

ESTUDIO MORFOMETRICO DE LA CUENCA DEL RIO DE LOS SAUCES, PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA.

Fernandez, Ian¹- Ambrosini, Horacio²-Andrade, Ariel³-De Miguel, Fernando²-Falcon, Carlos M⁴

- 1 Secretaria del Agua de La Rioja (IPALAR)
- 2 PAOLINI Hnos. S.A. Gerencia de H&S y M.A
- 3 UTN-FRLR- La Rioja-Tucumán, Argentina
- 4 UTN-Facultad Regional La Rioja-Tucumán

e-mail:fernandezian@live.com

Resumen: El manejo integral de las cuencas hidrográficas requiere identificar su problemática ambiental y consecuentemente establecer los lineamientos de solución pertinentes. El río Los Sauces tiene sus nacientes al norte del área de trabajo, en la parte más elevada del cordón montañoso central a unos 4.000 m.s.n.m, en su tramo superior posee escurrimiento oeste-este, corre encajonado en una profunda quebrada que evoluciona a partir de una falla del sistema transversal E-W, Esta cuenca presenta un sistema endorreico con gran desarrollo en el cordón montañoso de Las Sierras de Velasco y desagüe en las planicies orientales. La cuenca abarca un área de 1.200 km², conformada por tres subcuencas principales que desaguan en el Dique Los Sauces. El objetivo de este estudio es la caracterización morfométrica de la cuenca del río de los Sauces, ubicada en la provincia de La Rioja, con el fin de determinar su respuesta hidrológica, y señalar la influencia de los factores morfométricos en la intensificación, lo que genera datos útiles para planificación territorial. Mediante el análisis morfométrico se logra generar una descripción de las características de las redes de drenaje de una región. Los parámetros morfométricos fueron calculados con apoyo de herramientas de sistemas de información geográfica y datos de sensores remotos. La relación entre orden de los ríos, longitud media y el número de ríos, sigue tendencias geométricas. El análisis se basó en el procesamiento de datos de sensores remotos, esto permitió caracterizar las redes de drenaje de los tributarios del río de los Sauces

Palabras clave: morfometría, cuenca, SIG

AREA DE ESTUDIO

La cuenca correspondiente al río Los Sauces, se encuentra ubicada dentro del departamento Sanagasta, de la provincia de La Rioja. Esta cuenca en un sistema endorreico con gran desarrollo en el cordón montañoso de Las Sierras de Velasco y desagüe en las planicies orientales, en donde fluye por abanicos, se insume y evapora.

Esta abarca un área de 1.200 km², conformada por tres subcuencas principales que desaguan en el Dique Los Sauces.

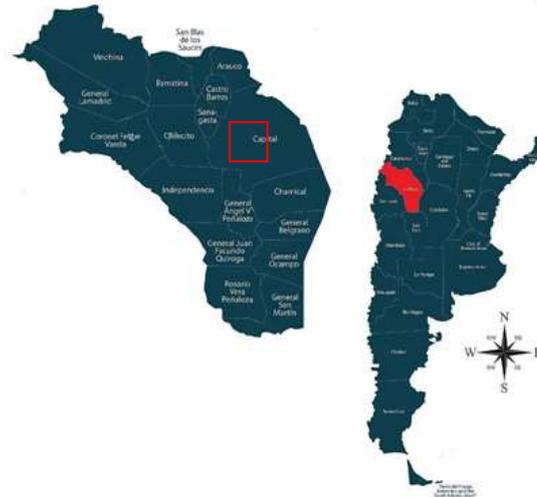


Figura 1. Ubicación del área de estudio, cuenca del Rio de Los Sauces

INTRODUCCION

El suministro de agua dulce que demanda la sociedad para usos domésticos, agrícolas e industriales depende de los caudales que se almacenan y regulan dentro de esta cuenca hidrográfica. La cuenca es reconocida como la unidad territorial más adecuada para el manejo integral de los recursos hídricos y forestales; en ella los sistemas físicos, bióticos y socioeconómico se encuentran interrelacionados (Dourojeanni, Jouravlev y Chávez, 2002). La descripción de las características geomorfológicas de una cuenca, puede obtenerse a través de técnicas morfométricas e hipsométricas.

Todas las cuencas hidrográficas forman una unidad geométrica en el espacio, por tal motivo se pueden expresar de forma numérica las propiedades y elementos que pueden servir de base para comprender su evolución y dinámica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del análisis morfométrico de la cuenca se llevó adelante utilizando un modelo digital de elevación (MDE) de 30 m de resolución espacial obtenidos de la página del Instituto Geográfico Nacional (IGN), software gis y una visita de campo. Este modelo nos aportó de información sobre la altitud de cada punto de la cuenca, a partir de los cuales se realizó su caracterización mediante una tabla de base de datos. El procesamiento de la información para delimitar la cuenca de drenaje se realizó mediante el software ArcGIS 10.4 (ESRI, 2011), haciendo uso de la herramienta Hydrology (módulo Spatial Analysis)

PARÁMETROS

Área de la cuenca

El área de una cuenca (A) es la superficie plana en proyección horizontal, encerrada por su divisoria. Se define mediante el empleo de un planímetro y se mide en km² (Campos Aranda, 1992).

Este parámetro permite comparaciones con escalas conocidas y establecer si la cuenca es de tamaño grande o chica. Si es pequeña, resultará más sensible a las lluvias intensas, de corta duración y la distribución de escurrimiento estará influenciada por las condiciones físicas del suelo y su cobertura. Por el contrario, si la cuenca es grande, tendrá un mayor efecto de almacenamiento en el cauce principal y en sus características físicas.

Tabla 1 Clasificación de cuencas. Tomado de Campos Aranda (1992).

Tamaño de la cuenca (km²)	Tipo de Cuenca
<25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Pequeña-Mediana
500 a 2500	Mediana-Grande
2500 a 5000	Grande
>5000	Muy Grande

Perímetro de la cuenca

Es la medida de longitud de una línea que une puntos desde la desembocadura del cauce principal a través de la divisoria de aguas con las cuencas adyacentes. Este parámetro se mide con un curvímetro.

Ancho de la cuenca

El ancho (W) es la relación entre el área (A) y la longitud (L) de la cuenca.

$$W = A / L$$

Largo del eje longitudinal de la cuenca

La longitud del eje se mide con un escalímetro, entre la desembocadura del cauce principal y el punto más alejado de la divisoria de aguas.

Longitud del cauce principal

La Longitud del cauce o colector principal es una magnitud característica y de efecto importante en la respuesta hidrológica, ya que es un cauce corto, los efectos de precipitación en la cuenca se harán sentir más rápido que en un cauce más largo.

Determinación del cauce principal

Para determinar este parámetro no hay un criterio único establecido para definir la importancia relativa de dos cauces que se unen en una confluencia, en el caso de tener que decidir cuál es el cauce principal y cuál es el tributario.

Sabiendo que un río es una “corriente de agua que desemboca en otro río o en el mar”, se determina que el parámetro más importante es la aportación, como *la longitud*, ya que se puede dar el caso de que haya una fuente de gran caudal en un ramal de escasa longitud desde la confluencia, y sin embargo el otro ramal continúe

su curso aguas arriba por más distancia y presentando también fuentes, no tan caudalosas, pero si más distantes en la desembocadura.

Otro parámetro que define la importancia de un río es la *superficie de la cuenca*. El nivel de jerarquización y el perfil longitudinal son los dos parámetros que mejor representan la madurez y el tipo de red de drenaje y el cauce estudiado.

En el presente trabajo está determinado cual es el curso de agua principal, que corresponde al Río Los Sauces, el cual es de mayor orden. Es el que recibe diversos afluentes de orden inferior a medida que va avanzando a través de la pendiente de la cuenca.

Índice de compacidad (kc)

Se define como la relación que existe entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de una circunferencia (Pc) de área igual al de la cuenca. Si el valor de esta relación es igual a 1, la cuenca es circular, si este valor es mayor, la cuenca es más irregular.

$$Kc = P / Pc = 0,28 * P / A$$

Factor de forma (kf)

Definido por Horton, es el cociente entre la superficie de la cuenca y el cuadrado de la longitud del cauce principal.

$$Kf = A / Lr^2$$

La forma de la cuenca está estrechamente vinculada con las características de la descarga de las aguas, sobre todo en los eventos de flujo máximo. Si el valor que se obtiene de esta relación es menor al valor límite de 0,7854, la cuenca no estará sujeta a crecientes continuas, más que una de la misma área y mayor valor del factor forma. A medida que el área aumenta, la relación A / Lr^2 disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes.

Tabla 2. Valores del Factor Forma.

Valores aproximados	Formas de la cuenca
<0,22	Muy alargada
0,22-0,30	Alargada
0,30-0,45	Ligeramente alargada
0,45-0,60	Ligeramente ensanchada
0,60-0,80	Ensanchada
0,80-1,20	Muy ensanchada
>1,20	Redondeando el desagüe

Pendiente media de la cuenca

La pendiente de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores que controlan el

tiempo de flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las crecientes.

Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce principal está relacionada con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de creciente y su capacidad de transporte de sedimentos. Este parámetro está dado por una relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, menos cota mínima) y su longitud. A mayor valor de estos dos últimos parámetros, mayor será la posibilidad de que se produzcan crecidas, ya que la capacidad de arrastre de sedimentos y la velocidad del caudal en caso de tormentas, se incrementa en cuencas con valores altos de pendientes, caso que no sucede cuando la pendiente media del cauce principal y de la cuenca presentan valores bajos, lo que producirían crecidas mucho menos violentas.

Curva hipsométrica de una cuenca

Es un gráfico que representa la variación de las elevaciones del terreno en función de las superficies acumuladas de la cuenca, e indica el porcentaje del área de drenaje que se encuentra por encima o debajo de cada altitud considerada, caracterizando en cierto modo su relieve. Esta curva hipsométrica permite calcular la altura media de la cuenca, a partir de un análisis del perfil y determinar su grado de madurez

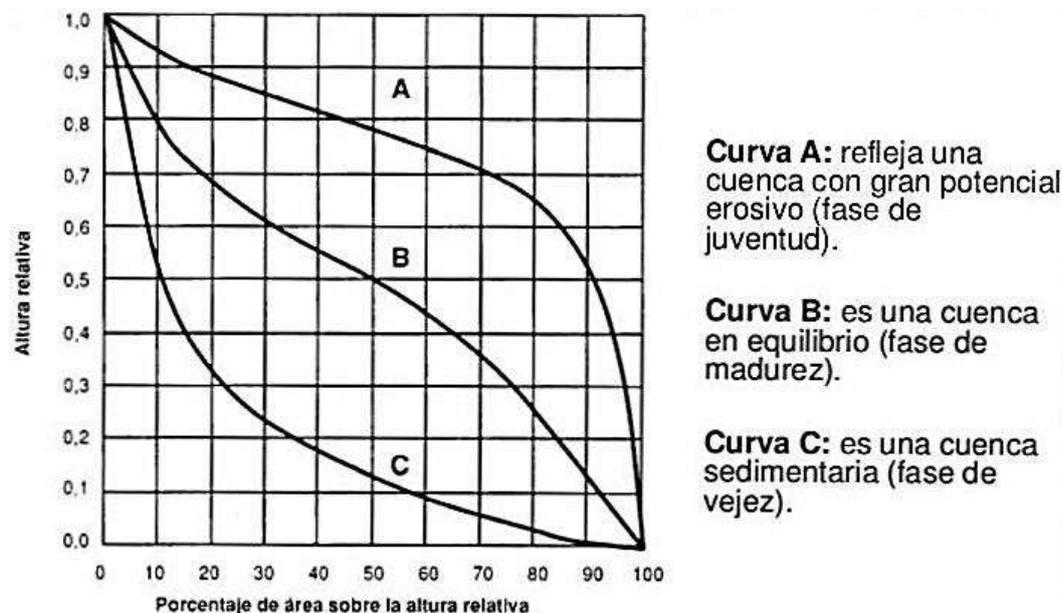


Figura 2. Curvas hipsométricas en ciclos de erosión y tipo de cuencas (extraída de Strahler, 1964).

Red de drenaje

Es el sistema de cauces de una cuenca, por el cual fluyen los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos, ya sea de manera temporal o permanente. Su importancia radica en las características de formación y velocidad

de drenado de los escurrimientos normales o extraordinarios. Además, proporciona indicios sobre las condiciones físicas del suelo y de la superficie de la cuenca.

Las principales características de la red de drenaje son el tipo de corrientes, modelo de drenajes, orden de corrientes, relación de bifurcación, densidad de drenaje y frecuencia de corrientes

- Tipo de corrientes:

Las distintas corrientes se clasifican en perennes, intermitentes y efímeras, dependiendo si su flujo o escurrimiento es constante o no, esto según sus condiciones físicas y climáticas de la cuenca.

Las corrientes que conducen agua constantemente son las perennes. Estas pueden no transmitir flujo en condiciones de sequía extremas. Las intermitentes transportan flujo la mayor parte del tiempo, pero en general en épocas de lluvia, y las corrientes efímeras solo conducen flujos de agua inmediatamente después de las lluvias.

- Número de orden de los cauces:

La clasificación del orden de los cauces que refleja el grado de ramificación o bifurcación de una cuenca.

El orden 1 designa a los cauces pequeños sin ramificación, que se originan en los bordes de las cuencas.

El orden 2 es el resultante de la unión de dos o más cursos de orden 1 y así sucesivamente hasta llegar al valor máximo del colector principal, que indica el grado de jerarquización de la cuenca.

Para la cuenca del río de Los Sauces, se llegó a determinar un número de orden 5, lo que indica la presencia de una cuenca hídrica jerarquizada y evolucionada.

- Densidad de drenaje:

Este parámetro indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca y el área total de la misma. Los valores altos de este parámetro indican que las precipitaciones influyen inmediatamente sobre las descargas de los ríos (tiempo de concentración cortos).

$$Dd = Li / A$$

- Extensión media del escurrimiento superficial de la cuenca:

Es la distancia media en la línea recta que el agua precipitada tiene que recorrer para llegar al lecho de un curso de agua a menor valor de tiempo.

$$Es = A / (4 \times Li)$$

- Frecuencia de ríos de una cuenca:

Parámetro que toma en cuenta el total de los cursos de agua con el área total de la cuenca y se expresa como el número de ríos o cauces por Km².

$$FC = Nc / A$$

- Coeficiente de Torrencialita de una cuenca:

Parámetro que indica la relación entre la altitud media y el área total de la cuenca.

$$Cm = Hm / A$$

Resultados

El factor de forma muestra cuán redondeada o alargada de la cuenca y mide la tendencia hacia crecidas rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas (Horton, 1932, p. 351)

El análisis morfométrico a partir de datos derivados de teledetección y procesamiento en SIG permite la caracterización de las redes de drenaje de los tributarios

Los datos obtenidos constituyen la base para identificar los factores que controlan la génesis y el comportamiento hidrológico de los tributarios e identificar áreas prioritarias de manejo. Los valores absolutos obtenidos para cada coeficiente son indicativos de los procesos y pueden estar subestimando algunas características particulares a escala de cuenca; sin embargo, la aplicación de criterios y metodologías comunes permiten realizar comparaciones entre las cuencas y determinar un ordenamiento escalado de los procesos y características principales.

Tabla 3. Datos morfométricos de la cuenca del río de Los Sauces (elaboración propia) obtenidos a partir de la modelación con Software ArcGis.

Morfometría de la Cuenca del Río de los Sauces		
Área	(A)	1.413 km ²
Perímetro	(P)	293 km
Longitud de la cuenca	(L)	83,5 km
Ancho de la cuenca	(W)	16,92 km
Índice de Compacidad	(Kc)	2,182
Longitud del río principal	(Lp)	104,60 km
Factor de forma	(Kf)	0,129
Pendiente de la cuenca	(Pc)	4,19 %
Cota máxima m.s.n.m.	(C _{max})	3900 m
Cota mínima m.s.n.m.	(C _{min})	400 m
Densidad de drenaje	(Dd)	0,50 km/km ²

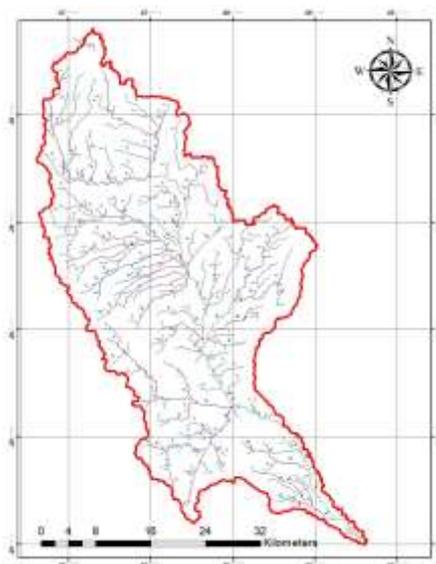


Figura 3. Formas de las cuencas.

CONCLUSIONES

Mediante la modelación realizada con el software GIS se llegó a determinar que, la cuenca del río de Los Sauces representa una cuenca hidrográfica intermedia a grande, basándose en la clasificación de cuencas de Campos Aranda, con un área aproximada de 1.413 Km². Posee una forma muy alargada e irregular con dirección NNW-SSE, limitando con las sierras de Velasco, y con un factor de forma de 0,129 y un coeficiente de compacidad (Kc) de 2,182 que estaría indicando que dicha cuenca es poco sensible a sufrir picos de grandes crecidas en lluvias de gran magnitud y de poca duración.

La cuenca solo está dominada por régimen de lluvias, ya que el aporte de vertientes es prácticamente nulo. Su cauce principal es el río de los Sauces, que discurre en dirección similar a la misma cuenca NNW-SSE. Posee una longitud total de 104,60 km y es correspondiente al orden 5, hasta alcanzar su nivel de base en el dique Los Sauces.

El escurrimiento superficial, presenta un tipo de red de drenaje detrítico, con un marcado control estructural, y con una densidad de drenaje de 0,50 km/km², es un valor relativamente bajo, que indicaría la ocurrencia de picos de crecidas bajos. Por otra parte, el caudal del río principal es efímero y solo se puede apreciar circulación superficial en épocas de mayor precipitación durante los meses de estío.

BIBLIOGRAFIA

- Campos Aranda, D. 1992. Procesos del ciclo hidrológico. Public. Universidad autónoma de San Luis de Potosí. 2da. Ed. ISBN 968-6194-44-4. México.
- Dourojeanni, A., Jouravlev, A., & Chávez, G. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. CEPAL-Serie de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, Chile: Publicación de las Naciones Unidas. ISBN: 92-1-322070-7.
- Horton, R.E. 1932. Drainage basin characteristics. Eos, Transactions. American Geophysical Union, 13(1): 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- SEGEMAR. 2017. Carta Geológica 2966-III. Provincia de La Rioja. Programa nacional de cartas geológicas de la República Argentina. Instituto de geología y recursos minerales. Buenos Aires.
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. T. Chow (Ed.). Handbook of applied hydrology pp. 439-476. New York, USA. Ed. Mc Graw Hill.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. Am Geoph. Union. Vol. 38 (VI): 913-920. USA.

<https://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/ModeloDigitalElevaciones>