

HIDROGEOMORFOLOGIA DE LA CUENCA EN EL RÍO SAUCE CHICO, ARGENTINA*.

*Esta presentación corresponde al proyecto *La Geografía Física del Sur de la Provincia de Buenos Aires. Relaciones del hombre y el medio natural*, que cuenta con el apoyo de la SGCyT, Universidad Nacional del Sur. 12 de octubre y San Juan. (8000) Bahía Blanca.

Mariana Paula Torrero y Alicia M. Campo*****

** Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, (mtorrero@uns.edu.ar)

*** Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur; Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, (amcampo@uns.edu.ar)

RESUMEN

El río Sauce Chico nace en el Sistema de Ventania, en el Suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina y desagua en el estuario de la bahía Blanca. Su cuenca alta está conformada por tres cursos principales. Recorre un amplio valle muy aterrazado sin recibir ningún tributario permanente y se caracteriza por desarrollarse en un ambiente mixto y en forma alargada. El área de estudio ocupa una superficie de 1.588 km² y se divide en cuatro unidades según sus características hidrográficas. La primera, la zona de aporte, presenta un drenaje subdendrítico muy denso. La segunda se diferencia por presentar características alóctonas y se torna muy divagante. En la tercera unidad se vuelve aún más divagante con formación de albardones semilunares; estas dos áreas constituyen la zona de transporte. La cuarta zona es de depositación, se evidencia una disposición distributiva que demarca el cono aluvial del río. La aplicación del método del análisis hipsométrico permitió la evaluación objetiva cualitativa que estableció un estado tendiente a la madurez para la cuenca en el sector considerado. Sin embargo, existen evidencias de que el área sufre una etapa de rejuvenecimiento. El objetivo de este trabajo es analizar como unidad de estudio, la hidrogeomorfología de la cuenca del río Sauce Chico.

Palabras clave: Cuenca río Sauce Chico, procesos fluviales, hipsometría, hidrografía.

ABSTRACT

The Sauce Chico river is born in the Ventania System, in the Southwest region of Buenos Aires province, Argentina, and runs towards the Blanca bay estuary. It flows through a broad valley with terraces without the contribution of any perennial tributary. Three main courses, located in the high part integrate its basin, characterized for developing in mixed environment and in an elongated way, it occupies a surface of 1588 km². The area of study is divided in four units according to its hydrographic characteristics. The first one, the contribution zone, presents a very dense subdendritic drainage. The second one differs from the rest for its allochthonous characteristics and it turns very scattered. The third unit turns more scattered than the second one with the formation of half-moon shape levees, this two areas conform the transportation zone. The fourth zone is the deposition one, a distributive disposition which delimits the alluvial cone of the river, is evident in this area. The application of the hypsometric analysis allowed the objective qualitative evaluation that established a leaning maturity state of the basin in the considered area. However evidence shows that the area is going through a rejuvenation stage. The objective for this project is to analyze the hydrogeomorphology of the Sauce Chico river basin as a single study unit.

Key words: Sauce Chico river basin, fluvial processes, hypsometry, hydrography.

INTRODUCCIÓN

El río Sauce Chico desarrolla una cuenca en forma alargada, nace en el Cerro Luisa a 825 msnm, en el Sistema de Ventania, en el Suroeste de la provincia de Buenos Aires y desagua en el estuario de la bahía Blanca. Tres cursos principales conforman su cuenca en la zona alta, los arroyos Chaco, Barril y Ventana y recorre un amplio valle muy aterrizado sin recibir ningún tributario permanente. Dos corrientes intermitentes se le unen por la margen izquierda, una en la cuenca media y la más importante, el arrollo Saladillo de Lázaga en la cuenca baja. Su curso central es de 140 km de longitud. La cuenca abarca una superficie de 1.588 km² y limita hacia el este con la cuenca de los arroyos Napostá Grande y Saladillo de García y hacia el Oeste con la cuenca del arroyo Chasicó. Atraviesa los partidos de Tornquist, Villarino y Bahía Blanca (Figura 1).

La cuenca se divide en cuatro unidades según sus características hidrográficas. La primera corresponde a la zona de aporte (Schumm, 1977; Zavala y Quatrocchio, 2001) que se extiende desde las nacientes en el sector serrano hasta 350 – 400 m en el pie de sierra y ocupa una superficie de 397,17 km². La red de drenaje es del tipo subdendrítica muy densa, los cambios de dirección en el escurrimiento y los gradientes de pendiente evidencian cierta dependencia estructural (González Uriarte, 1984; Senciales González, 1999). La segunda unidad se caracteriza por ser el río alóctono y presentar un aspecto muy divagante. En la tercera, deja de ser alóctono al recibir el aporte de un curso temporario y se vuelve aún más divagante con formación de albardones semilunares. Las dos áreas ocupan una superficie de 1.146,10 km², forman la zona de transporte y ocupan el área comprendida entre los 350 m hasta los 60 – 70 m (Schumm, 1977; Zavala y Quatrocchio, 2001). A partir de allí comienza la zona de depositación un área de 45 km², que se extiende desde los 60 m aproximadamente, hasta su desembocadura. En esta zona el río se bifurca y demarca su cono aluvial. La morfología está bien definida en el tramo superior y en la mayor parte del curso medio, a partir del cual comienzan a manifestarse cambios en el drenaje que afectan los usos agrícolas y ganaderos de la zona. Las variaciones altitudinales así como su elevación media, son datos esenciales que caracterizan el funcionamiento de la esconrentía en la cuenca. Por tal motivo, se analizarán las características fisiográficas, geológicas, estructurales e hidrogeomorfológicas de la cuenca del río Sauce Chico que determinan el comportamiento del agua superficial.

El área se encuentra comprendida en la faja zonal de climas templados, caracterizada por la heterogeneidad estacional que presenta inviernos húmedos y veranos secos. Las temperaturas medias oscilan entre los 14 °C y 20 °C y las lluvias le otorgan el carácter subhúmedo (Campo de Ferreras et al., 2004). El medio físico se caracteriza por presentar un ambiente mixto, un área montañosa y una extensa llanura con pendientes muy suaves y pastizales. La vegetación natural, se manifiesta por un escaso tapiz vegetal de estepa xerófila donde alternan arbustos de bajo porte y pastos duros. Predominan las gramíneas y la ausencia de arbórea natural (Bruno et al., 1999; Benedetti y Campo de Ferreras, 2002; Campo de Ferrera y piccolo, 1999). El uso dentro del sistema serrano es exclusivamente pecuario en la ladera alta y agropecuario en el pie de sierra. En el área de llanura alternan agricultura y ganadería y en la terraza fluvial la explotación hortícola (Bruno et al., 1999; González Uriarte, 1984).

MATERIALES Y MÉTODOS

La información cartográfica se volcó a un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.). Se realizó la delimitación de la cuenca a partir de las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.) a escala 1:50.000 las que previamente fueron georreferenciadas; 3763-35-4, Ea. Gran Chaco; 3963-5-1, Ea Los Cerritos; 3963-5-2 Tornquist; 3963-6-1, Sa. De la Ventana; 3963-5-4, Tres Picos; 3963-5-3, Ea. Fuerte Argentino; 3963-4-4, Pelicurá; 3963-11-1, Ea. La Planicie; 3963-10-2, Chasicó; 3963-11-4, Nueva Roma; 3963-11-3, Ea La Vitícola; 3963-16-2, Médanos y 3963-17-1, Bahía Blanca. Se digitalizaron las curvas de nivel y los cursos de agua de toda la cuenca. La utilización de este S.I.G. permitió el cálculo, cruzamiento y análisis de datos a partir de los cuales se generaron mapas hipsométricos, de unidades hidrográficas e hidrogeomorfológicas.

Para la caracterización morfológica se calcularon pendientes, áreas y longitudes hídricas y topográficas. Se dividió a la cuenca según sus características hidrográficas por considerar que las respuestas hídricas están asociadas a diferencias geológicas y geomorfológicas de la cuenca (González Uriarte, 1984; Carrica, 1998). En función del análisis realizado, se estableció como límite para el estudio hipsométrico la curva de 290 m. A partir de este nivel comienza a manifestarse un cambio abrupto de pendiente en dirección Norte – Noreste y un descenso sostenido hacia el Suroeste – Sureste, hasta la desembocadura. Se aplicó el método hipsométrico (área/altura) para el área comprendida hasta los 290 m y se realizó una evaluación cualitativa mediante

la representación gráfica del relieve medio de la cuenca (Strahler, 1952; Remenieras, 1974).

La aplicación de este método permitió describir características morfométricas de la cuenca fluvial, determinar el estadio de evolución del paisaje y reconocer la existencia de la estrecha relación entre la curva hipsométrica y las características hidrológicas de la cuenca (Strahler, 1952, 1957, 1964, 1968; Miller, 1953; Coates, 1956 y 1972; Schumm, 1956; Chorley y Morley, 1956; Morisawa, 1964; Flint, 1972; Heras, 1983; Remenieras, 1974; Maderey, 1973; Llamas, 1993; Monsalve Sáenz, 1999). También fue empleado por Irondo (1972) en un sector de las Sierras Centrales de Córdoba, en forma similar a lo propuesto por Strahler (1952) y por Munguía y Campo de Ferreras (2003) en la cuenca del arroyo Pescado castigado, en el Sureste de la provincia de Buenos Aires.

Siguiendo a Strahler (1952, 1957, 1964), Remenieras (1974), Maderey (1973), Llamas (1993), Monsalve Sáenz (1999) en el eje de las ordenadas se graficaron las cotas de las curvas de nivel consideradas y en el eje de las abscisas, la superficie de la cuenca que se halla por encima de las cotas de altura fijadas en ordenada. La curva resultante se convirtió en función adimensional usando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos, dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. El análisis y estudio de Rabassa (1979) en la cuenca total del río Manso Superior y en sus subcuencas demuestra la utilidad de este gráfico adimensional en hidrografía para el estudio de las edades de los ríos y de similitud entre dos o más cuencas. La curva obtenida representa el perfil de la cuenca y puede reemplazarse, como también se graficó en este trabajo, por el histograma de frecuencias altimétricas. Este representa la superficie, en km² o en porcentaje, comprendida entre dos niveles, siendo la marca de clase el promedio de las alturas. Contiene la misma información que la curva hipsométrica pero con una representación diferente y una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca.

A partir de las curvas anteriores se determinaron:

Altitud media: Abscisa media de la curva hipsométrica (Remenieras, 1974). Infiere en el escurrimiento y en otros elementos que también afectan al régimen hidrológico, como el tipo de precipitación, la temperatura, etc. Se obtiene aplicando la fórmula (Maderey, 1973; Hera, 1983; Monsalve Sáenz, 1999):

$$H = \sum (c_i * a_i)$$

Siendo:

H : Elevación media de la cuenca.

c_i : Cota media del área i , delimitada por dos curvas de nivel

a_i : Área i entre curvas de nivel.

A : Área total de la cuenca.

Altitud de frecuencia media: Altitud correspondiente al punto de abscisa medio de la curva de las frecuencias altimétricas (Remenieras, 1974).

Altitud más frecuente: Valor máximo de la curva de frecuencias altimétricas (Remenieras, 1974; Monsalve Sáenz, 1999).

Relación hipsométrica: Es el cociente entre las áreas sobre y bajo la curva hipsométrica. Representa el estado de equilibrio morfológico de la cuenca. Un $R_h = 1$ indica una cuenca equilibrada (Llama, 1993).

Integral hipsométrica: Es el área bajo la curva hipsométrica. Determina el grado de madurez de la cuenca. Valores elevados corresponden a estadios de desequilibrio o "juventud"; valores intermedios identifican paisajes en estado de equilibrio o "madurez" y bajos valores a estados senil o "monadnock" (Strahler, 1952).

Se efectuaron salidas de relevamiento de campo para la confrontación cartográfica, observación y análisis del terreno.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Río Sauce Chico, importante recurso hídrico del Suroeste bonaerense

Se considera al río Sauce Chico representativo de los cursos de agua que drenan la vertiente meridional del Sistema de Ventania, junto al arroyo Napostá Grande son los únicos aportes permanentes con los que cuenta el estuario de Bahía Blanca (Arbanesi *et al.*, 1988; García y García, 1964). Los arroyos Chaco, Barril y

Ventana son los cursos principales de su cuenca, constituyendo este último el afluente más caudaloso por recibir los aportes de los arroyos San Juan y San Pedro. Recorre un amplio valle muy aterrazado desarrollando un carácter prácticamente alóctono, hasta la cuenca baja donde se le une el arroyo Saladillo de Lázaga. Se caracteriza por tener un cauce bien definido. En su trayecto hacia la desembocadura adquiere un recorrido de forma semicircular con rumbo Este-Oeste. El ritmo del caudal hidrológico es semejante al ritmo de las lluvias, registrando dos crecidas anuales, en marzo y octubre, por lo que el régimen se clasifica como régimen hidrológico de alimentación pluvial con doble crecida (Grondona, 1975). El mayor porcentaje se encuentra debajo de los 270 msnm, a partir de allí disminuye notablemente el gradiente de pendiente, no superando el 2%. Prácticamente en toda la cuenca el flujo está bien encauzado.

Caracterización geomorfológica

El paisaje en general forma parte de la denominada *Pampa interserrana y pedemontana* (Fidalgo *et al.*, 1975) y la morfología es resultado del relieve zonal. La cuenca abarca las macrounidades geomorfológicas reconocidas por González Uriarte (1984) como *Sistema serrano* (Ss) y *Nivel de planación general* (Npg) correspondientes al dominio del positivo de Ventania y al primer paleonivel marino, del subdominio litoral (Fig.2).

Dentro del Sistema serrano, los *Cerros y serranías* (Cs) configuran un relieve plano y plano-cóncavo por donde discurre el Río Sauce Chico, que junto a las *Planicie de valle* (Pv) correspondientes a las áreas planas interiores al sistema y a los *Valles intraserranos* (Vi) integran esta gran unidad (González Uriarte, 1984; Arbanesi *et al.*, 1988). Las sierras están formadas por rocas cuarcíticas del Paleozoico inferior, fuertemente plegadas, caracterizadas fundamentalmente por el buzamiento que presentan los grandes pliegues primarios (Harrington, 1974). Los afloramientos rocosos se encuentran por encima de los 350 – 400 msnm y se extienden por una superficie de aproximadamente 100 km². Estas rocas constituyen la divisoria de las aguas superficiales y subterráneas de la cuenca por el Norte, Noroeste, Este y Sureste. Su alta resistencia a la erosión permite definir un relieve montuoso, abrupto, continuo y de crestas bien definidas producto de las condiciones litológicas y estructurales que presentan (Albouy, 1994). En los Cerros y serranías se diferencian dos zonas, el *Frente libre de roca* (Fl), coincidente con la vertiente o ladera alta, con gradientes mayores al 20% y con roca expuesta, donde se da un fuerte control estructural y una faja de *Pie de sierra* (Ps) falda o ladera baja, con predominio de

depósitos coluviales y gradientes que varían entre 5 y 20%. Las alturas del límite inferior del Pie de sierra oscilan entre los 400 y 350 m (González Uriarte, 1984; Arbanesi *et al.*, 1988) (Figura 2).

El grado de inclinación de las pendientes occidentales es mayor respecto a las orientales como consecuencia de las características estructurales y la degradación es mayor en las últimas por su orientación respecto al sol. Las geoformas características del relieve serrano son los valles intermontanos. Desde el punto de vista morfológico pueden clasificarse como de vertiente, transversales o *abras* y longitudinales. Los primeros se desarrollan en las laderas, presentan la típica sección en “V” y se encuentran exondando la fracturación de las rocas. Los cursos de agua que se desarrollan en estos valles son de carácter intermitente, pierden definición en el pie de sierra y desaparecen por infiltración en el piedemonte. Numerosos valles transversales atraviesan la Sierra de Curamalal, éstos determinan un borde occidental caracterizado por la discontinuidad, mientras que el borde oriental conformado por las Sierras de Bravard y Ventana no presenta discontinuidades. Las máximas alturas se alcanzan en los cerros Destierro Primero en las sierras de la Ventana, con 1.172 m; de la Ventana, 1.134 m, La Sofía, 959 m; La Providencia, 929 m; Gran Chaco, 865 m; Pan de Azúcar, 741 m y de los Terneros, 637 m. En el área interserrana se desarrollan valles longitudinales y trasversales, que dan lugar a la formación de corrientes de agua, jóvenes y permanentes y a las planicies de valle (Arbanesi *et al.*, 1988). El área presenta una cubierta sedimentaria moderna formada por sedimentos del Piloceno y Cuartario constituidos por depósitos superficiales de origen fluvial, coluvial y eólico, al pie de áreas en pendiente (Albouy, 1994) (Figura 2).

El *Nivel de planación general* se caracteriza por ser una planicie plana que se extiende desde el pie de sierra hasta los 70 – 60 m, en el *frente de escarpa frontal* (Ef), área en pendiente producto de acciones erosivas a partir de la cual el curso de agua pierde rápidamente el carácter encajonado, confundándose con la planicie de la terraza moderna. Asimismo González Uriarte (1984) propone desde el punto de vista morfológico, la subdivisión de este nivel en *Área de piedemonte* (Pd) y *Llanura subventánica* (Llv), que se correspondería a la *Llanura extra serrana* de Arbanesi *et al.*, (1988) según sus características eólicas superficiales, el relieve local y el comportamiento del drenaje.

El área de piedemonte conecta las sierras con la llanura. Es una faja de transición que posee un límite distal difuso y difícil de precisar caracterizado por

presentar un gradiente topográfico más fuerte que el de la llanura y procesos coluviales atenuados progresivamente. Es una típica zona de infiltración del agua meteórica evidenciada por la ausencia casi absoluta de cauces erosivos (González Uriarte, 1984; Albouy, 1994). Los gradientes topográficos del sector serrano descienden y oscilan entre 1 y 5% en el piedemonte y son menores al 1% en la llanura. En este ambiente llano la pendiente regional se orienta en dirección Sur. En proximidades del valle los desniveles abruptos de hasta 30 m producen un cambio notable de pendiente. El área presenta una cubierta sedimentaria integrada por los sedimentos pampeanos (Fidalgo *et al.*, 1975) y depósitos más modernos de origen eólico y fluvial que se encuentran disectados por el curso del río.

En la zona de depositación, se presentan tres asociaciones (Merenco, 1994) unidades morfológicas reconocidas como planicies de marea y marismas que permiten la interconexión del drenaje continental con el ambiente marino (Figura 2). Según Codignotto (1987) son extensas áreas de escasa pendiente que soportan condiciones subaéreas y subacuáticas vinculadas al ascenso y descenso de las mareas. Adquieren características diferenciadas por efecto de la actividad marina en relación a las propiedades que estos ambientes tienen para sostener especies vegetales.

1. La *Planicie Intermareal funcional, reciente y actual* (If). Ubicada en el terreno próximo al área de contacto del brazo del río con canal principal de mareas. Se diferencian la *planicie de marea* de inundación diaria, amplias superficies subhorizontales, limo-arcillosas, que dominan gran parte del área estuarial son cubiertas por pleamar dos veces al día, de constitución fangosa y nula vegetación y las *marismas*, cubiertas con mareas extraordinarias. Estas últimas, están atravesadas por canales y paleocanales, es un borde de transición hacia los sectores de seco permanente. Los suelos están constituidos por arenas finas y limo arcillosos consolidados, en parte salinos y sometidos a la erosión hídrica continental.
2. La *Planicie Intermareal no funcional, antigua* (Inf). Compuesta por cordones litorales, de conchillas y por la planicie litoral antigua.
3. La *Planicie de Transición mixta* (Tr), inactiva. Predomina la cobertura de origen fluvio-eólica, correspondiente al sector de quintas.

Características hidrográficas

Las características hidrográficas dan lugar a cuatro tipos de paisajes (Figura 3):

1. Área con predominio de tramos integrados:

Es la zona de aportes. Se extiende desde las nacientes en el sector serrano hasta el pie de sierra y ocupa una superficie de 397,17 km². Los cursos son de carácter permanente y estacionarios, generados por convergencia de escorrentías y aportes de vertientes. Conforman en esta parte de la cuenca un diseño integrado subdendrítico con marcado control estructural en algunos cursos de 1° y 2° orden, lo que se evidencia por un cierto paralelismo de los mismos. Los sistemas de diaclasas también ejercen un buen control estructural sobre el drenaje confiriéndoles una clara angularidad, mientras que las fuertes pendientes favorecen al escurrimiento superficial generando vías de escurrimiento de carácter torrencial (Carrica, 1998) y la profundización del valle. Estas características le otorgan alta capacidad y competencia al curso de agua incrementando el proceso de erosión fluvial.

En sectores del pie de sierra y al ingresar a la planicie de valle la infiltración dificulta la integración de los cursos de menor orden, principalmente en la subcuenca Ventana que por desarrollarse en su mayor parte en la planicie de valle, no logra alcanzar una buena estructuración de su red (Arbanesi *et al.*, 1988).

El colector principal y sus subcolectores son de tipo subsecuente. En algunos tramos del recorrido manifiestan una marcada disposición angular, evidencia de control estructural. Este control se torna más evidente cuando el río se adosa al pie de ladera del Cerro Chaco, en este sector del curso el valle se caracteriza por una marcada asimetría (Arbanesi *et al.*, 1988). La disposición se torna sinuosa en los tramos restantes, con encajonamiento de meandros, indicios de reactivación erosiva que se atribuye a un aumento de gradiente, producto del descenso del nivel del mar durante la última glaciación y el consecuente ascenso del área continental por compensación isostática (Kostadinoff *et al.*, 1981)

2. Área alóctona:

Zona de transporte. Con un área de 227 km², ocupa la parte superior del nivel de planación general. El río presenta un aspecto divagante y no recibe el aporte de ningún curso de agua.

3. Área con tributarios:

Zona de transporte. Ocupa una superficie de 919,1 km² y se extiende en la parte inferior del nivel de planación general. El río se vuelve más divagante y conforma albardones semilunares. Recibe por la margen derecha el aporte de dos corrientes intermitentes una al Norte y la del arroyo Saladillo de Lázaga, al Sur, ambas con nacientes en cárcavas. Estos se encuentran beneficiados por su cercanía a las sierras y por tener aportes freáticos. El borde Noreste se caracteriza por el desarrollo de cuerpos lagunares intermitentes.

4. Área de abanico aluvial:

Con terrenos inundables y anegamiento. Se extiende por 45 km² desde la escarpa frontal hasta su desembocadura confundiendo con la planicie de la terraza marina moderna. Es el área en donde el río sufre el mayor impacto antropogénico desde el punto de vista de las obras realizadas como son la rectificación en diferentes puntos de su curso, dragado de su lecho, perforaciones para extracción del agua y la canalización del brazo desde donde se bifurca, a la altura del Paraje La Horqueta, 7 km antes de su desembocadura, demarcando ambos cursos su cono aluvial.

Hidrografía, Altimetría de la cuenca

Las respuestas de los fenómenos hidrológicos varían según las geoformas del terreno. Las características hidrogeomorfológicas y el cálculo de la distribución altimétrica de la cuenca hidrográfica, determinaron una cuenca caracterizada por un relieve mixto, con predominio de llanura en un 75% en donde no se superan los 300 m. La pendiente media de toda la cuenca del río Sauce Chico es de 2,36% y desciende un 25% (1,73%) aproximadamente, al ingresar en el área de llanura integrada por las áreas 2 a 4 (Figura 3). La elevación media para la superficie llana es cercana a la altitud de frecuencia media siendo 178 m y 195 m respectivamente; la altitud más frecuente, 245 m, se ubica próxima al límite de este sector (Cuadro 1).

La curva hipsométrica suavemente nivelada (Figura 4) evidencia una tendencia hacia un estado de equilibrio y madurez, semejante a la "Fase B" del modelo teórico propuesto por Strahler (1952). La relación hipsométrica (0,91) y la integral hipsométrica confirman la situación. En general, los cursos se encuentran conectados y el sistema de drenaje está integrado, son característicos los meandros pero el río principal no

alcanza aún su perfil de equilibrio. Sin embargo, estos resultados difieren con los estudios realizados en el área que muestran indicios de reactividad tectónica moderna. Este proceso de rejuvenecimiento del paisaje puede inferirse a partir del marcado encajonamiento que presentan los cursos de la región, en particular, el del río Sauce Chico. Según la interpretación de mediciones gravimétricas realizadas en las Sierras Australes, el área no se encuentra isostáticamente ajustada; esta descompensación de masa podría estar vinculada a movimientos verticales ascendentes que provocaría el proceso de rejuvenecimiento del paisaje (Kostadinoff *et al.*, 1981. Asimismo, Bonorino *et al.* (1988), Quatrocchio *et al.* (1994 y 2007) y González Uriarte (1984) encontraron evidencias en la cuenca media de este río, de disposiciones controladas a causa de neotectónica en estratos correspondientes a depósitos fluviales del Pleistoceno tardío que están flexurados y que atribuyen a un proceso de reactivación moderna de las fracturas profundas.

La distribución de áreas en función de la altitud (Figura 5) permite observar las alturas centrales de la cuenca, que en este caso son: altitud media = 195 m; altitud mediana = 130 m y altitud modal = 245 m. Como la altura media es mayor que la mediana, la distribución de áreas con respecto a la altitud se considera asimétricamente positiva, es decir, la superficie de la cuenca con altitudes superiores a la media es menor que la superficie con altitudes inferiores a dicho valor medio. La curva hipsométrica puede modificarse en función de la altura relativa y ello permite estimar el estado de equilibrio dinámico potencial de la cuenca. Esta función relaciona altitud con área, por lo tanto, cambia con el tiempo a medida que la cuenca sufre denudación. No obstante, algunos autores atribuyen las diversas formas de la curva hipsométrica a una actividad diferencial entre los procesos de construcción tectónica y degradación por erosión, actividades no necesariamente relacionadas con la edad de la cuenca (Silva León, 1999).

El límite del área hipsométrica se estableció a los 290 m de altitud con una superficie de casi 1.200 km² y se observa que más del 80% del área se ubica a los 245 m en coincidencia con el mayor desarrollo areal (8,5%) (Figura 5)

CONCLUSIONES

El río Sauce Chico se caracteriza por desarrollar una cuenca de 1.588 km², de forma alargada semicircular desde sus nacientes en el Sistema de Ventania hasta su desembocadura en el estuario de la bahía Blanca. Los principales afluentes de carácter permanente son los A₀ Chaco, Barril y Ventana y se localizan en el área de aportes, en alturas superiores a los 350 msnm y donde las pendientes oscilan entre el 5 y 20%. La red de drenaje es del tipo subdendrítica con marcado control estructural en los cursos de 1° y 2° orden y encajonamiento de meandros, respuesta hidrográfica asociada a las características geológicas de la cuenca. Predominan los cursos integrados cuyo origen está dado por convergencia de escorrentía y aporte de vertientes. Dentro del área de transporte se identifica un sector del río con características alóctonas y otra con tributarios intermitentes que nacen en cárcavas de origen torrencial y reciben aportes freáticos también se destaca la presencia de cuerpos lagunares al Noreste. Se extiende hasta aproximadamente los 60 msnm con pendientes, en general, menores al 1%. Por último el área de depositación caracterizada por el desarrollo de un abanico aluvial, formado a partir de la bifurcación del curso del río en proximidades de su desembocadura. Los terrenos son anegables y susceptibles de inundaciones, es la zona de mayor impacto antropogénico.

La cuenca se desarrolla sobre un relieve mixto con claro predominio de llanura (75% de la cuenca) hasta los 300 m. El análisis hipsométrico evidencia una etapa intermedia entre la fase de equilibrio o madurez y la fase de desequilibrio o juventud, evolucionando hacia la etapa de madurez. Sin embargo hay estudios que demuestran que el área está sufriendo reactivación tectónica que provocan el rejuvenecimiento de la cuenca generando una etapa de desequilibrio a lpa que se le asocia un importante potencial erosivo. La superficie de la cuenca con alturas mayores a la media (195 m) es menor que el área ocupada por las alturas inferiores a ella, por lo que la distribución de áreas en relación con la altura se considera asimétricamente positiva. Como consecuencia del efecto de los procesos de denudación sobre la cuenca la relación área / altura se modifica y esto permite estimar el estado de equilibrio en que se encuentra la cuenca hidrográfica.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBOUY, E.R. 1994. Hidrogeología de la Cuenca superior del río Sauce Chico, Sierras Australes, Provincia de Buenos Aires. Tesis de Doctor en Geología, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 155 pp.
- ARBANESI, G.; VERCESI, V.; GONZÁLEZ URIARTE, M. 1988. Análisis geomorfológico cuantitativo de la cuenca superior del río Sauce Chico (Sierras Australes-provincia de Buenos Aires). Actas, II Jornadas Geológicas Bonaerenses, Bahía Blanca, Argentina. 187-199.
- BONORINO, R. 1988. Geohidrología del sistema hidroterman profundo de la región de Bahía Blanca. Tesis de Doctor en Geología, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 268 pp.
- BRUNO, J.E.; GASPARI, F.J.; PRESUTTI, M.E.; ORONÁ, C.; CORNELLY, I.O. 1999. Manejo Integral de las Cuencas Hidrográficas del Partido de Tornquist. Estudio de Prefactibilidad Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina, 120 pp.
- COATES, D.R. 1956. Quantitative geomorphology of small drainage basins in Southern Indiana. Of. Naval Res., Proj. NR 389 – 042, Tech. Rep. 10. Ph. D. disertation, Columbia University, United States, 57 pp.
- COATES, D.R. 1972. Hydrogeomorphology of Susquehanna and Delaware basins, Quantitative Geomorphology, some aspects and applications, M. Morisawa, Publications in Geomorphology, Binghamton, N.Y. Geol. Soc. AMER., Bull. (73). 1025 – 1046.
- CODIGNOTTO, J. 1987. Glosario Geomorfológico Marino. Asoc. Geol. Buenos Aires, Argentina, Serie B. 1 – 63.
- CHORLEY, R.J.; MORLEY, L.S.D. 1959. A simplified approximation for the Hypsometric Interval. Journ. Geology, (67). 566 – 571.

FIDALGO, F.; DE FRANCESCO, F.; PASCUAL, R. 1975. Geología Superficial de la llanura Bonaerense. Velatorio de la Pcia. de Buenos Aires. IV Congreso Geológico Argentino, Argentina. (1). 130 – 139.

FLINT, J.J. 1972. Fluvial systems: a re evaluation of Horton's laws. Ph. D. Dissertation, States University of N. Y. at Binghampton, Department of Geological Sciences, 56 pp.

GARCÍA, J.; GARCÍA, O.M. de 1964. Hidrogeología de la región de Bahía Blanca. Pcias. de Buenos Aires y La Pampa, Dirección Nacional de Geología y Minería, Buenos Aires, Boletín (96), 95 pp.

GONZÁLEZ URIARTE, M. 1984. Características geomorfológicas de la porción continental que rodea a Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires. Actas III, IX Congreso Geológico Argentino, San Carlos de Bariloche. 556 – 576.

GRONDONA, M. 1975. Pendiente del Océano Atlántico. Geografía de la República Argentina. GAEA, VII, Buenos Aires. 210 – 224.

HARRINGTON, H.J. 1947. Explicación de las Hojas Geológicas 33m (Sierra de Curamalal) y 34m (Sierra La Ventana). Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Industria y Minería. Buenos Aires, Argentina, 43 pp.

HERAS, R. 1972. Recursos hidráulicos. Síntesis, metodología y normas, Edita, Madrid, 380 pp.

INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 1968 – 1979. Cartas topográficas 3763-35-4, 3963-5-1, 3963-5-2, 3963-6-1, 3963-5-4, 3963-5-3, 3963-4-4, 3963-11-1, 3969-10-2, 3963-11-4, 3963-11-3, 3963-16-2 y 3963-17-1.

IRONDO, M. 1972. Geomorfología Cuantitativa de las Cabeceras del río Carcarañá. Act. V, Congreso Geológico Argentino. Buenos Aires. 139 – 147.

KOSTADINOFF, J.; GELOS, E. & FONT, G. 1981. Interpretación de los resultados gravimétricos de las Sierras Australes, provincia de Buenos Aires. Rev. Asoc. Geol. Argentina, Buenos Aires. Vol. XXXVI (2). 113 – 122.

LLAMAS, J. 1993. Hidrología General. Principios y Aplicaciones, AZEHU, Bilbao, 635 pp.

MADEREY, L. E. 1973. Obtención de los elementos físicos que influyen en el régimen hidrológico. Cuenca del río Pabellón afluente del río Aguascalientes. México. Recursos hidráulicos (2). 166 – 177.

MARENCO, N.S. 1994. Revitalización del núcleo urbano de General Daniel Cerri y su área rural circundante. Partido de Bahía Blanca. Provincia de Buenos Aires, Sigeo, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 149 pp.

MILLER, V.C. 1953. A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. Office of Naval Research, Geography Branch, Project NR 389 – 042, Technical Report, 3. Department of Geology, Columbia University, 271 – 300.

MONSALVE SÁENZ, G. 1999. Hidrología en la Ingeniería, Alfaomega, Colombia, 359 pp.

MORISAWA, M. 1964. Quantitative Geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. Geol. Soc. AMER., Bull (73). 1025 – 1046.

MUNGUÍA, S.I. & CAMPO DE FERRERAS, A.M. 2003. Características hidrogeomorfológicas de la cuenca del arroyo Pescado Castigado, Buenos Aires, Argentina. Papeles de Geografía (38), Univ. De Murcia, España. 137 – 150.

QUATTROCCHIO, M.E.; BORROMEI, A.M.; DESCHAMPS, C.M.; GRILL, S.C. & ZAVALA, C.A. 2007. Landscape evolution and climate changes in the Late Pleistocene-Holocene, southern Pampa (Argentina): Evidence from palynology, mammals and sedimentology. Quaternary International. (En Prensa).

QUATTROCCHIO, M.E.; KOSTADINOFF, J.; MARTÍNEZ, G.A. & PRIETO, A.R. 1994. Evidencias de neotectónica en el río Sauce Chico, Provincia de Buenos Aires. Rev. de la Asoc. Geológica Argentina, Nro. XLIX (3 – 4). 297 – 305.

RABASSA, J. 1979. Geomorfología cuantitativa de la cuenca del río Manso superior, Río Negro, Argentina. Parte II: Análisis hipsométrico. Rev. de la Asoc. Geológica Argentina, Nro. XXXIV (2). 141 – 150.

REMENIERAS, G. 1974. Tratado de Hidrología Aplicada, ETA, Barcelona, 515 pp.

SCHUMM, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Ambos, New Jersey. Geol. Soc. Amer. Bull. (67). 597 – 646.

SCHUMM, S.A. 1977. The Fluvial System, Jhon Wiley and Sons, New Cork, 338 pp.

SILVA LEÓN, G. 1999. Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama, estado Mérida, Venezuela. Hydrographic and hypsometric análisis of the high and middle Chama river basin, Mérida State, Venezuela. Rev. Geográfica de Venezuela. Vol. 40 (1). 9 – 41.

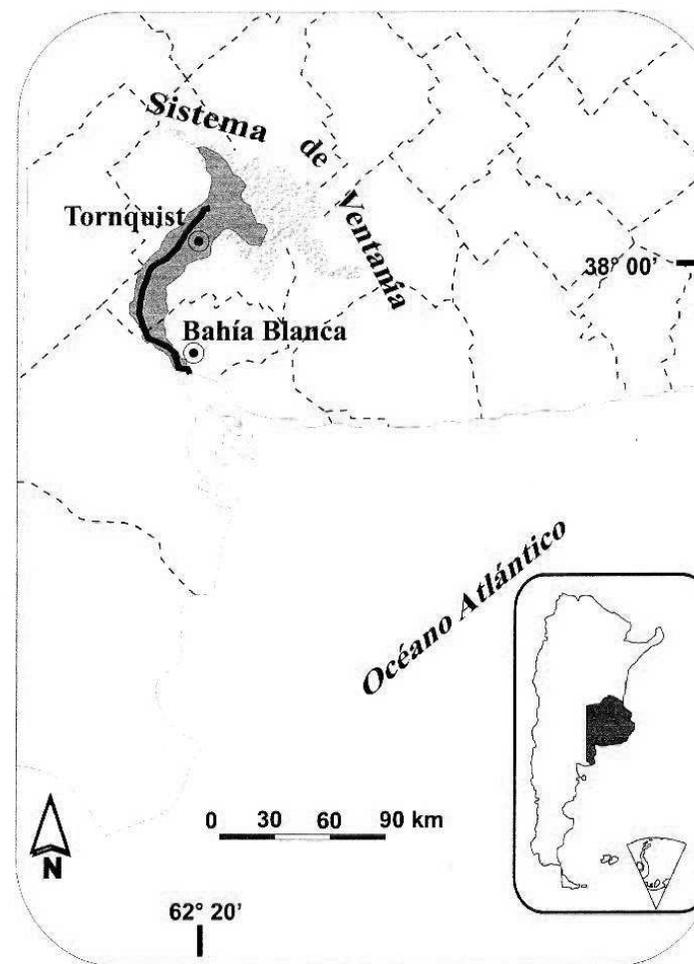
STRAHLER, A.N. 1952. Hypsometric (area-altitude) análisis of erosional topography. Geol. Soc. Amer. Bull. (63). 1117 – 1142.

STRAHLER, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions Am. Geophys. Union, 38 (6). 913 – 925.

STRAHLER, A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T., Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill, N. York, 4-39 a 4-76.

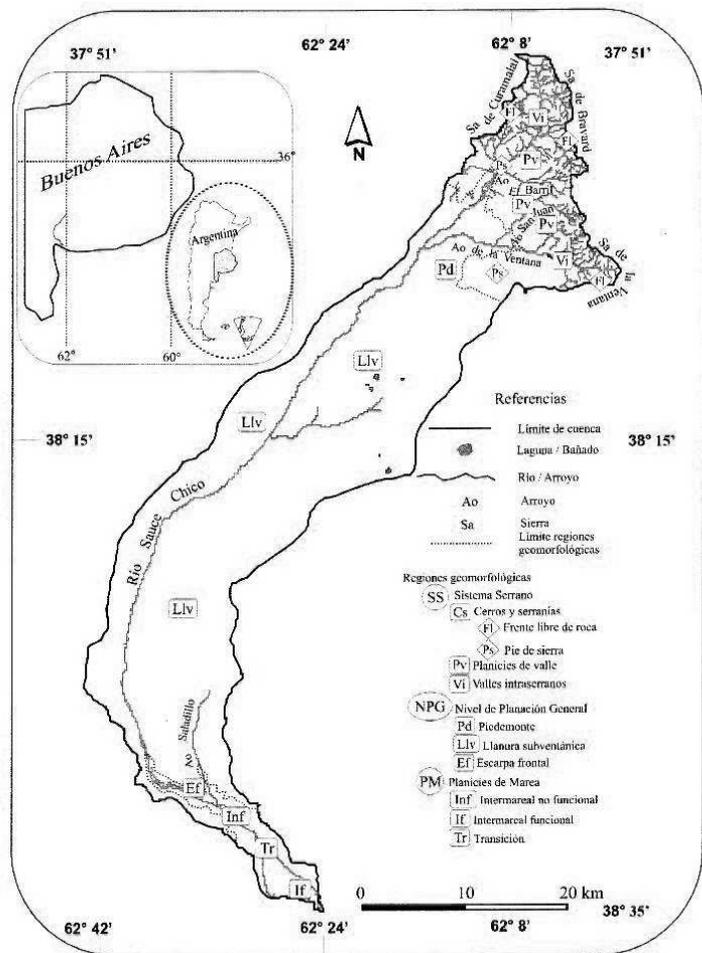
ZAVALA, C.A.; QUATTROCCHIO, M.E. 2001. Estratigrafía y evolución geológica del río Sauce Grande (Cuaternario), provincia de Buenos Aires. Rev. de la Asoc. Geológica Argentina (56). 25 – 37.

Figura 1: Área de estudio.



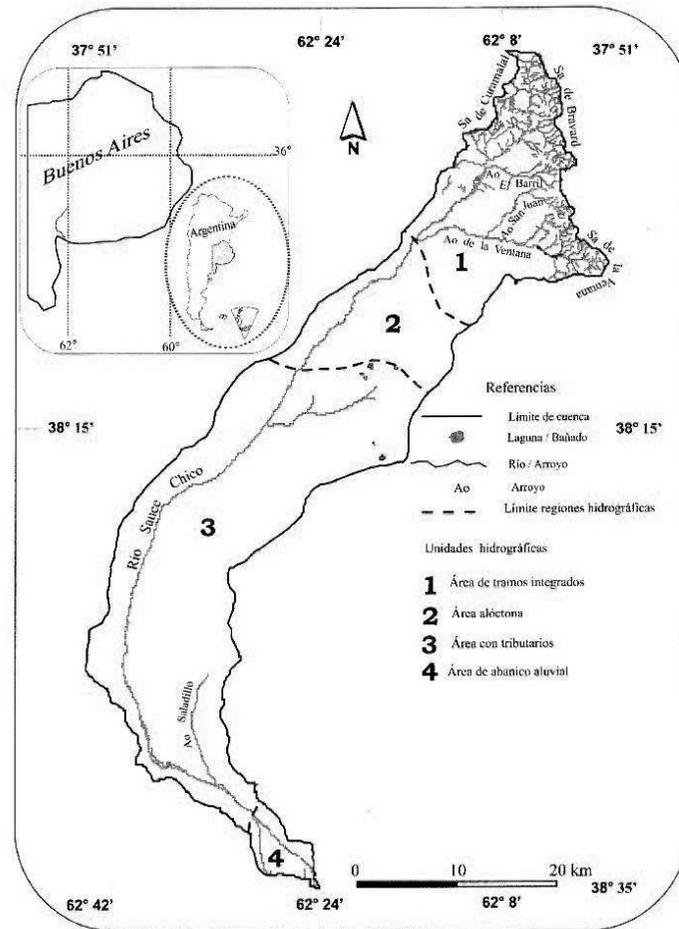
[Fuente: Elaboración Propia]

Figura 2: Regiones geomorfológicas de la cuenca del río Sauce Chico.



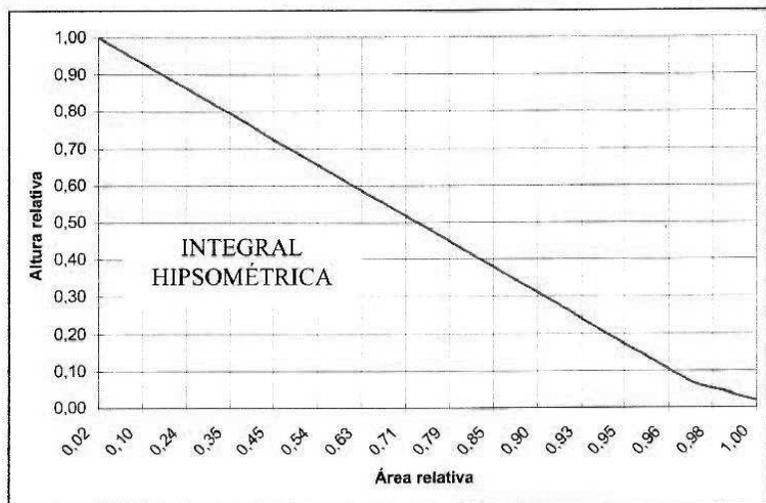
[Fuete: Elaboración Propia]

Figura 3: Unidades hidrográficas de la cuenca del río Sauce Chico.



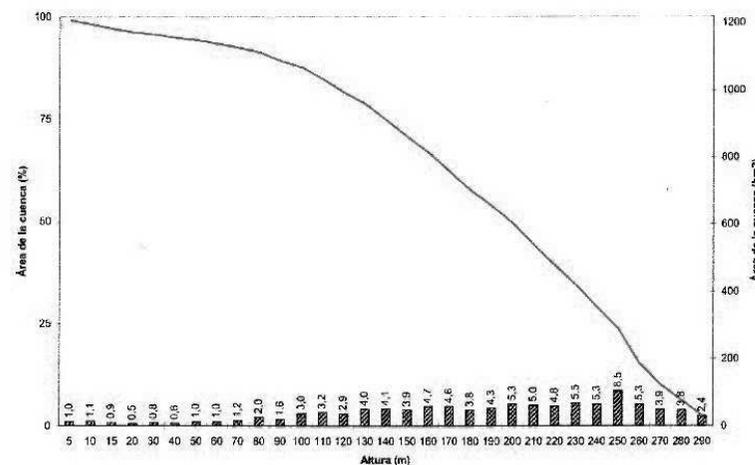
[Fuete: Elaboración Propia]

Figura 4: Curva hipsométrica de la cuenca del río Sauce Chico.



[Fuete: Elaboración Propia]

Figura 5: Curva hipsométrica y frecuencias altimétricas de la cuenca del río Sauce Chico.



[Fuete: Elaboración Propia]

Cuadro 1: Hipsometría de la cuenca del río Sauce Chico.

Tabla 1. Hipsometría de la cuenca del río Sauce Chico.

Intervalo entre curvas de nivel (msnm)	Área (ai) km ²	Cota media (Ci) (msnm)	Elevación media (H)	Área (ai) / Área Total (%)	Área acumulada (%)	Área acumulada km ²
0 - 5	11,99	2,5	0,025	0,99	100,00	1210,45
5 - 10	13,59	7,5	0,084	1,12	99,01	1198,47
10 - 15	10,30	12,5	0,106	0,85	97,88	1184,87
15 - 20	6,64	17,5	0,096	0,55	97,03	1174,58
20 - 30	9,97	25	0,206	0,82	96,48	1167,93
30 - 40	6,78	35	0,196	0,56	95,66	1157,96
40 - 50	11,73	45	0,436	0,97	95,10	1151,18
50 - 60	12,01	55	0,546	0,99	94,13	1139,45
60 - 70	14,39	65	0,772	1,19	93,14	1127,44
70 - 80	24,78	75	1,535	2,05	91,95	1113,05
80 - 90	18,97	85	1,332	1,57	89,90	1088,27
90 - 100	35,96	95	2,822	2,97	88,33	1069,30
100 - 110	39,31	105	3,409	3,25	85,36	1033,34
110 - 120	34,78	115	3,305	2,87	82,12	994,03
120 - 130	48,62	125	5,020	4,02	79,24	959,25
130 - 140	50,03	135	5,580	4,13	75,23	910,63
140 - 150	46,69	145	5,593	3,86	71,09	860,60
150 - 160	56,67	155	7,256	4,68	67,24	813,91
160 - 170	56,21	165	7,661	4,64	62,55	757,24
170 - 180	45,90	175	6,637	3,79	57,91	701,04
180 - 190	51,82	185	7,920	4,28	54,12	655,13
190 - 200	64,54	195	10,397	5,33	49,84	603,31
200 - 210	60,82	205	10,301	5,02	44,51	538,77
210 - 220	58,07	215	10,314	4,80	39,48	477,95
220 - 230	66,63	225	12,386	5,50	34,68	419,88
230 - 240	63,95	235	12,415	5,28	29,18	353,25
240 - 250	103,20	245	20,889	8,53	23,90	289,30
250 - 260	63,71	255	13,422	5,26	15,37	186,10
260 - 270	47,43	265	10,383	3,92	10,11	122,38
270 - 280	46,21	275	10,499	3,82	6,19	74,96
280 - 290	28,74	285	6,768	2,37	2,37	28,74
Total	1210,45	145	178,31	100,00		
Altitud más frecuente		245 m				
Altitud de frecuencia media		195 m				

[Fuente: Elaboración Propia]