

# Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón

Domingo Dolores Garay

Juan Nicolás Gabriel Agüero



# Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón

Domingo Dolores Garay

garay.domingo@inta.gob.ar

Juan Nicolás Gabriel Agüero

aguero.juan@.inta.gob.ar

Investigadores del INTA EEA La Rioja

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA

Estación Experimental Agropecuaria La Rioja

Las Vizcacheras, Ruta Nacional N° 38, km 267 - C.P.: 5380 Chamental, La Rioja

Sistemas de Información y Ordenamiento Territorial

© 2018, Ediciones INTA

Todos los derechos reservados. No se permite la reproducción total o parcial, la distribución o la transformación de este libro, en ninguna forma o medio. Ni el ejercicio de otras facultades reservadas sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes vigentes.



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación

# Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón

Domingo Dolores Garay

Juan Nicolás Gabriel Agüero

Con aporte de:

PNNAT 1128034: Soporte técnico y capacitación en procesos de ordenamiento territorial rural (OTR) -  
Coordinadora: Dra. Beatriz Liliana Giobellina

PNNAT 1128033: Sistemas de Información Territorial para la toma de decisiones a nivel local y nacional  
(SIT) - Coordinador: Lic. Néstor Alejandro Pezzola

CATRI 1233206: Estrategias de gestión de recursos ambientales, tecnológicos y sociales para el  
desarrollo sustentable del sector agropecuario Llanos Sur - PRET Llanos Sur - Coordinador: Ing. Juan  
Hugo Gallardo

Cita sugerida: Garay & Agüero (2018) Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la  
Cuenca del Río Anzulón.

### **Agradecimientos:**

A la Dra. Beatriz Liliana Giobellina, coordinadora del Proyecto Nacional Soporte técnico y capacitación en procesos de ordenamiento territorial rural (OTR).

Al Lic. Néstor Alejandro Pezzola, coordinador del Proyecto Nacional Sistemas de Información Territorial para la toma de decisiones a nivel local y nacional (SIT).

Al Ing. José Patricio Molina, Coordinador del Área de Investigación del INTA La Rioja, por su predisposición para colaborar con esta publicación.

## Índice de Contenidos

1. Resumen	1
2. Abstract	1
3. Introducción	2
4. Objetivos	2
5. Materiales y método	3
6. Resultados	8
a) Parámetros relativos a la forma de la cuenca	8
b) Parámetros relativos al relieve de la cuenca	12
c) Parámetros relativos al perfil de la cuenca	13
d) Parámetros relativos al sistema de drenaje	16
e) Otros	20
7. Conclusiones	22
8. Glosario	23
9. Páginas web	24
10. Bibliografía	25

## **Índice de Figuras**

Imagen N° 1. Ubicación geográfica del área de estudio	4
Imagen N° 2. Imagen panorámica del espejo de agua del Dique de Anzulón	5
Imagen N° 3. Sistemas de canales de conducción de agua del Dique de Anzulón	6
Imagen N° 4. Imagen satelital del área de la Cuenca del Río Anzulón	8
Imagen N° 5. Cauce principal de la Cuenca del Río Anzulón	13
Imagen N° 6. Sistema de red de drenaje de la cuenca	16
Imagen N° 7. Orden de corrientes de la red de drenaje	17
Imagen N° 8. Partes de la Cuenca del Río Anzulón	20
Imagen N° 9. Jurisdicción administrativa de la cuenca	21

## **Índice de Gráficos**

Gráfico N° 1. Perfil longitudinal del cauce principal de la cuenca	15
--	----

## **RESUMEN:**

Una cuenca hidrográfica constituye un espacio físico delimitado por la propia naturaleza y principalmente por los límites que imponen las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales convergiendo hacia un mismo punto de desagüe o de cierre.

El presente trabajo tiene como objetivos principales la delimitación hidrográfica y la caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Azulón, situada en la provincia de La Rioja.

Para ello, se utilizó como insumo básico el Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina provisto por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través del cual, y mediante los geoalgoritmos que se ejecutan bajo el entorno del software Quantum GIS 2.10, se procedió a delimitar la cuenca hidrográfica.

Los resultados principales muestran que la Cuenca del Río Anzulón ocupa una superficie aproximada de 85.800 hectáreas, con una longitud de 59 kilómetros y un desnivel altitudinal de 1.315 metros sobre el nivel del mar.

## **ABSTRACT:**

A hydrographic basin constitutes a physical space delimited by the nature itself and mainly by the limits imposed by the runoff areas of the surface waters converging towards the same point of drainage or closure.

The present work has as main objectives the hydrographic delimitation and the morphometric characterization of the Río Azulón Basin, located in the province of La Rioja.

For this purpose, the Digital Elevation Model of the Argentine Republic provided by the National Geographic Institute (IGN) was used as the basic input through which, and through geo-algorithms running under the Quantum GIS 2.10 software environment, Delimit the watershed.

The main results show that the Basin of the Anzulón River covers an area of approximately 85,800 hectares, with a length of 59 kilometers and an altitude difference of 1,315 meters above sea level.

## INTRODUCCIÓN:

Las cuencas hidrográficas son algo más que sólo áreas de desagüe en o alrededor de nuestras comunidades. Son necesarias para brindar un hábitat a plantas y animales, y proporcionan agua potable para la gente, sus cultivos, animales e industrias. También nos proporcionan la oportunidad para divertirnos y disfrutar de la naturaleza. La protección de los recursos naturales en nuestras cuencas es esencial para mantener la salud y el bienestar de todos los seres vivos, tanto en el presente como en el futuro (Villegas, 2004).

Por ello, la delimitación de cuencas hidrográficas se hace imprescindible para los análisis territoriales. A tal punto que son consideradas como la unidad del territorio fundamental para la planificación y el manejo de los recursos naturales. No obstante, uno de los principales problemas es la ausencia generalizada de una delimitación de las cuencas.

Existen diferentes maneras de delimitar o delinear cuencas hidrográficas. Maneras que van desde las realizadas manualmente hasta las que se realizan digitalmente de forma semiautomática con las herramientas de los SIG (Sistemas de Información Geográfica). Todas ellas conducen al mismo objetivo, sin embargo, la diferencia radica en la precisión; y es allí donde el método que se utilice y la información base determinarán la calidad del trabajo final.

Uno de los software que cuenta con un potente conjunto de herramientas hidrográficas es el programa QGIS, el cual permite modelar cuencas hidrográficas de forma automática a través de la superficie de un Modelo Digital de Elevación (MDE); haciendo más sencilla la laboriosa tarea de delimitar cuencas en forma manual.

La delimitación de una cuenca hidrográfica consiste en definir la línea de divortium aquarum (divisoria de aguas), la cual es una línea curva definida por las altitudes y que tiene su punto de cierre en la zona más baja de la cuenca. La longitud de la línea divisoria es el perímetro de la cuenca y la superficie que encierra dicha curva es el área.

Dicha delimitación implica una demarcación de las áreas de drenaje superficial donde las precipitaciones que caen sobre éstas tienden a ser drenadas hacia un mismo punto de salida (Instituto Nacional de Ecología de México, 2005).



La delimitación se puede hacer a partir de un MDE y a través de diversas herramientas que proporcionan los SIG. Una vez establecida dicha delimitación se puede proceder con los métodos para obtener las estimaciones correspondientes.

En general, podemos decir que una cuenca hidrográfica constituye un espacio físico delimitado por la propia naturaleza y principalmente por los límites que imponen las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales convergiendo hacia un mismo punto de desagüe o punto de cierre (Garcés Durán, 2011).

De forma simplificada, el agua de las precipitaciones que circula por una cuenca tiene tres posibles caminos a seguir: 1) evaporarse, 2) infiltrarse, y 3) correr por la superficie en función de la topografía y las pendientes (Mari et al.). En este trabajo se hace especial énfasis en el último punto.

Por su parte, la caracterización de una cuenca está dirigida fundamentalmente a cuantificar todos los parámetros que describen su estructura física y territorial. La caracterización de una cuenca se inicia con la delimitación de su territorio y continua con la obtención de “parámetros morfométricos” como la superficie, pendiente, forma, red de drenaje, etc. (Biblioteca Agroecológica FUNDESYRAM).

Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la primera se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la otra incluye, además, las aguas subterráneas (acuíferos). La delimitación del presente trabajo se realizó a partir de criterios meramente topográficos e hidrográficos (red de drenaje superficial) aplicando un método de carácter numérico y natural que sigue la dirección del drenaje del agua.

## **OBJETIVOS:**

Objetivos primarios:

1. Delimitar hidrográficamente la “Cuenca del Río Azulón” a partir de un Modelo Digital de Elevaciones.
2. Caracterizar morfométricamente la “Cuenca del Río Azulón” mediante la utilización de QGIS.

Objetivos secundarios:

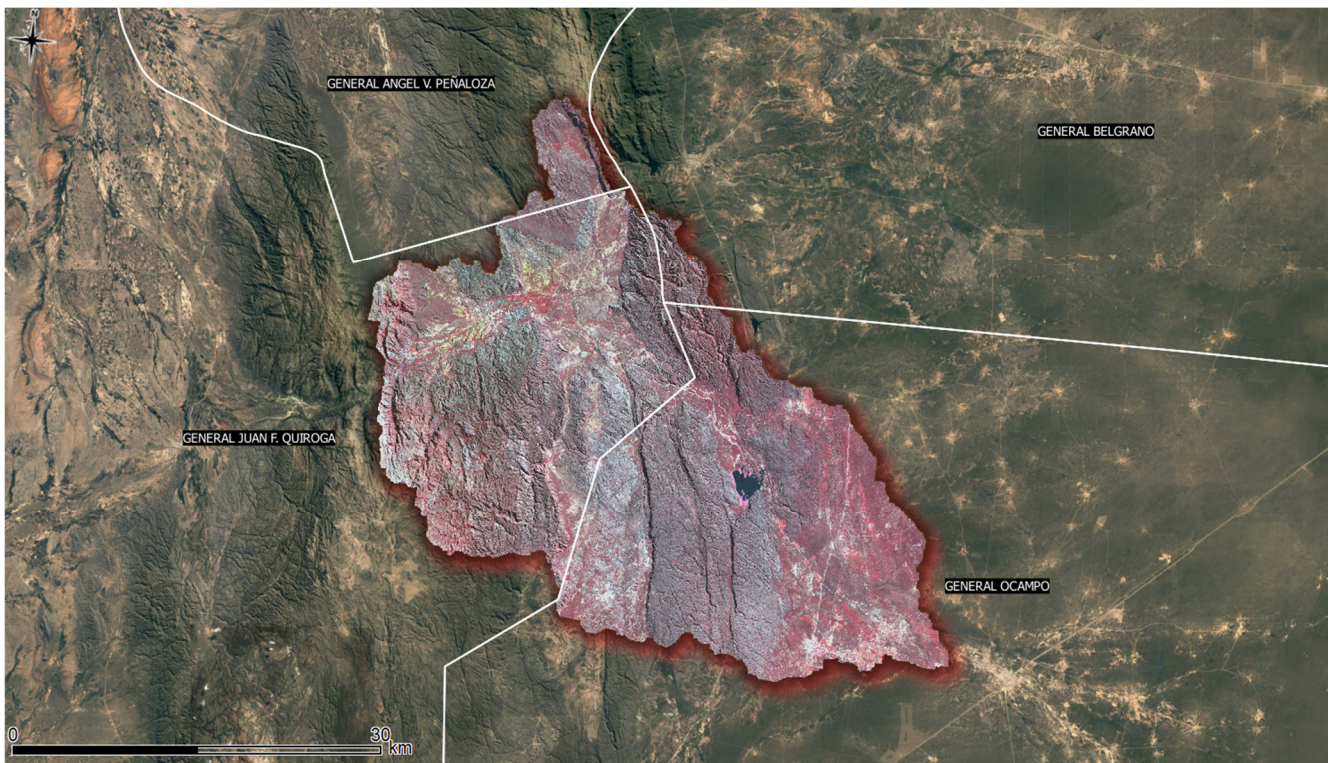
1. Determinar los parámetros relativos a la forma de la cuenca.

2. Determinar los parámetros relativos al relieve de la cuenca.
3. Determinar los parámetros relativos al perfil de la cuenca.
4. Determinar los parámetros relativos al sistema de drenaje.

### **MATERIALES Y MÉTODO:**

El área geográfica estudiada comprende principalmente territorios de los departamentos General Ocampo y Juan Facundo Quiroga, pertenecientes a la Región de Los Llanos de La Rioja.

*Figura N° 1: Ubicación geográfica del área de estudio*



La Cuenca del Río Azulón se ubica geográficamente hacia la ladera Este de las Sierras de Los Llanos, conformada por una cadena montañosa de aproximadamente 150 kilómetros de largo y con una altura máxima que ronda los 1.800 metros sobre el nivel del mar.

El sistema hidrográfico de la cuenca posee un dique, situado a aproximadamente 14 kilómetros de Villa Santa Rita de Catuna, en donde confluyen los caudales de los ríos y arroyos, entre ellos el del Río Anzulón.

*Figura N° 2: Imagen panorámica del espejo de agua del Dique de Anzulón*



Desde el mencionado dique se produce la descarga del agua por medio de válvulas que permiten la conducción de la misma a través de un canal subterráneo el cual deriva en un sistema de canales construidos a cielo abierto. Este canal tiene una longitud aproximada de 35 km. Posee un sistema desarenador en la localidad de La Totorita y una serie de derivaciones a través de las cuales abastece de agua a los campos agrícola ganaderos de la zona.

Cruza por debajo de la Ruta Nacional N° 79 a través de un puente a la altura del kilómetro 176,5 y sigue su curso pasando por el sector Sureste de la localidad de Villa Santa Rita de Catuna. Aquí abastece a las parcelas de la Colonia Ortiz de Ocampo. Desde allí, el mencionado canal sigue su curso hasta la localidad de Milagro a la cual abastece con agua que luego es potabilizada para consumo humano.



Dentro del área de estudio se encuentra gran parte del Parque Natural Provincial Guasamayo, ubicado al Sudeste de la provincia de La Rioja en cercanías de la localidad de Malanzán, cabecera del Departamento Juan Facundo Quiroga.

La cuenca comprende varios asentamientos humanos. Pero el más destacado de todos es Villa Santa Rita de Catuna, la cual adquirió gran relevancia, sobre todo en los años posteriores al 2004 fecha en que comenzó a funcionar la Sede Universitaria dependiente de la Universidad Nacional de La Rioja (UNLaR).

*Figura N° 3: Sistema de canales de conducción de agua del Dique de Anzulón*



El procesamiento de los datos se realizó con el programa QGIS 2.10 (Pisa). La información se obtuvo del MDE elaborado por la NASA, posteriormente editado y corregido por el IGN bajo el nombre de Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina (MDE-Ar).

De este modo se procedió a trabajar con los geocalgoritmos que se ejecutan bajo el entorno del programa QGIS y que permiten delimitar las áreas de cuencas mediante una serie de procesos, utilizando como insumo básico el mencionado MDE.

La delimitación de la cuenca se realizó a partir de criterios meramente topográficos e hidrográficos (red de drenaje superficial) aplicando un método de carácter numérico y natural que sigue la dirección del drenaje del agua.

En primer lugar, se procedió a cargar en QGIS el MDE. Luego se hizo un recorte del mismo más o menos ajustado al área de la cuenca a delimitar. A partir de éste se generó un MDE procesado, sin errores de falta de información. Seguidamente se determinó el área de captación y se procedió a generar la red hidrográfica. Mediante la combinación de los productos anteriores se procedió, finalmente, a generar las cuencas hidrográficas.

Además del MDE, se utilizaron las capas vectoriales de cursos y cuerpos de agua, curvas de nivel y asentamientos humanos; las cuales sirvieron de complemento para el proceso de delimitación final.

Un MDE permite describir las alturas o elevaciones del terreno respecto del nivel medio del mar. La representación reflejará el relieve mediante valores numéricos, que simbolizan la cota o altura.

Los MDE son utilizados en variadas aplicaciones y disciplinas, lo cual los convierte en un producto de alta demanda por un amplio espectro de usuarios y organismos. En virtud de ello, el IGN desarrolló una línea de producción para generar un MDE para la República Argentina. Este modelo fue desarrollado a partir de información proveniente de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

A través de dicha misión se logró generar un MDE de alta resolución que cubre casi la totalidad de la superficie terrestre. La misión fue un trabajo conjunto de la NASA, la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial de los Estados Unidos de Norte América y las Agencias Espaciales de Alemania e Italia.

La técnica utilizada fue la interferometría RADAR desde el espacio. Surgiendo de ésta, un MDE con una resolución de 30 metros por píxel para el territorio de los Estados Unidos y, de 90 metros para el resto del mundo.

A través de un convenio con la Agencia Nacional de Inteligencia Geoespacial de los Estados Unidos de Norte América, el IGN recibió el modelo de Argentina con resolución de 30 metros por píxel. A partir de este modelo, se derivó a otro de 45 metros por píxel, al que se le aplicaron procesos como relleno de vacíos, inclusión de datos de lagos, filtrado espacial y enmascarado de límites (IGN, 2015).

## RESULTADOS:

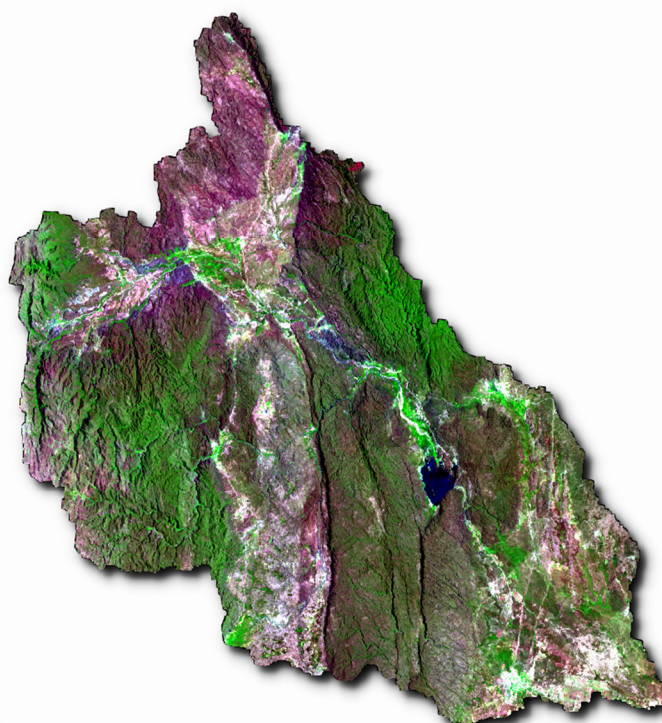
A continuación, se presentan los resultados obtenidos del proceso de delimitación hidrográfica y caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón mediante el método anteriormente descrito.

### 1. Parámetros relativos a la forma de la cuenca:

#### Área de cuenca (A):

El Área de una cuenca se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor (Londoño Arango, 2001). Es el espacio delimitado por la curva del perímetro.

*Imagen N° 4: Imagen satelital del área de la Cuenca del Río Anzulón*



0 20 km

© INTA 2017 - Sistemas de Información Territorial

La Cuenca del Río Anzulón es una cuenca de tipo “arreica” que ocupa un Área de 85.817,30 hectáreas. El dato se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “calculadora de campos”.

El Área de cuenca tiene gran importancia por constituir el criterio de la magnitud del caudal, ya que, en condiciones normales los caudales crecen a medida que crece dicha área (Londoño Arango, 2001). La

relación del Área de una cuenca con la Longitud de la misma es proporcional y está inversamente relacionada a aspectos como la densidad de drenaje.

### **Perímetro de cuenca (P):**

Por Perímetro de cuenca se entiende a la longitud del contorno o divisoria de aguas del área de la cuenca. Es la distancia que habría que recorrer si se transitara por todos los filos que envuelven la cuenca.

La divisoria de aguas es una línea imaginaria que delimita la cuenca hidrográfica. Marca el límite entre ésta y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. También se denomina “parteaguas” (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

El Perímetro de la Cuenca del Río Anzulón es de 193,60 kilómetros. El dato se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “calculadora de campos”. El Perímetro de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el Área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca.

### **Longitud de cuenca (L):**

Se entiende por Longitud de cuenca a la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal. Dado que por lo general el cauce principal no se extiende hasta el límite de la cuenca, es necesario suponer un trazado desde la cabecera del cauce hasta el límite de la cuenca, siguiendo el camino más probable para el recorrido del agua precipitada. En este caso el cauce principal corresponde a los cursos de los ríos Anzulón y Solca.

La Longitud de la Cuenca del Río Anzulón es de 59,25 kilómetros. El dato se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “Medir Línea”.

### **Ancho de cuenca (W):**

El ancho de cuenca se define como el cociente entre el Área (A) y la Longitud de la cuenca (L), obtenida en kilómetros.

$$W = A / L \quad 858,20 / 59,25 = 14,48$$



Donde:

W: Ancho de cuenca (km)

A: Superficie o Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

L: Longitud de la cuenca (km)

Mediante este método se obtuvo el ancho promedio de la Cuenca del Río Anzulón, el cual equivale a 14,48 kilómetros.

### **Razón de Circularidad de Miller (M):**

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y, particularmente, la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Cada cuenca tiene una forma determinada, sin embargo, en su mayoría son ovoides con la desembocadura en el extremo angosto.

Hay muchos parámetros que se emplean para analizar la forma, pero en este caso se ha escogido la Razón Circularidad de Miller; el cual equivale al cociente entre el Perímetro de la cuenca y el Área.

$$M = P / A \quad 193,60 / 858,20 = 0,23$$

Donde:

M: Razón Circularidad de Miller

P: Perímetro de la cuenca (km)

A: Superficie o Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

El Coeficiente de Circularidad de Miller varía entre 0 y 1. Valores cercanos a 1 indican morfologías ensanchadas, mientras que un coeficiente de circularidad cercano a 0 indica que las cuencas son alargadas. Los valores disminuyen a medida que la cuenca es más alargada o rectangular y tienden a acercarse a la unidad para cuencas redondas (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

Los datos anteriormente obtenidos (0,23) nos indican que la Cuenca del Río Anzulón es una cuenca “moderadamente alargada”.



En líneas generales, las cuencas más ensanchadas poseen mayor susceptibilidad a generar crecidas ya que el tiempo de recorrido del agua a través de la cuenca es mucho más corto que en cuencas alargadas en donde el tiempo de viaje del agua es mucho más largo, contribuyendo a que los picos de crecidas sean menos súbitos en caso de lluvias concentradas.

### **Factor de Forma de Horton (K)**

El Factor de Forma de Horton expresa la relación existente entre el Área de la cuenca y el cuadrado de la longitud máxima o longitud axial de la misma.

El escurrimiento resultante de una lluvia sobre una cuenca de forma alargada, no se concentra tan rápidamente, como en una cuenca de forma redonda; además, una cuenca con un factor de forma bajo (forma alargada) es menos propensa a tener una lluvia intensa simultáneamente sobre toda su superficie, que un área de igual tamaño con un factor de forma mayor (Londoño Arango, 2001).

$$K = A / L^2 \quad 858,20 / 1.509,32 = 0,57$$

donde:

K: Factor de Forma de Horton

A: Área o superficie de cuenca (km<sup>2</sup>)

L<sup>2</sup>: Longitud de cuenca al cuadrado (km)

El factor de forma de Horton para la Cuenca del Río Anzulón es 0,57.

Un factor de forma superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de la cuenca o de un río principal corto que, consecuentemente, presentará tendencias a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas (Horton, 1945).

## **2. Parámetros relativos al relieve de la cuenca:**

### **Desnivel altitudinal de cuenca (G):**

Se entiende por desnivel altitudinal de cuenca al valor surgido de la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima de la cuenca.

Cota máxima (HM): Es la mayor altura a la cual se encuentra la divisoria de la cuenca. En este caso asciende a 1.800 msnm en la Sierra de Malanzán.

Cota mínima (Hm): Es la cota sobre la cual la cuenca desagua y determina su parte final. Equivale a 435 msnm sobre un punto verificado mediante GPS en las cercanías de la Colonia Ortiz de Ocampo.

$$G = HM - Hm \quad 1.800 - 435 = 1.365$$

Donde:

G: Desnivel Altitudinal (m)

HM: Altura máxima (msnm)

Hm: Altura mínima (msnm)

El desnivel altitudinal de la Cuenca del Río Anzulón es de 1.365 metros. El dato se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “Obtain Elevation”.

El desnivel altitudinal se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

### **Pendiente media de cuenca (S):**

Existen varios métodos y fórmulas para calcular la Pendiente de cuenca. A los fines prácticos se ha optado por el que a priori se presenta como el más sencillo, lo cual no implica que su dato no sea preciso.

La Pendiente media de una cuenca se obtiene del cociente entre el desnivel altitudinal (diferencia entre la máxima y la mínima elevación) y la Longitud de cuenca.

$$S = G / L \quad 1.365 / 59,25 = 23,05$$

donde:

S: Pendiente de cuenca (m)

G: Desnivel altitudinal de cuenca (msnm)

L: Longitud de cuenca (km)

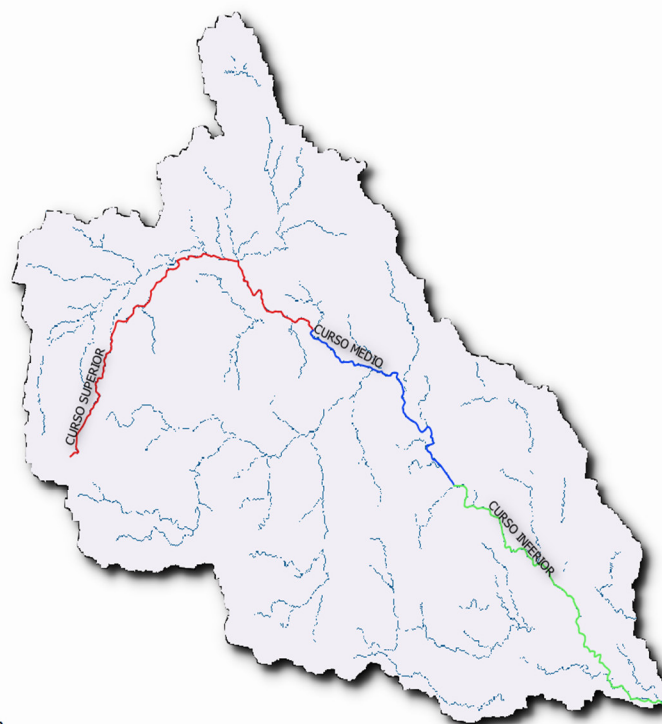
De acuerdo al método aplicado la pendiente media de la Cuenca del Río Anzulón equivale a 14,48 kilómetros.

### 3. Parámetros relativos al perfil de la cuenca:

#### Longitud del cauce principal (Y):

La longitud del cauce de una cuenca está definida por la longitud de su río principal, siendo la distancia equivalente que recorre éste desde su origen en aguas arriba hasta su desembocadura. En este caso es de 67,20 kilómetros y corresponde al curso principal de los ríos Anzulón y Solca.

*Imagen N° 5: Cauce principal de la Cuenca del Río Anzulón*



© INTA 2017 - Sistemas de Información Territorial

El dato se obtuvo de forma semiautomática, a partir de la red de drenaje, mediante la herramienta “calculadora de campos”.

El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua o bien con mayor longitud. Tanto el concepto de río principal como el nacimiento del río son arbitrarios, como también lo es la distinción entre el río principal y afluente (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

Al igual que la superficie, este parámetro influye en la generación de escorrentía.

- Curso superior: Comprende una longitud aproximada de 27.65 km. y registra alturas que van desde los 670 hasta los 1.400 msnm.
- Curso medio: Comprende una longitud de 16,13 km. y registra alturas aproximadas que van desde los 565 hasta los 670 msnm.
- Curso inferior: Comprende una longitud de 23,36 km. y registra alturas que van desde los 435 hasta los 565 msnm.

#### **Desnivel del cauce principal (V):**

El desnivel altitudinal del cauce es el valor surgido de la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima del río principal.

$$V = HM - Hm \quad 1.400 - 450 = 950$$

Donde:

V: Desnivel del cauce (m)

HM: Altura máxima (msnm)

Hm: Altura mínima (msnm)

El desnivel altitudinal del cauce del Río Anzulón es de 950 metros. El dato se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta "Obtain Elevation".

#### **Pendiente media del cauce principal (J):**

La Pendiente media del cauce es la relación existente entre el Desnivel altitudinal del cauce y su longitud.

$$J = G / Y \quad 950 / 67,20 = 14,15$$

Donde:

J: Pendiente media del cauce (m)

G: Desnivel altitudinal (msnm)

Y: Longitud del cauce principal (km)

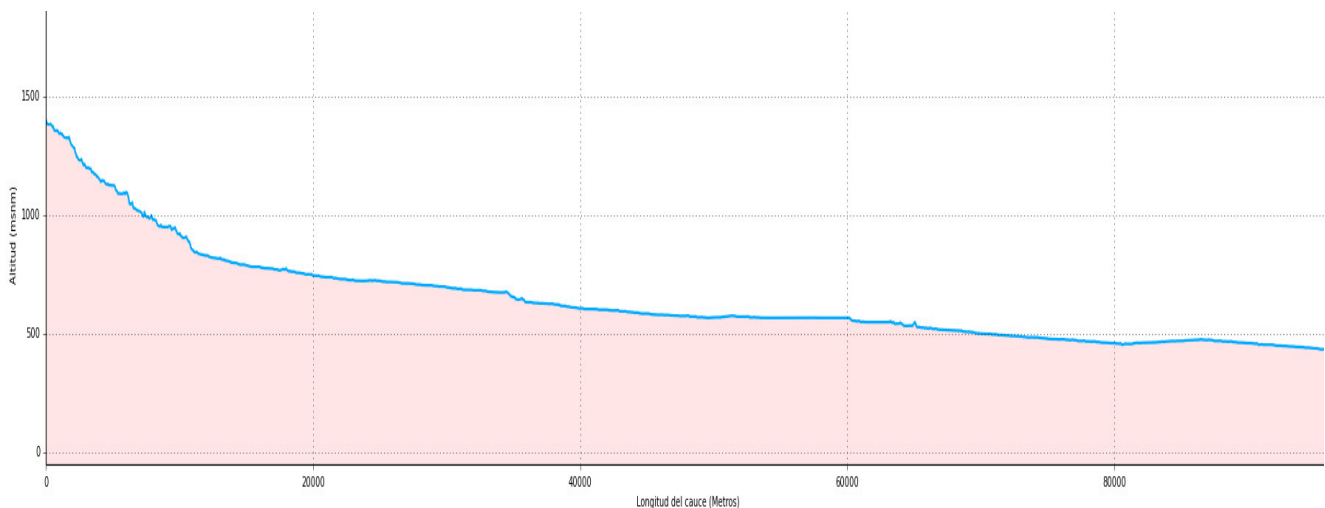
De este modo se obtuvo la pendiente media del cauce principal de la Cuenca del Río Anzulón, el cual equivale a 14,15 metros.

Al aumentar la pendiente aumenta la velocidad del agua por la red hidrográfica, haciendo más susceptible a la cuenca a procesos erosivos y al arrastre de materiales. Este parámetro permite evaluar el potencial para erosionar, a partir de la velocidad del flujo, lo cual nos ayuda entender el comportamiento en el tránsito de avenidas.

### Perfil longitudinal

El perfil longitudinal es la representación gráfica de las diferentes altitudes de un río desde su nacimiento hasta su desembocadura. De ella se obtiene una curva accidentada por diversas rupturas de pendiente. Es simplemente el gráfico de alturas en función del cauce principal.

*Gráfico N° 1: Perfil longitudinal del cauce principal de la Cuenca del Río Anzulón*



El gráfico del perfil longitudinal del cauce principal de la Cuenca del Río Anzulón se obtuvo de forma semiautomática mediante la herramienta “Terrain Profile”.

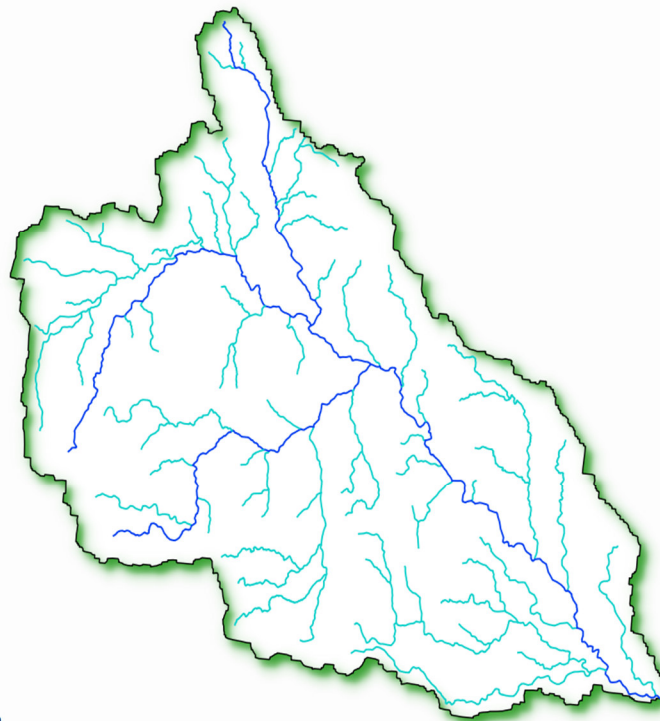
### **Parámetros relativos al sistema de drenaje:**

#### **Red de drenaje:**

La red de drenaje de una cuenca se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí los cauces de las corrientes naturales dentro de ella (Ordoñez Gálvez, J. 2011). Es el sistema de corrientes o cauces (ríos, arroyos, etc.) por donde fluye el agua dentro de la cuenca.

La red de drenaje de la Cuenca del Río Anzulón se obtuvo de forma automática mediante el geoalgoritmo “Channel Network”. La misma está compuesta por un total aproximado de 139 segmentos (cauces) que determinan patrones de drenaje de tipo “dendrítica” (similar a las ramificaciones de un árbol).

*Imagen N° 6: Sistema de red de drenaje de la Cuenca del Río Anzulón*



© INTA 2017 - Sistemas de Información Territorial

Estos constituyen una medida de la energía de la cuenca, de la capacidad de captación de agua y de la magnitud de la red fluvial; abastecida en este caso por un régimen de tipo pluvial el cual propicia

importantes flujos temporarios. Un mayor número de cauces proporciona un mejor drenaje de la cuenca y, por tanto, favorece el escurrimiento.

### **Orden de corrientes (O):**

El Orden de las corrientes permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. Se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal. Hay varios sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton y el de Strahler (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

*Imagen N° 7: Orden de corrientes (Strahler) de la red de drenaje de la cuenca*



En este caso, para determinar el orden de secuencia de las corrientes se usó el método de Strahler; el cual define el tamaño de una corriente basándose en la jerarquía de los afluentes:

- Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden se forman en la unión de dos cauces de primer orden y, en general, los cauces de orden  $n$  se forman cuando dos cauces de orden  $n-1$  se unen.

- Cuando un cauce se une con un cauce de orden mayor, el canal resultante hacia aguas abajo retiene el mayor de los órdenes.
- El orden de la cuenca es el mismo que el orden del cauce de salida.

Siguiendo los criterios del Método de Strahler se establece que la Cuenca del Río Anzulón es una cuenca de orden 5. El dato se obtuvo de forma automática mediante el geocalgoritmo “Strahler Order”.

### **Longitud de los cauces de agua (C):**

La Longitud total de los cauces de agua es la suma de la distancia total recorrida por los diferentes cursos de agua que forman parte de la red hidrográfica de la cuenca. La distancia recorrida por un curso de agua se mide en kilómetros desde su origen hasta su desembocadura (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

La Longitud total de los cursos de agua que conforman la red de drenaje de la Cuenca del Río Anzulón es de 495,26 kilómetros. El dato se obtuvo de forma automática mediante la herramienta de “Resumen estadístico”.

### **Densidad de drenaje (Z):**

La Densidad de drenaje es un índice que cuantifica el grado de desarrollo de la red hidrográfica y que está relacionada con la cantidad de precipitaciones y la pendiente de la superficie del suelo.

La Densidad de drenaje permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión (Ibáñez Asensio et al. 2011).

Se obtiene del cociente entre la Longitud total de los cursos de agua y el Área de cuenca.

$$Z = C / A \quad 495,26 / 858,20 = 0,58$$

Donde:

Z: Densidad de drenaje (km/km<sup>2</sup>)

C: Suma de las Longitudes de los cursos que se integran en la cuenca (km)



A: Superficie o Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

De este modo se obtiene cual es la densidad de los drenajes (kilómetros de cursos de agua) por cada kilómetro cuadrado. Para la Cuenca del Río Anzulón equivale a 0,58.

Una densidad de drenaje alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación. Una cuenca con baja densidad de drenaje refleja un área pobremente drenada, con respuesta hidrológica muy lenta (Londoño Arango, 2001).

En sitios donde los materiales del suelo son resistentes a la erosión o muy permeables, y donde el relieve es suave, se presentan densidades de drenaje bajas. Los valores altos de la densidad de drenaje reflejan, generalmente, áreas con suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

#### **Frecuencia de drenaje (F):**

La Frecuencia de drenaje se define como el cociente entre el número total de los cursos fluviales y el Área de la cuenca.

$$F = N / A \quad 139 / 858,20 = 0,16$$

Donde:

F: Frecuencia de drenaje (u/km<sup>2</sup>)

N: Número de corrientes o causes (U)

A: Área o superficie (km<sup>2</sup>)

Del cálculo anterior surge que la Frecuencia de drenaje para la Cuenca del Río Anzulón es de 0,16.

Al obtener el número de cauces por km<sup>2</sup>, establece la mayor o menor posibilidad de que cualquier gota de agua encuentre un cauce en mayor o menor tiempo (Ordoñez Gálvez, J. 2011).

#### **4. Otros:**

### Partes de la Cuenca:

Usando el criterio de altitud, y teniendo en cuenta para ello un shapefile de curvas de nivel, la Cuenca del Río Anzulón se divide en las siguientes partes:

- Cuenca alta: Corresponde al área más elevada, es decir, a la parte montañosa en donde nace la cuenca. Esta porción registra alturas que van desde los 700 msnm hasta los 1.800 msnm aproximadamente y comprende una superficie de 59.650 hectáreas (59,51%).
- Cuenca media: Comprende la zona donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas. Esta porción de cuenca comprende altitudes que van desde los 550 msnm hasta los 700 msnm abarcando una superficie aproximada de 13.097 hectáreas (15,26%).
- Cuenca baja: Corresponde al área más baja de la cuenca, o sea, a la parte final de la misma. Abarca la porción que va desde aproximadamente los 550 msnm hasta los 435 msnm. Su superficie equivale a 13.071 hectáreas (15,23%).

*Imagen N° 8: Partes de la Cuenca del Río Anzulón*

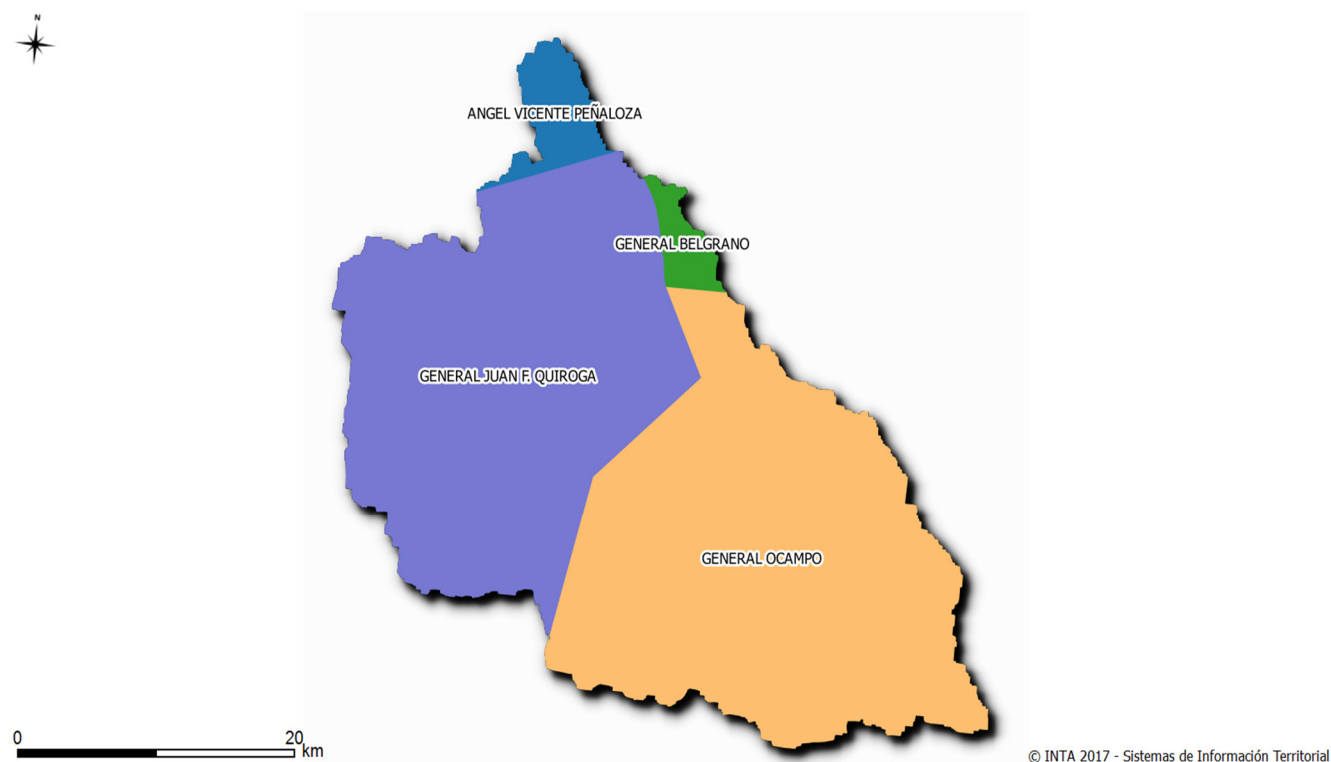


La Cuenca Alta se desarrolla principalmente dentro del Departamento General Juan Facundo Quiroga. Mientras que la Cuenca Media y Baja se desarrolla dentro del Departamento General Ocampo.

### **Jurisdicción administrativa de la Cuenca:**

La Cuenca del Río Anzulón es una cuenca interdepartamental que abarca territorios de cuatro departamentos de la provincia de La Rioja.

*Imagen N° 9: Jurisdicción administrativa de la Cuenca del Río Anzulón*



Más del 90% del territorio de la misma (81.390 ha.) pertenece a los departamentos General Ocampo y General Juan Facundo Quiroga. Este dato resulta interesante para ser tenido en cuenta por los organismos encargados de la administración, protección y/o recuperación de la cuenca.

### **CONCLUSIONES:**

El área de la Cuenca del Río Anzulón determina una especie de triángulo irregular imaginario conformado por las localidades de Loma Larga, Pacatala y la Colonia Ortiz de Ocampo.

Esta última marca el punto final de la cuenca. No obstante, socialmente se puede definir que la cuenca se extiende comprendiendo, además, territorios hasta la localidad de Milagro. Esto tiene su fundamento lógico dado que el Canal de Anzulón se extiende hasta dicha localidad para proveer de agua a la planta potabilizadora.

Las cuencas son zonas dinámicas, expuestas a la influencia de factores naturales y antrópicos. Para mantener su productividad, biodiversidad y permitir un uso sostenible de sus recursos por parte de los seres humanos es necesario un acuerdo global entre las distintas partes interesadas; comunidades, propietarios, instituciones.

El aporte en cuanto a la caracterización a nivel de cuencas resulta interesante desde el punto de vista del Ordenamiento Territorial, como una herramienta para zonificar áreas hidrográficamente homogéneas que puedan ser utilizadas como base para generar propuestas tendientes a mejorar la calidad de la misma.

Se exploraron herramientas de gran utilidad para la caracterización hidrográfica como un primer paso para trabajar en la comprensión de la dinámica del agua en la región.

### **Recomendaciones:**

4. Realizar la identificación de unidades hidrográficas de otras localidades, en especial la de los Llanos de La Rioja.
5. Tener un acompañamiento y monitoreo por parte de las entidades ambientales de las actividades que se desarrollan en la cuenca, en especial de aquellas que demanden uso de agua.
6. Considerar la posibilidad de reactivar la explotación turística del área como una actividad económica alternativa.
7. Realizar estudios del suelo y del agua a fin de conocer con mayor precisión su condición y/o aptitud.
8. Se considera necesario la instalación de estaciones hidrometeorológicas dentro de los límites de la cuenca y sus alrededores.

## **GLOSARIO:**

**Cauce o lecho:** es el conducto descubierto o acequia por donde corren las aguas para riegos u otros usos.

**Afluentes:** Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que desemboca en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia. En principio, de dos ríos que se unen es considerado como afluente el de menor importancia (por su caudal, su longitud o la superficie de su cuenca).

**Efluentes:** Es una derivación (natural o artificial) que se desprende fuera de la corriente principal de un río mayor a través de otro menor. Los de origen natural se encuentran en su mayoría en los deltas fluviales. Son más frecuentes los efluentes de “origen artificial”, es decir, de una derivación, acequia o canal que se utiliza con fines de regadío o de abastecimiento de agua en regiones relativamente alejadas del río principal.

**Caudal:** volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en m<sup>3</sup>/s.

**INTA:** Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

**EEA:** Estación Experimental Agropecuaria.

**IGN:** Instituto Geográfico Nacional.

**MDE:** Modelo Digital de Elevaciones

**USGS:** United States Geological Survey (Servicio Geológico de Estados Unidos).

**INDEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

**LANDSAT:** Satélites construidos y puestos en órbita por el gobierno de EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre (LAND=tierra y SAT=satélite).

**SIG:** Sistemas de Información Geográfica.

## **PÁGINAS WEB:**

Instituto Geográfico Nacional (IGN):

<http://www.ign.gob.ar/>

Dirección General de Estadística y Sistemas de Información:

<http://www.larioja.gov.ar/estadistica/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC):

<http://www.indec.mecon.ar/>

Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE):

<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA):

<http://inta.gob.ar/> - <http://inta.gob.ar/larioja>

Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS):

<https://www.usgs.gov/> - <http://earthexplorer.usgs.gov/>

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

**Biblioteca Agroecológica FUNDESYRAM.**: Caracterización y diagnóstico de la cuenca hidrográfica. Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental.

**Garcés Durán, J. (2011).**: Paradigmas del conocimiento y sistemas de gestión de los recursos hídricos: La gestión integrada de cuencas hidrográficas. Universidad de Chile.

**Horton, R. (1945).**: Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology - Geological Society of America Bulletin, United States.

**Ibáñez Asencio, S., Moreno, R., Gisbert Blanquer, J. (2011):** Morfología de las cuencas hidrográficas - Universidad Politécnica de Valencia, España

**Instituto Nacional de Ecología de México (2005).**: Instructivo para la revisión de la delimitación de las cuencas hidrográficas de México a escala 1:250.000

**Linsley, R., Kohler, M., Paulus, J. (1977):** Hidrología para ingenieros – 2da. Edición - Editorial McGraw Hill Latinoamericana S.A., Bogotá, Colombia

**Londoño Arango, C. (2001):** Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales – Caracterización - Planificación - Administración - Universidad del Tolima, Colombia

**Mari, N., Pons, D., Vicondo, M., Barreda, M., Amarilla, M. ():** Bases para la caracterización de la hidrología superficial de la cuenca del río Cruz del Eje en la Provincia de Córdoba, Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

**Ordoñez Gálvez, J. (2011):** Cartilla Técnica: ¿Qué es una cuenca hidrológica? – Sociedad Geográfica de Lima, Perú.

**Ramírez López, J., (2015).**: Alternativas de manejo sustentable de la subcuenca del Río Pitura, provincia de Imbabura, Ecuador - Facultad de Ciencias Agraria y Forestales Universidad Nacional de La Plata.

**Villegas, J. (2004).**: Análisis del conocimiento en relación agua – suelo – vegetación. Distrito Federal, México.

Una cuenca hidrográfica constituye un espacio físico delimitado por la propia naturaleza y principalmente por los límites que imponen las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales convergiendo hacia un mismo punto de desagüe o de cierre.

El presente trabajo tiene como objetivos principales la delimitación hidrográfica y la caracterización morfométrica de la Cuenca del Río Azulón, situada en la provincia de La Rioja.

Para ello, se utilizó como insumo básico el Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina provisto por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través del cual, y mediante los geocalgoritmos que se ejecutan bajo el entorno del software QGIS, se procedió a delimitar la cuenca hidrográfica.

Los resultados principales muestran que la Cuenca del Río Anzulón ocupa una superficie aproximada de 85.800 hectáreas, con una longitud de 59 kilómetros y un desnivel altitudinal de 1.315 metros sobre el nivel del mar.

