

INFLUÊNCIA DE FATORES FÍSICOS NO PADRÃO FLUVIAL E SETORIZAÇÃO DA BACIA DO CURA MALAL GRANDE (ARGENTINA)

María de los Ángeles Ortuño Cano¹
Jorge Osvaldo Gentili²

Resumo: A caracterização de uma bacia é o ponto de partida para pesquisas que gerem uma ideia global sobre o funcionamento de um sistema fluvial. O conjunto de características físico-naturais são elementares na descrição da dinâmica hídrica juntamente com a delimitação e setorização das bacias hidrográficas. O objetivo deste trabalho é analisar os fatores estruturais, litológicos, hipsométricos e de declividade da bacia do córrego Cura Malal Grande (Argentina) e sua influência na sua setorização e na estruturação de sua rede de drenagem como insumo para o estudo de sua dinâmica hidrográfica. A bacia é caracterizada por diferenças significativas em altitude e declividade. No setor distal, os fatores estruturais são os determinantes para definir a bacia média e baixa. Os tipos de gestão da água e uma zona de transição entre os dois foram associados aos setores da bacia identificados.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Inclinação; Litologia; Sistema de drenagem; Sistema Ventania.

INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS ON THE FLUVIAL PATTERN AND SECTORIZATION OF THE CURA MALAL GRANDE BASIN (ARGENTINA)

Abstract: The characterization of a basin is the starting point for research to generate a global idea about the functioning of a river system. The set of physical-natural characteristics are elementary in the description of the hydric dynamics together with the delimitation and sectorization of the hydrographic basins. The objective of this work is to analyze the structural, lithological, hypsometric and slope factors of the Cura Malal Grande basin (Argentina) and their influence on its sectorization and the structuring of its drainage network as an input for the study of its hydrographic dynamics. The basin is characterized by significant differences in elevation and slope. On the distal sector, the structural factors are the determinants to define the middle and lower basin. The types of fluvial pattern and a transitional zone between both of them were associated with the identified sectors of the basin.

Keywords: Watershed; Slope; Lithology; Drainage system; Ventania System.

¹ Departamento de Geografía y Turismo (DGyT), Universidad Nacional del Sur (UNS) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). 12 de octubre 1098 (4to piso) (B8000CTV) Bahía Blanca Argentina. maria.ortuno@uns.edu.ar

² Departamento de Geografía y Turismo (DGyT), Universidad Nacional del Sur (UNS) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). 12 de octubre 1098 (4to piso) (B8000CTV) Bahía Blanca Argentina. jogentili@uns.edu.ar

INTRODUCCIÓN

El conjunto de las características físico-naturales (tectónicas, geológicas, geomorfológicas, climatológicas, edáficas y biológicas) son elementales en la descripción de la dinámica hídrica (Bruniard, 1992). Dentro de los componentes del medio físico, el relieve es uno de los principales factores que incide en la dinámica hídrica de una cuenca hidrográfica (Díez Herrero, 2001; Elliott Munro, 2010; Gutiérrez Elorza, 2008; Pedraza Gilsanz, 1996; Senciales González, 1999). Asimismo, las formas del terreno son esenciales ya que no sólo constituyen el basamento físico de las actividades sociales, sino también un condicionante de los demás componentes de los sistemas naturales (Capitanelli, 1992).

Las variables del relieve y sus dimensiones asociadas (altitud, pendiente y orientación) tienen influencia directa sobre la morfología de la red, la densidad de drenaje, la forma de los canales y formas de modelado. A su vez, los procesos de erosión, transporte y sedimentación, que también influyen en la configuración del diseño de una red fluvial, están regulados por variables como el caudal, la pendiente, el tipo de canal, las características del material sobre el que circula el agua, etc. (Pedraza Gilsanz, 1996; Senisterra et al., 2014). Por otra parte, las formas de la superficie terrestre influyen de manera directa en el movimiento y captación del agua de lluvia en el territorio (procesos de escurrimiento e infiltración) y por esto, el análisis del mismo resulta indispensable en áreas donde los eventos de exceso hídrico (inundaciones y anegamientos) son frecuentes (Gaspari et al., 2015).

Todos los factores mencionados convergen para definir la delimitación de las cuencas hidrográficas (Pedraza Gilsanz, 1996; Elliott Munro, 2010). Existen diferentes maneras de delinear cuencas hidrográficas. Estas van desde las realizadas manualmente (Heras, 1983) hasta las ejecutadas digitalmente de forma semiautomática con las herramientas de los SIG (Garay y Agüero, 2018). Las áreas de montaña constituyen los escenarios típicos de aplicación de estos métodos y/o técnicas con morfologías que aseguran la delimitación de cuencas superficiales apreciables. Las zonas de captación, los valles, las subcuencas y las cuencas, se separan unas de otras en la línea imaginaria que recorre los puntos más altos entre ellas denominadas divisorias de las aguas (Gutiérrez Elorza, 2008; Pedraza Gilsanz, 1996; Senciales González, 1999). Sin embargo, cuando las condiciones son diferentes se definen comportamientos hidrológicos distintos con respecto a aquellos que se dan en los paisajes típicos. En las llanuras las divisorias de aguas pueden variar según la distribución espacial, magnitud y duración de los eventos de lluvia. En un ambiente caracterizado por pendientes superficiales bajas, las geoformas suaves (depresiones, elevaciones) son un determinante en el destino de las aguas (Usunoff et al., 1999; Usunoff et al., 2000); Vercelli et al., 2019).

La caracterización de una cuenca es, generalmente, el punto de partida de las investigaciones para generar una idea global sobre el funcionamiento de un sistema fluvial. Dado que el funcionamiento hidrológico de las cuencas depende de dichas características y que las de llanura son relativamente más complejas que el de aquellas con pendientes moderadas o fuertes, múltiples autores han realizado estudios sobre delimitación de cuencas fluviales que en su mayoría tienen la finalidad de describir y caracterizar las mismas. A escala internacional, Biali y Schneider (2018) para delimitar subcuencas en la cuenca hidrográfica del Prut en Rumania, tuvieron en cuenta parámetros geofísicos, meteorológicos, hidrológicos y biológicos. Zhang et al., (2020) para la delimitación de cuencas y subcuencas en la ciudad de Wuhan, China propusieron la utilización de un DEM combinado con datos

de precipitación y puntos de anegamiento para salvar los errores que pueden ocurrir en el proceso de producción del DEM. Quesada y Marsik ya en 2007 estudiaron la microcuenca Estero en Costa Rica a partir del análisis de indicadores físicos y geográficos. En Colombia, Rojas Ochoa (2019) delimitó la cuenca del río Bitá a partir de modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica partiendo de la falta de información cartográfica precisa y de las características topográficas de una zona predominantemente plana. Meléndez de la Cruz (2019) analizó los diferentes criterios técnicos que contribuyen a identificar y delimitar cabeceras de cuencas hidrográficas y los aplicó al caso de las cuencas de los ríos Acarí y Grande en Perú. Mendes (2018) utilizó la herramienta TauDEM para la delimitación automática de la cuenca de llanura del río Santo Antonio en Brasil. En el mismo país Ficher et al. (2019) utilizaron diferentes técnicas en la delimitación de una cuenca fluvial ubicada en regiones de transición de relieve: Meseta y Depresión de San Francisco y la Sierra de Espinhaço en Minas.

En Argentina, existen múltiples estudios en torno a las cuencas de montaña o serranas así como también sobre la complejidad de estudiar cuencas de llanura. Por un lado, Doffo y Bonorino (2005) realizaron un análisis estadístico de los principales parámetros morfométricos en la cuenca del arroyo Las Lajas en las sierras de Córdoba. Ybarra Alcaráz, Gil, y Campo (2018) identificaron y definieron las características hidrogeomorfológicas de la cuenca del arroyo Casa de Piedra (Río Negro), a través de las variables del relieve. Garay y Agüero (2018) realizaron la delimitación hidrográfica de la cuenca del río Azulón en las Sierras de los Llanos (La Rioja) mediante la utilización de modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica. Por otro lado, en la provincia de Buenos Aires se encuentran numerosos estudios vinculados a la delimitación, dinámica y el funcionamiento de cuencas de llanura. Badano (2010) describió una metodología de modelación hidrológica distribuida, integrada y continua adaptada para la simulación de cuencas de llanura y la aplicó para la región Noroeste de la cuenca del río Salado. Al mismo tiempo, Gómez et al. (2017), en el norte de la cuenca del río Salado (subregión A1), concluyeron que es posible delimitar con mayor precisión una cuenca hidrográfica y su sistema de drenaje superficial en áreas de llanura a partir del detalle de las características topográficas de una zona con modelos digitales de elevación globales ajustados geodésicamente con datos de campo. Lima et al. (2012) evalúan las técnicas y los procesos que se emplean para la geomodelación en cuencas de llanura y lo aplican a la cuenca del arroyo Dulce. García et al. (2018) trabajaron sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura, su delimitación y la relación con los usos del suelo y las precipitaciones.

En el suroeste de la provincia de Buenos Aires, diversos autores estudiaron las cuencas que surgen del Sistema de Ventania. Muchas de estas presentan en sus nacientes características de cuencas típicas de sierras o montañas y en sus desembocaduras características de cuencas de llanura. Campo de Ferreras (1999), Geraldi (2009), Gil (2010), Gentili (2012), Casado (2013), Volonté (2017) realizaron estudios integrales de diferentes cuencas hidrográficas pertenecientes al Sistema de Ventania con un abordaje geográfico. En dichos estudios, se aborda la descripción de cada una de las cuencas teniendo en cuenta parámetros geológicos, geomorfológicos, climatológicos y topográficos como primer aproximación al estudio de la dinámica hidrográfica.

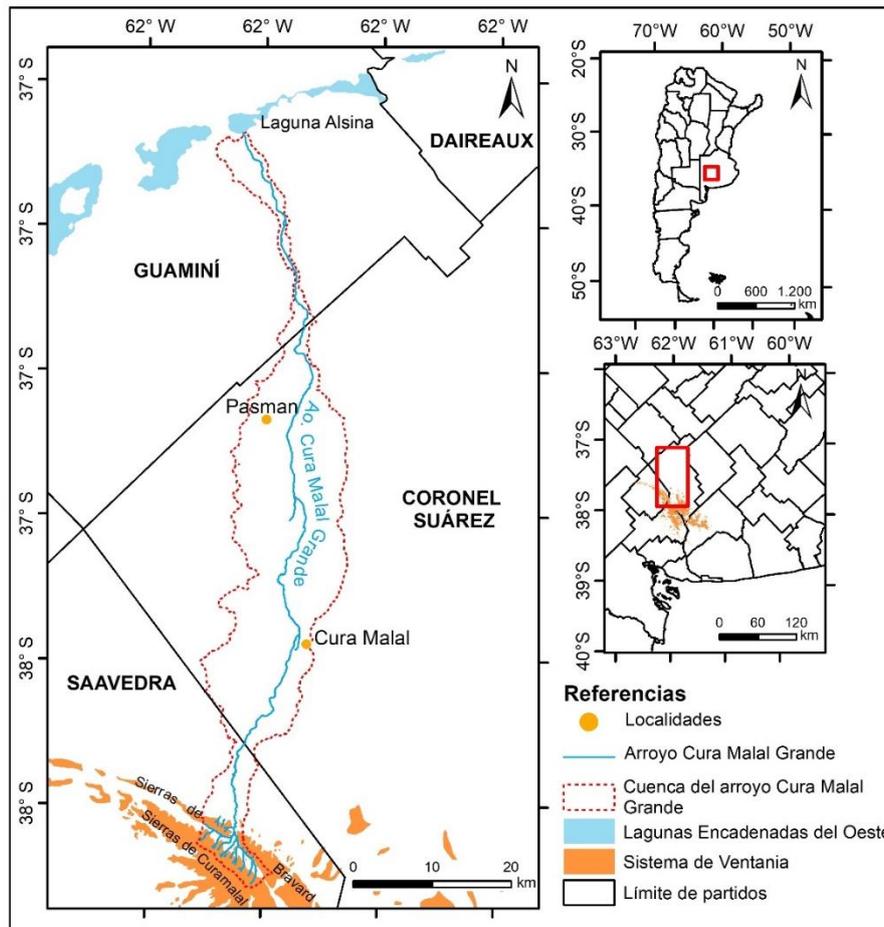
En el estudio de una cuenca fluvial, uno de los principales problemas es la ausencia generalizada de la delimitación de la misma. Sobre la vertiente norte del Sistema de Ventana se ubica el arroyo Cura Malal Grande (CMG). En dicha cuenca,

la información es escasa y los estudios desde una perspectiva sistémica son inexistentes. Los organismos de gestión del agua a nivel nacional y provincial en la mayoría de sus trabajos técnicos abordan a la vertiente norte del Sistema de Ventania como una unidad, sin diferenciar las cuencas que la componen ni las subcuencas de cada una de ellas. Sobre la parte alta de la misma la delimitación es factible de realizar ya que presenta características de las típicas cuencas serranas. Sin embargo, desde el sector medio hasta la zona baja de la misma las condiciones son diferentes y resulta necesario considerar estudios de los diversos factores que condicionan los límites de cuenca. Ante esto, el objetivo del trabajo es analizar los factores estructurales, litológicos, hipsométricos y de pendientes de la cuenca del arroyo Cura Malal Grande (CCMG) y su influencia en su sectorización y en la estructuración de su red de drenaje como insumo para el estudio de su dinámica hidrográfica. Se tratarán los aspectos fisiográficos, litológicos, estructurales y geomorfológicos que inciden en el comportamiento del agua para definir los límites CCMG y las subcuencas que la conforman. Esto resulta esencial ya que es el primer paso para contribuir al conocimiento de la dinámica hidrográfica y de los eventos de excesos hídricos (inundaciones y anegamientos) que se producen en la zona (Gentili, 2012; Moretto et al., 2018; Ortuño Cano et al., 2019), en el marco de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos.

ÁREA DE ESTUDIO

El Sistema de Ventania, localizado en la región pampeana, al suroeste de la provincia de Buenos Aires, constituye una estructura en forma de arco de unos 180 kilómetros de largo y unos 60 kilómetros de ancho, con rumbo general NO-SE (Harrington, 1947). El sector nororiental constituye la naciente de distintos arroyos que reparten sus aguas entre diversas cuencas que en su mayoría son endorreicas. Estas cuencas drenan sus aguas hacia el centro de la provincia hasta la denominada “Región Lagunera del Suroeste de Buenos Aires” (INA, 2002). El arroyo Cura Malal Grande nace en las Sierras de Bravard y Curamalal, recorre el piedemonte y la llanura pampeana para luego desembocar en la laguna Alsina. En su recorrido el arroyo atraviesa los partidos de Saavedra, Coronel Suárez, y Guaminí (Fig. 1). La población urbana del área crece a través de los censos en mayor proporción que la población rural en todos los partidos. Según el censo del año 2010, Coronel Suárez es el partido más poblado con 38.628 habitantes de los cuales el 8,84% corresponde a población rural. Cura Malal y Paskan, dos localidades que se ubican en dicho partido próximas al arroyo y dentro de la cuenca hidrográfica, presentan 95 y 165 habitantes en total respectivamente (Dirección Provincial de Estadística, 2016).

Figura 1. Área de estudio.



Fuente: Elaborado por los autores, 2022

Con respecto a las características climáticas, el suroeste bonaerense está comprendido en la franja planetaria de climas templados con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados (Campo de Ferreras, Diez, y Capelli de Steffens, 2004). A lo largo de esta faja climática se presentan variaciones espaciales en las temperaturas, con valores anuales medios entre 14 °C y 20 °C y en las precipitaciones que guardan relación con la continentalidad, exposición a los flujos dominantes, orientación de la costa, corrientes oceánicas, entre otros factores. Las lluvias, que se originan principalmente por actividad convectiva y sistemas frontales (Sarochar, Ciappesoni, y Ruiz, 2005), no se distribuyen uniformemente durante todo el año. Estudios precedentes manifiestan que el régimen de precipitaciones presentaba máximos en primavera y en otoño (Campo de Ferreras, Diez, y Capelli de Steffens, 2004). Sin embargo, estudios actuales identifican en numerosas estaciones de la región el aumento de las precipitaciones durante el verano (Casado y Campo, 2019; Gabella, Zapperi, y Campo, 2010). Localmente, el ámbito serrano genera un cambio en el comportamiento y los montos de las lluvias (Gentili y Gil, 2013). Particularmente, la presencia del Sistema de Ventania genera una sobreexcitación orográfica de las precipitaciones del orden de los 110 mm (Zapperi et al., 2007) las que a menudo son copiosas y violentas durante, a veces varias horas y/o días seguidos, y suelen provocar importantes crecientes de los ríos y arroyos en toda la zona serrana.

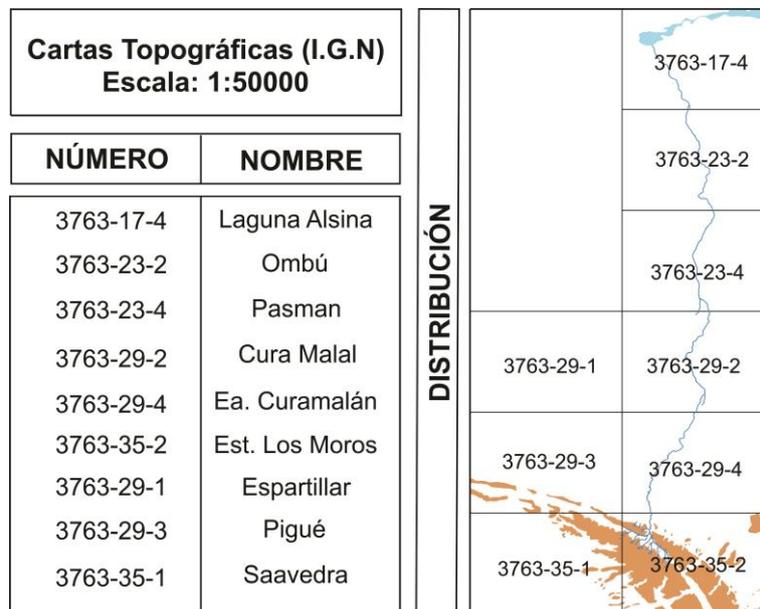
En la cuenca, los suelos pertenecen a los órdenes Molisol y Entisol principalmente (Pereyra et al., 2001). Con respecto a la vegetación, el área de estudio se encuentra en la provincia fitogeográfica Pampeana, distrito Pampeano Austral cuya vegetación climax es la estepa de gramíneas que se traduce en extensas planicies herbáceas y la casi total ausencia de árboles y arbustos (Cabrera, 1976). Las comunidades originales están reducidas y se encuentran en pequeños relictos (con tosca superficial) debido a la alteración producida por la explotación agrícola - ganadera, principal actividad económica de la zona. La agricultura se define como predominantemente triguera y en menor medida se cosecha girasol y maíz en todos los partidos. El partido de Coronel Suárez es uno de los que presentan la mayor producción de ganado bovino del suroeste bonaerense (Pereyra et al., 2001; MAGyP Subsecretaría de Ganadería, INTA y SENASA, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Según los pasos propuestos por Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista (2014), se recopiló y analizó bibliografía existente referida a la geología, geomorfología, topografía e hidrografía de la región. La cartografía base para realizar el análisis fueron las cartas topográficas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50.000, ya que constituyen los documentos cartográficos de mayor detalle con cobertura continua para el área de estudio (en la figura 2 se presenta el esquema con los nombres de las hojas I.G.N y su distribución en el espacio). La litología se analizó en función de las cartas geológicas a escala 1:200.000 de Sierra de la Ventana y Sierras de Curamalal (Harrington, 1947). Se digitalizaron las cartas topográficas y geológicas, luego se vectorizaron las curvas de nivel -con la equidistancia correspondiente a cada hoja topográfica-, los puntos acotados y las formaciones y grupos litológicos. Al mismo tiempo, la red hidrográfica se vectorizó por segmentos siguiendo el orden correspondiente al método de jerarquización de Strahler (1964). A partir de esto, se identificó el curso principal y la tipología de drenaje (Howard, 1967; Schumm, 1956; Senciales González, 1999).

A partir de la base de datos generada y haciendo uso del software ArcGIS 10 se generó un Modelo Digital del Terreno (MDT) de 12,5 m de resolución espacial a partir del cual se determinaron parámetros morfológicos como también las propiedades de la topografía. Se delimitó de forma automática la cuenca hidrográfica con la herramienta ArcHydro Tools de ArcGIS 10. En relación con el análisis de pendientes, se siguió la clasificación propuesta por Pedraza Gilsanz (1996) para describir las pendientes existentes en la cuenca alta, mientras que para una mejor identificación de las pendientes en la cuenca media y baja se modificó la clasificación, dividiendo las primeras tres categorías en siete nuevas clases de menor rango.

Figura 2. Número, nombre y distribución de las hojas topográficas 1:50.000 (I.G.N.) utilizadas para la delimitación de la cuenca hidrográfica del arroyo Cura Malal Grande.



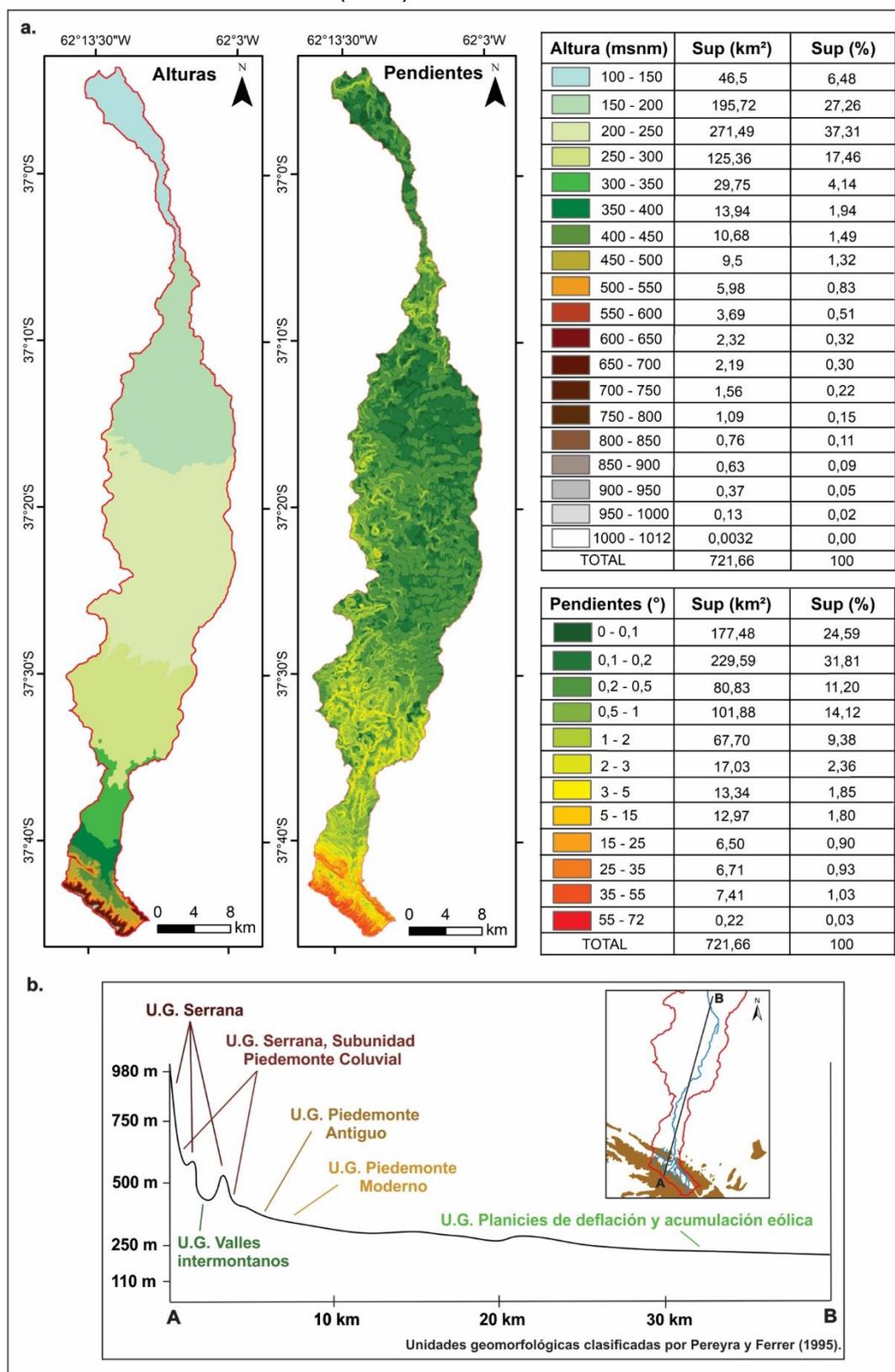
Fuente: Elaborado por los autores, 2022

HIPSOMETRÍA, PENDIENTE Y LITOLOGÍA EN LA CCMG

La cuenca del arroyo Cura Malal Grande abarca una superficie de 722 km², posee un perímetro de 325 km y presenta una forma elongada. En su extensión el arroyo atraviesa diferentes ambientes que incluyen de manera general el Sistema de Ventania, la llanura pampeana y en la desembocadura, la depresión de la cuenca de las Lagunas Encadenadas del Oeste (Pereyra, 2018). En dicho recorrido, la cuenca presenta un desnivel de 911 m entre la máxima altura en el cerro Cura Malal Grande (cuya altura en la carta topográfica analógica del IGN es de 1.015 msnm) y la desembocadura en la laguna Alsina.

En la figura 3a se puede visualizar la distribución de alturas y pendientes de la cuenca en su conjunto y en la figura 3b un esquema con las unidades geomorfológicas presentes en la cuenca y descriptas por Pereyra y Ferrer (1995). Con respecto a las alturas, el 71 % de la superficie total de la cuenca presenta valores altitudinales inferiores a 250 msnm y dicha área corresponde a la unidad geomórfica de deflación y acumulación eólica con relieve suavemente ondulado típico de planicies loésicas. Por su parte un 25 % de la superficie total de la cuenca presenta alturas entre 250 y 450 que corresponde a los ambientes del piedemonte moderno, antiguo y los valles intermontanos (en orden creciente de altitud). El sector más alto de la cuenca se encuentra por encima de los 500 msnm y correspondiente a la unidad geomórfica serrana. Las pendientes también varían de manera significativa entre áreas planas y hasta los 72 ° en la unidad geomórfica serrana. En términos generales, la cuenca se caracteriza por presentar mayor porcentaje (68 %) de pendientes bajas entre 0 ° y 0,5 °.

Figura 3. a) Hipsometría y pendientes de la CCMG y b) Unidades geomorfológicas (U.G.) en la CCMG



Fuente: Elaborado por los autores, 2022

Dadas las características de altura que presenta la parte alta de la cuenca la determinación de la divisoria de agua en el sector resulta accesible mediante los métodos clásicos de delimitación. La cuenca alta presenta una orientación aproximada SSO - NNE asociada a la pendiente regional que impone el Sistema de Ventania. El área de drenaje es de 36 km² y posee un perímetro de 30 km (Fig. 5). Las nacientes del arroyo se ubican en las Sierras de Bravard y Curamalal, que Harrington (1947) las describió como un conjunto que se caracteriza por presentar relieve abrupto y conformar cordones bien definidos con laderas de moderada a fuerte pendiente.

En estos cordones se encuentran profundos valles transversales, que provocan desniveles considerables en extensiones cortas, y "abras" que los atraviesan de lado a lado (Harrington 1947). El abra del arroyo Cura Malal Grande junto a otras que se encuentran sobre las Sierras de Bravard tienen el significado, según Harrington (1947), de valle antecedente, es decir de valles preexistentes a la aparición de la sierra como relieve orográfico. Von Gosen, Buggisch, y Dimieri (1990) consideraron al conjunto como una faja plegada y corrida en la cual se observan diferentes mecanismos de deformación. Estos cordones corresponden a un sistema de montañas de pliegues, de tectónica compleja, sin fallas importantes y que ha sufrido diversas etapas erosivas (Calmels y Andreoli, 1966; González Uriarte et al., 1988). Entre los principales procesos geomorfológicos responsables de las características del modelado actual del relieve se encuentran la acción fluvial y la remoción en masa que en conjunto han dado lugar a la formación de diferentes niveles de piedemonte (Pereyra y Ferrer, 1995).

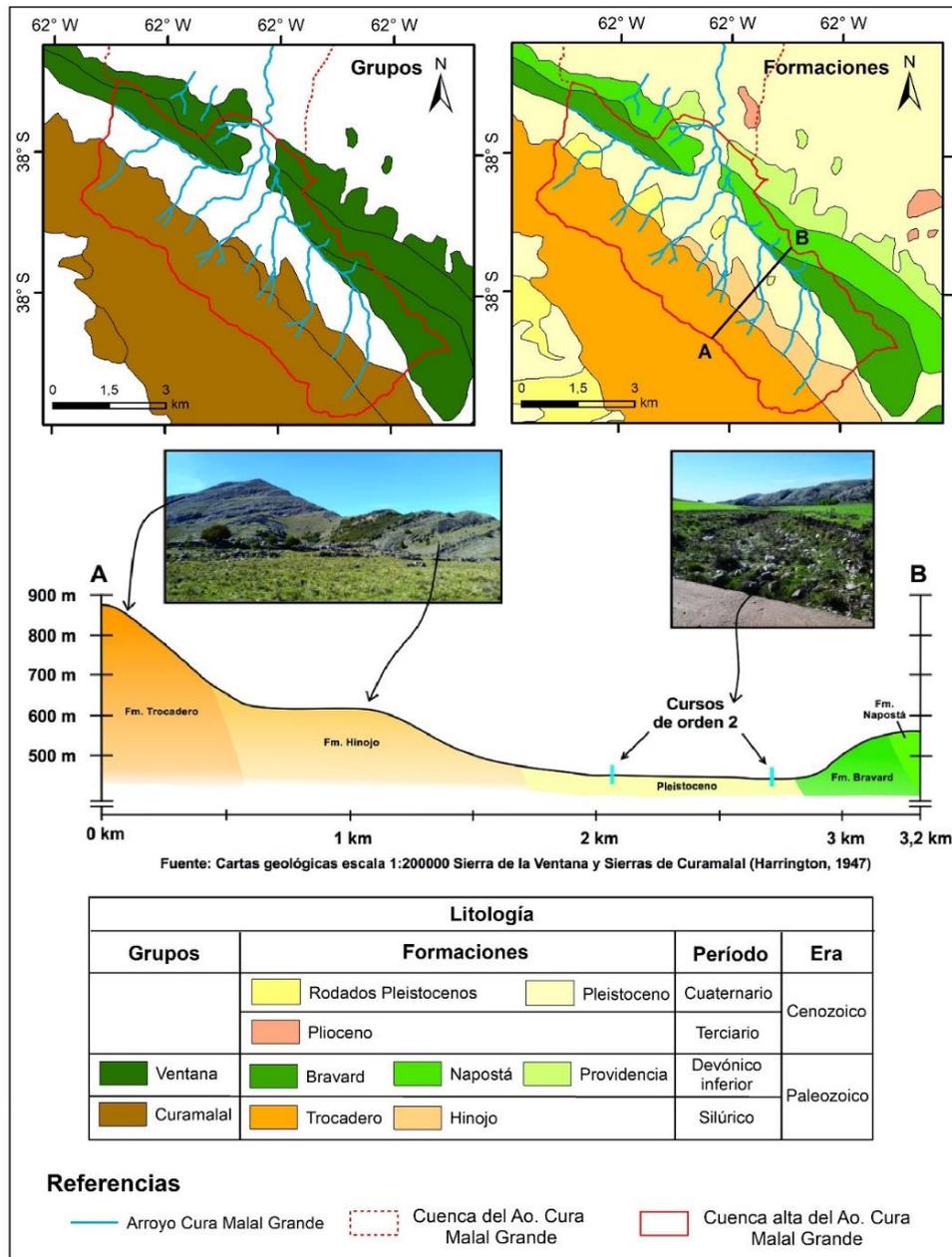
En la parte alta de la cuenca se encuentran los afloramientos rocosos. En este sector se presentan dos de los grupos litológicos descritos por Harrington en 1947 (Fig. 4). El Grupo Curamalal, que corresponde al primer evento sedimentario de la columna estratigráfica y el Grupo Ventana, que comprende las rocas que se sobreponen al grupo anterior, ambos compuestos por diversas cuarcitas de características semejantes (Sellés-Martínez, 2001). Según este último autor los atributos litológicos, la magnitud de los depósitos pefíticos basales, la abundancia de bioturbación y la proporción de pelitas, son los que varían considerablemente de un grupo al otro y establecen las diferencias. Tomezzoli (1997) diferencia al Grupo Curamalal del Grupo Ventana en base al grado de deformación que presentan.

Los pliegues afectan a toda la pila estratigráfica paleozoica y son las estructuras más frecuentes de las sierras del Sistema de Ventania en general. A estos se los asocia con zonas de cizalla dúctil y a fallas que aparecen como resultado tardío del cambio en las propiedades mecánicas de los materiales (Sellés-Martínez, 2001). La orientación regional de los ejes del plegamiento es NO-SE cambiando paulatinamente su orientación hacia el este-noroeste en el sector noroccidental de las también denominadas Sierras Australes acompañando el diseño en arco (Harrington, 1947; Suero, 1972). Harrington (1947, 1970) consideró la existencia de varios órdenes de plegamiento teniendo el de mayor tamaño unos 2 kilómetros de semilongitud de onda en las Sierras de Curamalal y Bravard. En las rocas de los Grupos Curamalal y Ventana los pliegues se caracterizan por ser asimétricos debido a que presentan un limbo normal largo con una orientación bien definida en la región y se aprecian en forma de grandes planchones (Dimieri, Delpino y Turienzo, 2005).

En cuanto a las formaciones litológicas, en la cuenca alta predominan la Fm. Trocadero del Grupo Curamalal y la Fm. Bravard del Grupo Ventana. En menor

medida también existen depósitos de rodados de diferente edad, principalmente en el valle interserrano (Fig. 4). Otro rasgo distintivo del sustrato rocoso es el nivel de fracturación que presentan. Esto resulta de gran importancia en la dinámica hídrica de la cuenca ya que, si bien no poseen porosidad o permeabilidad primaria, dada su dureza y el carácter macizo que presentan, al haber estado sometidas a procesos tectónicos de deformación se las considera como rocas con permeabilidad secundaria asociada a la presencia de fisuras (Luque, Paoloni y Bonorino, 1979).

Figura 4. Distribución de grupos y formaciones en la cuenca alta del arroyo CMG



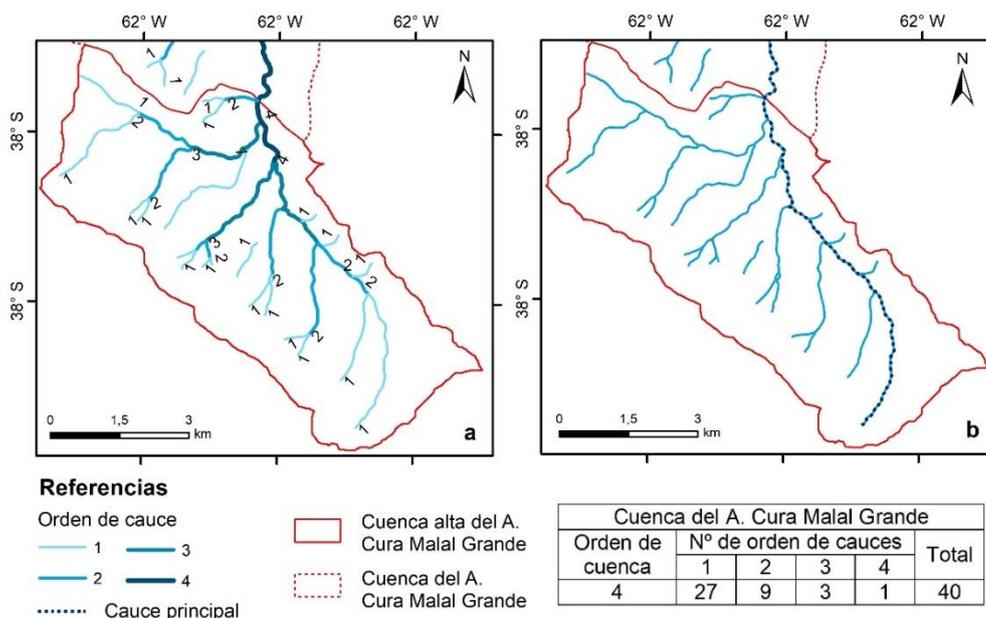
Fuente: Elaborado por los autores sobre la base de cartas geológicas escala 1:200.000 Sierra de la Ventana y Sierras de Curamalal (Harrington, 1947).

ESTRUCTURACIÓN DE LA RED HIDROGRÁFICA EN LA CCMG

En la figura 5 a se puede observar la red hidrográfica jerarquizada de la cuenca del arroyo Cura Malal Grande según el método propuesto por Strahler (1964). Se obtuvo un orden 4 de jerarquía máxima y se identificaron y contabilizaron 40 cauces de los cuales 27 corresponden al primer orden.

El patrón de drenaje se constituye en función de sistemas morfodinámicos diferentes con origen en causas climáticas, litológicas y/o estructurales (Senciales González, 1999). En la cuenca alta es posible identificar una tipología de drenaje subdendrítica según la clasificación establecida por Howard (1967), generada por la dependencia estructural que condiciona el trazado de los cursos. Se encuentra enmarcada dentro de lo que Pereyra y Ferrer (1995) denominan valles intermontanos. Este valle se desarrolla de forma paralela a los cordones serranos y su estructura/forma es el principal condicionante que junto a las pendientes pronunciadas y las estructuras geológicas presentes en el sector (pliegues, fracturas y fallas) para que los cursos de agua forman un diseño de tipo subdendrítico.

Figura 5. Red de drenaje de la cuenca alta del arroyo CMG: a) jerarquización y (b) cauce principal según criterio longitudinal.



Fuente: Elaborado por los autores, 2022

La identificación del cauce principal es variable y en algunos casos subjetiva (Senciales Gonzalez, 1999). Para su identificación se siguieron los criterios topográfico y longitudinal propuestos por Senciales González (1999). Se definió el cauce principal (115 km de extensión y altura máxima de 550 msnm) en función del parámetro longitudinal (Fig. 5 b), magnitud característica útil y de efecto importante en la respuesta hidrológica de la cuenca. La selección de este criterio se basó principalmente en la cuenca alta los elevados gradientes de pendiente ($40^\circ - 50^\circ$) y la recepción de agua de otros cauces de orden 1 y 2 que aportan agua al curso principal resultan de interés ya que se asocian a potenciales episodios de inundaciones ante la ocurrencia de precipitaciones abundantes y/o intensas.

Dadas las diferencias altimétricas en la zona serrana, los tramos de cauces de orden 1 que surgen en la vertiente nororiental de las Sierras de Curamalal (suroeste de la cuenca) no sólo son más numerosos (15 en total), sino que además se originan a mayor altura entre los 550 y 700 m. Los mismos discurren principalmente por la Fm. Trocadero (Fig. 4) que es la más potente del grupo Curamalal ya que alcanza los 800 m de espesor y está constituida por areniscas cuarcíticas de grano fino alternadas con bancos de areniscas cuarcíticas esquistas con clivaje muy desarrollado (Harrington, 1947; Suero, 1972; Tomezzoli, 1997). En promedio, los tramos presentan longitudes de 570 m y sobre ambos extremos de la cuenca en los límites sureste – noroeste se presentan cuatro tramos de mayor longitud (con extensiones que varían entre 3,30 y 1,56 km) que confluyen por el valle hasta alcanzar los 300 m para dar origen a tramos de orden 2. En el caso de las Sierras de Bravard, que se ven interrumpidas por el valle del arroyo, sobre el límite noroeste (margen izquierdo) y el noreste (margen derecho) de la cuenca, el número de tramos de orden 1 y las alturas donde se originan son mucho menores. De los 8 tramos, 2 de ellos nacen a los 500 m y los restantes a los 400 m aproximadamente. Estos tramos presentan una longitud promedio de 485 m y discurren por la Fm. Bravard y la Fm Napostá. La primera es de naturaleza arenopsefítica y está compuesta por unos 200 a 250 m de areniscas, mayormente cuarzosas hasta feldespáticas gruesas hasta conglomerádicas. La segunda es casi exclusivamente arenosa, compuesta mayormente por ortocuarzitas y areniscas cuarcíticas homogéneas (400 metros de espesor) y son rocas de grano fino a muy fino, compactas, macizas y densas (Harrington, 1947; Rossello, 2016; Suero, 1972; Tomezzoli, 1997).

Sobre ambos sectores, el 25 % de las pendientes son muy inclinadas (5° a 15°) seguidas de las pendientes escarpadas (35° a 55°) que se presentan en un 20 %. Por estas categorías de pendiente discurren los tramos de curso de orden 1. Las pendientes mayores a 55° se encuentran en un pequeño porcentaje sobre el límite suroeste de la cuenca coincidiendo con las máximas alturas. Las cuencas de mayores pendientes favorecen una escorrentía más veloz y por tanto tienden a responder más rápidamente a la precipitación, incrementando los caudales y dando lugar a inundaciones (Horton, 1945; Senciales González, 1999; Strahler, 1964). Los tramos de cauce de orden 2 que surgen de las Sierras de Curamalal discurren en el sector sureste de la cuenca (margen izquierdo) de la cuenca por la Fm Hinojo, la formación más alta del grupo Curamalal, con un espesor de entre 100 y 150 m y caracterizada por areniscas cuarcíticas de grano fino a mediano alternadas con esquistos arenoso-arcillosos blandos de color amarillento y vetas rojizas; y en el sector derecho por rodados y sedimentos pleistocénicos de edad cuaternaria (Harrington, 1947; Suero, 1972; Tomezzoli, 1997). Los tramos de segundo orden presentan mayores pendientes (entre 15° y 25°) sobre la confluencia con los tramos de orden 1 a los 500 m y disminuye de 15° a $0,5^{\circ}$ a medida que discurre por el valle interserrano hasta la conexión con el próximo tramo de orden 2 dando lugar a los de orden 3 a la altura de los 400 m. Los tramos de orden 2 que provienen de las Sierras de Bravard presentan menores alturas y pendientes que los anteriores. Las pendientes disminuyen de 5° a $0,5^{\circ}$ y la altura varían entre los 440 y 420 m.

Se contabilizaron 3 tramos de cauce de orden 3 que discurren por el valle de Curamalal sobre sedimentos cuaternarios. Este valle de desarrollo sureste-noroeste posee relieve plano o plano cóncavo y se caracteriza por una marcada asimetría (González Uriarte, 1988). Dos de los tramos de tercer orden se originan aproximadamente a los 420 m con pendientes de 2° y el del centro de la cuenca

que presenta mayor altura (475 m) y una pendiente de 6 °. Todos ellos disminuyen tanto en altura como pendiente hasta la confluencia con el tramo de orden 4 con valores de 380 m y 0,8 ° respectivamente. A partir de allí, el arroyo atraviesa el piedemonte adoptando una dirección ortogonal a las sierras para discurrir por el abra y luego por la llanura con rumbo norte hasta su desembocadura. Este sector se caracteriza por presentar relieve suavemente ondulado y un rango de alturas que varía entre los 300 m sobre la cuenca media y los 100 m en cuenca baja con pendientes prácticamente nulas. Pereyra y Ferrer (1995) manifiestan que el diseño de las redes de drenaje en esta área posee características que responden al bajo relieve relativo de la llanura pampeana así como también la presencia de una red hídrica no integrada como resultado de los bajos gradientes de pendiente. Por otra parte, en esta área, la acción eólica ha contribuido, por un lado, a la formación de extensas llanuras, y por otro, a la formación de numerosas cubetas, producto de procesos de deflación, que hoy se encuentran cubiertas por lagunas (Tricart, 1973). Finalmente, el arroyo Cura Malal Grande desemboca en el sector suroccidental de la laguna Alsina, luego de presentar un angostamiento notable (Pereyra et al., 2001).

SECTORES DE LA CCMG: DELIMITACIÓN Y ORDENAMIENTOS HÍDRICOS

El relieve y sus dimensiones asociadas permiten distinguir dos tipos de ordenamientos hídricos y una zona de transición entre ambos. La cuenca alta presenta las características de un Sistema Hidrológico Típico (SHT) mientras que la el sector más bajo de la cuenca las de un Sistema Hidrológico No Típico (SHNT) en términos de Fertonani (1978). La cuenca alta del arroyo tiene una superficie tributaria definida, componentes lineales, organizados y jerarquizados (Fig. 6 a). Ante eventos de precipitación el movimiento del agua se da mediante la transferencia de caudales de manera horizontal debido a las elevadas pendientes que se observan en el área. Al mismo tiempo, el sustrato rocoso contribuye a un retardo en la infiltración por lo que el agua precipitada escurre mayormente de forma superficial (Tricart, 1973). Por el contrario, sobre la parte baja y hasta la desembocadura del arroyo, el mismo adquiere las características de un río de llanura. En este ambiente no existe una clara divisoria de aguas y las geformas suaves junto a la escasez de pendiente juegan un papel determinante en la forma de circulación del agua por lo que la delimitación de la cuenca se torna más compleja en estos sectores (Usunoff et al., 1999; Vercelli et al., 2019). En estos casos, al no poseer un escurrimiento más o menos organizado, hasta determinada cantidad de lluvia el sistema amortigua acumulando agua, primero subterránea por infiltración y luego superficial, inundando las depresiones del paisaje. Por lo que en este sector el escurrimiento es de tipo mantiforme y existe un predominio de movimientos verticales de los excedentes hídricos, junto a procesos de infiltración y evaporación (Vázquez et al., 2011). Al mismo tiempo, la presencia de sedimentos permeables favorece la infiltración del agua en esta área (González, 1995).

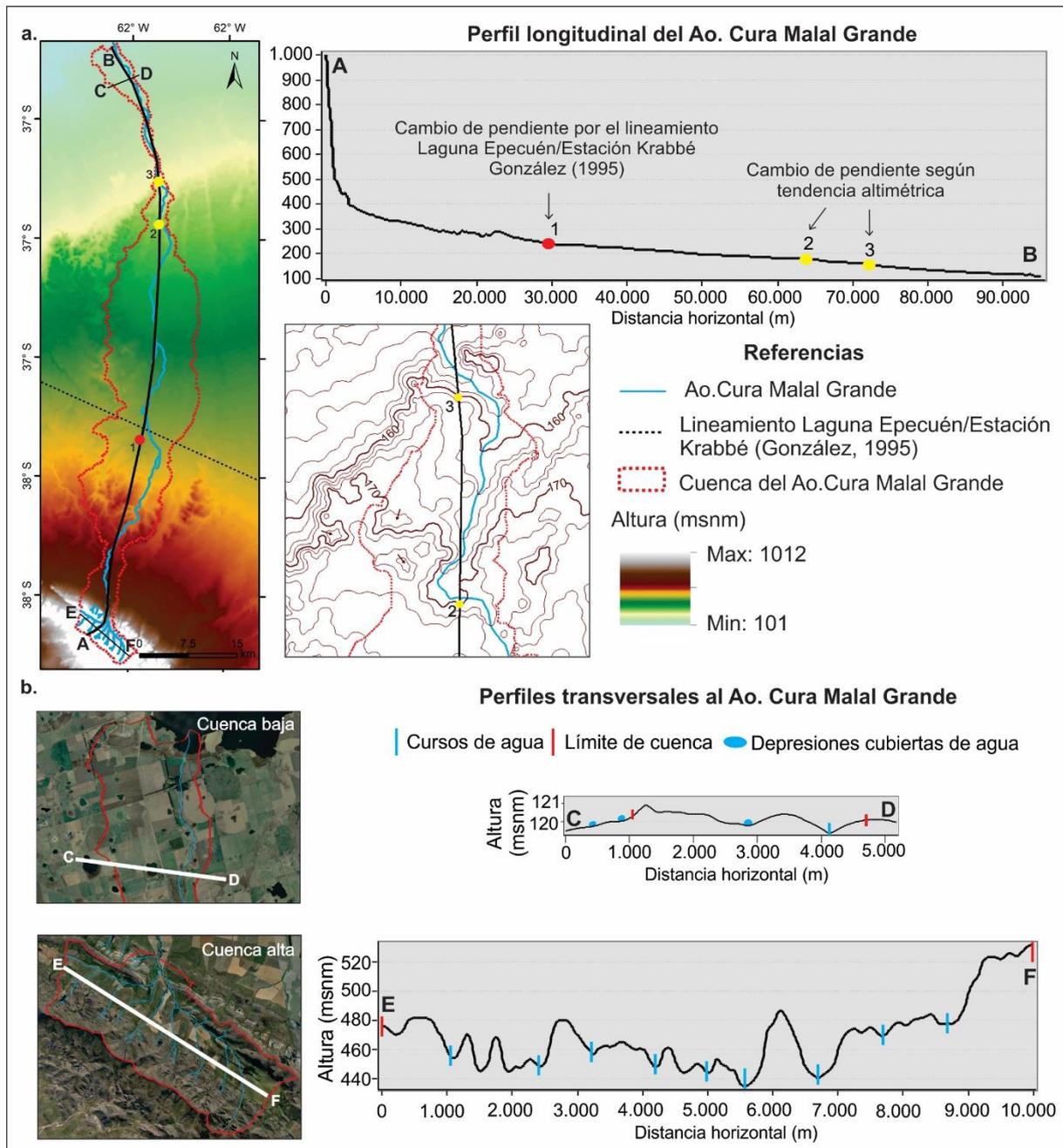
En el sector medio de la cuenca González (1995) evidenció la existencia del lineamiento Laguna Epecuén/Estación Krabbé de rumbo ONO-ESE que afecta el cambio de comportamiento de los arroyos provenientes de las sierras. Este lineamiento se ubica entre el borde SO de la laguna Epecuén y se extiende hacia el ESE hasta la laguna La Herminia, próxima a la Estación Krabbé (partido de Coronel Pringles). Según este mismo autor, es a partir de este lineamiento que la pendiente regional disminuye y los sedimentos se tornan más arenosos y más permeables.

Esto produce que los arroyos pierdan sus valles, se hagan más divagantes e inunden extensas regiones o desaparezcan por infiltración (González, 1995). Estas condiciones se evidencian en la CCMG y es de hecho a partir de las curvas de nivel de los 200 - 250 m donde se comienza a visualizar terrenos anegadizos, lagunas temporarias y depresiones anegables. Por lo que se podría afirmar que el lineamiento ubicado en el sector medio de la cuenca marca la transición entre ambos sistemas hidrológicos y por tanto la delimitación del límite entre el sector medio y bajo de la cuenca.

En la figura 6a se puede observar un perfil longitudinal (A-B) de la cuenca del arroyo Cura Malal Grande. Muestra que desde los 1.000 msnm hasta los 400 msnm las pendientes son pronunciadas. Las mismas, varían entre los 72 ° y los 15 ° y se asocian a los tramos de cauces de primero, segundo y tercer orden. A partir de los 400 msnm hasta los 250 msnm se observan pendientes que fluctúan de 5 ° a 0,5 °. Entre las cotas 250 y 200 msnm se visualiza un leve cambio de pendiente, asociado a un factor estructural, el lineamiento Laguna Epecuén/Estación Krabbé descrito por González (1995). Desde este lineamiento hasta los 150 m las pendientes observadas varían de 0,5 ° hasta los 0,1 °. A lo largo de este recorrido se identificaron dos sectores con cambios altitudinales y en el gradiente de la pendiente. La primera de ellas a los 170 m y la segunda a los 160 m (Fig. 6a). En el tramo final del arroyo se distinguen sectores con ligeros aumentos de pendientes que alcanzan valores máximos de 2 °.

Por último, se realizaron perfiles transversales al arroyo en la cuenca baja (C - D) y en la cuenca alta (E - F) (Fig. 6b). En el primer caso, se observa que las diferencias altimétricas no exceden el metro sobre la traza del perfil, por lo tanto, tampoco la presencia de un valle profundo por donde discurre el agua y esto concuerda con las características de los SHNT. La red de drenaje responde al bajo relieve relativo y a los bajos gradientes de pendientes. Al mismo tiempo, se visualiza en la imagen numerosas depresiones o cubetas (Fig. 6b). Estas depresiones ante eventos de precipitación se vuelven lagunas y cuando estas son abundantes forman cadenas y lagunas en rosario con cauces que las unen entre sí cuando los caudales aumentan lo que produce que desborden una hacia las otras y de las áreas circundantes a las mismas (Tricart, 1973). En el segundo caso, se visualiza la red tributaria ordenada y la presencia de valles definidos donde es evidente el recorrido del agua, condición característica de arroyos bien organizados (SHT). Al mismo tiempo se observan las diferencias altimétricas y de pendientes sobre los cursos de orden 1 y 2.

Figura 6. a) Factores estructurales y gradientes de pendiente en el arroyo CMG y b) Perfiles transversales al arroyo CMG sobre cuenca baja y alta.

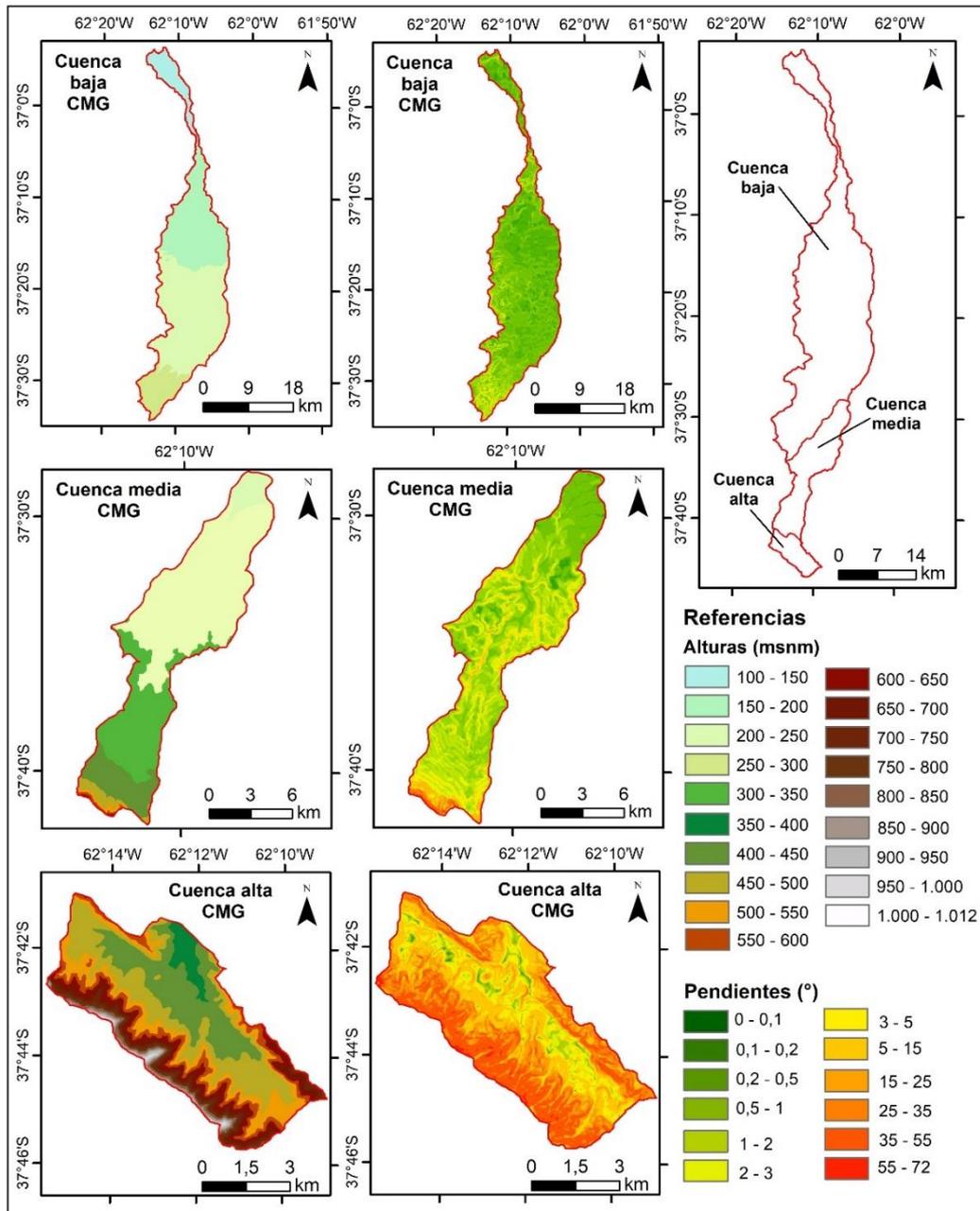


Fuente: Elaborado por los autores.

En la figura 7 se pueden observar las cuencas baja, media y alta del CMG y sus características en torno a la hipsometría y las pendientes. Analizándola en sectores, la cuenca baja representa la mayor superficie con 562 km², la cuenca media posee 123 km² y la cuenca alta 36 km². Las alturas y pendientes disminuyen de manera notoria entre la cuenca alta y la cuenca baja. El 88 % de la superficie en cuenca baja posee entre 250 y 150 msnm con pendientes en un 91 % inferiores a 1 ° mientras que sobre la cuenca alta el 50 % de la superficie de la misma se encuentra por encima de los 500 msnm hasta los 1012 msnm, que representa la máxima altura, y pendientes que varían entre 15 ° y 72 ° en un 52,5 %. Por último, en la

cuenca media el 55 % de superficie presenta alturas entre 250 y 300 msnm y un 25 % entre 300 y 350 msnm y las pendientes en un 80 % son inferiores a 1 °.

Figura 7. Hipsometría y pendientes en las subcuencas de la CCMG



Fuente: Elaborado por los autores, 2022

CONSIDERACIONES FINALES

La delimitación de cuencas hidrográficas y sus subcuencas resulta imprescindible para analizar la dinámica hidrográfica, ya que es el primer paso para abordar las problemáticas que la misma presenta. Para lograr esto se deben tener en cuenta el conjunto de factores físicos que influyen o determinan el comportamiento del agua y por tanto definen la cuenca hidrográfica.

La CCMG se caracteriza por presentar importantes diferencias altitudinales y de pendientes. El gradiente de pendiente es el factor principal que determina el movimiento del agua en la cuenca. De esta manera es sencillo determinar los límites en el sector de la cuenca alta. Sin embargo, en el sector medio y bajo además de los factores altitudinales y de pendientes entran en juego los factores estructurales que son los determinantes a la hora de definir las subcuencas media y baja.

Al mismo tiempo, cada uno de estos sectores se asociaron a diferentes ordenamientos hídricos y por lo tanto el comportamiento del agua en cada uno de ellos es diferente. En la cuenca alta el factor estructural es el principal condicionante sobre la tipología de drenaje. La misma, se comporta según las características de los SHT. Las máximas alturas y las pronunciadas pendientes coinciden con los numerosos tramos de cauce de primer orden de la red hídrica. Esto, sumado al sustrato predominante que favorece al escurrimiento superficial, evidencian la torrencialidad de la cuenca ante eventos de abundante y/o intensa precipitación que provocan el incremento de los caudales y como consecuencia la ocurrencia de inundaciones que afectan la cuenca en su conjunto. La cuenca baja del arroyo CMG se caracteriza por una casi nula diferenciación de relieve con pendientes muy bajas. Estas condiciones perjudican el escurrimiento superficial y hacen que la hidrografía presente aspectos de drenaje de tipo no integrado (SHNT). En este caso, ante la ocurrencia de excesos hídricos, el movimiento del agua es no encausado y existe un predominio de movimientos verticales (procesos de infiltración y evaporación) de los excedentes hídricos. En estos sectores, ante eventos de importantes precipitaciones, cuando la capacidad de infiltración es superada, se produce la acumulación superficial de agua en las zonas bajas dando lugar a anegamientos y a la formación de lagunas que perduran largo tiempo hasta ser evaporada. En estos sectores no se observan tampoco valles marcados, el arroyo discurre sobre la superficie sin encajonarse producto de las condiciones antes mencionadas. El sector medio de la cuenca funciona como un área de transición entre los dos sistemas hidrológicos extremos. Se identificó el límite de las subcuencas entre ambos sistemas a partir del lineamiento estructural que define el cambio de comportamiento de la red hídrica en la región y en general del movimiento del agua en toda la zona.

De esta manera, en la cuenca del arroyo Cura Malal Grande los factores estructurales, litológicos y de relieve (altitud y pendiente) influyen en la delimitación de la misma (y sus subcuencas) y en la estructuración de la red de drenaje, y por ende en el movimiento del agua durante episodios de abundantes precipitaciones. Analizar de una manera integral los factores físicos y su influencia en las cuencas hidrográficas contribuye a la comprensión de la dinámica hidrográfica en el marco de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos.

REFERENCIAS

BADANO, N. D. **Modelación Integrada de Grandes Cuencas de Llanura con Énfasis en la Evaluación de Inundaciones**. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, 2010.

BRUNIARD, E. **Hidrografía. Procesos y tipos de escurrimiento superficial**. San Isidro: CEYNE, 1992.

CABRERA, M. **Territorios fitogeográficos de la República Argentina**. Buenos Aires: Boletín de la sociedad Argentina de Botánica, 1976.

CALMELS, A. P.; ANDREOLI, S. P. **La Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires**. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur, 1966.

CAMPO DE FERRERAS, A. **Hidrografía del río Quequén Grande**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 1999.

CAMPO DE FERRERAS, A. M.; CAPELLI DE STEFFENS, A. M.; DIEZ, P. G. **El clima del suroeste Bonaerense**. Bahía Blanca: Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur,

CAMPO, A. M.; RAMOS, M. B.; ZAPPERI, P. A. **Análisis de las variaciones anuales de precipitación en el Suroeste Bonaerense, Argentina**. XII Encuentro de Geógrafos de América Latina. **Anais...**Montevideo, Uruguay: 2009.

CAPITANELLI, R. G. **Geomorfología. Procesos y formas de modelado de los terrenos**. San Isidro, Argentina: CEYNE, 1992.

CASADO, A. **Human impacts and fluvial metamorphosis. The effects of flow regulation on the hydrology, morphology and water temperature of the Sauce Grande River, Argentina**. Tesis Doctoral. Universite Blaise Pascal, France, 2013.

CASADO, A.; CAMPO, A. M. Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. **Cuadernos Geográficos**, v. 58, n. 1, p. 6–26, 2019.

DÍEZ HERRERO, A. **Geomorfología e hidrología del Río Alberche. Modelos y SIG para la gestión de riberas**. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 2001.

DIMIARI, L.; DELPINO, S.; TURIENZO, M. **Estructura de las Sierras Australes de Buenos Aires**. Geología y recursos naturales de la provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino. **Anais...**La Plata, Argentina: 2005.

DIRECCIÓN PROVINCIAL DE ESTADÍSTICA. Evolución de la población por partido y localidad censal. Período 1991-2010. **Estudios de Población de la provincia de Buenos Aires**, v. 2, n. 3, p. 95, 2016.

DOFFO, N.; BONORINO, G. G. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del arroyo Las Lajas, Córdoba: Un análisis estadístico. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 60, n. 1, p. 16–22, 2005.

ELLIOTT MUNRO, S. **El río y la forma**. Santiago, Chile: RIL editores, 2010.

FERTONANI, M. E. **Lineamientos básicos para el desarrollo de la investigación hidrológica en áreas de llanura: aspectos conceptuales y problemática**. Santa Fé: Centro Regional Litoral, Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídrica, 1978.

Ficher, K.; Pereira, D.; Almeida, A.; Oliveira J. Water Basin Delimitation in a Relief Transition Region. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, 2019.

GABELLA, J.; ZAPPERI, P.; CAMPO, A. M. **Distribución estacional de las precipitaciones en el Suroeste Bonaerense**. VIII Jornadas de Geografía Física. **Anais...**2010.

GARAY, D.; AGUERO, G. **Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón**. La Rioja: INTA Ediciones, 2018.

GARCÍA, P. E. et al. Influencia de los cambios en el uso del suelo y la precipitación sobre la dinámica hídrica de una cuenca de llanura extensa. Caso de estudio: Cuenca del Río Salado, Buenos Aires, Argentina. **Ribagua**, v. 5, n. 2, p. 92–106, 2018.

GASPARI, F. J.; SENISTERRA, G. E.; DELGADO, M. I.; RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M.; DÍAZ GOMEZ, R. **Análisis de la transformación territorial en cuencas serranas de la Provincia de Buenos Aires**. Congreso Latinoamericano de agroecología. **Anais...**La Plata, Argentina: 2015.

GENTILI, J. O. **Hidrografía del arroyo Sauce Corto aplicada al estudio de inundaciones y anegamientos**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2012.

GENTILI, J. O.; GIL, V. Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. **Revista Universitaria de Geografía**, v. 22, n. 2, p. 147–166, 2013.

GENTILI, J. O.; GIL, V.; SILVA, A. M. Anegamientos producidos por precipitaciones torrenciales Paraje “La Querencia”, provincia de Buenos Aires. **Contribuciones Científicas GAEA**, v. 22, p. 257–265, 2010.

GERALDI, A. **Estudio geoambiental de la cuenca lagunar Las Encadenadas del Oeste**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2009.

GERALDI, A.; PICCOLO, M. C.; PERILLO, G. Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos. **Investigaciones geográficas**, n. 52, p. 215–225, 2010.

GIL, V. **Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2010.

GOMEZ, M. E. et al. Modelos digitales de elevación: correcciones altimétricas para uso hidrológico en áreas de llanura. **Acta Geológica Lilloana**, v. 29, n. 1, p. 39–51, 2017.

GONZÁLEZ, M. **Diagnóstico ambiental de la provincia de Buenos Aires. Tomo I**. Buenos Aires: Banco de la provincia de Buenos Aires, 1995.

GONZÁLEZ URIARTE, M.; CARBALLO, O.; ALDACOUR, H.; CALMELS, A. **Geomorfología de la Sierra de Bravard y su piedemonte**. Actas de Segundas Jornadas de Geología Bonaerense. **Anais...**Bahía Blanca: 1988.

GONZÁLEZ URIARTE, M.; NAVARRO, E. **Caracterización Geomorfológica de la cuenca de las lagunas Encadenadas del Oeste (Provincia de Buenos Aires)**. Actas de IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. **Anais...**Junín: 1995.

GUTIÉRREZ ELORZA, M. **Geomorfología**. Madrid, España: Pearson educación, 2008.

HARRINGTON, H. J. Explicación de las Hojas Geológicas 33m (Sierra de Curamalal) y 34m (Sierra La Ventana). Provincia de Buenos Aires. **Boletín de la Dirección de Minería y Geología**, v. 61, p. 1–43, 1947.

HARRINGTON, H. J. Las Sierras Australes de Buenos Aires, República Argentina: Cadena aulacogénica. **Revista Asociación Geológica Argentina**, v. 25, n. 2, p. 151–181, 1970.

HERAS, R. **Recursos hidráulicos: síntesis, metodología y normas**. Madrid: Cooperativa de Publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1983.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. **Metodología de la investigación**. 6ta. ed. México: McGraw Hill, 2014.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological society of America bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275–370, 1945.

HOWARD, A. Drainage analysis in geologic interpretation: a simulation. **Bulletin of the American Association of Petroleum Geologist**, n. 51, p. 2246–2259, 1967.

INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA. Evaluación de las inundaciones y las obras de drenaje en la cuenca del salado (prov. Buenos Aires) mediante modelación numérica. Informe LHA 01-331-12. 2012.

LIMA, M. L.; ESCOBAR, J. F.; MASSONE, H.; MARTÍNEZ, D. Modelación geoespacial exploratoria en cuencas de llanura: caso de aplicación en la cuenca del Arroyo Dulce, Buenos Aires. **Tecnología y Ciencias del Agua**, v. 3, n. 2, p. 51–65, 2012.

LUQUE, J. A.; PAOLONI, J. D.; BONORINO, G. A. **Estudio Hidrológico e Hidrogeológico de la Cuenca del Río Sauce Grande**. Bahía Blanca: Serie Hidrológica N° 3, Departamentos de Ciencias Agrarias y Naturales, Universidad Nacional del Sur, 1979.

MINISTERIO DE AGROINDUSTRIA PRESIDENCIA DE LA NACIÓN; INTA; SENASA. **Caracterización de la Producción Bovina Buenos Aires – Corrientes – Chaco – Formosa – La Pampa**. Red de conocimiento del sector pecuario: Serie 1, p. 195, 2015.

MENDES, A. T. Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio pela ferramenta de delimitação automática TauDEM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 3, p. 973–986, 2018.

MELÉNDEZ DE LA CRUZ, J. F. La identificación de las cabeceras de cuencas hidrográficas: métodos y aplicaciones. **Investigaciones Sociales**, v. 22, n. 40, p. 111–120, 2019.

MERCAU, J. L. et al. Sequía e inundación en la hiperllanura pampeana. Una mirada desde el lote al municipio. **Rev. Agronomía y Ambiente**, v. 33, n. 2, p. 71–77, 2013.

- MORETTO, B.; ORTUÑO CANO, M. DE LOS Á.; GENTILI, J. O.; CAMPO, A. M. **Eventos de inundación en la vertiente norte del sistema de Ventania: análisis a través de la prensa escrita.** XII Jornadas Nacionales de Geografía Física. **Anais...**Trelew: 2018.
- ORTUÑO CANO, M.; GENTILI, J.; MORETTO, B.; CAMPO, A. Eventos de exceso hídrico en la prensa escrita (Sistema de Ventania, Argentina). **Boletín Geográfico**, v. 1, n. 41, p. 53–75, 2019.
- PEDRAZA GILSANZ, J. **Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones.** Madrid: Rueda, 1996.
- PEREYRA, F.; FERRER, J. **Geomorfología del flanco nororiental de las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires.** IV Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. **Anais...**Junín: Universidad Nacional de la Plata, 1995.
- PEREYRA, F. X. Geomorfología de la Provincia de Buenos Aires. **Serie Contribuciones Técnicas Ordenamiento territorial**, v. 9, p. 1–75, 2018.
- PEREYRA, F. et al. **Programa Nacional de Cartas Geológicas de la República Argentina. Carta de Línea de Base Ambiental 3763-IV Coronel Suárez 1:250.000.** Buenos Aires: Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, 2001
- ROJAS OCHOA, C. A. **Delimitación de la cuenca hidrográfica del río bita, departamento del vichada a partir de modelos digitales de elevación.** Tesis de Grado. Universidad de Manizales, 2019.
- ROSSELLO, E. A. La fracturación del borde oriental de las sierras Australes de Buenos Aires y su potencial como reservorio de fluidos en la adyacente cuenca claromencó. **Revista de la Asociación Geológica Argentina**, v. 73, n. 4, p. 493–512, 2016.
- SAROCHAR, R. H.; CIAPPESONI, H. H.; RUIZ, N. E. Precipitaciones convectivas y estratiformes en la Pampa Húmeda: una aproximación a su separación y aspectos climatológicos de ambas. **Meteorológica**, v. 30, n. 1–2, p. 77–88, 2005.
- SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597–646, 1956.
- SÉLLES-MARTINEZ, J. Geología de la Ventania. p. 43–69, 2001.
- SENCIALES GONZÁLEZ, J. **Redes fluviales. Metodología de análisis.** España: Universidad de Málaga, 1999.
- SENISTERRA, G. E.; RODRÍGUEZ VAGARÍA, A. M.; GASPARI, F. J.; MAZZUCHELLI. Aspectos morfométricos de la cuenca alta del arroyo Napaleofú, provincia de Buenos Aires-Argentina. **Revista Geográfica Venezolana**, v. 55, n. 2, p. 287–303, 2014.
- STRAHLER, A. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. In: CHOW, V., (Ed.), **Handbook of applied hydrology compendium of water-resources technology.** New York: McGraw-Hill, 1964. p. 39–76.

SUERO, T. *Compilación Geológica De Las Sierras Australes De La Provincia De Buenos Aires*. 1972.

TOMEZZOLI, R. N. **Geología y Paleomagnetismo en el ámbito de las Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires**. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, 1997.

TRICART, J. L. **Geomorfología de la Pampa Deprimida como base para los estudios edafológicos y agronómicos**. Buenos Aires: INTA, 1973.

USUNOFF, E.; VARNI, M.; WEINZETTEL, P.; RIVAS, R. Hidrogeología de grandes llanuras: la pampa húmeda argentina. **Boletín Geológico y Minero**, v. 110, n. 4, p. 391–406, 1999.

USUNOFF, E.; VARNI, M.; RIVAS, R.; WEINZETTEL, P. **Aspectos hidrogeológicos de relevancia de la llanura pampeana en el centro de la provincia de Buenos Aires, Argentina**. I Joint World Congress on Groundwater. *Anais...*2000.

VÁZQUEZ, P.; MASUELLI, S.; PLATZECK, G.; BOOLSEN, O. Recurrencia de anegamiento en la pampa deprimida, Provincia de Buenos Aires. In: RIVAS, R.; CARMONA, F.; OCAMPO, D. (Eds.). **Teledetección: Recientes aplicaciones en la Región Pampeana**. Edición 1 ed. Azul, Buenos Aires, Argentina: Editorial Martin, 2011. p. 31–46.

VERCELLI, N.; CAZENAVE, G.; HOLZMAN, M. E.; PELIZARDI, F.; ARES, M. G.; GONZÁLEZ CATELAIN, J.; DUBNY, S.; DIETRICH, S.; ZABALA, M. E. **El agua en la llanura: material de divulgación**. 1a ed. La Plata, Argentina: CONICET, Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires y Comisión de Investigaciones Científicas, 2019.

VOLONTÉ, A. **Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas. Cuenca del arroyo San Bernardo, Sistema de Ventania, Argentina**. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, 2017.

VON GOSEN, W.; BUGGISCH, W.; DIMIERI, L. V. Structural and metamorphic evolution of the Sierras Australes (Buenos Aires Province/Argentina). **Geologische Rundschau**, v. 79, n. 3, p. 797–821, 1990.

YBARRA ALCARÁZ, G. V.; GIL, V.; CAMPO, A. M. **Análisis del relieve y dinámica fluvial. Cuenca del arroyo Casa de Piedra, Río Negro, Argentina**. XII Jornadas de Investigación en Geografía "Territorio, sociedad y recursos hídricos". *Anais...*Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral, 2018.

ZAPPERI, P. A.; RAMOS, M. B.; GIL, V.; CAMPO, A. M. Caracterización de las precipitaciones estivales en el Suroeste bonaerense. **Contribuciones Científicas GAEA**, v. 19, 2007.

ZHANG, H.; CHENG, X.; JIN, L.; ZHAO, D.; FENG, T.; ZHENG, K. A Method for Dynamical Sub-Watershed Delimitating by No-Fill Digital Elevation Model. **Water (Switzerland)**, v. 20, n. 2, 2020.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco del PGI Geografía física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas témporo-espaciales (24/G078) (SGCyT-UNS).