

Trabajo Fin de Máster

Seguimiento y diagnóstico de la rambla de
Cariñena: dinámica fluvial, riesgos e impactos

Monitoring and assessment of Rambla de Cariñena
stream: channel dynamics, risks and impacts

Autor/es

Rubén MORAL LECHUGA

Director/es

Marcos Gimeno Gutiérrez

Facultad de Filosofía y Letras. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio

Curso 2021-2022

Resumen:

El presente trabajo desarrolla un análisis de la rambla de Cariñena, localizada en la cuenca del Ebro. Las ramblas o cursos efímeros son sistemas fluviales muy abundantes en las distintas cuencas hidrográficas de España, pero no se han realizado apenas estudios sobre ellos, en los que se diagnostique su estado y se elabore un seguimiento sobre su dinámica fluvial, riesgos e impactos.

Se han analizado dos sectores distintos de esta rambla junto a su problemática: uno de ellos de carácter más natural, en el que se ha estudiado la evolución geomorfológica del cauce desde mediados del siglo XX; y por otro lado una sección urbana, donde se ha analizado mediante la aplicación de la fórmula de Manning cuál es el caudal máximo que pueden soportar los puentes localizados en dicha rambla y en el barranco de las Cuatro Esquinas (afluente de la rambla de Cariñena y que transcurre por pleno núcleo urbano). Para el diagnóstico se ha aplicado a ambas zonas el índice para la evaluación de la calidad hidrogeomorfológica de sistemas fluviales efímeros (IHG-E).

Se concluye que la rambla de Cariñena tiene una calidad hidrogeomorfológica moderada en su sección más natural y deficiente en su tramo urbano. Estos cursos efímeros hay que tenerlos en cuenta, ya que su mal cuidado puede llegar a generar severos impactos. Es por ello que en este trabajo se aportan una serie de propuestas de buenas prácticas en gestión y restauración de estos cursos efímeros.

Palabras clave: geomorfología fluvial, estado hidromorfológico, cursos efímeros, impacto ambiental, vulnerabilidad urbana.

Abstract:

Monitoring and assessment of Rambla de Cariñena stream: channel dynamics, risks and impacts. This paper develops an analysis of *The Rambla de Cariñena*, located in the Ebro basin. *Ramblas* or ephemeral streams are very abundant fluvial systems in the different hydrographic basins of Spain, but very few studies have been carried out on them, where risks and impacts are diagnosed and followed up on their fluvial dynamics.

Two different reaches of this *rambla* have been analyzed along with their problems: one of them of a more natural channel, where the geomorphological evolution since the middle of the 20th century has been studied; and on the other hand, an urban section, where it has been analyzed, by applying Manning's formula, what is the maximum flow that the bridges located in the *rambla* and in the *barranco de las Cuatro Esquinas* (tributary of the *rambla*, that runs through the urban core). For the diagnostic, the index for the evaluation of the hydrogeomorphological quality of ephemeral fluvial systems (IHG-E) has been applied to both zones.

It is concluded that *the Rambla de Cariñena* has a moderate hydrogeomorphological quality in its most natural section and a deficient one in its urban section. These ephemeral streams must be taken into account since their poor care can generate severe impacts. That is why in this work a series of proposals for good practices in management and restoration of these ephemeral courses are proposed.

Keywords: fluvial geomorphology, hydromorphological condition, ephemeral streams, environmental impact, urban vulnerability

Índice

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 JUSTIFICACIÓN	5
1.2 MARCO DE TRABAJO	6
1.3 ANTECEDENTES	7
1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO	9
2. ÁREA DE ESTUDIO	10
2.1 TOPOGRAFÍA	12
2.2 HIDROLOGÍA Y RED DE DRENAJE	13
2.3 CLIMA	14
2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA	15
2.5 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO	17
3. METODOLOGÍA	19
3.1 TRABAJOS DE GABINETE	19
3.2 TRABAJO DE CAMPO	20
3.3 INTERPRETACIÓN Y REDACCIÓN DE LOS RESULTADOS	21
4. RESULTADOS	22
4.1 PROBLEMÁTICA	22
4.2 EVOLUCIÓN RAMBLA DE CARIÑENA	28
4.3 NÚCLEO URBANO DE CARIÑENA	34
4.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS	47
4.5 ÍNDICE HIDROGEOMORFOLÓGICO (IHG)	63
5. DISCUSIÓN Y PROPUESTAS	65
5.1 PROPUESTAS DE BUENAS PRÁCTICAS EN FUNCIONAMIENTO GEOMORFOLÓGICO	65
5.2 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO	71
5.3 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN ORDENACIÓN DEL TERRITORIO FLUVIAL	74
5.4 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN GESTIÓN HIDROLÓGICA, AMBIENTAL Y DE RIESGOS	80
5.5 PROPUESTAS DE BUENAS PRÁCTICAS EN EVALUACIÓN, CONOCIMIENTO Y SENSIBILIZACIÓN	87
6. CONCLUSIONES	91
7. REFERENCIAS	93
8. ANEXO 1: Póster “Hydromorphological characterization, assessment and monitoring in ephemeral streams: a case study in NE Iberian Peninsula”	96

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende analizar los posibles efectos que ha tenido tanto el cambio climático como acciones humanas en el curso efímero de la rambla de Cariñena localizado en la cuenca del Ebro.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Antes que nada, es importante precisar y definir el termino *río efímero* y así poder diferenciarlo de otros términos utilizados para las distintas clasificaciones de las tipologías de ríos como son los ríos *permanentes* o *ríos temporales* o *estacionales*.

Río permanente: sistema fluvial que muestra agua en régimen natural todo el año, sin localizar ningún periodo seco.

Río temporal o estacional (no perennes): sistema fluvial con una marcada estacionalidad, de manera que se muestra un curso de agua en el que se produce una interrupción en el caudal, mostrando un periodo seco o un periodo de bajo caudal en verano, pero encuentran lámina de agua alrededor de 300 días al año. Estos ríos temporales, tal y como se ha explicado anteriormente, se dividen en dos tipos; intermitentes y efímeros.

Estos cursos de agua no perennes constituyen al menos el 50% de la red fluvial mundial y superan con creces ese porcentaje en muchas cuencas mediterráneas (Skouli-kidis et al., 2017; Calle, 2018; Messenger et al., 2021). Por lo que son una realidad muy importante en el Sur de Europa. Estos cursos de agua no solo presentan características comunes con los ríos de régimen permanentes, desde un punto de vista hidráulico, geomorfológico y ecológico, sino que también comparten problemas ambientales asociados a extracción de áridos (Rinaldi et al., 2005; Sanchis et al., 2017; Calle et al., 2017), construcción de presas o escolleras (Ollero, 2015), entre otros.

Pero además los cursos efímeros son marcadamente diferentes en algunos aspectos clave. Pueden definirse como sistemas fluviales (enteros o en alguno de sus tramos) en los que solo circula agua superficialmente de manera esporádica o pasajera, en la mayoría de los casos porque se encuentran desconectados del acuífero, por lo que solo llevan caudal directo en respuesta a eventos de precipitación (Levick et al., 2008).

Esta naturaleza discontinua que los define y al tiempo complica su clasificación y, por tanto, abordar con garantía su gestión y conservación (Vidal-Abarca et al., 2020). La variabilidad espacio-temporal de su caudal provoca que un mismo río, o incluso un mismo

tramo, se puedan identificar como intermitentes o efímeros dependiendo del momento y lugar de la observación (Segura et al., 2021).

Estos ríos efímeros son espacios de gran valor en términos de conservación de la biodiversidad. Además, gracias a su estudio se puede llegar a comprender las grandes consecuencias que acontecen a manos del cambio climático y la actividad antrópica. Para poder protegerse ante esto, es necesario tener una planificación hidrológica que establezca unos objetivos que mejoren el estado de estos sistemas fluviales que han sido tan pocos estudiados y valorados desde una perspectiva científica y técnica, consiguiendo así una conservación y una sostenibilidad que esté en armonía con el medio natural.

1.2 MARCO DE TRABAJO

El presente trabajo se ha realizado en el marco de un proyecto de investigación ya concluido pero sobre cuya temática se sigue trabajando en el grupo de investigación Clima, Agua, Cambio Global y Sistemas Naturales (IUCA, Universidad de Zaragoza) En concreto fue el proyecto CGL2017- 84625-C2-1-R (CCAMICEM), Subproyecto "Cambio climático y ajustes morfológicos en cauces efímeros mediterráneos: dinámica y resiliencia geomórfica, y propuestas de actuación", financiado por FEDER / Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades / Agencia Estatal de Investigación dentro del Programa Estatal de I+D+I Orientada a los Retos de la Sociedad, cuyo investigador principal fue Carmelo Conesa, Catedrático de Geografía Física de la Universidad de Murcia. En el proyecto, desarrollado entre 2017 y 2021, hubo tres áreas de trabajo con cursos efímeros, Murcia, Ebro y Calabria (Italia), y en cada uno de ellos un equipo de investigación. Concretamente en la cuenca del Ebro, el estudio se coordinó desde las universidades de Zaragoza y del País Vasco (UPV-EHU). El objetivo que llevó a la realización del proyecto es conocer cómo el cambio climático influye en los cursos efímeros, por lo que se procedió a la realización del estudio para conocer mejor estos sistemas fluviales tan complejos a la vez que variables. La rambla de Cariñena constituyó una de las áreas de estudio, y desde entonces se realiza un seguimiento de la misma.

De forma más concreta, este trabajo se ha planteado también en torno a la presentación de un poster derivado del citado proyecto en la *10th International Conference of the International Association of Geomorphologists (IAG)* celebrada en Coimbra (Portugal) del 12 al 16 de septiembre de 2022 (v. anexo 1), poster en el que fueron coautores el autor del presente TFM y sus codirectores.

1.3 ANTECEDENTES

Como ya se he dicho en apartados anteriores, estos ríos efímeros pueden llegar a ser muy variables en el tiempo, por lo que a priori tendrían que recibir una gran muestra de interés, pero la realidad es que han recibido muy poca atención de la mano de los científicos fluviales, existiendo muy pocos datos y estudios de ellos. Eso sí, cabe destacar que estos cursos efímeros tienen una secuencia evolutiva amplia con una importante dinámica geomorfológica haciéndose más revelador su análisis. Es por esto que sobre esta línea sí que aparecen algunos proyectos muy interesados en ella. En los siguientes renglones se van a enunciar algunos de estos proyectos.

La Agencia Catalana del Agua ha participado en Portugal en un proyecto de gran importancia, el proyecto SMIRES (Science and Management of Intermittent Rivers and Ephemeral Streams) financiado por la Comisión Europea para resolver problemas entre los que se trata “Geomorfología y regímenes de sedimentos de ríos intermitentes y corrientes efímeras del Mediterráneo”.

Uno de los trabajos pioneros sobre ríos efímeros es el de Leopold et al. (1956) en el que se tratan los factores hidráulicos. También otros estudios como los de Ferrer y Mensua (1956).

Además, existe el proyecto europeo Life TRivers en el que el grupo de Investigación Freshwater Ecology and Management (FEM) de la Universidad de Barcelona junto con el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua y la Confederación Hidrográfica del Júcar diseñan métodos alternativos para conocer el régimen hídrico de los ríos efímeros y mejorar la gestión de éstos en el Mediterráneo (2017).

De la mano de la Universidad Complutense de Madrid se han elaborado dos proyectos relacionados con los cursos efímeros: el proyecto de “Infiltración en lechos fluviales y recarga de acuíferos relacionadas con avenidas y paleocreencias en ríos efímeros” (Proyecto PALEOREC, 2005), y por otro lado el un proyecto que trata sobre la respuesta hidrológica que tiene un efímero concreto (Benito et al., 2011).

Cabe destacar que las universidades de Murcia y de Valencia en los últimos años, con comienzos en 1990 con la tesis de Segura, F. (1990), han llevado a cabo diversos estudios sobre los cursos efímeros. Respecto a la Universidad de Murcia, se ha centrado más en estudios enfocados en valorar la respuesta morfológica del cambio climático en cauces

efímeros y destacando también trabajos de evaluación del estado ecológico en estos espacios, llevados a cabo por el grupo de investigación ERODERME (Erosión y desertificación en el Mediterráneo) y el de Ecología de Aguas Continentales.

Además, hay estudios (Gimeno, 2009) donde se caracteriza hidromorfológicamente hablando la cuenca del río Frasnó dando pie tener nociones sobre el riesgo de inundación de dicha cuenca.

También destacan de estas universidades las tesis doctorales de Conesa y García Lorenzo (2009) y algunos trabajos sobre ríos efímeros de la mano de Segura y Sanchís (2015) o Camarasa (2016).

Se han llevado a cabo diversos estudios de estos cursos localizados en la cuenca del Ebro, esos estudios siguen toda una misma línea como los de (Ferrer y Mensua), (Noguera Corral, 2016), (Peño Gómez, 2017), (Salvador Ramos, 2016), (Hermoso, 2019), (Alquézar, 2019) y (Sanmartín, 2019).

También existen otros estudios realizados por parte de la Universidad de Zaragoza; (Ollero et al., 2004) (Ballarín et al., 2006) (Sánchez Fabre y Ollero, 2007) y tesis recientes de la mano de Mikel Calle y María Elvia Guzmán, desde la geología (Calle, 2018) y la ingeniería de montes (Guzmán, 2015). Sobre El Valcodo, destacan el artículo de Ferrer & Mensua, 1956 y Rabanaque, 2002, ambos artículos estudian las ramblas del valle del Jiloca.

También hay algunos trabajos, como el de Domenech et al. (2008), que llaman la atención sobre la peligrosidad en crecida de los cursos efímeros y cómo con elevada frecuencia atraviesan cascos urbanos de localidades de Aragón, como ocurre con Cariñena.

Tras mencionar los diversos proyectos, estudios y trabajos que se han realizado a lo largo de los años sobre los cursos efímeros, es importante resaltar la predisposición a la continuidad en la investigación de estos, siguiendo una línea de trabajo similar a las anteriores, pero a la vez realizando un tratamiento totalmente diferente.

1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO

El objetivo principal del trabajo es caracterizar y evaluar dos áreas de estudio en el curso efímero de la rambla de Cariñena, una en un marco urbano, otra en un contexto rural, con dinámicas y problemáticas diferentes, en el marco de su seguimiento posterior al proyecto CCAMICEM.

En el tramo rural o natural se pretende caracterizar la evolución hidromorfológica y en el tramo urbano de Cariñena se evalúa la capacidad de desagüe que tienen los distintos puentes.

Ambos objetivos principales comparten algunos objetivos específicos como son:

- Ajustar la definición y la importancia de los cursos efímeros
- Describir la problemática que estos presentan.
- Mostrar una serie de episodios y situaciones de riesgo asociados a las ramblas estudiadas.

Para el tramo rural o natural sus objetivos específicos son:

- Concretar la zona de estudio y elaborar una cartografía hidrogeomorfológica evolutiva de la misma.
- Localizar todas las presiones presentes en la rambla y evaluar sus posibles impactos aglutinándolos en diferentes grupos según temática y realizar un diagnóstico con el índice “IHG”
- Proponer buenas prácticas para cada una de las presiones.

Para el tramo urbano sus objetivos específicos son:

- Localizar con exactitud cada uno de los puentes que componen los dos cursos efímeros que recorren el núcleo urbano de Cariñena (rambla de Cariñena y barranco de Cuatro Esquinas).
- Obtener los datos necesarios para aplicar la fórmula de Manning y averiguar cuál es el caudal máximo que puede circular a través de los puentes.
- Diagnosticar cuál sería el riesgo de inundación de la zona de estudio.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La zona donde se lleva a cabo el estudio es la cuenca hidrográfica del río Frasnó o rambla de Cariñena, que se extiende desde la Sierra de Algairén hasta las proximidades del núcleo de Alfamén. Dentro de ella se recogen otros municipios: Cariñena, Longares, Aguarón, Paniza y Encinacorba. Este río desemboca en la subcuenca hidrográfica del río Jalón y en concreto en el río Jalón, pero hay que destacar que tras la ejecución de diversas actuaciones antrópicas el curso natural del río se ha alterado produciendo que el final de este se produzca de forma arreica, extendiéndose por los campos de cultivo.

Con una superficie aproximada de unos 334,4 km², prácticamente su totalidad se encuentra dentro de la Comarca del Campo de Cariñena. Este río fluye de sur a norte y tiene una serie de afluentes de menor tamaño de tipología de ramblas o río efímeros; el Barranco, el Barranco de Enmedio y el Barranco de las Cuatro Esquinas. Los dos últimos llegan a desembocar en el municipio de Cariñena llegando a provocar diversos episodios de riesgo. Más adelante se analizará con más profundidad el caso del Barranco de las Cuatro Esquinas.

Mencionar que en este trabajo se ha trabajado en dos zonas de estudio dentro de la cuenca hidrográfica del río Frasnó, por un lado, tenemos una zona apartada de la rambla donde está existe de manera más naturalizada, que se encuentra cercana al municipio de Alfamén y por otro lado una parte de la rambla localizada en el interior del municipio de Cariñena junto al estudio también de un tramo del afluente Barranco de las Cuatro Esquinas.

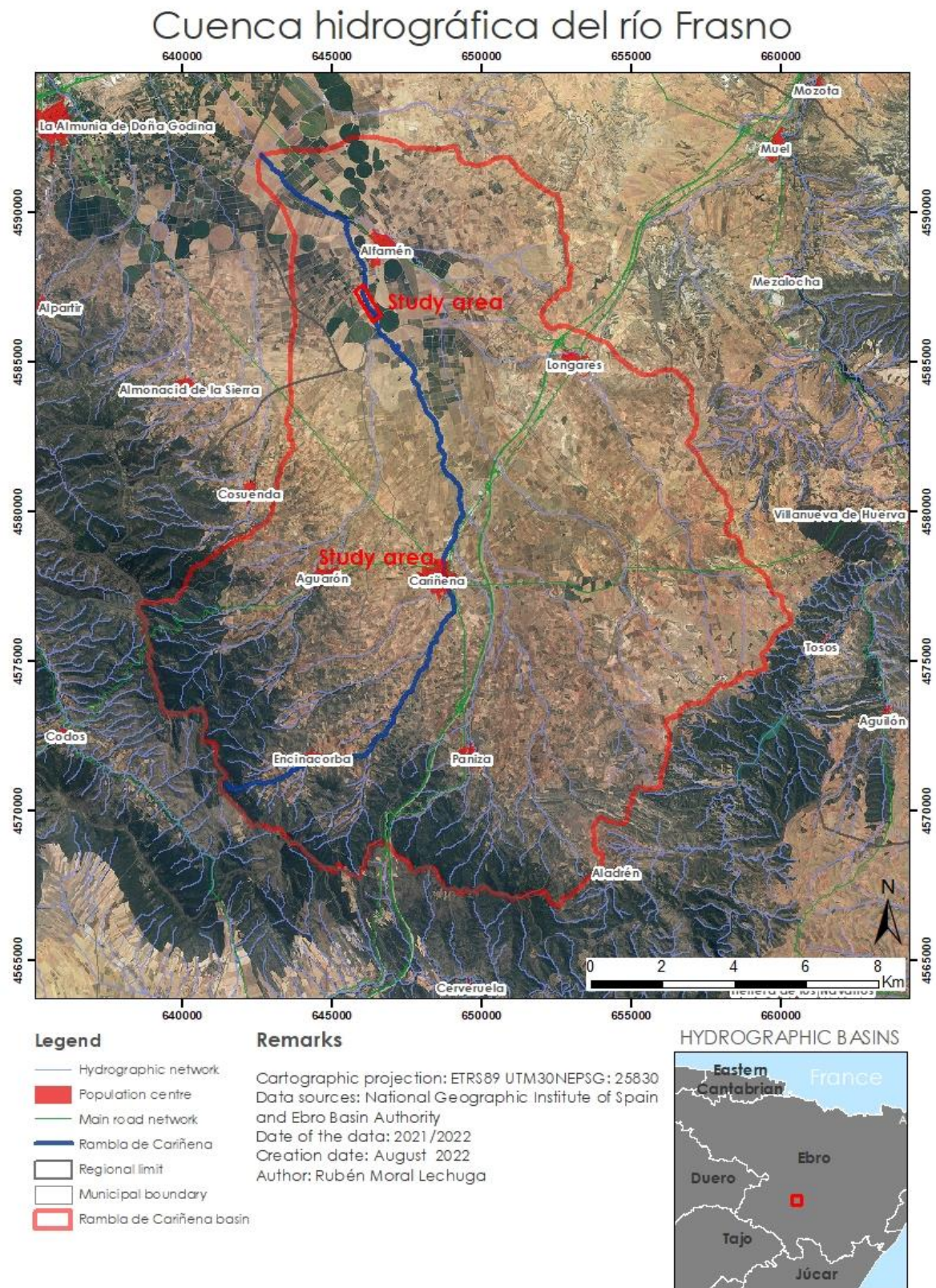


Figura 1. Localización de las zonas de estudio. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

2.1 TOPOGRAFÍA

Mediante la observación y análisis de distintos productos topográficos se puede esclarecer una serie de características básicas de la cuenca hidrográfica y del terreno que a lo largo del estudio se va a trabajar.

Superficie de la Cuenca (km ²)	Perímetro (km)	Altitud media (m)	Desnivel (m)
334,400	82,419	553	153

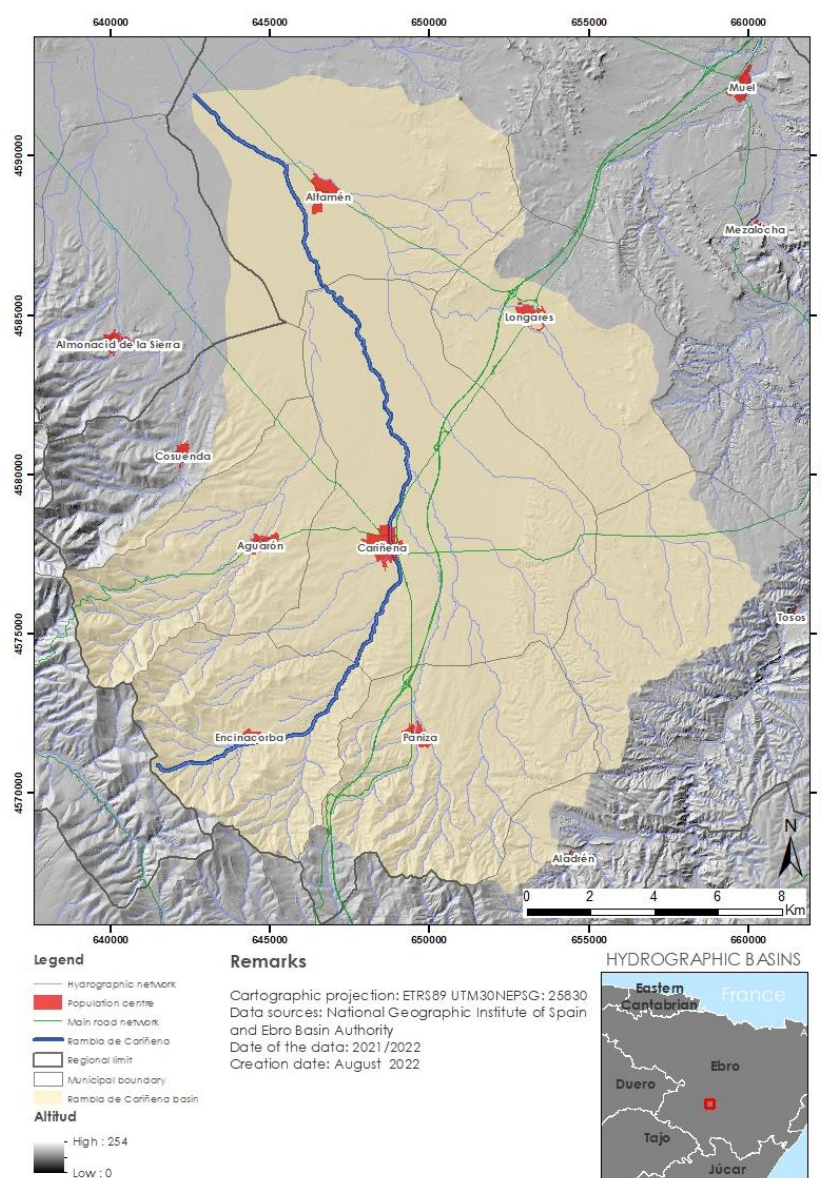


Figura 2. Mapa topográfico de la cuenca del río Frasnó. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

Tras la observación de los datos obtenidos tras la elaboración del mapa topográfico se puede llegar a una serie de conclusiones sobre la cuenca: tiene una topografía llana en términos generales a excepción de las zonas sur y suroccidental pegadas al límite de la cuenca (estribaciones de la sierra del Algairén) y con alguna formación de glaciares que ocupan la mayor parte de la cuenca. Destacar que es en estos glaciares donde se sitúa uno de los productos agrícolas más representativos de la comarca, las viñas.

2.2 HIDROLOGÍA Y RED DE DRENAJE

En el caso de esta cuenca hidrográfica no podemos contemplar el caso de que en ella discurra una corriente permanente de agua, sino que dentro de la cuenca discurren numerosos cursos de agua no continuos e intermitentes que son las ramblas o barrancos.

La estructura de esta cuenca hidrográfica responde a la de una red de tipo dendrítico, consecuencia de una estructura suave con capas horizontales o de pequeño buzamiento. Respecto a su jerarquización, basándonos en el método de jerarquización de Strahler, la cuenca hidrográfica del río Frasno alcanza el orden 5º en la zona final del tramo estudiado.

Se observan 2 regiones bien diferenciadas respecto a la densidad de drenaje dentro de la cuenca, una de ellas ubicada en la zona sur con una densidad mucho mayor llegando hasta el nivel 3 en la jerarquización. Y por otro lado en la zona norte, que es más llana, tiene una densidad menor del número de cauces con niveles del 4 al 5 según el método de jerarquización de Strahler.

A continuación, en la figura 3 se observa un resumen de todos los cauces correspondientes a cada uno de los órdenes.

ORDEN	NÚMERO DE CAUCES
1	56
2	15
3	4
4	2
5	1

Figura 3. Jerarquización de Strahler cuenca del río Frasno. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CHE]

2.3 CLIMA

El clima de la zona de estudio es mediterráneo continental. Con unas características típicas como la aridez (es muy apreciable en el paisaje), la irregularidad de las lluvias anulando así la significación real de los valores promedios anuales de la zona, los contrastes térmicos con un invierno frío y un verano muy cálido y con la intensidad y frecuencia del viento, que tiene una característica muy típica, lo frío y seco que es y su dirección de flujo dominante sentido noroeste-sureste (también denominado *cierzo*).

Esta cuenca se caracteriza por ser bastante seca predominando así los días sin precipitación. Con unos valores medios de 400mm en las zonas llanas y sobre los 550mm en las zonas más montañosas. El régimen de lluvias es equinoccial, es decir, que llueve sobre todo en dos periodos a lo largo del año, en concreto en primavera y en otoño lo cuales se encuentran separados por dos mínimos siendo estos las estaciones de verano e invierno.

Además de esa irregularidad en las precipitaciones que ya se ha nombrado previamente, hay que destacar que estas pueden llegar a ser de gran intensidad horaria y violentas como fueron las acontecidas en los años 1954, 1972 y 1974 provocando así grandes inundaciones con graves consecuencias en términos humanos y materiales.

Respecto a la temperatura, este territorio presenta una escasa influencia marítima, con una elevada amplitud térmica anual de más de 18 grados centígrados. Los veranos son largos y cálidos, con medias superiores a los 20°C y máximas muchos días por encima de los 40°C. Frente a esto, los inviernos son rigurosos, con mínimas por debajo de los -10°C en numerosas ocasiones y superando los 30 días al año de heladas.

2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Exceptuando las sierras del Peco, Algairén y Herrera, lo que compone a esta cuenca es un extenso glacis con un desarrollo longitudinal de unos 15 km y una extensión de unos 300 km² formando así una rampa la cual desciende desde los 700 metros de altitud hasta los 400 metros. Está compuesta por cantos cuarcíticos provenientes de la Ibérica con una matriz arcillosa (otorgándole una tonalidad rojiza). Además, hay que destacar como en el sector noroeste este glacis conecta con las terrazas del río Jalón drenando el glacis a través de una serie de barrancos encajados.

En las estribaciones montañosas se presentan suelos pobres con sustrato rocoso muy cercano, de malos rendimientos y graves dificultades para el empleo de maquinaria agrícola. A medida que las prolongaciones montañosas van perdiendo altura, el paisaje de colinas desciende suavemente hasta identificarse con la llanura o campo de Cariñena, donde el suelo está compuesto por guijarros de los depósitos aluviales y coluviales mostrando así unas condiciones más adecuadas para el cultivo de la vid.

Unidades geomorfológicas de la cuenca hidrográfica del río Frasco

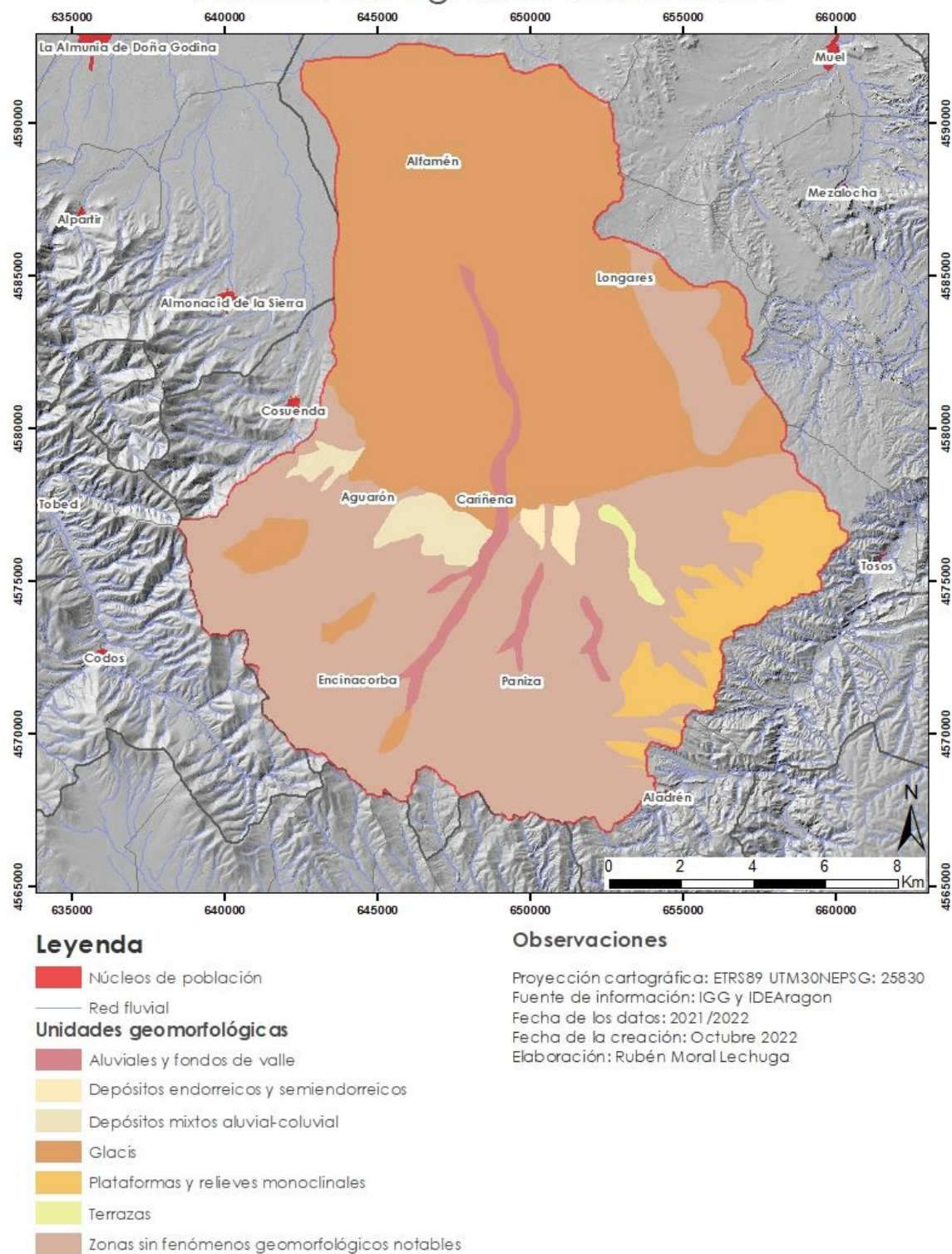


Figura 4. Mapa geomorfológico de la cuenca del río Frasco. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG e IDEARagon]

2.5 VEGETACIÓN Y USOS DEL SUELO

Esta cuenca hidrográfica está compuesta en su mayoría con un 78,51% (263,10 km²) por cultivos localizados en el glacis que la compone. Por otro lado, con una ocupación 8,75% respecto el total de la superficie (29,31 km²) está el encinar de *Quercus ilex* localizado en su gran mayoría en la Sierra de Algairén. Además, se puede destacar como el 4,71% de la cuenca (15,79 km²) lo compone el espacio forestal desarbolado, hecho muy importante ya que es uno de los elementos que puede tener una alta incidencia en los procesos de fuertes avenidas con las inundaciones pertinentes.

Con una representación mucho menor nos encontramos con zonas de combinación de *Pinus* con predominancia de *P. pinaster* (2,80%), en zonas de la Sierra de Algairén y zonas de terreno improductivo (1,62%) localizadas en las aproximaciones del cauce del río Frasnó y, claro está, las zonas artificiales que ocupan un 3,94% del total.

	Zonas artificiales	Bosque mixto de frondosas	Combinación de pinus con predominancia de pinaster	Forestal desarbolado	Arbolado ralo	Cultivos	Agua e improductivos	Quercus ilex
Ocupación (km ²)	13,21	1,03	9,40	15,79	1,65	263,10	1,62	29,31
Ocupación (%)	3,94	0,31	2,80	4,71	0,49	78,51	0,48	8,75

Figura 5. Ocupación de la vegetación de la cuenca del río Frasnó. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

Forestal y usos del suelo

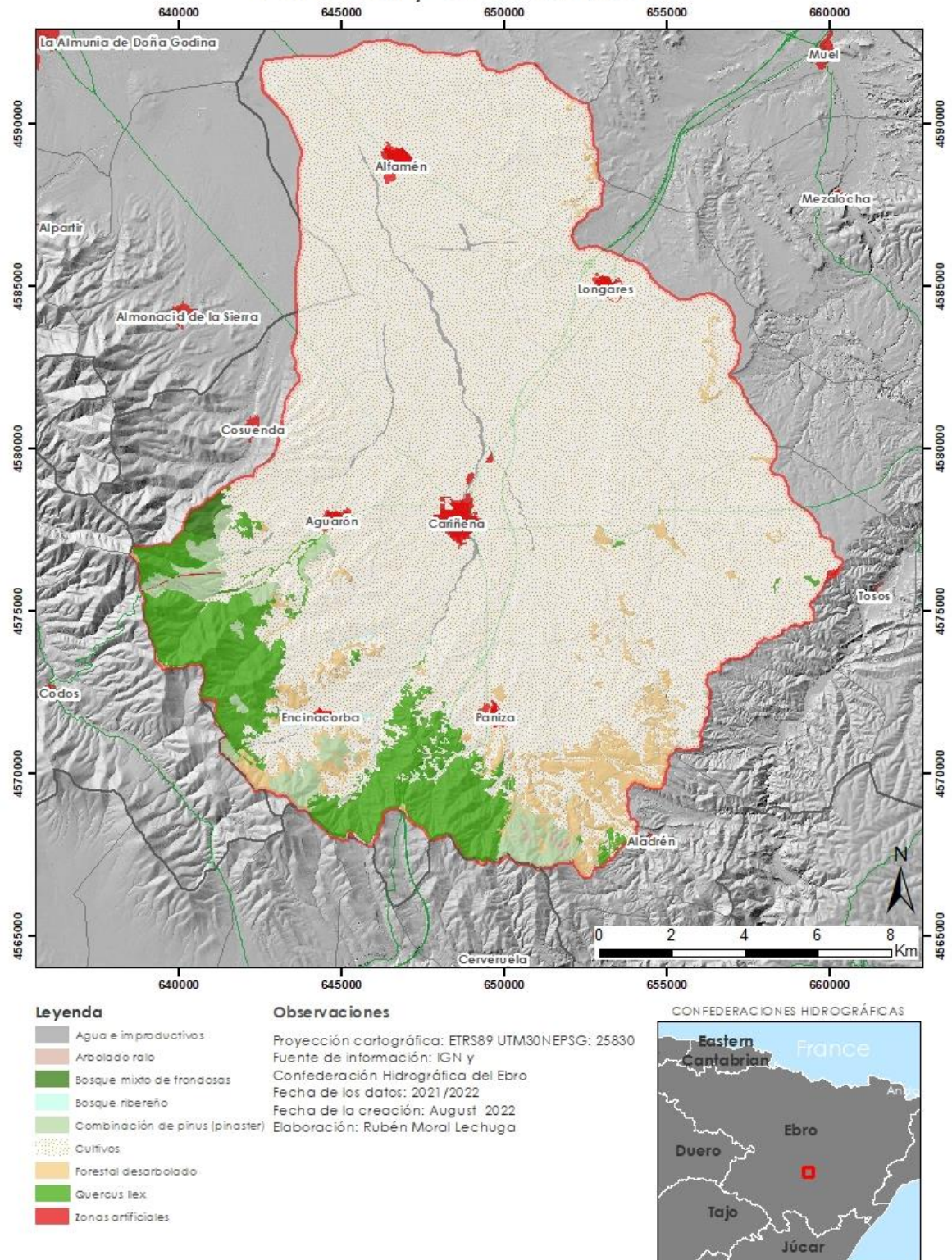


Figura 6. Mapa forestal y usos del suelo de la cuenca del río Frasnó. [Elaboración: Rubén Moral.
Fuente: CNIG]

3. METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo en este trabajo se divide en tres fases.

3.1 TRABAJOS DE GABINETE

Para el desarrollo de este trabajo se ha recopilado información de diferentes fuentes.

- Para ver la problemática que acontece en la zona se han recopilado distintas noticias publicadas en los medios de comunicación.
- Sobre la definición de río efímero y su actual problemática se ha consultado diversos estudios, proyectos y trabajos elaborados en los últimos años.
- En lo relacionado a la elaboración de la cartografía evolutiva geomorfológica se ha empleado vuelo de dron, imágenes áreas históricas y LIDAR PNOA (0.5 puntos/m² densidad). En concreto el vuelo de UAV se empleó para el mapa del año 2019. Se tomaron dichas imágenes con un UAV de ala fija (modelo clásico Ebee) que lleva a bordo un Sensor Sony WX220 RGB con resolución de 18 Mpx. Los vuelos fueron programados usando eMotion 3 software que también se utilizó para controlar y monitorear el UAV durante los vuelos. Se utilizaron dos satélites de navegación global y dispositivos del sistema (GNSS) (que funcionan como móvil y base) para inspeccionar los puntos de control terrestre (GCP) marcados artificialmente en el campo. Destacar que las precisiones fueron de cualquier punto individual <0,03 m. El vuelo fue realizado por el profesor Álvaro Gómez Gutiérrez de la Universidad de Extremadura (proyecto CCAMICEM).
- La cartografía de la localización de los vados de la rambla de Cariñena, (<https://centrodedescargas.cnig.e>) se ha incorporado mediante el software ArcGIS.
- Para la cartografía de la localización de los puentes de los dos barrancos a estudiar del municipio de Cariñena, la ortofoto utilizada se ha obtenido del CNIG (<https://centrodedescargas.cnig.e>). Mediante el software ArcGIS
- Para la cartografía de la localización del área de estudio del trabajo las ortofotos utilizadas se han obtenido del CNIG (<https://centrodedescargas.cnig.e>). En este caso se ha decidido elaborar dos cartografías distintas: una cuyo fondo es la propia ortofoto y otras que se han realizado mediante un geoproceso denominado “*hillshade*”. Ambas incluyen capas del BTN25, límites administrativos regionales y municipales, la red principal de carreteras, viario municipal y la principal red

hidrográfica. Todas ellas han sido obtenidas del CNIG (<https://centrodedescargas.cnig.e>) o bien del IDEAragon (<https://idearagon.aragon.es>). En concreto se han utilizado las hojas correspondientes a los números 410 (La Almunia de Doña Godina), 411 (Longares), 438 (Paniza) y 439 (Azuara).

- Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG (Ollero et al., 2009) en este caso se ha aplicado el IHG-E para cursos efímeros, cuyo objetivo de aplicación es entre otros la geo proceso determinación del estado ecológico, la definición de medidas de restauración o rehabilitación, la conservación de corredores ribereños, la ordenación del territorio, la gestión sostenible del agua, la zonificación en función del grado de riesgo, etc. Y sobre todo la valoración hidrogeomorfológica de sistemas fluviales.

Este se basa en que todas las presiones e impactos humanos sobre el sistema fluvial, tienen una respuesta en el funcionamiento hidrológico y geomorfológico del sistema y en sus propias morfologías de cauce y riberas

3.2 TRABAJO DE CAMPO

Para el buen desarrollo de este trabajo ha sido necesario la inversión de tiempo en un trabajo de campo en cada una de las dos zonas de estudio.

En primer lugar, en lo que respecta a la zona de estudio de los puentes del municipio de Cariñena, de forma previa se tuvo que decidir cuáles serían los dos barrancos del municipio que se iban a trabajar y realizar un primer visionado sobre ortofoto para tener un primer “feedback” del trazado de los barrancos y la localización de los puentes.

Posteriormente ya en la zona de estudio se recorrió cada uno de los puentes que componían los barrancos.

En cada uno de los puentes se tomaron una serie de datos para su posterior análisis, estas medidas han sido: anchura total del puente y posteriormente la altura del suelo respecto al arco en 5 mediciones distintas en cada uno de los vanos que componen el puente en cuestión, una de ellas en lado derecho del vano, otra en el lado más izquierdo del total y las otras 3 tomas restantes a la altura proporcional según la anchura que tenga el vano medido. Otro de los datos captados es la altura que tiene el arco que compone a cada uno de los vanos de los puentes. Y por último a nivel general del puente la pendiente y la rugosidad del suelo.

Estos datos se han captado con el objetivo de ser útiles para la posterior aplicación de la fórmula de Manning; $Q = A [(R^{2/3} S^{1/2}) / n]$

y así poder hallar cual es el caudal máximo que puede circular a través de los puentes, lo que constituye un indicador del grado de riesgo de inundación del núcleo de Cariñena.

Así se ha mostrado en primer lugar los datos obtenidos de cada uno de los puentes con su respectiva foto y también unas fichas con los resultados tras la aplicación de la fórmula de Manning con su correspondiente esquema de cada uno de los puentes.

En lo que respecta al curso bajo de la rambla de Cariñena, la zona de estudio se ha localizado a unos 7 km aguas abajo del núcleo urbano de Cariñena. El trabajo de campo ha consistido en observaciones de seguimiento de los componentes geomorfológicos que la componen para así posteriormente poder realizar la cartografía geomorfológica del año 2022 y poder compararla con la cartografía geomorfológica de los años 1956,1984 y 2019.

También se visitaron para poder localizar con exactitud donde se encuentran las distintas afecciones y obstáculos, y ver en qué estado se encuentran y poder referenciarlos con la realización de fotografías para poder compararlas con las de años anteriores.

3.3 INTERPRETACIÓN Y REDACCIÓN DE LOS RESULTADOS

Para poner en relevancia la interpretación y la redacción del resultado, se ha elaborado una serie de cartografías. En primer lugar, respecto al tramo bajo de la rambla se ha elaborado una cartografía geomorfológica evolutiva de 4 años distintos (1956,1984,2019 y 2022), para así poder comprobar cuál y cómo ha evolucionado la rambla tras procesos naturales como las distintas crecidas y tras la intervención del ser humano. Se ha utilizado el software QGIS, Qfield, ARCGIS y INKSCAPE.

Respecto a la problemática de los puentes, se ha elaborado unas fichas de cada uno de ellos con su fotografía (captada en septiembre de 2022), sus datos medidos y su resultado tras la aplicación de la fórmula de Manning para realizar una pequeña evaluación sobre el riesgo de inundación que presenta el núcleo de Cariñena, según si sus puentes pueden resistir un mayor caudal o no. Esto se ha trabajado utilizando las aplicaciones de ofimática de Word y Excel.

4. RESULTADOS

4.1 PROBLEMÁTICA

Como ya se ha podido observar claramente en los apartados anteriores, el municipio de Cariñena es uno de los 371 de un total de 1.729 municipios de Aragón catalogados con riesgo de inundación fluvial (Doménech et al., 2008). No solo eso, sino que el caso de Cariñena es mucho más complejo aún, debido a que en él el riesgo de inundaciones viene provocado de la mano de más de un curso fluvial, concretamente por tres cursos fluviales representando solamente el 3% de estos 371 municipios, pudiendo así llegar a la conclusión del “excepcional” riesgo de inundación que tiene este municipio. Por lo que es de extremada necesidad una buena gestión del riesgo y del espacio fluvial.

Como ya se ha señalado, el río Frasnó, que en sus tramos finales se llama también Rambla o Arroyo de Cariñena, nace en la ladera noreste de la Sierra de Algairén y finaliza aguas abajo de Alfamén, casi en el límite entre los términos municipales de Alfamén y La Almunia. En sus 30 kilómetros de recorrido el cauce pasa por los núcleos de Encinacorba, Cariñena y Alfamén, constituyendo su cuenca un territorio singular en la economía aragonesa, merced a la vocación vitivinícola del Campo de Cariñena.

Desde el punto de vista hidrológico, el Frasnó no ofrece mayores problemas que los típicos de un cauce intermitente de caudal bajo-medio, con cierto protagonismo en años de intensa precipitación. En concreto puede clasificarse como río temporal (con caudal superficial todo el año, salvo en el estiaje estival) hasta el núcleo de Cariñena y como río efímero (con caudal superficial solo en los escasos eventos de crecida) aguas abajo de la localidad. Sin embargo, desde el punto de vista ambiental, presenta una alarmante degradación, fruto de la "moderna" agroindustria instalada en Cariñena, que se siente incapaz de compatibilizar la actividad productiva con la protección del entorno y la restauración de la naturaleza (El periódico de Aragón, 2009).

Algunos de los episodios de fuertes tormentas con elevadas precipitaciones que traen como consecuencia inundaciones en el municipio de Cariñena, se han producido a lo largo del tiempo. A continuación, se van a enunciar algunos de los episodios más importantes en cuanto a consecuencias catastróficas que han ocurrido a lo largo del paso de los años.

El más reciente se produjo a principios de septiembre del 2021. Lo que propiciaron las inundaciones fue el paso de una DANA por la comarca de Campo de Cariñena, que descargó entre 60 y 110 litros por metro cuadrado en distintas zonas del municipio.

El agua entró en numerosas viviendas y comercios, así como en la residencia de mayores, el centro de salud y la estación, convirtiendo al municipio en un “mar”. Además, la depresión atmosférica en niveles altos (DANA) que originó el fenómeno socavó la base de las vías de la línea Zaragoza-Teruel, lo que obligó a suspender el tráfico de trenes.

Estas inundaciones produjeron distintos daños a las infraestructuras de comunicación de la zona, como la carretera CV-406 de Cosuenda a la A-220, que quedó cortada por el levantamiento de asfalto, así como otras próximas vías provinciales muy afectadas por la lluvia.



Figura 7. Resultado de daños de DANA. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: Europapress]

Además de este riesgo hidrológico, que es de una clara evidencia, hay que mencionar otro problema muy común de este cauce y que como consecuencia del escaso caudal y de los vertidos inadecuados de aguas residuales, con reducida o nula depuración, la calidad del agua es preocupante. El río ha dejado de ser un cauce natural para convertirse en una "cloaca" a cielo abierto.

Esta reflexión viene motivada por uno de los periódicos “accidentes” ecológicos que se producen en el río Frasno. A lo largo de los años han existido varios episodios de accidentes a manos de diversas empresas agroindustriales que son las responsables de dichos procesos, una serie de bodegas de Paniza, Cariñena y Longares. Incluso el propio Ayuntamiento de Cariñena, responsable de la buena marcha de la EDAR del mismo

nombre, fue objeto de una sanción pecuniaria, por incumplimiento de las condiciones de autorización de vertido de su EDAR.

Destaca el accidente que se produjo en torno al 29 de enero de 2004, con un vertido incontrolado de aguas residuales calientes procedentes de la Alcoholera de Cariñena o Destilerías San Valero, S.C.L. Este vertido tuvo unas consecuencias en el tramo medio y final del cauce (15 kilómetros aproximadamente de longitud) donde se pudo observar la presencia de un fluido viscoso de color negro, de olor nauseabundo y de aspecto parecido al "chapapote".

Estos vertidos aparte de ser unos desastres ecológicos también pueden acarrear otras consecuencias como es la contaminación de pozos de agua de boca existentes, algunos de ellos a orillas del cauce del Frasno, localizados en algunas de las localidades de la zona como es el caso del municipio de Alfamén.

Dicho esto, se han realizado algún que otro estudio de riesgo de inundaciones de la zona de estudio, pero ninguno de ellos dedicado concretamente al río Frasno. Indagando en la bibliografía y publicaciones del pasado se puede llegar a encontrar algunos estudios, publicaciones y recortes de prensa sobre algunas actuaciones llevadas a cabo para la mejora del cauce, pero en lo que se refiere a un proyecto/estudio dedicado a mitigar el riesgo de inundaciones de la zona de estudio, solamente se ha localizado un proyecto recuperado del archivo de la Confederación Hidrográfica del Ebro que consta de la instalación de defensas contra las avenidas del barranco de las Cuatro Esquinas y el río Frasno, este estudio fue firmado por el ingeniero de la Confederación Hidrográfica del Ebro Palá Catarineu en 1934. Profundizando en este estudio se puede leer y destacar que las avenidas que se producen en estos dos cauces adquieren unas características y condiciones especiales y que lograr encontrar una solución resultará bastante dificultosa. Esto se debe a que tras los análisis realizados se determina que son unos cauces que arrastran “multitud de sedimentos producidos por la disgregación de los materiales que componen las sierras de la cuenca hidrológica”. Esto provoca que las avenidas gradualmente vayan taponando las obras de desagüe ya instaladas en las vías de comunicación.

Se decidió elaborar dicho estudio debido a las graves inundaciones que se produjeron en el año anterior (1933) provocadas por una gran tormenta que trajo consigo precipitaciones de alrededor de 85 l/m² caídos en tan solo 30 minutos.

Las propuestas sobre las actuaciones para la mitigación de los riesgos fue la realización de un colector aguas arriba de la obra de paso del ferrocarril que sería rectilíneo en dirección al Frasno. Este colector sería de una forma oval con unas dimensiones de unos 1,45 metros de alto por 4 metros de ancho, dando como resultado de cabida del caudal por este; un tubo de 4'62 m², y un perímetro mojado de 8'40 metros, capaz de evacuar 40 m³/s, dejando circular por el cauce natural los restantes 20 m³/s.

Además, en este proyecto, la Confederación Hidrográfica del Ebro propone que sea el barranco de las Cuatro Esquinas el que lleve el mayor caudal, para reducir los costes de la construcción del colector, lo cual supondría ampliar la obra de cruce de la carretera de Zaragoza a Teruel, que se estaba llevando a cabo por aquella época, o proporcionar un desagüe complementario.

A su vez en el cauce del río Frasno se propuso la instalación de 6 espigones desde la desembocadura del barranco de las Cuatro Esquinas” a aguas abajo llegando hasta el puente de la carretera de La Almunia.

Destacar que finalmente no se llevó a cabo la instalación del colector, pero en cambio sí que se efectuaron pequeñas actuaciones en el cauce del río Frasno, como son una serie de “muretes” hechos de piedra.



Figura 8. Canalización de la rambla del río Frasno. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: *El periódico de Aragón*]

Como bien se ha señalado anteriormente, lo que más se ha llevado a cabo en esta zona han sido actuaciones para la “limpieza” del cauce o bien arreglos a las defensas ya instaladas o simplemente las construcciones por donde discurre el cauce.

En el año 1993 se proyectó “limpiar” el Frasno aguas arriba de Cariñena y aguas abajo, en un tramo que comprendía dos tramos de 1626 metros aguas arriba y 2138 metros aguas abajo. Se realizó, de acuerdo con la documentación encontrada, debido a que aguas arriba había evolucionado en un cauce estrecho de depósitos de gravas, lo que en una posible crecida podría ocasionar la erosión de estas gravas produciendo arrastres de material obstaculizando el cauce. Por otro lado, el problema que existía aguas abajo era la indefinición del cauce causando la fluctuación y balance del agua de una orilla a otra, lo que sumado a las gravas arrastradas podrían ocasionar daños a las edificaciones construidas en las inmediaciones del cauce. Concretamente las actuaciones que se llevaron a cabo fueron el dragado y adecuación de taludes y la protección de los puentes aguas abajo con escollera para evitar socavamientos.

En octubre de 2018 se realizaron obras de limpieza y encauzamiento del río Frasno, una actuación que tuvo lugar en el tramo comprendido desde el puente del ferrocarril hasta el puente del Arrabal Bajo, por el que transcurre la carretera A-220. La Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) acometerá más adelante otras fases en las que continuará esa labor de “limpieza” y encauzamiento. En esta ocasión la empresa que desarrolla los trabajos es Indesfor Soria S.L, utilizando maquinaria pesada con la que mueve un gran volumen de zahorras y tierras. Además, tras una tormenta fuerte acontecida el 12 de septiembre de 2019, la Confederación Hidrográfica del Ebro remitió un informe de evaluación de los daños que causó dicha tormenta a la DGA para que esta autorizara las obras de reconstrucción de las construcciones dañadas. Esta actuación supuso una inversión de cerca de 50.000 euros, con la intención de paliar los efectos de erosión que las crecidas producidas por las lluvias han provocado en el barranco, reduciendo así el riesgo de afecciones.

Además, se efectuó otra actuación en dos tramos concretos, de 250 metros en conjunto, donde se comprobó un claro efecto erosivo. El barranco de Valdemorao tiene en total 16 kilómetros de longitud y desemboca en el río Frasno pocos metros aguas abajo de Cariñena.

El primero de ellos se localiza a 4,1 kilómetros aguas arriba de la desembocadura y unos 830 metros arriba del cruce con la carretera A-220. Allí se ha trabajado en los 90 metros en los que, además de una erosión clara en ambas márgenes, se había destruido un muro defensivo en su margen derecha.

El segundo tramo se sitúa a 1,9 kilómetros aguas arriba de la desembocadura y se prolonga 160 metros, donde se detectaba una clara erosión en la margen izquierda y una acumulación de acarreo en la margen derecha.

Además, en el año 2014 se dio “luz verde” al proyecto de la construcción de una balsa sobre una superficie de unas 35 hectáreas de cultivo que estará revestida exteriormente por una lámina impermeable de polietileno de alta densidad, así como las conducciones necesarias para tomar el agua excedente de la Rambla Cariñena y de la acequia de Grío o acequia Carretillo, al pie del futuro embalse de Mularroya, y una caseta de control.

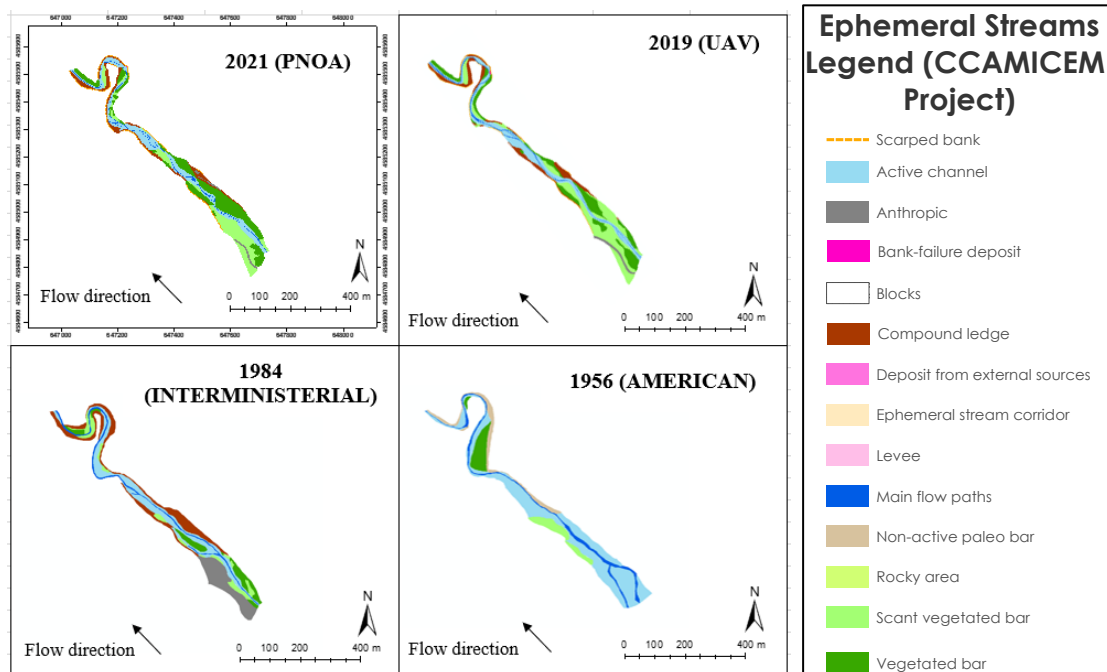
El promotor de dicho proyecto, la Confederación Hidrográfica del Ebro, afirmó que esta balsa permitiría almacenar el agua procedente de los desbordamientos de la Rambla de Cariñena, que en más de una ocasión a lo largo de los años han llegado a producir inundaciones severas en los núcleos urbanos más próximos. Es decir, con la ejecución de esta balsa el agua procedente de las avenidas de la Rambla Cariñena se derivaría a la balsa proyectada que tendría una capacidad de embalse de unos 1,3 Hm³, y cuyo destino es atender la demanda para 7.000 hectáreas de regadío de la comunidad de regantes del acuífero de Alfamén, y de este modo se prevé que disminuya la explotación de dicho acuífero.

Además, para posibilitar el llenado de la propia balsa como su uso y explotación para las parcelas de regadío que la rodean, se construyeron varias conducciones. Destacar que la construcción de dicha balsa tiene dos impactos destacados sobre la hidrología superficial; por un lado, la canalización de un tramo de la rambla Cariñena, el cual es negativo. Y por otro lado la detracción de caudales de rambla durante las avenidas, con una connotación positiva debido a la laminación de las inundaciones ordinarias.

Es necesario destacar en este punto que no sólo existen riesgos de inundación en avenidas, el río también en su dinámica natural provoca algunos problemas de infiltración de agua en algunas empresas, algunas de ellas importantes incluso a nivel internacional, como puede ser Yudigar y Cariñena Vitícola, esta última mucho menos importante, aunque las

infiltraciones provocan importantes inundaciones que se producen a unos 60 metros del cauce.

4.2 EVOLUCIÓN RAMBLA DE CARIÑENA



Figuras 9 y 10. Evolución geomorfológica de la rambla de Cariñena y leyenda para los cursos efímeros.
[Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

La rambla de Cariñena es un caso notable para analizar la evolución que puede conllevar al sistema fluvial de una rambla como resultado de cambios ambientales en la cuenca, por factores humanos y por efecto del cambio climático.

Las dinámicas geomorfológicas identificadas en el tramo de estudio son muy interesantes, con un meandro muy sinuoso, con una formación y destrucción de barras de grava en cada inundación y muestra de algunos signos incipientes de incisión.

Si nos paramos a observar a través de las figuras 9 y 10 como esta ha evolucionado a lo largo del tiempo y se puede que, a niveles generales, esta rambla ha sufrido un proceso de estrechamiento y confinamiento. Se puede observar como con el paso de los años y tras las diversas inundaciones acontecidas en la zona se ha formado un lecho de canal funcional inferior, que tiene una incisión de 50 cm en algo más de 20 años. El antiguo cauce, más ancho y ahora colgado lateralmente, presenta acorazamiento y muestra una

alta colonización vegetal. Se observa como la ruta del flujo principal ha evolucionado con el paso de los años de una tipología de trenzamiento a un cauce único.

Respecto a la capa superficial de grava del lecho activo, se mueve en cada inundación y el material se renueva, con un bajo acorazamiento. Por el contrario, el meandro tiene evolución por la caída de rocas y el retroceso del escarpe en los márgenes cóncavos, resultando en un canal más ancho, aunque también se está iniciando en él un proceso de incisión y estrechamiento dejando paso a la colonización vegetal en su lugar.

Un punto positivo que se observa de esta evolución es que definitivamente se ha eliminado la idea de instaurar zonas antrópicas en la rambla y se abandonó la edificación instalada en ella en el año 1984.

Resaltar que este estudio de la evolución no se debe quedar aquí, sino que lo idóneo es seguir estudiando dicha dinámica de la rambla a través del seguimiento desde ahora hasta los próximos años. Este caso de estudio no se queda solamente en un estudio científico, sino que también se realiza y se utiliza con fines educativos y de sensibilización para valorar cursos efímeros. Además, el monitoreo del alcance también es útil para el seguimiento de crecidas relámpago y, así mismo, la propuesta de medidas de gestión de riesgos y rehabilitación fluvial.

Dicho seguimiento se puede realizar de diversas maneras, como ya se está haciendo en la actualidad, y lo idóneo sería poder fusionar todas ellas. Algunas de estas serían:

- Con el paso de los años, seguir realizando cartografía de la zona de estudio bien a través de ortofotos proporcionadas por el IGN o bien volviendo a realizar un vuelo de dron.
- Mediante la tomografía de resistividad eléctrica (ERT), método geofísico bien probado que utiliza el principio de cuatro matrices; dos electrodos inyectan corriente (AB) mientras que el potencial se mide con otro par de electrodos (MN) (Loke, 2015). Destacar que en este método se emplea un resistivímetro SuperSting, cuatro bobinas que albergan 14 electrodos y 56 electrodos de acero inoxidable. Este es un método es útil para caracterizar los materiales de la superficie en términos de sus propiedades eléctricas. Las variaciones en la resistividad eléctrica (o conductividad) típicamente se correlacionan con variaciones en litología, saturación de agua, conductividad de fluidos, porosidad

y permeabilidad, que pueden usarse para mapear unidades estratigráficas, estructuras geológicas, sumideros, fracturas y aguas subterráneas.

- Instalación y posterior revisión periódica de placas de impacto, que se suelen instalar en un vado por el que discurre material y agua. En ella se registra el número de golpes de carga transportada cuando el agua fluye. Esta herramienta puede llegar a ser muy útil ya que a día de hoy no existe estación de aforo en la rambla.
- Realización de diferentes perforaciones o catas en distintas zonas, como las realizadas en la parte superior perfil (A) de resistividad eléctrica; uno en la margen derecha, otra en el canal y la tercera en la margen izquierda sobre la terraza. Esta técnica sirve para poder diferenciar los distintos niveles de manera visual y poder realizar análisis granulométricos y análisis morfométrico de cada tramo y en los tramos de curvas acumulativas.

A continuación, se van a mostrar el plano de las unidades geomorfológicas que componen la rambla de cariñena de cada uno de los años estudiados, con su respectiva descripción.

- Año 1956

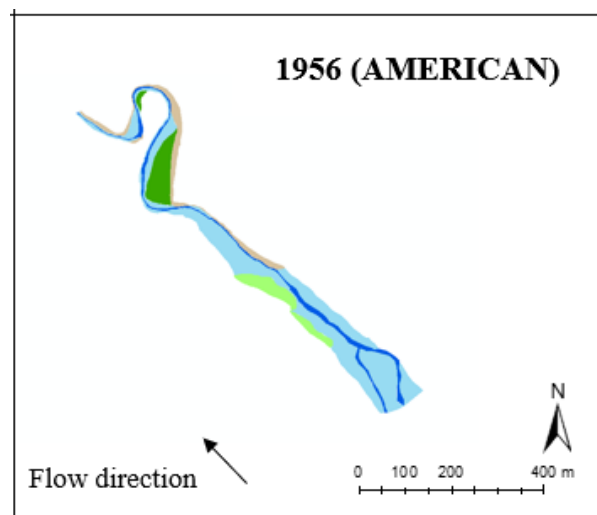


Figura 11. Mapa geomorfológico del año 1956 de la rambla de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral.
Fuente: CNIG]

En este año se observa como la rambla estaba más naturalizada, donde el canal activo de la rambla era quien tenía una mayor importancia y expansión en el territorio. A nivel general se encontraba muy poco vegetada, observándose sobre todo dos focos de vegetación, uno de ellos una barra densamente vegetada llegando al meandro de la rambla y otro foco ocupado por algo de vegetación.

Además, cabe destacar como la presencia de cornisas en la rambla era mucho más escasa, a excepción del meandro y alguna zona muy pegada a campos de cultivo. Lo cual nos hace entender como por entonces esta rambla no tenía casi procesos de incisión.

Para acabar hacer hincapié en el hecho de que la ruta de flujo principal dibuja un carril único a lo largo de toda la sección de la rambla a excepción del comienzo de esta donde se encuentra el vado.

- 1984

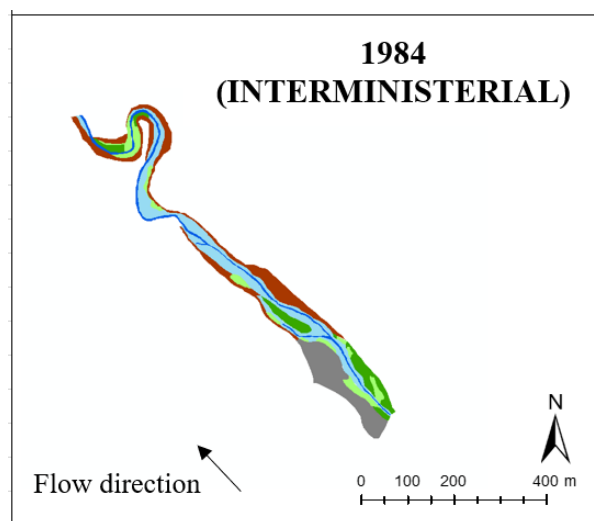


Figura 12. Mapa geomorfológico del año 1984 de la rambla de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

En este año se puede observar un gran cambio respecto al anterior estudiado. En primer lugar, se observa la entrada del ser humano con la implantación de parcelas privadas. Esto junto a la extensión por la dinámica de la rambla de las cornisas compuestas conlleva que el canal activo de la rambla se vea disminuido en cuanto a extensión se refiere.

Además, se observa como las barras colonizadas por vegetación más densa y las escasamente vegetadas se reparten en forma de manchas a lo largo y ancho de la rambla.

Respecto a la ruta de flujo principal en su gran mayoría sigue discurriendo por un único carril, pero se observa como este empieza a distribuirse por otros carriles.

En definitiva, por todas estas características se empieza a ver como esta rambla se empieza a estrechar y a sufrir un proceso de incisión que poco a poco con el paso de los años se agrandará.

- Año 2019

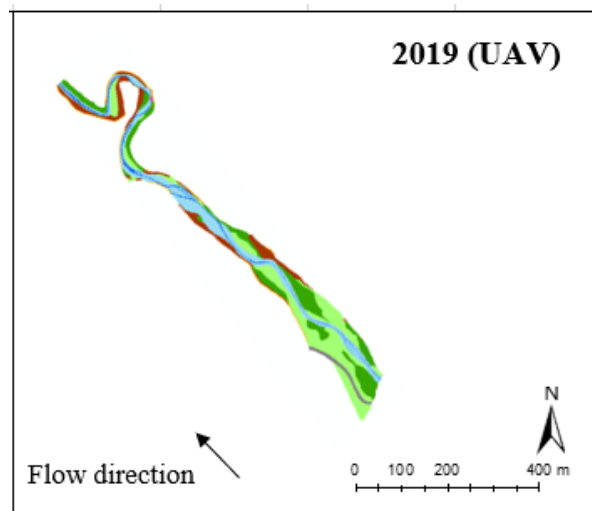


Figura 13. Mapa geomorfológico del año 2019 de la rambla de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

En este año se vuelve a observar grandes cambios respecto al anterior año estudiado. En primer lugar, se observa como ese espacio que en 1984 era de ocupación antrópica pasa a ser ocupado por barras con vegetación escasa.

Además, dichas barras vegetadas también ocupan en ciertas zonas el espacio que anteriormente era una cornisa y como en estas zonas de cornisas se sitúan ya escarpes.

Se observa como en pleno meandro no solo existen ahora escarpes, sino que también estos escarpes han empezado a caerse en bloques generando un pequeño depósito de derrubios.

También se puede observar como la ruta del flujo principal ya no discurre por un único canal, sino que este empieza a tomar distintos rumbos y bifurcarse en varias ocasiones a lo largo de la sección.

En este año se observa como los procesos de estrechamiento e incisión de la rambla son mayores.

- Año 2021

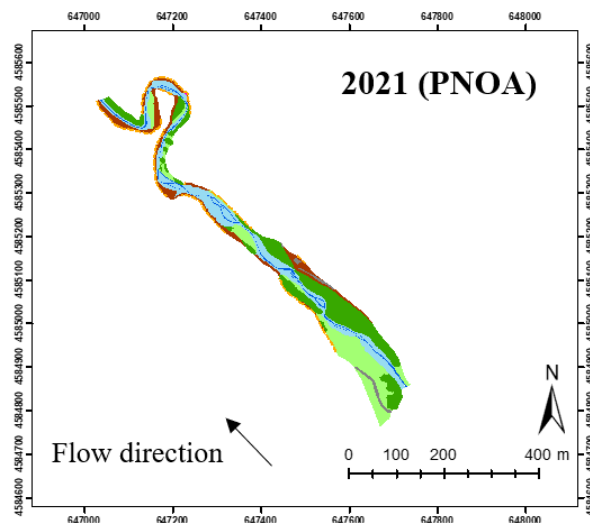


Figura 14. Mapa geomorfológico del año 2021 de la rambla de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral.
Fuente: CNIG]

En este caso, si comparamos este año con el anterior estudiado (2019) no se observan grandes diferencias. Aun así, se puede observar como algunas de esas barras que estaban escasamente vegetadas, han pasado a estar más densamente colonizadas. Y como estas barras han ocupado un poco del espacio que ocupaban en el 2019 las cornisas compuestas.

La gran diferencia se observa en las rutas del flujo principal, ya que si ya en 2019 se veía como discurrían por varias zonas adoptando ya una morfología de trenzamiento, esta dinámica se está agravando todavía más.

Todo esto corrobora evolución de la dinámica de esta sección de la rambla, en la que se observa cómo está cada vez es más estrecha y sufre procesos de incisión.

4.3 NÚCLEO URBANO DE CARIÑENA

En primer lugar, antes de entrar de lleno en la cuestión a analizar, cabe señalar el área de estudio donde se va a realizar el análisis en cuestión.

Tal como se ve en la figura 15, la obtención de datos para su posterior cálculo mediante la aplicación de Manning se va a realizar en un total de 7 puentes, todos ellos localizados en el municipio de Cariñena. Estos a su vez se agrupan en dos localizaciones distintas, asentadas en dos barrancos distintos, río Frasnó o rambla de Cariñena (azul oscuro) y barranco Cuatro Esquinas (azul claro). En el primero descansan 3 puentes y 4 en el segundo con distintas morfologías y dimensiones.

Localización cauces y puentes del municipio de Cariñena

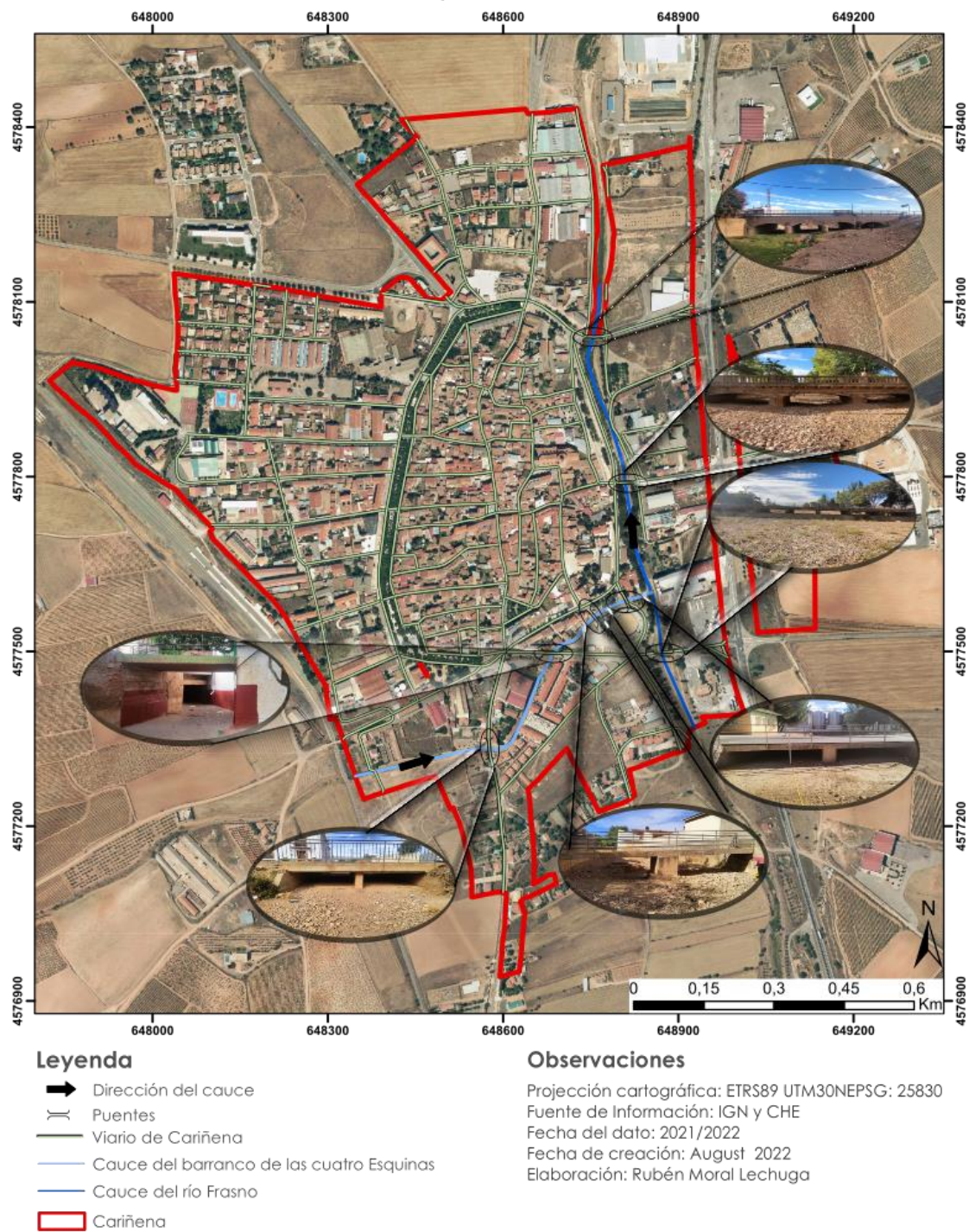


Figura 15. Mapa de la localización de los puentes de los barrancos del río Frasnó y Cuatro Esquinas en la zona urbana de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG]

Para la toma de datos que posteriormente se van a utilizar para la aplicación de la fórmula de Manning, se ha elaborado siguiendo la metodología descrita en el capítulo correspondiente.

A continuación, se va a aportar los datos de las dimensiones de cada uno de los puentes, sus esquemas y fotografías.

PUENTES DEL BARRANCO DEL RÍO FRASNO

PUENTE 1



Figura 16. Puente 1 barranco del río Frasno. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 5metros
 - Lado derecho:70cm
 - Lado izquierdo:103cm
 - Superficie:4,32 m²
 - Perímetro mojado: 6,70 m
 - Caudal soportable: 8,94 m³/s

- VANO 2
 - Anchura: 5metros
 - Lado derecho:103cm15
 - Lado izquierdo:103 cm

- Superficie: 5,15 m²
- Perímetro mojado: 7,06 m
- Caudal soportable: 11,58 m³/s
- VANO 3
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 95 cm
 - Lado izquierdo: 105 cm
 - Superficie: 5 m²
 - Perímetro mojado: 7 m
 - Caudal soportable: 11,1 m³/s
- VANO 4
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 105 cm
 - Lado izquierdo: 105 cm
 - Superficie: 5,25 m²
 - Perímetro mojado: 7,10 m
 - Caudal soportable: 11,91 m³/s
- VANO 5
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 105 cm
 - Lado izquierdo: 105 cm
 - Superficie: 5,25 m²
 - Perímetro mojado: 7,10 m
 - Caudal soportable: 11,91 m³/s
- VANO 6
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 105 cm
 - Lado izquierdo: 105 cm
 - Superficie: 5,25 m²
 - Perímetro mojado: 7,10 m
 - Caudal soportable: 11,91 m³/s
- VANO 7
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 105 cm

- Lado izquierdo: 85 cm
- Superficie: 4,75 m²
- Perímetro mojado: 6,90 m
- Caudal soportable: 10,30 m³/s
- TOTAL
 - Altura nivel: 126 cm
 - Altura mira: 142cm
 - Distancia horizontal: 2440 cm
 - Desnivel: 16cm
 - Pendiente $16/2440 = 0'0206$. Una pendiente local del 0'006557
 - Rugosidad: 0,029
 - Caudal bankfull: 128,385 m³/s

PUENTE 2



Figura 17. Puente 2 barranco del río Frasnó. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 5,3 metros
 - VANO derecho: 90cm
 - A un metro: 125 cm
 - A 2'6 metros: 145cm
 - A 4 metros: 140cm

- A 5 metros: 110cm
- Altura:30cm
- Superficie: 7,20 m²
- Perímetro mojado: 7,11 m
- Caudal soportable: 33,15 m³/s
- VANO 2
 - Anchura:5'75 metros
 - Lado derecho: 100cm
 - A un metro: 127 cm
 - A 2'80 metros: 155cm
 - A un metro del lado izquierdo: 123
 - A 5'75 metros: 110cm
 - Altura:40cm
 - Superficie: 8,70 m²
 - Perímetro mojado: 7,94 m
 - Caudal soportable: 42,15 m³/s
- VANO 3
 - Anchura: 5'50 metros
 - Lado derecho: 65cm
 - A un metro: 83 cm
 - A 2'25: 90cm
 - A 4 metros:80 cm
 - Lado izquierdo:40 cm
 - Altura:30cm
 - Superficie: 5,13 m²
 - Perímetro mojado: 6,65 m
 - Caudal soportable: 19,96 m³/s
- TOTAL
 - Altura nivel: 147 cm
 - Altura mira: 184cm
 - Distancia horizontal:2270 cm
 - Desnivel 3 cm.
 - Pendiente $37/2270 = 0'0163$. Una pendiente local del 1'6%.
 - Rugosidad: 0,028

- Caudal bankfull: 128,385 m³/s

PUENTE 3



Figura 18. Puente 1 barranco del río Frasno. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: a 5 empezamos en 90 cm
 - A un metro: 135 cm
 - A 2'5 metros: 161 cm
 - A 4 metros: 142cm
 - A 5 metros: 100cm
 - Altura arco: 80cm
 - Superficie: 9,21 m²
 - Perímetro mojado: 7,11 m
 - Caudal soportable: 52,28 m³/s
- VANO 2
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 95cm
 - A un metro: 145cm
 - A 2'5 metros: 184cm

- A 4 metros:185 cm
- A 5 metros: 140 cm
- Altura arco: 80cm
- Superficie: 10,06 m²
- Perímetro mojado: 7,61 m
- Caudal soportable: 57,74 m³/s
- VANO 3
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho: 145cm
 - A un metro:205 cm
 - A un 2'5 metros:245 cm
 - A 4 metros:195 cm
 - A 5 metros: 160cm
 - Altura arco: 80cm
 - Superficie: 12,20 m²
 - Perímetro mojado: 8,40 m
 - Caudal soportable: 74,78 m³/s
- VANO 4
 - Anchura: 5 metros
 - Lado derecho:175cm
 - A un metro: 220cm
 - A 2'5 metros: 240cm
 - A 4 metros: 206 cm
 - A 5 metros:190 cm
 - Altura arco: 80cm
 - Superficie: 12,75 m²
 - Perímetro mojado: 8,81 m
 - Caudal soportable: 78,03 m³/s
- TOTAL
 - Altura nivel: 142 cm
 - Altura mira: 185cm
 - Distancia horizontal:2080 cm
 - Desnivel 43cm
 - Pendiente $43/2080 = 0'0206$. Una pendiente local del 2%.

- Rugosidad: 0,03
- Caudal bankfull: 128,385 m³/s

BARRANCO DE LAS 4 ESQUINAS



Figura 19. Puente 1 barranco de las Cuatro Esquinas. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 2'5 metros
 - Lado derecho: 90cm
 - Lado izquierdo: 100cm
 - Superficie: 2,37 m²
 - Perímetro mojado: 4,40 m
 - Caudal soportable: 8,36 m³/s
- VANO 2
 - Anchura: 2'5 metros
 - Lado derecho: 90cm
 - Lado izquierdo: 79cm
 - Superficie: 2,11 m²
 - Perímetro mojado: 4,20 m
 - Caudal soportable: 7,13 m³/s
- TOTAL
 - Altura nivel: 140 cm
 - Altura mira: 189cm
 - Distancia horizontal: 1920 cm

- Desnivel 33cm.
- Pendiente $49/1920 = 0'0255$. Una pendiente local del 0'0255
- Rugosidad: 0,03
- Caudal bankfull: $26,69 \text{ m}^3/\text{s}$

PUENTE 2



Figura 20. Puente 2 barranco de las Cuatro Esquinas. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- ÚNICO VANO

- Anchura: 3'7 metros
- Lado derecho : 200 cm
- Lado izquierdo: 208 cm
- Superficie: $7,54 \text{ m}^2$
- Perímetro mojado: 7,78 m
- Caudal soportable: $27,29 \text{ m}^3/\text{s}$

- TOTAL

- Altura nivel: 139 cm
- Altura mira: 111cm
- Distancia horizontal: 2410 cm
- Desnivel 28cm.
- Pendiente $28/2410 = 0'0206$. Una pendiente local del 0'0116

- Rugosidad: 0,029
- Caudal bankfull: 26,69 m³/s

PUENTE 3



Figura 21. Puente 3 barranco de las Cuatro Esquinas. [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 4 metros
 - Lado derecho: 95 cm
 - Lado izquierdo: 122 cm
 - Superficie: 4,34 m²
 - Perímetro mojado: 6,17 m
 - Caudal soportable: 13,18 m³/s
- VANO 2
 - Anchura: 3'10
 - Lado derecho: 110
 - Lado izquierdo: 121 cm
 - Superficie: 3,58 m²
 - Perímetro mojado: 6,01 m
 - Caudal soportable: 9,33 m³/s
- TOTAL
 - Altura nivel: 145 cm
 - Altura mira: 178cm
 - Distancia horizontal: 2480 cm
 - Desnivel 33cm.

- Pendiente $33/2480 = 0'0206$. Una pendiente local del $0'0133$
- Rugosidad: 0,03
- Caudal bankfull: $26,69 \text{ m}^3/\text{s}$

PUENTE 4



Figuras 21 y 22. Vano 2 (izquierda) y vano 1 (derecha) del puente 4 barranco de las Cuatro Esquinas.
[Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración 9 de septiembre de 2022]

- VANO 1
 - Anchura: 3'9 metros
 - Lado derecho: 70cm
 - Lado izquierdo: 80 cm
 - Superficie: $2,92 \text{ m}^2$
 - Perímetro mojado: 5,40 m
 - Caudal soportable: $7,69 \text{ m}^3/\text{s}$
- VANO 2
 - Anchura: 3'9 metros
 - Lado derecho: 80cm
 - Lado izquierdo: 70 cm
 - Superficie: $2,92 \text{ m}^2$
 - Perímetro mojado: 5,40 m
 - Caudal soportable: $7,69 \text{ m}^3/\text{s}$
- TOTAL
 - Altura nivel: 145 cm
 - Altura mira: 178cm
 - Distancia horizontal: 2480 cm
 - Desnivel 33cm.
 - Pendiente $33/2480 = 0'0206$. Una pendiente local del $0'0133$

- Rugosidad: 0,029
- Caudal bankfull: 26,69 m³/s

PUENTE	CAPACIDAD PUENTE (m ³ /s)	BANKFULL (m ³ /s)	% CAPACIDAD PUENTE
PUENTE FR1	77,65	128,385	60,48%
PUENTE FR2	95,26		74,20%
PUENTE FR3	262,83		204,72%
PUENTE 4ESQ1	15,49	26,69	58,04%
PUENTE 2 4ESQ2	27,29		102,25%
PUENTE 3 4ESQ3	22,51		84,34%
PUENTE 4 4ESQ4	15,38		57,62%

Figura 23. Tabla resumen de la capacidad de caudal (%) de los puentes de los barrancos del río Frasno y Cuatro Esquinas. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: propia]

Tal y como se puede observar en la figura 23, por un lado, en lo que respecta al barranco del río Frasno, únicamente 1 de los 3 puentes existentes en el tramo de la rambla tiene capacidad suficiente para dar cabida a una crecida bankfull (128,385 m³/s, este puente es el denominado como “FR3” con una capacidad de un poco más del doble (204,72%).

Estos datos de caudal bankfull ha sido sacado a partir de las mediciones tomadas por (Gimeno,2009) y mencionar que este caudal bankfull es el de un periodo de retorno aproximado de 2 años en ríos efímeros.

En cambio, los otros dos puentes no podrían soportar una crecida bankfull de la rambla. Por un lado, tenemos al puente “FR1” con una capacidad del 60,48% y por otro lado el puente “FR2” con una capacidad del 74,20%. Esto quiere decir que, si en esta rambla se produjese algún episodio de fuertes lluvias con la consecuencia de una crecida, el agua se desbordaría ya con su llegada al primer puente ya que este no tiene capacidad suficiente. Produciendo así una inundación en el núcleo urbano del municipio. Aun teniendo un puente que sí que tendría suficiente capacidad sería improbable que no se produjesen inundaciones debido al simple hecho de su localización, ya que este se encuentra aguas abajo de otros dos puentes, los cuáles no tienen capacidad suficiente.

En el caso de la rambla denominada “Barranco de las Cuatro Esquinas” únicamente 1 de los 4 puentes existentes en el tramo de la rambla tiene capacidad suficiente para dar cabida a una crecida bankfull (26,69 m³/s), este puente es el denominado como “4ESQ2” con una capacidad ligeramente superior del 2% del total (102,25%). En cambio, los otros tres puentes no podrían soportar una crecida bankfull de la rambla. Tal y como se puede observar, la capacidad de estos puentes es; “4ESQ1” 58,04%, “4ESQ3” 84,34% y “4ESQ4” 57,62%. Por loque si se produjese algún episodio de fuertes lluvias con la

consecuencia de una crecida, el agua se desbordaría ya con su llegada al primer puente ya que este no tiene capacidad suficiente, produciendo así una inundación en el núcleo urbano del municipio. Aun teniendo un puente que sí que tendría suficiente capacidad sería improbable que no se produjesen inundaciones debido al simple hecho de su localización, ya que este se encuentra aguas abajo del primer puente, que ya no cuenta con una capacidad suficiente.

Cabe destacar el hecho que en los párrafos anteriores se ha estado hablando de lo que podría ocurrir ante unas crecidas bankfull de las dos ramblas, es decir, una crecida ordinaria, mínima, bastante frecuente. Por lo que aún sería un episodio de mayor riesgo si se produjese fuertes precipitaciones a consecuencia de la existencia de una DANA, como ocurrió en diciembre de 2021, ya que entonces el caudal de las ramblas sería aún mayor que una simple crecida bankfull por lo que entonces se agrandarían aún más los problemas de inundaciones que afectarían el núcleo urbano.

Tras los resultados obtenidos tras la aplicación de la fórmula de Manning, podemos decir que, de manera general, los puentes localizados en las dos ramblas que discurren por el núcleo urbano no están preparados para soportar crecidas, aumentando así el riesgo de inundación del municipio de Cariñena.

4.4 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

Las presiones son usos del territorio y acciones humanas que, tanto de forma individual como sinérgica, tienen efectos en el funcionamiento de las cuencas y los cauces. Estas presiones humanas generan, por tanto, impactos en la red fluvial: alteraciones en su funcionamiento hidromorfológico y ecológico, deterioro de su naturalidad hidromorfológica, físicoquímica y biológica y, en consecuencia, pérdida de geodiversidad, biodiversidad y patrimonio natural, deterioro de la salud como sistema natural y efectos colaterales en otros ecosistemas y en la propia sociedad humana. Los cursos efímeros comparten presiones e impactos con los cursos de agua permanentes y temporales. (Ollero et al., coord., 2021). A grandes rasgos, los impactos hidromorfológicos son más intensos y extendidos en los cursos efímeros y en cambio los impactos en la calidad del agua y en la biodiversidad son más notorios en los cursos permanentes.

Cabe destacar la gran dificultad que existe a la hora de identificar los impactos que se producen a partir de los cambios observados y poder atribuirlos a unas causas concretas,

por lo que este es el verdadero reto que tiene que tratar la comunidad de la investigación científica.

Respecto al deterioro hidrogeomorfológico y ecológico destacar antes que nada como los cursos efímeros suelen ser bastante despreciados por la población humana por lo que sufren multitud de impactos antrópicos, además la evidente ausencia de agua de estos cursos efímeros agranda aún más el impacto que sufren. En estos cursos se observan los impactos que sufren los ecosistemas acuáticos (vertidos de aguas residuales, basuras, extracción de aguas subterráneas, canalizaciones, presas, ...) y los que toleran los ecosistemas terrestres (minería, vertederos, contaminación, ...) Esta situación hace que se encuentren entre los ecosistemas del mundo más maltratados (Vidal-Abarca et al., 2020)

A continuación, en las siguientes tablas de la mano de Gregory (2006) y Segura et al. (2021) se podrá observar los 4 grupos posibles de afecciones que producen dicho deterioro a los cursos efímeros, estos son; a la cuenca, a la red de drenaje, a tramos del cauce y en puntos concretos.

Causas	Posibles respuestas		
	Afecciones: caudal (H) sedimentos (S)	En el cauce	
		Ajustes locales	Ajustes generales
Afección puntual/sección transversal			
construcción de embalses	H- S-	erosión aguas abajo, incisión	posible reducción de la capacidad del cauce, incisión
azudes, boqueras	H- S-	erosión aguas abajo, incisión	incisión
desagües, flujos de retorno	H+	invasión vegetal que reduce la dinámica geomorfológica	conversión en ríos permanentes
puentes	H+	erosión en las zapatas del puente	transmisión aguas abajo a un tramo del cauce
canales cubiertos	H+	erosión aguas abajo	no aplicable
vados y caminos transversales	H- S-	retención arriba, erosión aguas abajo	ruptura de la continuidad, incisión

Afección a un tramo de cauce			
fijación de márgenes y construcción de diques	S- H+		puede haber efectos aguas abajo
canalización – protección de orillas y estabilización – constricciones de cauces y dragado. – enderezamiento de canales y cortas de meandros – alteraciones del radio hidráulico (ensanchamiento, profundización)	H+ S- H+ S- H+ H+ S-	altera la pendiente y la geometría hidráulica, la capacidad del cauce y los procesos geomorfológicos	aguas abajo puede incrementar la velocidad del flujo. Aguas arriba del punto puede haber erosión remontante de knickpoints. El ensanchamiento puede producir acumulación
caminos y pistas longitudinales y huellas de vehículos sobre el cauce	H+ S-	compactación de sedimentos, destrucción de morfologías; pueden favorecer cortas de atajo	efectos aguas arriba y abajo, simplificación del cauce, incisión
eliminación ("limpieza") de vegetación en cauce	S+	erosión en tramo afectado, destrucción morfología en planta	
eliminación de vegetación riparia	S+	erosión localizada de orillas y lecho	
pastoreo	S+	erosión del canal y las orillas	

remoción de sedimentos, dragado, acciones para ampliar sección de desagüe y extracción de áridos	S-	ajustes localizados, conversión de secciones transversales convexas en cóncavas	la erosión se puede transmitir aguas abajo (progresiva) y también aguas arriba (regresiva), incisión
vertido de sedimentos, de restos de minería u otros residuos sólidos	S+	posible acumulación local	puede haber agradación aguas arriba o abajo
invasión de especies vegetales exóticas	S-	estabilización de las orillas y el lecho	puede reducir la transferencia de sedimentos aguas abajo
reforestación	S-	puede reducir las dimensiones del cauce	posible modificación, dependiente del tipo de bosque
plantaciones y cultivos en el cauce	S-	reducción de actividad geomorfológica, fijación de sedimentos	simplificación e incisión
Falsas restauraciones con infraestructuras grises	H- S-	depende de características del cauce diseñado	depende de las características del cauce diseñado

conducciones enterradas en el cauce, transversales o paralelas (colectores, gasoductos, tuberías)	S-	necesidad de mantener controlado el cauce	estabilización del tramo, a veces estrechamiento
relleno lateral del cauce con escombros y vertidos más puntuales de basura y escombros en el lecho	H+ S+	estrechamiento, alteración de procesos geomorfológicos	inestabilidad, llegada al cauce de materiales no naturales
construcción de edificios y estructuras junto al cauce	S+	canal afectado localmente por acumulación de sedimentos	
Afecciones en red de drenaje			
drenajes agrícolas	H+	posibles efectos donde llega el agua	
redes de acequias	H-	posibles cambios donde se detrae el caudal	
alcantarillas	H+	erosión en las confluencias con los cauces	puede incrementar los picos de avenida aguas abajo
Afecciones a la cuenca			
aumento de la temperatura	H- S-	decrecimiento de la capacidad del cauce por aumento de cubierta vegetal	decrecimiento de la capacidad del cauce por aumento de cubierta vegetal
disminución de la precipitación	H- S-	reducción de la capacidad del cauce por falta de caudal	decrecimiento de la capacidad del cauce por falta de caudal
eventos hidrometeorológicos de mayor intensidad	H+ S+	compensación de los efectos anteriores	compensación de los efectos anteriores

deforestación	H+ S+		Aguas arriba formación de cárcavas y erosión de knickpoints. Aguas abajo puede haber cambios en los cauces e incremento de la capacidad, dependiendo de la disponibilidad de sedimentos
reforestación	H- S- (pero puede haber tramos con incremento)	posible reducción de la capacidad del cauce	posible, pero depende del tipo de bosque
pastoreo	H+ S+	efectos locales por erosión de las orillas	agradación del cauce
incendios	H+ S+	cambios diversos en el cauce	agradación del cauce

agricultura, arado	H+ S+	efectos en las confluencias	agradación del cauce
usos del suelo, medidas de conservación del suelo. construcción de bancales	H- S-	posible disminución de la capacidad del cauce	posible, pero depende de la gestión de la red de drenaje
abandono de medidas de conservación del suelo. destrucción de bancales	H+ S+	efectos en las confluencias	agradación del cauce
urbanización	H+ S-	erosión en las confluencias de las alcantarillas	el alcantarillado aumenta la red de drenaje
Afecciones en espacios inundables			
diques	H+	más inundaciones en caso de rotura	
ocupación de paleocauces y vaguadas	H+	más inundaciones en zonas urbanas	
conversión de cauces en vías públicas	H+	más inundaciones en zonas urbanas	
ocupación antrópica de la llanura de inundación	H+	reducción del espacio fluvial, alteración de flujos	simplificación, estrechamiento, incisión

En las tablas anteriores se muestra la relación de las principales actividades humanas con la afección de estas a los cursos efímeros desde una perspectiva ecosistémica. Esta tabla se basa en los trabajos de Gómez et al. (2005) y Vidal-Abarca et al (2020) y la experiencia de campo de los autores en el sureste ibérico del proyecto Ollero et al., 2021. Los principales impactos que sufren los cursos efímeros, se pueden ordenar según su afección; i) al agua superficial / subterránea; ii) al lecho del cauce; iii) a las comunidades biológicas y iv) al paisaje.

Acciones humanas	Impacto	Intensidad del impacto
Sobre el agua superficial / subterránea		
uso del agua de avenidas para cultivos	- puede alterar la temporalidad de los caudales	actividad tradicional poco impactante
extracción de sal (ríos efímeros hipersalinos)	- desecación del cauce	muy alta
baño con aguas salinas y de barro	- puede alterar la distribución de los sedimentos	media
derivación de agua para riego	- altera la temporalidad de los caudales	alta
construcción de presas	- barrera física para los organismos - alteración de la estructura y distribución de la vegetación del cauce y de las riberas - alteración de la entrada de nutrientes	muy alta
construcción de azudes de retención de sedimentos	- altera la dinámica y transporte de los sedimentos - alteración de la entrada de nutrientes	alta
transferencia de agua de otras cuencas	- cambio en la composición de las comunidades de organismos - introducción de especies exótica y/o invasoras	muy alta
extracción de aguas subterráneas	sobreexplotación de aguas subterráneas	alta
extracción de agua del subálveo	- puede alterar la distribución espacial del agua en el canal - desaparición del hiporreos y afección a la fauna hiporreica	media
Sobre el canal del cauce		
cultivos de secano	- alteración de la morfología del cauce - eliminación de hábitats y de comunidades biológicas	alta
extracción de gravas y arenas	- alteración de la morfología del cauce y de los sedimentos - eliminación de hábitats y de comunidades biológicas	alta
vertido de efluentes líquidos	- contaminación de aguas superficiales y subterráneas	alta
vertido de escombros y basuras	- contaminación de aguas superficiales y subterráneas	alta
entrada de pesticidas / herbicidas	- contaminación de aguas superficiales y subterráneas	alta
construcción de carreteras	- alteración total de la morfología del cauce - imposibilidad de recarga de acuíferos - eliminación de hábitats y de comunidades biológicas	muy alta
canalización del cauce	- eliminación de la vegetación de ribera	alta

urbanización	<ul style="list-style-type: none"> - eliminación parcial o total del cauce - imposibilidad de recarga de acuíferos - contaminación acústica - impacto visual 	muy alta
Sobre las comunidades biológicas		
eliminación de la vegetación	- extracción de especies vegetales raras y/o endémicas	muy alta
recolección de plantas y animales (p.e. caracoles)	- puede alterar los patrones de abundancia de algunas especies vegetales y animales	actividad tradicional poco impactante
pastoreo	<ul style="list-style-type: none"> - alteración de las comunidades vegetales terrestres - alteración de los sedimentos por pisoteo 	alta
caza	- muerte de especies protegidas	muy alta
quema de vegetación	- eliminación de la vegetación	alta
Sobre el paisaje		
senderismo	<ul style="list-style-type: none"> - alteración de los sedimentos - daños en la vegetación 	baja
trekking	<ul style="list-style-type: none"> - alteración de los sedimentos - daños en la vegetación 	media
motocross y vehículos todoterreno	<ul style="list-style-type: none"> - contaminación acústica - alteración de los sedimentos - alteración de hábitats y organismos 	alta
establecimiento de campings	- alteración /desaparición de las riberas.	muy alta
actividades de educación ambiental	- puede afectar a la vegetación del cauce y de la ribera	actividad poco impactante

En las siguientes líneas, se van a compilar los principales impactos detectados en la Rambla de Cariñena, presentando ejemplos visuales a lo largo del paso de los años desde que se ha llevado el seguimiento a dicho curso efímero.

Además, aparte de enunciar cuales son las distintas afecciones que afectan a la zona de estudio, se aporta una cartografía (figura 24) donde se localizan las distintas afecciones que afectan a la rambla de Cariñena.

Localización de las afecciones de la Rambla de Cariñena



Leyenda

- Cañas (Arundo donax)
- Caminos transversales
- Fincas e edificaciones privadas
- Vados

Observaciones

Proyección cartográfica: ETRS89 UTM30NEPSG: 25830
 Fuentes de información: CNIG y CHE
 Fecha de los datos: 2021/2022
 Creación de los datos: Agosto 2022

Figura 24. Localización de las afecciones de la Rambla de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral.
 Fuente: CNIG]

- Vados y otros pasos transversales

Los vados constituyen un impacto muy extendido en toda la red fluvial efímera. Hay diferentes tipos: simples pasos sin elevación, plataformas de hormigón, elevaciones en hormigón o tierra sobre tubos o pequeños marcos, vados reforzados en su frente aguas abajo ante el salto que han producido, etc. Los vados suelen provocar acumulación de material aluvial aguas arriba y erosión local e incisión aguas abajo, es decir, un auténtico efecto presa que altera el funcionamiento geomorfológico, los procesos y las formas, además de impedir otros procesos ecoambientales. Los puentes alteran en menor medida el cauce, dependiendo del tipo de diseño y demás características técnicas. También los pequeños senderos y pasos peatonales pueden generar afecciones.

En este caso, la rambla de Cariñena, se puede observar a la perfección la retención de material aluvial acumulado aguas arriba (derecha de la imagen) y un escarpe erosivo localizado a los pies del obstáculo (izquierda de la imagen) añadiéndole un efecto preso.



Figura 25. Vado en la rambla de Cariñena muestra claramente la retención de material aluvial arriba (derecha) y un escarpe erosivo al pie del obstáculo (izquierda) con efecto presa. [Fuente: Ollero et al., coord. 2021]

Este vado tuvo que ser reforzado para intentar que en futuras avenidas no se rompiera. Como se puede observar en las siguientes imágenes, aun estando reforzado, en la avenida que sufrió la zona en marzo de 2015 este fue dañado produciéndose una importante socavación aguas abajo (figura 26). Por lo que tras este episodio tuvo que volver a reforzarse (figura 27)



Figuras 26 y 27. El mismo vado que la imagen 25, sufrió una importante socavación aguas abajo (figura 26 izquierda) durante la avenida de marzo de 2015 y fue reforzado, como se observa en la figura 26 (derecha). [Fuente: Ollero et al., coord. 2021]

Además, las roturas de los vados no sólo implican el despliegue de sus materiales aguas abajo suya, sino también como se ve en la figura 28 los tubos que se encuentran en el interior de ellos también son arrastrado aguas abajo.



Figura 28. Tubo del vado de la Virgen de Lagunas en la rambla de Cariñena arrancado por la avenida de marzo de 2018. [Fuente: Ollero et al., coord. 2021]

Destacar como la rotura de este vado se produce de manera periódica cada vez que acontece un episodio de avenida, por ejemplo, en la última visita realizada a la zona de estudio (septiembre de 2022) se puede observar como volvía a estar destruido el vado. Y, por consiguiente, esta vez a persona que se dedica a arreglarlo, que es el dueño de una finca particular que se encuentra en la zona y que tiene que cruzar la rambla para llegar a ella no ha decidido reestablecer el vado y en su lugar ha trazado un camino transversal.



Figura 29. Rotura del vado de la rambla de Cariñena provocado por una tormenta del año 2022. [*Fuente: propia. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022*]

- Caminos longitudinales en el cauce, compactación por paso de vehículos

Provocan otro impacto muy extendido, ya que el propio carácter efímero anima a emplear los cauces como vías de comunicación. Se destruyen unidades morfosedimentarias, se compacta el lecho, se genera discontinuidad y fragmentación y, además, constituye una práctica de clara exposición ante el peligro de avenidas relámpago.

En el caso de la rambla de Cariñena se puede observar en la figura 29 mostrada anteriormente. Y en la figura 30.



Figura 30. Camino transversal de la rambla de Cariñena. [*Fuente: propia. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022*]

- Escombros, basuras y residuos sólidos

Constituyen un impacto visual y pueden alterar la calidad ecosistémica y participar en procesos geomorfológicos, así como constituir obstáculos y acumulaciones en procesos de avenida.

En el caso de la rambla de Cariñena se puede observar algún recipiente de plástico a lo largo de esta.

A lo largo del barranco de las Cuatro Esquinas, se observa basuras y residuos sólidos que posiblemente hayan sido vertidos por los seres humanos y en alguna ocasión cuando hay circulado agua por él.



Figuras 31 y 32. Ejemplo de escombros, basuras y residuos sólidos en el barranco de las Cuatro Esquinas
[Fuente: propia. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022]

- Cauces convertidos en carreteras y calles

Como forma especial de ocupación de cauces efímeros, hay numerosos ejemplos en que éstos se integran como calles en un ámbito urbano, y en menor medida los hay que son ocupados por una carretera. En ambos casos suponen una destrucción total del cauce como tal e implican una situación muy grave de riesgo.

En el caso del barranco de las Cuatro Esquinas a sus inicios cuando se adentra en el núcleo urbano, hay una calle que lo cruza transversalmente. Incluso en el shapefile oficial del CNIG de carreteras de la provincia de Zaragoza, este tramo se considera calle del municipio de Cariñena.



Figura 33. Ejemplo en foto aérea de la transformación del cauce de la rambla a una calle del municipio de Cariñena. [Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG.]

- Azudes y embalses

Son escasos en los cursos efímeros. Constituyen la misma problemática hidrogeomorfológica y ecológica que en cursos permanentes, generando ruptura de la conectividad longitudinal tanto para la carga de fondo como para determinadas poblaciones de seres vivos. Los efectos de incisión aguas abajo son muy marcados.

Se puede observar como en la rambla de Cariñena o río Frasnó, se localiza un puente que no tiene únicamente esa función, sino que además hace un efecto de azud, tal y como se puede observar en la figura 34.



Figura 34. Ejemplo de azud localizado en la Rambla de Cariñena o río Frasnó. [Fuente: propia. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022]

- Ocupaciones del cauce y eliminación de espacio fluvial

Son igualmente muy diversas, tanto por estructuras y edificios aislados como por procesos de urbanización más extensos. Los resultados son la desaparición física del curso fluvial, de forma parcial o total, en ocasiones su enterramiento, y la generación de una situación de riesgo relevante, ya que las aguas de avenida buscarán los antiguos cauces y buscarán salida por ellos o bien a través de alternativas igualmente peligrosas.

Esto se puede observar en el barranco de las Cuatro Esquinas, en un tramo que casualmente el cauce de dicho barranco se estrecha de una forma “extraña” y es para que este pueda discurrir entre distintas edificaciones localizadas en lo que realmente sería el cauce natural del barranco (figura 35)



Figura 35. Ejemplo en foto aérea de la ocupación del cauce de la rambla en el municipio de Cariñena.
[Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG.]

Se observa perfectamente como este comienza con una anchura considerable, pero a la hora de introducirse más en el núcleo la anchura del cauce disminuye considerablemente y constituye un tramo de multitud de curvas discurriendo entre las edificaciones.

- Defensas, encauzamientos, canalizaciones, recubrimiento del cauce

Con diferentes niveles de intensidad, muchos cauces efímeros cuentan con estas infraestructuras grises, especialmente en ámbitos urbanos y periurbanos. Sus fines son defensivos, ya que tratan de evitar la erosión y el desbordamiento, pero no siempre son eficaces, incrementan la velocidad y reconducen los problemas aguas abajo. Se dan muy diferentes tipos, tal como se recoge en las siguientes imágenes.

Se observan distintos tipos de defensa en el cauce del Frasno (figura 36) instalación de una escollera en la margen que da al municipio (figura 37) con la instalación de un muro de hormigón en la margen que da al municipio, en el barranco de las Cuatro Esquinas

(figura 38), con la instalación de muros de hormigón en ambas márgenes del cauce para canalizarlo y que sirva de defensa para futuras posibles avenidas.



Figuras 36,37 y 38. Ejemplo de defensas en los barrancos del municipio de Cariñena [Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022.]

- Invasiones de cañas

En todo el ámbito mediterráneo peninsular se extiende la invasión de la caña (*Arundo donax*) en todos los tipos de cauces de cursos permanentes y efímeros. En algunos cursos la colonización del lecho es total, impidiendo la movilidad de los materiales aluviales y ocupando el espacio de las especies autóctonas.

En este caso, se puede observar plantaciones de cañas en diversos puntos de la rambla (figura 39) acto incomprensible que tal vez se realice a manos de dueños de las fincas de alrededor con fines defensivos, pudiéndose confirmar como esta con el paso de los años se va expandiendo tras avenidas.



Figura 39. Invasión de cañas en la rambla de Cariñena [*Elaboración: Rubén Moral. Fecha de elaboración: 9 de septiembre de 2022.*]

El tratamiento de eliminación de la caña consiste en el recubrimiento con material plástico negro durante al menos 10 meses (figura 40).



Figura 40. Ejemplo de tratamiento para eliminar las cañas. [*Fuente: Ollero et al., coord. 2021*]

- Otras acciones y usos del territorio

A todo lo expuesto hay que añadir otras muchas acciones humanas, que son responsables del cambio global en las cuencas de los cursos efímeros (alteración y eliminación de la vegetación, abandono y cambio de usos, deforestación, reforestaciones, incendios, urbanización, etc.) y que van modificando los cauces, así como otras actuaciones locales (sobreelevaciones del terreno, recolección, caza, actividades de recreo, etc.), que generan afecciones más directas de mayor o menor importancia.

- Zona natural

63

- Zona urbana

[illegible]

Figura 42. Aplicación índice para la evaluación de la calidad hidrogeomorfológica de sistemas fluviales efímeros (IHG-E) zona urbana. [Elaboración: Rubén Moral. *Fuente: Ollero et al., 2009*]

A destacar que la calidad hidromorfológica global es deficiente. La calidad funcional del sistema es moderada, la calidad del cauce es deficiente y la calidad del espacio ribereño es mala. Los principales impactos son vados y puentes de vanos insuficientes, caminos en el lecho del canal, existencia de defensas laterales canalizando así el cauce, vertidos de diversos colectores que dan al cauce principal y el estrechamiento artificial de la rambla. Se han realizado extracciones de grava, hay basura, el lecho ha sido aplanado y alterado en muchos puntos, incluyendo tramos en los que está totalmente cementado.

5. DISCUSIÓN Y PROPUESTAS

A continuación, a raíz de los resultados obtenidos y diagnóstico realizado en el anterior punto, se han podido observar e identificar los problemas que presenta esta rambla de Cariñena tanto en su zona urbana como en la más naturalizada. Por lo que en los siguientes renglones se va a proceder a una recopilación y extracción de las propuestas de buenas prácticas tomadas de la publicación de (Ollero et al., coord. 2021) que únicamente afecten a la zona de estudio, guiándose según los impactos que sufren, así como enunciar dentro de estas propuestas cuál sería la mejor estrategia a aplicar en la zona de estudio y su dificultad de empleo. Estas se van a dividir en distintos grupos: según su funcionamiento geomorfológico, según su funcionamiento ecológico, en ordenación del territorio fluvial, en gestión hidrológica, ambiental y de riesgos y por último en evaluación, conocimiento y sensibilización.

5.1 PROPUESTAS DE BUENAS PRÁCTICAS EN FUNCIONAMIENTO GEOMORFOLÓGICO

Segura (2014) y Segura y Sanchis (2015) alertaban de que en la mayoría de los proyectos la restauración geomorfológica no se aborda en toda su complejidad y con frecuencia se evidencia una falta de comprensión de la dinámica hidrosedimentaria de los cursos fluviales, más aún en el caso de los efímeros. Otros problemas que señalaban son i) la dificultad de compatibilizar las imágenes históricas como referencia cuando la dinámica es tan intensa y compleja, ii) la imposibilidad de gestionar el déficit sedimentario desde la Administración Hidrográfica, salvo que se prohíba definitivamente la extracción de áridos, y iii) el hecho de que las acciones de restauración no consideran las señales de recuperación y la capacidad de resiliencia de los cauces, de manera que no se tiene en cuenta que en los cursos efímeros, por su gran energía, facilitar la auto-regeneración sería lo más efectivo y barato. La perspectiva que se percibe en la actualidad es similar, ya que apenas se ha avanzado en esta línea. Teniendo en cuenta que la resiliencia geomórfica de estos cauces es en muchos casos elevada, es preciso evaluar si la eliminación de los impactos –especialmente de los directos, es decir de los que se realizan en el propio cauce– puede ser suficiente para generar recuperaciones efectivas, contando con el trabajo recuperador fundamental que ejercen las avenidas (Segura, 2014; Calle et al., 2017). Sin embargo, hay que tener presente que la baja frecuencia de avenidas de impacto geomórfico puede ralentizar los tiempos de respuesta. Así pues, es esencial perpetuar proyectos de investigación para poder monitorizar los cambios, ya que es probable que

en algunos casos haya que plantear medidas de rehabilitación activa para acelerar el trabajo del curso fluvial (Horacio, 2015).

1- Eliminación de vados y pasos sobre el cauce



Figura 43. Ejemplo de vado que habría que eliminar. [Fuente: Ollero et al., coord. 2021]

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar localmente los flujos naturales de caudal líquido y sólido. • Recuperar la continuidad longitudinal del cauce y corredor ribereño, evitando también los accesos a los vados. • Recuperar procesos hidromorfológicos naturales del cauce y en especial del lecho. • Eliminar o reducir impacto antrópico recuperando la funcionalidad y naturalidad del curso como corredor natural. • Reducir riesgos, debido a la vulnerabilidad de estas estructuras, que han sido objeto en muchas ocasiones de pérdidas humanas por su uso durante las avenidas.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el número de vados, reservando el mínimo número de pasos posible. Estudiar alternativas para los casos con problemas de accesibilidad. • Construcción de puentes como alternativa a los vados, en lugares donde el impacto del corredor ribereño sea mínimo, reduciendo así los impactos en la calidad funcional del sistema. • Suprimir los accesos a los vados que se eliminen y modificar los que sigan operativos para reducir los daños en el ámbito ribereño.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas (DPH) y en algunos casos los servicios de carreteras.

CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Manejo cuidadoso de la maquinaria para no alterar la morfología del cauce. • Renaturalización de las zonas afectadas por la maquinaria. • Al reducirse el número de vados, puede existir un incremento de infraestructuras paralelas al cauce con el fin de llegar al paso más cercano. • Concienciación de la población sobre la conveniencia de la realización de un mayor recorrido para llegar a un paso. Y que no reconstruyan un paso en la misma zona sabiendo que se vuelve a destruir periódicamente.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	<p>Esta buena práctica tendría que ser de ejecución inmediata y sus efectos positivos se dejarían notar en la primera avenida, naturalizando con rapidez el lecho gracias al movimiento y arrastre de sedimentos acumulados en los antiguos vados. Sería muy adecuado un plan estatal que aporte actuaciones generalizadas justificadas desde la mejora ambiental y la reducción del riesgo.</p>

En este caso, se podría reducir el número de vados, dejando así el menor número posible de ellos y en los que sí o sí haya que cruzar la rambla, sustituir estos vados por puentes para así reducir lo máximo posible el impacto al corredor ribereño.

2- Prohibición de actuaciones post-avenida

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la alteración de las formas naturales del cauce y orillas provocada por la entrada de maquinaria y por y otras acciones. • Poner en valor el papel regenerador de las avenidas, constructoras de unidades geomórficas y de hábitats muy diversos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Impedir la común falsa sensación de seguridad que lleva a acciones irresponsables e imprudentes aguas abajo. • Educar sobre el funcionamiento natural del curso fluvial y sobre la inutilidad e impacto de acciones que buscan aumentar la sección de desagüe de forma temporal e injustificada.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Promulgar una normativa de prohibición a escala estatal que incluya procedimientos sancionadores para acciones furtivas. • Derivar a buenas prácticas los presupuestos destinados a estas acciones tradicionales negativas.
AGENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Confederaciones Hidrográficas como garantes medioambientales de los cauces fluviales.

CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Potentes inercias sociales, reflejadas en continuas demandas respaldadas por los intereses políticos y económicos, que atribuyen a las avenidas solo efectos negativos y a los sedimentos y vegetación un falso papel perturbador de los flujos hídricos. • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. Deberían cancelarse. • Presión de las empresas extractoras para que se sigan ejecutando estas acciones. • Existencia de obstáculos transversales al cauce que pueden presentar problemas durante las avenidas y para los que hay que buscar acciones alternativas.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica tendría que ser de ejecución inmediata y sus efectos positivos se dejarían notar en la primera avenida reconstructora del cauce. Asociada con la adecuada ordenación de usos de los espacios inundables y con la educación ambiental, esta acción innecesaria debería quedar totalmente suprimida a corto plazo y eliminada del imaginario social.

Como seguimiento y así buena aplicación de estas buenas prácticas, a nivel municipal también se podría tener una normativa y presupuesto para así tener una respuesta mucho más rápida.

3- Redimensionar y permeabilizar puentes, vados y vías de comunicación



Figura 44. La crecida en la rambla de Cariñena a raíz del episodio Gloria (enero 2020) destruye el vado de la Virgen de Lagunas, resultando inútil el único tubo existente bajo el mismo. Al parecer, este vado es ilegal y son los propietarios locales los que lo rehabilitan por su cuenta tras cada avenida. [Fuente: Ollero et al., coord. 2021]

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar la continuidad fluvial y la funcionalidad de las avenidas. • Naturalizar la movilidad de sedimentos y el transporte de caudal líquido y sólido. • Reducir la vulnerabilidad de estas estructuras y con ello el riesgo.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Sustituir vados precarios con tubos o pequeñas alcantarillas circulares por vados más elevados sobre marcos y pontones. • Sustituir vados por puentes con el menor número posible de puntos de apoyo sobre el lecho. • Permeabilizar puentes en las áreas laterales al cauce (corredor ribereño, llanura de inundación). • Permeabilizar vías de comunicación a su paso por la llanura de inundación.
AGENTE	<ul style="list-style-type: none"> • El Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas. • Los servicios de carreteras competentes en cada caso. • También puede participar el sector privado.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • El redimensionamiento y permeabilización son tareas complejas y requieren proyecto y una importante inversión económica, así como en ocasiones un procedimiento de evaluación ambiental. • Convergencia de diferentes administraciones.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Los efectos de esta buena práctica son siempre positivos, aunque dependiendo de las infraestructuras a redimensionar o permeabilizar, y de las acciones y trabajos de rehabilitación llevados a cabo, el curso efímero puede tardar una o varias avenidas en renaturalizar su funcionamiento. La reducción del riesgo es evidente desde la conclusión de la obra.

Respecto a esta propuesta, en nuestra zona de estudio en el lugar más naturalizado lo idóneo sería como bien se cita en la tabla, sustituir aquellos vados en condiciones precarias con tubos o pequeñas alcantarillas, ya que como se ha podido observar en párrafos anteriores, estos tubos se desprenden y circulan aguas abajo produciendo mayores impactos.

En la zona del núcleo urbano lo idóneo sería llevar a cabo la permeabilización de los puentes en las áreas laterales al cauce.

4- Descanalización

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Desproteger orillas y permitir la erosión en ellas y en taludes, ya que puede suponer una aportación clave (a veces única) de sedimentos al cauce. • Por tanto, recuperar procesos de erosión, transporte y sedimentación en el sistema y dinamizar el curso fluvial, devolviéndole su libertad en planta para que pueda desplazarse lateralmente. • Aumentar la anchura de la sección de desagüe. • Reducir la velocidad de la corriente en fase de crecida. • Eliminar estructuras duras laterales que impiden la nidificación de especies de aves y el desarrollo de vegetación natural. • Reducir riesgos por falsa seguridad y no trasladar la peligrosidad a tramos aguas abajo.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Desencauzar el trazado del cauce retirando estructuras laterales. • Desentubar y descubrir el cauce, evitando su estrechamiento y peligrosidad de la corriente en fase de crecida, provocados por el incremento de la energía. • Si es preciso, revegetar con especies autóctonas los corredores ribereños que se han podido ver afectados por la canalización. • Educar acerca de la importancia y funcionamiento natural del curso efímero y concienciar sobre cómo afecta negativamente al lecho la canalización.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas y en ocasiones la administración local.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Atención a los flujos subsuperficiales laterales. • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Manejo cuidadoso de la maquinaria para no alterar la morfología del cauce. • Oposición de la propiedad privada lateral al cauce.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica tendría que ser de ejecución inmediata y sus efectos positivos se dejarían notar en la primera avenida reestructuradora del cauce. Esta acción debería mejorar la dinámica del curso y debería ir ligada a la correcta ordenación de usos en el espacio inundable.

Esta acción debería ser ejecutada en la zona del núcleo urbano, ya que es donde se ha llevado a cabo obras donde se ha encauzado la rambla e incluso haciendo pasar a esta por debajo y al lado de viviendas para poder construir más edificios y así expandirse el municipio. Destacar que sí que hay una zona del municipio de Cariñena donde sí que se deja de manera más natural a la rambla, pero es cuando ya prácticamente no hay ningún peligro.

5.2 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN FUNCIONAMIENTO ECOLÓGICO

A continuación, se presentan propuestas centradas en la recuperación de la naturalidad desde un enfoque ecosistémico donde las propuestas del apartado anterior componen la base para un buen funcionamiento fluvial y ecosistémico, pero en ocasiones no es suficiente y es preciso actuar directamente sobre las especies, fomentando las especies adecuadas o eliminando las invasoras.

Es recomendable en gran parte de los posibles casos combinar varias propuestas ecológicas e incluso combinarlas con las buenas prácticas en funcionamiento geomorfológico. El éxito del proyecto de restauración se asentará en esta integración de medidas siempre adaptadas a la situación local y en la medida de lo posible, implementadas con mínima intervención y con el mayor peso del trabajo en el sistema fluvial.

1- Eliminación de cañas (*arundo donax*)

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Control de las formaciones monoespecíficas de caña (<i>Arundo donax</i>) y reducción progresiva de su presencia. • Incremento de la diversidad de hábitats y, en consecuencia, de especies vegetales y animales (biodiversidad). • Aumento de polinizadores y, en consecuencia, de la polinización. • Aumento de la capacidad de drenaje durante las avenidas de agua.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Delimitar el espacio del curso efímero sobre el que hay que actuar. • Existen varios métodos efectivos para la eliminación de la caña (químicos, físicos, mecánicos y fomento de la competencia) con distinta eficacia y daños a otras especies vegetales y animales (Deltoro et al., 2021). El que parece más eficaz en la actualidad consiste en cubrir con un material plástico de color negro los rodales de cañas, una vez cortadas estas, al menos durante 10 meses.
AGENTE	Al ser espacios de dominio público hidráulico las competencias de actuación corresponden a las Confederaciones Hidrográficas.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • La utilización de uno u otro método de eliminación de la caña depende de las características del cañaveral. • Se aconseja siempre utilizar métodos que no dañen a otras especies.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	El tiempo de actuación para la eliminación de la caña depende del método empleado. En cualquier caso, hay que contar con varios años (>3 años) para que los resultados sean aceptables. Hay que tener en cuenta que se trata de una especie invasora, cuya erradicación requiere mucho esfuerzo y dinero.

1. Medidas de protección de especies autóctonas

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la biodiversidad natural del curso efímero y su entorno. • Contribuir a disminuir los movimientos de sedimentos. • Aumentar la capacidad de secuestro de carbono • Aumentar la capacidad de regular el clima local por enfriamiento en verano
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar el pastoreo. • Limitar el movimiento de vehículos de toda clase en el cauce. • Establecer y aplicar figuras de protección.
AGENTE	Puede ser enfocado desde los servicios de protección de la biodiversidad de las Comunidades Autónomas. Presenta también un destacado potencial para integrarlo en iniciativas locales y actividades de voluntariado.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • El pastoreo, habitual en estos cursos, suele ser un grave inconveniente para el mantenimiento y protección de estas especies autóctonas. • Actividades como el trekking, moto-cross o vehículos todo-terreno dañan profundamente la vegetación autóctona. • De igual manera, la educación ambiental se convierte en un argumento clave para dar a conocer al público, en general, la necesidad de mantener estas especies.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Depende, por un lado, de la eficacia de las limitaciones de uso de los cauces y, por otro, del grado de sensibilización del público que visita estos lugares.

En la zona natural de esta rambla hay que tener especial atención al pastoreo existente de la zona y la explotación agrícola y ganadera ya que como bien se dice en la tabla puede llegar a ser un grave inconveniente para el mantenimiento y protección de las especies autóctonas. Por lo que estas actividades habría que tenerlas vigiladas y reguladas.

2. Medidas para evitar la colonización de especies invasoras

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la biodiversidad natural del curso fluvial y su entorno. • Facilitar la movilidad de sedimentos.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Protección de especies autóctonas. • Mantenimiento del banco de semillas de los sedimentos del curso efímero. • Limitar la introducción de especies invasoras por parte de la población local o visitante a cursos de agua. • Educación ambiental para dar a conocer las especies invasoras más comunes y alertar de los peligros de la introducción de especies invasoras.
AGENTE	Las asociaciones conservacionistas tienen un papel importante en dar a conocer las especies más peligrosas y los efectos negativos de su introducción.

CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario implementar diferentes acciones sinérgicas, como las señaladas, para conseguir el objetivo, por lo que es fundamental contar con un plan de actuación bien definido a medio plazo.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	La alteración de las condiciones ambientales naturales de estos cursos facilita el asentamiento de muchas especies invasoras, cuya gestión es especialmente complicada debido a la naturaleza críptica y estocástica del proceso de invasión. Tan solo mantener el buen estado de estos cauces puede minimizar el impacto provocado por dichas especies.

La medida más aplicable en este caso sería la de dar una serie de cursos de educación ambiental a los responsables del ayuntamiento de los municipios de alrededor de la rambla y a los dueños de las parcelas circundantes de esta para que de esa manera no introduzcan ellos sin conocimiento ninguna especie invasora. Las plantaciones de caña realizadas recientemente en la margen derecha de la rambla constituyen una acción irresponsable que tendrá consecuencias muy negativas.

3. Eliminación de basuras y vertidos en cauces y riberas

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar elementos antrópicos del sistema fluvial efímero, contribuyendo a su naturalización. • Mejorar los hábitats y aumentar la biodiversidad.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Campañas periódicas frecuentes para limpiar de basuras, residuos y vertidos toda la red fluvial efímera. • Campañas de sensibilización para tratar de educar a la población sobre la improcedencia y consecuencias negativas de emplear los cauces como basureros y vertederos.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas y voluntariado desde asociaciones y centros educativos.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Inercias sociales de gran raigambre asociadas al desprecio ancestral por estos cursos secos. • Ausencia de catalogación y reconocimiento legal de muchos de estos cauces.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica puede contar con un importante e inmediato calado social, de manera que se pueden organizar con rapidez campañas a nivel local potenciadas por asociaciones y centros educativos. Los beneficios pueden ser inmediatos.

5.3 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN ORDENACIÓN DEL TERRITORIO FLUVIAL

El curso fluvial, ocupa un espacio físico en el territorio el cual tiene que ser respetado, ya que es el escenario de su funcionamiento y de su recuperación. Para ello hay que llevar a cabo una buena ordenación del territorio. Esta siempre ha estado pendiente de mejora en la sociedad de hoy en día debido a sus numerosos conflictos, intereses, descoordinación, irresponsabilidades, incumplimientos, inercias y complejas dinámicas económicas y ambientales en la totalidad del espacio geográfico, incrementándose aún más en ríos y todavía más en los cursos efímeros.

El por ello que unas buenas prácticas en este apartado, aun a sabiendas de su difícil ejecución, podrían conseguir un nuevo espacio territorial en tramos fluviales. Persiguiendo unos objetivos como los de conseguir una mayor naturalidad en las cuencas, devolver el espacio natural al curso efímero, el cual poco a poco con el transcurso de los años y el crecimiento de las sociedades se le ha ido quitando, llevar a cabo un mantenimiento de ese espacio para garantizar de esa manera un buen funcionamiento fluvial natural.

1- Naturalización de la cuenca

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Naturalizar el sistema fluvial. • Recuperar procesos de erosión, transporte y sedimentación. • Incrementar la biodiversidad en la cuenca y los cauces.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir usos del territorio que impliquen consumo de agua y sedimentos. • Reducir usos que incrementen la impermeabilización del territorio, como procesos de urbanización y de consumo de espacio. • Aumentar la superficie de espacios naturales protegidos para garantizar fuentes naturales de agua, sedimentos y especies.
AGENTE	Todos los organismos e instituciones implicadas en la ordenación del territorio y la protección ambiental. También es necesaria la colaboración de organizaciones ambientales y de la ciudadanía en general, protagonizando cambios en hábitos de consumo.
CONDICIONANTES	Es un proceso muy complejo integrado en la ordenación del territorio y en una planificación de usos del suelo adecuada y sostenible. La dificultad y lentitud de muchos procesos planificadores y jurídicos y las trabas que establecen los poderes económicos, interesados en mantener la actual situación de sobreconsumo, son condicionantes generalizados muy difíciles de salvar.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Es imprescindible comenzar ya a aplicar este tipo de acciones a escala de cuenca para poder conseguir resultados a largo plazo. Serán necesarias varias décadas para que los cambios sean eficaces y los resultados significativos.

En este caso, en lo que respecta a la zona urbana de Cariñena, en su tiempo no se tenían estos planes y se edificó prácticamente en plena rambla y hasta se desvió el natural recorrido de la rambla por un beneficio económico de las constructoras para así llevar a cabo una ampliación de viviendas. Por lo que a día de hoy lo ya construido es muy difícil por no decir prácticamente imposible que se modifique, pero si se llevan a cabo charlas y mesas redondas exponiendo los posibles riesgos que puede llevar el construir en espacio de la rambla se podrá intentar y conseguir que estas acciones no se sigan haciendo.

2- Devolución al curso fluvial de su espacio natural y generación de un territorio fluvial

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Conseguir espacios fluviales continuos erosionables, inundables, anchos y no urbanizables (que no tienen por qué ser espacios públicos, solo deben mantener algunos condicionantes como la prohibición de extracciones o edificaciones). • Libertad geomorfológica y regeneración de procesos, aumentando la movilización y transporte del caudal sólido, así como la actividad en las márgenes erosivas. • Recuperación de la funcionalidad de corredores ribereños y llanuras de inundación, permitiendo el desbordamiento y consiguiendo naturalizar el funcionamiento del curso. • Laminación de las aguas de avenidas de forma natural, con amortiguación de los caudales punta, asociada al propio desbordamiento dentro del territorio fluvial. De este modo, se consigue disminuir el riesgo aguas abajo evitando y reduciendo la implantación de defensas.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de motas y retranqueo si las hay para el logro de la movilidad del cauce y la liberación de los procesos fluviales. • Ensanchamiento del territorio fluvial aguas arriba y cerca de núcleos de población para reducir la frecuencia de desbordamientos en estas zonas. • Establecer expropiaciones o adquisición o permutas o medidas compensatorias para los territorios y parcelas privadas dentro del territorio fluvial, con la posibilidad de mantener sus actividades, pero respetando los procesos de inundación. • Promover cambios en usos del suelo priorizando la adaptación de los mismos al funcionamiento fluvial. • Dotar al espacio fluvial recuperado de una consideración nominal y jurídica como Territorio Fluvial en los términos propuestos en la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas y Consejerías Autonómicas de Ordenación del Territorio, mediante planes y programas que se implementen de forma coordinada en tramos fluviales de suficiente longitud.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos de propiedad. • Espacios fluviales ocupados por cultivos, edificios, vías de comunicación u otras infraestructuras. • Heterogeneidad en las situaciones de propiedad y las circunstancias de cada tramo. • Aplicabilidad en cursos efímeros extensos de llanura, y mucho menos factible y eficaz en otros de escasa anchura. • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones, que pueden ser importantes si se opta por expropiaciones o compra.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta acción alcanzará sus objetivos a medio plazo y tiene que ir ligada a la correcta ordenación de usos en el espacio inundable. La devolución de parte de su territorio fluvial al curso efímero debe verse como una solución basada en la naturaleza frente a la existente problemática ambiental, siendo capaz de proteger la dinámica de dicho sistema y minimizar los riesgos, que éste pueda entrañar.

Estas medidas tendrían que ser aplicables en este caso nada más salir del núcleo de Cariñena, ya que al salir de dicha población ya se encuentra la rambla encajada, por lo que ya se le está quitando su espacio natural, cerca de ella se localiza un polígono industrial y se pretende ampliar dicho polígono, con lo que esto podría acarrear.

3- Devolver la propiedad pública al territorio fluvial

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar Dominio Público Hidráulico en cauces afectados por ocupaciones privadas. • Recuperar la naturalidad en el funcionamiento fluvial en la línea señalada por los objetivos de la buena práctica anterior (Devolución al curso fluvial de su espacio natural y generación de un territorio fluvial). • Minimizar riesgos asociados a la inundación y la erosión reduciendo la exposición y la vulnerabilidad. • Mejorar la ordenación de usos del suelo en el espacio fluvial y el control sobre los mismos.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Revisiones catastrales en toda la red fluvial efímera. • Delimitar y deslindar el Dominio Público Hidráulico, definido por la Ley de Aguas y reglamentado por el RD 9/2008, en toda la red fluvial efímera. • Consolidar la banda continua del Territorio Fluvial en los tramos en que sea posible. • Expropiar terrenos dentro del Dominio Público Hidráulico y eliminar las defensas y encauzamientos que restringen su función. • Concienciar y educar acerca de la importancia de las figuras del DPH y del Territorio Fluvial, ya no solo para mejorar la naturalidad hidrogeomorfológica y ecológica del sistema fluvial, sino como sistemas que permiten una ordenación del territorio efectiva y adaptable, con el fin de controlar actividades en este espacio, con la consiguiente reducción de riesgos.
AGENTE	El Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas y con el apoyo del poder judicial haciendo efectivas leyes existentes.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Conflictos de propiedad. • Presión de empresas, particulares y propietarios de los territorios afectados dentro del DPH y del Territorio Fluvial. • Desconocimiento y falta de concienciación social acerca del DPH y del Territorio Fluvial.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica tendría que ser de ejecución inmediata, aunque los procesos de expropiación son complejos y largos, por lo que sus efectos positivos podrían demorarse.

Esto sería aplicable en la zona natural estudiada de la rambla, ya que se puede observar cómo las parcelas de explotación agrícola apuran sus límites hasta prácticamente la propia rambla.

4- Territorio fluvial en tramos urbanos. Mayor anchura, desurbanizar, cambiar usos

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar la funcionalidad y la naturalidad fluvial también en ámbitos urbanos, liberando espacios para el curso fluvial, eliminando obstáculos y permeabilizando el cauce y la llanura de inundación. • Reducir la exposición y la vulnerabilidad urbana ante la peligrosidad fluvial. • Reducir e impedir las situaciones “cuello de botella” generadas en muchos cauces por su paso en un espacio urbano y con ello sus efectos negativos en el tramo concreto y otros tramos implicados. • Concienciar a la población urbana sobre los valores y funcionamiento de los cursos efímeros independientemente de sus dimensiones concretas y percepción previa local.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Devolver terreno al curso efímero para el ejercicio de su libertad fluvial, generando un espacio erosionable e inundable lo más ancho y continuo posible. • Planificar el espacio urbano adaptando las normas urbanísticas al espacio fluvial y consolidar como no urbanizables para el curso los terrenos ganados. • Permutar usos y estructuras de manera que en el espacio urbano se consiga una banda lateral ancha y continua que amplíe el cauce. • Eliminar rellenos y escombreras en territorio fluvial, muy frecuentes en ámbitos urbanos y periurbanos. • Promover y ejecutar la desurbanización (descanalización del cauce, eliminación de construcciones y viales, alejamiento y desvío de infraestructuras, etc.) de superficies del Territorio Fluvial para su mejor adaptación al funcionamiento fluvial. • Sustituir usos y estructuras urbanas por espacios abiertos como parques naturalizados y huertos. • Fomentar movimientos ciudadanos que trabajen en esta línea.
AGENTE	Todas las administraciones competentes en materia de ordenación del territorio y urbanismo. Debería apoyarse en un plan estatal a gran escala que coordinara y guiara la acción de cada ámbito local.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Los ámbitos urbanos se consideran consolidados tanto social como jurídicamente, lo cual dificulta y encarece considerablemente actuar en ellos. Muchas situaciones se consideran heredadas e irreversibles y las propias normativas urbanísticas impiden su modificación. • Conflictos de propiedad y con gestores urbanos que amparan el uso público regulado. • Espacios fluviales ocupados por edificios, vías de comunicación u otras infraestructuras. • Percepción y consideración social de las estructuras urbanas como progreso positivo e inevitable y rechazo claro y amplio a iniciativas de desurbanización. • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones.

TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica es compleja en su implementación y requerirá probablemente de una actuación en fases, especialmente en núcleos de población grandes. Los efectos esperados serán también progresivos. Tiene que ir ligada a la correcta ordenación de usos en el espacio inundable. El territorio fluvial debe verse como una solución basada en la naturaleza, eficaz en la gestión de riesgos, aceptada socialmente y prioritaria en la gestión municipal.
-------------------------------------	--

Aquí lo idóneo sería elaborar una buena y precisa ordenación y planificación territorial para intentar que en un futuro no se cometan los errores que ya se cometieron en el pasado, como el de edificar prácticamente en la rambla reduciendo las dimensiones en esta, tal y como se puede observar en la zona marcada de la figura 45.



Figura 45. Ejemplo de zona de aplicación de una deficiente ordenación del territorio en el municipio de Cariñena [*Elaboración: Rubén Moral. Fuente: CNIG*]

5.4 PROPUESTA DE BUENAS PRÁCTICAS EN GESTIÓN HIDROLÓGICA, AMBIENTAL Y DE RIESGOS

Las siguientes propuestas que se van a enunciar se centran en la gestión y aluden a la responsabilidad de las administraciones para que consideren y valoren la red fluvial efímera, para su buena ejecución y funcionamiento hidrológico, para su evaluación ambiental permanente y para la protección legal y efectiva de estos cursos de agua.

1- Catalogar y oficializar todos los cursos efímeros en la red fluvial

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none">• Identificar los diferentes cursos fluviales efímeros para poder gestionarlos y dar con soluciones específicas y eficaces.• Valorar la importancia y representatividad de la red fluvial efímera en el contexto de la red fluvial general.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none">• Integrar toda la red fluvial efímera como masas de agua en los mecanismos de gestión de las Demarcaciones Hidrográficas.• Contar con una cartografía completa y actualizada de la red fluvial efímera.
AGENTE	El Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none">• En ocasiones hay dificultades de definición por sus variaciones hidrológicas y por su diversidad.• Hay cursos con solo algunos tramos efímeros, lo que dificulta su catalogación.• Es preciso vencer inercias por desconocimiento e infravaloración tanto en la sociedad como en las administraciones.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica es un punto de partida indispensable. Para poder actuar en la mejora es preciso conocer y ese conocimiento parte de la identificación como primer paso, tanto de cada caso concreto como del conjunto de la red. Es una acción sencilla, que puede realizarse desde un proyecto de investigación, pero requiere a continuación voluntad para que sea efectiva y sienta las bases de otras medidas.

Sería con la creación de algún proyecto igual a nivel autonómico que consistiera en la creación de un catálogo cartográfico de todos los cursos efímeros de la Comunidad Autónoma de Aragón.

2- Incrementar las estaciones de aforo y puntos de control de la red SAIH toda la red fluvial efímera

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el conocimiento de los cursos efímeros y darles una mayor visibilidad. • Detección, cuantificación y clasificación de caudales y avenidas en cursos efímeros. • Mejorar la predicción de eventos extremos y reducir el riesgo.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Creación, actualización y mejora de una base de datos georreferenciada de la totalidad de los cursos efímeros. • Dotar de estaciones de la red SAIH al máximo número posible de cauces efímeros.
AGENTE	El Estado a través de las Confederaciones Hidrográficas. Podría ser objeto de financiación con fondos europeos.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Grandes dimensiones de la red fluvial efímera.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Es una buena práctica fundamental, pero supone un coste considerable y tendrá que plantearse avanzando poco a poco a lo largo del tiempo. Sería de enorme interés contar con esta infraestructura en todo el sur de Europa.

Esto ya se ha comentado a lo largo de este trabajo, la no existencia de ninguna estación de aforo en la rambla provoca que no se puedan conocer los caudales circulantes en eventos extremos y que su estudio a lo largo del tiempo carezca de precisión y se tenga que basar en estimaciones.

3- Naturalización hidrológica, caudales geomorfológicos y funcionales

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Desregularizar estos cursos, ya que la intensa regulación es causa de degradación ambiental y modifica por completo el régimen natural de caudales. • Recuperar los procesos de erosión, transporte y sedimentación propios de sistemas fluviales efímeros. <ul style="list-style-type: none"> • Si se mantiene la regulación, recuperar la frecuencia de las avenidas con el fin de activar los procesos funcionales del sistema fluvial. • Control de poblaciones de seres vivos. • Limpieza y descontaminación del cauce.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación o regulación de las detracciones y derivaciones antrópicas de caudal. • En embalses prever la posibilidad de realizar desembalses para generar avenidas geomórficas y funcionales cuando la situación lo aconseje. • Naturalizar controlando los vertidos de EDAR. • Controlar los colectores de riego y otros vertidos externos, que desnaturalizan el caudal. Si es posible, derivarlos a cursos permanentes.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas y usuarios de los sistemas de regulación y explotación.

CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Conflicto con usos del agua. • Conflictos de propiedad. • Escasa capacidad de los embalses en cursos efímeros. • Dificultades para disponer de agua en las fechas más adecuadas.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	La naturalización hidrológica se puede conseguir a medio y largo plazo si se logran acuerdos con usos consuntivos del agua. Las situaciones suelen ser muy complejas y los condicionantes locales impiden medidas globales. La generación de caudales geomórficos y funcionales, muy necesaria en la mayor parte de los cursos fluviales, es de escasa efectividad en los cursos efímeros, que ya se ven sometidos de forma natural a escasos eventos funcionales y con impacto geomorfológico. Solo puede plantearse en casos excepcionales en cursos con embalses.

Aspecto muy importante a tener en cuenta en el sector urbano estudiado, ya que se observa cómo a lo largo de este desembocan en él diversos colectores de aguas residuales del municipio. Así como también una vez fuera del núcleo urbano se producen una serie de vertidos desde las empresas localizadas a lo largo de esta, con la problemática que dichos vertidos acarrearán, como ya se ha visto en diversas ocasiones a lo largo del paso de los años y recopilado en este trabajo.

4- Evaluar el estado ecológico de toda la red fluvial efímera

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliar el conocimiento de los cursos efímeros. • Mejorar el estado de los cursos efímeros. • Concienciar a la población sobre el estado ambiental de los cursos efímeros y dar más importancia a este tipo de sistemas fluviales.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar los cursos efímeros en las masas de agua evaluadas con el objetivo de alcanzar el buen estado ecológico (Directiva 2000/60/CE). • Modificar para las masas de agua de cursos efímeros el procedimiento de evaluación del estado ecológico de la Directiva 2000/60/CE, basándolo fundamentalmente en indicadores hidromorfológicos.
AGENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Confederaciones Hidrográficas. • Voluntariado. • Puede intervenir también el sector privado. • Grupos de trabajo de la Comisión Europea, que deben insistir en la necesidad de evaluar los cursos efímeros.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Grandes dimensiones de la red fluvial efímera en el ámbito mediterráneo. • Necesidad de formación geomorfológica y ecológica para las personas que desarrollen la evaluación.

TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Es una buena práctica de gran interés, que se debería implementar con urgencia teniendo en cuenta el estado de muchos cursos efímeros. El diagnóstico es el primer paso para resolver los problemas y poder proceder a la restauración ambiental de estos cursos.
-------------------------------------	---

5- Proteger cursos efímeros de alto valor y calidad ambiental

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener y mejorar el estado hidrogeomorfológico y ecológico de estos cursos efímeros. • Crear áreas de divulgación ambiental acerca de los cursos efímeros. • Completar redes de espacios fluviales protegidos con todas las tipologías existentes. • Poner en valor los cursos efímeros en conjunto y también sus tramos singulares de mayor valor y calidad.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Crear e implementar figuras de protección específicas para cursos efímeros. • Multiplicar el número de cursos efímeros protegidos como reservas naturales fluviales. • Dotar a los cursos protegidos de planes de gestión y de propuestas de educación ambiental.
AGENTE	Ministerio de Transición Ecológica.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Escaso interés social por estos cursos.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica, además de implicar una figura de protección para el tramo en cuestión, sería fundamental para mejorar la divulgación entre la población local acerca de este tipo de cauces, e incluso podría dinamizar el territorio. Es urgente proteger cursos efímeros por el impacto ambiental y social de la medida y su función ejemplarizante para ir desarrollando esta iniciativa en todas las cuencas.

Esta creación de figuras de protección específicas para los cursos efímeros puede ser de la mano de la Comunidad Autonómica, o bien del Estado con la figura de Reservas Naturales Fluviales, o incluso el propio ayuntamiento del municipio puede crear alguna figura o alguna normativa de protección.

6- Agentes fluviales para el control, vigilancia y protección

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger los cauces efímeros evitando que se registren impactos. • Vigilar el cumplimiento de las normas y comprobar en los cursos fluviales el resultado de las buenas prácticas que se vayan ejecutando. • Denunciar y sancionar malas prácticas ambientales en los cursos efímeros. • Crear empleo verde necesario y compatible con el cambio de mentalidad Ambiental que hay que implementar en la Sociedad.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de la figura laboral “Agente fluvial”. • Promulgar una normativa de prohibición a escala estatal que incluya procedimientos sancionadores para los principales impactos en los cursos efímeros. • Asociar el trabajo de agentes fluviales con las buenas prácticas de conservación y seguimiento.
AGENTE	Adscripción al Ministerio de Transición Ecológica a través de los Organismos de Cuenca y Agencias del Agua.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Es precisa una importante dotación presupuestaria permanente ante las dimensiones de la red fluvial y la necesidad de un importante colectivo de agentes. • Posible percepción social negativa ante su consideración como una nueva traba ambiental frente a determinados intereses económicos.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica debería ser prioritaria en el marco de los fondos de recuperación tras la pandemia y en el contexto de cambio ambiental y adaptación al cambio climático. Constituye un punto de partida que puede garantizar la eficacia de las restantes buenas prácticas y ayudar también al necesario cambio de mentalidad social sobre los cursos efímeros.

Como bien se dice en la tabla, crear una figura laboral de “agente fluvial” o también habilitar un programa de voluntariado de los municipios de alrededor de la rambla que se encarguen de manera altruista de la conservación y protección de la rambla dando así una mayor importancia y visibilidad a los cursos efímeros.

7- Mejorar las condiciones de edificabilidad en zonas inundables

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la vulnerabilidad y con ello el riesgo en cursos efímeros, en casos en los que no se pueda reducir la exposición (desurbanizar). • Educar a la población en el riesgo y concienciar sobre la necesidad de cambiar hábitos de consumo y localización.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Clausurar plantas sótano en zona inundable. • Permeabilizar las plantas a nivel de calle para facilitar el paso del agua y elevar todos los equipamientos. • Elevar a plantas no inundables las viviendas, comercios y servicios, preferentemente en estructuras pilotadas y exentas. • Contar con barreras temporales y elementos portátiles de contención y retención, así como compuertas y puertas estancas. • Traslado a zonas no inundables de servicios públicos y edificios comunes. • Prohibir nuevas construcciones en zonas inundables. • Establecer sistemas de emergencia y planes de evacuación para cada núcleo.
AGENTE	Esta acción debe ser objeto de un Plan Estatal dirigido por los Ministerios de Vivienda y de Transición Ecológica.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de presupuestos importantes. • Inercias sociales y falsa percepción de seguridad en la población ribereña.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Esta buena práctica debería ser objeto de una forma legal que permita su ejecución rápida. Su eficacia será inmediata y permitirá reducir considerablemente la vulnerabilidad. El problema está muy extendido, pues numerosos núcleos de población se encuentran atravesados o directamente contruidos sobre cursos efímeros.

Esto se tendría que aplicar a la zona urbana estudiada, y constaría de o bien una actualización de las edificaciones ya creadas respecto a sus defensas, o bien en futuras edificaciones que se encuentren próximas a la rambla, que, aunque no sería lo que habría que hacer, contarán con las defensas repentinas.

Y sobre todo en este caso lo idóneo sería trasladar el centro de salud, el centro de día y el centro de educación del municipio a alguna zona de las afueras de él que sea zona no inundable, ya que estos servicios se encuentran en la zona de confluencia del barranco de las Cuatro Esquinas y de la rambla de Cariñena, aumentando de esa manera los posibles riesgos que pueden acontecer.

En este sentido, después de haber visto los resultados obtenidos tras la aplicación de la fórmula de Manning a los puentes de la zona de estudio, hace replantearnos la idea de modificar o volver a construir los puentes para que estos puedan llegar a soportar al menos

posibles crecidas bankfull de sus respectivas ramblas. Aunque lo idóneo, claro está, es que se construyeran para que también puedan soportar caudales mayores que los de crecidas bankfull.

Esto es algo muy importante teniendo en cuenta que es justo en la confluencia de las dos ramblas donde se localizan los puentes cuya capacidad de caudal es la más baja de las dos ramblas, y además es donde se encuentran los equipamientos mencionados: el centro de día de los jubilados, el centro de salud o el centro de educación, es decir, equipamientos donde acuden personas vulnerables.

5.5 PROPUESTAS DE BUENAS PRÁCTICAS EN EVALUACIÓN, CONOCIMIENTO Y SENSIBILIZACIÓN

A continuación, se enuncian unas buenas prácticas para alcanzar todas las propuestas anteriores, especialmente las de gestión. Con el objetivo de que la sociedad se implique, esto se consigue mediante la educación y la sensibilización que deben enseñar a realizar crítica y exponer las malas prácticas, así como llevar a cabo un trabajo colectivo en la definición, la implementación y el seguimiento de las buenas prácticas.

1- Educación ambiental global, cambio de mentalidad y campaña de sensibilización sobre los cursos efímeros

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar el conocimiento sobre los cursos efímeros y el funcionamiento geomorfológico y ecológico fluvial. • Divulgar y sensibilizar sobre los impactos y la problemática de los cursos efímeros y sus valores ambientales. • Contribuir a un cambio profundo de mentalidad en relación con el territorio y el medio ambiente, como base fundamental para poder abordar la restauración fluvial y en el contexto de adaptación al cambio climático. • Cambiar los hábitos de la sociedad caminando hacia procesos de decrecimiento y sostenibilidad.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar campañas y actividades de divulgación y sensibilización sobre el funcionamiento fluvial en centros educativos y para amplios sectores de la sociedad. • De forma específica y urgente desarrollar una campaña de sensibilización sobre los cursos efímeros. • Establecer programas de concienciación social y educación ambiental específica, incluyendo contenidos en la educación reglada. • Promover la creación de asociaciones que trabajen por el cambio de mentalidad necesario. • Financiar iniciativas que cambien los hábitos de consumo y favorezcan el decrecimiento y la sostenibilidad. • Acciones de concienciación dirigidas especialmente a población ribereña potencialmente vulnerable a avenidas en este tipo de cauces
AGENTE	Las iniciativas deben ser lideradas desde la sociedad civil y la educación reglada y financiadas desde los Ministerios de Educación, de Universidades y de Transición Ecológica.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Generalizado desconocimiento de la población que repercute de manera negativa sobre los ríos. • Falta de respeto y atención social y administrativa por los cursos efímeros. • Tradicional escasa participación en las iniciativas que se emprenden en esta línea. • Inercias económicas, sociales y políticas que dificultan los cambios de mentalidad y en las formas de consumo. • Necesidad de presupuestos para implementar las acciones propuestas.

TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Hace décadas la sociedad varió su mentalidad desde la adaptación del medio hasta el consumo insostenible de recursos fluviales. Ahora hay que recorrer el camino contrario, que puede llevar también décadas. Esta buena práctica deberá difundirse constantemente y ser permanente en el tiempo, ya que constituye la base hacia cualquier proyecto de restauración fluvial. La campaña específica de sensibilización sobre cursos efímeros es muy urgente, a corto plazo, para poder sentar las bases de implementación de todas las demás buenas prácticas.
-------------------------------------	--

2- Estudio y denuncia de actuaciones negativas

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la proliferación de malas prácticas, actuaciones negativas y falsas restauraciones en cauces efímeros. • Comprender mejor el funcionamiento de los cursos efímeros y su respuesta a determinadas intervenciones. • Concienciar a la población sobre malas y buenas prácticas en cursos efímeros • Modificar la percepción social negativa generalizada sobre los cursos efímeros y la percepción social positiva generalizada sobre muchas actuaciones negativas. • Restaurar actuaciones negativas presentes en los cauces efímeros.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y localizar todas las posibles malas prácticas y actuaciones negativas en toda la red fluvial efímera. • Denunciar por procedimientos legales y mediante comunicación pública todas esas malas prácticas, incluyendo las falsas restauraciones. • Insistir de forma continua en los medios de comunicación sobre los valores y el funcionamiento natural de los cursos efímeros y alertar de forma continua y contundente sobre las malas prácticas que los dañan. • Creación de empleo verde con figuras como la de “agente fluvial”, que permita controlar y proteger este tipo de cursos de agua y tenga el papel prioritario de denunciar malas actuaciones. • Campañas de concienciación y sensibilización con la finalidad enseñar a detectar actuaciones negativas en cursos efímeros. • Creación de un portal de denuncias sencillo, para que cualquier persona pueda, de manera rápida, denunciar las actuaciones negativas, y que la administración competente pueda detectar y agilizar las hipotéticas restauraciones.
AGENTE	Colectivos y organismos de gestión, como el Centro Ibérico de Restauración Fluvial (CIREF), las agencias o consejerías medioambientales de las diferentes administraciones públicas y las asociaciones ecologistas. También se puede desarrollar desde el voluntariado científico-técnico individual.

CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Ignorancia y falta de sensibilización para este tipo de cursos fluviales, tanto social como en el propio ámbito judicial, lo que provoca abandono y dejadez y proliferación de actuaciones negativas. • Las enormes dimensiones de la red fluvial efímera, que hacen muy difícil llegar a toda ella en la identificación y denuncia de malas prácticas
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Muchas acciones de restauración y buenas prácticas que se apliquen de forma efectiva habrán partido de la identificación y denuncia de impactos antrópicos, por lo que esta labor previa es necesaria y urgente y debería extenderse en el territorio abarcando toda la red efímera.

Fomentar la elaboración de proyectos y trabajos como el presente, o trabajos de investigación como el de buenas prácticas en gestión y restauración de cursos efímeros mediterráneos: resiliencia y adaptación al cambio climático (Ollero et al., coord. 2021).

3- Participación y voluntariado

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Implicar a la población en la defensa y recuperación de los sistemas fluviales y del territorio. • Sensibilización, concienciación y educación ambiental acerca de los cauces efímeros. • Agilización en la ejecución de actuaciones de restauración y buenas prácticas. • Detección de problemas ambientales, conflictos y dificultades que puedan surgir en los procesos de restauración.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de campañas locales de restauración de actuaciones negativas. • Desarrollo de trabajos y publicaciones de divulgación para informar y prevenir nuevas actuaciones y/o impactos negativos. • Cursos y reuniones técnicas para fomentar la participación y el voluntariado ambiental en temas fluviales y formar a las personas participantes. • Diseñar para cada acción y buena práctica un protocolo de participación y voluntariado.
AGENTE	Puede gestionarse y coordinarse desde las Confederaciones Hidrográficas con apoyo en centros educativos, científicos y sociales.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Escasa valoración social de los cursos efímeros, de forma generalizada. • Escasa experiencia y extensión en el territorio de este tipo de prácticas ambientales. • Existencia de presupuestos para financiar estas acciones. • Complejidad de los cursos efímeros y de muchas de las iniciativas de restauración y buenas prácticas que pueden realizarse.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Las acciones de participación y voluntariado deben estar presentes en todas las fases de restauración fluvial, desde el planteamiento, debate y planificación previa de las medidas hasta el seguimiento posterior a las actuaciones.

Un programa de voluntariado promovido por los ayuntamientos de los municipios de la zona o bien por algún organismo autonómico, o bien planes en los colegios e institutos de la zona para así dar una mayor concienciación y visibilidad a los cursos efímeros.

4- Monitoreo y seguimiento

OBJETIVOS	<ul style="list-style-type: none"> • Reconocer a lo largo del tiempo los procesos y los efectos derivados de las acciones de restauración implementadas en cursos efímeros, comprobando su eficacia y procediendo si es preciso a cambios de actuación en el marco de una gestión adaptativa. • Contar con una red científica de información y trabajo sobre cursos efímeros.
ACCIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorización de procesos en puntos de observación y muestreo para comprobar cambios. • Aplicación de protocolos de seguimiento geomorfológicos y ecológicos de los procesos de restauración y de funcionamiento del sistema fluvial. • Aplicaciones periódicas de índices de diagnóstico. • Implantación y mantenimiento de equipos científico-técnicos pluridisciplinarios que lleven a cabo el monitoreo y el seguimiento y la formación técnica para desarrollarlos. • Posibilidad de implicar a voluntariado en algunas acciones.
AGENTE	Confederaciones Hidrográficas, Universidades y Centros de Investigación.
CONDICIONANTES	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de presupuestos destinados a este tipo de acciones. • Complejidad de los cursos efímeros y de las iniciativas de restauración, por lo que se requieren diferentes programas de monitoreo y seguimiento adaptados a condiciones concretas.
TIEMPO, TENDENCIA, PRONÓSTICO	Es una buena práctica imprescindible, que garantiza todas las demás y contribuye al éxito de todas ellas. Debe realizarse desde antes de las actuaciones y prolongarse a lo largo del tiempo, como mínimo durante cinco años.

En este caso sería no solo conservar las técnicas que ya se están utilizando y los instrumentos implementados, como ya se ha visto en este trabajo, sino que lo idóneo sería ampliar aun más dichos instrumentos de seguimiento y monitorización para ver como evoluciona la rambla y poder observar con datos analíticos si las medidas aplicadas están siendo útiles o, por el contrario, si tienen que ser modificadas por falta de resultados positivos.

6. CONCLUSIONES

Tras la realización de este trabajo de fin de máster se ha llegado a una serie de conclusiones. En primer lugar, la grave problemática que tiene el riesgo de inundaciones en los ríos efímeros a su paso por tramos urbanos y la poca importancia que han tenido y tienen, no habiendo sido tratados como auténticos cursos fluviales. En la actualidad se está intentando dar una mayor relevancia al estudio de estos cursos efímeros, realizando sus respectivas catalogaciones y proyectos sobre ellos. Además, hay que destacar la importancia que tiene realizar un seguimiento a lo largo de los años próximos y no quedarse en el simple estudio en una fecha en concreto, para de esa manera poder responder adecuadamente a los próximos episodios extremos y a la evolución del riesgo de inundación.

Se ha podido comprobar cuál ha sido la evolución de la rambla de Cariñena a partir de la comparación de la cartografía realizada de los diferentes años 1956, 1984, 2019 y 2022. A niveles generales esta rambla ha sufrido un proceso de estrechamiento y confinamiento, donde con el paso de los años y tras las diversas inundaciones acontecidas en la zona se ha formado un lecho de canal funcional inferior, que tiene una incisión de 50 cm generada en unos 20 años, el antiguo cauce se encuentra en la actualidad más ancho y colgado lateralmente, presentando un acorazamiento y una alta colonización vegetal. Y donde el flujo principal ha evolucionado morfológicamente desde una tipología de trenzamiento a un canal único.

Respecto a los puentes localizados en la rambla de Cariñena y el Barranco de las Cuatro Esquinas, que discurren por el núcleo urbano de Cariñena, se ha podido comprobar tras la aplicación de la fórmula de Manning que no tienen capacidad suficiente para evacuar el caudal que se podría generar en un crecida bankfull, y entonces mucho menos para una crecida extraordinaria. Esta situación puede acarrear serios problemas en cuanto al riesgo de inundación si se producen episodios de tormentas con fuertes precipitaciones.

Tras la aplicación del Índice Hidrogeomorfológico para cursos efímeros, se ha podido corroborar el estado en el que se encuentra la rambla de Cariñena en las dos zonas de estudio, distintas entre ellas. Se han obtenido unos datos que dicen que esta rambla se encuentra en un estado moderado en la sección más natural, pero en cambio se encuentra en un estado deficiente en su zona más urbana.

Tras la observación de la problemática de las zonas de estudio, se ha podido seleccionar y proponer una serie de buenas prácticas en gestión y restauración para los cursos efímeros estudiados para obtener una mejor resiliencia y adaptación al cambio climático, que van desde figuras de protección y de ordenación urbana a emplear hasta pequeñas medidas que se pueden aplicar fácilmente y con un coste bajo.

7. REFERENCIAS

- Alquézar, M (2019) Funcionamiento hidrológico y respuesta fluvial en cursos efímeros de la cuenca del Ebro. Universidad de Zaragoza.
- Calle, M. (2018) “Morphosedimentary dynamics of ephemeral rivers affected by gravel mining: GIS mapping and geomorphic change detection”. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- Camarasa, A.M. y Segura, F. (2001). “Las crecidas en ramblas valencianas mediterráneas”. Estudios Geográficos, LXII (245), pp. 649-674
- Conesa, C., García Lorenzo, R. (2009) Bed texture changes caused by check dams on ephemeral channels in mediterranean semiarid environments. Zeitschrift für Geomorphologie, 52(4): 437-461.
- CONESA, C., ALVAREZ, Y., MARTINEZ, J. (ed) (2004): Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y teledetección: aportaciones al "XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección", celebrado en Murcia, 20-23 de septiembre, 2004. Universidad de Murcia, Departamento de Geografía., 2 vol.
- Doménech et al., 2008 Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio. Geographica, 54.
- D. Salvador Ramos, “Análisis y valoración del riesgo asociado a cursos efímeros en núcleos de población de la cordillera ibérica” 2016. Zagan, Repositorio Institucional de Documentos, Universidad de Zaragoza, TAZ-TFG-2016-4932.
- Ferrer, M., & Mensua, S. (1956). Las ramblas del valle medio del Jiloca. Geographica, 111(9-12): 59-85.
- Gimeno, M (2009) Caracterización hidromorfológica y análisis de riesgo de inundación. Universidad de Zaragoza.
- G. Peño Gómez, “Propuesta y aplicación de un protocolo geomorfológico de caracterización y diagnóstico en cauces de gravas”, 2017.
- Guzmán, M.E. (2015) “Metodología para estimar el espacio de libertad fluvial en cauces efímeros”. Tesis doctoral. E.T.S. Montes, Universidad Politécnica de Madrid.
- Hermoso, Y (2019) Geomorfología y evolución de los cauces de cursos efímeros en la cuenca del Ebro. Universidad de Zaragoza.

- Horacio, J. y Ollero A. (2011) “Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de sistemas de información geográfica (SIG)”. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N. 56, pags 373-396. I.S.S.N 0212-9426.
- Noguera, I. (2016). “Geomorfología, geodiversidad y riesgos en el río Seco (cuenca del río Martín, Teruel)”. Universidad de Zaragoza.
- Ollero et al., coord. 2021 Buenas prácticas en gestión y restauración de cursos efímeros mediterráneos: resiliencia y adaptación al cambio climático. Ministerio de ciencia, innovación y universidades.
- Ollero, A. (2008) (No publicado) – Metodología de trabajo para la caracterización hidromorfológica y la evaluación de sistemas fluviales. 20 pp.
- Ollero et al., (2009) Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro.
- Ollero et al., coord. 2009 Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.
- Pérez Cueva, A., Calvo, A. (1986) La distribución de las ramblas en el país valenciano: una aproximación cuantitativa. Cuadernos de Geografía, 38: 61-74
- Periódico digital europapress. [En línea]. [Fecha de consulta 13 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.europapress.es/aragon/noticia-che-finaliza-trabajos-recuperacion-cauce-barranco-valdemorao-carinena-20110823133720.html>
- Periódico digital europapress. [En línea]. [Fecha de consulta 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.europapress.es/aragon/noticia-che-finaliza-trabajos-recuperacion-cauce-barranco-valdemorao-carinena-20110823133720.html>
- Periódico digital El periódico de Aragón. [En línea]. [Fecha de consulta 17 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.elperiodicodearagon.com/la-cronica-del-campo-de-carinena/2009/10/19/comienza-limpieza-cauce-frasno-47792740.html>
- Rabanaque, I. (2002). Cartografía, estudio de paisaje y análisis de los factores físicos del comportamiento hidrológico de las ramblas del río Jiloca. Xiloca, 30: 97-141.
- Sanchis, C., Segura, F. (2014) Spatial variability of channel changes in a Mediterranean ephemeral stream in the last six decades (1946-2006). Cuadernos de Investigación Geográfica, 40(1): 89-118.

- Sanmartín, S (2019) Caracterización y evaluación hidromorfológica de cursos efímeros en la cuenca del Ebro. Universidad de Zaragoza.
- Segura, F. (1990). “Las ramblas valencianas. Algunos aspectos de hidrología, geomorfología y sedimentología”. Tesis doctoral, Dpto. de Geografía, Universidad de Valencia.
- Segura, F., Sanchis, C. (2015) Restauración geomorfológica, cambios ambientales, imagen de referencia e imagen objetivo en ríos efímeros: reflexiones críticas. II Congreso Ibérico de Restauración Fluvial Restauraríos, Pamplona, 2015.
- Vidal–Abarca, M.R., Gómez, R., Sánchez Montoya, M.M., Arce, M.I., Nicolás, N., Suárez, M.L. (2020) Defining dry rivers as the most extreme type of non–perennial fluvial ecosystems. Sustainability, 12, 7202; doi:10.3390/su12177202

8. ANEXO 1: Póster “Hydromorphological characterization, assessment and monitoring in ephemeral streams: a case study in NE Iberian Peninsula”

Se adjunta el poster presentado para el 10th IAG International Conference on Geomorphology.

