

## Caracterización morfológica del arroyo La Toma. Salta - Argentina

José A. Medina <sup>(1)</sup>, María del C. Visich <sup>(2)</sup> & Laura C. Mármol <sup>(3)</sup>

*(1) Cátedra de Geología General, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta*

*e-mail: abjomedina@yahoo.com.ar*

*(2) Cátedra de Geomorfología, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta*

*e-mail: mcvisich@hotmail.com*

*(3) Cátedra Manejo de Cuencas, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.*

*e-mail: lauramarmol02@yahoo.com*

RESUMEN: en el marco del Proyecto de Investigación del Ciunsa N° 1891 “Hidrografía y procesos de erosión hídrica y de remoción en masa en la alta cuenca del río Arias (provincia de Salta, Argentina). Caracterización por susceptibilidad a la erosión”, se efectuaron distintos estudios a los efectos de conocer las características de los diferentes cursos que componen la cuenca colectora del río Arias. Se estudian por separado los arroyos Arteaga, La Toma, Astilleros, El Durazno y Potrero Grande, para luego integrar los resultados en un informe final. Estos cursos drenan la ladera oriental de la sierra de Lesser, presentan una importante pendiente la que sumada a las precipitaciones, los convierten en torrentes, que provocan el arrastre de gran cantidad de detritos, ocasionando erosión y en la vertiente de los valles procesos gravitacionales, los que asociados a la actividad antrópica desestabilizan el medio ambiente. En este trabajo se realizará la caracterización morfológica de la subcuenca del arroyo La Toma, la que junto a la geología, el suelo y la vegetación forman parte del complejo físico de la cuenca. Dichas características proporcionan información sobre la respuesta hidrológica y su impacto en la cuenca del río Arias.

### 1. INTRODUCCIÓN

El arroyo La Toma forma parte, junto a otros cursos de agua, de la alta cuenca del río Peñalva – Arias, tributario de la cuenca del río Juramento. Tratados genéricamente los aspectos señalados en el resumen, advierten sobre la necesidad de ahondar los estudios multidisciplinarios; especialmente si se tiene en cuenta que esta cuenca es la proveedora de agua potable a la ciudad de Salta.

#### 1.1. Objetivos

El principal objetivo que persigue este trabajo es el conocer las características morfológicas e

hidrológicas más sobresalientes que nos permitan obtener una línea de base ambiental para la subcuenca del arroyo La Toma. El conocer el comportamiento hidrológico del arroyo permitirá tomar los recaudos necesarios tendientes a adoptar medidas de corrección físicas y biológicas.

#### 1.2. Metodología

La metodología empleada consistió en análisis de la información secundaria disponible, obtenida de diferentes instituciones públicas y privadas, bibliografía de trabajos regionales y locales y fundamentalmente de trabajos basados en la información primaria obtenida directamente de estudios de campo, donde se efectuaron

observaciones y descripciones de los tipos de suelos en lugares claves, verificación del estado general de los terrenos que recorre el arroyo La Toma. Se realizó, además, el reconocimiento, toma de datos e interpretación de la geología, geomorfología y relieve. Dentro de las características fisiográficas y morfométricas se estudian los parámetros morfométricos, orográficos y hidrográficos de la subcuenca.

### 1.3. Ubicación y vías de acceso.

La cuenca del arroyo La Toma, se ubica en el sector noroccidental del Valle de Lerma, en el Departamento Capital, al oeste de la Ciudad de Salta y al suroeste de la Villa de San Lorenzo. Ver Fig. 1.

Desde la ciudad de Salta, se accede a la zona de trabajo, por la autopista provincial N° 28, hasta la localidad de San Lorenzo; por calle San Martín hacia el sur, se empalma con la ruta provincial N° 150 que comunica con Finca Las Costas. La primera vía está totalmente pavimentada y ambas en muy buenas condiciones de transitabilidad. A partir de Finca Las Costas, se continúa al sur por caminos consolidados y se accede al arroyo La Toma después de recorrer alrededor de 15 km.

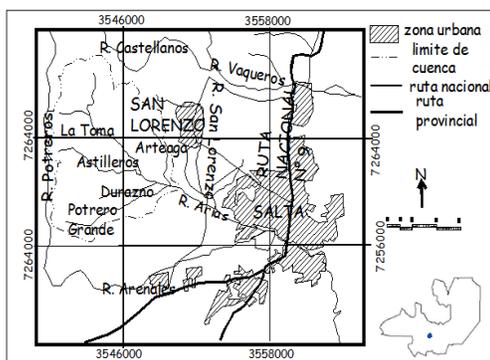


Figura 1.- Mapa de Ubicación de la alta cuenca del río Peñalva - Arias

## 2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

La subcuenca del arroyo La Toma está ubicada en la Provincia Geológica Cordillera Oriental (Turner, 1972). Esta unidad presenta una estructura intensamente fallada y plegada, producto del intenso esfuerzo soportado. Se origina de esta manera un conjunto montañoso, compacto y elevado: son las altas serranías que sirven de límite con la Puna y que, además, se comportan como una barrera climática ya que no

dejan pasar las corrientes húmedas hacia el oeste, debido a lo cual ocurren las lluvias orográficas que posteriormente desencadenan los diferentes procesos geomorfológicos.

### 2.1. Estructura

La estructura de la provincia geológica Cordillera Oriental, es el resultado de esfuerzos compresivos en sentido oeste – este, lo que ha provocado un intenso plegamiento de rumbo submeridional, y el consiguiente fallamiento. Dentro de este marco tectónico existen lineamientos transversales conjugados al rumbo andino (Salfity et. al., 1984).

En la zona existen dos fallas regionales importantes (Fig. 2), al Oeste del Cordón de Lesser, una fractura inversa, que se inclina hacia el oriente y dirección submeridiana denominada Falla Potrero. Hacia el Este, se encuentra la Falla Yacones, que también es inversa, pero se inclina a occidente, con un diseño casi meridional. Esta última pone en contacto sedimentitas terciarias sobre cámbricas o bien terciarias sobre precámbricas. Entre ambas fracturas principales se pueden observar dos juegos de pequeñas fallas; uno de ellos paralelo a aquellas y otro juego transversal a las mismas; esto evidencia una zona muy comprimida. Una mirada regional permite afirmar que la zona está afectada por neotectónica.

Un cambio brusco de pendiente, queda de manifiesto con claridad por el control estructural que ejerce la Falla Yacones (de rumbo NNE-SSO), ya que hace de límite entre el sector montañoso y el comienzo de una zona plana, donde el río Arias toma una dirección NO – SE (también controlado por falla).

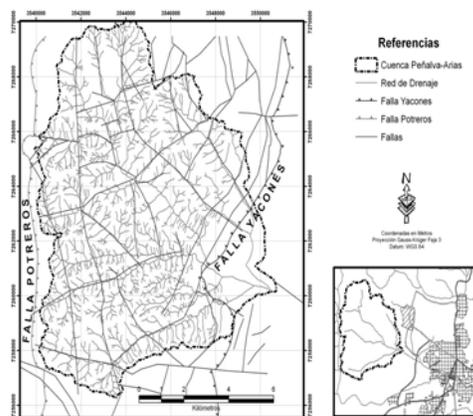


Figura 2.- Hidrografía y Estructura de la Alta Cuenca del río Peñalva – Arias. Fuente: Salinas (2009).

## 2.2. Estratigrafía

En consonancia con la geología de la región, las rocas más antiguas que conforman el basamento estratigráfico, está representado por la Formación Puncoviscana, Grupo Lerma, (Turner, 1960); constituido por leptometamorfitas integradas por grauvacas afectadas por fuertes procesos tectónicos y pelitas con metamorfismo de bajo grado, (Marcuzzi et. al., 1999). La Formación Puncoviscana se desarrolló en un ambiente de depósitos de cañones submarinos, correspondiente a acumulaciones de facies intermedias a distales (Omarini y Baldi, 1984). La edad es discutida, pero se admite Precámbrica superior - Cámbrica inferior (Aceñolaza y Toselli, 1976).

El Grupo Mesón se apoya en discordancia, sobre la unidad anterior; y corresponde a una secuencia de depósitos marinos, transgresivos, en un ambiente de transición litoral marino pando. En la zona de estudio solamente se ha reconocido la unidad intermedia correspondiente a la Formación Campanario, Marcuzzi et al. (1999). Por encima, en contacto por falla, rocas de edad ordovícica del Grupo Santa Victoria (Turner, 1960); en la base se observan estratos de areniscas cuarzosas finas a medianas, de color pardo amarillento y conglomerados de color pardo, con fenoclastos de 1 a 18 cm de diámetro, de cuarzo, areniscas finas y lutitas, dispuestos caóticamente en una matriz arenosa, continúan lutitas arenosas gris verdoso a verde amarillento e intercalaciones de arenisca finas bien estratificadas con ondulitas en la superficie.

Finalmente afloran depósitos Cuaternarios, los que al pié de las sierras forman abanicos aluviales que se interdigitan lateralmente formando “depósitos de Pié de Monte” terrazados. Los depósitos fluviales (que ocupan los cauces actuales de ríos y arroyos); tienen granulometría entre bloques y arenas con niveles lenticulares de clastos más pequeños. Sobre los depósitos terrazados se han desarrollado suelos que los lugareños aprovechan para realizar algunas tareas agrícolas. La mayor parte de la red de drenaje se ha desarrollado sobre estos últimos materiales.

## 2.3. Geomorfología

La cuenca colectora del río Peñalva – Arias, se desarrolla casi íntegramente sobre la vertiente oriental de la Sierra de Lesser y finaliza sobre un relieve pedemontano, en las cercanías del plano aluvial del valle de Lerma, en ocasión de su unión

con el río San Lorenzo. La morfología dominante es la serrana.

El Cordón de Lesser se desarrolla en forma alargada en sentido meridional. Su altura va descendiendo desde los 3.530 msnm, en el extremo norte, hasta los 1.300 msnm, en el sur de la región, a la altura de los cerros de Benabén. Se encuentra limitado, al poniente, por el profundo valle del río Potrero y cuesta Grande (Falla Potreros); y al naciente por la Falla Yacones, que coincidiría, aproximadamente, con la línea de los ríos Lesser y San Lorenzo. Tiene un perfil transversal asimétrico ya que su línea crestral está desplazada al oeste; característica que define una vertiente occidental muy reducida y abrupta; y otra oriental amplia con pendientes irregulares que gradan a un relieve de pié de monte. En esta última ladera se desarrollan los cursos, que forman la cuenca, presentando valles estrechos y profundos, resultado de una intensa erosión.

## 2.4. Hidrografía

El conjunto de cursos que drenan la vertiente oriental del extremo sur del cordón de Lesser y constituyen la Alta Cuenca del Río Peñalva – Arias, presentan un diseño subrectangular debido al marcado control estructural ejercido por el sistema de fallas.

Todos los cursos integrantes de la cuenca de aporte del río Arias evidencian un control estructural de ambos sistemas de fracturas, tanto del principal (de diseño meridional) como del sistema transversal al anterior.

En respuesta a las precipitaciones de la época estival, el escurrimiento es subsuperficial, durante el período de estiaje. Durante el verano se producen los mayores picos de crecientes, mientras que en invierno los cursos permanecen secos, con excepción del río San Lorenzo que tiene agua de deshielo durante todo el año.

Los arroyos La Toma y Astilleros se unen, para formar el Peñalva el que luego de circular por una zona pedemontana, por un par de kilómetros y recibir los aportes del río San Lorenzo, cambia de nombre por el de Arias. Como río Peñalva, recibe los aportes de los arroyos El Durazno y Potrero Grande, por margen derecha y Arteaga, por margen izquierda.

El río Arias, después de recorrer algo más de cuatro kilómetros, en dirección sureste, se une al río Arenales y como tal llega al embalse General Belgrano (Cabra Corral) y se integra a la cuenca del río Juramento.

## 2.5. Suelos

En la zona de estudio se observó la presencia de un suelo de incipiente desarrollo denominado La Quesera (Lq), típico de áreas montañosas con

relieve colinado a fuertemente colinado. Presenta las siguientes características principales: el material a partir del cual se desarrolló proviene de rocas precámbricas y ordovícicas (esquistos, pizarras, filitas, cuarcitas, areniscas y lutitas); perfil A, AC, C; de textura media en superficie y media a medianamente gruesa en profundidad; moderadamente bien drenado; moderadamente ácido a moderadamente alcalino; con alto contenido en materia orgánica; erosión moderada. El suelo asociado es La Quesera Chica (Lqc), de moderado desarrollo, con un perfil A, B2, C, con textura medianamente gruesa en superficie y medianamente fina a media en profundidad; moderadamente bien drenado y bajo contenido en materia orgánica; presenta erosión severa. (Nadir y Chafatinos, 1990).

## 2.6. Clima

La ciudad de Salta goza de un clima templado, tanto en invierno como en verano, con temperaturas moderadas, sin fríos extremos ni calores sofocantes. La altura promedio por encima de los mil metros suaviza los valores térmicos elevados.

Los factores como latitud, altitud y fisiografía definen el tipo de clima del Valle de Lerma. Dada su extensión, el estrechamiento lateral en el extremo norte y sur, y los valles transversales que lo circundan, dan lugar a zonas con microclimas. En términos medios es posible adjudicar para este valle, el clima Subtropical serrano con estación seca, si se toma en consideración las temperaturas medias anuales, temperaturas extremas, ocurrencias de heladas y precipitaciones medias anuales (Mamani, 2009).

Los mayores registros en la precipitación media anual, se encuentran hacia el noreste del valle, con valores cercanos a los 1000 mm; al noroeste, los valores fluctúan entre los 800 y 900 mm anuales.

Las precipitaciones ocurren en los meses de Octubre a la primera quincena de Abril, conforman la estación lluviosa. En cambio la estación seca se extiende desde fines de Abril hasta mediados de Octubre. La humedad relativa durante los picos de la estación lluviosa tiene valores cercanos al 60%, en especial en la cuenca del arroyo La Toma y, en los meses más secos, alrededor del 30%.

## 2.7. Vegetación

En líneas generales, la cobertura vegetal está representada por un espeso estrato arbóreo, sobre todo en las laderas de exposición sur, producto de su condición favorable en cuanto a conservación de la humedad en el suelo. En las laderas de exposición norte se desarrollan distintos géneros

de gramíneas. En los sectores de mayor altitud se encuentra gran variedad de pastizales serranos; se puede destacar la presencia de Siringuilla (que aparecen tapizando cicatrices de deslizamientos). Los matorrales y arbustales están representados por vegetación rala y algunas leñosas, con paracás, algarrobos churqui, tusca, tala.

En las laderas de exposición sur, protegidas de la radiación solar y con recepción de lluvias orográficas se observan bosques de transición con elementos chaqueños serranos, que se disponen en bosquecillos con algunas especies arbóreas (quina, tipa blanca, jacarandá, cebil colorado, chalchal, horco cebil, horco quebracho y otros). La unidad Bosque Montano Subhúmedo se ubica en las laderas de exposición norte (quina, tipa blanca, pacará, cascarón, nogal criollo, cebil colorado, horco cebil, horco quebracho y otros). El Bosque Montano Húmedo se desarrolla sobre laderas altas de exposición sur y en los fondos de las quebradas (pino del cerro, aliso del cerro, arrayán de montaña, mato, horco mollepapaya silvestre entre otros).

La distribución espacial de las unidades mencionadas, depende de las características fisiográficas, ya sea altitud, pendiente exposición de las laderas, que determinan el grado de desarrollo de los suelos. Las unidades con mayor cobertura y desarrollo (Bosques Montano y Chaco Serrano) se encuentran en las laderas de exposición sur; en tanto que aquellas de menor desarrollo vegetal (arbustales y pastizales) están sobre laderas de exposición norte.

También pueden observarse sectores degradados producto de la actividad agropecuaria, ya que en las áreas de menor pendiente los lugareños realizan actividades de agricultura y ganadería de subsistencia.

La vegetación juega un papel muy importante en la reducción de la velocidad y tiempo de concentración de escurrimientos.

## 3. MORFOLOGÍA DE LA CUENCA

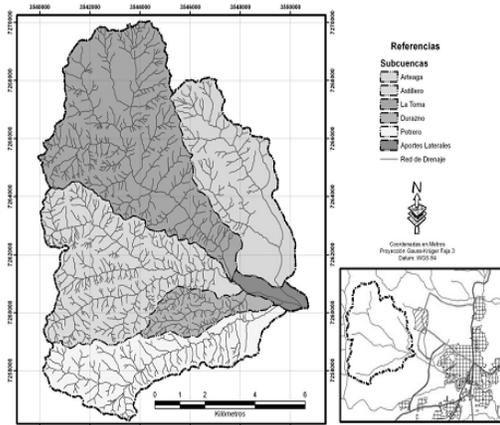


Figura 3: Alta Cuenca del río Peñalba - Arias. Subcuencas de Aporte. Fuente: Salinas (2009).

### Características generales

Se considera que la configuración geométrica de una cuenca puede tener incidencia en la respuesta hidrológica de la misma; el cálculo del tiempo en que las aguas recorren la red de cauces incide en la forma del hidrograma, considerando una lluvia tipo. Es decir se puede relacionar la forma de una cuenca con su respuesta hidrológica.

Las características físicas de una cuenca dependen de la morfología (forma, relieve, red de drenaje, entre otros), los tipos de suelos, la capa vegetal, la composición geológica, las prácticas agrícolas, etc.

### 3.1. Parámetros de forma

La forma de la cuenca hidrográfica afecta los hidrogramas de escorrentía y las tasas de flujo máximo (Vich, (1996).

Los principales parámetros de forma calculados para la subcuenca La Toma son:

Superficie (S): Es la medida del área que encierra la línea que materializa el perímetro de una cuenca. Expresada en  $Km^2$ .

Perímetro (P): Es la línea que contornea una cuenca, coincidiendo con la línea de divisoria de aguas. Expresado en Km.

Índice o Coeficiente de Compacidad (Kc): también llamado Índice de Gravelius. Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual al de la cuenca.

Este índice puede ser igual o mayor a 1. Cuanto más se acerque a la unidad la forma de la cuenca estará más próxima a un círculo; y cuanto más se aleje más alargada será la cuenca

Relación de Forma de Horton (Rf): Es el cociente entre el área de la cuenca y la máxima longitud

medida desde la cabecera hasta el punto de cierre de la cuenca; está relacionado con el Factor de Forma (Ff).

Ancho máximo ( $A_m$ ): Es la longitud medida, en km, a partir de los extremos transversales de la cuenca, perpendicular al curso principal. Se toma de forma directa sobre el mapa.

Índice de Alargamiento ( $I_a$ ): Es el cociente entre la longitud máxima de la cuenca sobre su ancho máximo.

Relación de Circularidad ( $R_c$ ): Este parámetro relaciona el área de la cuenca (A) y el área del círculo cuyo perímetro (P) es igual al perímetro de la cuenca.

Los valores varían entre 1 y 0; cuando se aproximan más a 1 significa que la forma de la cuenca se aproxima más a la de un círculo; y el tiempo de concentración será menor.

Relación de Elongación (E): Se la define como el cociente entre el diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca y la mayor longitud de ella ( $L_a$ ).

### Parámetros orográficos

La red colectora del arroyo La Toma se desarrolla, mayoritariamente, en zona montañosa, por lo que presenta una pendiente elevada, especialmente en su cabecera.

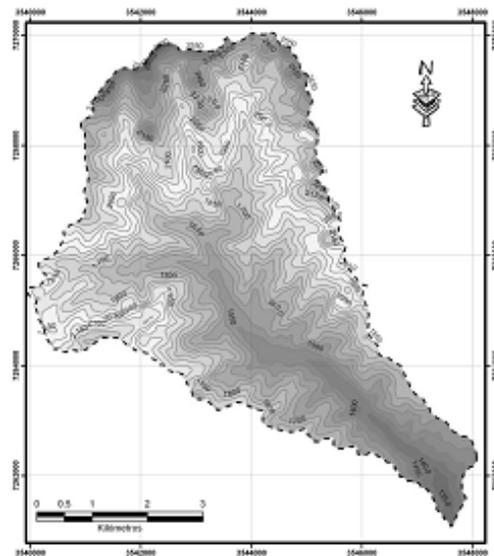


Figura 4: Cuenca La Toma. Curvas de nivel con una equidistancia de 50 m.

La topografía o relieve de una cuenca puede tener mas influencia sobre la respuesta hidrológica que la forma de la misma (Vich, 1996). A una mayor pendiente corresponderá un menor tiempo de

concentración de las aguas de escorrentía en la red de cursos que drenan hacia un colector principal.

Para representar gráficamente el relieve medio de la subcuenca La Toma, se diseña la curva hipsométrica, construida llevando en el eje de las abscisas, el área acumulada expresada en porcentaje y en el eje de las ordenadas la altitud de las curvas de nivel consideradas. No se debe perder de vista que la altitud y elevación media de la cuenca son importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, pérdida de agua por evaporación y transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio. Los valores representativos de estas altitudes son la media, la máxima, la mínima, pudiendo obtenerse el rango o amplitud de alturas que presenta la cuenca que permitirán el cálculo de las pendientes.

La Pendiente Media de la cuenca (Jm): Este valor es importante por incidir directamente en la velocidad que toman las corrientes y la consecuente capacidad de erosión y arrastre de sedimentos. Se define como la media de las pendientes de las superficies elementales del terreno, utilizando para su cálculo la equidistancia entre curvas de nivel, la longitud total de curvas de nivel y el área de la cuenca. (Mármol, 2008).

Coefficiente de Masividad (Cm): Es la relación entre la altura media de la cuenca y su superficie. Con este parámetro podemos diferenciar cuencas que tienen relieves diferentes pero ambas tienen alturas medias similares. Cuando más alejado se encuentra del valor cero, indica una mayor elevación del terreno o mayores pendientes.

Coefficiente Orográfico (Co): Este coeficiente relaciona a dos parámetros del relieve como son la elevación media y la pendiente de la vertiente de la cuenca. La primera influye sobre la energía potencial del agua y la segunda sobre la energía cinética del flujo superficial.

El coeficiente orográfico es el producto de la altura media de la cuenca por su coeficiente de masividad. Siendo mayor de 6, el relieve es accidentado y si es menor de 6, es poco accidentado. Fue propuesto por su autor en estudios de erosión hídrica y degradación de cuencas. (Mármol, 2008)

### 3.2. Parámetros hidrográficos

La red de drenaje que se forma a partir de su curso principal y todas sus ramificaciones, constituye la componente dinámica de la cuenca y presenta un número de orden que identifica la medida de ramificación de este curso. A través de ella discurren las aguas de escurrimiento superficial de manera concentrada; determina la

velocidad de evacuación de los excesos de agua y la actividad erosiva de la corriente.

La cantidad de cursos de primer orden es moderadamente elevada, con pendientes importantes que le otorgan el carácter de torrentes y, consecuentemente puede presentar un grado de erosión importante.

La morfología de los ríos es el resultado de la erosión, transporte y sedimentación de materiales provistos por el piso de la cuenca y la vertiente de los valles por los cuales transita.

En líneas generales, la mayoría de los cursos integrantes de la alta cuenca del río Peñalva – Arias, son de régimen temporario, por lo que el escurrimiento en tiempos de estiaje es subsuperficial.

Los parámetros hidrográficos calculados para la subcuenca La Toma son:

Numero de Orden: La cuenca del A° La Toma presenta un orden 4

Frecuencia de Drenaje (F): Es la relación que existe entre la cantidad de cursos de una cuenca y su área total. Es decir que nos permite obtener la cantidad de cursos por unidad de área. El cálculo de la Frecuencia de Drenaje caracteriza al comportamiento hidrográfico de una cuenca en uno de sus aspectos fundamentales: la capacidad de generar nuevos cursos, Christofletti (1974).

Densidad de Drenaje (Dd): fue definida por Horton (1945) como el cociente entre la longitud total de los cursos pertenecientes a su red de drenaje y la superficie total de la cuenca. La densidad de drenaje podría considerarse como un indicador de la respuesta de la cuenca ante una tormenta, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el punto.

A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo concentrado en los canales frente al flujo en las laderas, esto se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma. Se considera como cuenca pobremente drenada cuando la Dd es  $\leq 0,6$  km/km<sup>2</sup>, y bien drenada si  $Dd > 3$  km/km<sup>2</sup>, Benítez (1972).

Coefficiente de Torrencialidad (Ct) resulta de dividir la cantidad de cursos de agua de primer orden (torrentes iniciales) entre la superficie de la cuenca. Una torrencialidad alta implica que tanto el agua como los sedimentos tienen un recorrido rápido a lo largo de las laderas y, por lo tanto, que la velocidad de evacuación es mayor.

El Tiempo de Concentración (Tc) se puede calcular para cada tramo a partir de la fórmula de Kirpich como se muestra en la ecuación (1).

$$t_c = 0,02 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \quad (1)$$

En la que L es la longitud del cauce principal, expresada en kilómetros y S es la pendiente.

En la Tabla 1 se pueden observar los resultados obtenidos de los parámetros de forma, orográficos e hidrográficos para la subcuenca en estudio.

Tabla 1.- Valores de los parámetros obtenidos para la subcuenca La Toma.

Parámetros	Valor
(A) Área (Km <sup>2</sup> )	32,32
(P) Perímetro (km)	30,35
(Kc) Índice de Compacidad	1,49
(Rc) Relación de Circularidad	0,44
(E) Relación de Elongación	0,60
(Ff) Relación de Horton Factor de Forma	0,29
(Am) Ancho Máximo en (km)	6,09
(Ia) Índice de Alargamiento	1,74
Altitud Media en (m)	1.869
Altitud máxima en (m)	2.674
Altitud mínima en (m)	1.316
Rango o Amplitud en (m)	1.358
(Cm) Coefic. de Masividad (Km/Km <sup>2</sup> )	0,04
(Co) Coeficiente Orográfico	1,08
(Jm) Pendiente Media del cauce (%)	12,76
(Dd) Densidad de Drenaje (km/ Km <sup>2</sup> )	9,70
(Fd) Frecuencia de Drenaje (Cursos/ Km <sup>2</sup> )	21
Orden de la Cuenca	4
(Ct) Coeficiente de Torrencialidad	6,83
(Tc) Tiempo de concentración (hs.)	2,40

#### 4. CONCLUSIONES

El área de estudio forma parte de una zona de montaña, con marcado control estructural, debido a los sistemas de fracturación que la afecta. La red hídrica colectora presenta un evidente control ejercido por los distintos sistemas de fracturas, rasgo típico en ambiente de Cordillera Oriental.

La subcuenca tiene una orientación NO – SE, se desarrolla, casi totalmente, sobre una topografía abrupta en la cabecera, hasta que pierde expresión después del control estructural (falla Yacones) y, por un corto trecho, lo hace sobre un relieve casi plano, de menor inclinación.

La Cuenca abarca el 34 % (32,32 Km<sup>2</sup>) del total de la alta cuenca del río Peñalva-Arias (94,8 Km<sup>2</sup>) por lo que se considera como una cuenca pequeña según Ven Te Chow, 1994).

Tanto la morfología como el relieve donde se desarrolla la Cuenca, son importantes ya que señalan la tendencia del comportamiento e inciden en su respuesta hidrológica; el tiempo en que las aguas recorren la red de cauces;

condiciona la forma del hidrograma. Dentro de las características de forma de la cuenca del A° La Toma, el Índice de Compacidad (Kc) de 1,49 indica una forma oval oblonga a rectangular oblonga. La Relación de Circularidad (Rc) de 0,44 indica que las respuestas a la concentración de las crecientes no son inmediatas. La Relación de Elongación (E) de 0,60 indica fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno, el Factor de Forma (Ff) de 0,29 indica que tiene una forma alargada con una respuesta del flujo de agua más lento. El Índice de Alargamiento (Ia) de 1,74 que la cuenca es alargada presentando la posibilidad de conducir el agua a mayor distancia y con una respuesta a la concentración menos rápida. La diferencia de altitud máxima y mínima presenta un rango o amplitud de 1.358 m, definiendo un coeficiente de masividad de 0,042, o sea, la altura aumenta 42 m cada Km<sup>2</sup> de superficie y un coeficiente orográfico de 0,057. La Pendiente Media de 12,76 % determina un relieve medianamente accidentado.

La Densidad de Drenaje (Dd) de 9,7 indica que hay casi 10 Km de cauce por cada Km<sup>2</sup> de superficie de cuenca, correspondiendo a un valor de una densidad media, característico de una cuenca bien drenada.

La Frecuencia de Drenaje (Fd) de 21 cursos cada km<sup>2</sup> de cuenca, caracteriza al comportamiento hidrográfico de la cuenca, es decir la capacidad de generar nuevos cursos; en este caso es baja; implica que la red de drenaje se desarrolla, en gran parte sobre depósitos de edad terciaria y cuaternaria, de bajo grado de consolidación, reflejando un mayor control litológico que estructural.

El coeficiente de torrencialidad (Ct) de 6,83 caracteriza a una cuenca con una torrencialidad moderada.

Para la cuenca en estudio se determinó un tiempo de concentración, Tc = 2,40 horas. Es decir que, el agua de lluvia caída en la cabecera de la cuenca tardará 2,40 hs, para escurrir hasta el punto de cierre.

La sumatoria de estos factores en conjunción con la geología (en los sectores afectados por tectónica, zona suroccidental), suelos, clima y vegetación explican el comportamiento de la cuenca ante la ocurrencia de lluvias torrenciales, las que provocan el desenlace de procesos de erosión hídrica y deslizamientos gravitacionales. Estos procesos son ambientalmente negativos porque movilizan gran cantidad de materiales que son incorporados al Embalse General Manuel Belgrano, colector final y nivel de base local a través del cauce del río Arias, cauce principal de la cuenca estudiada. El aporte de sedimentos

incrementa el nivel de base provocando modificaciones en el comportamiento de todos los ríos de la zona (cuenca del río Juramento).

## 5. REFERENCIAS

- Aceñolaza, F.G. y A.J. Toselli (1976). *Geología de las formaciones Puncoviscana y Sancha, provincia de Salta y Catamarca*. I (33), 76 – 80.
- Benítez, A. (1972). *Captación de aguas subterráneas*. (pág. 619). Madrid. España: Dossat S. A.
- Bianchi, A., S. Cravero, S. (2010). *Atlas Climático digital de la Rep. Argentina*.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santa Fé de Bogotá Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A.
- Cristofolletti, A. (1974). *Geomorfología. San Pablo, Brasil: Universidad de San Pablo*.
- Gravelius, H. (1914). *"Morphometry of Drainage Bassins. Amsterdam*.
- Horton, R. E. (1932). *"Drainage basin characteristics"*. Trans. Amer. Geophys. Union, 13, pp 350-361.
- Horton, R. E. (1945). *Erosional development of streams and their drainage basins - Hydrophysical approach to cuantitative geomorfology*. Geol. Soc. Am. Bull , 56, 275-370.
- Mamani, V. (2009). *Acción antrópica en los últimos 10 años sobre la ladera NE del Cerro San Bernardo" (Provincia de Salta)*". Tesis de grado. Universidad Nacional de Salta.
- Marcuzzi, J. J.; et. al. (1999). *Evaluación y Ordenación de la Cuenca Hídrica de Finca Las Costas. Provincia. Salta: Dirección Provincial. de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaria de la Producción, Salta – Universidad de Alcalá de Henares*.
- Mármol, L. 2.008. *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrológicas y Corrección de Torrentes*. ISBN 987-05-0569-4. Cátedra de Manejo de Cuencas Hidrológicas. Facultad de Ciencias Naturales. UNSa.
- Nadir, A. y T. Chafatinos (1990). *Los Suelos del N.O.A. (Salta y Jujuy). Salta, Argentina*. Universidad Nacional de Salta.
- Omarini, R y B. A. J. Baldis (1984). *Sedimentología y Mecanismos deposicionales de la Formación Puncoviscana (Grupo Lerma, Precámbrico-Cámbrico) del Noroeste Argentino*. IX Congreso Argentino, Actas I:384-398, San Carlos de Bariloche.
- Russo, A. (1972). *La Estratigrafía Terciaria en el NO Argentino*. Bs.As. V Congreso Geológico Argentino.
- Salfity, Gorustovich J.S. y Moya, M. *Las fases diastróficas en Los Andes del Norte Argentino*. Simposio Internacional de Tectónica Centro - Andina y Relaciones con Recursos 109 Naturales, Comisión Nacional de Estudios Geofísicos, Academia Nacional de Ciencias, La Paz, Bolivia. 1984.
- Turner, J. C. (1960). *Estratigrafía de la Sa.de Sta. Victoria* Academia Nac. de Ciencias; Boletín 41. Córdoba.
- Turner, J. C. (1972). *Cordillera Oriental. Geología Argentina*. Córdoba: Academia Nacional de Ciencias.
- Vich, A.I. (1996). *Aguas Continentales – Formas y Procesos. Mendoza. Argentina*. Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua y el Ambiente.