

# INFLUENCIA DE LA LITOLOGÍA EN LA VARIACIÓN DE LOS PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS, SISTEMA DE VENTANIA, ARGENTINA<sup>1</sup>

*Verónica Gil, Jorge O. Gentili, Alicia M. Campo*  
Universidad Nacional del Sur - CONICET. Bahía Blanca (Argentina)

## RESUMEN

El área de estudio se localiza en el sector Sur del Sistema de Ventania al Suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Las sub-cuencas del arroyo del Oro, Ventana, Sauce Corto y Pantanoso drenan laderas opuestas. La dinámica fluvial de las mismas es generada por la combinación de factores hidrometeorológicos, geológicos y geomorfológicos. El análisis de los índices morfométricos reflejan las interacciones entre los distintos factores. Por ello, el objetivo del presente trabajo es analizar, a partir de índices morfométricos, la influencia de la litología, estructura y morfología en la dinámica fluvial de 4 sub-cuencas del ambiente serrano.

Se analizaron y compararon para cada sub-cuenca la Relación de Bifurcación ( $R_b$ ), Densidad de Drenaje (Dd), Índice de Torrencialidad y Coeficiente de almacenamiento. La  $R_b$  entre órdenes sucesivos resultó más representativa para identificar variaciones litológicas y cambios en la dinámica fluvial. El análisis del  $R_b$  medio conjuntamente con la relación de longitud y razón de elongación permitió elaborar conclusiones sobre la respuesta hidrológica de las cuencas. La representatividad areal y el tipo de roca aflorante, por un lado y la pendiente del sector de estudio por otro, influyen en los resultados obtenidos en la Densidad de Drenaje.

**Palabras clave:** morfometría, densidad de drenaje, relación de bifurcación, Sistema de Ventania, cuenca de drenaje.

## ABSTRACT

The area dealing with this study is located at the South of the Ventania system, in the Southwestern of Buenos Aires province, Argentina. The sub-basins of Oro's creek,

---

Fecha de recepción: 11 de julio de 2008. Fecha de aceptación: 16 de julio de 2009.

<sup>1</sup> El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto de investigación «*La Geografía Física del Sur de la provincia de Buenos Aires. Relaciones entre el hombre y el medio natural*», dirigido por la Dra. Alicia M. Campo, SGCYT, UNS, 24/G034. Universidad Nacional del Sur y CONICET. 12 de octubre y San Juan. (8000) Bahía Blanca. e-mail: verogil@uns.edu.ar, jogentili@uns.edu.ar, amcampo@uns.edu.ar.

Ventana, Sauce Corto and Pantanoso drain off opposite hillside. The fluvial dynamics of this sub-basins is generated by the inter-relationships of hydrometeorological, geological and geomorphological factors. The morphometric indexes reflect the interactions between these factors. Therefore, the aim of this paper is to analyze morphometric indexes to determinate the influence of lithology, structure and morphology of river dynamics in 4 sub-basins mountain environment.

For each sub-basin, the Bifurcation ratio (Rb), Drainage Density (Dd), Torrencial Index and Storage Coefficient have been analyzed and compared. The Rb between successive orders was more representative to identify lithologic variations and changes in river dynamics. The analysis of mean Rb, length ratio and elongation ratio allowed to take conclusions about the behaviour of hydrological basins. The type of outcrop rock, its areal distribution and the slope of each basin have influence upon Drainage Density value.

**Key words:** Morphometry, Drainage Density, Bifurcation Ratio, Sistema de Ventania, drainage basin.

## INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es una unidad dinámica, natural y refleja asociaciones entre suelo, agua, geología y vegetación. El análisis morfométrico en el estudio de cuencas y sus redes de drenaje proporciona información tanto geológica como hidrológica de relevancia que puede ser aplicada posteriormente al estudio de la dinámica y procesos fluviales. La morfometría supone la cuantificación del medio físico para luego poder establecer comparaciones entre cuencas próximas, siendo esto último de gran interés para el conocimiento de su comportamiento hídrico. Los trabajos realizados en esta temática en el área de estudio (Rabassa, 1982; Arbanesi *et al.*, 1988; Gil y Campo, 2000; Gil y Campo, 2002) se refieren principalmente a la cuenca alta del río Sauce Chico y del río Sauce Grande.

Las cuencas objeto de análisis se desarrollan en un sector del Sistema de Ventania. El mismo forma un conjunto de elevaciones bien definidas en sentido Noroeste - Sureste, tiene unos 175 km de longitud y alcanza un ancho máximo de 50 km. Posee pendientes pronunciadas, está compuesto por roca metamórfica de bajo grado en el sector más alto y materiales coluviales de piedemonte y sedimentos loésicos y limo-arcillo-arenosos del Cuaternario en los sectores de menor pendiente. La importante variación litológica y la estructura compleja (Harrington, 1947; 1980) se refleja en el diseño y funcionamiento de las redes hidrográficas. Los arroyos del Oro y Ventana drenan hacia el Sur a la vertiente atlántica y la cuenca alta de los arroyos Sauce Corto y Pantanoso (tributario del anterior) lo hacen en dirección al centro de la provincia de Buenos Aires aportando aguas a la cuenca endorreica cuyo nivel de base corresponde a las lagunas que ocupan la depresión Carhué-Vallimanca (Fig. 1).

La combinación de los factores hidrometeorológicos, geológicos y geomorfológicos es la principal causa generadora de la dinámica fluvial en el área de estudio. Se destacan los eventos extremos de baja periodicidad generados por precipitaciones torrenciales que producen avenidas, reactivan la erosión lineal y lateral de los cauces y producen inconvenientes en el normal desarrollo de las actividades socio-económicas. El estudio del

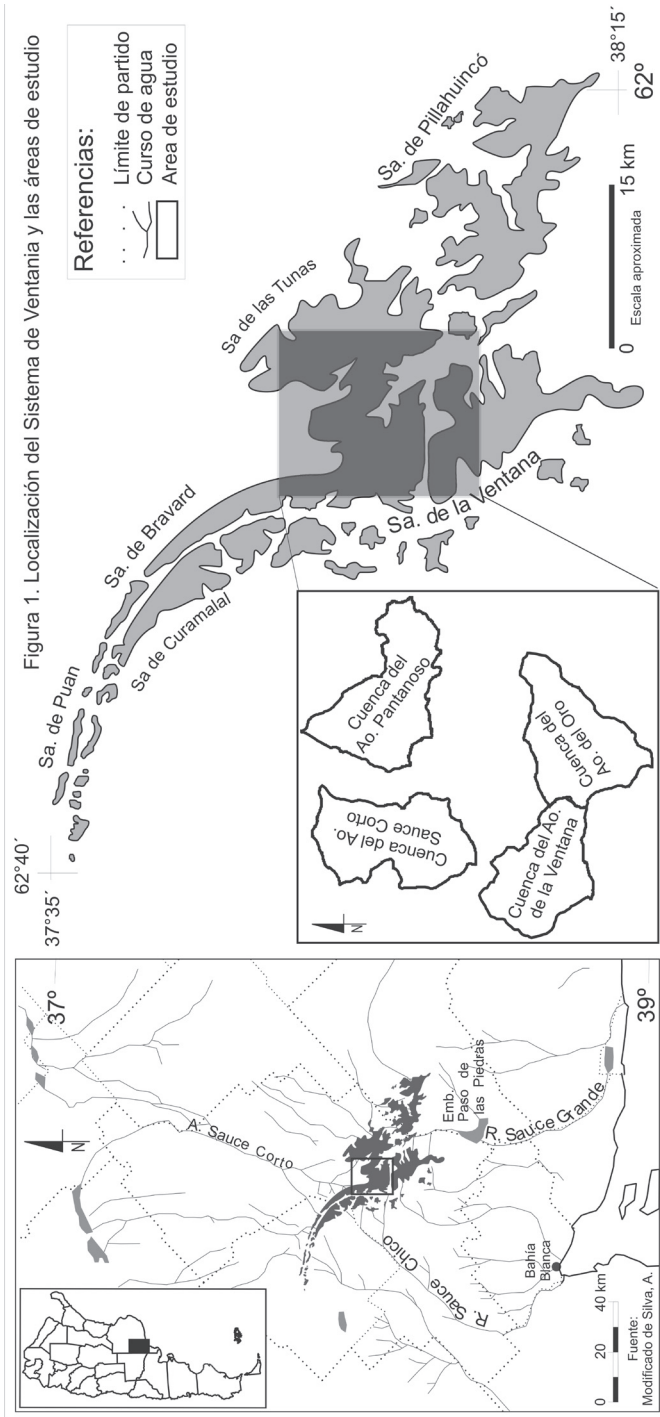


FIGURA 1  
 Localización del Sistema de Ventania y las áreas de estudio.

comportamiento y dinámica hídrica de una cuenca ante eventos torrenciales se torna difícil cuando no se cuenta con información meteorológica e hidrométrica contemporánea que permita su correlación o cuando las mismas están desactualizadas o bien son inexistentes. Este es el caso de las cuencas abordadas en este trabajo. Por ello, se subraya la importancia del exhaustivo análisis de diferentes variables e índices morfométricos que reflejan o destacan las interacciones entre los distintos factores. Por ello el objetivo del presente trabajo es analizar a partir de índices morfométricos la influencia de la litología, estructura y morfología en la dinámica fluvial de cuatro sub-cuencas del ambiente serrano.

## BASE CARTOGRÁFICA Y METODOLOGÍA

La delimitación de las sub-cuencas hidrográficas se realizó trazando la línea divisoria de aguas (Heras, 1983). Se utilizaron cartas topográficas a escala 1:50.000 proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar (I.G.M). Las distintas variables temáticas (límites, red de drenaje, curvas de nivel) fueron digitalizadas en ARC View 3.2. Se realizaron los controles de campo y se utilizaron fotografías aéreas del año 1981 a escala 1:25.000 para cotejar la información cartográfica. Se calcularon las precipitaciones medias mensuales del período 1994-2005. Debido a la carencia de datos climatológicos oficiales actuales del área de estudio, se utilizaron registros de lluvias pertenecientes a los establecimientos rurales Nonthue y El Pantanoso.

Para realizar el análisis morfométrico se jerarquizaron las redes de drenaje y se asignó a cada segmento de cauce un número de orden según la metodología propuesta por Strahler (1974) modificada de Horton (1945). Para el trazado del cauce principal se utilizaron los criterios topográfico y de longitud, dado que en las cuatro sub-cuencas ambos coinciden. Se trabajó sobre una proyección horizontal, por lo tanto los valores obtenidos para los parámetros de medición directa corresponden a la longitud cartográfica de los mismos. Se obtuvieron índices de medición directa (área, perímetro y longitud de los cauces). Se calcularon los índices de Relación de Bifurcación ( $R_b$ ) y Densidad de Drenaje ( $Dd$ ). Para complementar la interpretación de estos índices se obtuvieron las Relaciones de Longitud ( $R_l$ ), Elongación ( $R_e$ ) y el Coeficiente de Almacenamiento (Tabla 1).

Estos índices morfométricos son aplicados al estudio de las formas y procesos fluviales, así como a la dinámica hídrica desde mediados del siglo pasado por Horton (1945), Schumm, (1956), Gregory y Wallings (1973), Strahler, (1974), Knighton (1984), Morisawa (1985), Jardí (1985), Romero Díaz y López Bermúdez (1987) entre otros. Senciales González (1999) retoma los índices desarrollados por los autores mencionados anteriormente y realiza una valoración crítica de las metodologías más frecuentemente utilizadas en el campo de la morfometría fluvial. Esta visión integradora permite efectuar un análisis más exhaustivo de cada índice. Por esta razón, el cálculo de los índices morfométricos en este trabajo se realiza sobre la base de los analizados por dicho autor.

El criterio de comparación entre sub-cuencas a los fines de este estudio se realizó sobre la base de áreas semejantes. Este hecho permite analizar la dinámica hídrica entre las sub-cuencas. Asimismo, permitió la experimentación y el trabajo de campo en áreas diagnóstico para luego transferir resultados a cuencas cercanas y con características semejantes.

TABLA 1  
Parámetros morfométricos, fórmula e interpretación de sus resultados.

Relación de Bifurcación ( $R_b$ )		
$R_b = N_u / N_{u+1}$	$N_u$ : Número de cauces de orden u.	Permite la identificación de posibles anomalías de drenaje.
Densidad de Drenaje (Dd)		
$Dd = \frac{\sum_{k=1}^n L_k}{A}$	$L_k$ : Longitud del cauce número k. n: Total de cauces. A: Área total de la cuenca.	Revela el estado erosivo de una red hidrográfica. El parámetro se relaciona con la litología, la cobertura vegetal y el clima del área.
Relación de Longitud ( $R_l$ )		
$R_l = L_u / L_{u-1}$	$L_u$ : Longitud de los cauces de orden u.	Complementa la interpretación de la $R_b$ y permite inferir las etapas evolutivas de la red.
Coeficiente de Almacenamiento ( $\rho$ )		
$\rho = R_l / R_b$	$R_l$ : Relación de Longitud $R_b$ : Relación de longitud	Permite evaluar la capacidad de almacenamiento de la cuenca durante las crecidas de caudal por lluvias. Si los valores tienden a la unidad el agua meteórica tiende a ser almacenada en forma subterránea.
Relación de Elongación ( $R_e$ )		
$R_e = \frac{(1,129 * \sqrt{A})}{L}$	A : Área de la cuenca. L : Longitud del cauce principal.	Indica la razón entre el diámetro de un círculo con la misma área que la de la cuenca y la longitud del cauce principal. Cuanto más se acerca a 1, más se aproxima la cuenca a la forma de un círculo.

### Área de estudio

Por sus características climáticas, el área de estudio está comprendida en la franja planetaria de climas templados con veranos e inviernos bien marcados y primaveras y otoños moderados. A lo largo de esta faja climática se presentan variaciones espaciales en las temperaturas y en las precipitaciones. Ellas guardan relación con la continentalidad, exposición a los flujos de aire dominantes, orientación de la costa y corrientes oceánicas (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). La existencia de una acentuada variación interanual, determina la alternancia de períodos húmedos y secos característicos de la región pampeana.

En el sector de estudio la presencia del Sistema de Ventania genera una sobreexcitación orográfica de las precipitaciones zonales del orden de los 110 mm (Casado *et al.*, 2007). La precipitación media anual en dos estaciones representativas del sector para el período 1994 - 2005, son de 895,17 mm para la Estancia El Pantanoso y 766,08 mm para la Estancia Nonthue. El registro comparado evidencia un período de lluvias que se extiende entre los meses de octubre y abril donde la media supera los 60 mm al mes (Fig. 2).

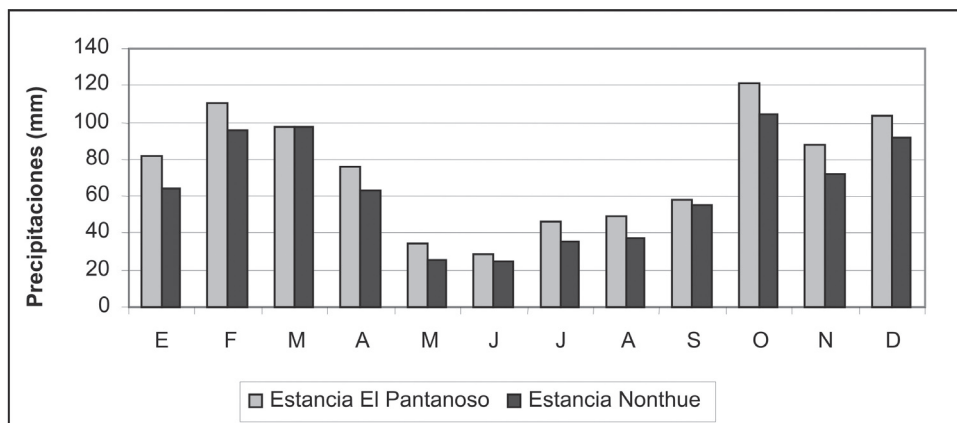


FIGURA 2

Precipitación media mensual. Estancia El Pantanoso - Estancia Nonthue (1994-2005).

### *Cuenca alta del arroyo Ventana*

Se ubica en el sector occidental del cordón de Ventana y es una sub-cuenca de la cuenca del río Sauce Chico, uno de los principales cursos de agua que tienen origen en las Sierras Australes. Abarca un área de 50,75 km<sup>2</sup> y su perímetro es de 31,56 km. La mayor altura se encuentra sobre el límite Norte de la cuenca a unos 1.172 m. En general la red de drenaje posee un diseño sub-dendrítico, esto se debe al control estructural que se refleja en los sectores donde el ángulo de confluencia entre los cursos es aproximadamente de 90° (Fig. 3).

El curso principal recorre un valle transversal a la estructura plegada. Este valle se dispone en sentido Este-Oeste y labra un valle sobre depósitos cuaternarios. Si bien recibe afluentes de ambas márgenes, los de mayor desarrollo son los de la margen derecho. Estos nacen entre los 1.000 y 800 m y desembocan en el arroyo de la Ventana a una altura de 450 m, discurren sobre la Fm. Bravard y la Fm. Napostá (Harrington, 1947). Los afluentes de la margen izquierda son más escasos y nacen a alturas entre 750 m y 600 m y discurren sobre la Fm. Napostá.

La formación Bravard está integrada por areniscas de grano grueso hasta conglomerádico. Intercalados se encuentran lentes y bancos delgados de conglomerados de dos a tres metros de espesor. La formación Napostá que sigue directamente a la de Bravard está integrada por areniscas cuarcíticas muy homogéneas de grano fino a muy fino, compactas, macizas y densas (Harrington, 1947).

### *Cuenca del arroyo del Oro*

La sub-cuenca del arroyo del Oro es tributaria del río Sauce Grande. La misma discurre sobre los faldeos Sur-orientales del cordón de Sierra de la Ventana con una superficie de 59,95 km<sup>2</sup> y un perímetro de 36,57 km. Los cursos nacen a una altura entre 900 y 1.000

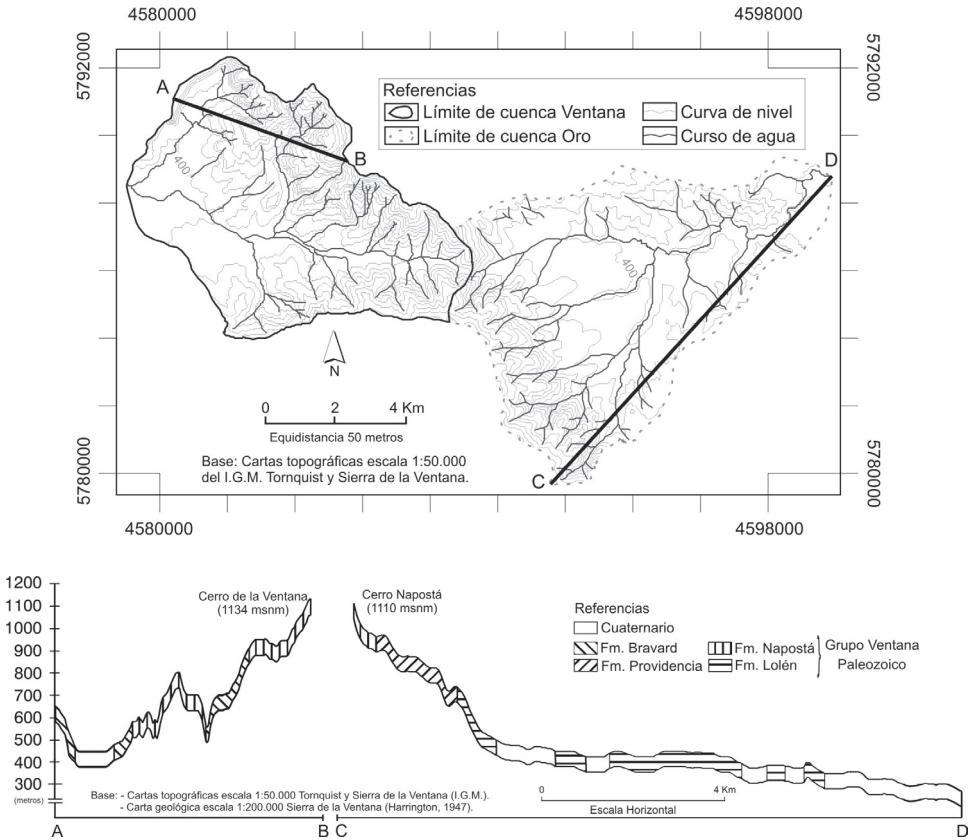


FIGURA 3

Base topográfica y perfil geológico de la cuenca del arroyo de La Ventana y del Oro.

m y discurren generalmente en dirección Sureste - Este y Este para luego desembocar en el río Sauce Grande a unos 300 m. Los principales afluentes descargan sus aguas en la margen derecha del arroyo del Oro (Fig. 3).

Dentro de los límites de la cuenca del arroyo del Oro aflora la Fm. Napostá y Providencia, en el sector de cabeceras y la Fm. Lolén, que abarca la parte media y aflora en forma discontinua en los sectores bajos (Fig. 4). La Fm. Napostá anteriormente descrita tiene el menor porcentaje areal y corresponde a las mayores alturas de la cuenca. La Fm. Providencia está formada por areniscas cuarcíticas compactas, densas y macizas en la mitad superior mientras que la mitad inferior está formada por areniscas esquistosas de grano fino entre las que se intercalan numerosos bancos de esquistos arcillosos. La Fm. Lolén está compuesta por metaarenitas de cuarzo-feldespatos-muscovita estratificadas y bancos delgados de filitas y pizarras (Harrington, 1974 y Massabie y Rosello, 1984).

Se observa en general una red de drenaje bien integrada, con diseño sub-dendrítico. La mayoría son cursos de agua intermitentes y sólo los mayores (El Belisario, del Oro)

mantienen los caudales, estos son mínimos en periodo de escasas precipitaciones. Los rápidos y saltos de agua son frecuentes en aquellos sitios donde aflora roca de base o mantos de tosca resistentes, característica que se observa en las otras cuencas analizadas. La cuenca está fuertemente controlada por la estructura en el sector donde aflora la Fm. Lolén (Gil y Campo, 2007).

*Cuenca alta del arroyo Sauce Corto*

El área de la sub-cuenca es de 54,06 km<sup>2</sup> y el perímetro de 35,96 km. La mayor altura es de 974 m, mientras que el punto de control seleccionado corresponde a las proximidades del casco de la estancia Lolén, antes de recibir las aguas del arroyo homónimo, a una altura cercana a los 350 m. Presenta un desnivel de 624 m y los perfiles topográficos transversales de la cuenca evidencian una notable asimetría entre las vertientes occidental y suroccidental y la oriental. Las primeras presentan alturas máximas que exceden los 950 m mientras que la última apenas supera los 600 m.

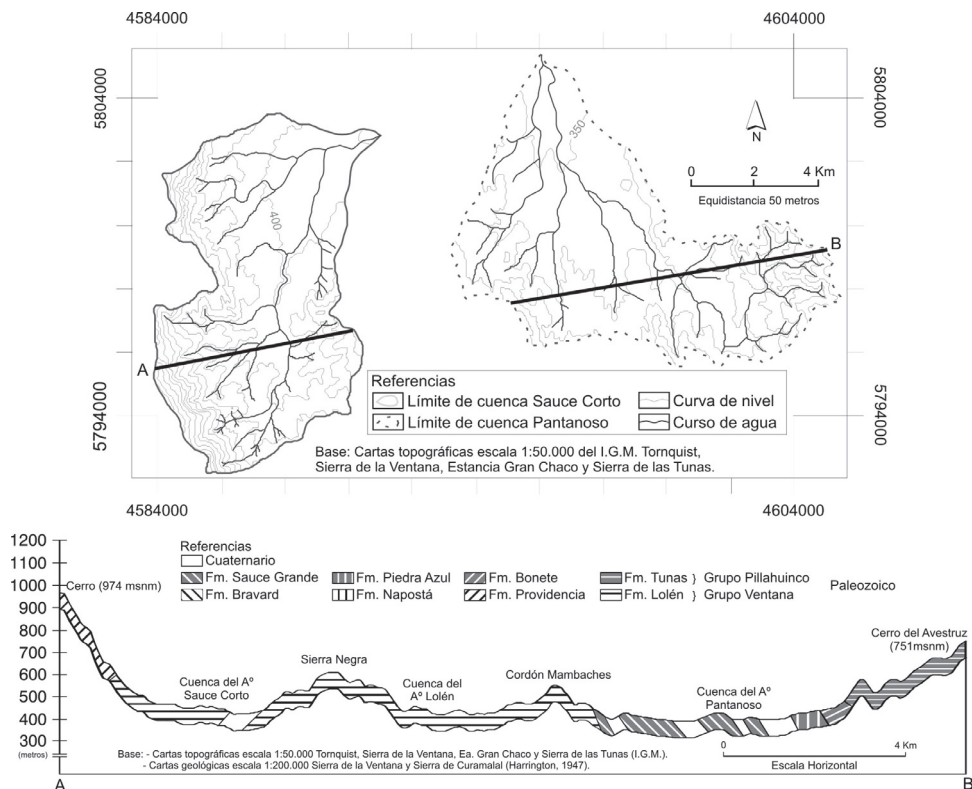


FIGURA 4

Base topográfica y perfil geológico de la cuenca del arroyo Sauce Corto y Pantanoso.



Los afluentes más importantes del curso principal son los que llegan a él por su margen izquierda. Dichos cursos de agua drenan las vertientes oriental de las Sierras de Bravard y nororiental de las Sierras de la Ventana por abruptas pendientes, asociadas a las importantes alturas de los picos. Los tributarios a la margen derecha son escasos y provienen de alturas que apenas exceden los 600 m en la vertiente occidental de la Sierra Negra. A partir de los 410 m, decrece notablemente la pendiente y el curso principal comienza a disectar los sedimentos cuaternarios (Fig. 4).

La red de drenaje del arroyo Sauce Corto incide, en el sector serrano, litologías del Devónico inferior correspondientes al grupo Ventana (Fm. Providencia y Fm. Lolén). En los valles intermontanos y en la llanura discurre encajado en sedimentos Pleistocenos. Las formaciones Napostá y Providencia están compuestas por ortocuarcitas macizas y densas, mientras que la formación Lolen consta de areniscas a menudo micáceas y muy esquistas (Harrington, 1947, 1980). En el sector de la cabecera del curso principal así como en los afluentes que éste recibe por su margen derecha, se observa la mayor cantidad de cursos de primer orden, hecho vinculado a la presencia del grupo litológico Lolén en el sustrato (Demoulin *et al.*, 2005).

#### *Cuenca alta del arroyo Pantanoso*

La sub-cuenca tiene un área total de 58,49 km<sup>2</sup> y su perímetro es de 40,13 km. El cauce principal del Pantanoso se origina en las Sierras de las Tunas, donde la confluencia de varios arroyos por ambas márgenes se da en sentido aproximado Este-Oeste, transversalmente a la disposición de los estratos litológicos. El curso de agua sigue una dirección Nornoreste-Sursuroeste y luego, de manera abrupta, al ingresar al área de sedimentos Pleistocenos adopta una nueva dirección Sursureste-Nornoroeste que mantiene hasta confluir en el Sauce Corto (Fig. 4).

La red de drenaje del arroyo Pantanoso discurre sobre cuatro formaciones litológicas que componen el Grupo Pillahuinco de edad Pérmica. La Fm. Sauce Grande, formada por gruesos conglomerados entre los que se intercalan areniscas silicificadas y esquistos cuarcíticos, ocupa el sector Oeste de la cuenca. Las formaciones Piedra Azul y Bonete, son las de menor espesor y afloran en el sector central con una disposición aproximada Nornoroeste-Sursureste. Están compuestas por pizarras y areniscas cuarcíticas respectivamente. Por último, la Fm. Las Tunas presenta las mayores alturas de la cuenca y aflora en el sector oriental. Está compuesta principalmente por areniscas silicificadas de grano muy fino. En su ingreso a la llanura el arroyo discurre sobre sedimentos Cuaternarios.

## **RESULTADOS**

El área de una cuenca hidrográfica está estrechamente relacionada con su comportamiento hidrológico. Las sub-cuencas elegidas poseen áreas que varían entre 50 y 60 km<sup>2</sup> (Tabla 2).

El nivel jerárquico alcanzado en todos los casos es 4, observándose variaciones notorias en el número de cursos de ordenes 1 y 2 (Tabla 2). Dichas diferencias, con origen en la distribución de la litología subyacente, son responsables de las alteraciones en el trazado de la red hidrográfica.

TABLA 2  
Cantidad de cauces por orden y área de las cuencas de estudio.

Datos	Área	ORDEN				TOTAL
		1er	2do	3ro	4to	
C_de la Ventana	<b>50,75</b>	72	22	5	1	<b>100</b>
C_del Oro	<b>59,95</b>	72	25	4	1	<b>102</b>
C_Sauce Corto	<b>54,06</b>	49	15	4	1	<b>69</b>
C_Pantanosos	<b>58,49</b>	36	11	3	1	<b>51</b>

*Relaciones de Bifurcación, Longitud y Razón de elongación*

Los valores medios de la Relación de Bifurcación obtenidos para las cuatro cuencas, se ubican entre 3 y 5, rango que corresponde a cuencas de montaña y sin demasiada dependencia estructural (Senciales González, 1999 y Strahler, 1974). Las cuencas de la vertiente Noreste presentan escasa variación entre  $R_b$  de órdenes sucesivos y entre éstos y  $R_b$  medio. Es más acusada la diferencia entre valores de órdenes consecutivos en las cuencas de la vertiente Sur, principalmente en la cuenca del arroyo del Oro (Tabla 3).

TABLA 3  
Relación de bifurcación, relación de longitud y razón de elongación para las cuencas de estudio.

Cuencas/Vertiente	Relación de Bifurcación ( $R_b$ )					Relación de longitud ( $R_l$ )					Razón de elongación ( $R_e$ )
	ORDEN					ORDEN					
	1er	2do	3ro	4to	Medio	1er	2do	3ro	4to	Medio	
C_de la Ventana/S	3,27	4,40	5,00	--	<b>4,22</b>	--	1,72	4,66	0,56	<b>2,31</b>	<b>0,7</b>
C_del Oro/S	2,88	6,25	4	--	<b>4,38</b>	--	1,43	3,90	1,88	<b>2,40</b>	<b>0,53</b>
C_Sauce Corto/NE	3,27	3,75	4	--	<b>3,67</b>	--	2,37	1,69	5,05	<b>3,04</b>	<b>0,61</b>
C_Pantanosos/NE	3,27	3,66	3	--	<b>3,31</b>	--	1,72	4,66	0,56	<b>2,31</b>	<b>0,48</b>

Las cuencas de la vertiente Sur presentan mayores  $R_b$  medio que las que drenan la vertiente Noreste, por lo que podrían esperarse picos de crecida en tiempos más cortos. En general, los valores de  $R_b$  entre órdenes muestran homogeneidad en las cuencas analizadas. Se observan cambios bruscos entre órdenes consecutivos en la cuenca del Oro. La mayor alteración en la dinámica hídrica se produce entre los cursos de orden 2 y 3 ( $R_b = 6,25$ ). Una causa de esta configuración se debe al cambio de litología (Fm. Lolén – sedimentos Cuaternarios) a una altura aproximada de 500 m. Asimismo, el elevado número de cursos de orden 2 está asociado a que los mismos discurren sobre afloramientos de la Fm. Lolén. La composición litológica y el elevado diaclasamiento de la formación favorecen el desarrollo de líneas de escorrentía. Otra de las causas del alto  $R_b$  es el cambio brusco de pendiente que tiene lugar también a los 500 m.

Se observan altos valores de  $R_i$  entre los órdenes 2 y 3 de las cuencas de los arroyos de la Ventana, del Oro y El Pantanoso. Los mismos remarcan las conclusiones obtenidas para los valores de  $R_p$ , donde el valor de la alteración se produce por los cambios de litología. En el caso de la cuenca del arroyo Sauce Corto, la variación en el valor de  $R_i$  se produce entre los órdenes 3 y 4. Esto se debe a la configuración topográfica de la cuenca, se observa en la figura 4 el cambio de pendiente se ve reflejado entre los órdenes 3 y 4.

Según Sala y Gay (1981), la existencia de distintos valores en la  $R_i$  se interpreta como indicio de dos etapas erosivas en una misma cuenca. A su vez, altas  $R_i$  revelan una concentración paulatina de caudales a lo largo del colector principal, mientras que bajas relaciones muestran mayor energía concentrada bruscamente. Con frecuencia las cuencas con mayor elongación se desarrollan sobre litologías más resistentes o más impermeables. Los valores de  $R_c$  inferiores a 1, implican formas alargadas. Los índices bajos obtenidos, indican cuencas poco circulares y corresponden a cuencas de montaña, escarpadas y alargadas (Jardí, 1985; Senciales González, 1999).

El valor más alto corresponde a la cuenca alta del arroyo de la Ventana ( $R_c$ : 0,70) y está en consonancia con la resistencia que presentan las areniscas cuarcíticas que componen las Fm. Napostá y Providencia. De Oeste a Este disminuye la resistencia del material a la erosión, coincidiendo con las sucesivas formaciones litológicas. Las cuencas de los arroyos Sauce Corto ( $R_c$ :0,61) y del Oro ( $R_c$ :0,53) se desarrollan principalmente sobre la Fm. Lolén. Demoulin *et al.*, (2005) sostienen que los esquistos Devónicos de la Fm. Lolén de las cuencas interserranas correspondientes al área de estudio son fácilmente erosionables respecto de las restantes formaciones que componen el grupo Ventana. Finalmente, la cuenca alta del arroyo Pantanoso presenta una  $R_c$  de 0,48, coincidiendo mayormente con la Fm. Sauce Grande.

#### *Análisis de Densidad de Drenaje y Coeficiente de Almacenamiento*

La Densidad de Drenaje es controlada por la litología, por la facilidad con la que se infiltra el agua de lluvia bajo la superficie del terreno hasta alcanzar el nivel freático y por la presencia o ausencia de cobertura vegetal (Strahler, 1974). Para las áreas analizadas, la cobertura vegetal es similar y está caracterizada por comunidades vegetales como la *Stipa caudata*, *Sipa ambigua*, *Discaria longispina*, *Eryngium eburneum* y gramíneas endémicas como la *Festuca ventanícola*, *Festuca pampeana* entre otras. Se consideró por lo tanto como parámetro más influyente en la Densidad de Drenaje, la variación litológica.

Los valores de Densidad de Drenaje obtenidos en las distintas cuencas analizadas se mantienen entre 1 y 2 km/km<sup>2</sup>. Las diferencias se observan entre las cuencas de la vertiente nororiental y las de la vertiente Sur (Tabla 4). Estos valores son considerados como baja densidad de drenaje y textura gruesa por Gregory y Wallings (1973), Morisawa (1985), Senciales González (1999) y Marchetti (2000). Los valores bajos están asociados a zonas de gran masividad litológica, así como a materiales muy permeables y con alta infiltración, característica presente en el área.

TABLA 4

Valores de Coeficiente de Almacenamiento y Densidad de Drenaje para cada cuenca.

Índices	C_de la Ventana	C_del Oro	C_Sauce Corto	C_Pantanososo
Coeficiente de Almacenamiento	0,57	0,62	0,83	0,70
Densidad de Drenaje (km/km <sup>2</sup> )	1,67	1,58	1,14	1,20

Las diferencias litológicas previamente enunciadas explican la variación del parámetro en las distintas cuencas, hecho que corrobora los resultados obtenidos por Rabassa (1998). El autor establece valores de densidad de drenaje medios para cada litología (ejemplo: Fm. Lolén 4,73, Cenozoico exclusivamente 2,17 y Depósitos pedemontanos 1,84). Asimismo correlaciona la influencia del porcentaje de roca base aflorante y Cenozoico con la densidad de drenaje, hecho que se verifica en las cuencas analizadas. En las mismas, las pequeñas variaciones en este parámetro, se deben a la mayor o menor presencia de determinadas formaciones, porosidad secundaria de las mismas y la pendiente.

El coeficiente de almacenamiento en las cuencas de estudio disminuye a medida que la densidad de drenaje aumenta. Esto implica que cuanto menor cantidad de agua está efectivamente disponible para escurrir en superficie, producto de la infiltración (coeficiente de almacenamiento alto), entonces se verifica una menor densidad de drenaje. En esta situación particular influye la importante porosidad secundaria que presentan las rocas en el sector. Los valores menores del coeficiente se dan en la cuenca del arroyo de la Ventana (0,57) y la cuenca del arroyo del Oro (0,62). Estas cuencas en particular presentan casos de crecidas relámpago (flash flood) que afectan a los sectores poblados aledaños.

## CONCLUSIONES

Si bien se registraron diferencias en los valores de la densidad de drenaje, la  $R_b$  entre los órdenes sucesivos resultó más representativa para identificar variaciones litológicas y cambios en la dinámica hídrica en el área de estudio. Los valores obtenidos en las cuencas de los arroyos del Oro y Sauce Corto permitieron reconocer un cambio en el sustrato (Fm. Lolén – sedimentos Cuaternarios) y un decrecimiento en la intensidad de las pendientes a partir de los 500 m.

Por otra parte, del análisis del  $R_b$  medio, se observó que a excepción de la cuenca del arroyo Pantanososo, que presenta poca pendiente y una marcada homogeneidad en los  $R_b$  consecutivos, el resto de las cuencas presenta un menor retardo en la concentración de la escorrentía. El análisis de este parámetro conjuntamente con la relación de longitud y razón de elongación permitió elaborar otras conclusiones acerca de la respuesta hidrológica de las cuencas. Las altas  $R_1$  revelan una concentración paulatina de caudales a lo largo del colector principal, mientras que bajas relaciones muestran mayor energía concentrada bruscamente. Esta característica se verifica en las cuatro cuencas analizadas.

Para la obtención de la densidad de drenaje se tomó como unidad areal de análisis la superficie total de cada una de las cuencas. Los resultados obtenidos de Densidad de

Drenaje se pueden contrastar y confirman con valores similares obtenidos por Rabassa (1998) en otros sectores del Sistema de Ventania con igual litología. La representatividad areal y el tipo de roca aflorante, por un lado y la pendiente del sector de estudio por otro, influyen en los resultados obtenidos.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARBANESI, G., VERCESI, V., GONZALES URIARTE, M. (1988): «Análisis geomorfológico de la cuenca superior del río Sauce Chico (Sierras Australes- Prov. de Buenos Aires)». *Segundas Jornadas geológicas bonaerenses. Actas*. Bahía Blanca, pp. 187-200.
- CAMPO DE FERRERAS, A., CAPELLI DE STEFFENS, A. y DIEZ, P. (2004): *El clima del Suroeste bonaerense*. Departamento de Geografía y Turismo, UNS. Bahía Blanca, 99 pp.
- CASADO, A. L.; GIL, V.; CAMPO, A. M. (2007): «Consecuencias de la variación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del arroyo El Belisario. Buenos Aires, Argentina.» *Revista Huellas N° 11*. Miño y Dávila Editores. pp. 9-26.
- DEMOULIN A.; ZARATE, M.; RABASSA, J. (2005): «Long-term landscape development: a perspective from the southern Buenos Aires ranges of east central Argentina» *Journal of South American Earth Sciences 19*. pp. 193-204.
- GIL, V. y CAMPO, A. (2000): «Cuenca del Arroyo del Oro: Características hidrográficas y los efectos sobre la población». *Actas III Jornadas de Geografía Física*. Santa Fe, Argentina. pp.153-159.
- GIL, V. y CAMPO DE FERRERAS, A. (2002): «Estudio de variables morfométricas de cuencas hídricas». *Actas IV Jornadas de Geografía Física*. Mar del Plata, Argentina. pp. 107-113.
- GIL, V. y CAMPO, A.M. (2007): «Carta geomorfológica de la cuenca del arroyo del Oro, Buenos Aires, Argentina.» *Anales de la Sociedad Chilena de Estudios Geográficos: En Prensa*.
- GREGORY, K. y WALLING, D., (1973): *Drainage basin. Form and process: a geomorphological approach*. Londres, Edward Arnold. 458 pp.
- HARRINGTON, H. (1947): *Explicación de las hojas geológicas 33 m y 34 m Sierra de Curamalal y de la Ventana, Pcia. de Bs. As.* Ministerio de Industria y Minería. 43 pp.
- HARRINGTON, H. (1980): «Sierras Australes de la provincia de Buenos Aires». *Segundo Simposio de Geología Regional Argentina*. Córdoba. pp. 967-983.
- HERAS, R. (1983): *Recursos Hidráulicos. Síntesis. Metodología y Normas*. Madrid: Cooperativa de publicaciones del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 631 pp.
- HORTON, R. E. (1945): «Erosional Development of stream and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology». *Geol. Soc. Amer. Bull. n° 56*, pp. 275-370.
- JARDÍ, M. (1985): «Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen». *Revista de Geografía*. Volumen XIX. Departamento de Geografía de la Universidad de Barcelona. pp 41-68.

- KNIGHTON, D. (1984): *Fluvial forms and processes*. Londres, Edward Arnold. 218 pp.
- MARCHETTI, M. (2000): *Geomorfología Fluviale*. Pitagora Editrice, Bologna. 247 pp.
- MASABIE y ROSELLO (1984): «La discordancia pre-Formación Sauce Grande y su entorno estratigráfico Sierras Australes de Buenos Aires, Argentina.» *9º Congreso Geológico Argentino, Actas 1*. pp. 337-352.
- MORISAWA, M. (1985): *Rivers. Form and process*. Longman. Geomorphology texts. K. M. Clayton. University of East Anglia. London and New York. 223 pp.
- RABASSA, J. (1982): «Variación regional y significado geomorfológico de la densidad de drenaje en la cuenca del río Sauce Grande, provincia de Buenos Aires.» *Asoc. Geol. Arg., Rev. XXXVII (3)*. pp. 268-284.
- ROMERO DIAZ, M. y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1987): «Morfometría de Redes Fluviales: Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al Alto Guadalquivir.» *Papeles de Geografía (Física)*, N° 12, pp. 47-62.
- SALA, M. y GAY, R. (1981): «Algunos datos morfométricos de la cuenca del Isábena.» *Notes de Geografía Física*, N° 4. Departament de Geografia, Universitat de Barcelona. Barcelona. pp 41-65.
- SCHUMM (1956): «The evolution of drainage system and slopes in badlands at Pearth Amboy, New Jersey.» *Bulletin of Geological Society of America* 67, pp. 597-646.
- SENCIALES GONZALEZ, J. (1999): *Redes Fluviales. Metodología de Análisis*. Universidad de Málaga. 337 pp.
- STRAHLER, A. (1974): *Geografía Física*. Editorial Omega, Barcelona. 767 pp.