



GESTIÓN DEL RIESGO Y TERRITORIO FLUVIAL. EL CASO DEL ARROYO SAN BERNARDO

Antonela Volonté¹

Marilina Ayelén González¹

Verónica Gil¹

(Manuscrito recibido el 18 de noviembre de 2020, en versión final 19 de mayo de 2021)

Para citar este documento

Volonté, A, González, M & Gil, V (2021). Gestión del riesgo y territorio fluvial. El caso del arroyo San Bernardo. *Boletín geográfico 43*, volumen 43(1) 49-66.

Resumen

El territorio fluvial hace referencia al sector de paisaje dominado por un sistema fluvial e incluye el cauce, el corredor ribereño y la llanura de inundación. Sus límites son precisos, pero no permanentes ya que es necesario modificarlos en función de la movilidad fluvial. La determinación del territorio fluvial es una tarea compleja, si bien desde lo teórico es una propuesta sencilla es difícil ponerlo en práctica en las normativas vigentes. Esto se puede observar en nuestro país, donde aún la metodología no se ha implementado concretamente en ninguna cuenca. El objetivo de este trabajo es delimitar el territorio fluvial en un tramo urbanizado de la cuenca del arroyo San Bernardo para verificar su viabilidad como insumo para la futura gestión de este espacio con riesgo de crecidas recurrentes. Para la delimitación del territorio fluvial se emplearon criterios geomorfológicos (inclusión de terrenos susceptibles de ser afectados en las próximas décadas por la propia dinámica del cauce), ecológicos (inclusión de masas de vegetación ribereña aisladas y otros anexos fluviales desconectados del corredor ribereño) e históricos (cambios en el uso de suelo y la zona inundable para un período de retorno de 50 años). Estos criterios se aplicaron en un tramo de la cuenca baja del arroyo San Bernardo. Esta elección se basa en que allí se presenta la mayor transformación antrópica debido a la presencia de la localidad de

¹ Universidad Nacional del Sur – CONICET. 12 de octubre 1198, 4to Piso. (0291) 4595144. E-mail: antonela.volonte@uns.edu.ar, marilina.gonzalez@uns.edu.ar, verogil@uns.edu.ar

Sierra de la Ventana. Considerando que el territorio fluvial es una herramienta que se ha utilizado en la gestión de los recursos hídricos, se considera oportuno empezar a aplicar la metodología en el tramo con mayor impacto para luego continuar con el resto de la cuenca. Como resultado se obtuvo un Territorio Fluvial Ideal (TFI) de 548 m² en el cual es necesario gestionar las riberas ya que son los espacios más afectados por la antropización del área.

Palabras clave: Territorio Fluvial, Usos de suelo, Riesgo, Cuencas pequeñas

MANAGEMENT OF RIESGO AND FLUVIAL TERRITORY. CASE OF THE SAN BERNARDO STREAM

Abstract

The fluvial territory refers to the space or landscape dominated by a fluvial system and includes the channel, the riparian corridor and the flood plain. Its limits are precise, but not permanent since it is necessary to modify them according to river mobility. The determination of the river territory is a complex task, although from the theoretical point of view it is a simple proposal, it is very difficult to put it into practice, mainly in large basins. This can be observed in our country, where the methodology has not yet been concretely implemented in any basin. The objective of this work is to delimit the fluvial territory in an urbanized section of the San Bernardo stream basin to be used as an input for the future management of this space in the face of the problem of floods that repeatedly affect the area. For the delimitation of the river territory, geomorphological (inclusion of land susceptible to being eroded in the coming decades due to the dynamics of the riverbed), ecological (inclusion of isolated riverine vegetation masses and other fluvial annexes disconnected from the riverine corridor) and historical criteria were used (changes in land use and floodplain for a return period of 50 years). These criteria were applied in a section of the lower basin of the San Bernardo stream. This choice is based on the fact that there is the greatest impact given the presence of the town of Sierra de la Ventana. Considering that, the river territory is a tool that can be used in the incipient management of water resources that is being carried out in the basin, it is considered appropriate to start applying the methodology in the section with the greatest impact and then continue with the rest of the basin. As a result, an Ideal Fluvial Territory of 548 m² was obtained in which it is necessary to manage the banks since they are the spaces most affected by the anthropization of the area.

Keywords: Fluvial territory, Land use, Risk, Small basins.

Introducción

Los ríos son sistemas naturales, dinámicos y complejos que constituyen un elemento clave en la dinámica ambiental y en la planificación territorial, cuentan con mecanismos de autorregulación de sus escorrentías extremas, siempre y cuando conserven una dinámica activa con procesos naturales de erosión, transporte y sedimentación (Ollero Ojeda y Elso, 2007; Baena Escudero, Guerrero y Posada, 2016). Ollero Ojeda, González y Elso (2009) definen el territorio fluvial como el terreno, espacio o paisaje dominado por un sistema fluvial. Incluye el cauce, el corredor ribereño y la llanura de inundación. Se trata de una banda geomorfológica y ecológicamente activa, de máxima eficiencia y complejidad como sistema natural. Sus límites son precisos, pero no permanentes, ya que han de adaptarse a la movilidad fluvial. Una de las ventajas que tiene la utilización de este concepto es que permite resolver problemas de ordenamiento de áreas inundables, contribuyendo a reducir la exposición, lo que implica sostenibilidad a la hora de abordar la gestión del riesgo (Blackwell y Maltby, 2006; Ollero Ojeda et al., 2009; Gatica Herrera, 2019).

En Europa, la perspectiva está adquiriendo cada vez mayor relevancia. Entre los autores que desarrollan y aplican estos conceptos y metodologías cabe destacar a González del Tánago (2007) quienes determinaron el territorio fluvial del río Guadalete (Jerez de la Frontera, España) obteniendo como resultado una disminución de la anchura de su cauce y la invasión de la vegetación ribereña hacia el interior del mismo, propiciando con ello un aumento del riesgo de inundaciones. En Andalucía se aplicó la metodología del territorio fluvial para el estudio de los espacios fluviales urbanos con el objetivo de garantizar su conservación dentro de ese ámbito y de esa manera organizar y regular las actividades humanas (González Rojas, 2017). En Francia, Bazin y Gautier (1996) determinaron el espacio de libertad para el río Loira, con el objetivo esencial de preservar la movilidad lateral de los meandros y así lograr el equilibrio y la estabilidad del hidrosistema. Arnaud-Fassetta y Fort (2008) utilizaron el concepto del *espacio fluvial funcional* como herramienta de decisión para la mitigación del riesgo de inundación en el río Aude. Cuantificaron el ancho óptimo para que el canal del río divague en su planicie de inundación. Demostraron la necesidad de una gestión concertada del río en toda la escala de captación y de un enfoque de análisis multidisciplinar. Con el mismo objetivo, Vandemeulebrouck, Arnaud-Fassetta y Fort (2011) delimitaron el espacio funcional de libertad, de máxima libertad y el espacio de divagaciones históricas del río Ognon. En Suiza, Rohde, Hostmann, Peter y Ewald (2006) se basaron en el concepto de *room for rivers* para la aplicación práctica de la estrategia integradora de la restauración de llanuras aluviales y ecología del sistema fluvial en sectores de los ríos Rhône y Thur.

En América, si bien existen numerosas investigaciones relacionadas con la rehabilitación y restauración de riberas, los conceptos y metodologías asociados al territorio fluvial como tal, se encuentran aún poco desarrollados. En particular, en Canadá la temática posee una repercusión más amplia. Cabe destacar a Biron et al. (2014) quienes determinaron los espacios de movilidad e inundación para tres ríos en Quebec y bajo la perspectiva de *freedom space for rivers* definieron tres niveles de

“espacio de libertad”. Concluyeron que, en promedio para los tres sitios estudiados, el espacio mínimo fue aproximadamente 1,7 veces el ancho del canal. Por su parte, Choné (2013) mapeó los espacios de movilidad de los ríos la Roche, Yamaska Sud-Est y Matane, al sur de Quebec, con el fin de establecer el espacio necesario a largo plazo para mantener la integridad geomorfológica y ecológica de estos cursos de agua. En Ecuador, se comenzó a trabajar en la restauración fluvial, entendiendo la importancia que tiene alcanzar las condiciones originales del sistema fluvial para disminuir el impacto antrópico. La restauración fluvial comenzó a aplicarse en la microcuenca del Atacazo, para luego ser replicada en otras microcuencas aledañas a la ciudad de Quito (Terneus-Jácome y Yáñez, 2018). Es importante destacar que la visión sobre la que se trabaja es parcial, ya que solo se consideran bioindicadores acuáticos y variables ambientales físico – químico básicas. Cadierno Gutiérrez (2014) abordó el concepto de territorio fluvial como alternativa posible desde el ordenamiento, para una zona inundable en Santiago de Chile. El origen de la problemática es la ocupación para uso residencial de la llanura de inundación. Ante esta situación propone la creación de nuevos instrumentos normativos de gestión de riesgo entre los que se incluye la delimitación del territorio fluvial.

En Argentina, las crecidas (*flash flood*) son una de las problemáticas más frecuentes en las cuencas del sistema de Ventania (provincia de Buenos Aires) y en especial en la cuenca del arroyo San Bernardo (Gil, 2010; Volonté, 2017; Moretto, Gentili, Ortuño Cano y Campo, 2019). Se generan por eventos hidrometeorológicos extremos y afectan a la población situada en las márgenes. Entre las consecuencias más importantes se encuentra el aislamiento temporario de sectores poblados, corte de vías de comunicación intra y extra regionales, la inundación de sectores urbanos ubicados en cercanías a los cauces, la evacuación de personas y pérdidas tanto humanas como económicas (Volonté, 2017). Reconocer cuál es el territorio fluvial puede transformarse en una herramienta más del abordaje de la peligrosidad de crecidas. Esto permitirá la generación de medidas complementarias para 1) la mitigación a corto-largo plazo de las crecidas y 2) adoptar medidas de conservación del espacio fluvial acordes, ambas, a la funcionalidad del sistema.

Para poder realizar una gestión adecuada de crecidas en las cuencas sería óptimo disponer de series temporales largas y continuas de precipitaciones y caudales. Pese a que, en los últimos años, en muchas cuencas del país se mejoraron los sistemas de monitoreo, los registros disponibles siguen siendo poco representativos. Esta situación es más evidente en cuencas pequeñas como la que aquí se estudia (82 km²). Es por esta razón que el análisis de la hidrogeomorfología junto con las características climáticas y biogeográficas de las cuencas sigue siendo una opción válida para determinar la peligrosidad. Por otra parte, y en línea a mejorar la gestión de las cuencas y los ríos, la incorporación del concepto “territorio fluvial” permitiría conservar o recuperar la dinámica hidrogeomorfológica de diferentes tramos fluviales. Esto es que el cauce pueda desplazarse lateralmente, erosionar, sedimentar y

desbordarse, desarrollando todas las interacciones hidromorfológicas y ecológicas entre este y las riberas.

En nuestro país, aún no se ha implementado la determinación del territorio fluvial asociado al problema del peligro de crecidas en cuencas. La principal dificultad se da en aquellos espacios fluviales que se encuentran más antropizados, ya que ofrecerle al río su espacio implica reordenar el uso de suelo urbano. Lo cual involucra a su vez, la generación o adecuación de normativas que son transversales a diferentes escalas legislativas. Sin embargo, es necesario contar con estudios previos para fundamentar la acción en vista de un cambio de uso del suelo en este caso. Por ello, y acorde a las investigaciones que se vienen llevando a cabo en el área de estudio, el objetivo que aquí se plantea es delimitar el territorio fluvial en un tramo de la cuenca del arroyo San Bernardo para analizar la factibilidad de ser utilizado como insumo para la futura gestión de este espacio.

Área de estudio

La subcuenca del arroyo San Bernardo (ScSB) nace en el Sistema de Ventania (provincia de Buenos Aires, Argentina). Este cordón serrano, con alturas máximas entre 900 y 1250 m s.n.m. es la principal divisoria de agua del sur de la llanura pampeana. Nacen aquí las principales redes de drenaje de la región y entre ellas la del río Sauce Grande. Este, en su cuenca alta posee 21 subcuencas que drenan al cauce principal (Gil, 2010). Una de ellas es la del arroyo San Bernardo que nace en el cerro Tres Picos (1.230 m s.n.m.) y confluye en cercanías de la localidad turística de Sierra de la Ventana (Figura 1) drenando las laderas orientales del cordón serrano.

El área tiene un clima templado con una marcada variabilidad témporo-espacial de las precipitaciones (Campo, Capelli y Diez, 2004; Gentili y Gil, 2013; Casado y Picone, 2018; Casado y Campo, 2019). Esta variabilidad se refuerza con la influencia de fenómenos meteorológicos a escala global los cuales contribuyen a las fluctuaciones periódicas en el monto de las lluvias (Zapperi, Ramos, Gil y Campo, 2007; Gil, Gentili, Zapperi, Casado y Campo, 2008; Ferreli y Aliaga, 2015; Brendel, Bohn y Piccolo, 2017).

La ScSB presenta dos zonas geológicas importantes: 1) el área de afloramientos rocosos pertenecientes a diferentes cordones serranos, donde las estructuras predominantes son los pliegues y las fracturas que controlan el trazado de la red de drenaje (Suero, 1972; Sellés Martínez, 2001); 2) las zonas de acumulaciones eólicas-aluviales (Gil, 2010) incididas por la actual red de drenaje y donde en la actualidad se desarrollan los suelos productivos que favorecen las actividades agrícola-ganaderas. Biogeográficamente, la ScSB se encuentra en la provincia Pampeana, distrito pampeano austral (Cabrera, 1976). La vegetación predominante es la estepa de gramíneas, formada por grandes matas del género *Stipa*. Hay varias comunidades que pueden considerarse climácicas como por ejemplo, la Estepa de *Flechilla* y la Estepa de *Stipa ambigua*. En la zona de la cuenca baja prevalecen especies arbóreas introducidas como *Populus spp.* y *Salix spp.* (Volonté, Duval, Gil y Campo, 2013). En esta subcuenca la dinámica fluvial es producto de la combinación de factores hidrometeorológicos y geomorfológicos. Ante eventos hidrometeorológicos extremos

se generan crecidas intensas que afectan a la población situada en las márgenes (Gil, 2010 y Volonté, 2017).

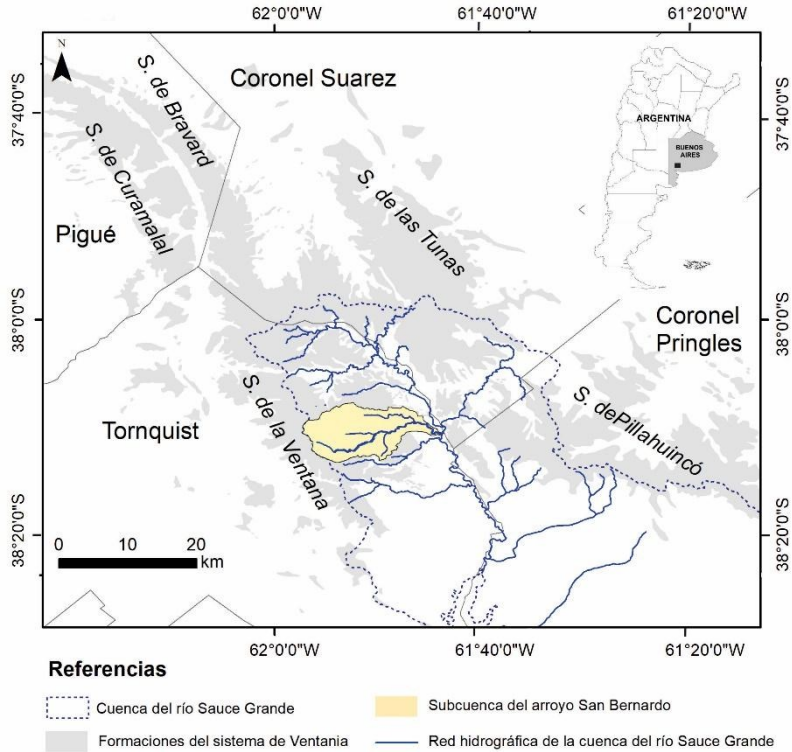


Figura 1. Localización del área de estudio. Fuente: elaboración propia.

Materiales y métodos

Para la delimitación del territorio fluvial se emplearon los criterios establecidos por Ollero Ojeda et al. (2009), los cuales se adaptaron a la realidad de la ScSB. Se utilizaron criterios geomorfológicos, ecológicos e históricos (Tabla 1). Estos se aplicaron en un tramo de la cuenca baja del arroyo San Bernardo.

Criterios	Aspecto a considerar
Históricos	Cambios en el uso de suelo (1981 - 2020). Zona inundable para un período de retorno de 50 años
Ecológicos	Inclusión de masas de vegetación ribereña aisladas y otros anexos fluviales desconectados del corredor ribereño.
Geomorfológico	Inclusión de terrenos susceptibles de ser erosionados en las próximas décadas por la propia dinámica del cauce. Acumulaciones sedimentarias en el cauce.

Tabla 1. Criterios para la delimitación del territorio fluvial. Fuente: elaboración propia.

Para la identificación de los componentes de cada criterio, además del trabajo de campo como principal fuente de información, se utilizaron imágenes satelitales de alta resolución extraídas de Google Earth Pro® y fotografías aéreas del año 1981. Luego, se digitalizó y procesó la información en el software ArcGIS® y se elaboró la cartografía de usos de suelo para los años 1981 y 2020, como así también la cartografía con la propuesta de territorio fluvial. Para la representación del área inundable con un período de retorno de 50 años, se determinaron previamente los caudales de referencia, ya que como se mencionó anteriormente esta cuenca no se encuentra aforada. Para ello, se siguió la propuesta metodológica de Sandoval Erazo y Aguilera Ortiz (2014). Una vez estimados los caudales máximos, se calculó la altura máxima de la lámina de agua y luego se ajustaron los valores obtenidos a los perfiles transversales realizados en la cuenca baja.

Existen cuatro posibles territorios fluviales para delimitar, que no son excluyentes entre sí y que se definen en función de los usos permitidos: (a) Territorio Fluvial Actual o Mínimo (TFA) es el espacio ocupado por el cauce en la situación actual, incluye el equipamiento de ocio compatible con la inundación y con el correcto funcionamiento del ecosistema y no incluye edificaciones ni usos agrarios; (b) Territorio Fluvial Protegido (TFP) se encuentra integrado en el TFA y no es objeto de ningún tipo de actuación o de ubicación de infraestructura, su objetivo es mantener la complejidad, continuidad y conectividad; (c) Territorio Fluvial Básico (TF) abarca el TFA y el TFP, es un espacio fluvial más ancho que el actual, convirtiéndose en objetivo de planificación a corto y medio plazo. Es necesario restringir en él las actividades antrópicas ya que es íntegramente inundable. Por último, (d) el Territorio Fluvial Ideal o Máximo (TFI) incluye la totalidad de la llanura de inundación. Es compatible con actividades humanas e incluso con la edificación, por lo tanto, se convierte en un espacio de riesgo. Para este trabajo se implementó el TFI ya que permite, a partir de una correcta zonificación del uso del suelo, mantener las actividades antrópicas y aprovechar el potencial recreativo que tiene este sector para las actividades turísticas.

Resultados

Criterio histórico.

Analizar la evolución del uso de suelo es importante porque condiciona la dinámica hidrogeomorfológica, lo cual incrementa o disminuye la peligrosidad de crecidas (Martínez Castroviejo, Gómez Villar y García Ruiz, 1991; Alonso Sarría, Gomariz Castillo, Cánovas García y Moreno Brotóns, 2020). En la cuenca alta no hay intervención antrópica debido a las condiciones geomorfológicas. Allí es donde se encuentran las nacientes de la red hídrica y la mayor pendiente ($>20^\circ$), características que resultan una limitante para la ocupación. En la cuenca media, en la zona de menor pendiente y de suelos más profundos se desarrolla la actividad ganadera extensiva (Figura 2).

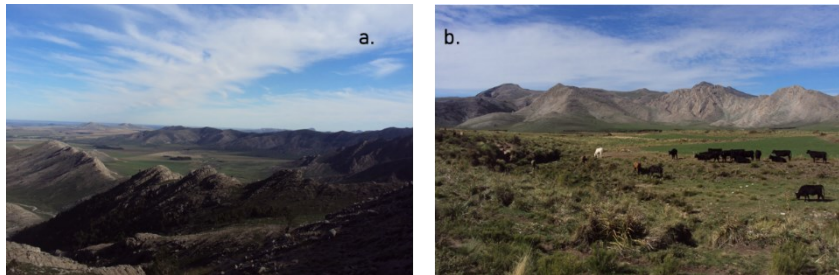


Figura 2. Cuenca del arroyo San Bernardo: a. Cuenca alta y b. Cuenca media. Fuente: fotografías de las autoras.

En el caso de la cuenca baja, el uso de suelo ha tenido transformaciones principalmente en las últimas décadas (Figura 3). Se observa entre los años 1981 y 2020 la densificación de construcciones y el arbolado urbano en la margen izquierda del tramo (borde norte) mientras que sobre su margen derecha (borde sur) la apertura de nuevos loteos y el incremento de construcciones más dispersas, que corresponde a la modalidad de ocupación del suelo. Desde un punto de vista cuantitativo, la figura 4 indica los porcentajes de los diferentes usos de suelo en el período analizado. En 1981 predomina, en el área analizada, el uso de suelo rural (71 %) abocado al cultivo de pasturas para alimentar al ganado. Por su parte, el uso residencial (26 %) se caracteriza por ser disperso, ya que corresponde a los inicios del barrio San Bernardo y está asociado predominantemente a las segundas residencias. Dentro del uso recreativo (3 %) se destaca el Golf Club Sierra de la Ventana, institución que fue fundada en 1951 y que es propietaria de 63 ha en la cuenca baja.

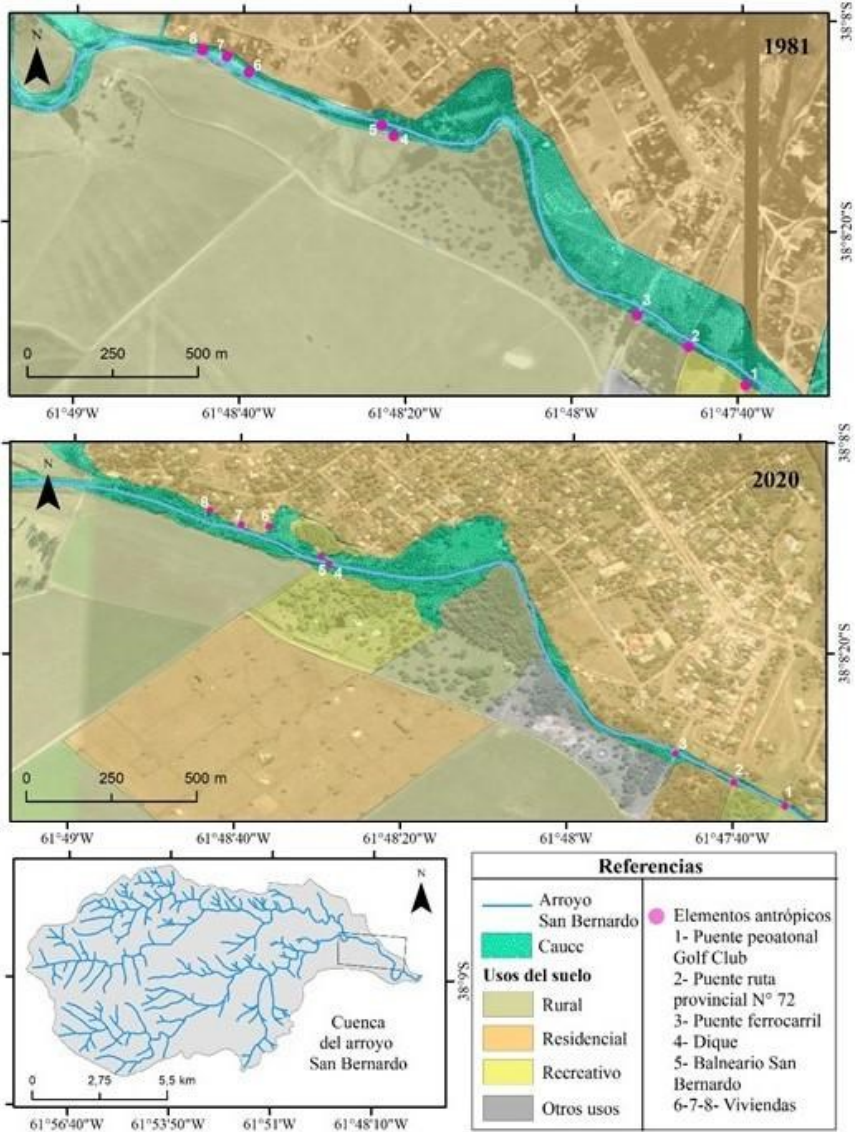


Figura 3. Mapa de usos del suelo correspondiente al área de estudio (1981 – 2020). Fuente: elaboración propia.

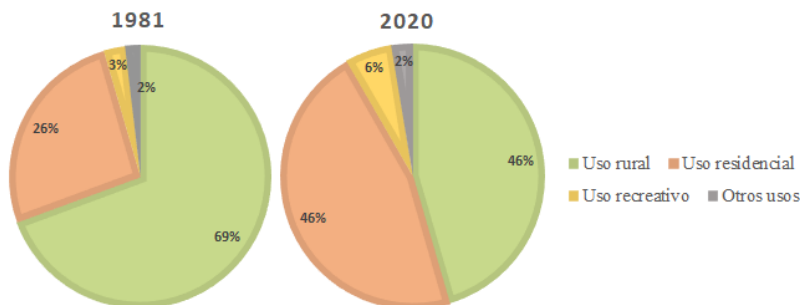


Figura 4. Usos de suelo para el período 1981 – 2020. Fuente: elaboración propia.

Comparando con los resultados obtenidos para el año 2020 se puede observar una disminución de la superficie de uso rural (23 %) en favor del uso residencial (20 %). En este punto es importante considerar que en el año 2002 el Municipio de Tornquist promulgó la ordenanza 1461/02 referida al Plan de Ordenamiento Territorial de la Comarca de Sierra de la Ventana. En la misma se puntualizan los lineamientos estratégicos de desarrollo y ordenamiento tanto para Tornquist como para el resto de las localidades que conforman la Comarca incluyendo a Sierra de la Ventana. En dicho plan se definen los principales usos de suelo especificando qué se incluye en cada categoría y bajo qué características. Consecuencia de esto, fueron dos loteos destinados al uso residencial: un polígono de aproximadamente 400 m² que se observa en la margen izquierda del cauce y el segundo en el sector inferior derecho del área de estudio (Figura 3). El primero de ellos presenta un porcentaje de ocupación urbana incipiente y el segundo fue destinado a la construcción de cabañas con fines turísticos. En términos espaciales, otro avance importante de la urbanización se observa hacia el área del cauce en la margen derecha del arroyo. En 1981 para el área de estudio, el cauce presentaba en su sector más ancho, aproximadamente 300 metros de longitud mientras que para el 2020, esta extensión queda reducida a unos 20 metros. Aquí el avance urbano se realizó sobre la llanura de inundación lo cual indica la modificación de su funcionalidad.

En la actualidad, el uso residencial (46 %) no solo incluye viviendas como segunda residencia, sino que se consolida el barrio con residencias permanentes como así también viviendas temporarias destinadas al turismo. No existen edificaciones en altura y lo que se propone desde el Plan de Ordenamiento para esta área es consolidar una imagen residencial con predominio de espacios abiertos. La mayor parte de las calles no se encuentran pavimentadas y cuentan con todos los servicios básicos (luz, gas y agua potable). El espacio recreativo aumenta su superficie (6%) respecto de 1981 debido a que se consolida el balneario San Bernardo, aprovechando el dique que permite retener agua y favorece la actividad turística. El balneario cuenta con equipamiento básico y no está permitido acampar debido a la cercanía al curso del

agua. A este uso se suma un polígono de aproximadamente 50 m² que corresponde a un eco parque que actualmente no se encuentra en funcionamiento.

Con respecto a la zona inundable para un escenario con un período de retorno de 50 años se estima que el caudal máximo evacuado por la ScSB puede alcanzar los 144 m³/s. En este caso la lámina de agua ocuparía la totalidad del canal y gran parte de la llanura de inundación. En la situación actual, el puente que comunica la localidad de Sierra de la Ventana con Saldungaray (punto de acceso a la localidad) sobre la ruta provincial 72 supone un obstáculo que frena la progresión de la crecida aguas abajo. Se produce entonces un efecto acumulativo que hace que la altura de la lámina de agua aumente desbordando hacia áreas aledañas. Considerando el tiempo de retorno de 50 años, la altura estimada de la lámina de agua sería de 9,69 m lo cual genera el desborde del canal sobre el puente de acceso a la localidad (Figura 5).



Figura 5. Crecida del año 2011 y sus consecuencias sobre el puente de acceso. Fuente: Fotografías de las autoras.

Criterio ecológico.

La llanura de inundación en este tramo se encuentra urbanizada prácticamente en su totalidad, por lo que la vegetación ha sido modificada y reemplazada. La vegetación ribereña predominante es arbórea, de edad madura junto con especies típicas del pastizal pampeano como la *Stipa longiglumis*, *Panicum bergii* y *Cortaderia selloana*. Hay árboles que poseen entre 10 y 20 metros de altura, algunos de ellos se encuentran en mal estado por haber sido afectados por las crecidas extraordinarias del arroyo (Volonté, 2017). En general las líneas de ribera del tramo se encuentran vegetadas casi en su totalidad. En algunos sectores poseen una distribución lineal al cauce y en otros se presentan en forma de masas de vegetación

dispersas; en ellos se observa la presencia de resaca (*trash*) con alturas aproximadas de entre 3 y 5 metros.

Los cambios en los usos del suelo, principalmente los vinculados al avance urbano, han dado lugar a cambios directos e indirectos en la dinámica general del arroyo. Estos sin duda repercuten significativamente en la cantidad y calidad de la vegetación, en la capacidad de infiltración del suelo y en la dinámica sedimentaria propia del cauce. Asociados a este avance urbano se identificaron como elementos antrópicos tres puentes (uno localizado en el predio del Golf Club, el correspondiente a las vías del ferrocarril y el puente que permite el ingreso a la localidad) y un dique artificial localizado en la zona del balneario anteriormente mencionado. Este último constituye una barrera al flujo sedimentario dando lugar principalmente a la generación de barras centrales y laterales en el canal. Respecto a los puentes, cabe destacar que su porte y tamaño, con excepción del puente peatonal del Golf Club, significan una importante barrera al flujo hídrico que repercute en las velocidades del mismo.

Criterio geomorfológico.

En el tramo seleccionado, el cauce posee un promedio de 25 metros de longitud. En general, el arroyo presenta una llanura de inundación amplia con depósitos de arenas y grava dispersos de tamaño medio. En el fondo del canal y sobre ambas márgenes se encuentra grava gruesa y en algunos sectores rocas de gran tamaño. Su forma en general es recta interrumpida por tramos donde predomina un trazado meandriforme. Vinculado al avance urbano sobre la llanura de inundación del arroyo se destaca una posible reducción de funcionalidad y el aceleramiento de algunos procesos de erosión lineal y lateral que repercuten en la forma, granulometría y distribución de los depósitos sedimentarios.

A lo largo del tramo del arroyo se identificaron áreas de acumulación de material sedimentario (islas o barras). Las barras se encuentran en el centro del canal y están colonizadas por vegetación. Es importante considerar que estas acumulaciones de sedimentos se encuentran asociadas a la presencia de los elementos antrópicos mencionados previamente, puentes y diques, que generar una disminución del caudal y el posterior depósito de la carga sedimentaria (Figura 6).



Figura 6. Depósitos de sedimentos localizados antes del dique. Fuente: Fotografías de las autoras.

Propuesta de Territorio Fluvial Ideal

De acuerdo a los resultados obtenidos, se delimitó el TFI. Este espacio tiene una superficie de 548 m², aquí el arroyo puede ejercer sus funciones naturales y es compatible con las actividades antrópicas que se desarrollan actualmente (Figura 7). El TFI posee un ancho promedio de 80 metros y supera en todo el tramo la zona de inundación para un período de retorno de 50 años. Si bien no es posible comparar con otras áreas del país, se han obtenido resultados similares de TFI en Quebec (Biron *et al.*, 2014). Para áreas urbanizadas, Ollero *et al.* (2011) han propuesto medidas de integración de áreas verdes o parques diseñados de manera que mantengan en alguna medida la continuidad del corredor fluvial. Proponen que los planes municipales de uso del suelo deberían definir para las áreas consolidadas por la urbanización los espacios que debe ser recuperados y los que deben ser dejados fuera de ordenación para que, con el paso del tiempo, puedan reintegrarse a la dinámica fluvial. En el caso del tramo estudiado, dentro del TFI es necesario gestionar las líneas de riberas, que son las más afectadas por la introducción de especies arbóreas exóticas y la construcción de viviendas.

Es importante considerar que se trata de un espacio expuesto a las crecidas, por lo tanto, es necesario concientizar a la población sobre la dinámica natural del arroyo como así también reorganizar los usos de suelo, limitando la futura ocupación. Volonté (2017) zonificó la cuenca baja según la peligrosidad de crecidas identificando una peligrosidad alta, que comprende el área que se encuentra urbanizada, en las cuales las viviendas están dentro de la llanura de inundación. Una peligrosidad media, correspondiente a sectores susceptibles de ser afectados por las crecidas, pero sin que corra riesgo la vida humana, y por último, áreas de peligrosidad baja, las cuales no se encuentran urbanizadas, están fuera de la llanura de inundación, y presentan bajas posibilidades de sufrir daños.

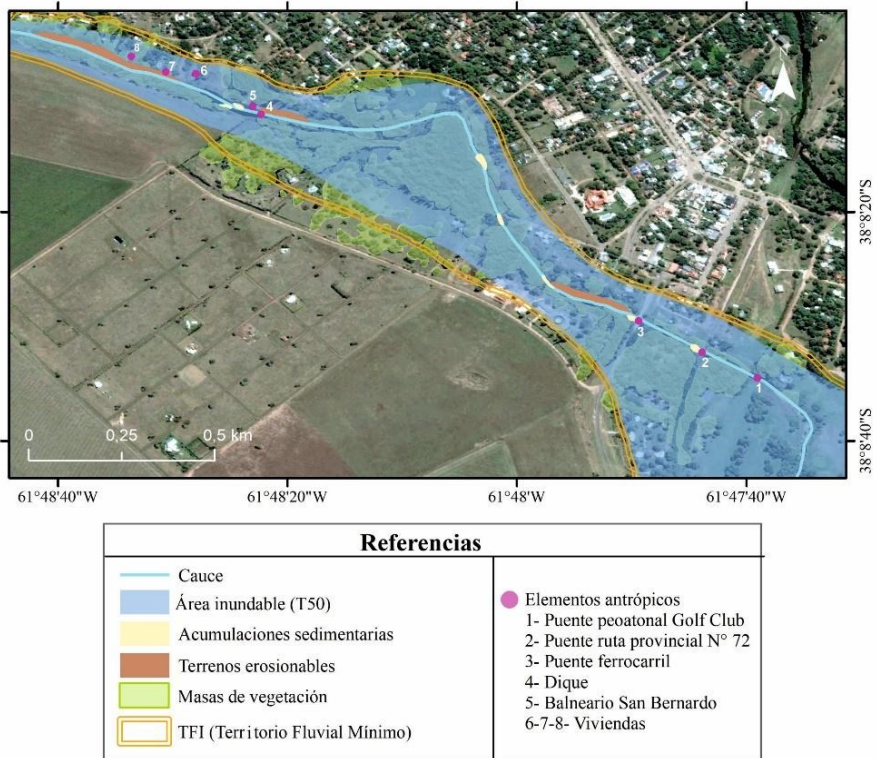


Figura 7. Propuesta de Territorio Fluvial Ideal. Fuente: elaboración propia.

Retomando la propuesta que titula este trabajo, es necesario tener en cuenta algunas cuestiones. Por un lado, es importante definir previamente qué tipo de territorio fluvial se va a delimitar, porque en el caso que se utilice uno no compatible con las actividades antrópicas que se desarrollan en ese espacio fluvial, se necesita de un marco legal y económico coordinado en las distintas escalas de gestión. En el caso que no exista, se vuelve inviable su aplicación.

En lo analizado en este trabajo, la implementación del territorio fluvial, resulta ser una herramienta sencilla y con resultados favorables. El tipo de territorio fluvial seleccionado permite la multifuncionalidad de actividades de la cuenca baja y su concreción puede generar que las presiones ejercidas sobre ambas márgenes sean menos intensas y fácilmente recuperables. Al tratarse de una medida vinculada al ordenamiento territorial, es factible que pueda ser aplicada. A futuro puede ser combinada con el mapa de peligrosidad realizado para la cuenca (Volonté, 2017) y mejorar la planificación del uso de suelo actual y futuro a través de la participación

coordinada con las autoridades locales. Además, esta zonificación es un elemento más a considerar para disminuir el riesgo de crecidas e inundaciones, ya que posiciona y visibiliza a la población en un espacio que es territorio del arroyo, lo cual hace imprescindible la educación en el riesgo, en el funcionamiento de la cuenca y en la convivencia con el mismo.

Conclusiones

El territorio fluvial se ha consolidado teóricamente en las últimas décadas como una propuesta para respetar y recuperar el espacio fluvial en cuencas antropizadas en diferentes países. Este enfoque revaloriza e integra los espacios fluviales al territorio y lo coloca en el centro de la planificación territorial. Es sabido que los cursos de agua necesitan un espacio para desarrollar su dinámica hidrogeomorfológica y ecológica, es por ello que el territorio fluvial intenta devolver al río su espacio natural o por lo menos una parte de este.

En el caso de la SbSB, el tramo seleccionado es el más afectado por la actividad antrópica. La delimitación del TFI permitió reconocer que, aún con modificaciones en la morfología en planta del cauce, el arroyo puede ejercer las funciones de transporte, erosión y sedimentación como así también sus funciones ecológicas. Es necesario revisar algunas cuestiones principalmente ante la ocurrencia de eventos extremos. Es preciso analizar el uso de suelo en las riberas, ya que el ancho no es el que el arroyo necesita cuando ocurren eventos de precipitación extrema y desborda el canal.

La metodología utilizada ofrece una oportunidad en la gestión de crecidas como complemento a la modelización hidráulica. Esto se debe a que, basándose en los indicadores hidrogeomorfológicos de campo y la vegetación, se puede establecer un criterio para la zonificación del territorio fluvial. En este caso, el TFI fue abordado como una propuesta para ser incorporada a la gestión de crecidas, su aplicación en el plan de ordenamiento contribuiría a reducir la presión antrópica y con ello disminuir la exposición y la vulnerabilidad de los elementos humanos implicados (puentes, viviendas, infraestructura turística). Esta propuesta es el inicio de la aplicación de la metodología en el resto de la cuenca del río Sauce Grande y otras cuencas de la región.

Agradecimientos

El presente trabajo se realizó en el marco del proyecto Geografía Física Aplicada al estudio de la interacción Sociedad- Naturaleza. Problemáticas a diferentes escalas témporo-espaciales. Dirección: Dra. Alicia M. Campo. Co – Dirección: Gil, Verónica. Código: 24/G078. Secretaría General de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional del Sur.

Bibliografía

- Alonso Sarriá, F., Gomariz Castillo, F., Cánovas García, F., y Moreno Brotóns, J. (2020). Análisis espacio-temporal de los cambios de usos del suelo en la Cuenca del Río Segura. *Congreso internacional sobre desertificación*. Physical Geography Modelling.
- Arnaud-Fassetta, G. y Fort, M. (2008). The integration of functional space in fluvial geomorphology, as a tool for mitigating flood risk. Application to the left-bank tributaries of the Aude River, Mediterranean France. *4th ECRR Conference on River Restoration*. Venice, Italy.
- Baena Escudero, R., Guerrero, I., García Martínez, B., y Posada, C. (2016). Anthropogenic occupation and risks of flood in the plains of the Guadalquivir river (Palm sector of river-Sevilla, Spain). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 72, 149-167. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2335>
- Bazin, P., y Gautier, E. (1996). Un espace de liberté pour la Loire et l'Allier: de la détermination géomorphologique à la gestion/Optimum streamways for the Loire and Allier. *Géocarrefour*, 71(4), 377-386.
- Biron, P. M., Buffin-Bélanger, T., Larocque, M., Choné, G., Cloutier, C. A., Ouellet, M. A., Demers, S., Olsen, T., Desjarlais, C. y Eyquem, J. (2014). Freedom space for rivers: a sustainable management approach to enhance river resilience. *Environmental management*, 54(5), 1056-1073.
- Blackwell, M.S.A. y Maltby, E. (2006) *Ecoflood guidelines*. How to use floodplains for flood risk reduction. Luxembourg, European Community, EUR22001.
- Brendel, A. S., Bohn, V. Y. y Piccolo, M. C. (2017). Variabilidad de la precipitación y su relación con los rendimientos agrícolas en una región semiárida de la llanura pampeana (Argentina). *Estudios Geográficos*, 78(282), 7-29.
- Cabrera, A. (1976). *Fitogeografía de la República Argentina*. Sociedad Argentina Botánica,
- Cadierno Gutiérrez, J. (2014). Análisis y planificación de zonas inundables. Estudio de caso: Quebrada y Canal de Ramón, Santiago de Chile. *Geographicalia*, 66, 21-44.
- Campo, A., Capelli, A. y Diez, P. (2004). *El clima del Suroeste bonaerense*. Bahía Blanca, Argentina: Ediuns.
- Casado, A. y Campo, A.M. (2019). Extremos hidroclimáticos y recursos hídricos: estado de conocimiento en el suroeste bonaerense, Argentina. *Cuadernos Geográficos*, (58), 6 – 26.
- Casado, A. y Piccone, N. (2018). Aplicabilidad de los datos grillados para el análisis espacio temporal de las precipitaciones, provincia de Buenos Aires (Argentina). *Párrafos Geográficos*, (17), 46 – 62.
- Choné, G. (2013). *L'espace de mobilité des rivières du sud du Québec: implications pour les écosystèmes et la gestion des rivières dans une perspective de changements climatiques* Tesis posgrado. Concordia University.

- Ferrel, F. y Aliaga, V. (2015). *Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la región pampeana, Argentina*. Tesis de especialización. Luján, Argentina.
- Gatica Herrera, M., Pulgar Salamanca, F., Correa Román, H. y Díaz Valenzuela, L. (2019). El territorio fluvial como instrumento de prevención del riesgo de inundación en la ribera sur del Río Laja, en la comuna de Laja. *Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía*, 6, 64 – 73.
- Gentili, J. y Gil, V. (2013). Variabilidad temporal de las precipitaciones en vertientes opuestas del Sistema de Ventania, Buenos Aires, Argentina. *Revista Universitaria de Geografía*, 22, 147 – 166.
- Gil, V. (2010). *Hidrogeomorfología de la cuenca alta del río Sauce Grande aplicada al peligro de crecidas*. Tesis posgrado. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Gil, V., Gentili, J.O., Zapperi, P.A. Casado, A. L. y Campo, A.M. (2008). Aspectos geomorfológicos e hidrometeorológicos en cuencas serranas, Suroeste de la provincia de Buenos Aires. En: *Utilización de tecnología, Jornada SIG GIS Day*, Bahía Blanca, Argentina.
- González del Tánago, M. (2007). *Las alteraciones geomorfológicas de los ríos*. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos: Universidad Politécnica de Madrid.
- Martínez Castroviejo, R. Gómez Villar, A. y García Ruiz, J.M. (1991). Ajustes fluviales derivados de cambios de uso del suelo en el pirineo aragonés. *Cuaternario y Geomorfología*, 5, 91-105.
- Moretto, B., Gentili, J. O., Ortuño Cano, M.A. y Campo, A. M (2019). El agua: recurso y peligro. Análisis normativo-institucional para la vertiente norte del Sistema de Ventania (Argentina). *Geográfica Digital*, 16 (31), 29 – 45.
- Ollero Ojeda, A; González, A y Elso, J. (2009). El territorio fluvial y sus dificultades de aplicación. *Geographicalia*, 56, 37-62.
- Ollero, A. y Elso, J. (2007). The need for a “fluvial territory” or “room for the river”: living with floods by acceptance of their functions. In Baker, C. y van Eijk, P. (eds.) *Sustainable flood management: obstacles, challenges and solutions*, 59-63, Maastricht, Interreg IIIC Network FLAPP.
- Ollero, A., Ibisate, A., Acín, V., Díaz, E., Granado, D. y Horacio, J. (2011). Innovación y libertad fluvial. VII Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua “Ríos Ibéricos +10. Mirando al futuro tras 10 años de DMA”. Talavera de la Reina, España.
- Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A., y Ewald, K. C. (2006). Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration. *Landscape and Urban Planning*, 78(1-2), 50-70.
- Sandoval Erazo, W. y Aguilera Ortiz, E. (2014). Determinación de caudales en cuencas con poca información hidrológica. *Revista Ciencia UNEMI-Ecuador*, 7(2), 100-110.
- Sellés Martínez, J. (2001). Geología de la Ventania. Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Journal of Iberian Geology*, (27), 43-69. Recuperado el 07 de octubre de, <http://revistas.ucm.es/index.php/JIGE/article/view/JIGE0101110043A>

- Suero, A. (1972). Geological compilation of Sierras Australes (Buenos Aires Province, Argentina). *Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT)*, Buenos Aires.
- Terneus-Jácome, E. y Yánez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 36-50.
- Vandemeulebrouck, P., Arnaud-Fassetta, G., y Fort, M. (2011). "Espace de liberté" et "gestion douce": deux concepts naturalistes complémentaires dans la lutte contre les inondations. Le cas de l'Ognon. En *Risques naturels en méditerranée occidentale actes du Colloque International*. Carcassonne, Aude, Languedoc-Roussillon, France.
- Volonté, A. (2017). *Geomorfología fluvial aplicada al peligro de crecidas. Cuenca del arroyo San Bernardo, Sistema de Ventania, Argentina*. Tesis posgrado. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.
- Volonté, A., Duval, V., Gil, V. y Campo, A. (2013). Vegetación ribereña en la cuenca baja del arroyo San Bernardo, Sierra de la Ventana. Trabajo presentado en el *Congreso Int. de Geografía, 74° Semana de Geografía*, Trevelin, Chubut.
- Zapperi, P., Ramos, M., Gil, V. y Campo, A. (2007). Caracterización de las precipitaciones estivales en el Suroeste bonaerense. *Contribuciones Científicas*, 1(2), 483 - 491.