
Estudio de la vegetación

y sus efectos
en la dinámica fluvial
en cuencas serranas, Argentina

Study of the vegetation and its effects
on the fluvial dynamics in mountain basins, Argentina

Antonela Volonté

Verónica Gil

Alicia María Campo

Universidad Nacional del Sur, CONICET.
Bahía Blanca, Argentina
antonela.volonte@uns.edu.ar
verogil@uns.edu.ar
amcampo@uns.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo fue presentar un estudio de la vegetación a través de un esquema metodológico en el cual se utilizaron imágenes satelitales aplicadas a la dinámica fluvial en cuencas pequeñas sin información hidrométrica. Se consideró como caso de análisis, la cuenca del arroyo San Bernardo (83 km²) localizada en el sistema de Ventania, Argentina. Ésta presenta eventos de crecidas torrenciales en las cuales la vegetación cumple un rol fundamental. Se elaboraron tres pasos metodológicos donde se interpretaron imágenes satelitales en combinación con muestreo fitogeográfico en campo. La aplicación de esta secuencia permitió identificar las especies predominantes a nivel de cuenca (areal) y de cauce (longitudinal) y con ello, las funciones que desempeñan en la dinámica fluvial. En la cuenca media y alta las especies herbáceas predominan por sobre las arbóreas, destacándose *Stipa ambigua* y *Cynodon dactylon*. La cuenca baja presenta especies introducidas, especialmente arbóreas como *Populus spp.* y *Salix spp.*

Palabras clave: cuencas serranas; Índice de Vegetación Normalizado; teledetección; dinámica hidrogeomorfológica.

Abstract

The aim of this paper was to present a study of the vegetation in mountain basins by means of a methodological approach in which satellite images were applied to the fluvial dynamics in small basins. The vegetation is relevant in a basin as it influences the flow of vertical and horizontal flow affecting the water dynamics. The basin of the San Bernardo stream (83 km²) located in the Ventania System, Argentina, is considered as an application case. This basin presents events of flash floods in which the vegetation plays a fundamental role. Three methodological steps are proposed in which satellite images are applied in combination with phytogeographic field sampling. The application of this sequence for the analyzed basin allowed the identification of the predominant species at the level of basin (areal) and channel (longitudinal) and with this, the functions that they have in river dynamics.

Key words: mountain basins; Normalized Difference Vegetation Index; remote sensing; hydrogeomorphology.

1. Introducción

La cobertura vegetal en el contexto de una cuenca hidrográfica influye en la circulación del flujo de agua vertical (evapotranspiración e infiltración) y horizontal (escorrentía). El tipo de especies presentes define el paisaje fluvial en una cuenca, generando patrones característicos de distribución tanto en el cauce principal del río como en los diferentes sectores de una cuenca (Sotelo, 2005; González del Tánago y García de Jalón, 2007). Su importancia en la regulación de las crecidas es un tema destacado en distintos trabajos científicos. Según Argañaraz y Entraigas (2010), la cobertura, la densidad y la estratificación de la vegetación en general y de la ribera en particular intervienen en el hidrograma de crecida retardando, generalmente, el caudal pico. Por otra parte, la estructura de la vegetación es especialmente importante en la magnitud y la frecuencia de las inundaciones, dado que pueden producir cambios en el diseño del canal de escurrimiento (Graf, 1979; Petts, 1982; Casco *et al.*, 2005; Paoli y Malinow, 2010).

Es así como, a iguales condiciones de sustrato, áreas que no están vegetadas pueden ser erosionadas más rápidamente que aquellas que tienen una vegetación bien establecida. En las áreas de ribera, la existencia y permanencia de vegetación depende de dos factores: **i)** el hidrológico que incluye la variabilidad hidrométrica y la disponibilidad de humedad en el suelo, y **ii)** el geomorfológico que determina el grado de consolidación del suelo y los procesos de erosión/sedimentación (Camacho *et al.*, 2006; Ollero, 2009).

En cuencas pequeñas, de climas templados y con escasez de información hidrométrica, es importante el estudio detallado de la cobertura vegetal tanto en forma areal (en toda la cuenca) como en forma lineal (a lo largo de los

cauces). La identificación de patrones espaciales de comunidades vegetales permite *a posteriori* establecer relaciones con la dinámica hidrogeomorfológica. Por ello, el objetivo de este trabajo fue presentar un estudio de vegetación a través de un esquema metodológico en el cual se utilizaron imágenes satelitales. Se consideró como área de análisis la cuenca del arroyo San Bernardo, localizada en el sistema de Ventania, provincia de Buenos Aires (Argentina).

2. Materiales y métodos

Para el tratamiento de la vegetación en cuencas pequeñas (< 250 km²) de climas templados fueron propuestos una serie de pasos metodológicos construidos a partir del análisis de imágenes satelitales y de la aplicación de diferentes técnicas (**Figura 1**). Esta secuencia constó de tres etapas, las dos primeras realizadas en gabinete y la última en el campo. En la etapa I (E-I) se realizó la combinación de bandas a partir de una imagen satelital. Para ello se recomienda utilizar imágenes que pertenezcan a un momento del año, en el cual la vegetación presente su mayor vigor y que tengan una calibración radiométrica y geométrica previa. En este caso, previo a la realización de la combinación de bandas, se convirtieron los valores de cada pixel (Número Digital) a un valor radiométrico para eliminar el ruido que generan los propios sensores. A partir de dichos valores se procedió a realizar la corrección atmosférica de las bandas del visible y el infrarrojo cercano utilizando el método de sustracción de objetos oscuros. Las imágenes utilizadas se obtuvieron del sitio *web* del Servicio Geológico de Estados Unidos (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). En este trabajo se utilizó la imagen satelital correspondiente al *Landsat*

PASOS METODOLÓGICOS PARA EL ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN EN CUENCAS

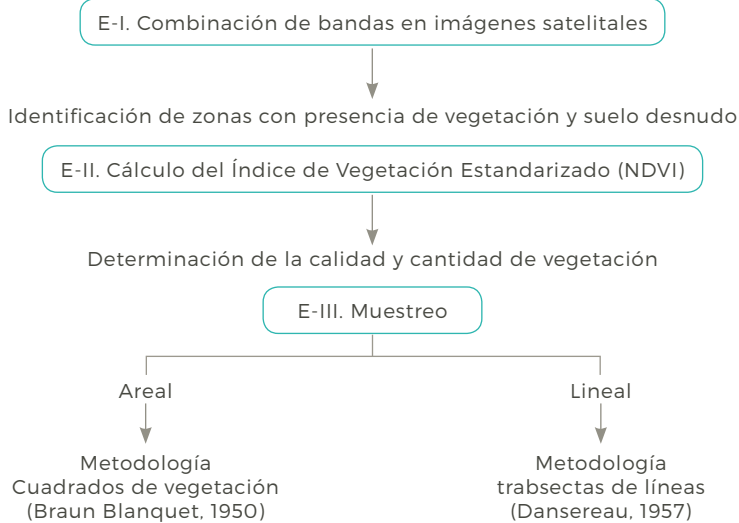


Figura 1 Metodología para el tratamiento de la vegetación en cuencas serranas.

Fuente: elaboración propia (2017)

8 OLI del día 12 de diciembre de 2014. Luego se realizó la combinación de bandas infrarrojo cercano, rojo y verde (543 en el caso de *Landsat 8*) para identificar las diferentes áreas según su cobertura.

En la etapa II (E-II), se realizó el cálculo del Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). Este índice permite conocer la calidad y la cantidad de la vegetación que se encuentra en el área. Los valores obtenidos varían entre -1 y 1. Los menores valores corresponden a los sectores que presenten escasa o poca vegetación y el caso opuesto para los valores más altos. Se destaca que los resultados obtenidos con este índice posibilitaron identificar los puntos de muestreo para el reconocimiento de las especies predominantes identificadas a partir de un comportamiento espectral similar. Los pasos metodológicos (I y II) propuestos están basados en la versatilidad de su aplicación y

en la posibilidad de monitorear a futuro áreas en la cuenca con respuesta espectral diferente ante los eventos de crecidas.

La última etapa (E-III) consistió en la elección de puntos de muestreo y su posterior análisis. Los criterios adoptados para la elección de estos sitios se basaron en representatividad, funcionalidad ecosistémica y accesibilidad. Para la realización del muestreo se propuso la utilización de dos métodos que varían según la homogeneidad de las especies vegetales predominantes.

El muestreo aleatorio de cuadrados de vegetación (Braun Blanquet, 1950) resulta útil cuando existe homogeneidad de especies. Previo a su aplicación es importante definir cuál será el área mínima en función de la superficie total. Para determinarla, se relevan las especies que se reconocen en una parcela muy por debajo del área mínima inicial que

se estima como probable. Luego, se duplica la superficie analizada, incluyendo la parcela previa y se anotan las especies adicionales observadas, así se continúa hasta el momento en que no se relevan especies nuevas y se determina el área mínima.

En este estudio de caso se consideraron unidades muestrales (UM) de 10 m² donde se tuvieron en cuenta las características analíticas: abundancia, densidad, cobertura y sociabilidad. Estas variables establecen el número de individuos (abundancia), la superficie ocupada por los mismos (densidad), el grado de dominancia o área ocupada por los individuos de una especie (cobertura) y la manera en que éstos se agrupan sobre el suelo (sociabilidad), **(Cuadro 1)**.

Los resultados obtenidos se muestran en gráficos de cobertura que representan el área ocupada por los individuos de una especie. La transecta de línea se recomienda ante la existencia de especies heterogéneas y de escasa cantidad. Esta metodología consiste en la observación, identificación y posterior descripción de cada especie que se encuentra a lo largo de la línea (Petagna de Del Río, 2002) que, en este caso, se traza en forma perpendicular a la dirección del flujo de agua.

La representación sintética de los individuos vegetales se realizó a través de los danserogramas (Dansereau, 1957). Esta es una representación esquemática en la cual se asignan símbolos a cada categoría fisionómica estructural (Matteucci y Colma, 2002); se

Cuadro 1 Variables analíticas y sintéticas consideradas para la interpretación de los cuadrados de vegetación

CARACTERES ANALÍTICOS		
	Escala de estimación	Valor absoluto
Número de individuos (abundancia)	1. Muy rara (muy espaciada) 2. Rara (espaciada) 3. Poco numerosa (no frecuente) 4. Numerosa (abundante) 5. Muy numerosa (muy abundante)	N° de individuos por especie, según UM.
Densidad	*****	D=N° de individuos/ (UM)
Cobertura	1. < 15 % (casi ausente) 2. 15 a 25 % (rara) 3. 25 a 50 % (dispersa) 4. 50 a 75 % (interrumpida) 5. > 75 % (continua)	*****
Sociabilidad	1. Cada individuo crece aislado 2. Crecimiento en grupos o matas 3. Crecimiento en manchas o cojines 4. Crecimiento en pequeñas colonias o manchones, tapizando el suelo 5. Crecimiento en grandes multitudes	P= N° de UM en que una especie aparece/ N° total de UM
CARACTERES SINTÉTICOS		
Presencia	1. 0 a 20 % (rara) 2. 20 a 40 % (pocas veces presente) 3. 40 a 60 % (a menudo presente) 4. 60 a 80 % (presente) 5. 80 a 100 % (constantemente presente)	

Fuente: elaborado por Volonté sobre la base de Braun Blanquet (1950)

establecen los distintos estratos de las formas biológicas predominantes y la abundancia relativa de las especies. Asimismo, permite el análisis de las condiciones del biotopo como la utilización del suelo, la estructura, la textura y el drenaje del suelo, el tipo de relieve y la exposición (Figura 2).

2.1 Área de estudio

El sistema de Ventania se localiza en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. Regionalmente es la mayor divisoria de aguas conformando varias cuencas hidrográficas de diferente jerarquía. Se destaca la cuenca del río Sauce Grande, en la cual el arroyo San Bernardo (83 km²) es uno de sus afluentes más importantes (Figura 3).

El área de estudio se encuentra en una zona de clima templado donde las temperaturas medias oscilan entre los 14 y los 20 °C y las precipitaciones poseen una marcada variabi-

lidad espacial y temporal (años secos: 300 mm y años húmedos: 1.200 mm), (Zapperi *et al.*, 2006; 2007; Gil, 2010; Gentili *et al.*, 2011; Gentili y Gil, 2013). La comunidad vegetal climácica de este distrito es la estepa o pseudoestepa de gramíneas, denominada localmente ‘flechillar’ y el género más destacado es *Stipa* (Cabrera, 1976). En el sistema de Ventania, los pastizales desarrollados principalmente entre los 300 y 500 m están representados por *Stipa caudata*, *Stipa ambigua* y *Sorghastrum pellitum* acompañados por *Stipa filiculmis*. A partir de los 500 m crecen plantas de distribución restringidas como la *Festuca pampeana* y la *Festuca ventanicola*. Estas especies son propias de las laderas umbrías y pendientes con mayor inclinación (Kristensen y Frangi, 1995; Lizzi *et al.*, 2007). En el área de la cuenca que se encuentra urbanizada se encuentran ejemplares arbóreos representado por *Populus spp.* y *Salix humboldtiana*.

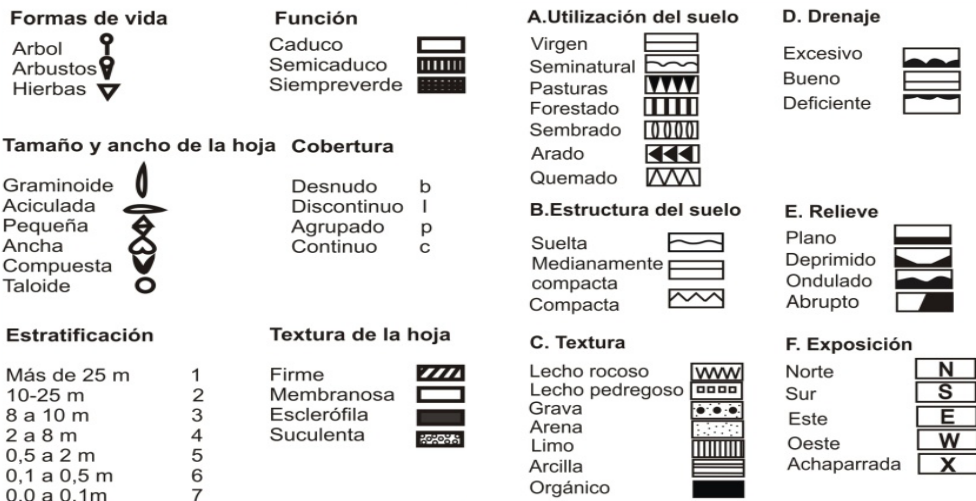


Figura 2 Simbología de la metodología de Dansereau. Fuente: elaborado por Volonté *et al.*, 2014 sobre la base de Dansereau (1957)

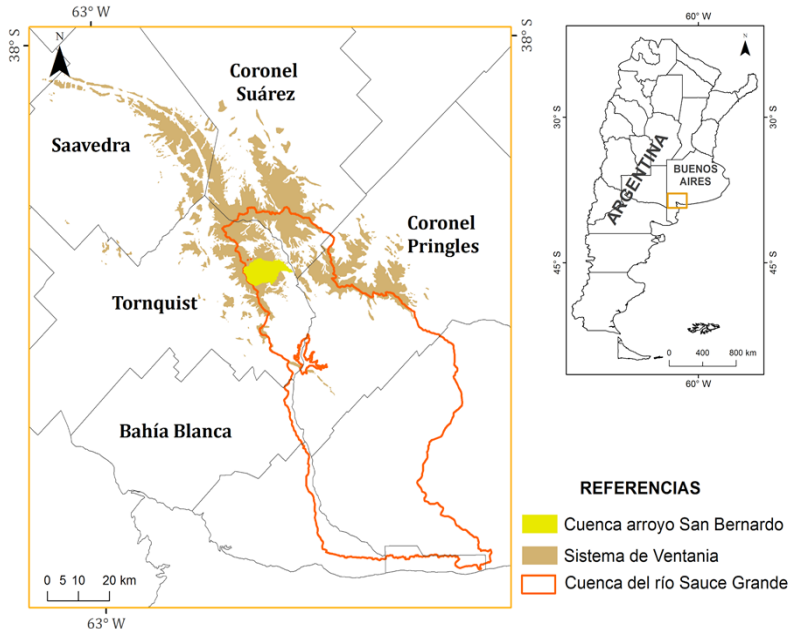


Figura 3 Área de estudio. *Fuente:* elaborado por Volonté sobre la base de las cartas topográficas 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional (IGN)

3. Resultados

3.1 Combinación de bandas (Etapa-I) y cálculo de NDVI (Etapa-II)

En la **Figura 4** se observan los resultados de la combinación de bandas realizada y el perfil longitudinal del arroyo San Bernardo, destacándose en el mismo los diferentes sectores de la cuenca. En la gama de verdes se diferencian distintos porcentajes de cobertura vegetal y en la gama de rosas las zonas con suelo sin cobertura vegetal. Se observó el aumento en la cobertura vegetal a medida que se desciende en altura. Esto se debe a que en la cuenca alta, la mayor cantidad de superficie está ocupada por afloramientos rocosos y permite solo el desarrollo de suelo somero. En la cuenca media y baja predominan los depósitos aluviales y suelos bien desarrollados. También, el ancho del cauce es mayor y el

desarrollo de las especies ribereñas aumenta en cantidad y porte. La misma está asociada por su distribución espacial al desarrollo de la urbanización.

A partir del cálculo del NDVI (E-II) se identificó la presencia de vegetación en la superficie y se caracterizó la distribución espacial (**Figura 5**). Los valores comprendidos entre 0 - 0,4 se distribuyen en la zona alta de la cuenca y en la parte media baja, coincidiendo con los campos sin cultivar y la zona de cauce sin vegetación de ribera. La vegetación más densa y bien desarrollada presenta valores superiores a 0,6, destacándose la zona ribereña, principalmente en la cuenca media y baja.

Del análisis conjunto de la clasificación (E-I) y el NDVI (E-II) se puede cuantificar la cantidad de superficie cubierta y el vigor de la vegetación. En la cuenca alta predomina el suelo desnudo y el roquedal (22,9 km²). Los roquedales aparecen como unidades discretas

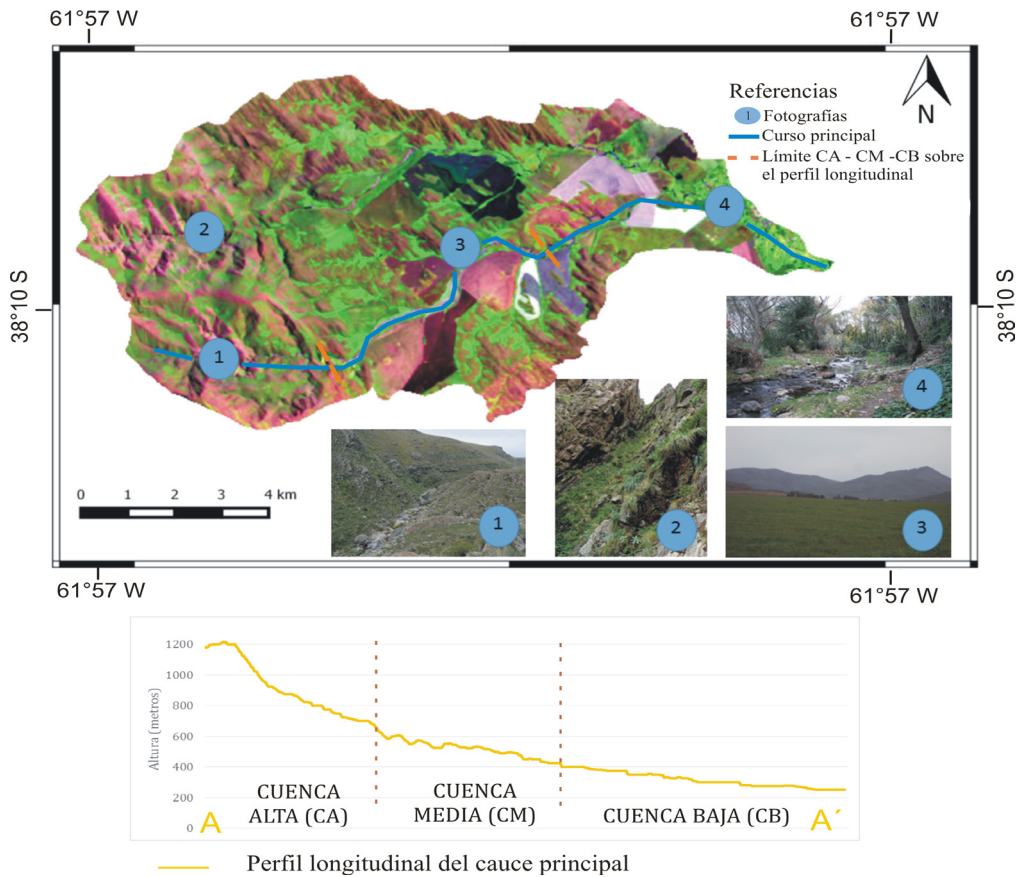


Figura 4 Combinación de bandas 543 y perfil longitudinal del cauce principal. Las tonalidades de rosa corresponden a áreas con suelo desnudo, las verdes a superficie cubierta con vegetación y las marrones los afloramientos rocosos. Las fotografías 1 y 2 corresponden a la cuenca alta, la 3 a la cuenca media y la 4 a la baja. Fuente: elaborado por Volonté sobre la base de la imagen satelital *Landsat OLI* (USGS-12/12/2014).
 Fuente: elaborado por Volonté sobre la base de la imagen satelital *Landsat OLI* (USGS-12/12/2014)

(pendientes y cumbres) con suelos someros y rodeados por pastizal. Aquí existen condicionantes micro-climáticas que contribuyen a una disminución del número de especies del pastizal. En la cuenca media y baja, el suelo desnudo ocupa 26,6 km² y la vegetación forma una matriz representada por el pastizal pampeano (32,4 km²). El género más abundante es *Stipa spp.*, *Paspalum* y pequeños grupos de *Briza subaristata*; son especies herbáceas que no superan los 25 cm de alto. En la cuenca baja esta matriz se interrumpe por la presen-

cia de corredores caracterizados por especies arbóreas del género *Populus spp.* y *Salix humboldtiana* y especies herbáceas del pastizal pampeano.

En función de estos resultados y los criterios propuestos en el apartado 2, se seleccionaron distintos puntos de muestreo para la aplicación de los métodos fitogeográficos de la E-III. Se destaca la importancia de estas dos etapas (E-I y E-II) en forma conjunta para la caracterización de la vegetación aplicada a la dinámica fluvial. En la literatura existen

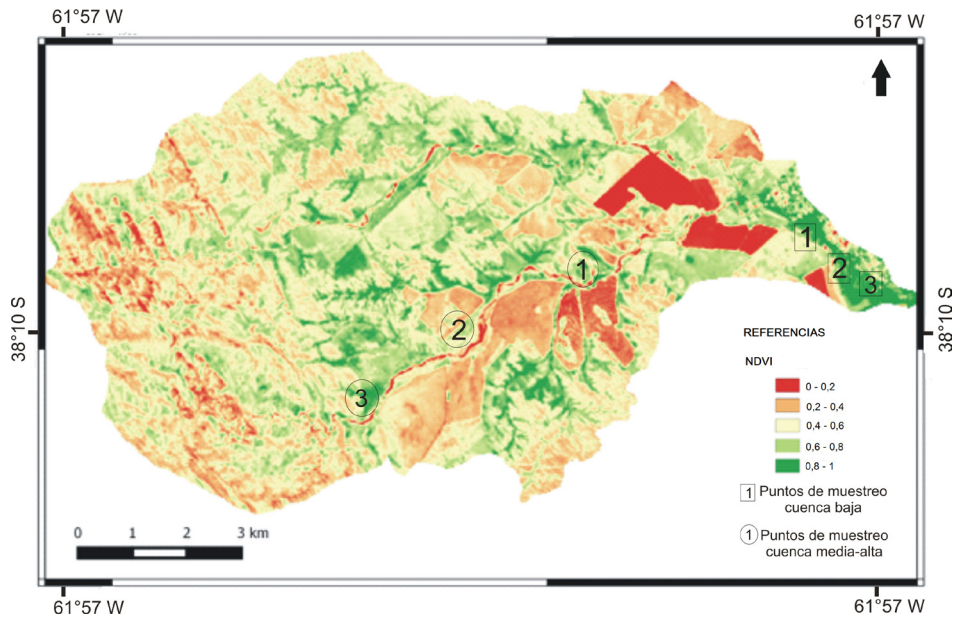


Figura 5 Índice de Vegetación Normalizado (NDVI). *Fuente:* elaborado por Volonté sobre la base de la imagen satelital *Landsat OLI 12/12/2014* (USGS)

ejemplos de aplicación (Casado, 2006; Santana y Salas Rey, 2007; Alcaraz-Segura *et al.*, 2008; Vázquez *et al.*, 2013), pero sin un contexto metodológico como el que aquí se expone.

3.2 Muestreo areal (E-III): la vegetación en la cuenca alta y media

Se seleccionaron tres unidades de muestreo (UM), (**Figura 6**). En la UM-1 se identificaron tres especies: *Cynodon dactylon*, *Briza subaristata* y *Stipa ambigua*. Las dos primeras especies tienen una cobertura superior al 75% del cuadrado de vegetación, mientras que *Stipa ambigua* tiene una cobertura dispersa entre un 25% y 50%. La vegetación está intercalada y las especies arbóreas son casi inexistentes. Con respecto a la UM-2, las especies dominantes son *Senecio madagascariensis*, *Stipa ambigua* y *Cynodon dactylon*. La mayor cobertura corresponde al pastizal de *Cynodon dactylon* y

Senecio madagascariensis (75%), mientras que *Stipa ambigua* tiene una cobertura del 25% al 50%. En la UM-3, las especies relevadas fueron cuatro: *Stipa Ambigua*, *Cynodon dactylon*, *Grindelia ventanensis* y *Opuntia sulphurea*. La mayor cobertura corresponde al pastizal *Stipa ambigua* (50% - 75%) y *Cynodon dactylon* (25% - 50%).

En este caso, el muestreo de vegetación permite inferir áreas donde potencialmente la infiltración es mayor que el escurrimiento o áreas donde se puede producir almacenamiento en las raíces. En áreas con mayor cobertura de *Stipa* se retiene mayor cantidad de agua en periodos de lluvia no torrenciales. Los pastizales del área de estudio han coevolucionado ajustándose a los períodos húmedos y secos a lo largo del tiempo. Según Otondo *et al.* (2014), algunas especies presentan adaptaciones fisiológicas-anatómicas que le permiten ajustarse en forma flexible a las condiciones

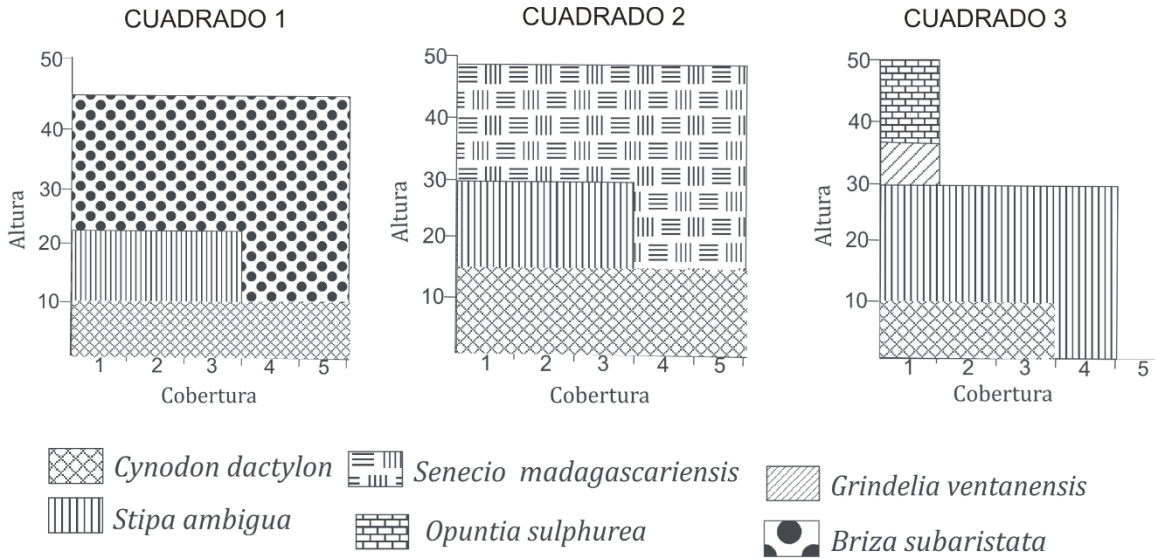


Figura 6 Unidades de muestreo a partir de cuadrados de vegetación. *Fuente:* elaborado por Volonté

impuestas por periodos de aguas altas. Este es el caso del genero *Stipa* en el área de estudio.

3.3 Muestreo lineal (E-III): la vegetación en la cuenca baja

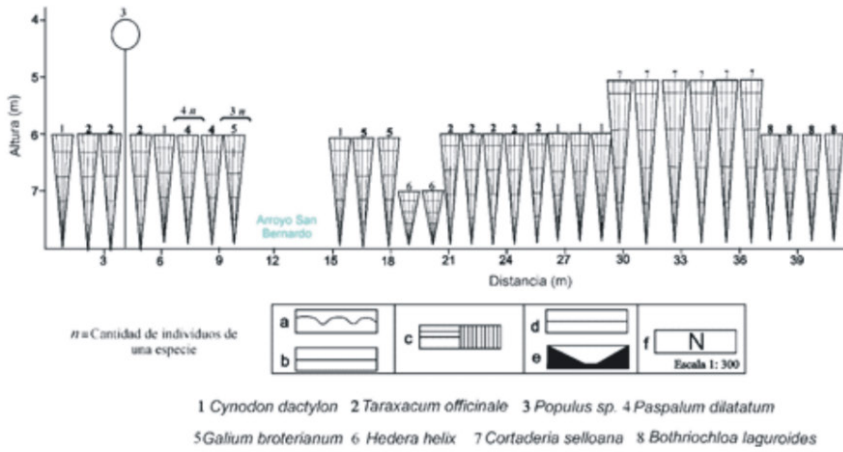
Se elaboraron tres transectas en un tramo fluvial de la cuenca baja (Figura 7). La longitud de las mismas varía según la configuración del cauce. En general, el tramo se caracteriza por presentar especies propias del pastizal pampeano con cobertura en general continua. La utilización del suelo es seminatural con un buen drenaje y su estructura es compacta con una textura limo-arcillosa. En la transecta 1 (42 m) se reconocieron 8 especies, entre ellas: *Taraxacum officinale*, *Cortaderia selloana* y *Cynodon dactylon*. Se observaron dos estratos de vegetación (arbóreo y herbáceo). El herbáceo fue predominante, la altura de las especies varía entre los 0,5 y 1,5 m mientras que el arbóreo presentó una única especie de 6 m de alto.

En la transecta 2 (45 m) se identificaron 9 especies todas pertenecientes al estrato her-

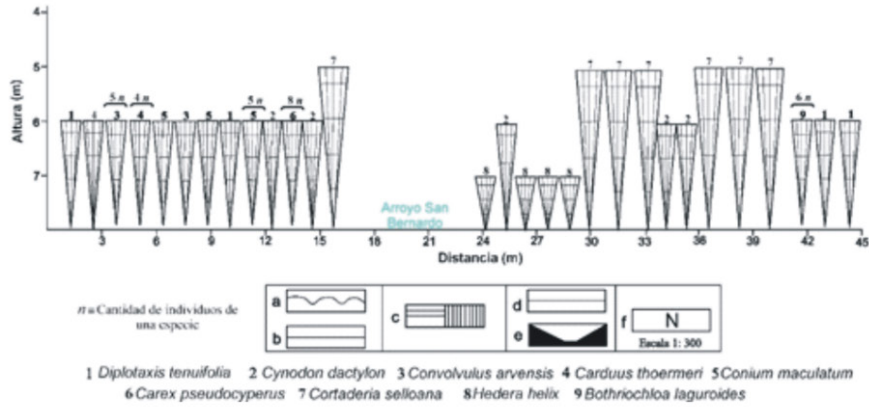
báceo, cuya altura varía entre los 0,1 m y 2 m. Las que poseen mayor cantidad de ejemplares son *Carex pseudocyperus*, *Cortaderia selloana*, y *Conium maculatum*. En la transecta 3 (48 m) se identificaron 6 especies siendo las más representativas: *Hedera hélix*, *Cortaderia selloana* y *Taraxacum officinale*. Se observaron dos estratos: el herbáceo, con una cobertura continua y el arbóreo representado por el género *Populus*. Las alturas del estrato herbáceo se encuentran entre 0,1 m y 2 m y en el estrato arbóreo las especies presentes son principalmente *Populus spp.*, con una altura de 8 m y *Salix spp.*

En el caso de la vegetación lineal es importante su identificación, debido a que actúan como ‘diques’ durante las crecidas, magnificando la onda de crecida. Además, se utilizan como indicadores de la altura del agua midiendo los restos vegetales que quedan en los árboles cuando el agua vuelve a su altura normal. Su presencia es importante porque estabilizan el suelo en las márgenes y orillas, aumentando la resistencia a la erosión y reteniendo la

TRANSECTA 1



TRANSECTA 2



TRANSECTA 3

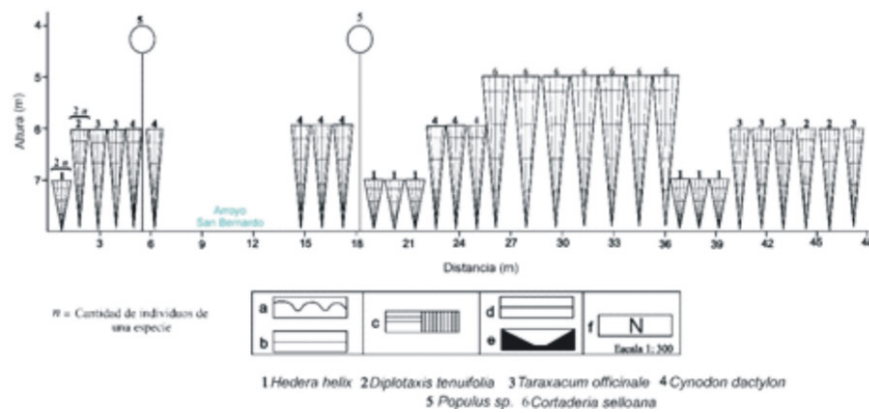


Figura 7 Transectas de vegetación. Fuente: elaborado por Volonté

escorrentía procedente de la cuenca. La vegetación allí presente utiliza gran parte de los nutrientes disueltos en el agua, evitando así la eutrofización y mejorando el paisaje y su valor recreativo (Insausti *et al.*, 2005; Taboada *et al.*, 2009; Otondo *et al.*, 2014).

4. Conclusiones

La vegetación natural determina muchos de los procesos, funciones y dinanismos en las cuencas, de ahí la importancia de analizar la presencia, extensión y diversidad de formaciones vegetales existentes en ellas. A partir de la aplicación de los pasos metodológicos propuestos, se calculó el NDVI y se identificaron áreas de muestreo con diferentes grados de coberturas. En la cuenca alta predominan los afloramientos rocosos con escasa o nula vegetación. En la cuenca media predomina el pastizal pampeano y, en menor superficie, las áreas de cultivo; sin embargo, no se observaron variedad de especies. Por otra parte, en la cuenca baja se desarrolla principalmente la vegetación ribereña, donde existe diversidad de especies arbóreas y herbáceas. El desarrollo de la vegetación ribereña se asocia al uso de suelo urbano siendo la mayoría de las especies introducidas.

El patrón de vegetación areal es importante para definir el grado de infiltración y retención de agua precipitada tanto en even-

tos normales como extraordinarios. El pastizal pampeano juega un rol predominante en la condición de humedad previo y simultáneo al evento de precipitación. Por otra parte, la vegetación lineal (ribera) influye en la forma de transito de la crecida a lo largo del canal. En el caso de la cuenca de estudio, al tener mayor desarrollo en la cuenca baja, la vegetación ribereña actúa como diques reteniendo el agua y elevando su altura, condicionando así el pico de crecida del hidrograma generado.

Esta metodología es aplicable en cuencas pequeñas donde se puede realizar las técnicas de muestreo *in situ* o en cuencas donde la accesibilidad es baja, y es posible elegir puntos de muestreo sobre la base de la E-I y E-II y extrapolar sus resultados. Esta propuesta es de sencilla aplicación y se puede combinar con otras metodologías de identificación fitogeográfica propias de climas cálidos y fríos.

5. Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto 'Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas témporo-espaciales'. Dirigido por la Dra. Alicia M. Campo. Se agradecen los aportes realizados por la Mg. Graciela Benedetti y la Dra. Vanesa Bohn que contribuyeron a mejorar la calidad de este trabajo.

6. Referencias citadas

- ALCARÁZ SEGURA, D.; BALDI, G.; DURANTE, P. y M. F. GARBULSKY. 2008. "Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión". *Ecosistemas*, 17(3):108-117.
- ARGAÑARAZ, J. P. e I. ENTRAIGAS. 2010. Análisis de los tipos de cubierta del suelo en la cuenca baja del arroyo del Azul (Buenos Aires, Argentina) a partir de imágenes Landsat 5 TM. *I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras*. Instituto de Hidrología de Llanuras. Azul, Argentina.
- BRAUN BLANQUET, J. 1950. *Sociología vegetal. Estudio de las comunidades vegetales*. Acme Agency. Buenos Aires, Argentina.
- CABRERA, A. 1976. "Fitogeografía de la República Argentina". *Sociedad Argentina Botánica*, XIV(1-2): 50 p.
- CAMACHO RICO, F.; TREJO, I. y C. BONFIL. 2006. "Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 78(1): 17-31.
- CASADO, A. 2006. *Modelo digital para la prevención de incendios forestales en el área de Villa Ventana*. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo. Bahía Blanca, Argentina. Tesis de Licenciatura.
- CASCO, S. L.; BASTERRA DE CHIOZZI, N. I. y J. NEIFF. 2005. "La vegetación como indicador de la geomorfología fluvial". *Revista Brasileira de Geomorfología*, 6(1): 123-136.
- DANSEREAU, P. 1957. *Biogeography an ecological perspective*. The Royal Pres. New York.
- GENTILI, J. O.; CAMPO, A. M. y V. GIL. 2011. Distribución espacial y temporal de las precipitaciones en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto, Sistema de Ventania. *Actas Científicas CNG 72° Semana de Geografía*. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. 115-125. Mar del Plata, Argentina.
- GENTILI, J. O. y V. GIL. 2013. "Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina". *Revista Universitaria de Geografía*, 22(2): 147-166.
- GIL, V. 2010. *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. Tesis doctoral en Geografía.
- GONZÁLEZ DEL TÁNAGO M. y D. GARCÍA DE JALÓN. 2007. *Restauración de Ríos. Guía metodológica para la elaboración de proyectos*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España.
- GRAF, W. L. 1979. "The development of montane arroyos and gullies". *Earth Surface Processes and Landforms*, 4: 1-14.
- INSAUSTI, P.; CHANETON, E. y A. GRIMOLDI. 2005. "Las inundaciones modifican la estructura y el funcionamiento de la vegetación en los pastizales

- de la pampa deprimida”. En: M. OESTERHELD (Ed.). *Heterogeneidad de la vegetación de los agrosistemas*. Universidad de Buenos Aires (UBA), Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina.
- KRISTENSEN, M. J. y J. L. FRANGI. 1995. “La Sierra de la Ventana: una isla de biodiversidad. Buenos Aires”. *Ciencia Hoy*, 30(5): 1-15.
- LIZZI, J. M.; GARBULSKY, M. F. y R. A. GOLLUSCIO. 2007. “Mapeo indirecto de la vegetación de Sierra de la Ventana, provincia de Buenos Aires”. *Revista Ecología Austral*, 17(2): 217-230.
- MATTEUCCI, S. y A. COLMA. 2002. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Ediciones Ave Fénix. Buenos Aires, Argentina.
- OLLERO, A. 2009. *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Zaragoza, España.
- OTONDO, J.; MELANI, E.; CASAL, A.; CORIA, J.; MARTINEFSKY, M. y J. NEMOZ. 2014. *Las inundaciones, los pastizales y los suelos*. INTA EEA Cuenca del Salado. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_inundaciones_-_pastizales_-_suelos_-_cuenca_de.pdf [Consulta: enero, 2018].
- PAOLI, C. U. y G. V. MALINOW. 2010. *Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes*. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- PETAGNA DE DEL RÍO, A. M. 2002. Metodología para el estudio geográfico de la vegetación. *Actas IV Jornadas de Geografía Física*. Facultad de Humanidades. Departamento de Geografía y Grupo de Estudios de Geografía Física. 66-75. Mar del Plata, Argentina.
- PETTS, G. E. 1982. “Channel changes within regulated rivers”. En: B. ADLAM; C. FENN & L. MORRIS (Eds.). *Papers in Earth Studies*. pp. 117-142. Geobooks Norwich. Inglaterra.
- SANTANA, L. M. y J. SALAS REY. 2007. “Combinación de bandas óptimas para la discriminación de sabanas colombianas usando imagen Landsat ETM+”. *Entorno geográfico*, 5(1): 77-102.
- SOTELO, R. 2005. *Determinación de correlaciones entre geomorfología y vegetación con suelos expansivos y suelos dispersivos, empleando procesamiento digital de imágenes*. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina.
- TABOADA, M. A.; DAMIANO, F. y R. S. LAVADO. 2009. “Inundaciones en la Región Pampeana. Consecuencias sobre los suelos”. En: TABOADA y LAVADO (Ed.). *Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. pp. 103-127. Buenos Aires, Argentina.

- VÁZQUEZ, P.; ADEMA, E. y B. FERNÁNDEZ. 2013. "Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa". *Ecología Austral*, 23: 77-86.
- VOLONTÉ, A.; DUVAL, V.; GIL, V. y A. CAMPO. 2014. Vegetación ribereña en la cuenca baja del arroyo San Bernardo, Sierra de la Ventana. *Congreso Internacional de Geografía, 74° Semana de Geografía*. 297-305. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. Trevelin, provincia del Chubut, Argentina.
- ZAPPERI, P.; CASADO, A.; GIL, V. y A. CAMPO. 2006. Caracterización de las precipitaciones invernales en el suroeste bonaerense. *IV Jornadas Interdisciplinarias del sudoeste Bonaerense*. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina.
- ZAPPERI, P.; RAMOS, M.; GIL, V. y A. CAMPO. 2007. "Caracterización de las precipitaciones estivales en el suroeste bonaerense". *Contribuciones Científicas*, 483-491.