_Precordillera)
- Vera, C. (2018). *Fotografía del cauce en General Vedia, año 2018* [Fotografía]. Archivo personal.
- Vera, C. (2019). *Fotografía de inundación en General Vedia, año 2019* [Fotografía]. Archivo personal.
- Yalta Meza, J., Salas López, R., Pérez Torres, R. & Quispe Chacón, S. (2014). Análisis morfométrico de las microcuencas en el ámbito de las cataratas de Gocta, Chinata y Yumbilla- El Chido, región Amazonas. *Revista Indes*, 2(2), 60-69. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/119>
- Zanandrea, J., Gaspari, F., Perdomo, S. & Laurencena, P. (2024). Morfometría de la Cuenca del Río Areco, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *AUGM DOMUS*, (11), e009. <https://doi.org/10.24215/18522181e009>