

# **ESTUDIO HIDROGRAFICO E HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS DEL RÍO SECO CHACRAS DE CORIA Y TEJO. MENDOZA (ARGENTINA)**

**Mario Salomón(1) y Darío Soria(2)**

**(1)Asociación de Inspecciones de Cauces 1° Zona Río Mendoza – Departamento General de Irrigación**

Ricardo Videla 8325 Luján de Cuyo. Mendoza. Tel-fax 0261-4391092 [primeradgi@sinectis.com.ar](mailto:primeradgi@sinectis.com.ar).

**(2) Unidad de Estudios y Proyectos Geográfico Regionales – Centro Regional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CONICET.**

## **RESUMEN**

Se procedió a efectuar estudios hidrográficos e hidrológicos de cuencas andinas áridas y semiáridas, precordilleranas y pedemontanas de tamaño medio, a través del análisis de parámetros morfométricos e hídricos, que permitan encontrar relaciones entre el dinamismo y comportamiento hídrico-ambiental.

Para ello se realizó estudio de cuencas representativas del medio andino, árido y semiárido como son las del río seco Chacras de Coria y Tejo de Mendoza (Argentina), las que se ubican entre los 32° 56' y 33° 02' de latitud S y 68° 50' y 69° 04' de longitud O. El largo promedio de las cuencas alcanza los 16 km, con un ancho entre 4 y 5 km en sentido N - S, en tanto la pendiente media total es del 18 % y la superficie total es de 82,8196 km<sup>2</sup>. Generalmente la red de drenaje es del tipo dendrítico en las primeras elevaciones de la unidad montañosa precordillerana, en bordes de glaciares y cerrilladas. Es paralelo - subparalelo en los glaciares y piedemonte, siendo dendrítico-pinnado en afloramientos terciarios, crestas sedimentarias y/o cerrillada de Mogotes.

Se definieron las divisorias de aguas de las cuencas de estudio y se digitalizaron los distintos tipos de cursos hidrográficos incluyendo cauces de primer orden, para lo cual se procedió a la fotointerpretación analítica y al procesamiento digital de la imagen Spot pancromática (1996) con verificación en el terreno. Se realizó estudio hidrográfico mediante análisis cuantitativo de las cuencas de estudio y red de drenaje aplicando el estudio morfométrico de Horton (1945) con la modificación propuesta por Strahler (1964), ya que el mismo permite realizar las comparaciones entre áreas con redes de avenamiento (Duffar, 1983).

Se obtuvo cartografía de detalle con la demarcación de cauces de distinto orden, los que fueron inventariados y clasificados en base de datos y se obtuvieron parámetros morfométricos, hidrográficos e hidrológicos que permitieron caracterizar el comportamiento hídrico-ambiental de las cuencas.

Los resultados obtenidos han permitido lograr un apreciable ajuste de los parámetros morfométricos de Horton (1945) acorde a la teoría de la constancia.

**Palabras Claves:** Red de drenaje, parámetros hidrológicos, dinamismo hídrico - ambiental

## INTRODUCCIÓN

Si bien desde un punto de vista científico es bien probada la utilidad de estudiar la cuenca como un sistema, también lo es a los efectos prácticos (Chow, *et al*, 1994). Cualquier acción que afecte a un sector de la cuenca repercute indefectiblemente aguas debajo de la misma, una alteración en la utilización del territorio en el área de cabecera tarde o temprano se hará sentir en la desembocadura. Son precisamente estas alteraciones en el uso del suelo las responsables en gran parte de que sean más rigurosos los efectos de las crecidas en muchas áreas, y que los problemas de contaminación hayan aumentado sensiblemente (Sala Sanjaume y Batalla Villanueva, 1996).

A tal efecto se ha procedido a efectuar estudio hidrográfico e hidrológico de las cuencas del piedemonte de la vertiente oriental de la Precordillera de la Rioja, San Juan y Mendoza incluyendo la zona de interdigitación con la planicie aluvial en las que se desarrollan las unidades de paisaje: montaña, piedemonte y zona de contacto con la playa (Figura 1). Esta área hidrográfica está compuesta por cinco cuencas denominadas El Peral, Manzano, Chacras, Cerro Petaca y Pelota, las que forman los ríos temporarios Chacras de Coria y Tejo (Figura 2).

Las cuencas de referencia se localizan al sudoeste del Gran Mendoza entre los 32° 56' y 33° 02' de latitud S y 68° 50' y 69° 04' de longitud O, y abarcan parte de los departamentos de Las Heras y Luján de Cuyo. Presenta distintos pisos altitudinales de vegetación, un sector con clima semiárido y árido por arriba y por debajo de 1.120 m s.m. Su desarrollo es en sentido O- E, y va desde el C° de La Cruz - 2.762 m.s.m - hasta contactarse con la planicie aluvial - 850 m.s.m - y volcar sus excedentes hídricos al Canal Cacique Guaymallén; a excepción de un sector de la cuenca El Manzano que desagua al Río Mendoza mediante obra de trasvase Colector Blanco Encalada. El largo promedio de las cuencas alcanza los 16 km, con un ancho entre 4 y 5 km en sentido norte - sur, en tanto la pendiente media total es del 18 % y la superficie total es de 82,8196 km<sup>2</sup> (Salomón, 1998).

La red de desagüe está constituida por cauces de importancia, dada la superficie de las cuencas de alimentación. Estos cauces desembocan en la amplia playa o planicie aluvial del Mendoza, a la que ocasionalmente llega agua de crecientes o aluviones. Este sistema hidrográfico es tributario al Río Mendoza, aunque dado al actual uso del suelo sólo hay aporte de caudales excepcionales, a través del Canal Cacique Guaymallen. Estos cursos tuvieron su importancia en otras épocas, contribuyendo a la formación de los conos aluviales del piedemonte (Salomón, 1990).

Generalmente la red de drenaje es del tipo dendrítico en las primeras elevaciones de la unidad montañosa precordillerana, en bordes de glacis y cerrilladas. Es paralelo - subparalelo en los glacis y piedemonte, siendo dendrítico-pinnado en afloramientos terciarios, crestas sedimentarias y/o cerrillada de Mogotes. Existe cierta uniformidad en el interior de las unidades geomorfológicas, en tanto los ángulos de confluencia son más amplios en la Precordillera, cerrillada, crestas y bordes de glacis. A su vez son más agudos los ángulos sobre el glacis (González Loyarte, 1989).

Los valores extremos de densidad en el piedemonte del Gran Mendoza van de 4 a 20 km/km<sup>2</sup> (Duffar, 1983). Esto permite inferir que las cuencas de estudio poseen una textura media, propia de áreas con predominio de estratos de areniscas y depósitos de materiales mal consolidados, relativamente fácil de erosionar. Además de estos factores, la densidad de la red de drenaje se encuentra afectada por el comportamiento torrencial y la vegetación en franco proceso de degradación (Salomón y Fernández, 1998).

Hay mayor densidad en la unidad pedemontana que en la montañosa. Los valores de densidad van de 17 a 19 km/km<sup>2</sup> en la Cerrillada de Mogotes, descendiendo a un valor promedio de 12 a 16 km/km<sup>2</sup> en el resto del piedemonte (Glacis Principal y Superior) y de 10 a 13 km/km<sup>2</sup> en la Precordillera (González Loyarte, 1989).

Las cuencas de estudio tienen la forma de embudo, con garganta de evacuación que se encauza en el piedemonte e incide en la playa (Salomón, 1996).

En relación a la densidad de avenamiento para el área de estudio en las cuencas del Cerro Pelota y Cerro Petaca se observa un valor de densidad promedio de 10 km/km<sup>2</sup> (Salomón, 1991).

Sobre estas cuencas en las últimas décadas, el cambio de usos sobre la montaña y el piedemonte, ha generado la aceleración de los procesos de degradación ambiental, siendo la vegetación natural, el principal componente impactado. Los incendios, las actividades ganaderas sin manejo y los procesos de urbanización desordenados, se constituyen en los principales factores modeladores de este espacio (Salomón, 1997).

La diversidad ambiental, dinamismo hidrológico y presión antrópica presentes generan conflictos en el uso de la tierra, que se agravan por la falta de conocimiento sobre los ecosistemas y acciones mitigadoras integrales (Salomón, 1991).

La falta de aplicación de normas de planificación y usos del suelo en la zona ha dado lugar a un irracional aprovechamiento del territorio, que se manifiesta en la parte inferior y media de las cuencas seleccionadas con usos extractivos no regulados y explosiva ocupación residencial con altos impactos ambientales y modificación del equilibrio hidrológico (Salomón, 1996).

## **OBJETIVOS**

Efectuar estudio de parámetros morfométricos, hidrográficos e hidrológicos en cuencas andinas pedemontanas y precordilleranas áridas y semiáridas de tamaño medio, que permitan efectuar relaciones con el dinamismo hídrico-ambiental

## **MATERIALES**

Como documentos básicos se han utilizado para la elaboración del estudio y mapeo: Mapas de cuencas hidrográficas al oeste del Gran Mendoza. 1:50.000 y 1:25.000. Dirección de Hidráulica (1979,1991) e INCYTH (1994), Imagen Spot Pancromática de la Cuenca del Río Mendoza. (1996), Imagen Landsat TM7 (1998), Cartas temáticas de salida del estudio aplicación de Modelo Lluvia - Escorrentía en la Cuenca C° Pelota, C° Petaca, Chacras de Coria, Pto. El Peral y Manzano al O del Gran Mendoza, Salomón (1998), Restitución carta topográfica escala 1: 25.000 (1999), Modelo Digital de Terreno (MDT) Soria y Salomón (2000), Fotografías aéreas color y pancromáticas. Escala 1: 10.000, 1:25.000 y 1:50.000. Dirección Provincial de Catastro (1992), Hojas Spartan 1: 5.000. Dirección Provincial de Catastro. (1969), Mapa analítico geomorfológico de las cuencas del C° Pelota, C° Petaca, El Peral, Chacras de Coria y El Manzano. Escala 1: 25.000. Salomón (1996), Mapas Temáticos Proyecto Planificación y Ordenamiento Ambiental del Piedemonte al O del Gran Mendoza: Mapa de pendientes, hidrografía, zonificación ambiental y actividades. Escala 1:50.000. Instituto Argentino de Zonas Aridas - Gobierno de Mendoza y Facultad Latinoamericana de Ciencias Ambientales (1989-1994)

## METODOLOGÍA

Se definieron las divisorias de aguas de las cuencas de estudio y se digitalizaron los distintos tipos de cursos hidrográficos incluyendo cauces de primer orden, para lo cual se procedió a la fotointerpretación analítica y al procesamiento digital de la imagen Spot pancromática (1996) con su georreferenciación y verificación en el terreno (Salomón y Fernández, 1998).

Se realizó estudio hidrográfico mediante análisis cuantitativo de las cuencas de estudio y red de drenaje aplicando el estudio morfométrico de Horton (1945) con la modificación propuesta por Strahler (1964), ya que el mismo permite realizar las comparaciones entre áreas con redes de avenamiento (Duffar, 1983).

Se consideró lo planteado por Horton (1945) quien: "... determinó la norma que regía el grado de bifurcación entre los cursos de ordenes sucesivos, al comprobar que el número de cursos de un orden dado decrece sistemáticamente con el incremento del orden del curso. Esta genera una progresión geométrica de orden 3-5, aunque puede llegar a valores máximos de 7. Por tanto, al relacionar el número de segmentos de un orden determinado con el número de orden se obtienen rectas de regresión que corresponden a funciones exponenciales negativas. Las áreas de las cuencas de los cursos de los diferentes ordenes siguen esta misma pauta, mientras que la progresión geométrica que relaciona el orden de los cursos con la longitud de sus canales es similar pero de razón positiva..." (Sala Sanjaume y Batalla Villanueva, 1996).

Para elaborar el sistema de ordenamiento citado resulta de fundamental importancia la escala y calidad de la cartografía empleada (Palero, 1988). Para ello fue necesario contar con una cartografía a nivel de detalle a fin de evitar distorsiones. Se trabajó con fotografías aéreas escala 1: 10.000 y 25.000, Imagen Spot Pancromática de la Cuenca del Río Mendoza. (1996), Imagen Landsat (1998), Restitución carta topográfica escala 1: 25.000 (1999) y Modelo Digital de Terreno (MDT) corregido y georreferenciado con un valor de ajuste menor a 8m (Salomón, 2001).

Los parámetros principales que se cuantificaron, son: clasificación jerárquica y longitud de los cursos, área, largo, ancho y relieve de las cuencas. A partir de estos datos es posible la determinación de varias características del sistema fluvial, como la redondez o elongación de la cuenca, la densidad del drenaje, el orden y la frecuencia de los cursos, sus razones de bifurcación, de longitud y de áreas (Palero, 1988).

Se calcularon los siguientes parámetros de relieve, hidrográficos e hidrológicos:

- a) Curvas hipsográficas: se trata de aquellas curvas que: "... representan las superficies dominadas por encima de cada cota de terreno y por tanto caracterizan en cierto modo al relieve, siendo según Strahler (1964) esta curva un reflejo del estado de equilibrio potencial de la cuenca..." (Llamas, 1993 citado por Degioanni, 1995).
- b) Pendiente media: desde el punto de vista de la dinámica hídrica superficial de la pendiente interesa conocer fundamentalmente el gradiente y la dirección.: "... La pendiente media de una cuenca está definida por la media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales en que la línea de máxima pendiente es constante. Este concepto en el entorno SIG es equivalente a obtener la media aritmética de los valores de gradiente en una capa digital en formato raster que representa las alturas del terreno. En cambio la orientación de la pendiente es una magnitud angular. El procedimiento de cálculo de esta magnitud en cada píxel es rápido y sencillo de obtener pero calcular el valor medio del vector de orientación y la dispersión

correspondiente, es un procedimiento algo más complejo que la simple media aritmética aunque puede ser obtenido mediante operaciones con el SIG...” (Degioanni, 1995).

- c) Sistema de ordenamiento de cauces: establece el orden jerárquico de los mismos (Horton, 1945 y Strahler, 1964).
- d) Relación de Bifurcación (Rb): permite fijar aspectos lineales de la red: “*siendo la relación entre el número de cauces de un determinado orden y el número de cauces en el orden inferior*” (Horton, 1945 citado por Degioanni, 1995).
- e) Relación de Longitud (Rl): implica que la longitud media de los segmentos de cauce aproximadamente se triplica al incrementarse el orden: “*esta longitud media de segmento de cauce de orden sucesivos tiende a formar una progresión geométrica cuyo primer término es la longitud media de los segmentos de primer orden y tiene por razón una relación de longitud constante*” (Strahler, 1964 citado por Palero, 1988).
- f) Clasificación basada en la densidad de drenaje: es un sistema de clasificación independiente del orden de magnitud de la corriente. Se define como el cociente entre la longitud total de los cauces y el área de la cuenca (Degioanni, 1995).
- g) Índice de Compacidad o Coeficiente de Gravelius: es una relación contorno-superficie, definida por el cociente entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga la misma superficie de ésta (Degioanni, 1995).

## RESULTADOS

Se efectuó cartografía de detalle con la demarcación de cauces de distinto orden (Figura 3), los que fueron inventariados y clasificados en base de datos (Tabla 1)

**TABLA N° 1**  
**Características hidrográficas red de drenaje. Cuencas ríos Chacras de Coria y Tejo. Mendoza**

Orden de la corriente (U)	Número de la corriente (UN)	Longitud total (LT)	Porcentaje de frecuencias	Relación de bifurcación (RB)	Relación de longitud (RL)	Longitud media (km)	Densidad drenaje (DD)
1	1516	438,9	78,79	5,05	2,24	0,29	5,31
2	300	195,5	15,59			0,65	2,36
3	77	79,31	4,01	3,90	2,46	1,03	0,96
4	20	45,63	1,04	3,85	1,73	2,28	0,55
5	11	17,11	0,57	1,82	2,66	1,55	0,21
<b>Totales y medias</b>	<b>1924</b>	<b>776,65</b>	<b>100,00</b>	<b>3.65</b>	<b>2.27</b>	<b>0,40</b>	<b>9,38</b>

La superficie total de las cuencas de estudio llega a 82,8196 km<sup>2</sup>, y su pendiente promedio es del 18%.

La longitud de cauces de distinto orden es de 776,65 km y su longitud media es de 0,40 km lo que demuestra que hay una gran cantidad de cauces con recorridos cortos en general.

El número total de cauces en las cuencas de estudio, efectuando las sumatorias de los cauces de distinto orden y jerarquía es de 1.924, la cantidad de cauces promedio es de 23,27 por km<sup>2</sup> y su densidad media es de 9,38 km/km<sup>2</sup>. Este valor aumenta considerablemente en las subcuencas localizadas en la unidad precordillerana.

La relación de bifurcación (RB) obtenida para todas las cuencas de estudio es de 3,65 en promedio, siendo un valor muy próximo al obtenido por Palero (1988) que en la zona que fue de 4,07. En cuanto a la relación de longitud (RL) de cauces el mismo arrojo como resultado 2,27; cuyo valor medio es muy próximo al obtenido por la autora mencionada que fue de 1,97.

El índice de compacidad obtenido para las cuencas de estudio tiene un valor de 1,8; que la caracteriza como tipo óvalo-oblonga a rectangular-oblonga cuyo valor debe ser superior a 1,5.

Considerando las distintas subcuencas el orden principal llega a 5, aunque debe tenerse en cuenta que existen distintas salidas por colectores aluvionales, trasvases, defensas y desagües artificiales con vuelco al Río Mendoza y Canal Guaymallén que afectan la jerarquización natural.

En cuanto a la relación de bifurcación (RB), que expresa el grado de ramificación de la red de avenamiento o la proporción entre segmentos de un orden inferior y superior, se puede apreciar que esta presenta un orden decreciente inverso al número de ordenes que va de 5.05 correspondiente al primer orden a 1.82 en el quinto orden, en tanto su valor medio es de 3.65.

## CONCLUSIONES

Los valores de RB se aproximan a la clasificación referencial que es de 2,25 - 4,87 y con la RL, que es de 2.01- 2.87, cuyos rangos surgen del estudio y ajuste de 58 y 41 cuencas respectivamente (Palero, 1988). En consecuencia para las cuencas de estudio los valores obtenidos permiten ajustar los parámetros morfométricos de Horton (1945) acorde a la teoría de la constancia.

El valor de densidad de drenaje y cantidad de cauces por km<sup>2</sup> puede considerarse bajo a medio comparada al de otras cuencas vecinas, lo que indica que la alteración litológica y de la vegetación aún no es crítica sobre todo en las cabeceras de las cuencas de estudio.

La relación de valores de longitud no presenta valores constantes según número de ordenes de toda la red avenada. Entre el orden 2° a 3° y el orden 4° a 5° hay variación en los valores afectando la constancia planteada para este parámetro. Esto se debe a que son muy significativas las longitudes de los cauces de mayor orden de la cuenca, debiendo considerarse que esto se produce por la alteración de la red de avenamiento natural por cauces artificiales en el sector medio y distal del piedemonte.

Puede apreciarse que el gran número de cauces de primer orden, cuyo porcentaje de frecuencia es de casi el 79%, respecto a los otros órdenes. Esto implica la presencia de un sustrato muy poco permeable o impermeable próximo a la superficie y atestigua la importancia del proceso erosivo hídrico en las distintas unidades de paisaje.

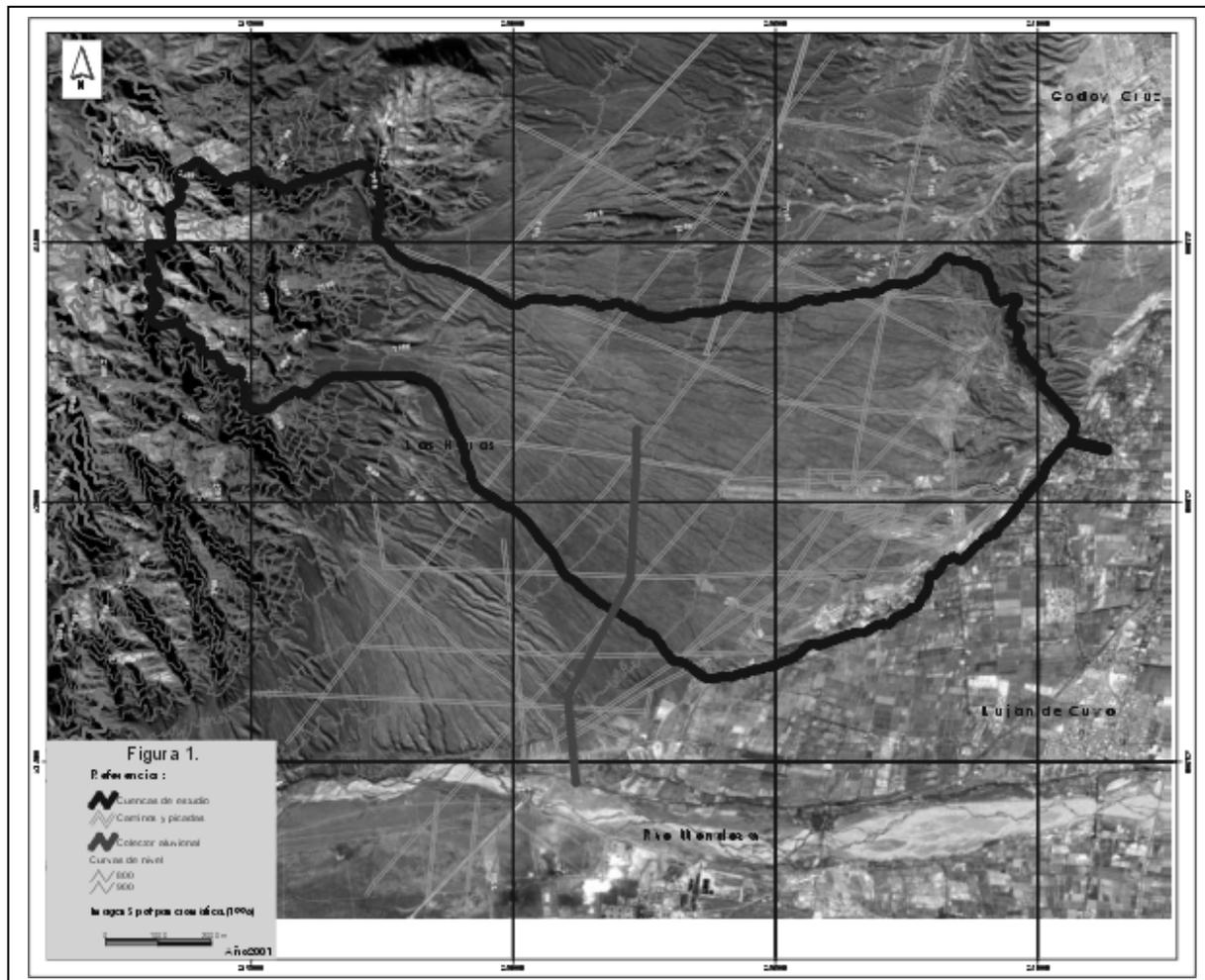
El tipo de configuración espacial de las cuencas de estudio genera una respuesta de escurrimiento menos rápida, concentrado la descarga en un tiempo mayor.

La red y tipo de drenaje analizado se ve influenciado por las distintas unidades litológicas de las cuencas, que afectan el comportamiento hidrológico y los regímenes de circulación de las aguas superficial y subsuperficial y escurrimiento estacional e intermitente de las cuencas seleccionadas.

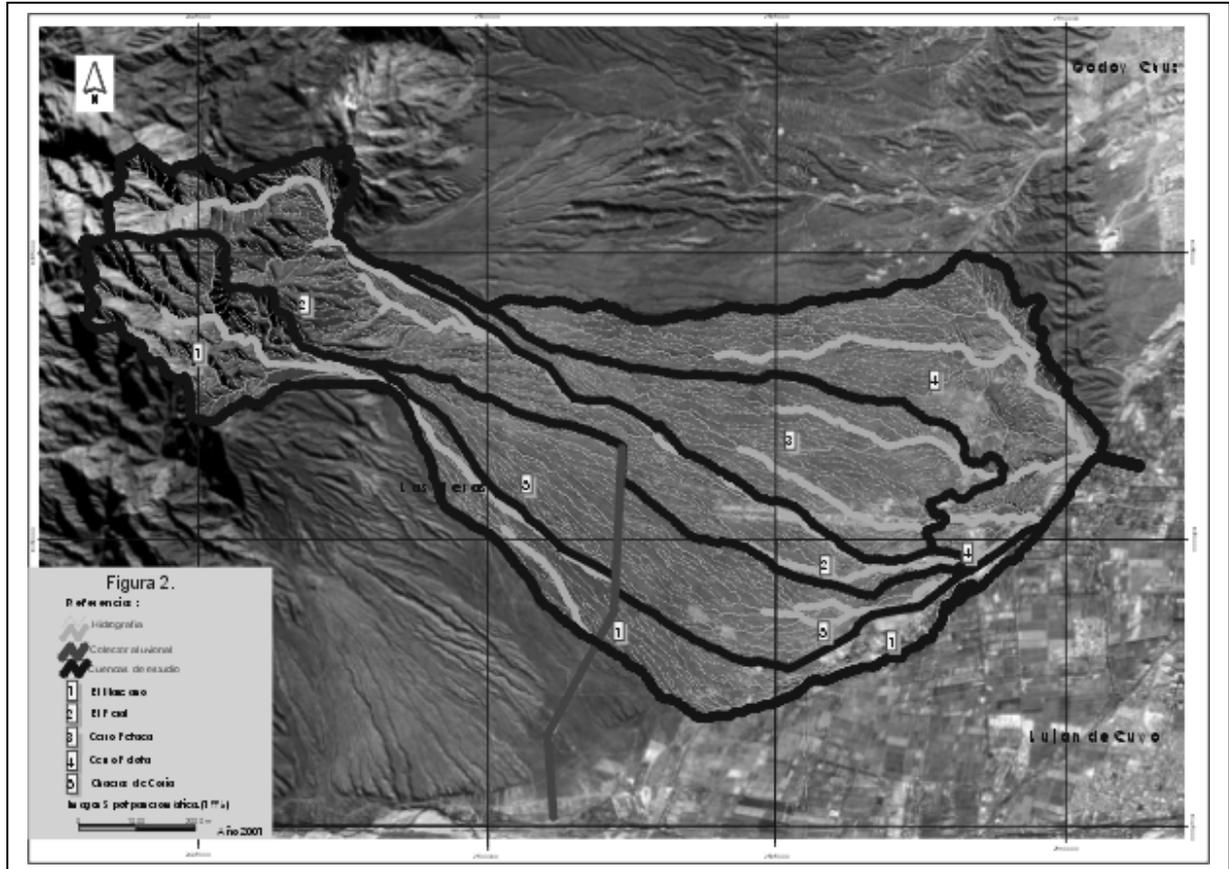
## BIBLIOGRAFIA

- Chow, V., Maidment, D. y W. Larry** (1994). *Hidrología aplicada*. Mc Graw – Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia
- Degioanni, A.** (1995) “*Aplicación de un Sistema de Información Geográfica para la estimación de caudales extraordinarios en la región centro-sur de Córdoba, Argentina.*” Universidad de Alcalá de Henares, España.
- Duffar, E.** (1983) “*Carta Hidrogeomorfológica de la cuenca del Arroyo Maure*”. En: Deserta, Volumen N° 7., Zeta Editores. Mendoza. Argentina.
- González Loyarte, M.** (1989) “*Carta de densidad de avenamiento del piedemonte de la Sierra de Uspallata al W de la Ciudad de Mendoza.* UNEP-IADIZA. Mendoza, Argentina.
- Horton, R.** (1945) *Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical application of quantitative morphology*. Bull. Geol. Soc. América. 56, EE.UU.
- Llamas, J.** (1993) *Hidrología General. Principio y aplicaciones*. Ediciones Universidad del País Vasco. Bilbao.
- Palero, M.** (1988) “*Evaluación del uso de imágenes Landsat en el análisis morfométrico de la red de drenaje y en el modelo HUIGC*”. En: Mecanismos de aprovechamiento hídrico en la región andina. Mendoza, Argentina
- Sala Sanjaume, M. y R. Batalla Villanueva** (1996) *Teoría y Métodos en Geografía Física*. Editorial Síntesis. Madrid.
- Salomón, M.** (1990) “*Recursos Hídricos*”. En: Proyecto I Planificación y Ordenamiento Ambiental del Piedemonte del Gran Mendoza. Capítulo 6. CRICYT. Mendoza, Argentina.
- Salomón, M.** (1991) “*Estudio Sobre el Impacto Ambiental provocado por la extracción de Aridos en el Piedemonte de la Sierra de Uspallata al oeste del Gran Mendoza*”. Ministerio de Economía -IADIZA. Mendoza, Argentina.
- Salomón, M.** (1996) “*Geomorfología de la Cuenca del C° Pelota, C° Petaca, El Peral, Chacras de Coria y El Manzano. Las Heras- Luján Mendoza*”. Universidad Nacional del Comahue. Neuquen, Argentina.
- Salomón, M.** (1997) “*Estudio de la Vegetación Actual en la Cuenca del C° Pelota C° Petaca, El Peral, Chacras de Coria y El Manzano. Luján y Las Heras - Mendoza*”. Universidad Nacional del Comahue. Neuquen, Argentina.
- Salomón, M.** (1998) “*Aplicación de Modelo Lluvia - Escorrentía en la Cuenca C° Pelota, C° Petaca, Chacras de Coria, Pto. El Peral y Manzano - Mendoza.*” Universidad Nacional del Comahue. Neuquen, Argentina.
- Salomón, M.** (2001) “*Estudio de cuencas precordilleranas y pedemontanas de los ríos Chacras de Coria y Tejo. Ensayo metodológico*”. Universidad Nacional del Comahue. 335 p. y anexo. Neuquen, Argentina.
- Salomón, M. y P. Fernández** (1998) “*Aplicación modelo lluvia-escorrentía*”. En: Anales Congreso Nacional del Agua. Tomo I :257-260. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina
- Strahler, A.** (1964). “*Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks*”. En: Chow, V. (ED), Handbook of applied Hydrology, McGraw-Hill. New York, EE.UU.

**Figura 1. Area marco de referencia. Cuencas del río seco Chacras de Coria y Tejo. Mendoza (Argentina)**



**Figura 2. Cuencas hidrográficas precordilleranas y pedemontanas del río seco Chacras de Coria y Tejo. Mendoza (Argentina)**



**Figura 3. Red de drenaje. Cuencas del río seco Chacras de Coria y Tejo. Mendoza (Argentina)**

