



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

GEOMORFOLOGÍA Y EVOLUCIÓN DE LOS CAUCES DE CURSOS EFÍMEROS EN LA CUENCA DEL EBRO

Autora:

Yilena Hermoso Nadales

Director:

Daniel Ballarín Ferrer

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza

Curso 2018/2019

Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio
Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza
Curso 2018 – 2019
Yilena Hermoso Nadales
Directores: Daniel Ballarín Ferrer / Alfredo Ollero Ojeda

Resumen:

El presente trabajo desarrolla una caracterización precisa de diferentes sistemas fluviales de carácter efímero, en los que han sido analizados parámetros geomorfológicos para su posterior tipificación y puesta en valor. Los cursos efímeros son sistemas fluviales muy abundantes en la cuenca del Ebro, pero se encuentran mal clasificados y escasamente conocidos, así como directamente relacionados con eventos extremos y riesgos para la población al no contar, en general, con una buena gestión y planificación. Se han inventariado 206 cursos efímeros en la cuenca del Ebro, de los cuales han sido seleccionados como zona de estudio siete cursos fluviales: Alpartir, Reajo, San Gregorio, Valcodo, Cariñena, Seco y Sosa. Estos siete espacios son representativos y han sido objeto de un análisis geomorfológico y evolutivo para caracterizar sus dimensiones y su comportamiento dinámico. Con ello se ha conseguido definir cómo son los cursos efímeros de la Cuenca del Ebro, como paso previo a determinar su situación actual, su problemática y sus posibilidades de gestión.

Palabras clave: *curso efímero, sistema fluvial, geomorfología fluvial, evolución de cauces, cuenca hidrográfica.*

Abstract:

Geomorphology and evolution of riverbed of ephemeral courses in Ebro's basin.
This paper offers a description of the ephemeral rivers, in which geomorphological characteristics have been analysed for a later classification and for being considered. Ephemeral rivers are abundant river systems in the Ebro basin but they are incorrectly classified and sparsely known, as well as directly related with extrem events and with risks for the population, because in general, they don't count on a good management and planification. Two hundred and six ephemeral rivers of the Ebro basin have been inventoried, and only seven of them have been selected as a study zone: Alpartir, Reajo, San Gregorio, Valcodo, Cariñena, Seco and Sosa. These seven spaces are representatives and have been geomorphologically and evolutionarily analysed to characterize their dimensions and dynamic behaviour. With this, it has been able to define the courses of the ephemeral rivers in the Ebro basin, as a prior step to determinate their current situation, problems and possibilities of management.

Key words: *ephemeral river, river system, fluvial geomorphology, riverbed evolution, hydrographic basin.*

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1. JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 1.2. MARCO DE TRABAJO | 5 |
| 1.3. ANTECEDENTES | 6 |
| 1.4. ÁREA DE ESTUDIO..... | 7 |
| 1.5. OBJETIVOS | 9 |
| 1.6. PLAN DE TRABAJO..... | 10 |
| 2. METODOLOGÍA APLICADA | 10 |
| 2.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE CURSOS EFÍMEROS | 10 |
| 2.2. FUENTES Y FOTOINTERPRETACIÓN | 11 |
| 2.3. CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS..... | 12 |
| 2.4. TRABAJOS DE CAMPO..... | 13 |
| 2.5. CARTOGRAFÍA EVOLUTIVA | 14 |
| 2.6. TRABAJOS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN..... | 15 |
| 3. RESULTADOS | 17 |
| 3.1. IDENTIFICACIÓN DE CURSOS EFÍMEROS Y SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO | 17 |
| 3.2. CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS..... | 22 |
| 3.3. CARACTERIZACIÓN DE CAUCES | 24 |
| 3.4. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA | 45 |
| 3.5. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y TENDENCIAS..... | 49 |
| 4. DISCUSIÓN | 56 |
| 4.1. VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA..... | 56 |
| 4.2. COMPROBACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE RESULTADOS..... | 57 |
| 4.3. PROPUESTAS DE SEGUIMIENTO Y AVANCE DE LA LÍNEA DE TRABAJO | 57 |
| 5. CONCLUSIONES | 58 |
| 6. REFERENCIAS | 59 |

1. INTRODUCCIÓN

En la Demarcación Hidrográfica del Ebro existen numerosos cursos efímeros, desconocidos para la mayoría de la población y que se encuentran en continuo deterioro. Es necesario conocer y clasificar los diferentes sistemas fluviales efímeros para poder realizar una gestión correcta sobre ellos, por lo que, se ha procedido a realizar un estudio geomorfológico y evolutivo para caracterizar siete cursos efímeros específicos en la cuenca del Ebro.

1.1. JUSTIFICACIÓN

Para comprender el presente estudio es necesario en primera instancia conocer la diferenciación clara entre las distintas clasificaciones utilizadas para tipificar los sistemas fluviales. En cuanto a esta diferenciación, desde la perspectiva de la planificación hidrológica existen dos tipos fundamentalmente; río permanente y río temporal o estacional. Este último tipo cuenta a su vez con dos modalidades: intermitente y efímero. Tras esto, se entenderá por:

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

Río temporal o estacional: 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.

La cuenca hidrográfica del Ebro en general, se encuentra constituida por numerosos cursos temporales, de los cuales muchos se muestran efímeros. Uno de los problemas a la hora de caracterizar, clasificar y gestionar estos cursos temporales es el desconocimiento que se tiene sobre su régimen ya que dichos ríos muestran una gran variabilidad hidrológica, esto hace que resulte difícil estudiar estos sistemas con las mismas metodologías utilizadas en los ríos permanentes. En torno a esto, un río intermitente es un sistema fluvial en el que fluye agua superficial en un intervalo superior a 100 días e inferior a 300 días anuales.

Por otro lado, el curso fluvial en el que se va a centrar todo el análisis y que va a ser estudiado en profundidad es el río efímero. Históricamente, uno de los problemas de carácter administrativo ha sido la dificultad para catalogar este tipo de cursos fluviales (Gallart et al., 2017), un río efímero se puede definir como un sistema fluvial temporal que tiene una fase seca a lo largo de su ciclo hidrológico anual por lo que sufren una gran variabilidad hídrica. En estos cursos fluviales fluye agua en régimen natural superficial de manera ocasional, manteniéndose secos casi en la gran totalidad del año debido a la ausencia de precipitación. En España, se encuentra establecido que fluye el agua superficialmente en un intervalo siempre inferior a 100 días al año.

Los cursos efímeros muestran características especiales como variaciones en la fauna y flora, por lo que es necesaria su tipificación, además, tienen una dinámica hidrológica distinta al resto de cursos permanentes, localizando aumentos y disminuciones de agua debido a precipitaciones que caen sobre las diferentes cuencas de captación, por lo que muestran una dinámica hidrológica compleja que además ha sido muy poco analizada. En los cauces efímeros se asiste con máxima crudeza a un problema generalizado derivado de la percepción social negativa de los ríos secos, por el mero hecho de no llevar agua a la vista, además de ser considerados potencialmente peligrosos por su torrencialidad (Llasat et al., 2008).

Tras esto, la tipificación de ríos efímeros es relativamente reciente, estos sistemas fluviales constituyen unos de los sistemas naturales más complicados ya que encuentran muchas

variaciones de paisaje con el paso del tiempo, por lo que son enormemente diversos, característica que va a estar visible a lo largo de todo el estudio.

Concretamente, estos sistemas fluviales pueden localizar, en algunos casos, tramos secos en zonas bajas y caudal en la cabecera o al contrario. Esta situación hace muy complicado su estudio y su gestión. Además, también es importante valorar como se localizaban estos ríos en momentos anteriores, ya que un río permanente puede volverse temporal con el tiempo. Algo muy particular de estos espacios, es que tras precipitaciones torrenciales se produce un proceso de rehidratación.

Los ríos efímeros revelan una función muy importante ya que se muestran como espacios de gran valor para conservar la biodiversidad, condicionada por la geodiversidad, el elemento geológico del territorio que forma junto a la diversidad de especies el patrimonio natural de cada espacio. Ante esto, es muy difícil establecer el estado ecológico debido a la gran variabilidad y a las técnicas inadecuadas de estudio utilizadas hasta el momento. Por otro lado, el estudio de estos ríos sin caudal puede llevar a comprender las grandes consecuencias que tienen el cambio climático y la actividad antrópica. En torno a esto, es necesaria una planificación hidrológica para establecer objetivos que mejoren el estado de estos sistemas fluviales tan poco estudiados y valorados científicamente y técnicamente, para así proteger su calidad y conseguir una sostenibilidad que se encuentre en armonía con el medio natural.

El interés del estudio surge por el gran desconocimiento existente sobre estos sistemas fluviales que lleva a encontrar en periodos de precipitaciones intensas episodios de crecidas que generan riesgo para la población. Es por este hecho por lo que se debe realizar un estudio detallado y una buena gestión en los diferentes cursos fluviales efímeros para dar con soluciones específicas y eficaces que combatan los problemas venideros. En el presente trabajo fin de grado nos hemos centrado en la componente geomorfológica de los cursos efímeros, muy relevante para su caracterización y gestión.

1.2. MARCO DE TRABAJO

El presente trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación 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. El investigador principal del proyecto es Carmelo Conesa, Catedrático de Geografía Física de la Universidad de Murcia. En el proyecto hay 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 coordina 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 procede a la realización del estudio para conocer mejor estos sistemas fluviales tan complejos a la vez que variables.

Las personas integradas en el estudio de los diferentes cursos efímeros de la cuenca del Ebro por parte de la UPV-EHU son Askoa Ibisate, directora del departamento de Geografía, Prehistoria y Arqueología de la Universidad del País Vasco, la investigadora Ana Sáenz de Olazagoitia y Josu Ortiz, alumno de la misma universidad. Por otro lado, los integrantes pertenecientes a la Universidad de Zaragoza que se encuentran implicados en el presente estudio son Marcos Alquezar y Sergio Sanmartín, alumnos de cuarto de Geografía y Ordenación del Territorio, y Alfredo Ollero, director de los diferentes Trabajos fin de Grado y profesor titular del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio.

Así mismo, el trabajo de campo ha sido realizado conjuntamente con los integrantes de la Universidad del País Vasco, un aspecto que ha sido de gran importancia ya que trabajar en equipo

ha ayudado al manejo de datos, así como a abarcar el conjunto de la zona de estudio, un análisis muy amplio y detallado que hubiera resultado imposible de forma individual sin un amplio equipo de trabajo.

1.3. ANTECEDENTES

Los ríos efímeros, a pesar de ser cursos muy variables en el tiempo y, por lo tanto, de gran interés, han recibido muy poca atención por parte de científicos fluviales, por lo que se conocen muy pocos datos y estudios que se encuentren relacionados con ellos. Por otro lado, dichos espacios muestran una secuencia evolutiva amplia y una importante dinámica geomorfológica que hace más significativo su análisis, en torno a esto existen algunos proyectos que se muestran de interés sobre la misma línea.

Por un lado, tiene importancia 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).

Por otro lado, 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”. Pero, uno de los trabajos pioneros sobre ríos efímeros es “Ephemeral streams: hydraulic factors and their relation to the drainage net” (Leopold et al., 1956) en el que se tratan los factores hidráulicos.

La Universidad Complutense de Madrid muestra un par de proyectos relacionados con cursos efímeros, por un lado, el proyecto relacionado con “Infiltración en lechos fluviales y recarga de acuíferos relacionadas con avenidas y paleocrecidas en ríos efímeros” (Proyecto PALEOREC, 2005); mientras que el segundo de los proyectos trata sobre la respuesta hidrológica que tiene un efímero concreto (Benito et al., 2011).

En los últimos años, la Universidad de Murcia ha llevado a cabo diferentes proyectos 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.

Actualmente en España se trabaja sobre todo en Valencia y en Murcia, algunos de los estudios recientes que muestran gran importancia sobre el tema son por un lado las tesis doctorales de Conesa y García Lorenzo (2009); por otro lado, tienen gran importancia trabajos realizados posteriormente con imagen objetivo en ríos efímeros Segura y Sanchis (2015) o Camarasa (2016).

Concretamente en la cuenca del Ebro, se encuentran diferentes estudios que siguen una línea de trabajo similar pero que muestran diferentes casos concretos, como el estudio de “Las ramblas del valle medio del Jiloca” (Ferrer y Mensua), y los trabajos fin de Grado referentes a, “*Geomorfología, geodiversidad y riesgos en el río Seco, cuenca del río Martín, Teruel*” (Noguera Corral, 2016). “*Propuesta y aplicación de un protocolo geomorfológico de caracterización y diagnóstico en cauces de gravas*” (Peño Gómez, 2017). “*Análisis y valoración del riesgo asociado a cursos efímeros en núcleos de población de la cordillera ibérica*” (Salvador Ramos, 2016).

Además, se muestra de gran interés los estudios realizados desde la Universidad de Zaragoza (Ollero et al., 2004) (Ballarín et al., 2006) (Sánchez Fabre y Ollero, 2007). Por otro lado, se hace necesario mencionar las tesis recientes de Mikel Calle y María Elvia Guzmán, desde la geología (Calle, 2018) y la ingeniería de montes (Guzmán, 2015).

Un proyecto ya comentado y que además se encuentra relacionado directamente con la cuenca del Ebro es el proyecto TRivers que además tiene como estudio crear una mejora en la gestión de ríos temporales y efímeros en zonas concretas de Teruel. Los sucesos mayores producidos en los cauces efímeros mediterráneos (grandes crecidas o avenidas e inundaciones) son los menos frecuentes, pero los más efectivos en términos de transporte total de sedimentos y modificación morfológica del cauce (Baker, 1977; Conesa, 2005; López-Bermúdez et al., 2002).

Tras mostrar estas últimas referencias, añadir que existe una continuidad en el tema de cursos fluviales efímeros, realizando un estudio en una línea de trabajo similar a las anteriores, aunque ejecutando un tratamiento totalmente diferente. Este estudio servirá de referencia para mostrar una evolución y características geomorfológicas de siete cuencas de estudio que, exceptuando el caso del río Seco, sistema fluvial localizado dentro de la zona de estudio, el resto de los cursos efímeros introducidos en el análisis no tienen antecedentes en estudios científicos, lo que hace interesante valorar y diagnosticar el estado actual de cada uno de estos espacios.

1.4. ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca hidrográfica del Ebro se extiende por el noreste de la Península Ibérica contando con una superficie de 85.660 km², lo que la posiciona en segundo lugar en superficie, a continuación de la cuenca hidrográfica del Duero que contaría con más de 97.000 km². Concretamente en España, la cuenca del Ebro es la más extensa, encontrando sus límites naturales al norte con los Pirineos y la cordillera Cantábrica, por el sureste con el Sistema Ibérico y por el este con el sistema dual de alineaciones montañosas Costero-Catalanas.

En la cuenca hidrográfica del Ebro existen 206 cauces efímeros totales, en los que se han realizado 286 tramos tal y como se muestran representados en la imagen de la **figura 1**. Para conocer este dato se ha realizado un análisis exhaustivo de toda la cuenca mediante el reconocimiento de dichos cursos teniendo en cuenta características visuales que serán expuestas de manera detallada en el apartado 2.1. Tras este análisis, se ha determinado el número final de cursos efímeros existentes en la cuenca hidrográfica del Ebro, de entre los cuales se han seleccionado los siete cursos sobre los que se ha trabajado en campo. Este análisis se muestra con más detalle en los apartados 2.1 y 3.1.

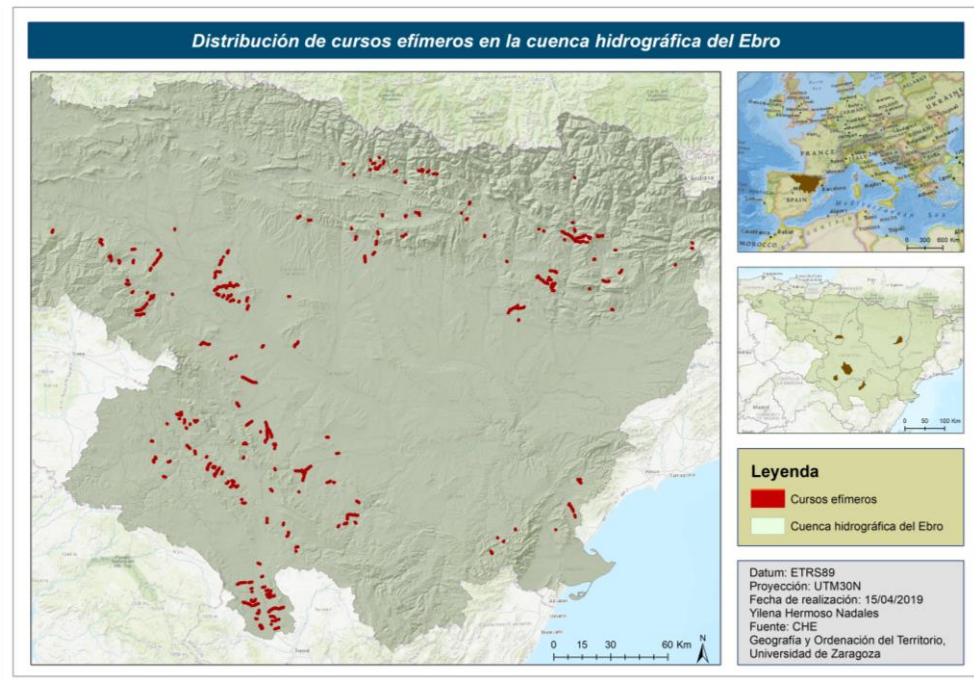


Figura 1. Mapa de localización de los cursos efímeros en la cuenca del Ebro.
Elaboración: Yilena Hermoso. [Fuente: CHE]

Tal y como muestra la cartografía anterior, los cursos efímeros se distribuyen de manera dispersa a lo largo de la cuenca del Ebro, concentrándose mayormente en la zona sureste de la cuenca, fundamentalmente en el piedemonte ibérico, encontrando en el norte algunos cursos más dispersos. Por otro lado, y, como ya se ha comentado con anterioridad, las cuencas de estudio son siete (**Figura 3**), localizadas en diferentes provincias y comunidades autónomas si se habla en términos de límites administrativos. Los casos de estudio son:

| Nombre del curso efímero | CCAA |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Barranco de Alpartir | Comunidad Autónoma de Aragón |
| Barranco de Reajo | Comunidad Autónoma de La Rioja |
| Barranco de Tudela o San Gregorio | Comunidad Foral de Navarra |
| Rambla de Valcodo | Comunidad Autónoma de Aragón |
| Rambla de Cariñena | Comunidad Autónoma de Aragón |
| Río Seco | Comunidad Autónoma de Aragón |
| Río Sosa | Comunidad Autónoma de Aragón |

Figura 2. Casos de estudio. [Elaboración: Yilena Hermoso]

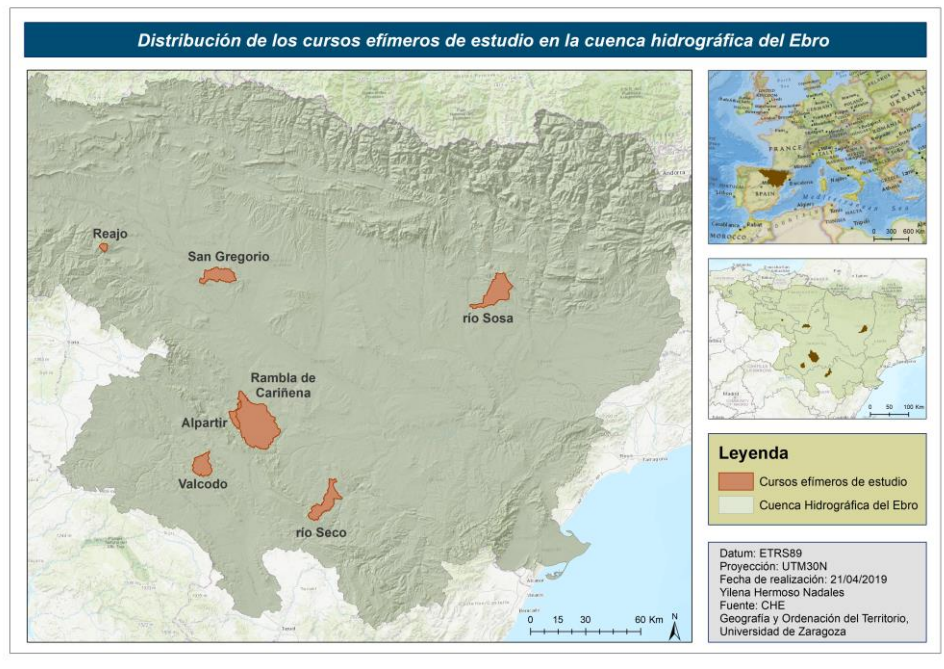


Figura 3. Mapa de localización de los cursos efímeros de estudio, cuenca hidrográfica del Ebro.
Elaboración: Yilena Hermoso. [Fuente: CHE]

1.5. OBJETIVOS

El proyecto CCAMICEM desarrollado junto con la Universidad de Murcia conlleva el estudio de diferentes cuencas representativas de la cuenca hidrográfica del Ebro con el objetivo de analizar cómo han evolucionado y cambiado estos cursos efímeros como consecuencia de posibles efectos directos e indirectos del cambio climático y así poder realizar un diagnóstico claro sobre ellos, por lo que la hipótesis de partida es la ya mencionada. Se trata, además, en una fase posterior, de comparar los resultados en la cuenca del Ebro con los obtenidos en los cursos efímeros murcianos.

De forma concreta, el objetivo general del presente trabajo fin de grado es caracterizar la geomorfología fluvial y su dinámica evolutiva de cursos efímeros representativos de la cuenca del Ebro.

Para ello, los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Identificar y cartografiar la red fluvial efímera de la cuenca del Ebro, valorando su importancia y representatividad en el contexto de la red fluvial de la cuenca.
- Caracterizar y cartografiar las cuencas de los cursos efímeros representativos seleccionados.
- Caracterizar y cartografiar los cauces de los cursos efímeros seleccionados.
- Comparar las características geomorfológicas de los diferentes casos de estudio.
- Analizar el funcionamiento geomorfológico actual de los mismos
- Cuantificar e interpretar los cambios evolutivos en los cauces y sus posibles tendencias.

Con todo ello, el presente TFG aporta al proyecto CCAMICEM una información geomorfológica relevante que será útil posteriormente, en el desarrollo del proyecto, para interpretar cuáles han podido ser los factores de los caracteres y cambios analizados y en qué medida el cambio climático ha podido influir en los procesos geomorfológicos de los diferentes casos de estudio.

1.6. PLAN DE TRABAJO

Para abordar el conjunto del estudio se ha realizado una planificación de tareas que se encuentran divididas en varios procesos: trabajo de campo, trabajo de laboratorio, interpretación de resultados.

Para empezar, el plan de trabajo se ha dividido en horas de trabajo en campo y horas de trabajo en laboratorio. En torno a esto, se han realizado alrededor de 60 horas de trabajo de campo, mientras que en laboratorio se han consumido en torno a 10-12 horas. Las horas se han realizado en los siguientes días:

| Febrero | | | | | | | Marzo | | | | | | |
|---------|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|
| L | M | X | J | V | S | D | L | M | X | J | V | S | D |
| | | | | 1 | 2 | 3 | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | | | | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
| Abril | | | | | | | | | | | | | |
| L | M | X | J | V | S | D | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | | | | | |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | | | | | | | |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | | | | | | | |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | | | | | | | |
| 29 | 30 | | | | | | | | | | | | |

● Trabajo de campo
● Trabajo de laboratorio

Figura 4. Días de trabajo de campo y de laboratorio.
 Elaboración: Yilena Hermoso. [Software: Microsoft Excel]

Por un lado, el trabajo de campo ha sido satisfactorio y organizado, ya que las diferentes tareas han sido repartidas equitativamente entre todos los integrantes. Todas las cuencas de estudio han seguido el mismo tratamiento, de modo que se han realizado en todas ellas las mismas mediciones:

- Sección transversal
- Análisis granulométrico y morfométrico de sedimentos superficiales
- Acorazamiento
- Procesos e impactos

Por otro lado, y, tras haber realizado trabajo de campo, se ha procedido a realizar el trabajo de laboratorio. En laboratorio se han realizado las mediciones y peso del material recogido en campo, de esta manera se ha podido realizar un tratamiento de todos los datos para dar una posterior evaluación y comparación de los resultados en todos los casos de estudio.

Con posterioridad a los trabajos de campo y laboratorio, que han sido en equipo, y a lo largo de todo el mes de mayo, se ha realizado de forma individual la cartografía geomorfológica y evolutiva que se recoge en el presente estudio. Una vez concluida dicha fase se ha procedido a la interpretación de resultados y a la redacción final del presente trabajo fin de grado.

2. METODOLOGÍA APLICADA

2.1. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE CURSOS EFÍMEROS

Para diferenciar de manera clara los diferentes ríos, se ha realizado una selección de cursos efímeros ya que muestran una serie de características visuales que no se encuentran visibles en el resto de tipos de cursos fluviales. Para realizar esta diferenciación se han utilizado las siguientes características:

- Sección transversal con una anchura superior a 20 metros.
- Cauce aluvial con presencia de gravas.
- Cursos desprovistos de vegetación.

Estas características han servido de ayuda en la búsqueda y elección de cursos efímeros existentes en la cuenca del Ebro. Como ya se ha comentado con anterioridad (apartado 1.4.), se han localizado un total de 206 tramos efímeros (*figura 1*), de entre los cuales se han escogido los siete de estudio (*figura 3*).

Los 206 tramos efímeros se han localizado tras la realización de un análisis exhaustivo sobre toda la cuenca del Ebro mediante el programa informático Google Earth. Dicho soporte digital ha servido de gran ayuda ya que se ha observado con claridad los cursos fluviales que poseían las características mencionadas con anterioridad. Tras este análisis, se ha procedido a la elección de los siete cursos efímeros de estudio. Los cursos escogidos se muestran característicos como cursos efímeros y además son espacios que no se muestran degradados en gran medida por la actividad antrópica. Concretamente, estos siete cursos de estudio (*figura 2*) han sido seleccionados por los siguientes criterios:

- Son efímeros accesibles e interesantes por su dinámica.
- Se encuentran distribuidos de manera dispersa por la cuenca del Ebro.
- Se muestran como efímeros representativos y característicos entre todos los localizados en la cuenca, ya que muestran diferentes extensiones, unos se muestran más efímeros que otros, etc.

Dichos cursos efímeros encuentran en su cuenca varios tramos sobre los que se han realizado los análisis muestrales. La elección de las diferentes zonas de muestreo se ha llevado a cabo mediante criterios propios debido a que se muestra de mayor interés estudiar secciones que no muestren demasiados impactos antrópicos como paso de vehículos, extracciones, zonas compactadas, entre otros. En cada zona de muestreo se ha realizado una sección transversal al cauce, un análisis granulométrico de 100 sedimentos superficiales y un análisis de la coraza (100 x 100 cm) y la subcoraza (10 kg) de la zona muestral.

2.2. FUENTES

Para comenzar y, antes de la realización del análisis cartográfico mediante el software ArcGis, se ha procedido a la descarga de la información geográfica para la realización de las diferentes cartografías evolutivas y geomorfológicas. La descarga de las ortofotos se ha llevado a cabo a través del centro de descargas del Centro Nacional de Información Geográfica [*Disponible online: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>*].

Por un lado, se ha procedido a la descarga de las ortofotos PNOA de Máxima Actualidad para la realización de las diferentes cartografía evolutivas y geomorfológicas, dichas fotos actuales constan del año 2017 para las cuencas pertenecientes a la Comunidad Foral de Navarra (Barranco de Tudela) y Comunidad Autónoma de la Rioja (Barranco de Reajo), mientras que para el resto de cuencas de estudio las imágenes de máxima actualidad constan del año 2015.

Tras su descarga, se ha procedido a la realización de la descarga de las ortofotos antiguas, concretamente se han descargado ortofotos del vuelo americano serie B del año 1956-1957 (Ortofoto AMS 1956-1957) para todos los cursos de estudio.

La descarga de ambas ortofotos ha sido posible gracias al buscador del centro de descargas, este buscador permite realizar una búsqueda por hojas MTN50, en el que, además, se puede observar el mapa completo de España con la numeración MTN50. Gracias a esta numeración la localización de cada tramo de estudio y la posterior descarga de la ortofoto ha resultado sencilla.

Tras la visualización de todo el portal del Centro Nacional de Información Geográfica, se ha observado que el Instituto Geográfico Nacional cuenta con un comparador de ortofotos PNOA que ha resultado de gran utilidad para observar y visualizar previamente los cambios ocurridos a lo largo del tiempo en los diferentes tramos de estudio. [Fuente: CNIG. Disponible online: https://www.ign.es/web/comparador_pnoa/index.html].

2.3. CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

Por otro lado, al margen de la realización del trabajo de campo y, tras la descarga de la información geográfica necesaria, se ha tratado información espacial mediante el software ArcGis, gracias al cual se han elaborado varios mapas de diferentes temáticas. En dicho software han sido introducidas varias capas en formato Shapefile (shp) referentes a los diferentes tramos de estudio. Las capas utilizadas referentes a la cuenca y a la red hidrográfica de cada curso efímero han sido descargadas a través del portal online de la Confederación Hidrográfica del Ebro [Fuente disponible online: <http://www.chebro.es/>].

El tratamiento de datos espaciales ha consistido en la realización de una localización precisa, para comenzar, de un par de mapas que muestran una contextualización general de la localización en la cuenca estudiada. Por un lado, ha sido de notable importancia representar la distribución del total de cursos efímeros en la cuenca hidrográfica del Ebro, tal y como se ha observado anteriormente en la *figura 1*. Por otro lado, se ha realizado una segunda cartografía centrada en la distribución precisa de los siete cursos efímeros en los que se centra el conjunto de la investigación (*figura 3*).

En cuanto a dichos cursos efímeros de estudio, en primera instancia, se ha realizado una localización concreta de cada una de las cuencas de estudio, introduciendo en la cartografía los límites administrativos de los municipios para que su localización resulte sencilla y de fácil reconocimiento. Posteriormente, se han realizado siete mapas de localización centrados en las zonas muestrales en cada zona de análisis, de manera que se ha realizado una capa (shp) que recoge la localización de las secciones transversales llevadas a cabo en cada cuenca, tras esto, se ha llevado a cabo una segunda capa que recoge las zonas concretas en las que se ha realizado el análisis de la coraza y posterior análisis de la subcoraza.

Posteriormente, se han realizado dos análisis de gran interés para el estudio, el primero ha sido la realización de una cartografía geomorfológica. Para la elaboración de dicha cartografía, ha sido necesaria la ortofoto de máxima actualidad descargada anteriormente para cada tramo de estudio. Con esta ortofoto se ha procedido a observar y realizar una precisa digitalización de aspectos geomorfológicos interesantes como:

- Canal activo principal
- Canales secundarios menores
- Barras con escasa vegetación
- Depósitos de margen por desprendimiento
- Terraza fluvial

Por último, se ha llevado a cabo una cartografía evolutiva que ayudará a visualizar los cambios ocurridos entre el año 1956 hasta la actualidad. Este análisis se muestra de gran interés ya que ayudará a conocer la dinámica de cada curso efímero y mostrará si su actividad y evolución a lo largo de los años ha resultado ser más o menos activa en cada uno de los casos.

Los aspectos a evaluar en este tipo de cartografía son los siguientes:

- Barras bien definidas → Barras activas bien definidas.
- Cauce → Cauce trenzado del río o rambla.
- Canal activo → Parte del cauce que muestra más actividad geomorfológica y flujo de agua con mayor frecuencia.

- Medida del canal activo → Medida en metros.
- Medida del cauce → Medida en metros.

2.4. TRABAJOS DE CAMPO

Inicialmente, para caracterizar cada cauce se han realizado multitud de mediciones en el trabajo de campo, estas mediciones ayudan a conocer las diferentes zonas de estudio. Las mediciones realizadas, se han llevado a cabo gracias al material técnico proporcionado por el Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza. Dicho material se compone de: una cinta métrica de 50 metros, varios metros, una pala para los sedimentos, un visor y una mira topográfica.

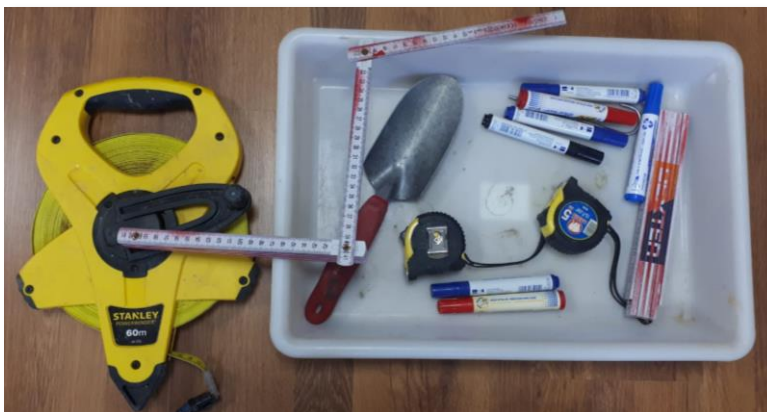


Figura 5. Material técnico proporcionado por el Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza. [Elaboración Yilena Hermoso Nadales]

Se ha trabajado de igual manera en todas las zonas muestrales de campo, de modo que se han recogido sedimentos que han sido analizados en laboratorio. Por el hecho de ser cursos efímeros, no ha habido dificultad para encontrar estos espacios secos, lo que ha resultado positivo a la hora de analizar el material en laboratorio. Solo en uno de los casos se ha tenido que dejar reposar una semana para tener el material totalmente seco para su posterior análisis. En torno a esto, las mediciones realizadas en todos los tramos de estudio han resultado ser:

Sección transversal: en todos los tramos se ha realizado al menos una sección transversal al cauce. En la sección transversal se realizan mediciones con el objetivo de conocer en profundidad el tramo de estudio, poniendo especial interés en las dimensiones del bankfull.

Análisis granulométrico y morfométrico de sedimentos: han sido analizadas 100 muestras de sedimentos en las diferentes zonas de muestreo. La metodología funcionaba de la siguiente manera, se analizaban 20 muestras en la sección transversal analizada con anterioridad y después se analizaban otras 80 muestras distribuidas 5 metros aguas abajo, 5 metros aguas arriba, 10 metros aguas abajo y 10 metros aguas arriba, sumando un total de 100.

Acorazamiento: además de las mediciones de las diferentes secciones se ha realizado un análisis de los sedimentos de las zonas de estudio, las mediciones han consistido en realizar mediante un cuadro de 100 x 100 cm una recogida de la capa de sedimento superficial (coraza) y, tras la retirada de esta capa superficial, una segunda recogida de la primera capa subsuperficial (subcoraza), ambas capas han sido recogidas para analizar el material en laboratorio, esto ha sido así en todos los casos de estudio.

Por otro lado, se han instalado placas de impacto (*figura 6*) en la rambla de Cariñena y Barranco de Tudela o San Gregorio con el objetivo de obtener información del sedimento sólido en cada curso teniendo en cuenta el número de impactos generados por los clastos sobre la placa instalada por razón de una avenida.

En torno a esto, se ayudó en la instalación de dichas placas de impacto por lo que se ha observado su inicio e instalación, pero no se han podido obtener resultados debido a que, desde su implantación, las zonas en las que se encuentran instaladas no han obtenido caudal en los meses en los que ha durado el estudio. En cuanto a la información generada en la placa de impacto, su seguimiento es realizado a través de un programa de descarga y análisis, “Tinytag Explorer”, en el que, tras la descarga de información, puede ser visualizada en una hoja de cálculo.



Figura 6. Placa de impacto. [Fuente: Yilena Hermoso]. **Figura 7.** Escala. [Fuente: Pedro Cabeza, CHE]

Para finalizar, se ha obtenido un análisis preciso de los impactos generados por la actividad antrópica en cada zona de muestreo, tomando fotografías concretas que corroboran el grado del impacto negativo generado en cada curso efímero.

2.5. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

Para la realización concreta de la cartografía geomorfológica y, tal y como ya se ha comentado (apartado 2.3.), tras la descarga de ortofoto de máxima actualidad se ha procedido a la realización de la cartografía geomorfológica.

Dicha cartografía se ha realizado a partir de la leyenda propuesta para la confección de mapas de unidades morfosedimentarias por la Universidad de Murcia. A continuación, se va a mostrar la leyenda propuesta por la Universidad de Murcia y la leyenda que ha sido utilizada finalmente:

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| Cauce activo principal | 1- Active channel | |
| Canales secundarios menores | 2- Secondary minor channels /runs | |
| Pozas | 3- Pools | |
| Barras activas bajas | 4- Low active bars | |
| Barras activas altas | 5- High active bars | |
| Barras con escasa vegetación | 6- Scant vegetated bars | |
| Barras vegetadas | 7- Vegetated bars | |
| Barras relictas inactivas | 8- Non-active paleo-bars | |
| Áreas de sustrato rocoso exhumado | 9- Exhumed rocky areas | |
| Áreas de sedimentos antiguos exhumados | 10- Exhumed old sediment areas | |
| Depósitos de margen por desprendimiento | 11- Bank-failure deposits | |
| Depósitos de procedencia externa | 12- Deposits from external sources | |
| Barras con inclusión de bloques | 13- Bars including blocks | |
| Terraza aluvial | 14- Alluvial terrace | |
| Barras lobuladas | 15- Lobe shaped bars | * |

| Leyenda | |
|---------|---|
| | Canal activo principal |
| | Canales secundarios menores |
| | Barras con escasa vegetación |
| | Depósitos de margen por desprendimiento |
| | Terraza aluvial |
| | Tramo de interés geomorfológico |
| | Tramo de estudio |

Figura 8. Leyenda propuesta por la Universidad de Murcia. **Figura 9.** Leyenda utilizada. [Elaboración: Yilena Hermoso Nadales]

Para la realización de estos aspectos, se ha procedido a digitalizar cada unidad morfosedimentaria, las ortofotos previamente descargadas han servido como soporte del análisis. Para que la digitalización de cada elemento sea posible, se ha creado una capa en formato ‘shapefile’ (shp) para cada uno de los elementos a partir de ArcCatalog. Tras tener las diferentes capas creadas se ha activado la edición y se ha procedido a editar sobre la ortofoto escogida abriendo la tabla de características (‘create features’). Para que la digitalización resulte más

agradable a la vista y no se muestre ningún defecto, se ha utilizado la herramienta 'smooth', dicha herramienta ha suavizado el trazado de la digitalización notablemente.

En cuanto al 'Canal activo principal', se ha digitalizado sobre la imagen aérea la parte del cauce que aparentemente muestra más actividad geomorfológica y flujo de agua con mayor frecuencia. En cuanto al 'Tramo de estudio', se ha digitalizado el cauce trenzado de cada río o rambla. Los 'Canales secundarios menores' son cauces con menor flujo de agua y con una actividad geomorfológica secundaria con respecto a la principal.

Por otro lado, la 'Terraza aluvial' se muestran como plataformas sedimentarias formadas en cada valle fluvial por los sedimentos de cada curso fluvial. Cada río discurre paulatinamente por lechos más bajos, esto genera terrazas escalonadas que terminan desprovistas de agua ya que dejan de cubrirse por las avenidas de cada río. Es a esto a lo que se le llama terraza aluvial.

En cuanto a las 'Barras con escasa vegetación' y 'Depósitos de margen por desprendimiento' se muestran como elementos más complejos de identificar, aun así, ha resultado posible localizar estas unidades morfosedimentarias en alguno de los casos.

2.6. TRABAJOS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

Además del tratamiento cartográfico se ha llevado a cabo un análisis de los datos previamente recogidos en campo. Es por eso que, tras la realización del trabajo de campo y el trabajo de laboratorio, el conjunto de datos obtenido (de los dos análisis) ha sido trabajado inicialmente con Microsoft Excel. Dicha aplicación de hojas de cálculo ha resultado de gran ayuda para la realización de todo el análisis de los resultados.

Inicialmente se ha tratado la información obtenida en cada zona de muestreo mediante tablas Excel. En un primer momento, han sido introducidos los datos referentes a las secciones de las diferentes zonas de muestreo, de manera que se ha realizado una gráfica que muestra el perfil transversal con los datos recogidos en campo de cada tramo estudiado. Estos perfiles transversales permiten realizar una comparación precisa entre todos los cursos introducidos en el estudio.

Los datos que se obtienen a priori en campo, gracias al nivel topográfico y la mira telescópica, son dos, la anchura de la sección y la profundidad máxima con la que cuenta. Tras esto, la realización de diferentes cálculos expresados en áreas de triángulos y rectángulos sobre el gráfico ha dado como resultado el conjunto del área de cada sección transversal representada en cada gráfico. Por otro lado, el cálculo de la profundidad media es el resultado de la división entre la sección obtenida y la anchura o longitud de la sección.

Se hace interesante obtener el cociente de anchura entre la profundidad para determinar una comparación clara entre los tramos que se muestran más anchos y profundos, así como la pendiente (calculada en campo). Estos datos junto con el cálculo del perímetro mojado, obtenido tras la realización de la hipotenusa de todos los triángulos anteriormente calculados en la sección transversal, y con el radio hidráulico realizado a partir de una sencilla división de la sección entre el perímetro mojado son lo que se necesitan para poder realizar un cálculo final que muestre el máximo caudal que cabe en cada zona muestral.

Tras obtener el perfil transversal de cada tramo de estudio se ha procedido a analizar los datos de la coraza y la subcoraza. Por un lado, la coraza de cada espacio ha resultado analizada realizando una media en todas las muestras tomadas en peso y medida. Tras esto, se mostrará un análisis comparativo en el cual las diferentes medidas serán posteriormente valoradas con el resto de cursos de estudio, tras esto, se determinará que tramo muestra una media superior y que tramo la muestra inferior. Por otro lado, la subcoraza se ha obtenido realizando una multiplicación de

cada medida (cm) por su peso, el resultado de cada multiplicación ha sido sumado para poder dividir ese resultado entre el peso total.

Tras el análisis realizado en la coraza y en la subcoraza, se puede proceder a calcular el índice de acorazamiento de cada río o rambla. El índice de acorazamiento se resuelve dividiendo el tamaño medio de la coraza entre el tamaño medio de la subcoraza. Con este índice, quedará visible que río o rambla muestra mayor capacidad de movilizar el material. A priori, se presupone que estos sistemas efímeros que muestran agua de manera esporádica y excepcional reflejen un escaso acorazamiento ya que se muestran casi incapaces de movilizar el material localizado en su cuenca. Gracias a este análisis quedará visible que sistema fluvial muestra mayor capacidad de movilizar sedimentos.

Para finalizar, el último análisis realizado con Microsoft Excel ha resultado ser un recopilatorio granulométrico en el que se han recogido 100 muestras en cada espacio, dividido en cuatro rangos (10 metros aguas arriba; 5 metros aguas arriba; sección 0; 5 aguas abajo; 10 metros aguas abajo).

Para que resulte sencillo la comparación de este análisis granulométrico en cada zona muestral, se ha realizado una media del total de las columnas, de este modo, quedará una media específica representada en milímetros en cada tramo muestral, esto indicará el tamaño medio de las muestras tomadas en cada curso efímero.

Por otro lado, y, con el objetivo de realizar un estudio más detallado, se ha realizado una medida cuantitativa de las características de las diferentes cuencas de estudio. Los parámetros que se han utilizado son tanto medidas directas como indirectas, de manera que, se pretende obtener las relaciones que existen entre las propiedades morfológicas, su funcionamiento hídrico y una visión objetiva de los datos.

Las diferentes variables estudiadas son conjuntos de características, dichas características se pueden medir directamente (parámetros) o pueden ser obtenidas mediante cálculos (índices). En cuanto a las características que las cuantifican, se han obtenido variables geométricas que determinarán en mayor o menor medida la forma de la cuenca. Esta forma influenciará de manera directa a los eventos de avenidas máximas, la velocidad de los ríos, etc. La medición de estos factores nos permitirá conocer la geometría de las diferentes cuencas de estudio. Concretamente, las variables a analizar son las siguientes: área, perímetro, longitud de la cuenca, anchura de la cuenca, índice de compacidad y forma de cuenca. Por otro lado, se ha obtenido la medición concreta de la longitud total del cauce principal.

Dichos parámetros han sido obtenidos gracias al análisis realizado en ArcGis, concretamente, el área y el perímetro han sido calculados a través de la tabla de atributos donde se han añadido dos columnas nuevas y diferenciadas en las que mediante la herramienta "Calculate Geometry" se han extraído los diferentes valores de todas las cuencas de estudio. Para la realización del resto de parámetros ha resultado de gran ayuda la herramienta de la regla, que ha permitido medir las longitudes y la anchura. Para finalizar, se han realizado dos índices, el índice de compacidad se ha resuelto gracias al perímetro y el área mediante la siguiente fórmula $\rightarrow I_c = 0,28 * (P / \sqrt{A})$. Por último, la forma de la cuenca se ha realizado gracias a la longitud de la cuenca y el área, resuelta mediante la siguiente fórmula $\rightarrow F_o = L^2 / A$.

3. RESULTADOS

En el siguiente apartado del informe se va a tratar y desarrollar el cuerpo de la investigación que se ha llevado a cabo. Una presentación de resultados en la cual también se realizará un análisis detallado de los matices más precisos que se ha conseguido llevar a cabo mediante la metodología empleada.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE CURSOS EFÍMEROS Y SELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO

Como punto de partida, es preciso detallar la localización de los espacios concretos de estudio, para ello, se han realizado cartografías básicas que muestran la localización concreta de cada cuenca hidrográfica en la que se encuentran los diferentes tramos de estudio.

La cuenca hidrográfica se puede abordar desde diferentes perspectivas resultando definiciones muy distintas. Desde una perspectiva relacionada con el carácter medioambiental, una cuenca hidrográfica es una unidad superficial donde la precipitación es redistribuida en cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, las propiedades hidrológicas vienen dadas por una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas (Wenger, 1984). Por otro lado, desde una perspectiva puramente hidrológica, una cuenca hidrográfica es una porción del terreno en el que el agua, sedimentos y materiales disueltos drenan a un punto en común (CEOTMA).

Por lo que, una cuenca hidrográfica es una superficie del terreno bien definida y muy claramente limitada por las divisorias de aguas y en cuyo interior hay una gran cantidad de componentes bióticos y abióticos que presentan una serie de interacciones que condicionan el comportamiento hidrológico de la cuenca, el cual está definido por una entrada de agua en forma de precipitaciones o por un movimiento del agua a través de los diferentes procesos hidrológicos, de manera que una parte de ella se queda en una serie de cursos fluviales que forman la red de drenaje, la cual no conduce solamente agua sino que arrastra una serie de materiales sólidos (carga) hasta un punto de salida único (cuenca vertiente, endorreica o exorreica).

Esta definición nos lleva a considerar a la cuenca como un sistema ya que dentro de unos límites geográficos existen una serie de interrelaciones entre los elementos que la componen, al haber una entrada de materia en forma de precipitaciones y una salida en forma de flujo y evapotranspiración se trata de un sistema abierto y al encontrar varios subsistemas unidos será un sistema en cascada. El funcionamiento del sistema se ve influido por la acción de gestión del hombre (impactos) y el sistema, a su vez, influye al hombre (riesgos naturales). Tras esto, se va a proceder a localizar de manera precisa las diferentes cuencas hidrográficas de estudio.

Por un lado, y, tal y como se muestra en la cartografía de la **figura 10**, el Barranco de Alpartir se encuentra localizado en la provincia de Zaragoza, en la comunidad autónoma de Aragón, aunque este sistema efímero nace concretamente en la Sierra de Algairén. Tal y como se puede observar en la cartografía realizada, la cuenca del Barranco de Alpartir se extiende a lo largo de diferentes términos municipales, como el de la Almunia de Doña Godina, Tobed o Santa Cruz de Grío, pero, el tramo concreto de estudio, se encuentra recogido dentro del término municipal de Alpartir. Este municipio aragonés de la comarca de Valdejalón se encuentra a escasos siete kilómetros de la Almunia de Doña Godina y a unos sesenta kilómetros de la ciudad de Zaragoza.

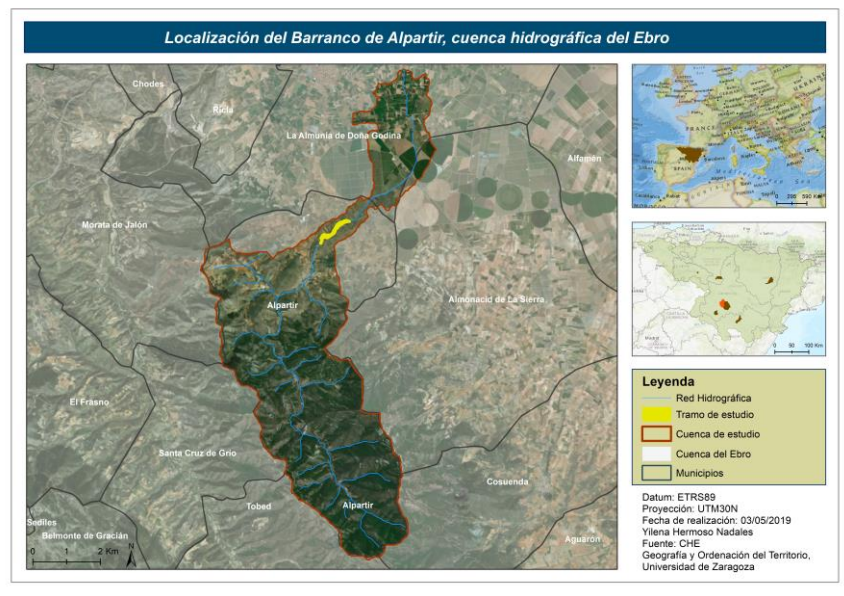


Figura 10. Localización del Barranco de Alpartir. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

El siguiente caso de estudio se encuentra próximo al anterior mencionado. Se trata de la Rambla de Cariñena, una cuenca localizada consecutiva al límite de la cuenca del Barranco de Alpartir, encontrando su nacimiento en la misma sierra.

Tal y como se muestra en la **figura 11**, la Rambla de Cariñena recoge un espacio de cuenca muy amplio por lo que se encuentra localizada a lo largo de diferentes términos administrativos municipales tales como Almonacid de la Sierra (próximo al municipio de Alpartir), Cariñena o Paniza, término municipal localizado al sur de la cuenca. Si se quisiera establecer una jerarquía, se puede tratar con los denominados “ordenes fluviales”. Concretamente, este último término municipal, Paniza, recoge mayoritariamente afluentes de primer orden que se muestran, por lo general, más pequeños en tamaño.

En cuanto al tramo de estudio, tal y como se observa en la cartografía realizada, se encuentra recogido dentro del límite administrativo del municipio de Cariñena.

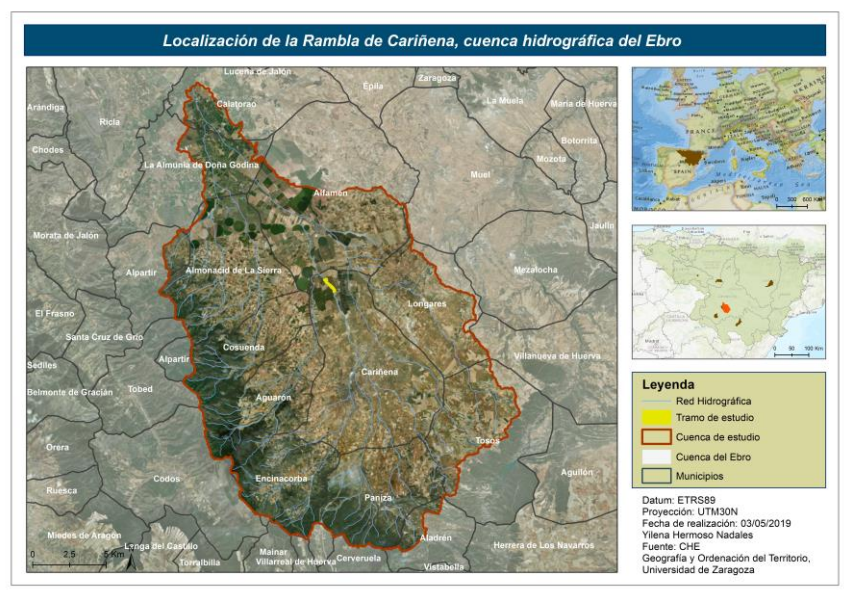


Figura 11. Localización de la Rambla de Cariñena. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

El quinto caso de estudio trata del río Sosa. La cuenca del río Sosa se encuentra localizada entre los términos municipales de Monzón, al sureste, y Graus, localizado al norte de la cuenca, ambos situados al este de la provincia de Huesca. El río Sosa nace en la sierra de la Carrodilla, esta sierra es una formación geológica que se localiza en el encuadre del Prepirineo aragonés. Concretamente, la red hidrográfica del Sosa se extiende a lo largo de diferentes municipios, pero es en el municipio de San Esteban de Litera y Peralta de Calasanz donde se han realizado los análisis dentro de los dos tramos de estudio representados en la imagen de la **figura 14**.

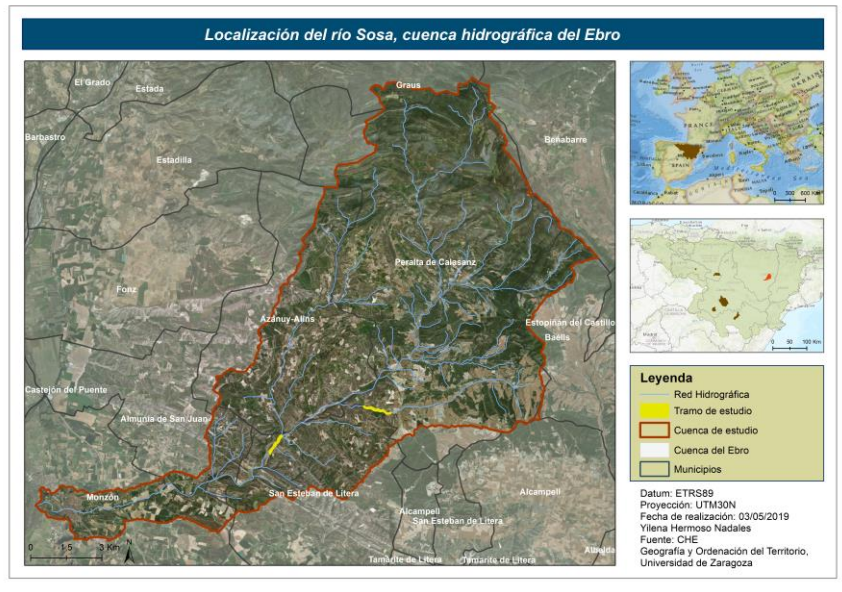


Figura 14. Localización del río Sosa. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

En la Comunidad Foral de Navarra se localiza la siguiente cuenca de estudio, el Barranco de Tudela o Barranco de San Gregorio que encuentra su nacimiento en la Plana de la Negra, uno de los puntos más elevados localizado en Bardenas. Dentro de la cuenca de este barranco se han localizado tres tramos de estudio interesantes, de los cuales dos se encuentran dentro del término municipal de Tudela y el primer tramo de estudio se encuentra a caballo entre Tudela y el territorio comunal de Bardenas Reales.

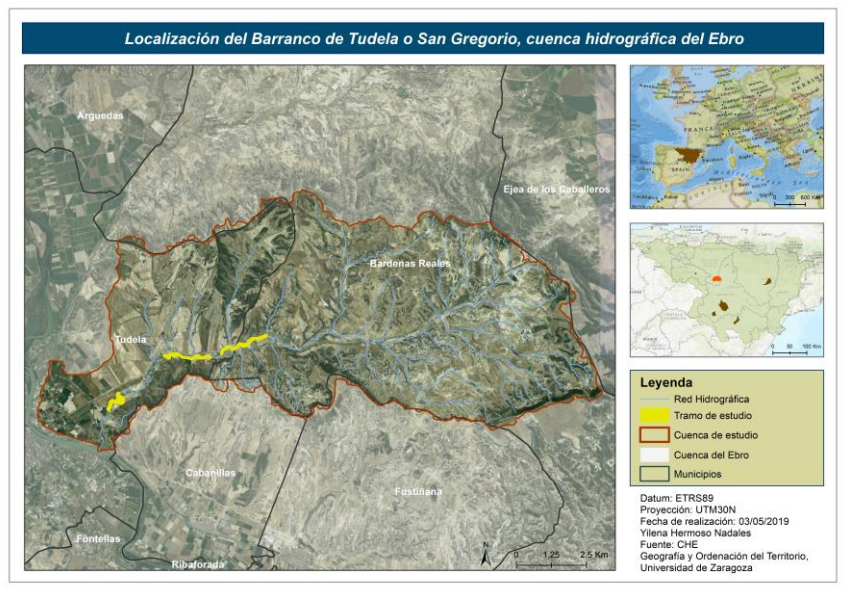


Figura 15. Localización del Barranco de Tudela. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

Por otro lado, la última cuenca de estudio corresponde a la Rambla Valcodo, una cuenca localizada al sur de la comarca Comunidad de Calatayud, por lo que, tal y como se muestra en la

cartografía de la **figura 16**, pertenece la provincia de Zaragoza, comunidad autónoma de Aragón. Éste último sistema efímero encuentra su nacimiento en la Sierra de Santa Cruz (1423 m.), en la comarca de Daroca.

En la rambla Valcodo se han localizado dos tramos interesantes, por lo que ha sido donde se han realizados los pertinentes análisis. Tal y como se puede observar en la cartografía, se ha localizado el tramo 1 en la cabecera de la rambla, al norte de la cuenca (**figura 16**), mientras que el segundo tramo ha sido realizado más al sur, entre el municipio de Fuentes de Jiloca y Montón.

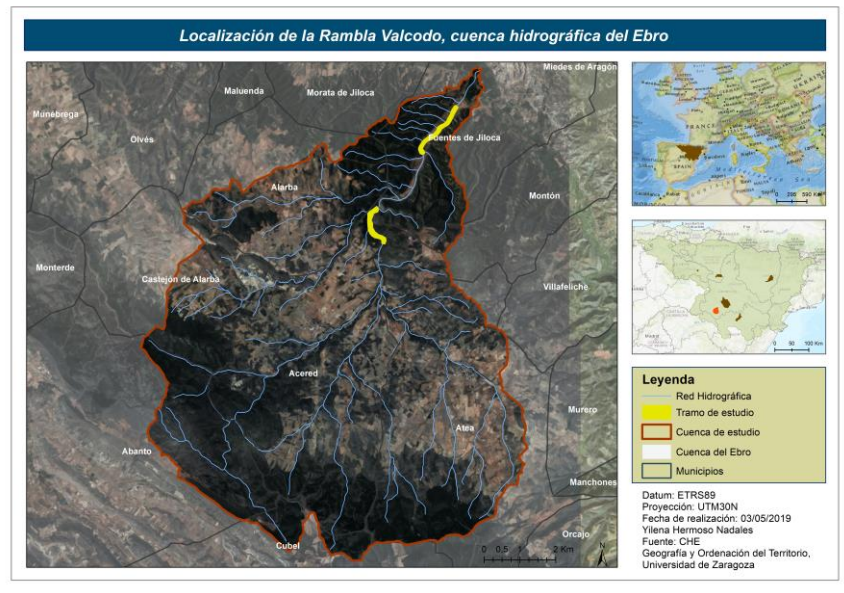


Figura 16. Localización de la Rambla Valcodo. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

Para finalizar, es interesante conocer las pendientes concretas que muestra cada cuenca:

- | | | |
|--------------------|-----------------|------------------|
| ▪ Alpartir 0,018 | ▪ Reajo: 0,0308 | ▪ Tudela: 0,0068 |
| ▪ Cariñena: 0,0097 | ▪ Seco: 0,0163 | ▪ Valcodo 0,0162 |
| | ▪ Sosa: 0,0115 | |

Estos valores podrían dar una idea del proceso hidrológico que se podría suceder en cada caso en el momento en el que ocurra un evento de precipitaciones intensas, siendo Reajo el sistema efímero que mayor probabilidad encuentra de escorrentía superficial y por lo tanto de flujo. En cuanto al resto, se muestran como sistemas con poca pendiente en los que podrían suceder procesos de infiltración, alimentando las aguas subterráneas. El caso que cuenta con una pendiente menor y, por lo tanto, una probabilidad mayor de sufrir este proceso hidrológico es el Barranco de Alpartir.

En esta línea, la infiltración resultará más complicada en superficies donde se encuentre más compacto el material, esta característica quedará clara posteriormente. En definitiva, la infiltración va a ser posible cuando empieza la fase de precipitación, si la intensidad de precipitación es superior a la cantidad de infiltración se acabará saturando el suelo e intervendrán otros procesos, sin embargo, si la intensidad de precipitación es pequeña puede durar mucho en el tiempo y acabar saturando el suelo o puede ser que llueva con intensidad baja y en grandes cantidades, en cualquiera de los casos, si la intensidad de precipitación es baja será insuficiente para que se produzca flujo de agua en el cauce de cualquiera de estos cursos efímeros.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

Para caracterizar las diferentes cuencas de estudio se hace necesario mencionar la importancia presente de los factores condicionantes, siendo la precipitación el condicionante del clima que más influirá en los procesos hidrológicos debido a que en las zonas en las que exista mayor precipitación existirá mayor caudal. En cuanto a los sistemas efímeros, son cauces típicos de los paisajes en los que predomina un clima semiárido o mediterráneo oceánico, de manera que solo existe lámina de agua cuando sucede un episodio de precipitaciones intensas.

Concretamente, las cuencas del Ebro cuentan con unas condiciones topográficas que implican un clima mediterráneo continentalizado en casi toda su extensión, aunque existe una predominancia clara de clima semiárido en el centro de la cuenca. Existe además una influencia de clima mediterráneo oceánico localizado en zonas concretas de la Ibérica y los Pirineos, zonas concretas en las que existe mayor precipitación anual (mm/año).

Los cursos efímeros localizados dentro del estudio se caracterizan por tener temperaturas extremas con contrastes marcados entre la temporada estival e invernal, además de mostrar precipitaciones escasas distribuidas irregularmente a lo largo del año, característica visible en la cantidad de caudal con la que cuenta cada curso efímero, inapreciable en casi la totalidad anual. En torno a esto, la intermitencia del caudal dificulta el transporte de la carga de fondo, cuya movilidad depende de la superación de una potencia crítica determinada. Por esto los ajustes del cauce se hacen de manera espasmódica y se limitan a los grandes episodios de avenida (Kondolf, 2007; Segura y Sanchis, 2013).

Concretamente, desde la óptica de la geomorfología, los cauces efímeros se muestran como uno de los sistemas más dinámicos que existen ya que los episodios de grandes avenidas son momentos en los que el transporte de sedimentos muestra sobre el cauce una fuerte actividad, la respuesta son grandes alteraciones diferidas en el tiempo.

Para caracterizar cada zona de estudio, se han obtenido varias mediciones previas que darán a conocer la superficie con la que cuenta cada espacio y la cota mínima y máxima correspondiente en cada cuenca de estudio (*tabla 1*).

| Efímeros | Area (km ²) | Cota máxima (m) | Cota mínima (m) | Desnivel absoluto |
|-----------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| Rambla de Cariñena | 443,02 | 1239 | 339 | 900 |
| Río Sosa | 180,34 | 1060 | 253 | 807 |
| Río Seco | 132,20 | 1255 | 534 | 721 |
| Barranco de Tudela o San Gregorio | 110,42 | 643 | 252 | 391 |
| Rambla de Valcodo | 94,84 | 1365 | 631 | 734 |
| Barranco de Alpartir | 36,85 | 1181 | 367 | 814 |
| Barranco de Reajo | 13,81 | 1392 | 645 | 747 |

Tabla 1. Mediciones principales de las cuencas. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Tal y como se observa en la *tabla 1*, la cuenca de estudio que atiende a una mayor extensión en superficie es la cuenca de la Rambla de Cariñena, contando con más de cuatrocientos kilómetros cuadrados. Si se establece una jerarquía por extensión de superficie, la segunda cuenca de estudio con mayor área es la cuenca del río Sosa, contando con menos de la mitad de superficie de la que tiene la rambla anteriormente mencionada. Por el lado contrario, la cuenca con menor superficie es la del Barranco de Reajo, con una superficie de cuenca de 13,81 km².

En cuanto a la cota máxima y mínima de cada espacio de estudio, el Barranco de Reajo cuenta con la mayor cota máxima de entre todas las cotas recogidas en las diferentes cuencas de estudio siendo el Barranco de San Gregorio el que cuenta con una altura máxima y mínima menores. Por otro lado, la diferencia entre la cota máxima y la cota mínima muestra el desnivel absoluto, en torno a este término se observa en la *tabla 1* cómo las cuencas cuentan con un

desnivel medio de 700-800 metros, siendo notables la Rambla de Cariñena, despuntando por arriba (desnivel absoluto de 900 metros) y el Barranco de Tudela o San Gregorio con un desnivel absoluto marcadamente inferior al resto (391 metros).

Con el objetivo de realizar un estudio más detallado, se ha realizado una medida cuantitativa de las características de las diferentes cuencas de estudio para obtener medidas que muestran las peculiaridades principales de las diferentes cuencas. A lo largo de la *tabla 2* y *tabla 3* quedan representadas los diferentes parámetros e índices:

| Efímero | Longitud cauce (km) | Longitud cuenca (km) | Anchura de la cuenca (km) | Área (km ²) | Perímetro |
|--------------|---------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|
| Alpartir | 15,933 | 14,516 | 4,122 | 36,858 | 45,912 |
| Cariñena | 33,046 | 35,059 | 20,631 | 443,021 | 117,677 |
| Valcodo | 14,507 | 14,477 | 10,663 | 94,842 | 49,494 |
| Seco | 20,772 | 25,547 | 9,659 | 132,203 | 90,787 |
| Sosa | 29,551 | 25,88 | 12,264 | 180,349 | 85,748 |
| San Gregorio | 18,251 | 20,122 | 8,197 | 110,428 | 66,156 |
| Reajo | 4,686 | 5,198 | 4,636 | 13,816 | 16,416 |

Tabla 2. Otras mediciones de la cuenca. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Tal y como se puede observar en la tabla anterior, el sistema que muestra los valores mayores es la Rambla de Cariñena, con una longitud de la cuenca de más de 35 kilómetros y una anchura que supone más de 20 kilómetros. Tener estos parámetros tan altos supone que el área y el perímetro de la cuenca también van a ser los mayores. Por un lado, cuenta con un área de 443,021 kilómetros y con un perímetro que supera los 117,67 kilómetros.

Por el lado contrario, Reajo es el sistema efímero que menor longitud de cuenca, área y perímetro presenta, superando ligeramente al barranco de Alpartir en anchura de la cuenca (Reajo → 4,636 km; Alpartir → 4,122 km), lo que supone, a priori, que la cuenca de Alpartir se muestre como una cuenca alargada, ya que existe una diferencia clara entre su longitud de cuenca (14,516 km) y su anchura (4,122 km). En cuanto a Reajo, sus datos de longitud (5,198 km) y anchura muestran que su cuenca pueda resultar ser una cuenca redonda.

Para conocer esta característica se han realizado dos índices, la **forma de la cuenca (Fo)**, una variable que evalúa la elongación de las diferentes cuencas y la longitud y el área; y el **índice de compacidad (Ic)**, resueltos en la siguiente tabla (*tabla 4*):

| Efímero | Índice de compacidad (Ic) | Tipo (Ic) | Forma de la cuenca (Fo) | Morfología (Fo) |
|--------------|---------------------------|----------------|-------------------------|-----------------|
| Alpartir | 2,117 | Cuenca oblonga | 5,717 | Alargada |
| Cariñena | 1,565 | Cuenca oblonga | 2,774 | Alargada |
| Valcodo | 1,423 | Cuenca ovalada | 2,210 | Alargada |
| Seco | 2,211 | Cuenca oblonga | 4,937 | Alargada |
| Sosa | 1,788 | Cuenca oblonga | 3,714 | Alargada |
| San Gregorio | 1,763 | Cuenca oblonga | 3,667 | Alargada |
| Reajo | 1,237 | Cuenca redonda | 1,956 | Circular |

Tabla 3. Otras mediciones de la cuenca. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En cuanto a los resultados, queda visible como casi la totalidad de las cuencas muestran un índice de compacidad alto, lo que implica que sean un tipo de cuencas oblongas. Esta forma supondrá que la cuenca es alargada y poco compacta y que las crecidas se producirán de manera gradual y suave. Por otro lado, el tipo de cuenca redonda de Reajo muestra una probabilidad mayor de producir avenidas debido a su simetría. En cuanto a la forma de la cuenca (Fo), exceptuando el caso de Reajo, el resto de valores superan el valor de Fo de 2, lo que quiere decir que son un reflejo de morfología alargada, lo que puede mostrar que la cuenca cuenta con poca peligrosidad por avenidas.

3.3. CARACTERIZACIÓN DE CAUCES

Los diferentes sistemas efímeros de estudio muestran particularidades que difieren unos de otros, para una correcta valoración geomorfológica en cada uno de ellos se han obtenido resultados comparativos procedentes del trabajo de campo que se mostraran a continuación.

Para comenzar, es necesario mencionar la importancia del bankfull, un elemento realmente significativo para conocer la dinámica de los diferentes sistemas fluviales y conocer cuál es el punto en el que están funcionando a máximo caudal y energía sin desbordarse. Pero primero se va a realizar una breve tipificación de los sistemas fluviales estudiados y una localización aproximada de las zonas de medición.

Previamente se debe diferenciar entre un río aluvial y un río en roca. El río en roca se encuentra labrado sobre la roca, es decir, circula sobre la propia roca, encuentra un sustrato rocoso que no es de carácter aluvial, concretamente en Aragón sólo un 5% de los ríos son de roca. Por otro lado, los ríos que circulan sobre su propio sedimento se denominan ríos aluviales. En torno a esto, los siete casos de estudio son ríos aluviales ya que se ha realizado el estudio a partir del análisis de sus sedimentos. El carácter efímero que caracteriza a estos sistemas fluviales les hace mostrar un lecho continuo sin morfologías demasiado claras.

Para comenzar, el Barranco de Alpartir cuenta con un solo tramo de estudio (*figura 17*) localizado en la zona norte justo donde ocurre un estrechamiento en la cuenca. En este tramo se han localizado dos zonas muestrales (Sección 1 y Sección 2). En cada una de las zonas muestrales se han realizado los análisis mencionados anteriormente, correspondientes a secciones transversales, granulometría y un análisis de la coraza y subcoraza específico realizado en la sección dos.

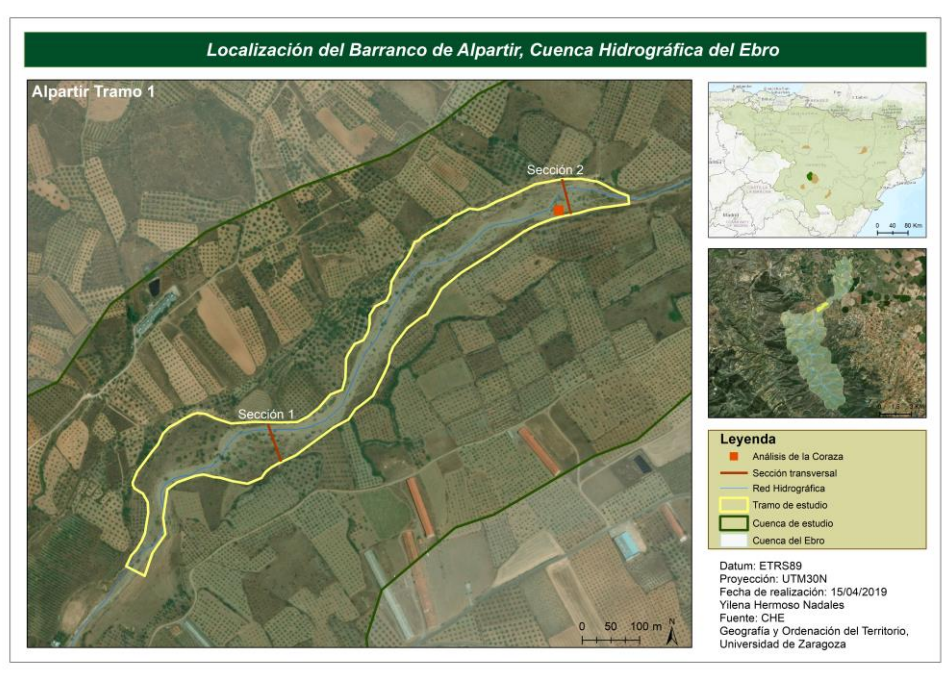


Figura 17. Localización de zona muestral, Barranco de Alpartir. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

En la rambla de Cariñena se ha localizado, al igual que en el caso anterior, un solo tramo de estudio (*figura 18*) en el que se han sucedido dos secciones con un análisis concreto de la coraza en una de ellas (sección 2). El tramo escogido en este caso se encuentra localizado levemente al noreste de la cuenca.



Figura 18. Localización de zona muestral, Rambla de Cariñena. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

Por otro lado, en el Barranco de Reajo se han diferenciado dos tramos interesantes para el estudio, de este modo el tramo uno localiza tres secciones de estudio y una coraza realizada en la sección uno tal y como se muestra en la **figura 19**. En cuanto al tramo dos, se han realizado dos secciones, una de ellas además cuenta con un análisis de acorazamiento (sección 1) Por otro lado, las zonas muestrales de esta cuenca de estudio se encuentran localizados al sur de la cuenca tal y como se observa en el mapa de localización situado en la figura.



Figura 19. Localización de zona muestral, Barranco de Reajo. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

El río Seco ha sido analizado en su extremo noreste tal y como muestra el mapa auxiliar de la cartografía (**figura 20**), de modo que se ha localizado un único tramo muestral en el que se han recogido dos secciones y un análisis de la coraza y subcoraza situado en la mitad del tramo.



Figura 20. Localización de zona muestral, río Seco. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

El río Sosa ha sido analizado a lo largo de dos tramos localizados al sur de la cuenca. En cada tramo se ha realizado una granulometría y, mientras el tramo uno cuenta con una sola sección transversal, el tramo dos, cuenta con dos secciones transversales (**figura 21**).

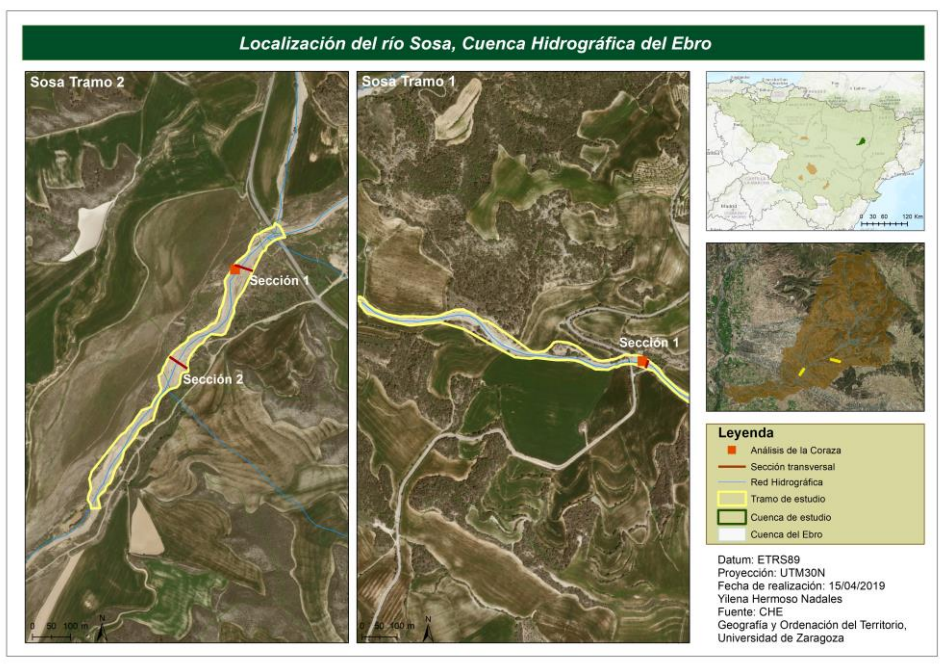


Figura 21. Localización de zona muestral, río Sosa. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

El Barranco de Tudela o Barranco de San Gregorio es el único caso de estudio en el que se han localizado tres tramos de análisis diferenciados. Estos tramos se localizan en el suroeste de la cuenca y en ellos se han realizado las secciones y análisis de la coraza representados en la figura siguiente:

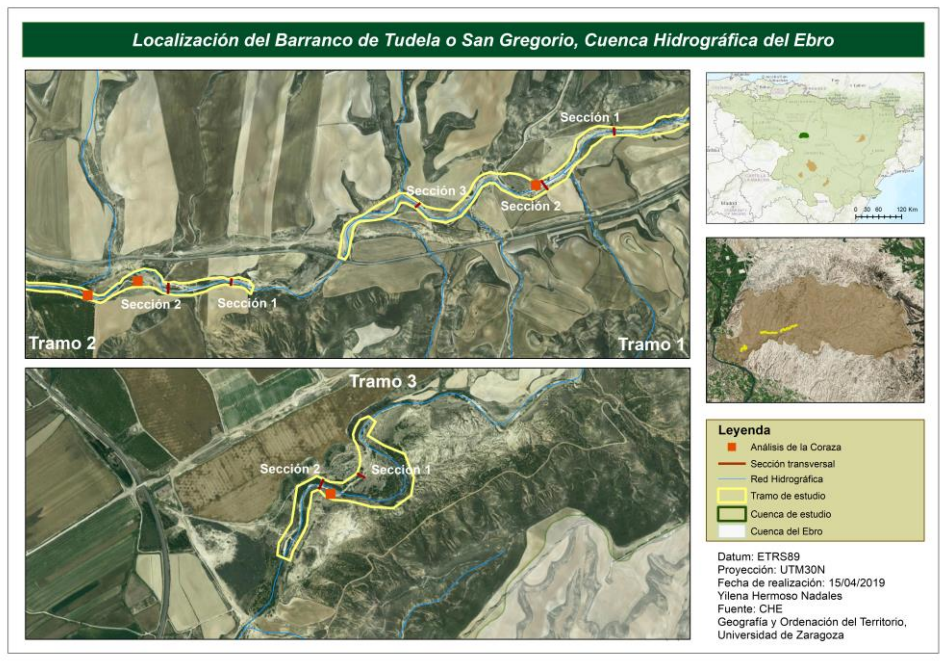


Figura 22. Localización de zona muestral, Barranco de Tudela o San Gregorio. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

Para finalizar, el último de los casos de estudio es la rambla de Valcodo, en la que se han localizado dos tramos de análisis tal y como se puede observar en la **figura 23**. Los tramos se localizan exactamente al norte de la cuenca del Valcodo, el tramo uno situado ligeramente más al interior que el tramo dos, que se localiza al norte casi al borde del fin de la cuenca. En este caso ambos tramos tienen el mismo número de secciones (dos secciones) y ambas cuentan con un solo análisis de la coraza.

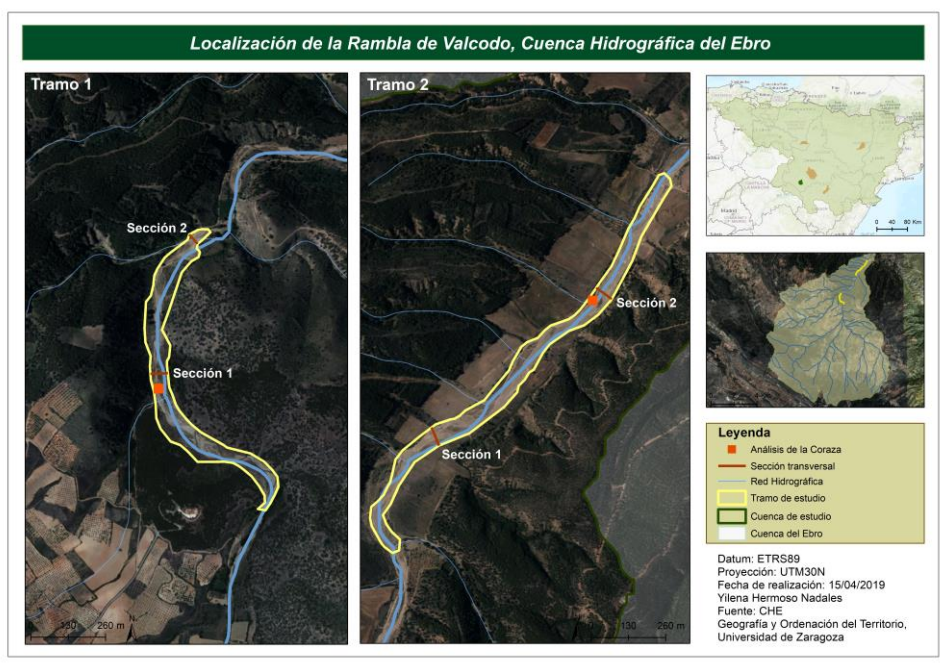


Figura 23. Localización de zona muestral, Rambla de Valcodo. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE]

Tras la localización precisa de cada zona muestral dentro de cada curso de estudio, se va a proceder a mostrar los resultados obtenidos en cada uno de estos tramos. Para caracterizar cada

tramo de estudio se ha realizado un perfil topográfico de la sección transversal de varios puntos representativos:

Los datos que se obtienen a priori en campo, gracias al nivel topográfico y la mira telescópica, son dos, la anchura de la sección y la profundidad máxima con la que cuenta. Por un lado, la sección uno de Alpartir cuenta con una anchura de 66,5 metros mientras que su profundidad máxima es de 1,50 metros (*gráfico 1*).

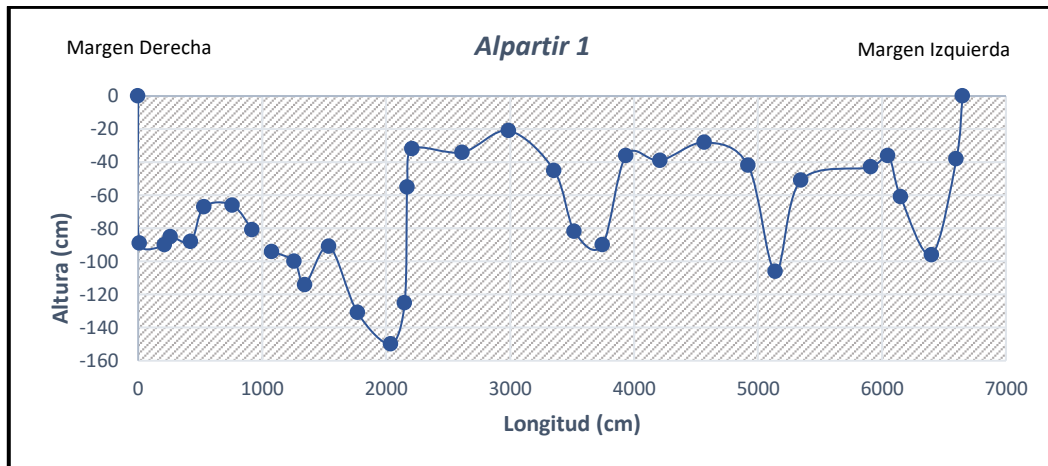


Gráfico 1. Sección transversal de Alpartir, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Tras la realización del perfil topográfico con los datos recogidos en campo, se han realizado diferentes cálculos expresados en áreas de triángulos y rectángulos. Dichos cálculos darán finalmente con la sección transversal que, en el caso del Barranco de Alpartir (sección 1) es de 43,66 m².

Tras esto, hay claras diferentes mediciones: la anchura del cauce → **66,5 metros**; la profundidad máxima del cauce: **1,5 metros**; y la sección transversal obtenida → **43,66 m²**. La profundidad media de la sección es el resultado de la división entre sección y anchura: 43,66/66,5 = **0,65 metros**.

Por otro lado, se hace interesante obtener el cociente de anchura entre profundidad: 66,5/0,65 = **102,3**. Este valor tan elevado implica que este tramo de Alpartir se muestra como un cauce ancho aunque no demasiado profundo.

Finalmente, para calcular el caudal, se ha procedido a realizar la fórmula de Manning: $Q = A_s * (R_h^{0,6666} * S^{0,5}) / n$. Siendo R_h el radio hidráulico (calculado realizando la división entre sección y perímetro mojado). El perímetro mojado es el contacto de todo lo que se ha medido, es decir, el perímetro mojado es todo lo que toca la tierra olvidando el aire, para calcularlo se realiza la hipotenusa de todos los triángulos dando como resultado: 66,53 metros, por lo tanto el radio hidráulico es lo mismo que la sección entre el perímetro mojado en metros: 43,66/66,53 = 0,65.

Por otro lado, para conocer el máximo caudal que cabe en esta sección del Barranco de Alpartir se hace necesario conocer la pendiente de cada tramo (*tabla 4*). Concretamente esta sección transversal cuenta con una pendiente (S) de 0,0128 m/m, calculada en campo mientras que la rugosidad (n) muestra un valor aproximado de 0,036 debido a que existe poca vegetación por lo que no se irrumpe el flujo y además se encuentran sedimentos pequeños y con poca profundidad general.

Con los datos anteriores calculados se puede realizar finalmente la fórmula de Manning: $Q = 43,66 * (0,65^{0,6666} * 0,0128^{0,5}) / 0,036 \rightarrow Q = 102,96 \text{ m}^3/\text{seg}$ de caudal bankfull.

En cuanto a la sección dos de Alpartir, se observa en el **gráfico 2** cómo cuenta con una anchura de la cuenca ligeramente inferior a la sección uno, 63 metros mientras que la profundidad máxima es ligeramente superior, 1,90 metros.

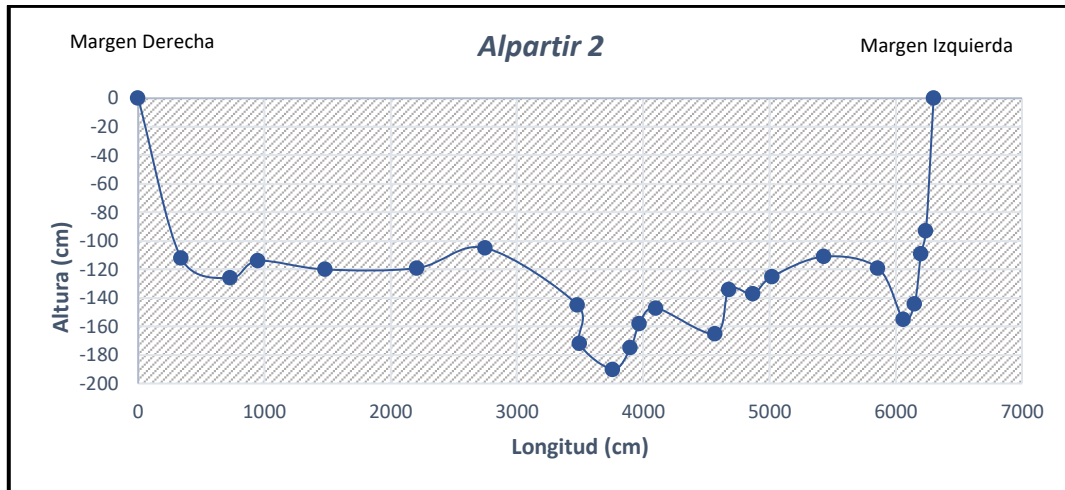


Gráfico 2. Sección transversal de Alpartir, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En cuanto a la sección transversal obtenida es de 79,05 m². Mientras que la profundidad media de la sección es de 1,25 metros. El cociente de anchura entre profundidad en este tramo es de 50,4 lo que implica que este tramo difiere del otro ya que se muestra ligeramente más estrecho pero más profundo. El perímetro mojado en este caso es 65,27 metros por lo que el radio hidráulico será 1,21. La pendiente en esta sección es ligeramente superior a la sección uno, por lo que ésta sección cuenta con una pendiente de 0,0156 m/m.

En torno a esto, la rugosidad utilizada en este caso es de 0,037 por lo que el máximo caudal que cabe en esta sección es el siguiente: $79,05 * (1,21^{0,6666} * 0,0156^{0,5}) / 0,037 = 303,003 \text{ m}^3/\text{seg}$ de caudal bankfull. Por lo que, haciendo una comparatoria con la primera sección se muestra cómo en la primera calculada cabe un 34% del caudal obtenido en la segunda sección realizada en el barranco de Alpartir.

Por otro lado, la sección 1 de la Rambla de Cariñena cuenta con una longitud transversal de 56 metros y una profundidad máxima de 0,97 metros (**gráfico 3**).

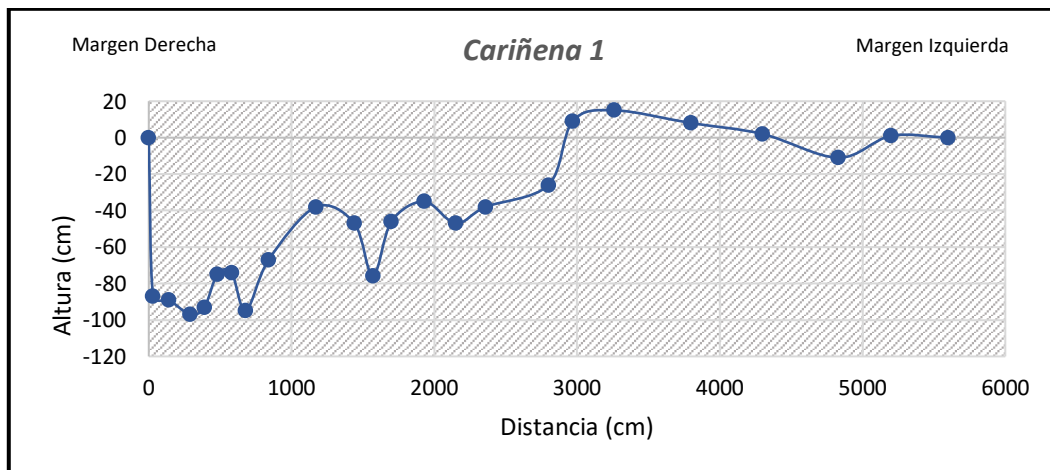


Gráfico 3. Sección transversal de la Rambla de Cariñena, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La sección transversal de Cariñena 1 es de 16,15 m² mientras que su profundidad media es 0,28 m. En cuanto al perímetro mojado es de 56,16 metros. El radio hidráulico con el que cuenta esta sección es de 0,287 y la pendiente de la sección uno de Cariñena es 0,0113 m/m. Por otro lado, la rugosidad que se ha establecido en este caso es 0,031 por lo que el caudal máximo de Cariñena sección uno es de **24,09 m³/seg.**

La segunda sección realizada en la Rambla de Cariñena cuenta con una longitud de la sección de 37 metros y con una profundidad máxima de 0,70 metros. (**gráfico 4**).

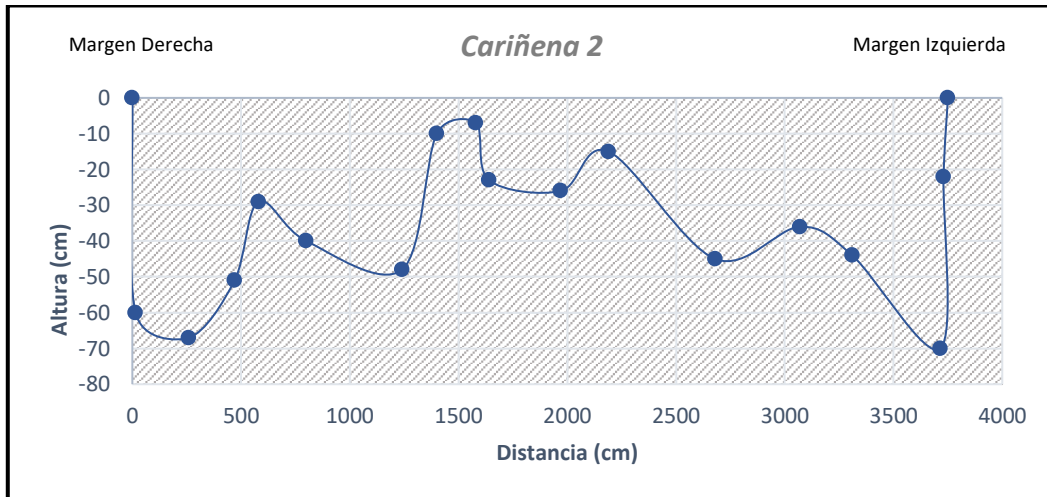


Gráfico 4. Sección transversal de la Rambla de Cariñena, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Cariñena sección 2 cuenta con una sección transversal de 14,24 m², ligeramente inferior a la sección uno. En cuanto a la profundidad media, este espacio cuenta con una profundidad media de 0,38 metros. El perímetro mojado es de 38,53 metros y el radio hidráulico con el que cuenta es de 0,36. La pendiente de Cariñena sección 2 es de 0,0077 y la rugosidad establecida es ligeramente menor que en el caso anterior (0,029). Por lo que, el caudal máximo con el que puede contar la sección dos de la Rambla de Cariñena es de **21,80 m³/seg.**

La sección uno del río Seco cuenta con una anchura del cauce de 50,70 metros y con una profundidad máxima observable (**gráfico 5**) de 2,12 metros. En cuanto a la sección transversal, la sección uno del río Seco cuenta con 67,62 m². La profundidad media con la que cuenta esta sección del Seco es de 1,33 metros.

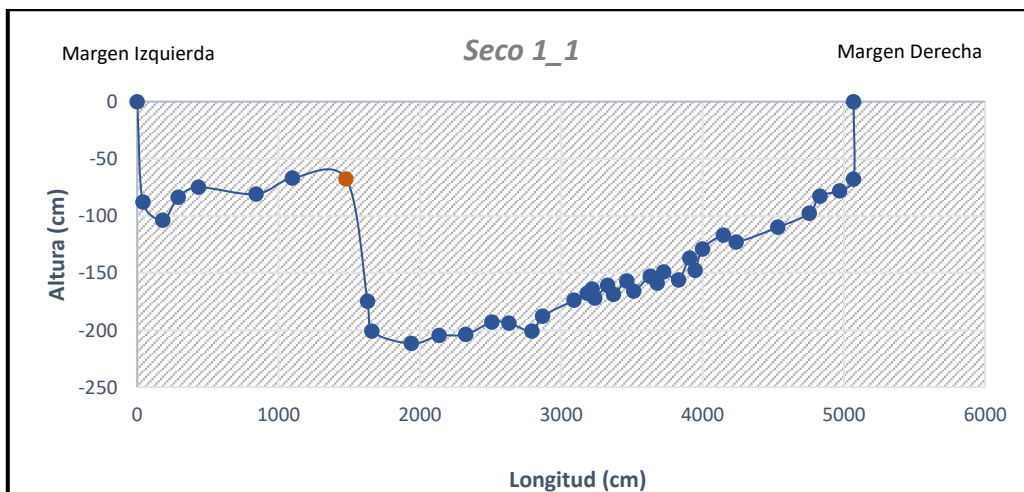


Gráfico 5. Sección transversal del río Seco, Tramo 1, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Por otro lado, el perímetro mojado obtenido de esta sección del cauce es de 51,96 metros, por lo que el radio hidráulico es de 1,301. La pendiente de este espacio es de 0,0120 m/m y la rugosidad establecida es de 0,033 por lo que con estos datos se puede obtener el caudal bankfull máximo que cabe en esta sección del cauce. El máximo caudal que cabe en esta sección del cauce del río Seco es de **267,50 m³/seg.**

En este caso, se hace necesario mencionar que con una avenida fruto de precipitaciones intensas el caudal no discurriría con fuerza por el espacio de sección que va desde el punto cero hasta los 14,80 metros, justo donde se ha localizado el segundo nivel de bankfull (punto naranja). La anchura total con la que contaría este cauce es de 35,9 metros y la profundidad máxima coincidiría con el primer caso. La sección obtenida en este caso es de 56,27 m² mientras que el perímetro mojado con el que cuenta es de 36,56 metros.

Por otro lado, la profundidad media es de 1,56 metros y el radio hidráulico 1,53. La pendiente y la rugosidad coincidiría con la sección completa. En torno a esto, el caudal máximo que discurriría con fuerza en este cauce es de **248,009 m³/seg.**, ligeramente inferior al caso anteriormente analizado.

En cuanto a la sección dos del río Seco se observa que la anchura total del cauce es de 26,66 metros, notablemente inferior a la sección 1 (**gráfico 5**). Por otro lado, la profundidad máxima existente en esta sección se muestra levemente inferior a la anterior, contando con 1,62 metros.

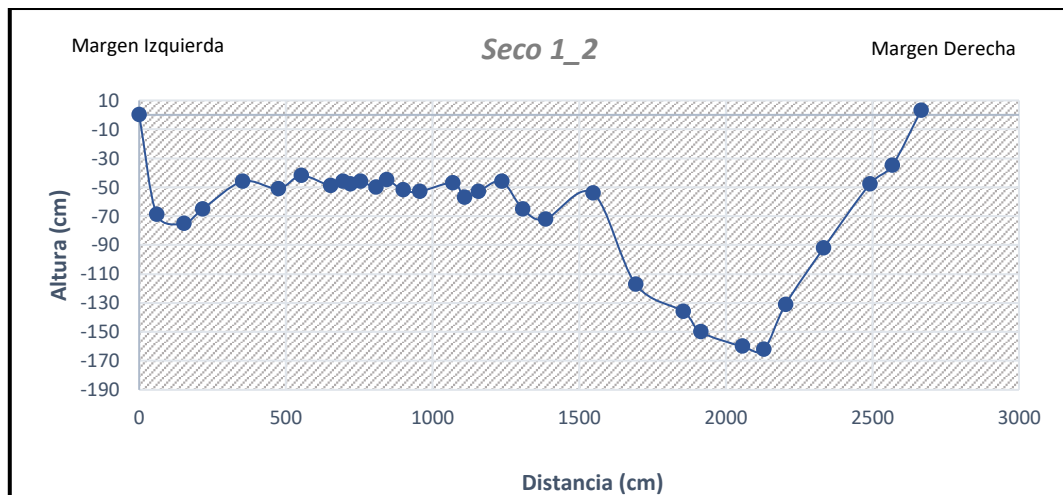


Gráfico 6. Sección transversal del río Seco, Tramo 1, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

El resultado obtenido del cálculo de la sección del cauce es de 20,004 m², por lo que el cauce tiene una profundidad media de 0,75 metros. En cuanto al perímetro mojado obtenido, esta sección cuenta con un perímetro mojado de 27,18 metros. Por otro lado, el radio hidráulico es 0,73, la pendiente con la que cuenta esta sección del cauce es ligeramente superior a la presente en la sección uno, 0,0200 y se le ha dado una rugosidad de 0,031. Por lo que, el máximo caudal que puede tener esta zona muestral del río Seco es de **73,98 m³/seg.**

Tal y como se puede observar en el siguiente gráfico (**gráfico 7**) la primera sección del tramo uno del río Sosa cuenta con una anchura de 18,13 metros y con una profundidad máxima de 0,80 metros.

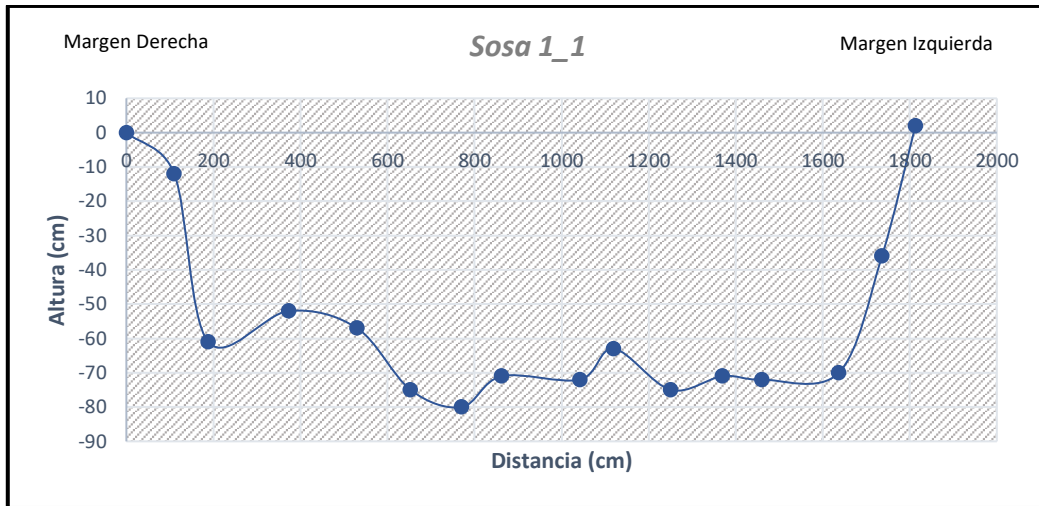


Gráfico 7. Sección transversal del río Sosa, Tramo 1, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Dicho espacio cuenta con una sección transversal de $10,82 \text{ m}^2$ y una profundidad media de $0,59 \text{ m}$. Por otro lado, el perímetro mojado con el que cuenta es de $18,52$ metros y el radio hidráulico de $0,58$. La pendiente del tramo uno del Sosa sección uno es de $0,0240 \text{ m/m}$ y la rugosidad estimada ha sido de $0,030$.

Por lo que, el caudal máximo con el que puede contar este tramo es de **$38,86 \text{ m}^3/\text{seg}$** .

La sección uno del tramo dos del río Sosa cuenta con una anchura total de $44,70$ metros y con una profundidad máxima de $2,66$ metros tal y como se puede comprobar en el **gráfico 8**.

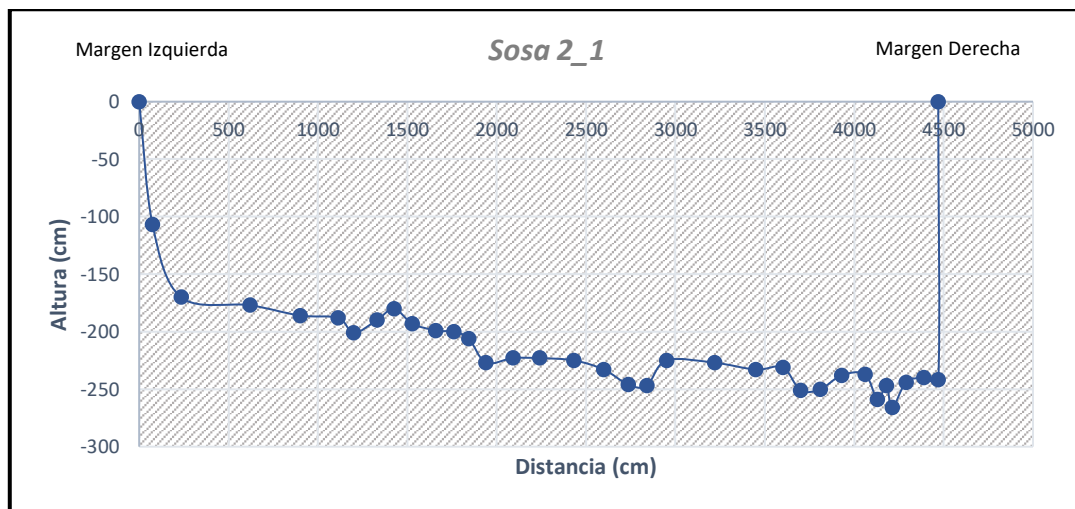


Gráfico 8. Sección transversal del río Sosa, Tramo 2, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En torno a esto, la sección transversal obtenida es de $96,41 \text{ m}^2$ mientras que la profundidad media es de $2,15$ metros. El perímetro mojado con el que cuenta esta sección es de $45,62$ metros mientras que el radio hidráulico es de $2,11$. La pendiente tomada en campo de este espacio corresponde a $0,0150 \text{ m/m}$ y la rugosidad estimada ha sido de $0,033$. Por lo que, el caudal bankfull máximo de esta zona muestral corresponde a **$588,60 \text{ m}^3/\text{seg}$** .

La sección dos del tramo dos del río Sosa cuenta con una anchura de $53,15$ metros y una profundidad máxima de $1,01$ metros. (**gráfico 9**).

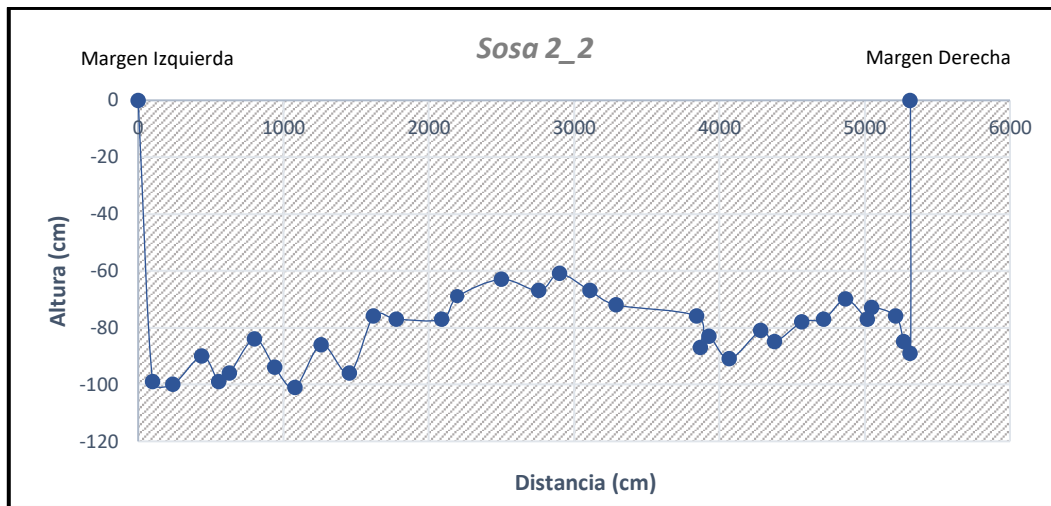


Gráfico 9. Sección transversal del río Sosa, Tramo 2, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La sección transversal obtenida es de 42,09 m². La profundidad media de la sección es de 0,79 metros. El perímetro mojado con el que cuenta esta sección es de 48,35 metros. En torno a esto, el radio hidráulico es de 0,87. La pendiente con la que cuenta este espacio es de 0,0188 m/m y la rugosidad 0,030. El caudal bankfull máximo que cabe en la sección dos del tramo 2 del río Sosa es de **175,31 m³/seg.**

Por otro lado, el Barranco de Reajo tiene cinco secciones diferenciadas en dos tramos de estudio de manera que, el tramo uno localiza tres secciones transversales en su interior mientras que el tramo dos localiza dos secciones muestrales.

En cuanto a la sección uno realizada en el tramo uno, se observa cómo cuenta con una anchura total de 79,49 metros y con una profundidad de 1,44 metros por lo que el área de sección obtenida es de 49,23 m². Ante esto, la profundidad media es de 0,61 metros. El perímetro mojado con el que cuenta este caso es de 80,27 metros por lo que el radio hidráulico es de 0,61. La pendiente de esta zona muestral es una de las más grandes localizada en la cuenca de Reajo tal y como se va a plasmar posteriormente, 0,0895 y la rugosidad estimada es de 0,035 en todos los tramos y secciones del Barranco de Reajo.

Con estos resultados el caudal bankfull de este caso es de **302,67 m³/seg.**

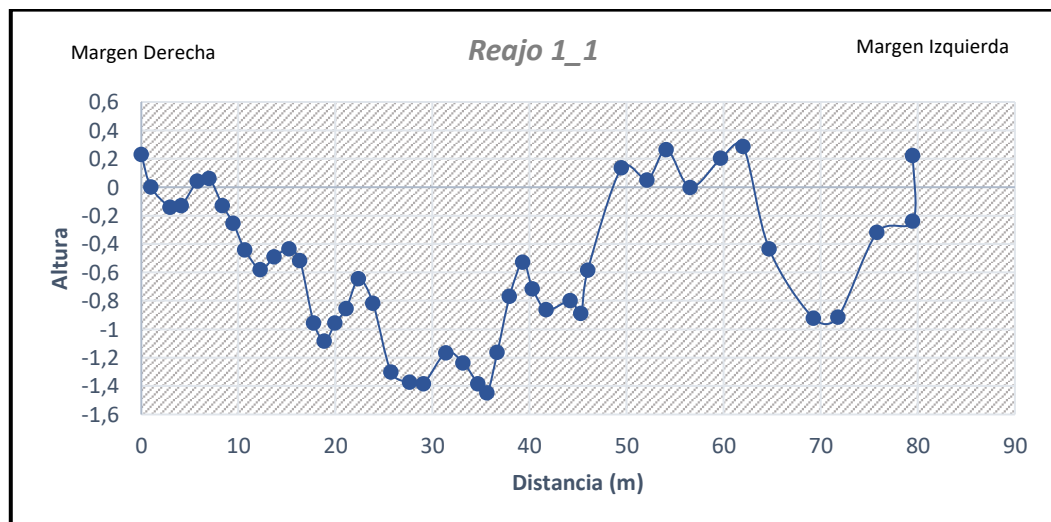


Gráfico 10. Sección transversal del Reajo, Tramo 1, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La sección dos realizada en el mismo tramo muestra una anchura máxima del cauce de 56 metros y una profundidad máxima de 1,03 metros. La sección obtenida es de 29,14 m² y el perímetro mojado con el que cuenta es de 56,83 metros. En torno a esto, la profundidad media con la que cuenta es de 0,51 metros. El radio hidráulico es de 0,51 y la pendiente con la que cuenta esta zona muestral es de 0,0982. El caudal bankfull obtenido referente a los datos anteriores es de **166,54 m³/seg.**

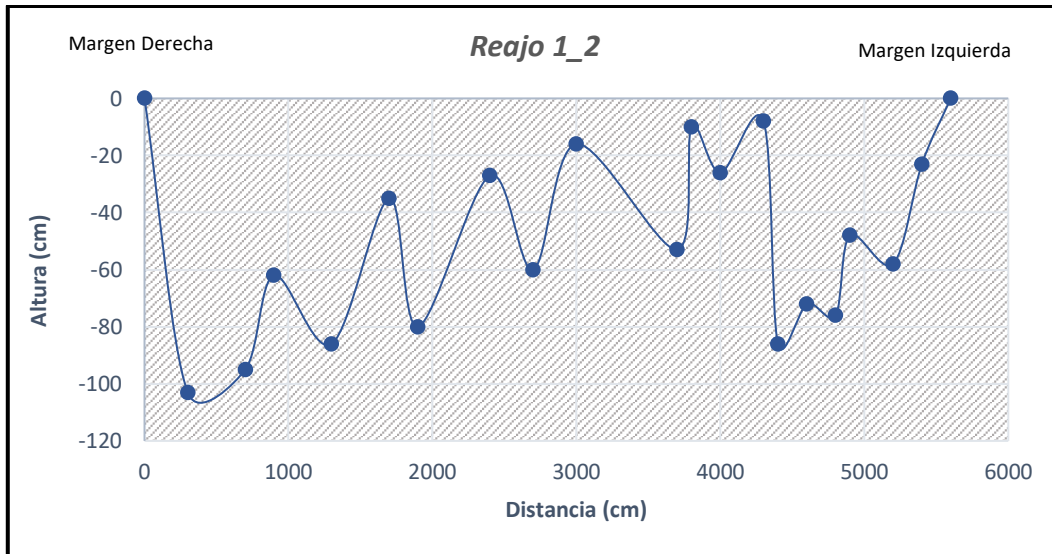


Gráfico 11. Sección transversal del Reajo, Tramo 1, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La última sección realizada en el tramo uno de Reajo muestra una anchura máxima similar a las anteriores, 65 metros y una profundidad máxima de 2,30 metros. La sección obtenida es de 93,79 m² mientras que el perímetro mojado obtenido es de 65,47 metros. La profundidad media con la que se cuenta es 1,44 metros mientras que el radio hidráulico es 1,43. La pendiente correspondiente a esta sección es ligeramente inferior a las anteriores presentes en este mismo tramo, 0,0860.

El caudal bankfull máximo es de **997,43 m³/seg.** Esta sección muestra una capacidad mayor de caudal debido a que muestra una profundidad de hasta un metro más que la profundidad máxima de las anteriores zonas muestrales.

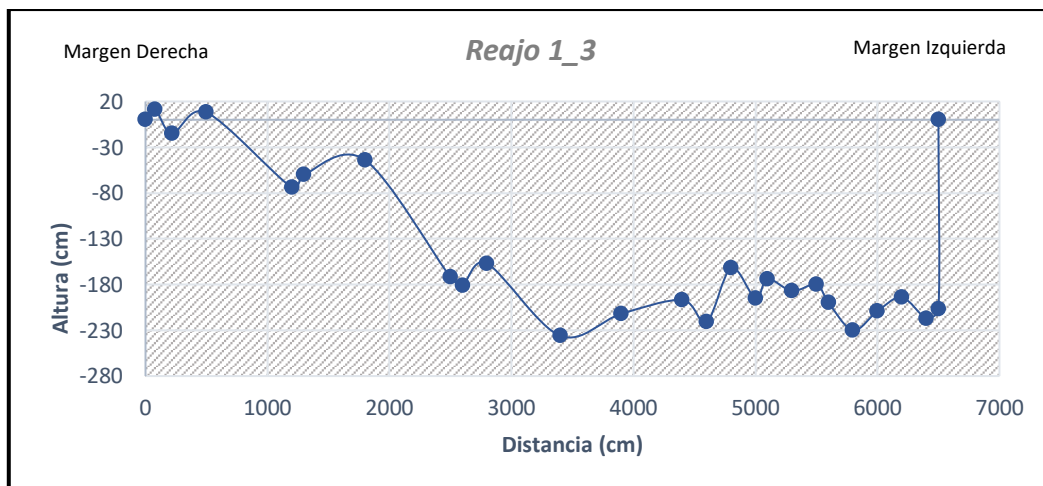


Gráfico 12. Sección transversal del Reajo, Tramo 1, Sección 3. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La primera sección transversal del segundo tramo de Reajo cuenta con una anchura máxima de 60,5 metros y una profundidad máxima de 1,72 metros (**gráfico 13**). La sección obtenida es de 50,86 m² y el perímetro mojado de 62,75 metros. En torno a esto, la profundidad media de este caso es de 0,84 metros y el radio hidráulico de 0,81. La pendiente de este espacio es de 0,0692. El caudal máximo que cabe en esta sección es de **332,16 m³/seg**.

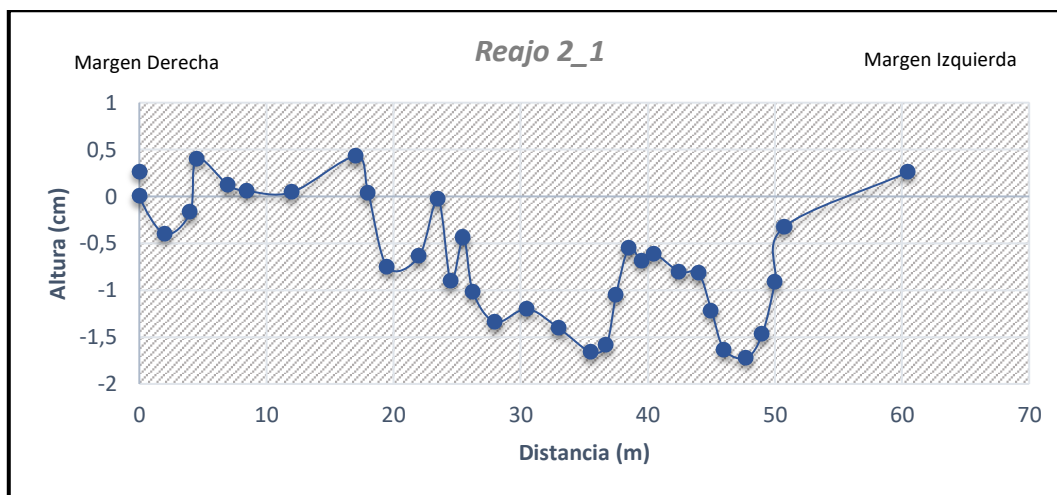


Gráfico 13. Sección transversal del Reajo, Tramo 2, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La última sección analizada en Reajo muestra una anchura máxima de 43,5 metros y una profundidad máxima de 2,3 metros. La sección obtenida es de 72,46 m² mientras que su perímetro mojado es de 46,63 metros. En torno a esto, la profundidad media de la sección transversal es de 1,66 metros y el radio hidráulico es de 1,55 metros. La pendiente de esta sección es de 0,0819.

El caudal bankfull máximo de este caso de estudio corresponde a **793,50 m³/seg**.

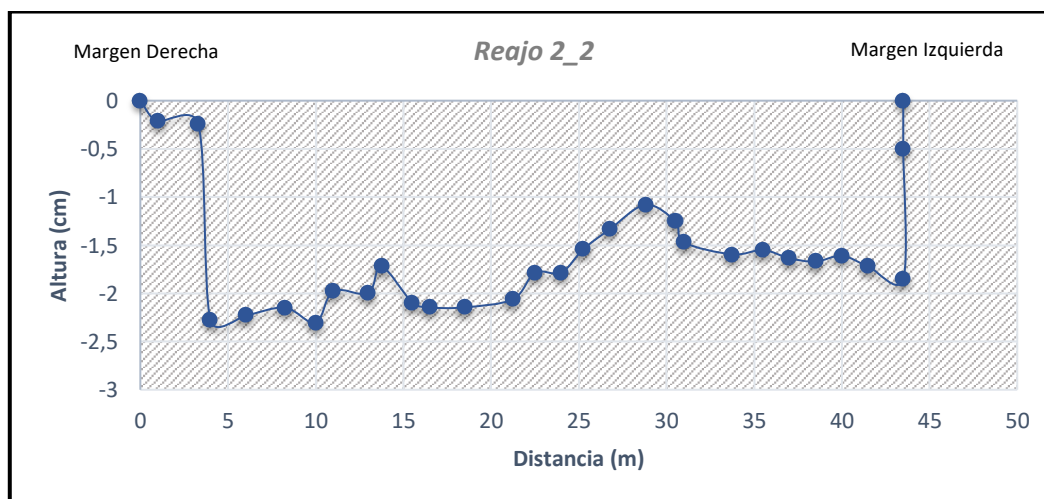


Gráfico 14. Sección transversal del Reajo, Tramo 2, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En Tudela se han realizado siete secciones tal y como se ha representado en el mapa de la **figura 22**, la primera de ellas muestra una anchura total del cauce de 51,59 metros y una profundidad máxima de 3,38 metros, tal y como se aprecia en el siguiente gráfico (**gráfico 15**).

La sección resultante de esta zona muestral es de 109,43 m², mientras que la profundidad media es de 2,12 metros, el perímetro mojado consta de 54,50 metros, con este dato se ha obtenido el radio hidráulico que es de 2,007. En cuanto a la pendiente en esta sección concreta es de 0,0038

m/m. En relación con estos datos, el caudal máximo que cabe en el cauce de esta sección del Bco. de Tudela es de **325,23 m³/seg.**

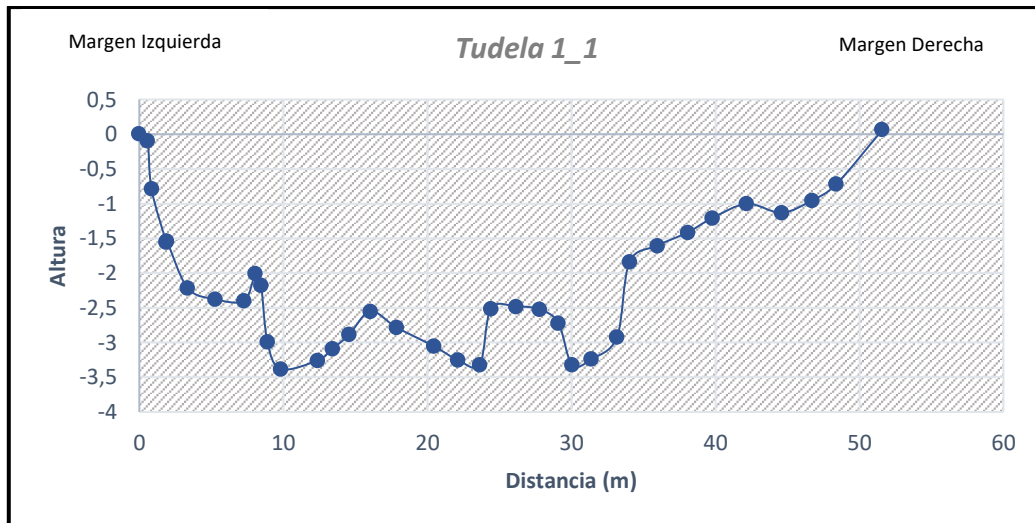


Gráfico 15. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 1, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Justo en el mismo tramo, unos metros más abajo, tal y como localiza la cartografía previa, se localiza la sección dos, en el **gráfico 16** se observa como dicha sección transversal cuenta con una anchura total de 40,16 metros y con una profundidad máxima de 2,48 metros. La sección obtenida en dicha zona corresponde a 62,53 m² por lo que la profundidad media es de 1,55 metros. El perímetro mojado obtenido es de 41,66 metros por lo que el radio hidráulico es de 1,50. La pendiente con la que cuenta esta sección es de 0,0045 m/m por lo que el caudal máximo de esta zona muestral según la fórmula de Manning es de **166,55 m³/seg.**

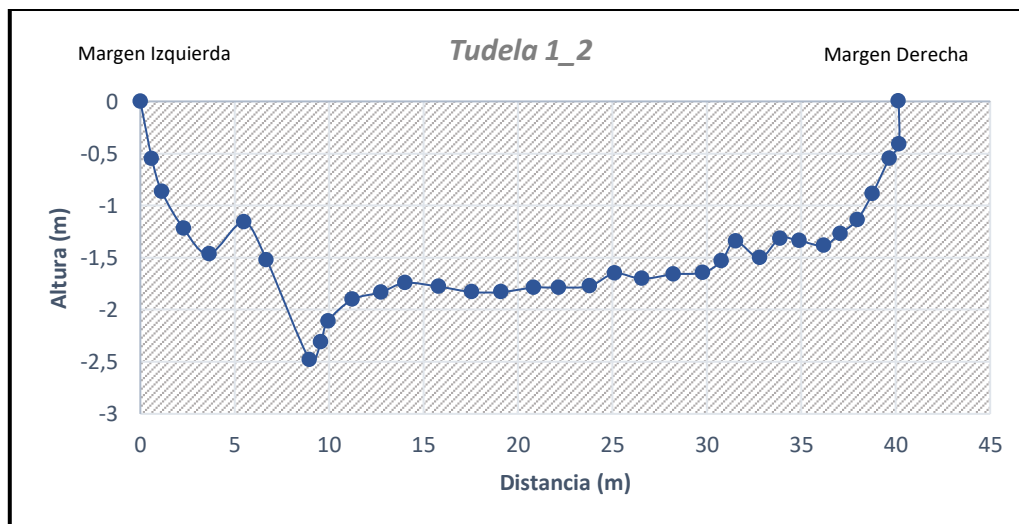


Gráfico 16. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 1, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La última sección realizada en el tramo uno, aguas abajo, muestra una anchura total de 37,17 metros mientras que la profundidad máxima de este espacio es de 2,45 metros. La sección obtenida es ligeramente inferior a la anterior, 60,07 m² por lo que la profundidad media es de 1,61 metros. En torno a esto, el perímetro mojado obtenido es de 38,03 metros por lo que el resultado del radio hidráulico es 1,57. La pendiente con la que cuenta esta sección transversal del cauce es ligeramente superior a las anteriores, contando con 0,0110 m/m. Tras esto, se conoce que el caudal bankfull es **257,88 m³/seg.**

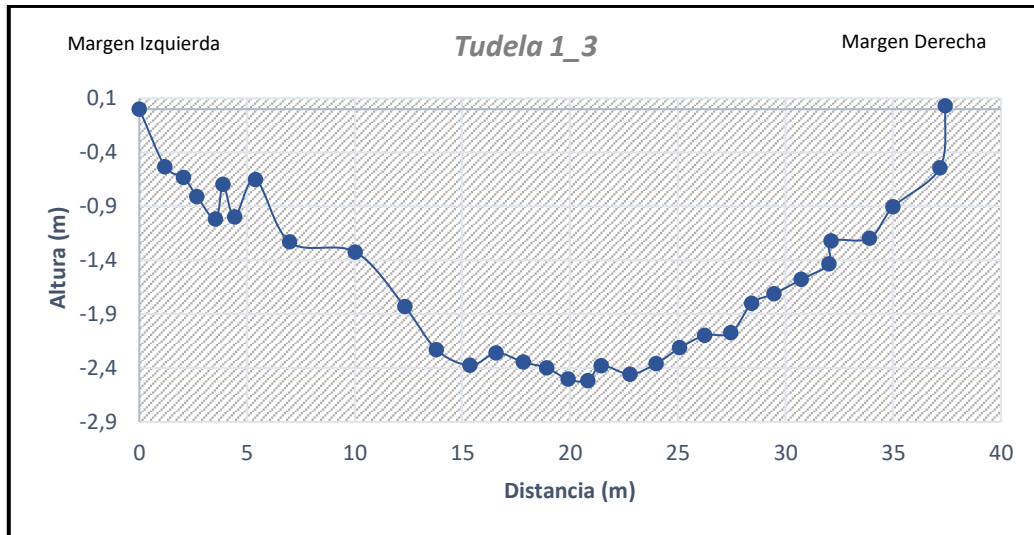


Gráfico 17. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 1, Sección 3. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La sección uno del segundo tramo correspondiente al Barranco de Tudela o Barranco de San Gregorio ha obtenido una anchura tota en campo de 32,41 metros y una profundidad máxima de 3,48 tal y como se observa en el **gráfico 18**. La sección obtenida ha sido de 62,40 m² por lo que la profundidad media es de 1,92 metros. El perímetro mojado calculado consta de 36,01 metros por lo que el rádio hidráulico es de 1,73. La pendiente de la sección de este cauce es la mas baja analizada hasta el momento, 0,0010 m/m. En torno a esto, el caudal bankfull de esta primera sección del tramo dos de Tudela es de **91,72 m³/seg.**

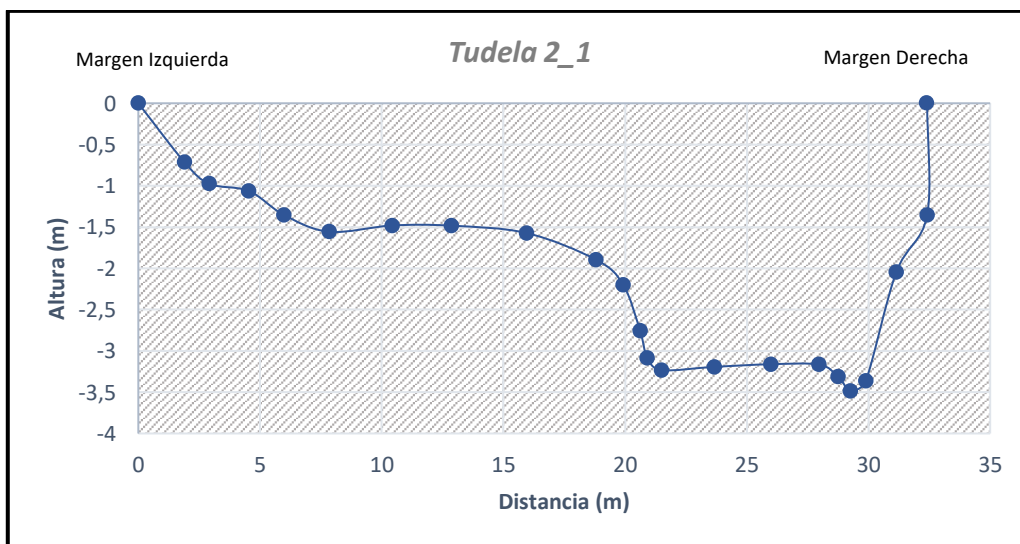


Gráfico 18. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 2, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La segunda sección del tramo dos del Barranco de Tudela muestra una anchura total de 41,64 metros y una profundidad máxima de 2,18 metros (**gráfico 19**). La sección obtenida es de 39,94 m² por lo que, en torno a estos valores, la profundidad media resulta ser 0,95 metros. El perímetro mojado obtenido es 43,38 metros por lo que el rádio hidráulico es 0,92. La pendiente obtenida en esta sección muestra es de 0,0076 m/m por lo que, tras la aplicación de la formula de Manning, el caudal bankfull obtenido es de **99,80 m³/seg.**

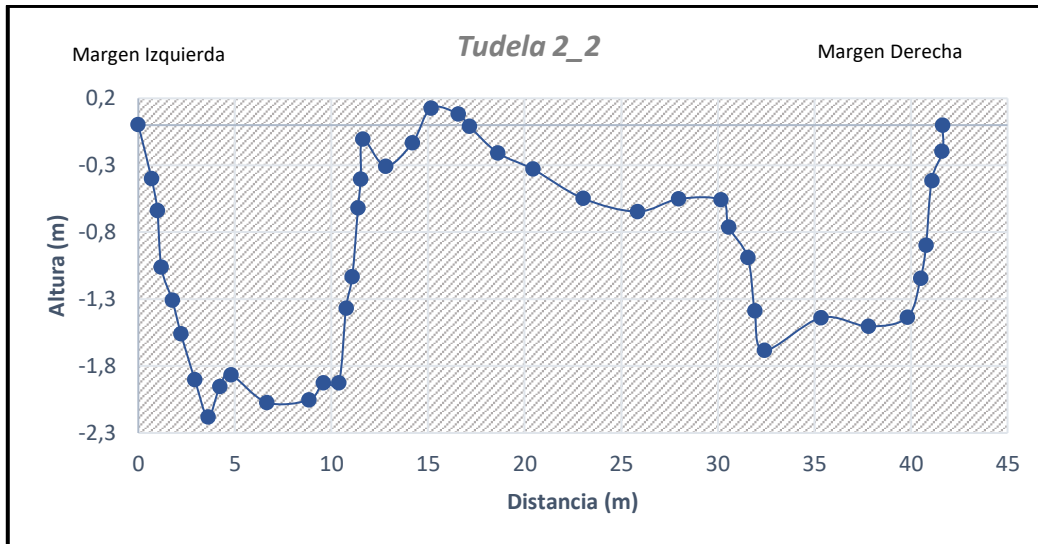


Gráfico 19. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 2, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Cambiando se tramo, al conjunto del tramo tres del Barranco de San Gregorio se le ha establecido una rugosidad de 0,033. En torno a esto, la sección uno cuenta con una anchura máxima de 39 metros y con una profundidad máxima de 2,53 metros (*gráfico 20*). Por otro lado, la sección obtenida en este caso es de 48,71 m² por lo que la profundidad media es de 1,24 metros. El perímetro mojado calculado es de 42,21 metros por lo que el radio hidráulico con el que cuenta este caso es de 1,15. La pendiente de este tramo tres sección uno es de 0,0261. Por lo que, tras la aplicación de la formula de Manning, el caudal bankfull obtenido en esta zona muestral es de **261,74 m³/seg**.

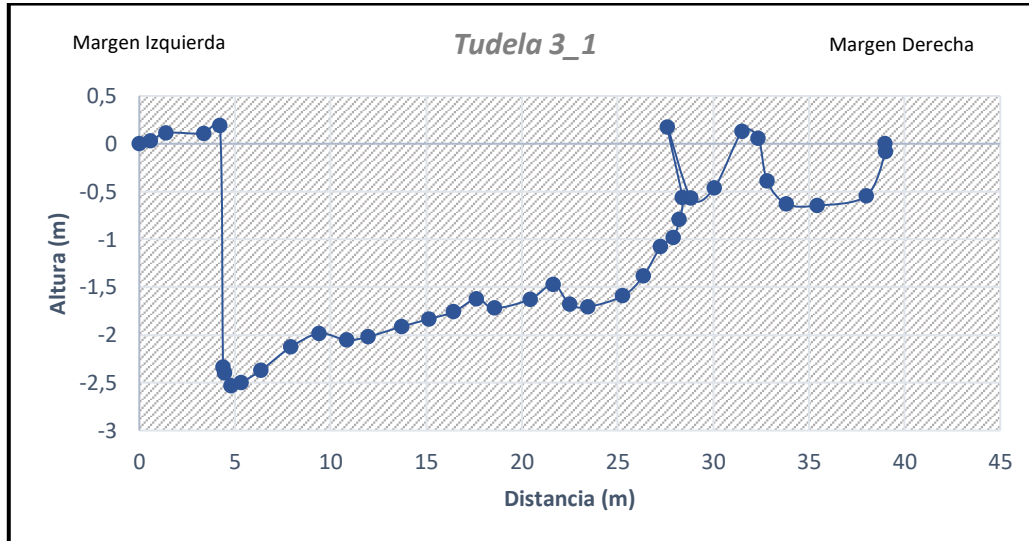


Gráfico 20. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 3, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La ultima sección realizada en el Barranco de San Gregorio (*gráfico 21*) corresponde a la sección dos del tramo tres de estudio, en el que, tal y como se puede observar en el gráfico, la anchura máxima con la que cuenta la sección es similar a la anterior, 37 metros. Por otro lado, la profundidad máxima es de 1,43 metros, la sección obtenida en este caso consta de 23,96 m² y el perímetro mojado es de 40,81 metros. La profundidad media es 0,64 metros y el radio hidráulico con el que cuenta este espacio es de 0,58 y la pendiente de la sección es ligeramente inferior a la anterior, 0,0022.

El caudal bankfull obtenido es **23,68 m³/seg**.

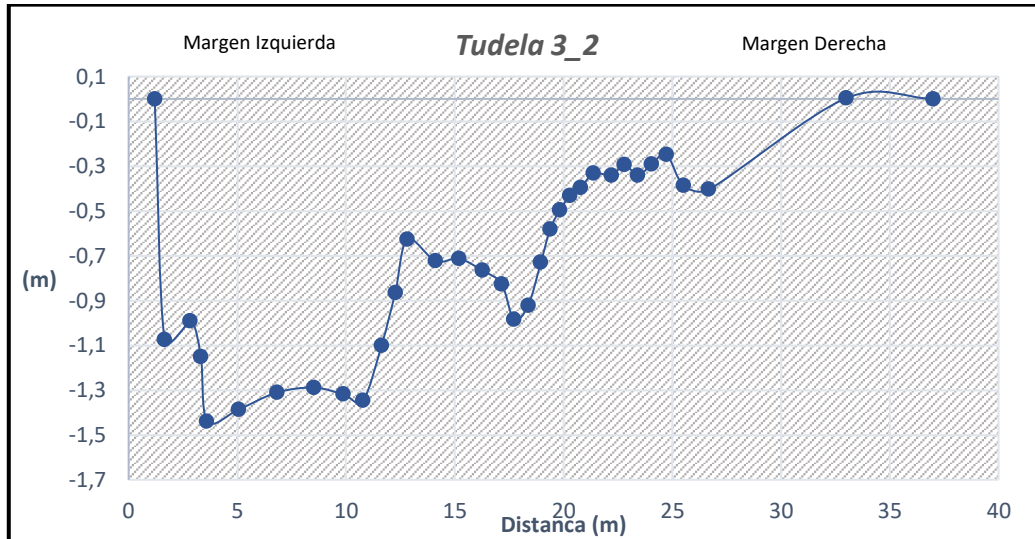


Gráfico 21. Sección transversal del Bco. de Tudela, Tramo 3, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

La última cuenca de estudio es la del Valcodo, concretamente se observa en el **gráfico 22** cómo la sección uno del tramo uno de Valcodo cuenta con una anchura del cauce de 32,30 metros y una profundidad máxima de 0,91 metros.

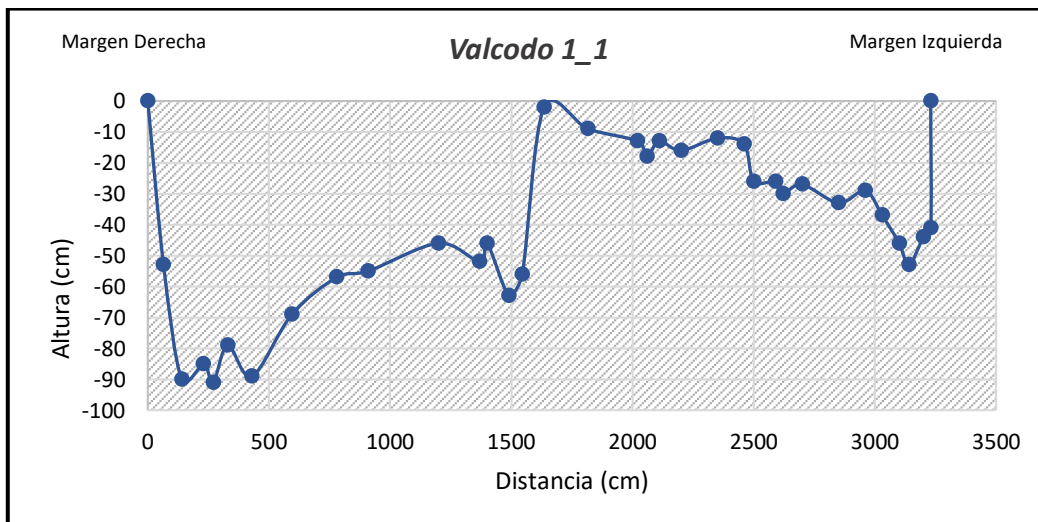


Gráfico 22. Sección transversal de Valcodo, Tramo 1, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En torno a esto, la sección obtenida es de $13,42 \text{ m}^2$ mientras que la profundidad media es de 0,41 metros. En cuanto al perímetro mojado, esta sección cuenta con un perímetro mojado de 32,84 metros. El radio hidráulico con el que cuenta es de 0,40, la pendiente de la zona muestral es de 0,0186 y la rugosidad estimada es de 0,037. Por lo que, el caudal bankfull de esta zona muestral es de $26,85 \text{ m}^3/\text{seg}$.

Por otro lado, la sección dos del tramo uno de Valcodo cuenta con una anchura algo más amplia que la anterior (**gráfico 23**). La anchura máxima con la que cuenta esta sección del cauce es de 42,40 metros y la profundidad máxima con la que cuenta son 1,96 metros.

La sección obtenida cuenta con $56,5 \text{ m}^2$ y la profundidad media es de 1,33 metros. Por otro lado, el perímetro mojado es de 43,32 metros por lo que el radio hidráulico con el que cuenta esta sección es de 1,30. La pendiente de esta zona muestral es similar a la sección anterior, 0,0169

m/m y la rugosidad se ha determinado en 0,033. Por lo que, se puede concluir con que el caudal máximo de esta sección de estudio corresponde a **265,11 m³/seg**.

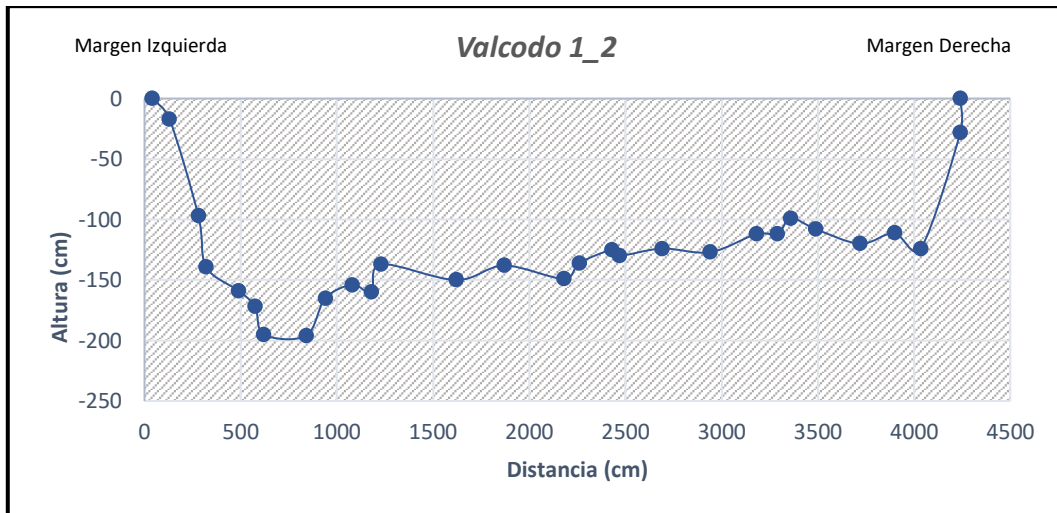


Gráfico 23. Sección transversal de Valcodo, Tramo 1, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Cambiando de tramo, el tramo dos de Valcodo aparentemente cuenta con una anchura mayor del cauce en sus dos secciones, tal y como se puede observar en los **gráficos 24 y 25**. Por un lado, ambas secciones cuentan con una rugosidad de 0,033. En cuanto a la sección uno del tramo dos cuenta con una anchura total del cauce de 89,50 metros y una profundidad máxima de 2,02 metros (**gráfico 24**). En cuanto a la sección obtenida, esta zona muestral cuenta con una sección de 132,86 m². Por otro lado, la profundidad media de esta sección es de 1,48 metros, además cuenta con un perímetro mojado de 89,59 metros. El radio hidráulico es de 1,48 y la pendiente de este espacio es de 0,0203 m/m. Tras la realización de la fórmula de Manning se ha obtenido un caudal máximo de **744,94 m³/seg**, notablemente superior a las dos secciones realizadas en el tramo uno.

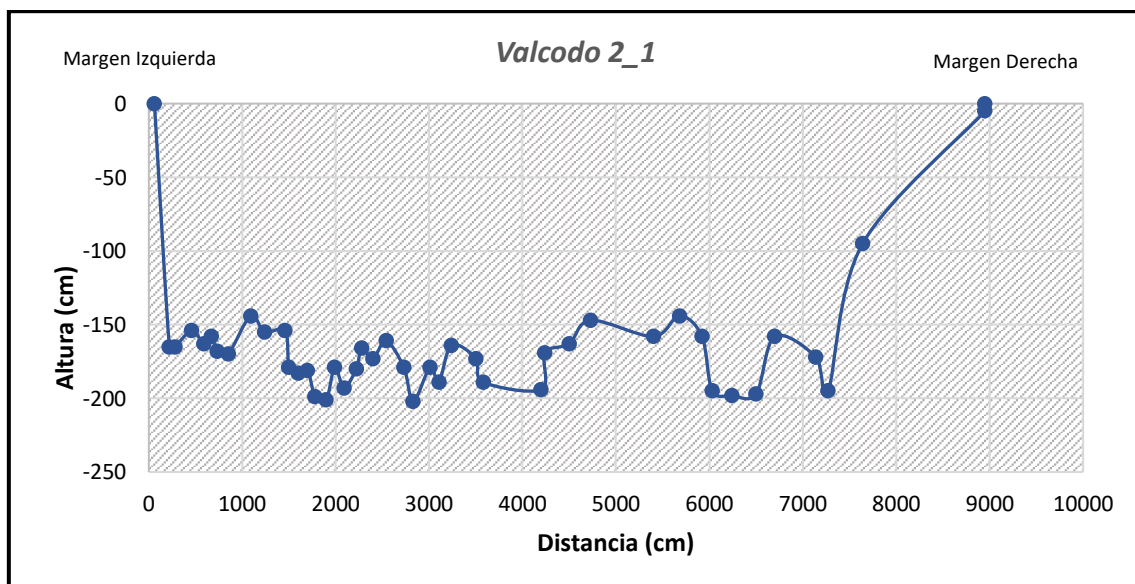


Gráfico 24. Sección transversal de Valcodo, Tramo 2, Sección 1. [Elaboración: Yilena Hermoso]

En cuanto a la sección dos del tramo dos de Valcodo, se observa en el **gráfico 25** cómo su anchura total del cauce es de 59,50 metros y la profundidad máxima con la que cuenta el cauce a su paso por esta sección es de 2,21 metros, por lo que se muestra ligeramente más estrecho pero encuentra una profundidad máxima mayor. En cuanto a la sección obtenida, cuenta con 101,68

m² por lo que su profundidad media es de 1,70 metros. El perímetro mojado obtenido en el análisis de esta sección es de 60,81 metros por lo que el radio hidráulico es de 1,67. Por último, la pendiente obtenida en campo en esta sección dos ha sido ligeramente superior al resto de secciones realizadas en Valcodo, 0,0214 m/m.

Tras este análisis, el caudal bankfull de esta sección es de **634,44 m³/seg**.

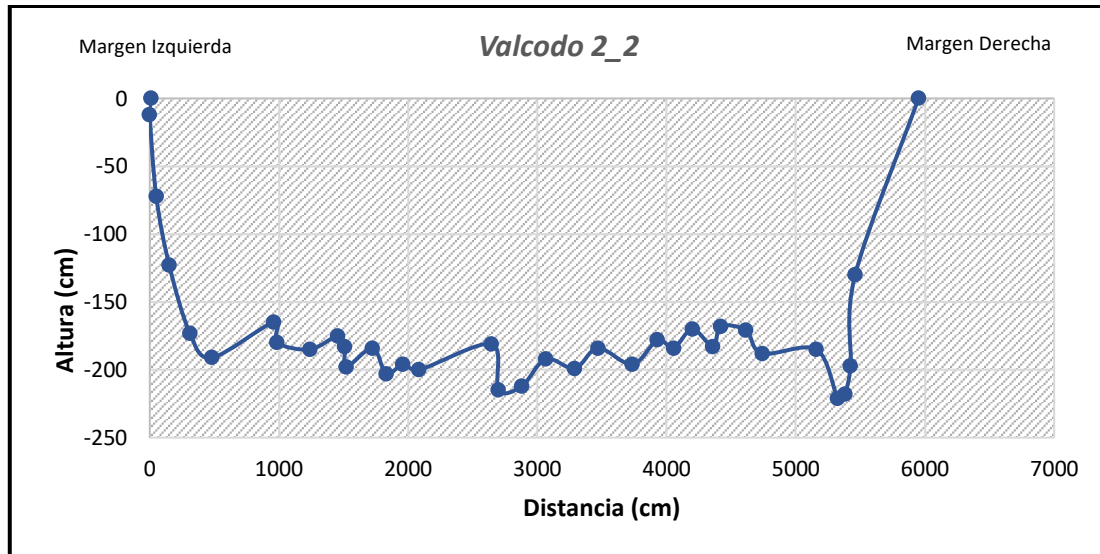


Gráfico 25. Sección transversal de Valcodo, Tramo 2, Sección 2. [Elaboración: Yilena Hermoso]

Para finalizar y, para que la explicación anterior quede recogida de manera sintética y visual, se van a exponer los diferentes resultados obtenidos sobre el caudal máximo que entraría en las diferentes zonas muestrales antes de producirse un desbordamiento de caudal, para así, observar de manera más sencilla que cauces son los que cuentan con una capacidad mayor.

| Efímeros | Caudal bankfull (m ³ /seg) | Efímeros | Caudal bankfull (m ³ /seg) |
|--------------|---------------------------------------|-------------|---------------------------------------|
| Alpartir 1_1 | 102,96 | Reajo 2_2 | 793,5 |
| Alpartir 1_2 | 303,00 | Tudela 1_1 | 325,23 |
| Cariñena 1_1 | 24,09 | Tudela 1_2 | 166,55 |
| Cariñena 1_2 | 21,80 | Tudela 1_3 | 257,88 |
| Seco 1_1 | 248,01 | Tudela 2_1 | 91,72 |
| Seco 1_2 | 73,98 | Tudela 2_2 | 99,8 |
| Sosa 1_1 | 38,86 | Tudela 3_1 | 261,74 |
| Sosa 2_1 | 588,60 | Tudela 3_2 | 23,68 |
| Sosa 2_2 | 175,31 | Valcodo 1_1 | 26,85 |
| Reajo 1_1 | 302,67 | Valcodo 1_2 | 265,11 |
| Reajo 1_2 | 166,54 | Valcodo 2_1 | 744,94 |
| Reajo 1_3 | 997,43 | Valcodo 2_2 | 634,44 |
| Reajo 2_1 | 332,16 | | |

Tabla 4. Datos tratados en Microsoft Excel, Caudal Bankfull (m³/seg). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadales]

La finalidad de esta tabla (*tabla 4*) no es otra que mostrar una visualización rápida que enfoque que sistemas efímeros muestran mayor capacidad de caudal. Observando con atención se muestra visible cómo es el tramo uno de Reajo, sección tres el que alcanza los valores mayores. Por el lado contrario, Cariñena tiene el cauce que menor caudal cabe, a pesar de tener la cuenca de mayor tamaño, por lo que sería el primero que desbordaría si ocurriera una avenida fruto de unas precipitaciones intensas.

La tabla realizada sirve además para establecer una comparación entre las diferentes secciones localizadas en un mismo sistema efímero. Por un lado, se observa como Cariñena muestra unos valores similares en sus dos secciones (con valores muy bajos en ambos casos), sin embargo, el Barranco de Tudela tiene algunas peculiaridades y es que muestra valores elevados de capacidad de caudal máximo y valores que se alejan en más de 200 m³/seg de su valor más alto, por lo que resulta a priori un cauce muy variable a lo largo de su recorrido.

Como conclusión, cabe destacar la importancia existente del radio hidráulico, es decir, la eficiencia de que pase agua por cada espacio, en relación a esto, pasará un caudal más elevado en los casos que cuenten con mayor anchura y profundidad. Con este análisis se conoce la sección y el caudal bankfull a la vez que se conocen ciertos conceptos básicos para la descripción de un sistema fluvial. A continuación, se exponen diferentes análisis relacionados con el sedimento que terminaran de dar una visión global al estudio y que permitirá comparar con mayor precisión los diferentes sistemas efímeros.

La pendiente es la variable que más condiciona el funcionamiento de los diferentes procesos hidrológicos favoreciendo un determinado proceso hidrológico de manera que, cuanto mayor sea la pendiente más dominará el proceso de escorrentía, engrosando el caudal de los diferentes sistemas efímeros, por el otro lado, cuanto menor sea la pendiente más dominará el proceso de infiltración y menor será el caudal superficial de los ríos, aunque habrá más caudal basal y reserva de agua. Esto se manifiesta a escala de cuenca, pero también tiene su repercusión en los cauces, cuya pendiente es también determinante para la velocidad y el caudal.

| Número | Efimeros | Sección | Pendiente (m/m) | Número | Efimeros | Sección | Pendiente (m/m) |
|--------|----------|-------------|-----------------|--------|----------|-------------|-----------------|
| 1 | Alpartir | Sección 1 | 0,0128 | 5 | Sosa | Sección 2_2 | 0,0188 |
| 1 | Alpartir | Sección 2 | 0,0156 | 6 | Tudela | Sección 1_1 | 0,0038 |
| 2 | Cariñena | Sección 1 | 0,0113 | 6 | Tudela | Sección 1_2 | 0,0045 |
| 2 | Cariñena | Sección 2 | 0,0077 | 6 | Tudela | Sección 1_3 | 0,0110 |
| 3 | Reajo | Sección 1_1 | 0,0895 | 6 | Tudela | Sección 2_1 | 0,0010 |
| 3 | Reajo | Sección 1_2 | 0,0982 | 6 | Tudela | Sección 2_2 | 0,0076 |
| 3 | Reajo | Sección 1_3 | 0,0860 | 6 | Tudela | Sección 3_1 | 0,0261 |
| 3 | Reajo | Sección 2_1 | 0,0692 | 6 | Tudela | Sección 3_2 | 0,0022 |
| 3 | Reajo | Sección 2_2 | 0,0819 | 7 | Valcodo | Sección 1_1 | 0,0186 |
| 4 | Seco | Sección 1 | 0,0120 | 7 | Valcodo | Sección 1_2 | 0,0169 |
| 4 | Seco | Sección 2 | 0,0200 | 7 | Valcodo | Sección 2_1 | 0,0203 |
| 5 | Sosa | Sección 1 | 0,0240 | 7 | Valcodo | Sección 2_2 | 0,0214 |
| 5 | Sosa | Sección 2_1 | 0,0150 | | | | |

Tabla 5. Datos tratados en Microsoft Excel, Pendiente (m/m). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadales]

En torno a esta idea, y, tal y como se puede observar en la **tabla 5**, el sistema que mayor pendiente muestra es el Barranco de Reajo, encontrando una pendiente superior a 0,08 m/m en casi la totalidad de sus tramos, por el lado contrario, el sistema que menor pendiente ha mostrado ha sido el Barranco de Tudela, con su valor más bajo en el tramo 2, sección 1 (0,001 m/m). Siguiendo con este análisis, se muestra interesante destacar ya que el Barranco de Reajo muestra la pendiente más elevada y además el anterior análisis ha revelado que cuenta con el mayor caudal bankfull, por lo que en primera instancia se podría determinar que, tras una crecida, este sistema efímero localizaría el mayor caudal por segundo dentro del estudio, debido a su capacidad y a la pendiente con la que cuenta, que aceleraría la velocidad del caudal.

Tal y como se ha comentado con anterioridad, estos valores podrían dar una idea del proceso hidrológico que se podría suceder en cada caso en el momento en el que ocurra un evento de precipitaciones intensas. En este caso, Reajo es el sistema efímero que mayor probabilidad encuentra de escorrentía superficial y por lo tanto de flujo. En cuanto al cauce, la pendiente del mismo es importante debido a que incrementa la velocidad y con ello el caudal y la peligrosidad, la violencia de la crecida, y también es probable que se produzca mayor trabajo geomorfológico de transporte de sedimentos.

El análisis de los sedimentos fluviales aporta abundante información sobre el funcionamiento del sistema fluvial. El parámetro básico en la caracterización de los sedimentos es el tamaño, cuyo proceso de medida se denomina granulometría. Gracias al análisis realizado se puede observar con claridad el tamaño medio del sedimento localizado en cada tramo de estudio (*tabla 6*). Por un lado, el caso de estudio que encuentra una granulometría superior es el Barranco de Tudela (tramo 1 sección 3), encontrando una granulometría media de 143,64 mm. Por otro lado, el río Sosa es el curso efímero que cuenta con un menor tamaño medio de sedimento en sus tres secciones, contando la sección menor con un tamaño de sedimento medio de 26,56 mm.

| Número | Efimeros | Granulometría | Medida (mm) | Número | Efimeros | Granulometría | Medida (mm) |
|--------|----------|-------------------|--------------|--------|----------|-------------------|---------------|
| 1 | Alpartir | Granulometría 1 | 52,80 | 5 | Sosa | Granulometría 2_2 | 33,25 |
| 1 | Alpartir | Granulometría 2 | 51,50 | 6 | Tudela | Granulometría 1_1 | 68,69 |
| 2 | Cariñena | Granulometría 1 | 46,58 | 6 | Tudela | Granulometría 1_2 | 59,72 |
| 2 | Cariñena | Granulometría 2 | 53,07 | 6 | Tudela | Granulometría 1_3 | 143,64 |
| 3 | Reajo | Granulometría 1_1 | 78,59 | 6 | Tudela | Granulometría 2_1 | 83,43 |
| 3 | Reajo | Granulometría 1_2 | 57,48 | 6 | Tudela | Granulometría 2_2 | 71,44 |
| 3 | Reajo | Granulometría 1_3 | 77,97 | 6 | Tudela | Granulometría 3_1 | 77,29 |
| 3 | Reajo | Granulometría 2_1 | 93,65 | 6 | Tudela | Granulometría 3_2 | 57,95 |
| 3 | Reajo | Granulometría 2_2 | 86,15 | 7 | Valcodo | Granulometría 1_1 | 56,94 |
| 4 | Seco | Granulometría 1_1 | 40,88 | 7 | Valcodo | Granulometría 1_2 | 48,35 |
| 4 | Seco | Granulometría 1_2 | 95,10 | 7 | Valcodo | Granulometría 2_1 | 42,17 |
| 5 | Sosa | Granulometría 1_1 | 26,56 | 7 | Valcodo | Granulometría 2_2 | 40,28 |
| 5 | Sosa | Granulometría 2_1 | 27,61 | | | | |

Tabla 6. Datos tratados en Microsoft Excel, Granulometrías (mm). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadales]

Un análisis importante para caracterizar estos cursos efímeros es el análisis de la coraza y la subcoraza. Tal y como se puede observar en la *tabla 7*, el caso de estudio que despunta por localizar una coraza con un tamaño mayor es la Rambla de Cariñena mientras que, atendiendo a la *tabla 8* en la que aparecen representados los valores de subcoraza, se observa cómo es el río Seco el que cuenta con un mayor tamaño de sedimento con 31,90 mm, un valor muy próximo a su coraza (43,83 mm), lo que podría suponer a priori que su índice de acorazamiento será muy bajo.

| Número | Efimeros | Tramo | Coraza | Muestras | Coraza (mm) | Peso total muestras (g) |
|--------|-----------|---------------------|-----------------|----------|--------------|-------------------------|
| 1 | Alpartir | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 212 | 57,28 | 55951 |
| 2 | Cariñena | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 44 | 68,75 | 70066 |
| 3 | Reajo | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 423 | 43,46 | 191111 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 639 | 32,33 | 150503 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 1028 | 33,29 | 105999 |
| 4 | Seco | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 90 | 43,83 | 10893 |
| 5 | Sosa | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 102 | 19,01 | 14256 |
| 5 | Sosa 2_1 | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 176 | 18,59 | 13563 |
| 5 | Sosa 2_2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 191 | 22,11 | 21045 |
| 6 | Tudela | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 1178 | 17,27 | 14271 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 65 | 26,33 | 66585 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 108 | 41,87 | 135760 |
| 6 | Tudela | Tramo 3 - Sección 2 | Granulometría 1 | 1118 | 26,60 | 44741 |
| 7 | Valcodo 1 | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 52 | 68,74 | 60110 |
| 7 | Valcodo 2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 47 | 47,31 | 39428 |

Tabla 7. Datos tratados en Microsoft Excel, Coraza (mm). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadales]

| Número | Efimeros | Tramo | Subcoraza | Peso Total | SUBCORAZA (mm) |
|--------|-----------|---------------------|-----------------|------------|----------------|
| 1 | Alpartir | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 11373 | 21,21 |
| 2 | Cariñena | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 13197 | 20,79 |
| 3 | Reajo | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 191111 | 19,30 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 44086 | 12,13 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 38910 | 16,47 |
| 4 | Seco | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 14219 | 31,90 |
| 5 | Sosa | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 4086 | 2,94 |
| 5 | Sosa 2_1 | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 2403 | 9,82 |
| 5 | Sosa 2_2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 6011 | 9,90 |
| 6 | Tudela | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 12754 | 7,94 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 9033 | 15,27 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 12903 | 17,08 |
| 6 | Tudela | Tramo 3 - Sección 2 | Granulometría 1 | 18073 | 12,02 |
| 7 | Valcodo 1 | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 8884 | 28,62 |
| 7 | Valcodo 2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 8987 | 20,53 |

Tabla 8. Datos tratados en Microsoft Excel, Subcoraza (mm). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadas]]

Tras la realización del índice de acorazamiento (*tabla 9*) se observa que el tramo que cuenta con un mayor índice es el Sosa 1, mostrando un índice de un 6,47. Al lado contrario se localiza el Seco como sistema efímero con menor índice de acorazamiento (1,37). Este análisis puede derivar a varias conclusiones, se observa como el acorazamiento en casi todos los casos se muestra muy escaso, pero indudablemente existe algo de acorazamiento contando con que son sistemas efímeros en los que aparece agua de manera esporádica y excepcional. Que el índice muestre un escaso acorazamiento implica que el material localizado en cada espacio se muestra prácticamente inmóvil, aunque el material si se muestra algo reclasificado.

| INDICE DE ACORAZAMIENTO | | | | | | |
|-------------------------|-----------|---------------------|-----------------|-------------|----------------|--------|
| Número | Efimeros | Tramo | Coraza | Coraza (mm) | Subcoraza (mm) | ÍNDICE |
| 1 | Alpartir | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 57,28 | 21,21 | 2,70 |
| 2 | Cariñena | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 68,75 | 20,79 | 3,31 |
| 3 | Reajo | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 43,46 | 19,30 | 2,25 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 32,33 | 12,13 | 2,67 |
| 3 | Reajo | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 33,29 | 16,47 | 2,02 |
| 4 | Seco | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 43,83 | 31,90 | 1,37 |
| 5 | Sosa | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 19,01 | 2,94 | 6,47 |
| 5 | Sosa 2_1 | Tramo 2 - Sección 1 | Granulometría 1 | 18,59 | 9,82 | 1,89 |
| 5 | Sosa 2_2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 22,11 | 9,90 | 2,23 |
| 6 | Tudela | Tramo 1 - Sección 2 | Granulometría 1 | 17,27 | 7,94 | 2,17 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 26,33 | 15,27 | 1,72 |
| 6 | Tudela | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 2 | 41,87 | 17,08 | 2,45 |
| 6 | Tudela | Tramo 3 - Sección 2 | Granulometría 1 | 26,60 | 12,02 | 2,21 |
| 7 | Valcodo 1 | Tramo 1 - Sección 1 | Granulometría 1 | 68,74 | 28,62 | 2,40 |
| 7 | Valcodo 2 | Tramo 2 - Sección 2 | Granulometría 1 | 47,31 | 20,53 | 2,30 |

Tabla 9. Datos tratados en Microsoft Excel, Índice de Acorazamiento (mm). [Elaboración: Yilena Hermoso Nadas]]

Por lo general, un río clasifica el material mientras que un curso efímero no lo hace ya que, a pesar de presentar avenidas muy pronunciadas y ser capaz de mover el material, el caudal desciende rápidamente y vuelve a dejar de transportar agua por lo que no tiene capacidad de limpiar. En general, se estima que la coraza supere tres veces a la subcoraza por lo que, tras todo el análisis, finalmente el único caso de estudio que entra dentro del rango estimado es el tramo uno del Sosa, que supera en más de seis a su subcoraza.

Por otro lado, se puede realizar una última comparación en los sistemas de estudio mediante el cálculo de la potencia específica (Pe), este cálculo se muestra como un estudio comparativo entre la potencia que muestra cada metro del curso efímero. Es realmente útil para relacionar la energía que podría mostrar el curso con las morfologías de su cauce. Atendiendo a esto, la forma de la potencia específica es la siguiente: $\Omega = (\rho g Q_b S) / w$

- P: Masa volumétrica del agua
- G: Aceleración de la gravedad
- Qb: Caudal bankfull
- S: Pendiente
- W: Anchura

Potencia específica de los cursos de estudio:

- Pe de Alpartir 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 102,96 \cdot 0,0128) / 66,5 = 194,21$ wátios/m².
- Pe de Alpartir 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 303,001 \cdot 0,0156) / 63 = 735,28$ wátios/m².
- Pe de Cariñena 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 24,09 \cdot 0,0113) / 56 = 47,63$ wátios/m².
- Pe de Cariñena 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 21,80 \cdot 0,0077) / 37 = 44,46$ wátios/m².
- Pe del Sosa 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 38,86 \cdot 0,0240) / 18,13 = 504,12$ wátios/m².
- Pe del Sosa 2_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 588,60 \cdot 0,0150) / 44,70 = 1935,66$ wátios/m².
- Pe del Sosa 2_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 175,31 \cdot 0,0188) / 53,15 = 607,69$ wátios/m².
- Pe del Seco 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 248,01 \cdot 0,0120) / 50,70 = 575,26$ wátios/m².
- Pe del Seco 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 73,98 \cdot 0,0200) / 26,66 = 543,88$ wátios/m².
- Pe de Reajo 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 302,67 \cdot 0,0895) / 74,49 = 3563,85$ wátios/m².
- Pe de Reajo 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 166,54 \cdot 0,0982) / 56 = 2861,98$ wátios/m².
- Pe de Reajo 1_3 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 997,43 \cdot 0,0860) / 65 = 12932,83$ wátios/m².
- Pe de Reajo 2_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 332,16 \cdot 0,0692) / 60,5 = 3723,26$ wátios/m².
- Pe de Reajo 2_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 793,50 \cdot 0,0819) / 43,5 = 14640,89$ wátios/m².
- Pe de Tudela 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 325,23 \cdot 0,0038) / 51,59 = 234,76$ wátios/m².
- Pe de Tudela 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 166,55 \cdot 0,0045) / 40,16 = 182,88$ wátios/m².
- Pe de Tudela 1_3 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 257,88 \cdot 0,0110) / 37,17 = 747,90$ wátios/m².
- Pe de Tudela 2_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 91,72 \cdot 0,0010) / 32,41 = 27,73$ wátios/m².
- Pe de Tudela 2_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 99,80 \cdot 0,0076) / 41,64 = 178,50$ wátios/m².
- Pe de Tudela 3_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 261,74 \cdot 0,0261) / 39 = 1716,61$ wátios/m².
- Pe de Tudela 3_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 23,68 \cdot 0,0022) / 37 = 13,79$ wátios/m².
- Pe de Valcodo 1_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 30,29 \cdot 0,0186) / 32,30 = 170,93$ wátios/m².
- Pe de Valcodo 1_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 265,11 \cdot 0,0169) / 42,40 = 1035,55$ wátios/m².
- Pe de Valcodo 2_1 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 744,94 \cdot 0,0203) / 89,50 = 1655,84$ wátios/m².
- Pe de Valcodo 2_2 $\rightarrow (1000 \cdot 9,8 \cdot 634,44 \cdot 0,0214) / 59,50 = 2236,21$ wátios/m².

Para concluir, los cálculos realizados indican que la mayor potencia específica localizada se encuentra en Reajo, concretamente en su tramo más bajo (tramo 2, sección 2). En primer lugar, y atendiendo a los datos, el Reajo muestra una dominancia clara en casi todo su conjunto, debido a que muestra una potencia específica mayor en sus cinco secciones.

3.4. CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

A lo largo de este apartado se van a presentar varias zonas concretas que se muestran geomorfológicamente interesantes dentro de los tramos estudiados. La geomorfología tiene una importancia notable para la planificación territorial, además, en las últimas décadas se muestra importante para entender los espacios naturales (Thorndycraft et al., 2008), en este sentido, es de gran interés la realización de una cartografía clara que muestre la disposición espacial de los elementos que definen el relieve.

Así pues, la cartografía geomorfológica es una manera gráfica de expresar los elementos y las formas de relieve de un espacio determinado, en torno a esto existen ya numerosas visiones que expresan éste concepto, una de ellas es el mapa geomorfológico como “estudio de las formas del relieve desde un punto de vista interpretativo, el análisis de las causas que han determinado los procesos y formas, la relación de interdependencia entre éstas, así como las características evolutivas y el grado de equilibrio que mantienen en el ambiente natural” (Panizza, 2972).

En torno a esto, la geomorfología fluvial representada a lo largo de las cartografías que se van a presentar a continuación no es otra cosa que un estudio preciso de zonas concretas en las que diversos accidentes geográficos presentan diferentes formas y relieves generadas por la acción fluvial en un tiempo determinado. Por lo que, este apartado concreto pretende servir de análisis morfológico fluvial.

Por un lado, se ha representado un espacio concreto recogido dentro del tramo uno del Barranco de Alpartir. En este tramo se localiza un canal activo principal claro y un canal secundario que se cruza con el canal principal en algunos casos. El canal activo principal y el canal secundario presentes en este tramo del barranco de Alpartir quedan limitados por las barras con escasa vegetación presentes a lo largo del tramo. En este tramo además se encuentra la terraza aluvial, una superficie del terreno plana y que no muestra apenas pendiente, dicha superficie ha sido formada y reajustada por el río y sus propios depósitos por lo que ésta forma de relieve corresponde a una antigua llanura de inundación.

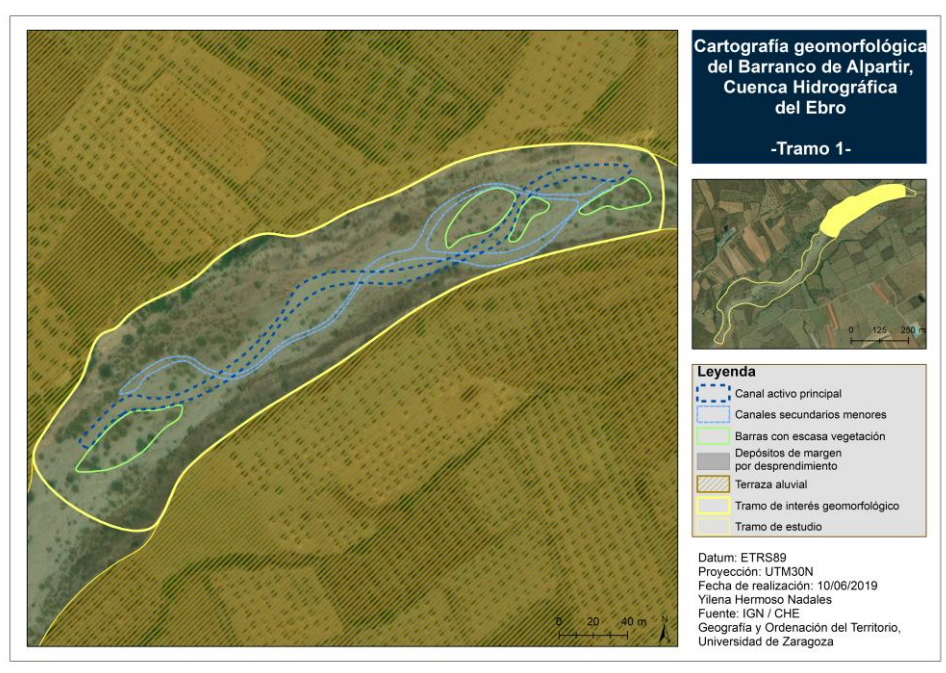


Figura 24. Cartografía Geomorfológica, Barranco de Alpartir. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

Algo significativo de esta segunda cartografía geomorfológica (**figura 25**) ha resultado ser la inexistencia de un canal secundario menor. Este espacio del tramo de la Rambla de Cariñena se encuentra en una formación de meandro en la que muestra un canal activo principal que ocupa casi la totalidad del cauce, haciendo inviable la existencia de otro tipo de canal menor. Destacar en este tramo la existencia de depósitos de margen por desprendimiento, un tipo de desplome o inestabilidad producido por la falta de un apoyo que sustente el material.



Figura 25. Cartografía Geomorfológica, Rambla de Cariñena. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

La cartografía realizada del Barranco de Reajo corresponde a un espacio concreto de su tramo uno, se ha escogido este tramo porque muestra zonas de interés geomorfológico como la representada en la **figura 26**. En este espacio se observa cómo la anchura del cauce es mayor a la anchura total del canal activo principal, frente a esto, cabe suponer que existan otros canales secundarios menores. El canal secundario menor localizado confluye con el canal principal a lo largo de unos metros tal y como se puede observar. Por otro lado, se localiza una barra con escasa vegetación que ocupa más de la mitad de la anchura del tramo.

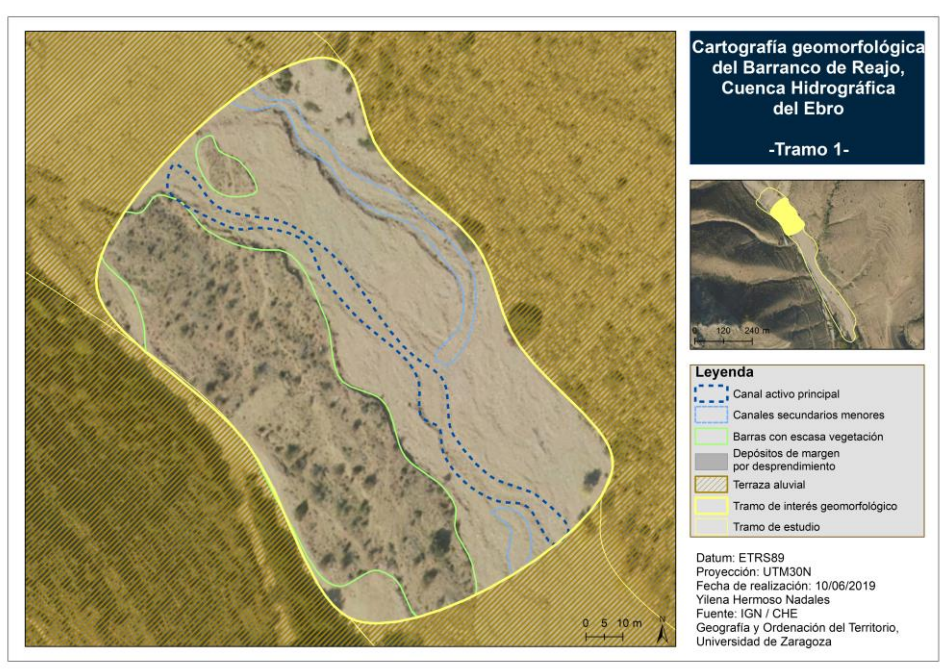


Figura 26. Cartografía Geomorfológica de Reajo. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

El río seco muestra una característica a destacar, y es que carece de terraza fluvial. Por otro lado, en este espacio no se observa de manera clara la continuidad del canal activo principal por

lo que se ha representado de manera que se pierde antes de finalizar el tramo. En torno al canal secundario mejor, se observa de manera clara y queda limitado con las barras con escasa vegetación observadas en la cartografía realizada (*figura 27*).

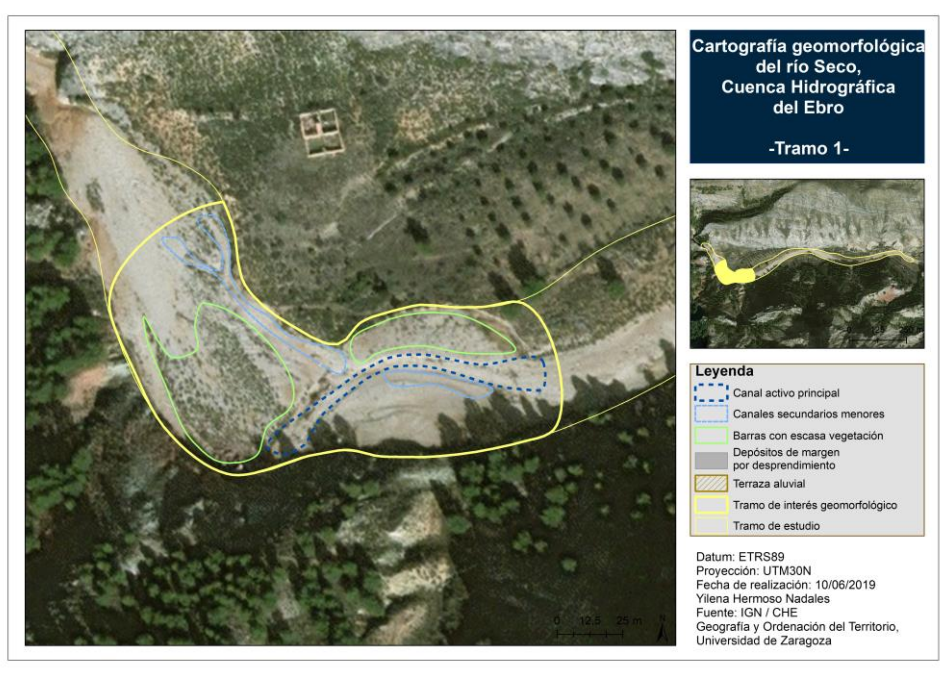


Figura 27. Cartografía Geomorfológica, Río Seco. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

La cartografía realizada sobre la cuenca del río Sosa pertenece al tramo uno de estudio, dicho tramo localiza de nuevo terraza aluvial dentro de su cuenca y dos barras con escasa vegetación a cada lado del cauce.

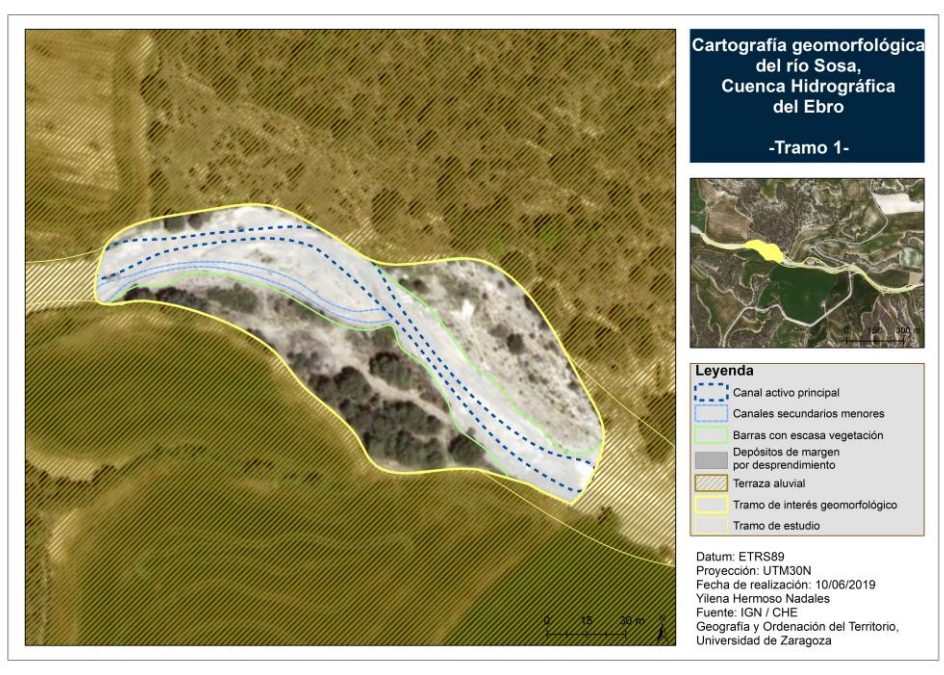


Figura 28. Cartografía Geomorfológica, Río Sosa. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

Para finalizar, la Rambla de Valcodo muestra un tramo interesante por tener muchas barras con escasa vegetación dentro de su propio cauce. Estas barras se encuentran dispuestas limitando al canal principal y secundario, tal y como se puede observar en la *figura 29*. Dado que casi todo el conjunto del espacio se encuentra ocupado por barras con escasa vegetación el canal activo

principal ocupa casi el total del espacio disponible. Por otro lado, existe un pequeño depósito de margen por desprendimiento localizado al norte del espacio analizado.



Figura 29. Cartografía Geomorfológica de Valcodo. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CHE; IGN]

3.5. EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y TENDENCIAS

En el presente apartado se va a presentar un estudio evolutivo preciso del conjunto de los tramos de estudio. Por un lado, se ha querido representar de manera clara y concreta las diferencias evolutivas que presenta cada sistema efímero a lo largo de algo más de cincuenta años (1956-Actualidad). Es por esto que, se ha realizado una leyenda sencilla que muestra, por un lado, el cauce trenzado del río o rambla (amarillo) y por otro el canal activo (azul) que encuentra mayor actividad geomorfológica y, además, muestra flujo de agua con mayor frecuencia. En relación a esto, se ha establecido la comparación diferida en el tiempo, de modo que se han realizado medidas precisas en diferentes puntos destacables de cada tramo analizado.

El canal activo es el elemento que encuentra mayor relevancia en los estudios de hidrogeomorfología fluvial (Petts y Amoros, 1996) debido a que este cauce se encuentra en continuo cambio a causa de otros componentes como el caudal, la pendiente del cauce y la carga sedimentaria con la que cuenta. Es destacable en el primer caso de estudio (*figura 30*) cómo el canal activo es el elemento que más ha variado a lo largo del tiempo, volviéndose más estrecho tal y como se puede apreciar a lo largo del tramo, este hecho destaca más en otros casos de estudio por lo que se podría afirmar que el Barranco de Alpartir no ha sufrido cambios demasiado destacables, esto se puede deber a la inexistencia de grandes crecidas en este periodo de tiempo.

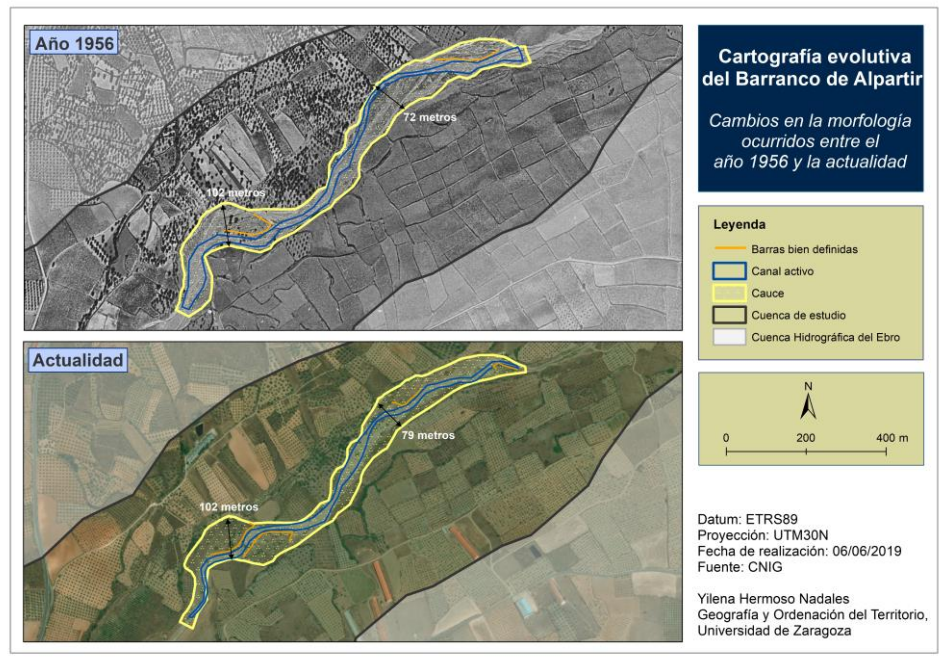


Figura 30. Cartografía Evolutiva, Barranco de Alpartir. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

En lo que a la Rambla de Cariñena respecta (figura 31), se observa en la cartografía realizada cómo este tramo muestra cambios mayores a los de la cartografía presentada anteriormente. En este caso, el canal activo ha disminuido su tamaño, este hecho se hace visible aguas abajo que, tal y como muestra la cartografía encontraba una anchura de canal de 24 metros, ésta anchura se ha visto reducida paulatinamente hasta la actualidad, que solo cuenta con 12 metros.

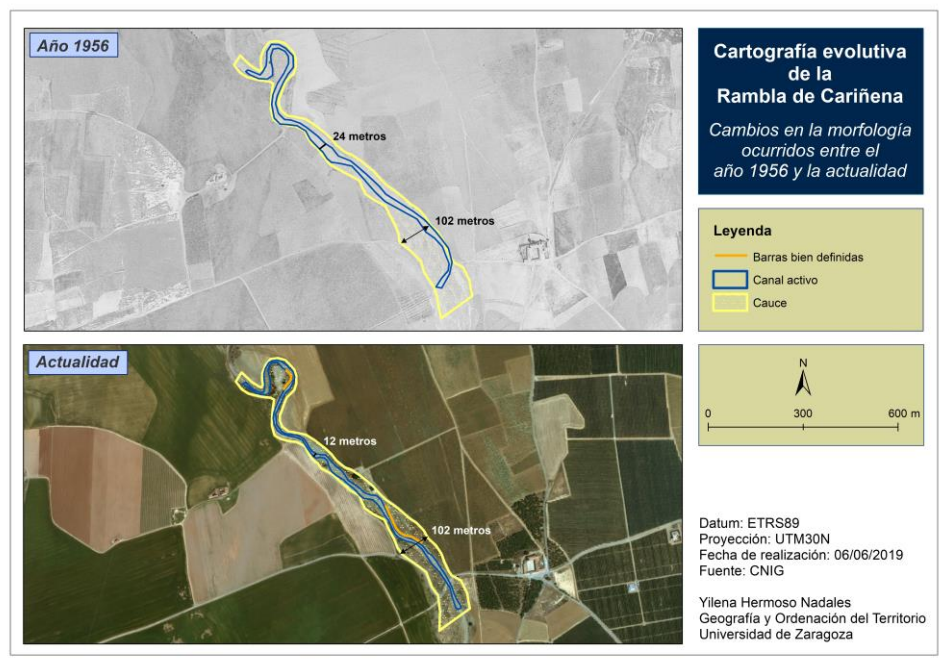


Figura 31. Cartografía Evolutiva, Rambla de Cariñena. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

La cartografía evolutiva realizada para el tramo uno del Barranco de Reajo (figura 32) muestra diferencias más marcadas que en los casos anteriores, en este caso, en el año 1956 se observa un desdoble del canal activo aguas arriba dividido por una barra alta, además este canal

activo cuenta con una anchura en la mitad del tramo de 28 metros, ésta anchura se verá reducida cincuenta años más tarde ya que, tal y como se observa en el tramo de la actualidad, el canal activo se muestra mucho menos sinuoso, con una sola dirección y, además, su anchura en el mismo punto analizado es de ocho metros menos (20 metros) que en el caso observado en el año 1956. Por otro lado, el límite del cauce se encuentra ligeramente reducido, esto es visible sobre todo aguas abajo del tramo, donde los procesos evolutivos han llevado a localizar una anchura de 89 metros en el año 1956 a una anchura de 65 metros en el mismo punto.

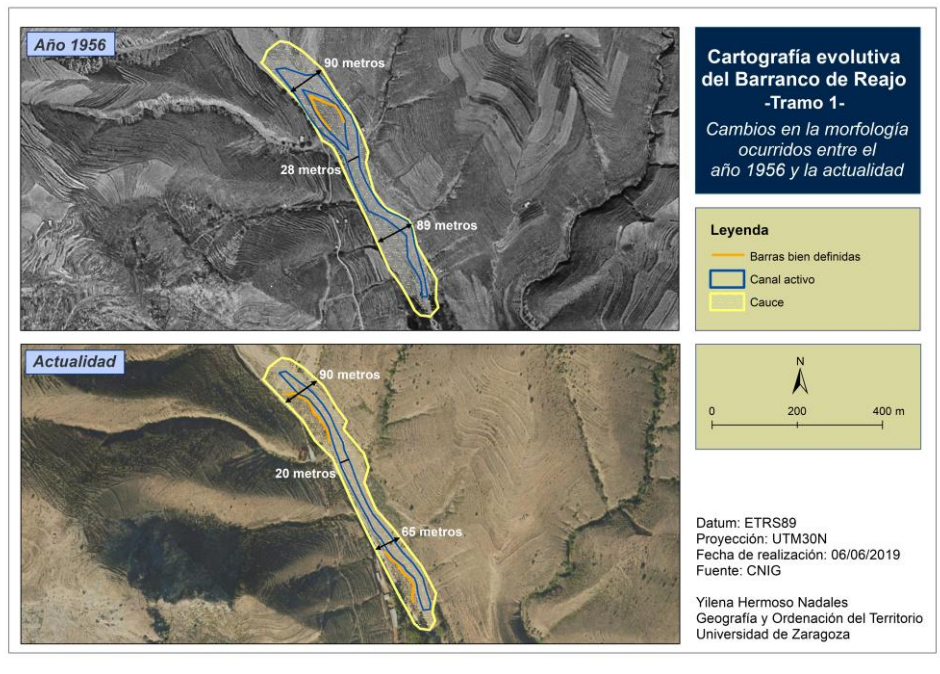


Figura 32. Cartografía Evolutiva, Barranco de Reajo, tramo 1. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

El segundo tramo perteneciente al Barranco de Reajo (*figura 33*) ha mostrado diferencias aún más acusadas. Tal y como se puede observar el canal activo de este tramo ha variado a lo largo del tiempo, tomando una nueva dinámica y un nuevo camino. Además, este canal se ha visto notablemente reducido en anchura reduciéndola la mitad en ese espacio de tiempo (1956 – 14 metros; Actualidad – 7 metros).

Por otro lado, el cauce también muestra una disminución considerable, reduciendo su anchura máxima en la sección que tiene 63 metros en el año 1956 a 57 metros en la actualidad. Al final del tramo encuentra también una disminución de alrededor de cinco metros.

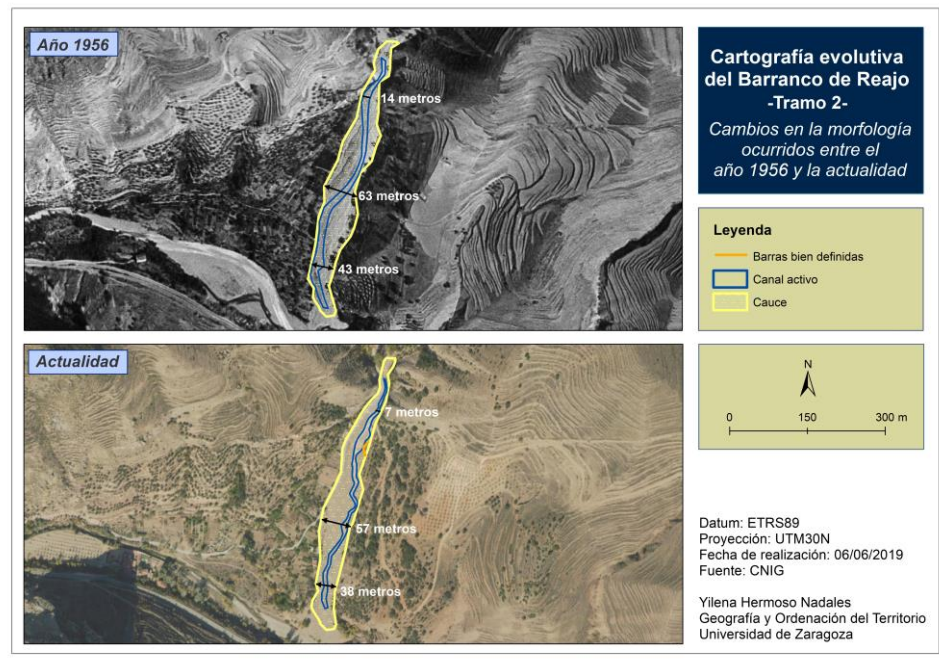


Figura 33. Cartografía Evolutiva, Reajo, tramo 2. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

En cuanto al río Seco, nuevamente se ve una variación del canal activo, reduciendo su anchura incluso en cinco metros tal y como se puede observar a mitad de tramo.

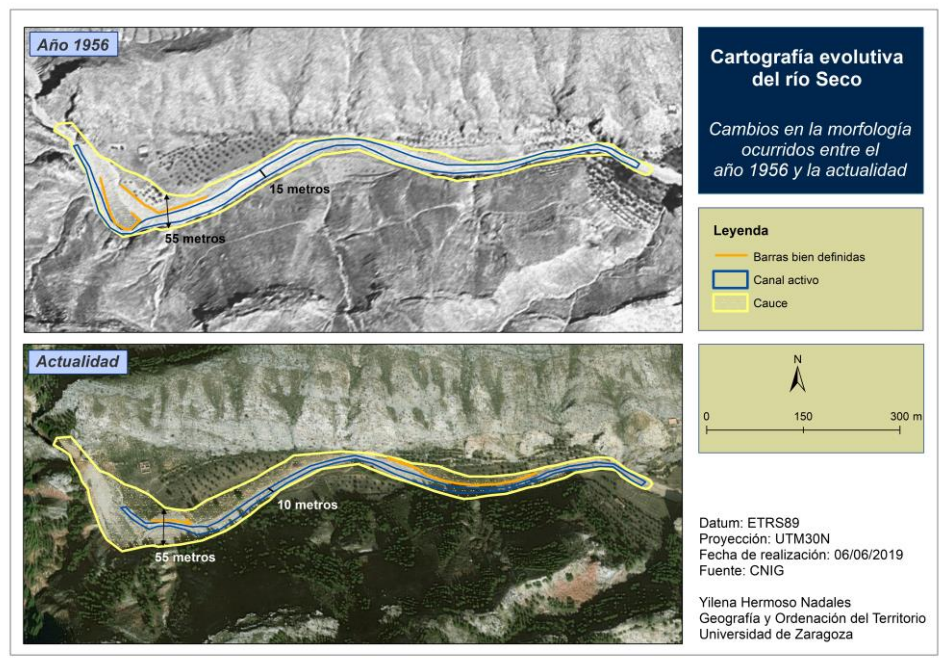


Figura 34. Cartografía Evolutiva, Río Seco. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

Tras la observación de los anteriores tramos de estudio, ha quedado remarcado cómo estos espacios se han visto levemente modificados por el tiempo y sus factores de cambio, pero, ninguno de ellos se ha visto tan modificado como el siguiente caso de estudio. El tramo uno del río Sosa encuentra modificaciones completas a lo largo de todo el tramo, de modo que se observa en la cartografía de la **figura 35** cambios notables en la anchura visibles a lo largo del canal activo. En cuanto al cauce, éste muestra una reducción de su anchura de incluso 456 metros, por lo que se muestra un cambio muy marcado y visible. Este efecto podría significar que este río muestra una actividad mayor, para confirmarlo, se va a observar el segundo tramo de este mismo río.

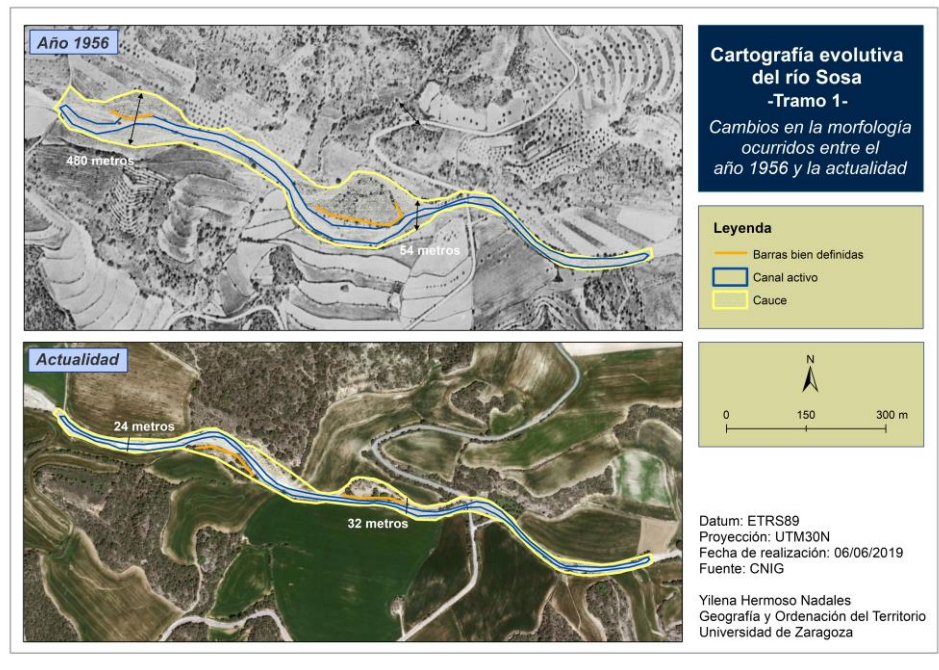


Figura 35. Cartografía Evolutiva, Río Sosa, tramo 1. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

El segundo tramo del río Sosa sirve para confirmar lo anteriormente mencionado, ya que en él se encuentran modificaciones más notables aún que en el caso anterior. Por un lado, la anchura del canal activo disminuye en más de 55 metros en los dos casos medidos (*figura 36*). Por otro lado, la anchura del cauce medida aguas abajo muestra una variación del cauce de más de 290 metros, lo que supone un cambio muy marcado por lo que se puede afirmar que este sistema fluvial encuentra eventos que lo hacen cambiar mayormente en proporción a los anteriores mencionados.

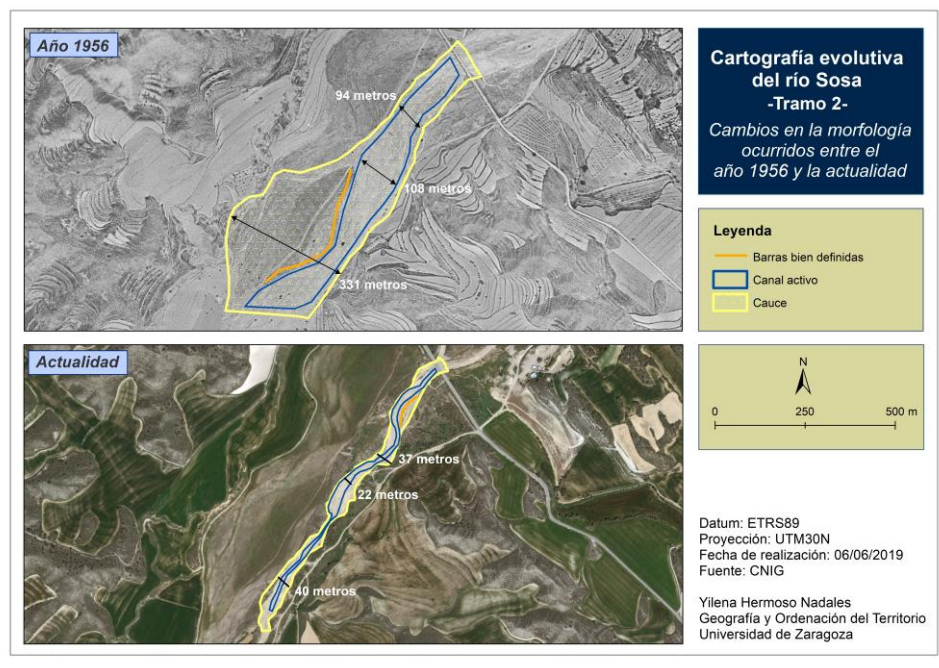


Figura 36. Cartografía Evolutiva, Río Sosa, tramo 2. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

El barranco de San Gregorio es un sistema efímero en el que, a priori, se observan numerosas variaciones. Por un lado, el tramo uno es el tramo que aparentemente menos modificado se observa, aunque encuentra disminuciones y variaciones en la morfología de su cauce. Por otro lado, el canal activo se observa realmente disminuido en la actualidad.

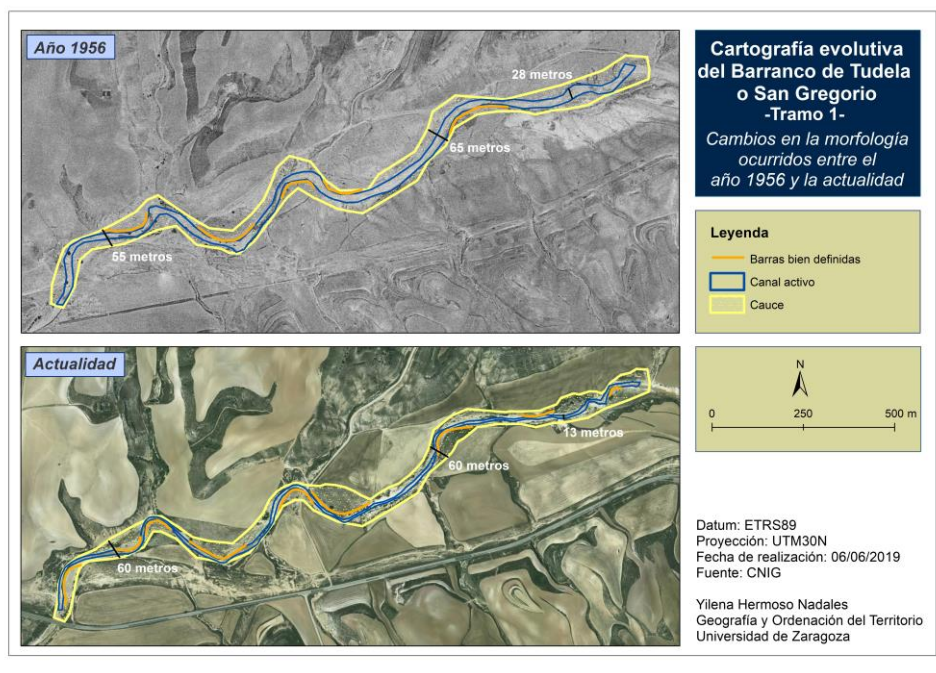


Figura 37. Barranco de Tudela, tramo 1. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

El tramo dos del barranco de San Gregorio (figura 38) muestra unas disimetrías evolutivas superiores al tramo uno. En este caso, el canal activo se reduce en el punto marcado en alrededor de 17 metros. Por otro lado, el cauce encuentra variaciones marcadas, de hecho, en la zona localizada más al oeste del tramo se encuentra una disminución total del cauce de 54 metros, por lo que resulta ser un cambio muy marcado.

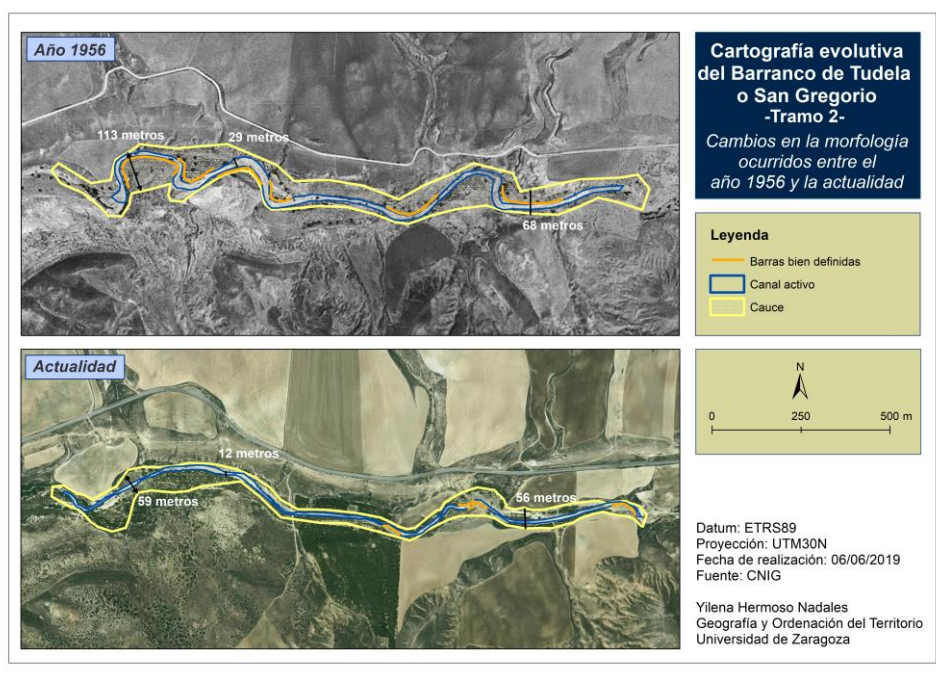


Figura 38. Cartografía Evolutiva, Barranco de Tudela, tramo 2. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

Este último tramo del barranco de San Gregorio muestra diferencias aún más marcadas debido a que se observa cómo el canal activo tiene una nueva zona de paso dejando atrás el meandro que estaba generando. Esta variación se ha podido producir como fruto de una crecida en la que el cauce ha tomado un nuevo camino más corto. Decir que, además, este canal activo encuentra una disminución en su anchura de modo que tal y como se observa en la **figura 39** llega a disminuir su anchura a la mitad en este espacio de tiempo.

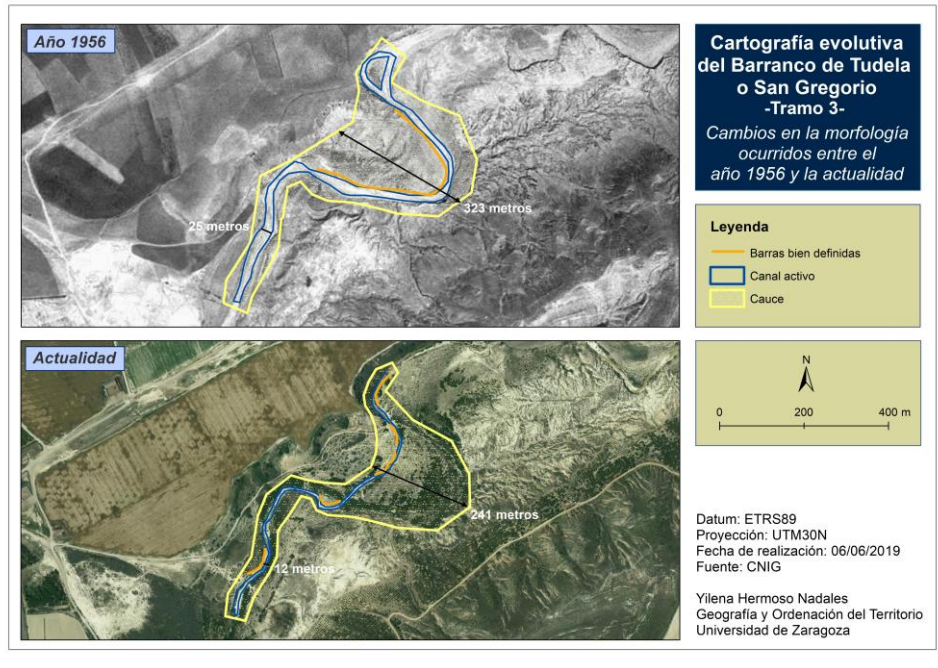


Figura 39. Cartografía Evolutiva, Tudela tramo 3. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

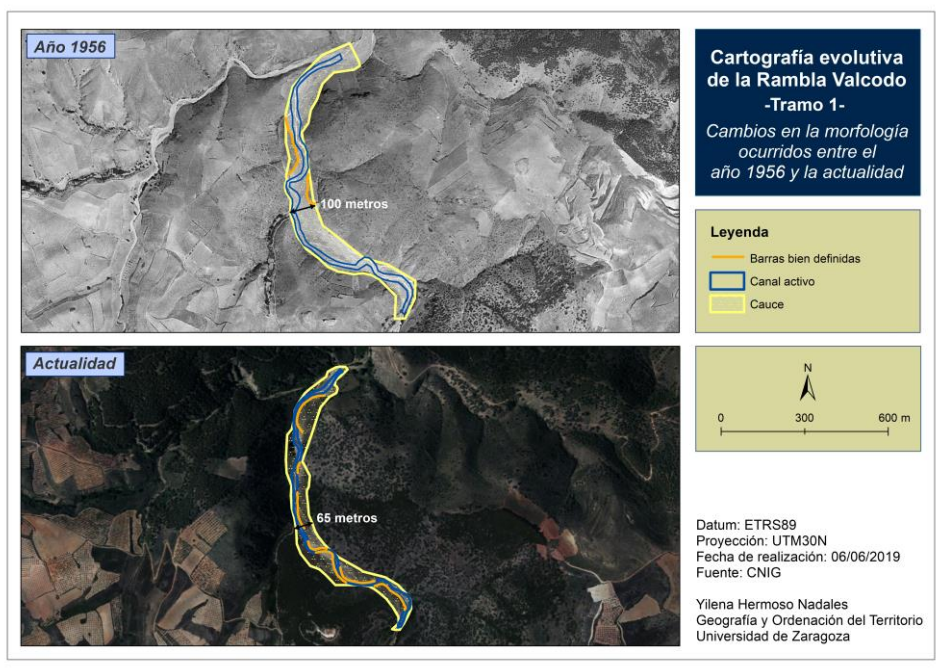


Figura 40. Cartografía Evolutiva, Rambla de Valcodo, tramo 1. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

Para finalizar, la Rambla de Valcodo encuentra también diferencias significativas. Como se observa en el mapa de la **figura 40** en el que disminuye su anchura máxima del cauce en el punto representado de 100 a 65 metros. Por otro lado, la **figura 41** muestra diferencias acusadas

en el cauce, disminuyendo su anchura paulatinamente hasta la actualidad en hasta 60 metros. El canal activo además muestra una reducción en su anchura de algo más de 10 metros.

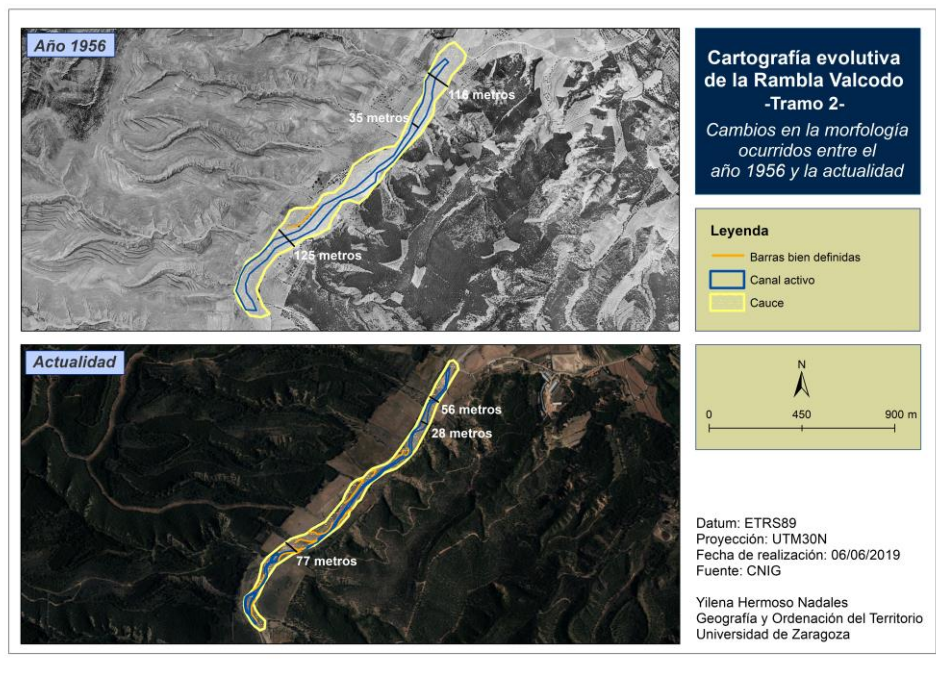


Figura 41. Cartografía Evolutiva, Rambla de Valcodo, tramo 2. [Elaboración: Yilena Hermoso. Fuente: CNIG]

Para finalizar, es destacable mencionar la tendencia que tienen el conjunto de los sistemas efímeros del estudio. En su conjunto muestran una tendencia a reducir su anchura total del cauce y, por lo tanto, a reducir su anchura media. Esta reducción se encuentra remarcada también en el canal activo ya que en la totalidad de sus casos ha disminuido varios metros, observándose de manera clara en el conjunto de cartografías realizadas. Por otro lado, es remarcable la existencia de las barras existentes en cada tramo, de modo que con el paso del tiempo han ido apareciendo o formándose hasta hacerse más visibles.

4. DISCUSIÓN

4.1. VALORACIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología realizada a lo largo del trabajo ha sido correcta y ordenada, los trabajos realizados en campo se han llevado a cabo mediante un grupo de trabajo sin el que hubiera resultado posible abarcar el conjunto de los casos de estudio, ya que la zona de estudio es muy amplia. Además se muestra necesario considerar que la colaboración llevada a cabo con la Universidad del País Vasco ha sido realmente positiva ya que la realización del conjunto del trabajo de campo y análisis hubiera resultado demasiado costoso para el tiempo del que se disponía para la realización del presente trabajo fin de grado.

Por otro lado, una dificultad presente a lo largo del estudio ha sido la comparación e interpretación de los resultados debido a la escasez de proyectos y estudios científicos que siguen la misma línea. En este sentido, la integración del presente estudio en el marco del proyecto CCAMICEM va a permitir comparar los resultados con los obtenidos en cursos efímeros de la región de Murcia. Será entonces cuando se pueda desarrollar una interpretación más completa de los resultados, por tanto ya fuera temporalmente del presente trabajo fin de grado.

Otro elemento a destacar es la placa de impacto instalada, que marca el tránsito de sedimentos en crecida. No se han podido obtener resultados de la placa de impacto debido a que

no ha sucedido ninguna avenida desde su instalación, por lo que el presente trabajo debe finalizar sin información presente en dicha placa.

4.2.COMPROBACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE RESULTADOS

En primera instancia se hace necesario resolver la hipótesis general presentada al inicio referente al cambio climático y su afección a los sistemas efímeros de estudio. En torno a esto y, bajo mi punto de vista, con precipitaciones decrecientes en el tiempo pueden ocurrir procesos de desaparición del espacio fluvial, es decir, a menos precipitaciones, menos anchura del cauce y, por lo tanto, menos anchura y presencia de canal fluvial. Por otro lado, la probabilidad de fenómenos extremos es cada vez mayor por lo que el aumento de la temperatura, las olas de calor o las sequías podrían condicionar estos espacios irremediablemente. Siguiendo con este análisis, las precipitaciones además si se vieran reducidas notablemente, modificarían las especies vegetales y animales del entorno. En los casos estudiados en el presente trabajo hay varios ejemplos en los que se ha reducido la anchura del cauce con el tiempo y hay cambios geomorfológicos en esta línea de estrechamiento y simplificación. Esto puede ser una respuesta al cambio global, que en el desarrollo futuro del proyecto habrá que cotejar con lo que se registre en los cursos efímeros murcianos. Será entonces cuando se podrá responder de forma más definitiva a la hipótesis inicial.

En cuanto a los resultados, se hace necesario destacar la importancia de todos los análisis para caracterizar los diferentes cursos efímeros pero tiene gran interés el estudio del perfil topográfico para el conocimiento del caudal máximo que cabe en cada sección de estudio. Gracias a este análisis se puede conocer el caudal total con el que puede contar cada caso antes de su desbordamiento, lo que puede llevar a posteriores estudios de prevención de riesgos naturales para la población cercana.

4.3.PROPUUESTAS DE SEGUIMIENTO Y AVANCE DE LA LÍNEA DE TRABAJO

Tal y como ya se ha mencionado anteriormente, el estudio de cursos efímeros ha recibido hasta el momento muy poca atención por parte de científicos fluviales, por lo que existen muy pocos datos y estudios relacionados con ellos. Los estudios que se conocen en España se han llevado a cabo en la Comunidad Valenciana y en la Región de Murcia, tal y como se ha explicado, por lo que el presente estudio pretende servir de ejemplo para entender el funcionamiento fluvial con el que cuentan en general los sistemas efímeros, concretamente los pertenecientes a la cuenca del Ebro, donde la cantidad de este tipo de sistema fluvial es muy apreciable.

Una continuación de la línea de estudio sería interesante, ya que la falta de información hace difícil la realización de un buen diagnóstico. En esta línea, con un estudio mas amplio podría realizarse una mejor caracterización y diagnóstico de los diferentes casos de estudio e incluso podría realizarse una investigación mayor que llevase a cabo el estudio de otros cursos efímeros que permitiese una posterior comparación y comprobación de similitudes y diferencias en todos los casos.

5. CONCLUSIONES

El estudio realizado ha cumplido los objetivos previstos. Con los resultados obtenidos queda confirmado que pese a que la realidad geomorfológica de los cauces efímeros ha sido poco analizada hasta la actualidad, el desarrollo del presente estudio con un sistema metodológico sencillo y claro es relevante para estudios sobre este tipo de sistemas fluviales ya que de esta manera se les puede dar un sistema de gestión, planeamiento y conservación.

Tras los resultados obtenidos en cuanto a indicadores geomorfológicos medidos en campo mediante las diferentes secciones del cauce, granulometría y acorazamiento de los sedimentos es destacable mencionar que se muestran coherentes con la tipología fluvial tratada. Y, aunque se trate en todos los casos de cursos inicialmente efímeros, muestran resultados muy diversos y comparables unos con otros.

En la comparación precisa de las características geomorfológicas de los diferentes casos de estudio es importante mencionar la relación existente entre la capacidad de caudal en los diferentes casos de estudio junto con otras variables como la pendiente, que condiciona el funcionamiento de los procesos hidrológicos, sobre esta característica destaca el Barranco de Reajo, que localiza los valores más altos de pendiente del conjunto del estudio. El índice de acorazamiento además deja visible que el conjunto de los casos de estudio muestra un material prácticamente inmóvil, aunque se puede afirmar que éste ha sido reclasificado a lo largo del tiempo. En torno a esta idea, el sistema efímero que mayores valores localiza de acorazamiento es el tramo uno del río Sosa, aunque en general, en el momento en el que se produzca una avenida, el caudal de este tipo de sistemas fluviales desciende de manera muy rápida por lo que no muestran capacidad real de limpiar. Esto se corrobora con la potencia específica, que muestra la potencia que podrían mostrar los diferentes casos de estudio con las morfologías propias de sus cauces, destacando nuevamente el caso del Barranco de Reajo.

Por otro lado, el análisis geomorfológico muestra el funcionamiento actual de éstos sistemas efímeros, en cuanto a su funcionamiento, se ha observado cómo en todos los casos comienza a predominar la presencia de vegetación frente a la presencia de canal fluvial con presencia de caudal, encontrando muy destacable en la totalidad de cursos la presencia de barras con escasa vegetación. Un par de casos destacables son los tramos de interés geomorfológico de la Rambla de Valcodo y del Barranco de Reajo, en el que se ha observado como ambos localizan un porcentaje muy elevado de barras con escasa vegetación.

Para finalizar, los cambios evolutivos observados han seguido un patrón en todos los casos. Se ha comprobado cómo los sistemas efímeros están asistiendo a importantes cambios hidrogeomorfológicos que deterioran principalmente su funcionalidad natural. Tras comprobar las características geomorfológicas de éstos cursos se observa cómo la totalidad de ellos han sufrido especialmente procesos de disminución del canal fluvial y colonización vegetal, un caso que resalta sobre los demás es el caso del Barranco de Tudela, que ha modificado incluso su dinámica abandonando el meandro, o la Rambla de Valcodo, que ha visto disminuida en gran medida su anchura media a lo largo del tiempo analizado.

A lo largo de todo el estudio se ha podido comprobar la diferencia existente entre los diferentes sistemas efímeros ya que cada uno presenta una dinámica y situación diferente, por lo que, conocer todas las particularidades analizadas a lo largo de estos meses y los métodos precisos que ayudan a estudiar en profundidad espacios de este tipo es lo que lleva a poder realizar una correcta gestión y ordenación del territorio sobre cursos de este tipo. Para finalizar, una correcta gestión debe llevar implícito el establecimiento de unas medidas y mejoras para su puesta en valor, tanto de restauración como de protección.

6. REFERENCIAS

ESTUDIOS Y DOCUMENTOS

- (1) Calle, M. (2018) "*Morphosedimentary dynamics of ephemeral rivers affected by gravel mining: GIS mapping and geomorphic change detection*". Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- (2) Camarasa, A.M. y Segura, F. (2001). "*Las crecidas en ramblas valencianas mediterráneas*". Estudios Geográficos, LXII (245), pp. 649-674.
- (3) Camarasa, A.M. (2016). "*Flash floods in mediterranean ephemeral streams in Valencia region (Spain)*". Journal of Hydrology (in press).
- (4) Conesa, C. (1987) *Barras de grava en lechos de rambla del Campo de Cartagena (Murcia)*. Papeles de Geografía (Física), 12: 33-45.
- (5) 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.
- (6) García García, C., Martín Vide, J.P. (2001) *Caracterización granulométrica del lecho móvil de un río de gravas efímero: aplicación a un tramo de la riera de Les Arenes*. Acta Geológica Hispánica, 36(1-2) 137-147.
- (7) 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.
- (8) 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.
- (9) Petts, G.E. y Amoros, C. (coord.) (1996): "*Fluvial hydrosystems*". London, Chapman & Hall Ltd, 322 pp.
- (10) 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.
- (11) Segura, F. (2004) *Ramblas y barrancos: los ríos de piedras*. Mètode, Universitat de València.
- (12) 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.

PROYECTOS EUROPEOS

- (1) Detry, T., Singer, G., Sauquet, E., Jordá-Capdevilla, D., Von Schiller, D., Subbington, R., Magand, C., Pañil, P., Miliša, M., Acuña, V., Alves, M., Augeard, B., Brunke, M., Cid, N., Csabai, Z., England, J., Froebrich, J., Koundouri, P., Lamouroux, N., Martí, E., Morais, M., Munné, A., Mutz, M., Pesic, V., Previšić, A., Reynaud, A., Robinson, C., Sadler, J., Skoulikidis, N., Terrier, B., Tockner, K., Vesely, D., Zoppini, A. (2017) *Science and management of intermittent rivers and ephemeral streams (SMIRES)*. Research Ideas and Outcomes, 3: e21774. doi 10.3897/rio.3. e21774.
- (2) Prat, N., Gallart, F., Cid, N., Llorens, P., Latron, J., Bonada, N., Jiménez, S.M., Vega, R.M., Solà, C., Soria, M., Bardina, M., Vinyoles, D., Verkaik, I., Sánchez Costa, E., Ballester, A., Fidalgo, A., Estrela, T., Munné, A. (2018) **LIFE TRivers: developing operational tools for the management of temporary rivers in support of the sound implementation of the European Water Framework Directive**. 20th EGU General Assembly, Vienna.

OTROS TRABAJOS - UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

- (1) D. Salvador Ramos, “*Análisis y valoración del riesgo asociado a cursos efímeros en núcleos de población de la cordillera ibérica*” 2016. Zaguán, Repositorio Institucional de Documentos, Universidad de Zaragoza, TAZ-TFG-2016-4932.
- (2) G. Peño Gómez, “*Propuesta y aplicación de un protocolo geomorfológico de caracterización y diagnóstico en cauces de gravas*”, 2017.
- (3) I. Noguera Corral “*Geomorfología, geodiversidad y riesgos en el río Seco, cuenca del río Martín, Teruel*”, 2016. Zaguán, Repositorio Institucional de Documentos, Universidad de Zaragoza. TAZ-TFG-2016-2454.

SERVICIOS WEB

- (1) Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). Instituto Geográfico Nacional (IGN). [Fuente disponible online: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>].
- (2) Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), Portal online [Fuente disponible online: <http://www.chebro.es/>].