



**Universidad**  
Zaragoza

1542

# Trabajo Fin de Grado

**Caracterización de la cuenca del río Pancrudo**

Autor:

Jaime Domingo Belanche

Director:

Doctor Miguel Sánchez Fabre

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Facultad de Filosofía y Letras

Universidad de Zaragoza

Curso 2015/2016

**Resumen:**

Este estudio realiza un análisis de los componentes del medio natural que condicionan el comportamiento del río Pancrudo. Se ha analizado el clima, pendientes, litología y vegetación y usos del suelo y su relación con la red de drenaje y las características hidrológicas del río. Sin dejar de un lado a la población se realiza un estudio de la exposición al riesgo de inundación de todas las entidades de población integradas en la cuenca.

**Palabras clave:** Río Pancrudo, hidrología, crecidas, exposición.

**Abstract:**

This study analyzes the components of the natural environment that influence the behavior of the Pancrudo river. Through a series of analysis on climate, slope, lithology and vegetation and land, drainage network and hydrological characteristics of the river and their relationships. Without ignoring population, a study on the risk exposure to flood of all population entities integrated in the basin is carried out.

**Key words:** Pancrudo river, Hydrology, floods, exposure.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Localización de la zona de estudio .....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Objetivos .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Metodología.....</b>	<b>11</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1 Factores que condicionan el comportamiento hidrológico .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.1 Clima .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1.2 Análisis de pendientes .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.3 Litología.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.4 Análisis de vegetación y usos del suelo .....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Red de drenaje.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1 Morfometría.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Comportamiento hidrológico .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3.1 Disponibilidad de caudal .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2 Regularidad interanual.....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.3 Variación estacional .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3.4 Fenómenos extremos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3.5 Análisis de la exposición de los municipios a las crecidas .....</b>	<b>56</b>
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>6. FUENTES Y RECURSOS UTILIZADOS.....</b>	<b>82</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>87</b>
<b>Anexo 1 .....</b>	<b>87</b>
<b>8. PÓSTER.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica es un fragmento de la superficie terrestre con unos límites que están bien definidos gracias a una divisoria. En su interior se encuentran una gran cantidad de componentes bióticos y abióticos que están relacionados entre sí. En la cuenca, el agua entra de forma natural, principalmente de las precipitaciones, y se redistribuye gracias a la intervención de todos los procesos del ciclo hidrológico, los cuales buscan un punto de salida que es la desembocadura (Sánchez y Moya, 2011).

Un río es un sistema natural que trabaja de forma eficiente, transportando agua, sedimentos, nutrientes y seres vivos desde una parte de la superficie terrestre hasta otra. En este proceso se equilibra el ciclo hidrológico, el relieve y la dinámica litoral. (Ollero, 2015).

Aragón cuenta con una densa red hidrográfica. Esta está compuesta por unos cursos fluviales que presentan una distribución arbitraria, con cauces interconectados entre sí. Gran parte de estos cursos se enmarcan en la demarcación hidrográfica del Ebro. Entre estos se encuentra el río Pancrudo el cual es el principal afluente del río Jiloca.

En geografía es importante estudiar la relación entre las características de la cuenca y el funcionamiento hidrológico de los cursos fluviales. Entre los factores naturales que actúan se encuentran el clima, la topografía, la litología y la vegetación y usos del suelo. (Sánchez y Moya, 2011). Asimismo, en el estudio de los componentes del medio natural también hay que tener en cuenta la acción que el hombre puede ejercer sobre el comportamiento del río, ya que el hombre y sus actividades pueden cambiarlo por completo.

En este caso, en la cuenca del río Pancrudo la presión del ser humano no debería ser demasiado alta ya que no existe ningún municipio con elevada población, puesto que el municipio más grande dentro de la cuenca es Barrachina y tiene menos de 150 habitantes. Las mayores amenazas pueden proceder del ámbito agrario donde el uso del agua del río para regar la vega del Pancrudo puede suponer un elevado consumo de agua, así como los vertidos de fertilizantes y pesticidas a través de las aguas de retorno de riego.

La cuenca del río Pancrudo por su situación en la vertiente mediterránea sufre ocasionalmente crecidas de gran magnitud en proporción con los caudales habituales. Esto es un rasgo que caracteriza a los cauces del ámbito mediterráneo. El Pancrudo cuenta con cursos de agua continua y también otros más esporádicos, como las ramblas, arroyos y barrancos que presentan ocasionalmente períodos de aguas altas. Algunas de las crecidas han sido de tal intensidad que han ocasionado graves daños. (de Jaime, 2011).

Así pues, mediante este estudio se pretende realizar un análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca del río Pancrudo, analizando los elementos del medio natural que

condicionan el comportamiento del mismo y estudiando, mínimamente, la vulnerabilidad de las entidades de población ante los episodios de crecida. De manera que el presente estudio se acompaña de una cartografía para apoyar el trabajo escrito, siendo esta la principal fuente de información.

### **1.1 Localización de la zona de estudio**

La red hidrográfica del río Pancrudo se sitúa al noreste de España. Esta discurre en la Comunidad Autónoma de Aragón, Provincia de Teruel, y, concretamente, el área de estudio se encuentra situada entre las comarcas del Jiloca y Comunidad de Teruel, con una disposición Sureste- Noroeste.

“El río Pancrudo se encuentra situado entre la depresión del Jiloca (Calatayud-Teruel) y la rama Aragonesa de la cordillera Ibérica, con las que conecta a través de las sierras de Fonfría y Lidón” (De Jaime, 2011, p. 6).

El río nace en el municipio de Pancrudo a 1260 msnm, el cual le da nombre. Recoge las aguas de su cuenca de 465 km<sup>2</sup> y desemboca en el río Jiloca, siendo su principal afluente. El cauce principal tiene un recorrido de aproximadamente 48 km. Desemboca en el río Jiloca, concretamente en Luco del Jiloca a 850 msnm, núcleo que pertenece al término municipal de Calamocha.



Figura 1: Nacimiento del río Pancrudo. Fuente: oszerriguelaires.wordpress.com

Las entidades de población que se localizan en la zona de estudio son: Pancrudo, Corbatón, Alpeñes, Cosa, Torre los Negros, El Villarejo de los Olmos, Barrachina, Nueros, Godos, Torrecilla del Rebollar, Cutanda, Olalla, Valverde, Collados, Navarrete del Río, Lechago y Cuencabuena. Asimismo los principales afluentes del río son: Barranco de Cuencabuena, río de Pelarda, Rambla de Nueros, Rambla del Pinar, Rio de Cosa y la Rambla del Regajo.

A pesar de ser el principal afluente del río Jiloca, el aporte medio anual es solamente de 13.6 hm<sup>3</sup>, por lo que es mínima la recepción de aguas subterráneas e inexistentes los afluentes permanentes.

Tras nacer en Pancrudo a los pies de las sierras de la Costera y la sierra de Lidón, recorre una estrecha vega con escaso aprovechamiento de regadío que gana anchura conforme desciende en altura, recogiendo las aguas de la sierras Pelarda/Fonfría, Loma pedriza y otras pequeñas formaciones montañosas que delimitan la cuenca por el Este, Sur y Oeste por medio de ramblas y arroyos a los largo de la cuenca (de Jaime, 2011).

El río cuenta con un embalse que gestiona sus aguas en Lechago, el cual se localiza a escasos dos kilómetros de la desembocadura, lo que implica que dicho embalse no desnaturaliza los caudales del río Pancrudo y sus efectos parecen influir más bien sobre el río Jiloca.

A continuación se muestra un mapa del área de estudio, en el que se han representado las entidades de población integradas dentro de la cuenca así como las principales infraestructuras de transportes.

# Localización



Localización regional:



Localización comarcal:



## Área de estudio

- Área de estudio (verde)
- Río principal (azul)
- Entidades de población (morado)
- Ferrocarril (línea negra con trazo interrumpido)
- Carreteras autonómicas (rojo)
- Autovía (negro)

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

## 2. ANTECEDENTES

El agua ha sido un tema de estudio desde hace cientos de años, desde que los filósofos clásicos se hicieran preguntas respecto al origen de las fuentes y los mares, pasando por la definición del ciclo hidrológico culminada en el siglo XIX, hasta el desarrollo de una rama científica, ligada a ese estudio del agua, denominada hidrología, desde la segunda mitad del siglo XIX hasta nuestros días.

Actualmente, una parte importante de esta rama científica es el estudio de las cuencas hidrográficas y del funcionamiento de los ríos que las drenan. Ejemplos de ello son diferentes trabajos realizados en el ámbito territorial más próximo a nuestra zona de estudio, como son los Pirineos, la depresión del Ebro o la cordillera Ibérica. Así, el dedicado a estudiar el comportamiento de los ríos del Pirineo aragonés (García-Ruiz, Beguería, López-Moreno, Lorente, Seeger, 2001), algunos que analizan las cuencas y ríos que integran la demarcación hidrográfica del Ebro (Nadal, Lacasa, Barrera, 1998; Barrera, 1999;) trabajos de síntesis que analizan con cierto detalle todos los ríos y cuencas de Aragón (del Valle, Ollero y Sánchez-Fabre, 2007), o trabajos que analizan algunas cuencas específicas (Guillén, 2001; Frutos, Ollero y Sánchez-Fabre, 2004; Sánchez-Fabre y Moya, 2011)

Dentro de la hidrología, una de las mayores preocupaciones que han tenido los profesionales ha sido la investigación de los episodios de avenidas. Este estudio se ha intensificado durante los últimos años en Europa. Las crecidas son un tema que preocupa a los investigadores, quieren conocer los procesos que las forman, evaluar consecuencias y prever las posibles afecciones.

Se han realizado estudios de las crecidas de las últimas avenidas importantes en Europa, por ejemplo, el efectuado por Kundzewicz, Piskwar y Brakenridge (2012), sobre las crecidas más importantes en Europa desde 1985 hasta 2009 o la síntesis de crecidas europeas publicada por Gaume et al. (2009).

Autores españoles también han estudiado las crecidas en Europa, es el caso de Barredo, que realizó un estudio de las mayores catástrofes causadas por crecidas en Europa de 1950 a 2005 (Barredo, 2007). Y, además, han analizado las crecidas prácticamente de cada una de las demarcaciones hidrográficas, siendo una síntesis de referencia de estos estudios el trabajo “Las inundaciones en España en los últimos veinte años: una perspectiva geográfica” coordinada por Ana Camarasa y Joan Mateu (Camarasa y Mateu, 2000).

En Aragón se ha intentado seguir la tendencia europea en estudio de las crecidas. Son muchos los autores que han estudiado episodios de avenidas en Aragón. Caben destacar estudios realizados de las crecidas del Ebro por investigadores de la Universidad de

Zaragoza, investigadores del Instituto Pirenaico de Ecología y técnicos de la Confederación Hidrográfica del Ebro (García-Ruiz et al. 1996; Losada, Montesinos, Omedas, García y Galván, 2004; Ollero, 2006; Espejo, Domenech, Ollero y Sánchez-Fabre, 2008; Acín et al., 2012; Serrano-Notivoli, Mora, Ollero, Sánchez-Fabre, Saz, 2014; Sánchez-Fabre et al., 2015).

Se han realizado también estudios para evaluar los núcleos de población con mayor riesgo de inundación fluvial en Aragón, (Doménech, Ollero y Sánchez-Fabre (2008)).

Es necesario continuar realizando estudios sobre las cuencas para conocer mejor el comportamiento de sus ríos. Es labor de los geógrafos conocer las características de los ríos para poder realizar una correcta ordenación territorial.

El río Pancrudo a pesar de ser poco caudaloso a menudo tiene unas avenidas con caudales importantes, por tanto es necesario comprender el comportamiento del río para poder solventar posibles problemas ligados con la ordenación territorial y los riesgos naturales.

### 3. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

#### 3.1 Objetivos

En el análisis de la cuenca del río Pancrudo, se han establecido una serie de objetivos para la mejora del estudio, los cuales se acotan del siguiente modo:

Como objetivo principal se plantea: **Desarrollar un estudio exhaustivo e integrado de la cuenca hidrográfica del río Pancrudo**, atendiendo a los rasgos del medio natural que condicionan el comportamiento hidrológico y analizando los principales rasgos de dicho comportamiento. Nuestra hipótesis de trabajo es que sólo estudiando las interrelaciones entre los factores (rasgos naturales) y los elementos (características del rasgo hidrológico) pueden entenderse la dinámica de una cuenca y especialmente el comportamiento de sus crecidas fluviales.

A partir del objetivo principal se generan una serie de objetivos específicos:

- Diagnosticar los factores condicionantes del comportamiento hidrológico mediante la siguiente serie de objetivos:
  - Averiguar el papel de los rasgos climáticos.
  - Analizar los diferentes valores de pendientes, ya que estimulan la actuación de distintos procesos del ciclo hidrológico.
  - Estudiar la distribución territorial de la litología en la cuenca.
  - Determinar cómo influye la vegetación y los usos del suelo en el comportamiento de los ríos de la cuenca.
- Definir la morfometría del área de estudio, mediante:
  - Jerarquización de la red de drenaje.
  - Cálculo de una serie de variables morfométricas.
- Analizar los elementos del comportamiento hidrológico, entre los que destacan:
  - Disponibilidad de caudal.
  - Irregularidad interanual.
  - Variación estacional.
  - Fenómenos extremos, especialmente las crecidas.
  - Identificar las zonas más expuestas a las afecciones de las crecidas.

### 3.2 Metodología

Para la primera toma de contacto con el área de estudio y poder conocer aspectos como la disposición de la cuenca, principales características, principales afluentes, etc. se aprovechó el visor cartográfico de la página del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Está disponible para cualquier público en el apartado Agua, Evaluación de los recursos hídricos, Sistema de Información de Anuarios y Aforos (<http://sig.magrama.es/aforos/visor.html>). Gracias a esta web en esta primera labor de aproximación se pudieron conocer datos de:

- Superficie de la cuenca
- Superficie del tramo del río
- Altitud máxima
- Datos disponibles, caudales medios, caudales medios mensuales...

El siguiente paso fue buscar información de la cuenca. Para ello se consultaron enlaces web como el de la revista Xiloca (Centro de Estudios del Jiloca), Revista Teruel (Instituto de Estudios Turolenses), Comarca del Jiloca y artículos científicos relacionados con esta cuenca y con cuencas adyacentes como la de los ríos Alfambra y Jiloca.

Una vez asimilada esta información general se procedió a iniciar la descarga de los primeros datos cartográficos para trabajar en el proyecto. Los primeros archivos descargados fueron las diferentes hojas de las que se compone la cuenca del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (BTN25), disponibles en el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional. Son archivos vectoriales en formato shapefile, compatibles con casi cualquier Sistema de Información Geográfica (SIG) que corresponden a la Base Topográfica Nacional, con un elevado detalle. Fueron necesarias seis hojas; 465 (Daroca), 466 (Moyuela), 491 (Calamocha), 492 (Segura de los Baños), 516 (Monreal del Campo) y 517 (Argente). Cada una de las hojas contiene hasta 88 capas diferentes de información. En este caso se utilizaron las siguientes:

- Entidades de población
- Curvas de nivel
- Ríos y cauces artificiales
- Infraestructuras (Carreteras, ferrocarril y autovía)

A continuación se descargó también un archivo vectorial que contiene la delimitación de todas las cuencas hidrológicas de España. Se descargó desde la página del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Una vez descargados los archivos citados anteriormente, se procedió a delimitar la cuenca. Para ello se utilizó la aplicación ArcMap del programa ArcGis, de la compañía ESRI. Para comenzar a delimitar la cuenca se utilizó el archivo de las cuencas hidrológicas de España, curvas de nivel, ríos y cauces artificiales. Para delimitar la cuenca es necesario realizar los siguientes procesos:

- Juntar las diferentes hojas del archivo BTN25. Hay que realizar tres uniones, una para las curvas de nivel, otra para los ríos y otra para las entidades de población.
- Trazar la divisoria de la cuenca para crear el límite de la cuenca. En este proceso se utilizan las capas de curvas de nivel y cuencas hidrológicas de España. Esta última se utiliza para que ayude de forma orientativa por dónde se encuentra la divisoria de la cuenca. Hay que generar una capa nueva, porque el archivo que ya existe creado con la delimitación de la cuenca tiene una resolución baja y se ajusta poco al trazado real de la divisoria. Al crear la capa nueva, esta es la que tendrá la información del límite de la cuenca. Una vez creada, se cartografía la zona de estudio siguiendo las curvas de nivel, para realizar el trazado de la divisoria con suma precisión.
- Recortar las capas de los ríos, entidades de población y curvas de nivel, tras realizar la capa del límite de la cuenca. Con ello, nos quedamos exclusivamente con la información que pertenece a nuestra cuenca de esas hojas del BTN25, aligerando de carga el proyecto SIG que hemos creado para posteriormente elaborar nuestra cartografía.

Una vez elaborada la capa con el límite ya se pueden realizar las siguientes cartografías, las cuales son de pendientes, litología, vegetación y usos del suelo y jerarquización de la red hidrográfica.

### **Mapa de pendientes.**

Para elaborar el mapa de pendientes se descargó del Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional el archivo MDT05. Este producto es un Modelo Digital del Terreno con paso de malla de 5 metros, por tanto tiene una resolución elevada. Hubo que descargar las hojas ya citadas, 465, 466, 491, 492, 516 y 517. Se siguieron los siguientes pasos para poder elaborar el mapa de pendientes:

- Con la aplicación ArcMap de ArcGis se realizó el mapa de pendientes a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT).
- Se rasterizó el límite de la cuenca.

- Se recortó el mapa de pendientes con el límite ráster y se obtuvo el mapa de pendientes de la zona de estudio.
- Una vez creado el mapa de pendientes de la zona de estudio, se reclasificaron los valores de pendiente, para obtener cinco categorías;
  - Menos de 5%
  - Entre 5% y 10%
  - Entre 10% y 25%
  - Entre 25% y 50%
  - Más de 50%
- A continuación se elaboró a partir de MDT un modelo de iluminaciones para facilitar labores en el proceso de jerarquización, que más tarde se tendría que acometer.

### **Mapa litológico.**

Para elaborar el mapa litológico se utilizaron archivos del Mapa Geológico de España, escala de 1:50.000, cuya fuente es el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Nuestra zona queda cubierta mediante seis hojas, lógicamente se corresponden con las mencionadas del Mapa Topográfico Nacional: 465, 466, 491, 492, 516 y 517.

Estos archivos de nuevo son compatibles con ArcMap, una vez incorporados, surgió el primer problema: cada hoja del mapa tenía una leyenda formaciones litológicas y cronologías que no tenían por qué coincidir en todas las hojas. El componente geológico que nos interesa, desde la perspectiva del comportamiento del agua, es la composición litológica. Por tanto para realizar nuestro mapa y nuestro análisis del papel de la litología, apuntado en uno de nuestros objetivos específicos, es esto en lo que hay que fijarse.

Para poder elaborar nuestro mapa se abrieron las hojas en PDF, que tienen su correspondiente leyenda. Como cada hoja tiene su leyenda, se realizó una homogénea y común para las seis hojas. Esta leyenda, compleja de construir, se realizó mediante la agrupación de formaciones con igual litología y cronología en unidades. Se obtuvieron diez grupos o unidades donde se pueden incluir todas las litologías que aparecen en las leyendas de todas las hojas.

Los grupos son los siguientes, ordenados por edad geológica de más recientes a más antiguos:

- Detríticas cenozoicas cuaternarias
- Detríticas cenozoicas terciarias
- Evaporíticas cenozoicas terciarias
- Carbonatadas cenozoicas terciarias
- Calizas y margas cenozoicas terciarias
- Margas y arcillas cenozoicas terciarias
- Arcillas, areniscas, calizas y conglomerados cenozoicos terciarios
- Calizas y margas mesozoicas
- Arcillas y yesos mesozoicos
- Pizarras, cuarcitas, areniscas y dolomías paleozoicas

Una vez establecidos los grupos, se reclasificó la información. Para reclasificar, lo primero que hay que hacer es unir las seis hojas del mapa geológico en una sola capa.

Una vez unidas las hojas se pasó a reagrupar cada polígono. Esto se realizó de manera manual, asignando, como un nuevo atributo dentro de la correspondiente tabla de atributos, a cada polígono el valor que correspondía al grupo en el que había quedado enmarcado. Esto implica cambiar el nombre uno a uno a cada polígono.

Una vez reclasificados en las 10 nuevas categorías, se realizó un recorte para obtener como resultado el mapa litológico de la zona estudiada. A continuación se ordenó la leyenda por edad geológica y se aplicaron colores similares a los de las leyendas que tiene el Mapa Geológico de España.

### **Mapa de Vegetación y usos del suelo.**

Para realizar el mapa que represente la vegetación y los usos del suelo del área de estudio se tomó como base el Corine Land Cover del año 2006. Es un mapa de ocupación del suelo en España, se realizó con el proyecto europeo Corine Land Cover. Es un archivo shapefile descargado del Centro de descargas del Instituto Geográfico Nacional.

Para elaborar el mapa se han realizado los siguientes pasos:

- Descargar el mapa Corine Land Cover para toda España.
- Recortar el mapa para dejar solo el área de estudio.
- Unir los usos del suelo que son muy similares y propiciar el funcionamiento de los mismos procesos del ciclo del agua.
- Reclasificar la leyenda y aplicar los nombres y colores según la leyenda del Corine Land Cover de España.

### **Mapa de Jerarquización de la red de drenaje.**

Este mapa es con diferencia el que presenta una mayor dificultad para su elaboración ya que requiere de muchas horas de dedicación.

Se elaboró a partir de la capa de los ríos procedente del Mapa Topográfico Nacional 1:25.000 (BTN25). Este mapa presenta un bajo nivel de detalle en cuanto a los cursos fluviales representados. Por el contrario nuestro mapa pretende mostrar todos los cauces fluviales de la cuenca de una manera jerarquizada mediante el método de jerarquización de Horton-Strahler.

Los pasos que se han realizado para la elaboración del mapa son:

- Editar la capa de ríos del BTN25.
- Dibujar todos los cauces de la red de drenaje que faltan. Se tiene que realizar de manera manual cauce a cauce. Para saber dónde dibujarlos y con qué trazado, se utiliza el modelo de iluminaciones creado anteriormente y las curvas de nivel.
- Se realiza la topología de la red de drenaje donde se importa la capa de la red completada. Una vez realizado este proceso se añaden las normas.
- Una vez impuestas las normas hay que corregir todos los errores que aparecen, una vez corregidos hay que hacer una segunda vuelta de corrección para eliminarlos todos.
- Se jerarquiza la red. Hay que darle a cada segmento de cauce el orden que le corresponda en la jerarquización, en este caso, de 1 a 6. Los criterios de jerarquización son:
  - Cauce de orden 1 es aquel que no recibe afluentes.
  - La unión de dos cauces de orden X da origen a otro de orden X+1.
  - Cuando hasta un cauce de orden X llega a otro de orden X-N no se incrementa el valor del orden del cauce.

### **Mapas de zonas expuestas a crecidas.**

Estos mapas realizados para cada municipio muestran la vulnerabilidad de estos ante un episodio de crecida. Se han realizado 17 mapas de vulnerabilidad que corresponden con las entidades de población que se encuentran dentro del área de estudio. Para realizar estos mapas se ha utilizado la ortofoto de máxima actualidad de PNOA descargadas en el Centro

de Descargas del Instituto Geográfico Nacional. Se han descargado las ortofotos correspondientes a las hojas del Mapa Topográfico Nacional: 465, 466, 491, 492, 516 y 517.

Una vez cargadas las fotografías se superponen las curvas de nivel para poder apreciar las zonas que están a menor altura, y por tanto, son más vulnerables a ser inundadas por una crecida. Se ha incorporado también la capa de la jerarquización de la red de drenaje para poder apreciar por donde transcurren los principales cauces.

Estos mapas no muestran la vulnerabilidad real ni la exposición real de los municipios ante una crecida, simplemente sirven para saber la zona de flujo principal, zonas más bajas que serían más fácilmente inundables y zonas más expuestas a priori ante una crecida.

### **Mapa de intervalos de altura.**

Este mapa muestra tres intervalos de altura. Para poder realizarlo se parte del Modelo Digital del Terreno. El modelo digital del terreno hay que reclasificarlo en tres grupos, alturas menores a 1000 metros, alturas entre 1000 y 1300 metros y alturas superiores a 1300 metros. Una vez reclasificado hay que extraer la superficie que abarca cada grupo para saber el porcentaje de terreno de la cuenca que se encuentra en cada porcentaje.

### **Caracterización del comportamiento hidrológico.**

Una vez elaborada toda la cartografía se descarga del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente los datos necesarios para estudiar el comportamiento hidrológico. Se utilizan los siguientes datos de la estación de aforo de Navarrete del Río (9041):

- Caudal máximo instantáneo anual
- Caudal máximo instantáneo mensual
- Caudal medio anual
- Caudal medio diario
- Caudal medio mensual
- Caudal mínimo medio mensual

Con los datos descargados se estudia:

- Caudalosidad o abundancia de caudal
- Irregularidad interanual
- Variación Estacional
- Fenómenos extremos (crecidas y estiajes)

Para el estudio de las variables nombradas anteriormente y la elaboración de gráficas se utiliza el programa Microsoft Excel, ya que los registros pueden extraerse en este formato del Sistema del Anuario de Aforos y el programa permite su posterior tratamiento estadístico y gráfico.

### **Aspectos climáticos.**

Para tener conocimiento sobre el clima de la zona de estudio se ha utilizado el Atlas Climático de Aragón. Los datos disponibles son muy variados, en este caso se han seleccionado: días de heladas, temperaturas medias, temperaturas medias mensuales, precipitaciones medias mensuales, balance hídrico y evapotranspiración potencial.

### **Análisis morfológico.**

Esta cuantificación facilita la comparación entre características de diferentes cuencas. Algunas de estas características se pueden medir directamente, como los parámetros, en tanto que otras se obtienen a través de calcular índices en los que se combinan datos de varios parámetros o índices. Parámetros e índices se organizan en grupos de variables que atienden a diferentes aspectos de análisis morfológico.

Se calculan variables para tener mayor acentuación de las características de la cuenca. Estas se calculan en Microsoft Excel en ciertos casos y en otros directamente mediante una calculadora. Las variables estudiadas son:

- Variables topológicas
  - Número de tramos de cauce de cada orden determinado
  - Número total de tramos de cauce
  - Relación de bifurcación
- Variables de longitud de los cauces
  - Longitud de los tramos de cauce de cada orden determinado
  - Longitud media de los cauces
  - Longitud total de los cauces
  - Longitud del cauce principal
  - Razón de longitud
  - Índice de sinuosidad

- Variables de relieve
  - Altitud máxima de la cuenca
  - Altitud mínima de la cuenca
  - Altitud media
  - Desnivel absoluto de la cuenca
  - Pendiente media del cauce principal
  - Razón de relieve
  - Número de rugosidad
  - Factor topográfico
- Variables de intensidad fluvial
  - Densidad de drenaje
  - Índice de frecuencia
  - Coeficiente de torrencialidad
  - Constante de mantenimiento del cauce
  - Índice de longitud de flujo de escorrentía superficial
- Variables geométricas de la cuenca
  - Área
  - Perímetro
  - Longitud
  - Anchura
  - Índice de compacidad
  - Razón de elongación
  - Razón de circularidad
  - Forma de la cuenca

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Factores que condicionan el comportamiento hidrológico

#### 4.1.1 Clima

Según la clasificación de Koopen el clima de la zona de estudio se encuentra en transición entre Csa, clima mediterráneo con verano cálido y Csb, clima oceánico de zonas con veranos suaves e inviernos fríos. La temperatura media está en torno a los 10 °C, las temperaturas mínimas se localizan en enero y las máximas en los meses de verano. Las precipitaciones son de carácter pluvio-nival con máximos en primavera y otoño.

	Precipitaciones	Evapotranspiración potencial	Balance hídrico	Temperatura media	Días de helada	Altitud
<b>Pancrudo</b>	512 mm	1094 mm	- 581.6 mm	9.9 °C	72	1257 m
<b>Barrachina</b>	472 mm	1031 mm	- 558.3 mm	10.6°C	69	1023 m
<b>Collados</b>	578 mm	987 mm	- 409 mm	9.8 °C	60	1245 m
<b>Lechago</b>	453 mm	1234 mm	- 780.3 mm	11.4°C	74	900 m

Tabla 1. Principales datos climáticos de la zona. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración propia

Según Saz (2001), “El clima de la cuenca del Pancrudo podría encuadrarse dentro de los climas templados del interior peninsular. Es decir, un mediterráneo moderadamente cálido matizado por los importantes rasgos continentales, que presenta inviernos secos exceptuando las zonas más altas de la cuenca donde se atenúa ésta sequedad. Bajo un punto de vista bioclimático es un clima supramediterráneo seco.”

A continuación se presentan cuatro climogramas. Se han seleccionado tres municipios cercanos al cauce del río Pancrudo, uno en la zona de cabecera, Pancrudo, otro municipio del tramo medio, Barrachina y otro del tramo final junto a la desembocadura, Lechago. Se ha representado también Collados, municipio que se encuentra alejado del cauce pero representa la zona norte del área de estudio, es una zona más elevada y con un relieve más agreste.

Las variaciones altitudinales desde los 850 metros en la desembocadura hasta los 1450 de la sierra de Fonfría permiten establecer un gradiente que se manifiesta en los parámetros climáticos. La cuenca del Pancrudo está enclavada dentro del Ramal Oriental de la cordillera Ibérica, su orografía no es muy accidentada pero estas modestas montañas son capaces de matizar el clima en relación al de la depresión del Jiloca. (de Jaime, 2011).

Como se puede apreciar, no hay grandes diferencias entre los municipios de cabecera y los del tramo más bajo de la zona de estudio. Esto se debe a que el tamaño de la cuenca es

reducido. En una cuenca de mayores dimensiones se apreciarían mejor los cambios a lo largo del cauce.

En todos los municipios seleccionados el máximo de precipitaciones tiene lugar en mayo, superando los 80mm en Pancrudo y Collados. Ambos municipios tienen un déficit hídrico menos notable en los meses de verano, típico de los climas mediterráneos con sequía en época estival.

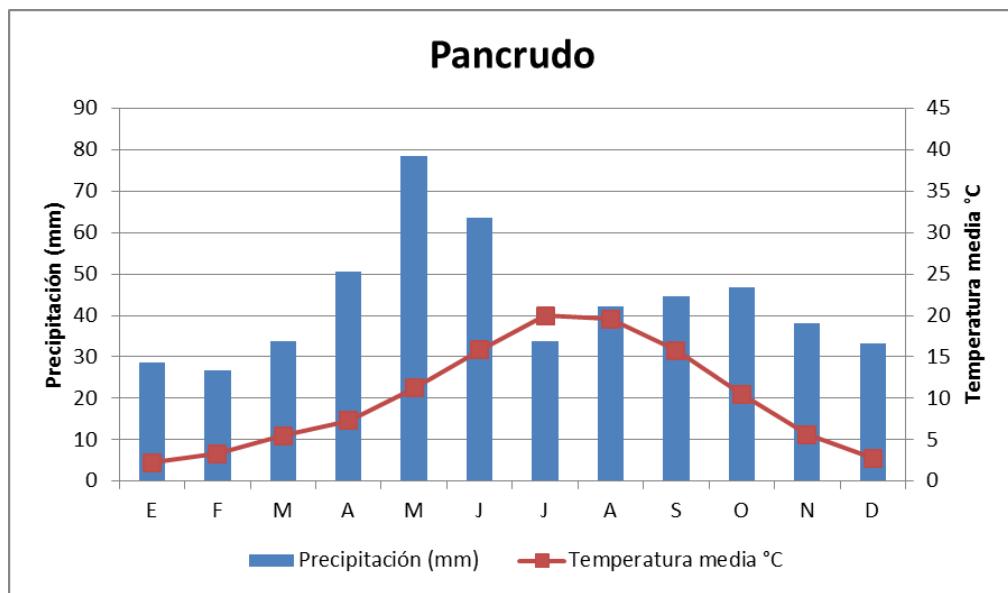


Figura 2. Climograma de Pancrudo. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración propia.

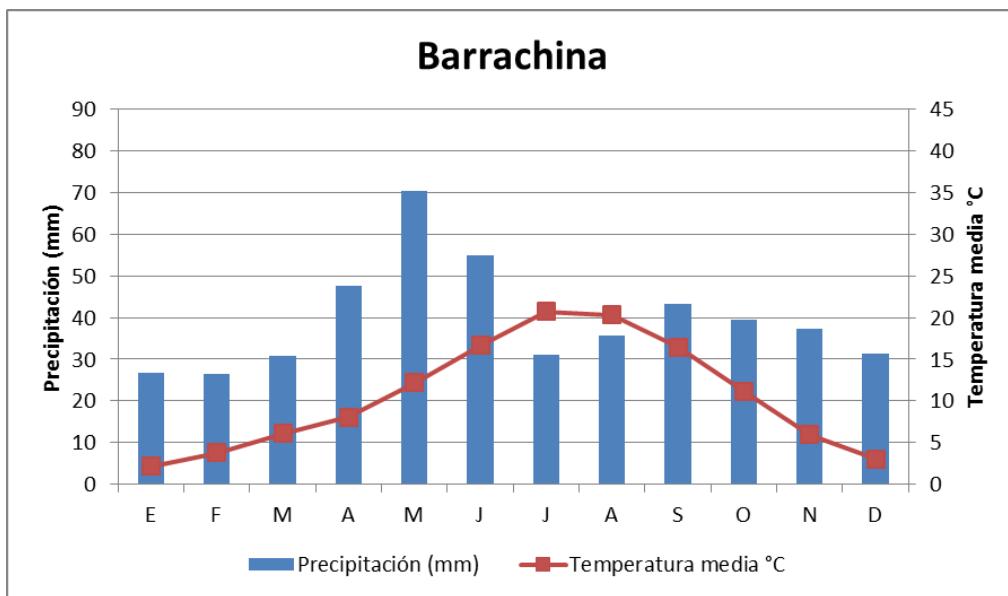


Figura 3. Climograma de Barrachina. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración propia.

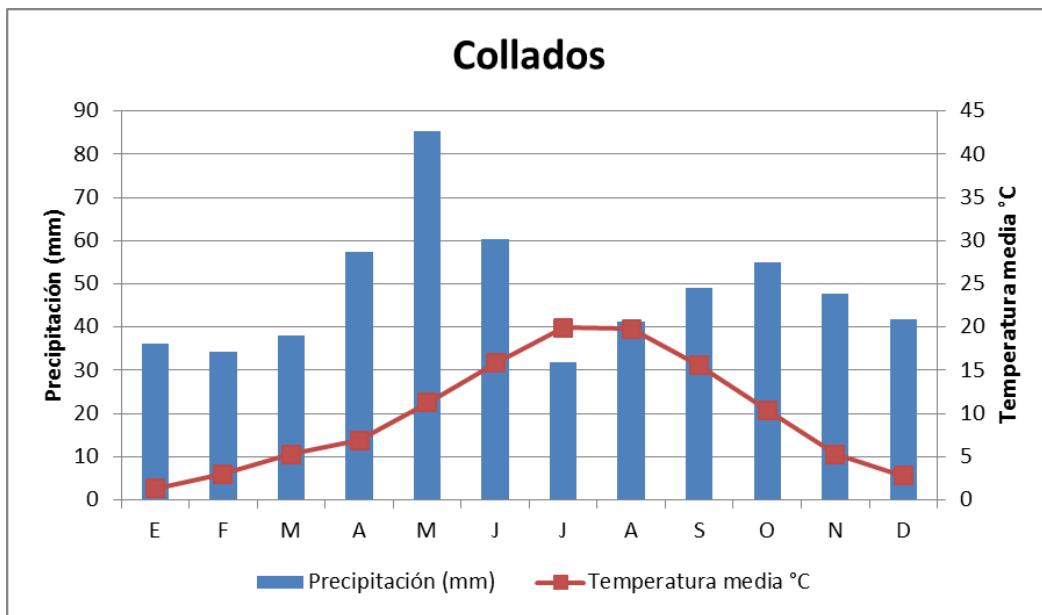


Figura 4. Climograma de Collados. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración propia.

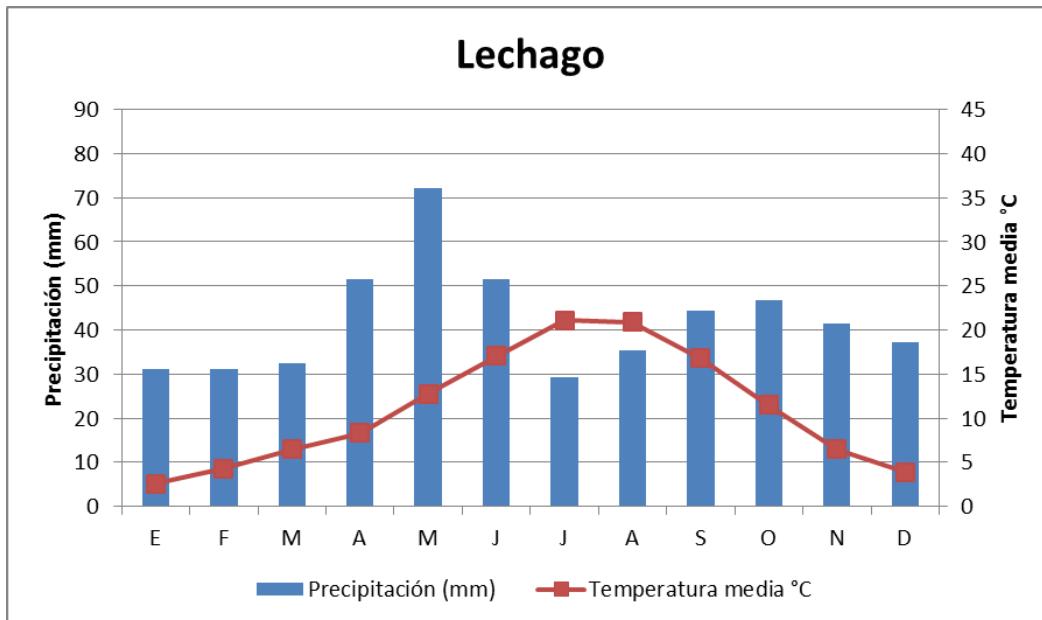


Figura 5. Climograma de Lechago. Fuente: Atlas Climático de Aragón. Elaboración propia.

**Precipitaciones:** Las precipitaciones del área de estudio se sitúan entre 400 y 600 mm/año. No hay una gran diferencia entre la cabecera y el punto final de la zona de estudio (desembocadura de río Pancrudo en el Jiloca). Las precipitaciones se sitúan generalmente por debajo de la media de Aragón, 548.9 mm/año. Resulta de gran interés conocer las precipitaciones y el régimen estacional. Las mayores precipitaciones se dan en torno al mes de Mayo, Abril y Junio, con carácter pluvio-nival. En esta zona no se dan muchas precipitaciones en forma sólida en los meses de invierno a pesar de que hay partes al norte de la zona de estudio que están a más de 1400 metros, como el pico de Retuerta situado en la

sierra de Fonfría, se debe a la escasez de borrascas invernales. La mayor parte del territorio se encuentra situado entre 1000 y 1300 m.

Son muy típicas en la zona de estudio las tormentas, en muchas ocasiones pueden suponer en torno a un 50% de los valores de precipitación anual. Hay ocasiones en las que en 24 horas precipita 80/90 mm, lo que supone un 20% sobre la precipitación anual. El alto grado de concentración de las precipitaciones es un parámetro del clima que presenta un gran interés para explicar los fenómenos de las avenidas de la cuenca. La concentración de las precipitaciones se puede medir calculando la proporción que suponen los diez eventos mayores de precipitaciones con respecto al total anual, para el caso de la cuenca del Pancrudo se encuentran entre el 44 y 46% de las precipitaciones anuales, lo que muestra una alta concentración. De esta manera se puede justificar la torrencialidad de las ramblas y arroyos de la cuenca.

La zona aparece caracterizada por un régimen de precipitaciones que es de tipo mediterráneo, por tanto los máximos son equinocciales. En primavera precipita en torno a un 35% del total y en otoño en torno a un 30%. Los mínimos se localizan en invierno y verano, en torno a un 15/20%. Este clima se encuentra modificado por la influencia de la continentalidad, por eso el mínimo absoluto se localiza en invierno, por la influencia del anticiclón ibérico. (de Jaime, 2011).

En los meses estivales, las precipitaciones se suelen corresponder con fenómenos tormentosos, este tipo de fenómenos se localiza principalmente entre mayo y septiembre.

**Temperatura:** Las temperaturas medias anuales se encuentran entre los 9 °C en las zonas más elevadas de la cuenca hasta los 12°C en zonas próximas a la desembocadura. La amplitud térmica anual es muy elevada, en la zona hay temperaturas máximas en torno a 40°C y mínimas por debajo de -18 °C, la oscilación en algunos lugares es extrema, llegando a 60°C. En la zona de cabecera las temperaturas medias son más bajas, al igual que en el sector norte de la cuenca en torno a la sierra de Fonfría.

El rasgo térmico más definitorio lo configuran las temperaturas mínimas, con los días de helada. Estas heladas son más frecuentes de lo que correspondería por altitud, tienen una larga duración y son de gran intensidad (un tercio de ellas con valores por debajo de -5°C). (de Jaime, 2011).

**Balances hídricos:** Es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que ingresan en el sistema y los que salen del mismo. El balance hídrico de la zona de estudio es negativo en

todas las poblaciones estudiadas, debido principalmente a que la evapotranspiración es mayor a la cantidad de agua registrada. Una elevada cantidad de agua que precipita acaba saliendo de la cuenca por el río Pancrudo a causa de la escorrentía superficial. Se podría estimar, que 1/3 pasaría a formar parte de los acuíferos y otro 1/3 se evaporaría.

El balance hídrico con un valor negativo mayor es el de Lechago, esto se debe a que se localiza a menor altura, tiene unas menores precipitaciones y las temperaturas máximas son más elevadas.

**Evapotranspiración:** La evapotranspiración potencial (ETP) es la cantidad de agua que podría llegar a evapotranspirarse en un lugar determinado si hubiese suficiente cantidad de agua. Está condicionada por varios factores:

- Cantidad de energía solar: La mayor parte de la energía que llega a un lugar determinado es del sol, aunque no toda esta energía se dedica a cambiar el estado del agua, hay una parte que se dedica a calentar el suelo antes de que se produzca evapotranspiración. En función de la cantidad de energía que llega a la superficie hay una cantidad menor o mayor de evapotranspiración.

En la zona de estudio, la radiación ( $10^3 \text{ kJ/m}^2 \text{día} \cdot \mu\text{m}$ ) se sitúa entre 3100 y 3700.

- Temperatura del aire: es importante en este proceso. A mayor temperatura del aire mayor funcionamiento.
- Viento: a mayor viento mayor ETP, no es una zona con grandes cantidades de viento. Tiene influencia del Cierzo que sopla en el valle del Ebro pero de manera suave.
- Vegetación: La ETP es mayor cuanto mayor es el porte de la vegetación. Como se puede apreciar en el mapa de vegetación y usos del suelo es una zona que tiene vastas extensiones de cultivo, por tanto la ETP no se eleva sustancialmente por este factor.
- Suelo: depende de la textura y estructura para que el suelo pueda almacenar agua. Esta es una zona con suelos sedimentarios, carbonatados y calcáreos que tienen una capacidad media-alta para retener el agua.

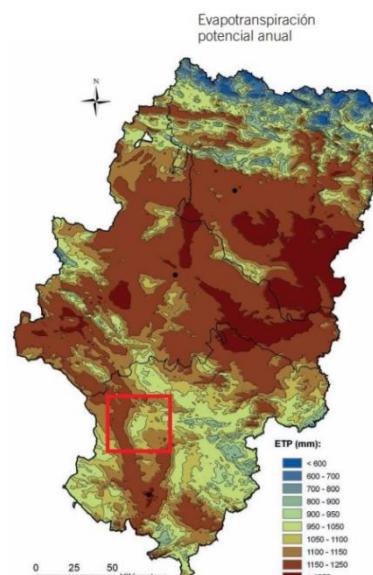


Figura 6: Mapa de evapotranspiración potencial de Aragón.

Fuente: Atlas Climático de Aragón

En Aragón el valor medio de ETP se sitúa en torno a 1.114,2 mm; en la zona de estudio de la cuenca alta del Pancrudo, los valores de ETP se sitúan en torno a esta media. Los valores de la zona de estudio son consecuencia de una posición latitudinal más meridional y de unas temperaturas máximas moderadamente altas. Cabe destacar que los valores de ETP más elevados se producen en los meses de verano, donde se puede evapotranspirar un 50% del valor anual.

La evapotranspiración es mayor en el tramo final del río. Esto se puede deber a que existen varias zonas de repoblaciones forestales y numerosas plantaciones de chopos en el entorno de la vega del Pancrudo. En la zona de cabecera, las precipitaciones no son mucho más elevadas, hay mayor cantidad de espacio dedicado a la agricultura, estos son los principales factores que explican que sea mayor la evapotranspiración potencial en la desembocadura del río Pancrudo.

Tras el análisis realizado es de esperar que las aportaciones hídricas al caudal del río no sean muy elevadas. Las precipitaciones no son elevadas, la evapotranspiración es muy alta y el balance hídrico es negativo, por tanto a priori el caudal del río Pancrudo presentará unas cifras reducidas. Este análisis se completa en el apartado de disponibilidad de caudal dentro del Comportamiento Hidrológico.

#### **4.1.2 Análisis de pendientes**

En este apartado se trata de abordar el tema de las pendientes de la zona de estudio, sus características y de qué manera influye sobre el comportamiento del agua en el medio natural. Se ha elaborado un mapa de pendientes, el cual se muestra a continuación.

Como se puede apreciar en el mapa, la cuenca del Pancrudo muestra una densa red de barrancos de incisión lineal. En la parte oriental de la zona de estudio se encuentran las sierras de Pelarda y Fonfría, presentan las mayores alturas y se aprecian la mayor parte de los barrancos de incisión lineal. En la zona de cabecera, en torno a los montes de Alpeñés hay notables pendientes con pendientes largas e inclinadas. Al norte del mapa, en la zona de desembocadura, también son numerosos los barrancos de incisión lineal instaurados sobre arcillas principalmente, estos pertenecen al sector sur del Monte Palmero.

Al Sur y Suroestes se encuentra la sierra de Lidón, es una sierra de menor entidad, con menores alturas y más aplanada con zonas como los Llanos de la Dorada.

En el tramo medio del río, predomina el relieve tabular, con pendientes notables en las laderas. La erosión sobre los materiales más blandos genera tollos.

En el fondo de los barrancos hay barrancos de incisión lineal y valles de fondo plano, en Aragón se conocen como val (se aprovechan para usos agrarios y coinciden con la red de ramblas y arroyos con caudal ocasional).

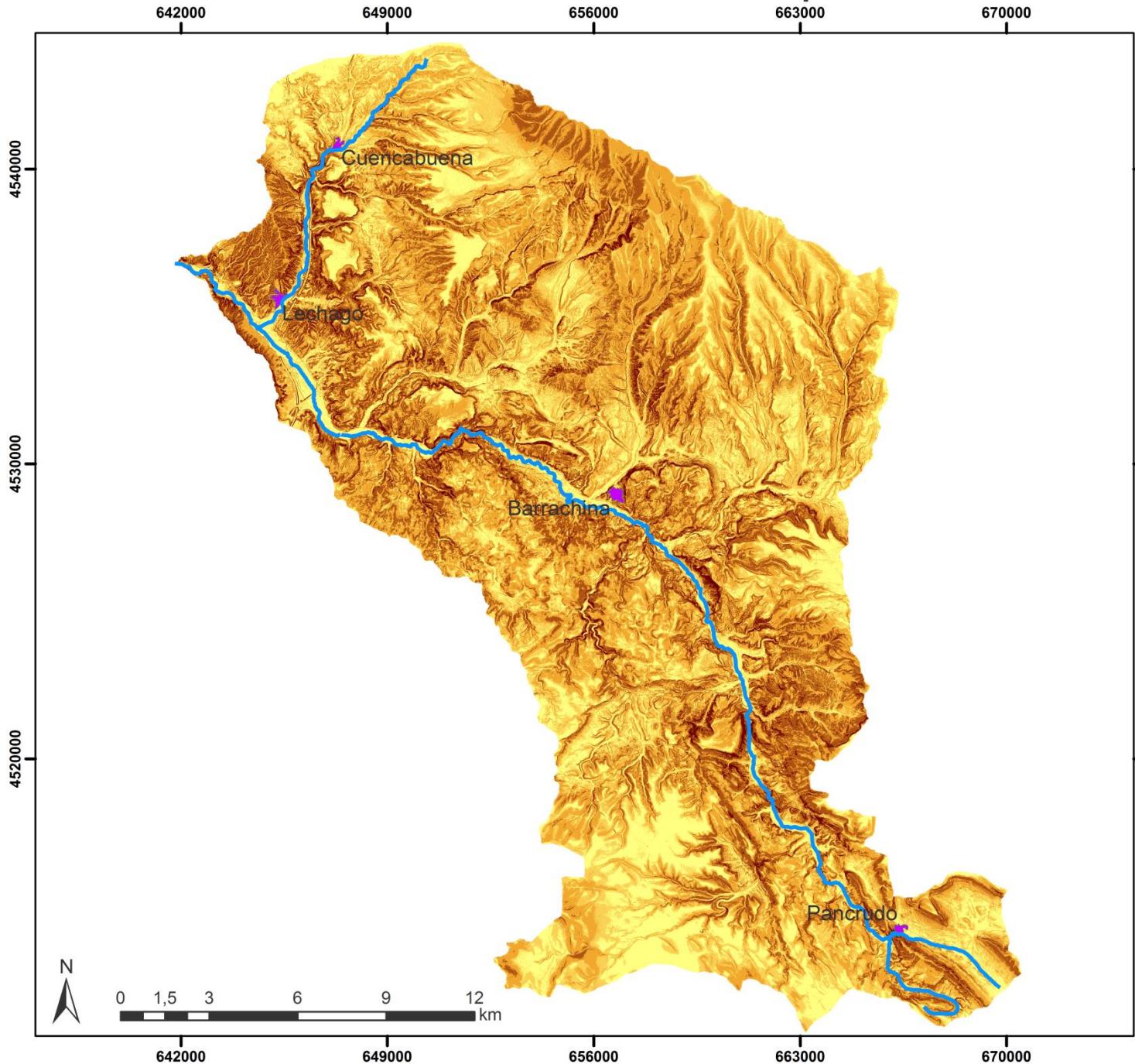
El río en su tramo medio se encuentra bastante encajado, son varios los conos de deyección que se forman en la llanura aluvial del río Pancrudo debido a la llegada de barrancos de las sierras adyacentes, por ejemplo, Torre los Negros se sitúa en uno.

El mapa muestra con colores más oscuros las zonas que tienen unos desniveles mayores, donde las pendientes superan el 50%. Se han establecido cinco categorías que son: Menos de 5%, Entre 5 y 10%, Entre 10 y 25%, Entre 25 y 50% y Más de 50%.

Como se aprecia en el mapa el río Pancrudo no nace en una zona agreste, es una zona con pendientes medias, y es prácticamente la zona más aplanada de toda el área de estudio, la altitud es elevada, en torno a 1250 metros de altitud. A lo largo del recorrido del río, recibe aportes de las sierras adyacentes, las de mayores pendientes se encuentran localizadas en la margen derecha. Conforme el río desciende en altura, la entidad de las sierras que tiene al este son de mayor entidad, primero los montes de Alpeñes, a continuación sierra de Pelarda y por último la sierra de Fonfría. Por tanto en la margen derecha se presenta un cordón continuo de alineaciones montañosas, con las mayores alturas en la zona de Fonfría. Es esta zona la que favorece a la escorrentía superficial, mientras que en las zonas llanas se favorece a la infiltración, favoreciendo el relleno de las aguas subterráneas. En las zonas de pendientes medias tiene lugar una mezcla entre la escorrentía superficial y la infiltración.

A lo largo del transcurso del río es notable también la cantidad de muelas que hay, destacando por su tamaño las de Lechago, Cuencabuena y Cutanda.

# Modelo de pendientes



#### 4.1.3 Litología

El análisis litológico se ha llevado a cabo a partir de la información de las distintas hojas necesarias del Mapa Geológico de España 1:50.000, serie Magna. Como se cita en la metodología, para realizarlo se ha seguido un proceso de agrupamiento de las formaciones litológicas para configurar la leyenda de este mapa según la litología, de esta forma queda un leyenda común para todo el área de estudio ya que ha habido que juntar seis hojas del mapa geológico con una leyenda diferente cada una de estas hojas.

A simple vista, como se puede apreciar en el mapa la mayor parte de los materiales de la zona de estudio son terciarios.

Según de Jaime (2011) “La mayor parte de los materiales terrestres que afloran en la cuenca del Pancrudo son rocas sedimentarias depositadas a lo largo del Terciario aunque existen rocas metamórficas paleozoicas y sedimentos cuaternarios en el fondo de valle”.

En la zona de cabecera del río, los materiales principales son arcillas triásicas, calizas jurásicas y cretácicas, arcillas y yesos mesozoicos y en menor medida, detríticas cenozoicas terciarias al este. Esta zona de cabecera es la que se localiza en torno a la sierra de Lidón.

Las sierras de Pelarda y de Fonfría presentan materiales dispares, entre los que predominan; arenas, limos, conglomerados con arcillas rojas, pizarras paleozoicas, calizas y margas mesozoicas, pero sobre todo, detríticas cenozoicas terciarias. También hay afloramientos de materiales detríticos cenozoicos cuaternarios en torno a la sierra de Fonfría. Este sector ocupa la mayor parte del este de la cuenca.

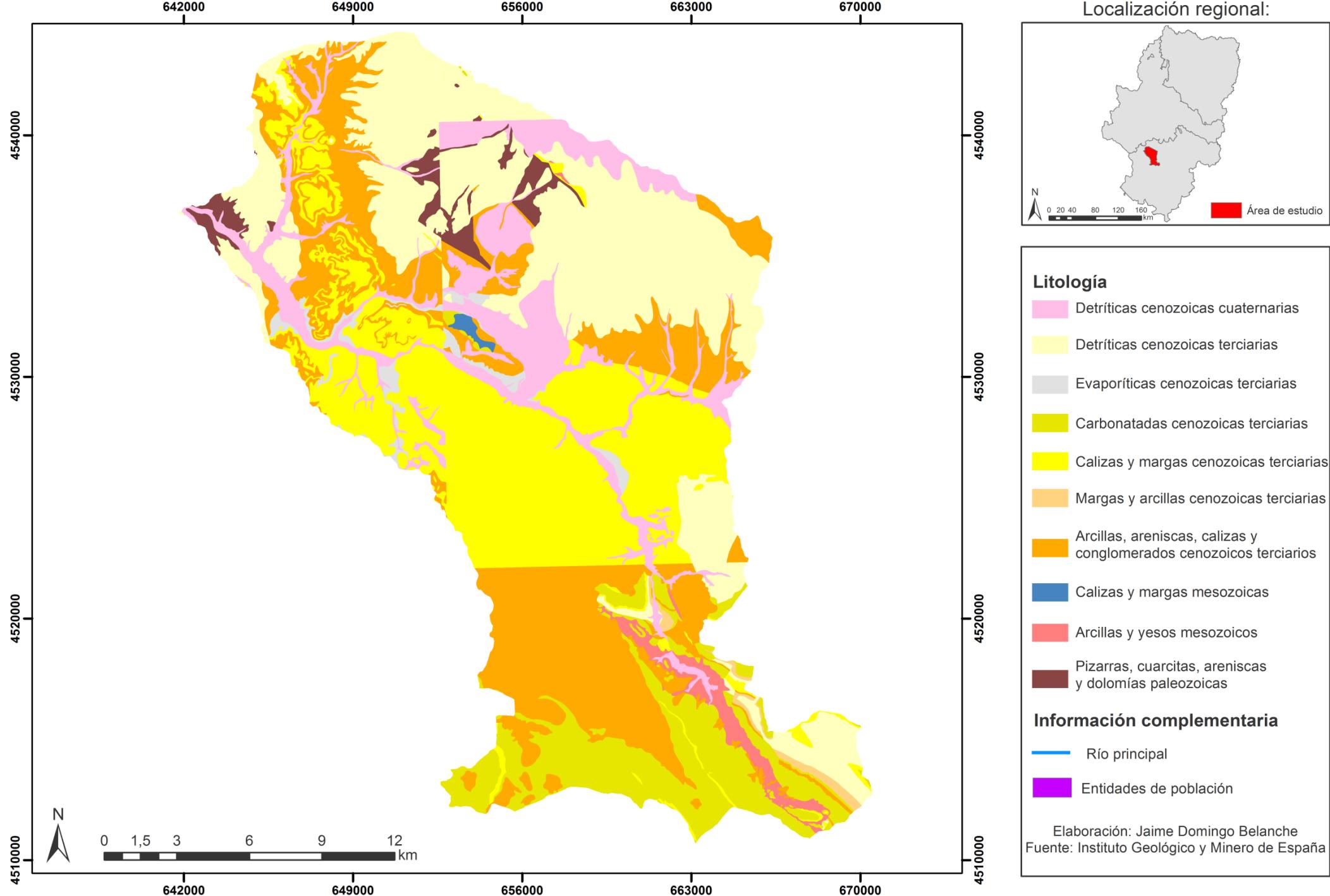
El río se ha tenido que abrir camino en una zona de gruesos paquetes de calizas, por eso presenta en su sector central un encajamiento claro.

En torno a la desembocadura del río Pancrudo es notable también un afloramiento de pizarras paleozoicas.

El predominio de materiales calcáreos facilita los procesos de infiltración y percolación, lo que reduce la escorrentía superficial y por tanto, reduce el agua que finalmente llega al cauce por la alta permeabilidad. Este componente carbonatado mitiga también los posibles efectos que podría tener la escorrentía superficial, por tanto reduce considerablemente el riesgo de crecidas. La existencia de este tipo de litologías favorece la karstificación o disolución de los carbonatos.

En las zonas de materiales detríticos la permeabilidad es menor, por tanto los procesos de escorrentía superficial son más elevados, por tanto aumenta la cantidad de agua que llega al cauce por escorrentía superficial y aumenta el riesgo de crecidas.

# Litología de la cuenca



#### **4.1.4 Análisis de vegetación y usos del suelo**

La cuenca del río Pancrudo tiene una disposición de los usos del suelo muy variada. Para poder saber los usos y la vegetación existente se ha elaborado un mapa a partir del Corine Land Cover de 2006.

A primera vista en el mapa no hay un claro predominio de un tipo de uso. Entrando en detalle se llega a la conclusión de que predomina el uso agrícola, en concreto las tierras de labor de secano. No hay vastas extensiones agrarias en la zona, hay un predominio de los campos de cultivo de dimensiones escasas, debido al relieve, intercalándose tanto con matorrales esclerófilos como con bosques de coníferas y frondosas.

Según de Jaime (2009) “La vegetación actual dista mucho de la etapa clímax como consecuencia de la intensa y secular acción humana para la obtención de tierras de cultivo, pastos y combustible. Los ecosistemas forestales se han reducido en extensión, han modificado su estructura y su funcionamiento siendo sustituidos por estadios inmaduros de la sucesión ecológica o transformándolos en ecosistemas agrarios.”

Las tierras de labor de secano cuentan con cultivos como trigo, cebada, avena, leguminosas como el guisante forrajero o pipirigallo. La vegetación de las zonas de ladera y zonas más elevadas cuentan con vegetación esclerófila como pueden ser los erizones, tomillo, junco florido, lino...

También se encuentran en la zona bosques de coníferas. Estos tienen relación principalmente con repoblaciones forestales de pinos, es el caso de los pinares de Lechago, Valverde o el de la Sierra Pelarda. Estos se corresponden con diferentes repoblaciones a lo largo del siglo XX. Se encuentran también zonas de bosques de frondosas y bosque mixto, donde los principales ejemplares son el rebollo, el roble marojo, la carrasca y algunos ejemplares de sabina.

El Majoral de Pelarda ha visto reducidas sus dimensiones notablemente debido al uso agrario del suelo y por la repoblación de pinos. Las zonas que quedan de roble marojo en torno a Olalla tienen una alta densidad y se combinan con orquídeas, geranios y alguna leguminosa. En el fondo de estos barrancos crecen sauces.

La sierra de Fonfría está declarada como zona LIC (Lugar de Importancia Comunitaria). En esta zona se encuentran algunos magníficos rebollares, pinares de rodeno y quejigares. Las laderas septentrionales y meridionales están dominadas por quejigares y en algunas zonas por sabinas, como es el caso del sabinar de Olalla. El sabinar de Olalla es un bosque abierto formado por grandes sabinas albares, muchas de ellas centenarias. Se trata de un bosque

mixto de sabina albar con rebollo y carrasca. Es importante también el sabinar del Villarejo de los Olmos, se localiza en una extensa plataforma calcárea.

En torno al municipio de Godos también es importante la presencia de bosque mixto, se trata de pino silvestre con matorrales de rebollo y marojo.

Al norte de la cuenca también se encuentra un enclave florístico singular, es el rebollar de Cuencabuena. Se compone principalmente de rebollo y un sotobosque de espino albar, jara y madreselvas.

En la zona de cabecera hay páramos que se aprovechan para pastos permanentes. Estos pastos se encuentran en las zonas más elevadas de la sierra de Lidón. Estos pastos han sido utilizados, al igual que la vegetación esclerófila, como recurso para el ganado ovino que siempre ha tenido una cabaña ganadera con numerosos ejemplares en la zona. Esta cabaña ganadera se ha visto muy reducida en los últimos 30 años debido principalmente al bajo beneficio que generan y al envejecimiento de la población de la zona.

En torno al propio cauce del río, a partir del tramo medio del cauce se aprovecha el agua para regar la vega del río Pancrudo. Esta vega es de escasas dimensiones, muy limitada por la estrechez de la llanura aluvial del río. El bosque de ribera del río es muy escaso, prácticamente se basa en una estrecha fila de chopos cabeceros, estos son una variedad de álamo negro que se poda de manera singular, antiguamente se utilizaban las ramas para la construcción. Esta variedad posee un importante valor cultural y etnológico ya que es una variedad única en Europa (Herrero, 2004).

Tras describir la vegetación de la zona y los principales usos del suelo es importante también hacer hincapié a las consecuencias que generan sobre los recursos hídricos. Las zonas con menor vegetación benefician directamente a la escorrentía superficial, lo que se traduce directamente en mayor cantidad de agua que pasa a formar parte del caudal del río. Las zonas de mayor vegetación favorecen otro tipo de procesos como son la infiltración. Además en las zonas con mayor vegetación la evapotranspiración potencial es mayor, por tanto, la vegetación de la zona estudiada no favorece a que la mayoría del agua que precipita pase a formar parte del caudal del río porque hay una gran cantidad de zonas cubiertas por vegetación arbórea y de matorrales.

La vegetación de la zona de estudio se adapta muy bien a las escasas precipitaciones. Tanto el matorral esclerófilo como las formaciones de porte arbóreo están adaptadas a un clima frío y poco húmedo. La vegetación de mayor porte habitualmente se encuentra en muchos de los barrancos, por tanto tiene capacidad de retención de algunos de los materiales

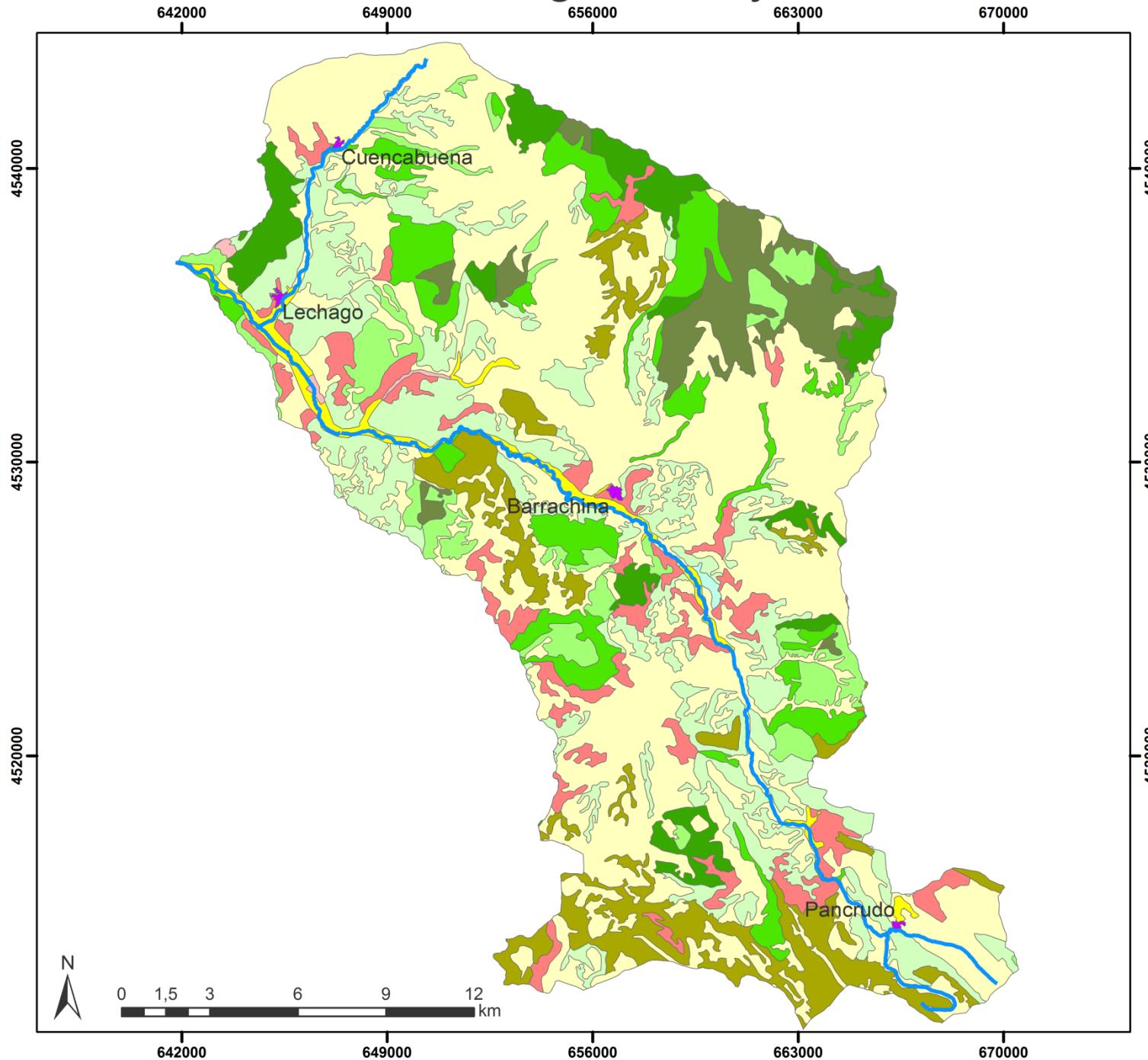
arrastrados por las crecidas. La vegetación de menor porte sirve para reducir la cantidad de agua que se moviliza por escorrentía superficial.

Se ha calculado la superficie que ocupa cada uso del suelo, el resultado es el siguiente:

- Tierras de labor de secano 207.8 km<sup>2</sup>
- Terrenos regados permanentemente 9.1 km<sup>2</sup>
- Pastizales naturales 38.75 km<sup>2</sup>
- Mosaico de cultivos 0.85 km<sup>2</sup>
- Terrenos principalmente agrícolas 28.72 km<sup>2</sup>
- Bosque de frondosas 36.08 km<sup>2</sup>
- Bosque de coníferas 25 km<sup>2</sup>
- Bosque mixto 23.83 km<sup>2</sup>
- Matorrales esclerófilos 75.68 km<sup>2</sup>
- Matorrales boscosas de transición 26.22 km<sup>2</sup>
- Espacios con vegetación escasa 0.49 km<sup>2</sup>

Una vez que se obtienen las superficies de cada uso, se puede apreciar que la suma de la vegetación natural tiene como resultado 225.68 km<sup>2</sup>, más que la superficie que se dedica a la agricultura, por tanto, no hay un predominio claro del uso agrario.

# Vegetación y usos del suelo



## 4.2 Red de drenaje

El conjunto de cursos fluviales que drenan la superficie de una cuenca integran su red de drenaje. Por su trazado conjunto, la del río Pancrudo podría definirse como una red dendrítica, una de las tipologías de redes más habitual en nuestro entorno geográfico. Se ha cartografiado esta red de drenaje con sumo detalle, para poder analizar posteriormente alguna de sus características con gran precisión, a través de la morfometría fluvial.

### 4.2.1 Morfometría

Dentro de los factores que condicionan el comportamiento hidrológico se incluye el diseño y configuración de su red de drenaje. Muchas de las características de esta red de drenaje y de la cuenca que drena se pueden cuantificar a través de la morfometría fluvial, disciplina que aúna geomorfología y la hidrología. El punto de partida de un análisis morfométrico es la jerarquización de la red de drenaje y el posterior cálculo de una serie de parámetros e índices que cuantifican diferentes características de la red y su cuenca. Los parámetros se pueden medir directamente, en tanto que los índices requieren de un cálculo que toma como elementos de partida o bien parámetros o bien otros índices. Parámetros e índices se agrupan en variables referidas a distintas propiedades de la red y de la cuenca fluvial.

El mapa resultante de la jerarquización es la consecuencia de digitalizar de manera manual todos los cauces de la red de drenaje. Para poder dibujarlos se creó un modelo de iluminaciones que junto con las curvas de nivel facilitaron la cartografía de los cursos fluviales. Como ya se ha dicho en el apartado de metodología, se partió de la red incluida en el Mapa Topográfico Nacional 1:25.000, que resulta incompleta para nuestros objetivos, por lo que se tuvo que realizar esta larga tarea de digitalización manual de numerosos cauces de la red de drenaje.

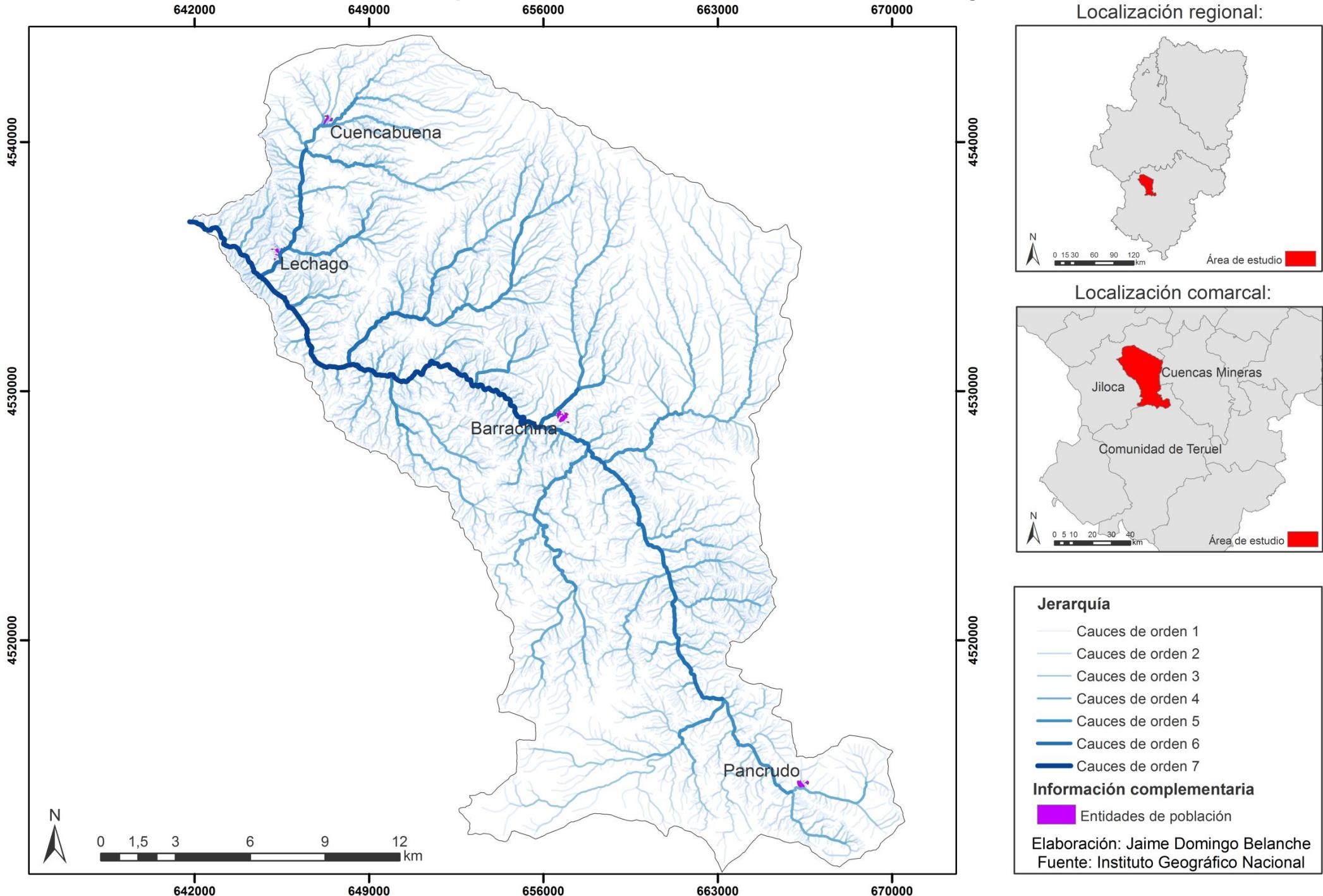
Orden	Número de cauces
N1	7810
N2	1554
N3	329
N4	71
N5	15
N6	4
N7	1

Tabla 2: Causas por cada orden. Elaboración propia

El resultado es un mapa compuesto por 9784 cauces, jerarquizados según los criterios de Horton-Strahler. El resultado ha sido una clasificación en 7 órdenes diferentes, siendo 7 el orden mayor (Tabla 2).

Como se puede apreciar en el mapa se ha jerarquizado toda la cuenca, los tonos más claros y líneas más finas representan los cauces de menor orden, conforme las líneas ganan grosor e intensidad aumenta el orden. A priori, se observa que la mayor parte de los cauces se localizan en la margen derecha del cauce principal, lo cual parece ser razonable ya que se encuentran en esta margen las principales sierras, donde la actividad hídrica es mayor. El mapa también permite apreciar con claridad que la cuenca del río Pancrudo dispone de una importante red que posibilita su adecuado y completo drenaje.

# Jerarquización de la red de drenaje



Efectuada la jerarquización, para completar este apartado se han calculado también las **variables morfométricas de la cuenca**.

A continuación se muestran los resultados de aplicar dichas variables sobre el estudio de la cuenca del río Pancrudo. Se han utilizado cinco grupos de variables; variables topológicas, variables de relieve, variables de intensidad fluvial, variables de longitud de los cauces y variables geométricas de la cuenca. Estos son los grupos de variables más frecuentes en los estudios de morfometría fluvial (Romero y López Bermúdez, 1987; Sánchez-Fabre, 1990; Senciales, 1999).

**Variables topológicas:** estas variables se han obtenido del mapa de la jerarquización de la red de drenaje.

Orden	Número de cauces
<b>N1</b>	7810
<b>N2</b>	1554
<b>N3</b>	324
<b>N4</b>	71
<b>N5</b>	15
<b>N6</b>	4
<b>N7</b>	1
<b>NT</b>	9784

Tabla 3: Cauces por cada orden. Elaboración propia.

	Relación de Bifurcación
<b>Rb= N1/N2</b>	5.02
<b>Rb= N2/N3</b>	4.79
<b>Rb= N3/N4</b>	4.56
<b>Rb= N4/N5</b>	4.73
<b>Rb=N5/N6</b>	3.75
<b>Rb=N6/N7</b>	4

Tabla 4: Relación de Bifurcación. Elaboración propia.

La cuenca del río Pancrudo se compone de 9784 tramos de cauce, los cuales están recogidos en 7 órdenes diferentes, siendo orden 7 el mayor. De los 9784, 7810 tramos pertenecen a orden 1, siendo los de este orden los más numerosos en la cuenca. Los cauces de orden dos son 1554, los de orden 3 son 324, los de orden 4 son 71, los de orden 5 son 15, los

de orden 6 son 4 y por último, de orden 7 solamente hay un cauce que se corresponde con el río Pancrudo.

La relación de bifurcación es más elevada en los órdenes jerárquicos menores, esto se debe principalmente a que hay más tramos de cauce de estos tipos. La relación de bifurcación de orden uno con respecto a orden dos es la más elevada, 5.02, debido a la gran cantidad de cauces de orden 1 que hay.

En la Tabla 4, se puede apreciar que todos los valores se encuentran entre 3 y 5, lo que indica una adecuada jerarquización de la red, y por tanto, un buen drenaje de la cuenca del río Pancrudo.

**Variables de relieve:** Los datos se han obtenido del Modelo Digital del Terreno y de un mapa de intervalos de altura creado a posteriori.

<b>Altitud (msnm)</b>	
<b>HM= Altitud máxima de la cuenca</b>	1490
<b>Hm= Altitud mínima de la cuenca</b>	861
<b>AM= Altitud media de la cuenca</b>	1169.34

Tabla 5: Altitudes de la cuenca. Elaboración propia.

<b>Intervalos de altura</b>	<b>Superficie( km<sup>2</sup>)</b>	<b>Porcentaje de la cuenca (%)</b>
<b>860-1000</b>	39.3	8.45
<b>1000-1300</b>	362.68	77.99
<b>1300-1500</b>	70.71	13.56

Tabla 6: Superficie por intervalos de altura. Elaboración propia.

<b>d: Desnivel absoluto de la cuenca</b>	<b>629m</b>
<b>pca: Pendiente media del cauce principal (%)</b>	0.79
<b>Rr: Razón de relieve</b>	0.237
<b>NR: Número de rugosidad</b>	3591.59
<b>Ft: Factor topográfico</b>	55.57

Tabla 7: Otras variables de relieve. Elaboración propia.

La cuenca del río Pancrudo presenta una altura media de 1169.34 metros, siendo la cota máxima de 1490m y la cota mínima de 861m. En el mapa realizado de intervalos de altura se puede apreciar que la mayor parte del área estudiada se sitúa en una altitud entre 1000 y 1300m, concretamente un 78% de la superficie de la cuenca. Las zonas por debajo de la

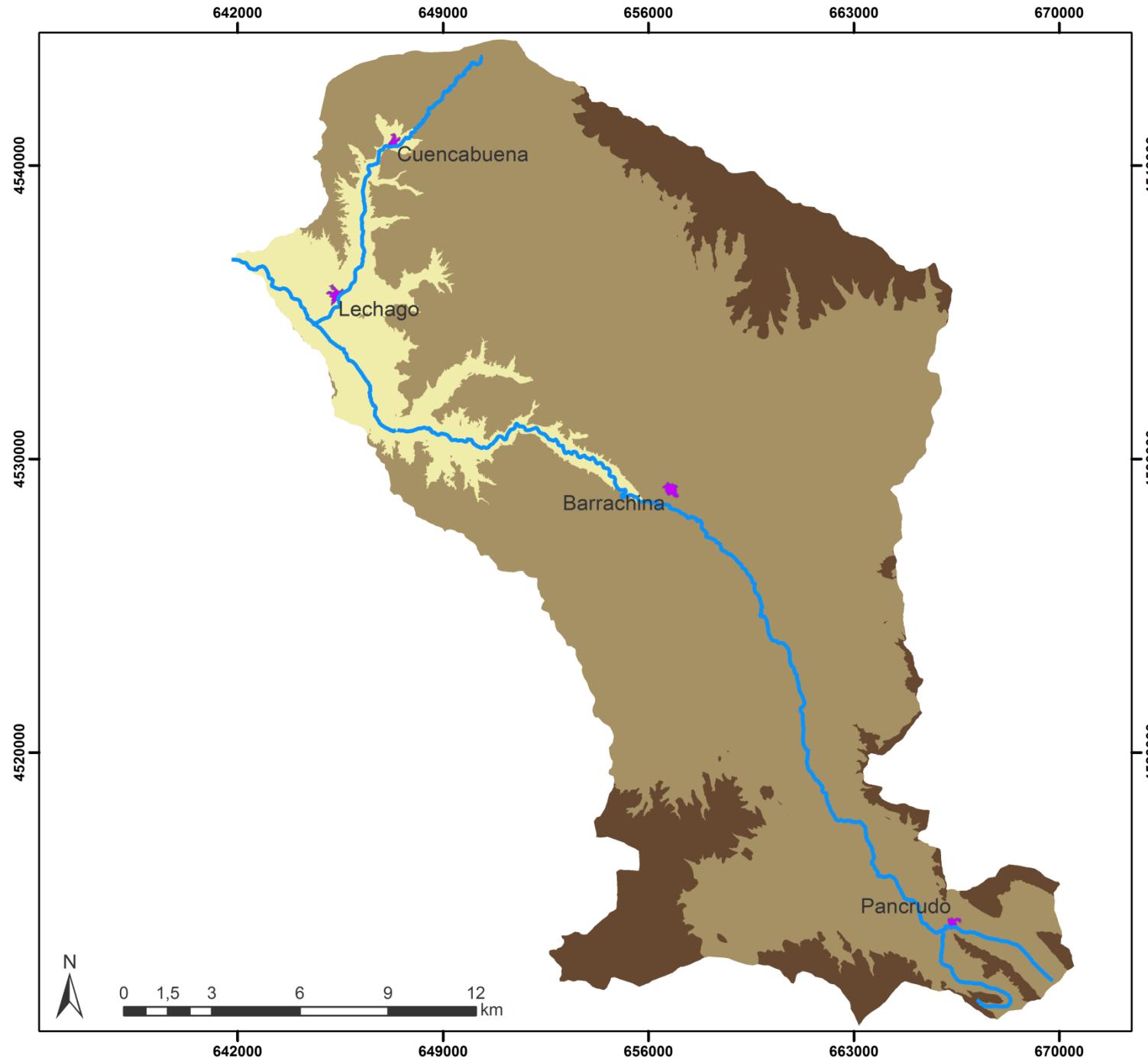
media, entre 860 y 1000m solamente suponen un 8.45% de la superficie de la cuenca, mientras que el 13.56% del territorio de la cuenca está por encima de 1300m que se corresponden con las sierras de Lidón, Pelarda, Fonfría y algunas cotas de los montes de Alpeñés.

El desnivel absoluto de la cuenca es de 629 metros. La pendiente media del cauce es de 0.79%, por tanto, se puede obtener el tiempo de concentración en 5.79 horas, calculado por la siguiente fórmula;  $TC=0.3(L/J^{0.25})^{0.76}$ .

El número de rugosidad expresa el grado de resistencia que encuentran los cauces en función de la densidad de la red de drenaje, en este caso presenta un calor de 3591.59, valor elevado, expresivo de la gran irregularidad del terreno y los continuos desniveles.

A continuación se muestra el mapa de intervalos de altura.

# Intervalos de altura



Localización regional:



Localización comarcal:



## Intervalos de altura

- Menos de 1000 msnm
- Entre 1000 y 1300 msnm
- Más de 1300 msnm

## Información complementaria

- Río principal
- Entidades de población

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

### Variables de intensidad fluvial:

<b>Dd: Densidad de drenaje</b>	5.71
<b>Ct: Coeficiente de torrencialidad</b>	95.88
<b>Cm: Constante de mantenimiento del cauce</b>	0.175
<b>LD:Índice de longitud del flujo de escorrentía superficial</b>	0.088

Tabla 8: Variables de intensidad fluvial. Elaboración propia.

<b>Índice frecuencia= N1/A (Strahler)</b>	16.79
<b>Índice Frecuencia= NT/A (Horton)</b>	21.04

Tabla 9: Índices de frecuencia. Elaboración propia.

La cuenca del río Pancrudo presenta una densidad de drenaje elevada, 5,71 Km/Km<sup>2</sup>, por tanto, es una textura media según la clasificación de Strahler. Según el método de Morisawa, la textura es gruesa, ya que es menor a 8.

Según el índice de frecuencia de Strahler la cuenca tiene una cantidad de cauces de orden N1 respecto al área de 16.79 Km/Km<sup>2</sup>, si se calcula el índice de frecuencia según el método de Horton, el resultado es 21.04 Km/Km<sup>2</sup>.

El coeficiente de torrencialidad presenta un valor elevado, 95.88, lo que supone que predominan los cauces de orden N1.

Lo más importante de este conjunto de variables es apreciar que, a pesar de los casi 10.000 segmentos de cauce existentes, los valores de densidad de drenaje clasifican la red, a nivel mundial, como una red de densidad baja o media, en la línea de lo que ocurre casi siempre en nuestro ámbito geográfico.

### Variables de longitud de los cauces:

Como es de esperar, la mayor longitud de los tramos de cauce se localiza en los tramos de orden 1, la suma de todas las longitudes de estos cauces tiene como resultado un total de 1584.3 Km. Los cauces de mayor orden son los que presentan una suma menor, dado que es mucho menor la cantidad de dichos cauces, para el caso de orden 6 es 28.28 y para orden 7 20.91.

La longitud media de los cauces es solamente de 270 metros, esto se debe a que la mayoría de los cauces son de orden 1 y se corresponden con pequeños barrancos.

La longitud total de los cauces presenta un valor elevado, 2656.41 debido a la densidad que presenta la red de drenaje del río Pancrudo. Dicha cantidad parece muy elevada si se tiene en cuenta que el cauce principal mide 48.1 km.

Longitud de los tramos de cada orden	Kilómetros
<b>L1</b>	1584.3
<b>L2</b>	571.6
<b>L3</b>	277.39
<b>L4</b>	121.73
<b>L5</b>	52.2
<b>L6</b>	28.28
<b>L7</b>	20.91

<b>LT: Longitud total de los cauces</b>	2656.41 Km
<b>Lu: Longitud media de los cauces</b>	270 m
<b>L: Longitud del cauce principal</b>	48.1 Km

Tabla 10: Longitud de los tramos. Elaboración propia.

RI (razón de longitud)	
<b>RI=L1/L2</b>	0.36
<b>RI=L2/L3</b>	0.49
<b>RI=L3/L4</b>	0.44
<b>RI=L4/L5</b>	0.34
<b>RI=L5/L6</b>	0.54
<b>RI=L6/L7</b>	0.74

Tabla 11: Razón de longitud. Elaboración propia.

Se ha calculado también la razón de longitud, los valores más elevados en los cauces de mayor orden y todos los valores, en conjunto, mostrando una lógica relación de longitud ya que los cauces de mayor orden van ganando tamaño con respecto a los de menor, si consideramos cada uno de ellos por separado. Otra cosa es, tal como se ha señalado anteriormente, que al haber más cauces de órdenes inferiores, la suma total de sus longitudes supere la suma de los cauces de órdenes más altos.

### Variables geométricas de la cuenca:

<b>A: Área</b>	465 Km <sup>2</sup>
<b>P: Perímetro</b>	126.6 Km
<b>L: Longitud</b>	39.4 Km
<b>W: Anchura</b>	20.1 Km
<b>Ic: Índice de compacidad</b>	1.64
<b>Re: Razón de elongación</b>	0.62
<b>Rc: Razón de circularidad</b>	0.364
<b>Fo: Forma de la cuenca</b>	3.33

Tabla 12: Variables geométricas. Elaboración propia.

Las variables geométricas calculadas en la tabla anterior muestran el área, que es de 465 Km<sup>2</sup> también el perímetro que es de 126.6 Km, la longitud y anchura, que son 39.4 y 20.1 Km respectivamente.

El índice de compacidad muestra que la cuenca es oblonga, ya que el valor es superior a 1,5 y menor a 1,75. El valor de 0.364 de la razón de circularidad muestra que la cuenca tiene forma alargada, y como se puede apreciar en la cartografía realizada es cierto. El valor de elongación de 0.62 también muestra que la cuenca es alargada. El valor de la forma de la cuenca está lejos del valor 1.273 que significa que una cuenca es circular, en este caso, 3.33 es un valor que muestra que la cuenca tiene forma alargada. Esta forma claramente alargada guarda relación con el valor considerable obtenido para el tiempo de concentración, más de cinco horas y media, que implica un cierto retraso entre el momento de entrar las precipitaciones en la cuenca y el momento de producirse el pico de crecida. Además, esta forma alargada supone una mayor dispersión en el momento de llegada del agua hasta el cauce principal, procedente de los distintos afluentes, lo que disminuye habitualmente los caudales punta, con respecto a los que podrían alcanzarse en una cuenca de similar tamaño pero circular.

### 4.3 Comportamiento hidrológico

El objetivo de esta parte de nuestro trabajo es estudiar los elementos del comportamiento hidrológico. Para ello nos vamos a apoyar en las series de registros instrumentales de aforos disponibles y en una serie de gráficas que representan el caudal específico, irregularidad interanual, la variación estacional y por último los fenómenos extremos, tanto estiajes como crecidas.

Los datos se han descargado de la página web del Anuario de Aforos, del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. La estación de aforo a la que pertenecen los datos es la 9041, situada aguas abajo de la localidad de Navarrete del Río. Este aforo es el único existente en la cuenca del río Pancrudo, cuenca que pertenece al río Jiloca, incluida en la cuenca hidrográfica del río Ebro. La serie de datos completa comprende desde el año hidrológico 1948-1949 hasta 2012-2013. Cabe reseñar que hay dos años hidrológicos que no tienen información, 1989-1990 y 1990-1991. Esto supone disponer de una serie muy prolongada en el tiempo y que, por tanto, nos permite caracterizar adecuadamente el comportamiento del río Pancrudo.



Figura 7: Localización de la estación 9041. Fuente: MAGRAMA



Figura 8: Estación de aforo junto al municipio de Navarrete del Río. Fuente: MAGRAMA

#### **4.3.1 Disponibilidad de caudal**

El caudal es la cantidad de agua que lleva un río en un momento y un lugar determinados. Se mide en  $m^3/s$ . En nuestro caso, el río Pancrudo se caracteriza por tener un caudal irregular, habitualmente escaso, con crecidas importantes en etapas puntuales del año, principalmente en periodo estival. Las avenidas son temidas por los ciudadanos ya que a menudo causan desperfectos tanto en parcelas agrarias como en algunas viviendas particulares.

El escaso caudal se traduce en que prácticamente el único cauce que tiene agua permanente durante todo el año es el propio río Pancrudo. El resto de afluentes consisten en una serie de barrancos y arroyos que sólo disponen de aportaciones de manera esporádica.

El río Pancrudo cuenta con un embalse que regula sus aguas, este aún no se encuentra a pleno funcionamiento ya que está en proceso de pasar las pruebas de seguridad antes de llenarse a su completa capacidad. Este embalse se sitúa aguas abajo de la estación de aforo de Navarrete del Río, por tanto, no afecta a la naturalidad del río en su comportamiento aguas arriba de dicho aforo, sintetizado en las gráficas realizadas en este capítulo.

El río Pancrudo no cuenta con una vega amplia, ya que en la mayor parte de las zonas en las que hay regadío, la vega no tiene más de un kilómetro de ancha en su parte más amplia, siendo la anchura habitual entre 500 y 700 metros. Esta vega si sitúa de manera continua desde la mitad del Pancrudo hacia aguas abajo, hasta el embalse de Lechago. En comparación con cuencas adyacentes como la del Huerva, Alfambra o Jiloca cuenta con una explotación de regadío muy poco significativa, aunque el caudal del río tampoco permitiría regar grandes extensiones.

Como se ha comentado anteriormente, es un río muy poco caudaloso, su caudal medio es de solamente  $0.43\ m^3/s$ . Como se comprueba en las figuras 9 y 10, su mayor caudal tuvo lugar en 1959-60 y 1953-53. El mes que presenta mayores caudales es abril seguido de mayo, sin superar  $0.5\ m^3/s$ .

A continuación se presenta la figura 9, caudal específico. El caudal específico se obtiene de la división del caudal entre la superficie de la cuenca, se expresa en litros/segundo/kilómetro cuadrado. Los valores que se han obtenido son bajos, sin superar  $3.5\ l/s/km^2$ . Solamente se superan los  $3\ l/s/km^2$  en el año hidrológico 1959-1960.

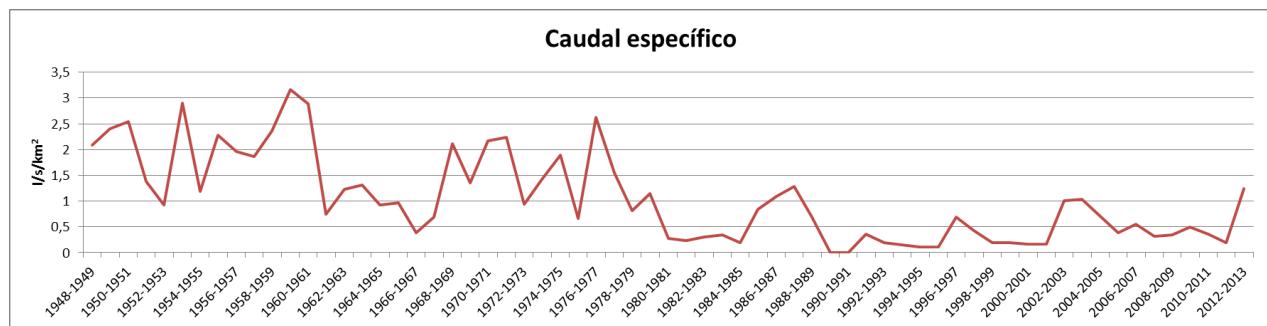


Figura 9: Caudal específico del río Pancrudo en Navarrete del Río. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

Los últimos años del gráfico muestran como el caudal ha caído desde 1980. El río prácticamente ha reducido su caudal a la mitad. Si se realiza la media desde el año hidrológico 1948-1949 hasta 1980-1981 el resultado es que el caudal específico medio se sitúa en 1.48 l/s/km<sup>2</sup> mientras que si se calcula para el periodo 1981-1990 hasta 2012-2013 el caudal específico medio desciende más de un litro, siendo 0.34 l/s/km<sup>2</sup>. Las razones que podrían justificar este cambio son un descenso en la cantidad de precipitaciones anualmente registradas en la cuenca y mayor presencia de cubierta vegetal que favorecería la infiltración y el consumo por parte de las plantas de agua que, de esta forma, no pasaría a engrosar el caudal del río.

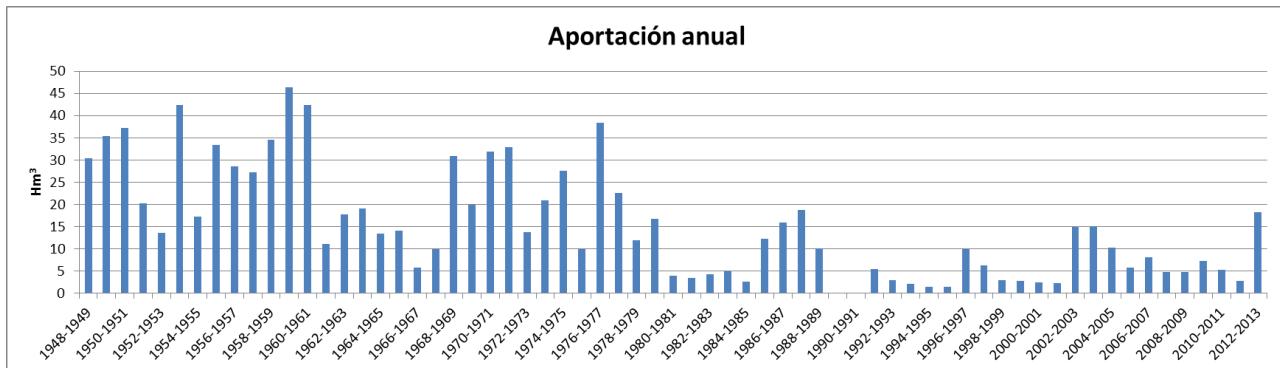


Figura 10: Aportación anual del río Pancrudo en Navarrete del Río. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

En la Figura 10 que se muestra la aportación anual se aprecia, como en la de caudal específico que la aportación del río Pancrudo ha descendido considerablemente. Hasta los años 80 el río realizaba unos aportes entre 5 y 46 hm<sup>3</sup> al año, mientras que a partir de los 80 los aportes han descendido, se localizan entre 1,5 y menos de 20 hm<sup>3</sup>. Se puede describir el río Pancrudo como uno poco caudaloso, las aportaciones anuales son escasas. A priori el descenso del caudal se puede atribuir a un aumento del consumo de agua para uso privado, así como un aumento del regadío de la zona. Las razones son prácticamente las mismas que en el caso de la figura 9.

### 4.3.2 Irregularidad interanual

El cálculo de la irregularidad interanual se realiza a partir de los datos de caudal medio anual o de las aportaciones. Recordemos que en este caso la serie de datos disponibles se extiende desde el año hidrológico 1948-1949 hasta 2012-2013.

El módulo corresponde con la media de todos los datos anuales representados.

En el gráfico se puede apreciar la serie de datos citados anteriormente, a partir de los años 80 en pocas ocasiones se supera el valor del módulo, concretamente en 5 veces. Algún año no se ha superado  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Entre los años hidrológicos 1955-1956 a 1960-1961 se superó todos los años el módulo, varios años superando  $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ . El módulo del río es  $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El resultado del **coeficiente de irregularidad** es 29, es un valor muy elevado que muestra que el río presenta una irregularidad interanual muy elevada. Estas irregularidades tan fuertes son características de los ríos poco caudalosos y del ámbito mediterráneo.

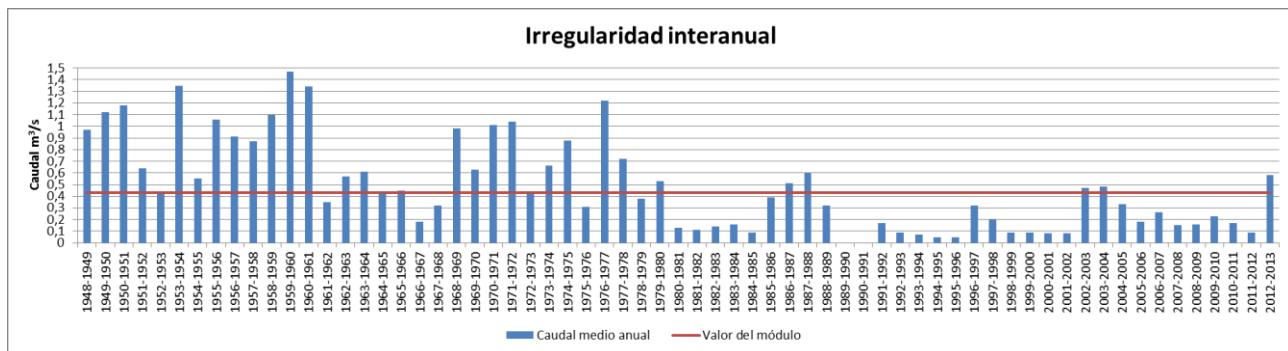


Figura 11: Irregularidad interanual del río Pancrudo en Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### 4.3.3 Variación estacional

En cuanto a la variación estacional se han analizado los datos de caudales medios mensuales y con ello se ha realizado la gráfica que presenta a continuación, figura 12. ésta muestra el caudal a lo largo del año. Como se aprecia, la variación es muy notable, con un máximo en abril y un mínimo que coincide con la estación estival. El mes de abril es el más caudaloso, con una media de  $0.45 \text{ m}^3/\text{s}$ , coincide con los máximos pluviométricos, los cuales tienen lugar entre los meses de abril, mayo y junio.

Se puede considerar que el río Pancrudo cuenta con un segundo máximo de caudal, en este caso secundario. Éste tiene lugar en enero, con un caudal medio de  $0.37 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Los mínimos como se ha señalado anteriormente, tienen lugar en los meses de verano, coincidiendo con los mínimos pluviométricos y las temperaturas más elevadas. El mes de agosto es el que presenta menores caudales, con menos de  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Podemos, por tanto, indicar que el régimen del río Pancrudo se identifica con un régimen complejo original, de tipo fluvial.

Se ha calculado el coeficiente de caudal, el cual se muestra a continuación en la siguiente tabla, tabla 12. Se puede apreciar que solamente en marzo y abril los valores son iguales o superiores a uno, por lo que se puede decir que constituyen el periodo de aguas altas del río, mientras que todos los valores inferiores a 1 muestra el periodo de aguas bajas.

	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Caudal m <sup>3</sup> /s	0,47674419	0,56976744	0,68604651	0,86046512	0,81395349	1	1,04651163	0,76744186	0,65116279	0,27906977	0,19767442	0,25581395

Tabla 12. Coeficiente de caudal del río Pancrudo en Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.



Figura 12: Variación estacional del río Pancrudo en Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

#### 4.3.4 Fenómenos extremos

Como fenómenos extremos se puede considerar dos tipos contrapuestos. El primero de ellos es una crecida, que supone un incremento rápido y acentuado del caudal de un río. Aunque actualmente se manejan diferentes umbrales de crecida, en este caso se considera la existencia de crecida a partir de los valores que triplican el módulo. El segundo caso es el estiaje, representa un descenso acentuado del caudal del río, el umbral fijado de modo cada vez más habitual es la mitad del caudal medio mensual más bajo.

##### Crecidas:

Antes de estudiar episodios de crecida concretos, a través del análisis de sus hidrogramas de crecida, se lleva a cabo un estudio sobre los datos de caudal máximo instantáneo mensual para que se pueda observar la distribución de las crecidas. La serie de datos disponible de caudal máximo instantáneo mensual comienza en 1991-1992 hasta 2012-2013.

## Caracterización de la cuenca del río Pancrudo

Año	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
1991-1992	0,26	0,29	0,41	0,26	0,26	0,26	0,65	0,37	0,87	0,95	0,17	0,13
1992-1993	0,17	0,21	0,19	0,21	0,17	0,15	0,15	0,1	0,06	0,03	6	0,21
1993-1994	0,11	0,11	0,15	0,17	0,13	0,15	0,1	0,09	0,1	0,02	0,04	0,05
1994-1995	0,26	0,23	0,09	0,1	0,13	0,13	0,05	0,07	0,13	0,01	0,15	0,06
1995-1996	0,03	0,1	0,1	0,11	0,1	0,1	0,44	0,13	0,17	3,46	0,21	0,03
1996-1997	0,05	0,1	1,55	4,77	1,17	0,51	0,51	0,31	0,6	10,21	7,87	1,02
1997-1998	0,17	0,19	0,31	0,37	0,34	0,44	0,34	0,44	35,2	0,13	0,05	0,09
1998-1999	0,13	0,15	0,13	0,15	0,17	0,21	0,21	0,17	0,65	1,55	1,1	0,95
1999-2000	0,13	0,21	0,13	0,13	0,13	0,11	0,15	2,43	0,17	0,03	0,1	0,03
2000-2001	0,07	0,1	0,13	0,13	0,15	0,21	0,13	0,15	0,15	0,13	1,55	0,04
2001-2002	0,07	0,09	0,1	0,48	0,1	0,1	0,29	0,23	0,15	0,03	3,12	2,77
2002-2003	1,67	0,13	0,23	0,34	0,8	1,67	5,39	51,06	0,46	0,37	0,46	0,45
2003-2004	0,32	0,41	0,34	0,26	0,33	2,19	2,82	11,74	2,51	0,72	0,28	0,33
2004-2005	0,26	0,26	0,31	0,51	0,26	0,28	0,31	0,26	0,21	0,15	11,74	1,15
2005-2006	0,92	1,06	0,21	0,33	0,31	1,06	0,42	0,23	6,12	1,25	0,07	0,11
2006-2007	0,09	0,13	0,13	0,13	0,21	0,31	4,19	1,93	0,51	0,19	0,39	0,13
2007-2008	0,39	0,15	0,17	0,17	0,23	0,26	0,28	0,42	0,72	0,33	0,11	0,09
2008-2009	1,06	0,36	0,17	0,26	0,31	0,28	0,99	0,42	0,21	0,11	0,13	0,15
2009-2010	0,13	0,15	0,19	0,37	0,41	0,37	1,17	1,42	0,51	0,29	0,1	0,15
2010-2011	0,17	0,17	0,19	0,17	0,19	0,7	0,95	1,3	1,42	0,15	0,11	0,09
2011-2012	0,16	0,19	0,16	0,19	0,21	0,14	0,21	0,19	0,12	0,08	0,04	0,06
2012-2013	0,16	0,21	0,14	0,59	0,48	9,37	2,97	4,18	1,93	1,8	0,25	0,23

Valor del módulo	0,43
x3	1,29
x5	2,15
x10	4,3
x25	10,75
x50	21,5

Tabla 13: Caudal máximo diario del río Pancrudo en Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

En la serie de los últimos 22 años hidrológicos se aprecia que las crecidas tienen lugar principalmente en primavera y verano, esto se debe a los episodios tormentosos y al periodo de lluvias más elevadas en primavera.

Se ha hecho una selección de todos los valores que multiplicaban por 3, por 5, por 10, por 25 y por 50 el valor del módulo. Las crecidas más frecuentes son las que superan por 3 el valor del módulo y disminuyen progresivamente respecto mayor es el valor de multiplicación, cabe destacar que en el año hidrológico 2002-2003 se registró un máximo instantáneo en el mes mayo con  $51.06 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor que es 118 veces el valor del módulo.

La distribución temporal de las crecidas no es regular ya que no todos los años llegan a registrarse.

Puesto que el río Pancrudo tiene un caudal escaso, crecidas que superen el módulo 10, 25 o 50 veces pueden suponer un volumen muy significativo de la aportación anual.

Para completar la tabla anterior se ha realizado el siguiente gráfico en el que se muestra las veces que se ha superado el valor del módulo x3, x5, x10, x25 y x50. Se aprecia que es en mayo el mes que más veces se ha superado, seguido de los meses de verano, se debe a los episodios de tormentas que son frecuentes en el área de estudio.

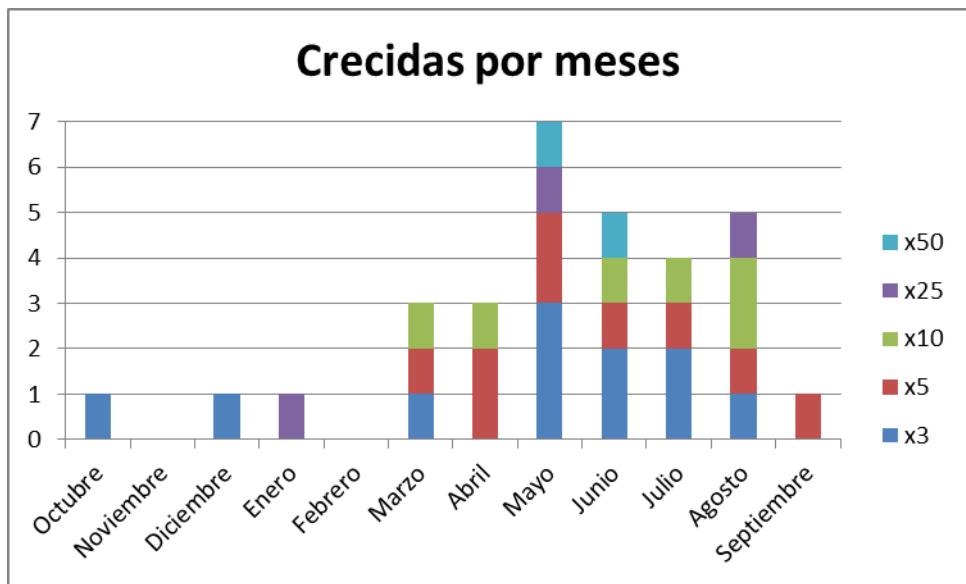


Figura 13: Crecidas por meses del río Pancrudo en Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

Para analizar episodios concretos de crecida del río Pancrudo, en primer lugar se realizó una investigación sobre las crecidas históricas del río Pancrudo. En las fichas de crecidas históricas del río Ebro aparece mencionado el río Pancrudo solamente una vez, el 8 de septiembre de 1952. Dicha ella se encuentra en el Anexo 1. En dicha ficha se dice que es una crecida como muchas otras que tienen lugar en el Pancrudo, arrastró un muro y arrasó varios kilómetros de la vega.

Una crecida es un fenómeno hidrológico que consiste en un incremento en el nivel de un curso de agua significativamente mayor al caudal medio de éste. Se produce por la recepción de un volumen hídrico tal que supera su capacidad de almacenamiento, desagüe e infiltración. (Martínez et. al., 1987)

Las crecidas generan una gran influencia en el modelado del relieve en las zonas donde son frecuentes por la capacidad de erosión, transporte y sedimentación que presentan los ríos.

En la cuenca del Pancrudo, por su situación en la vertiente mediterránea, las avenidas han sido un rasgo que caracteriza el funcionamiento de los sistemas fluviales. Estos cursos fluviales presentan esporádicos episodios de aguas altas que son el resultado de sus características climáticas, geológicas y el uso antrópico del territorio debido a su incidencia en la cubierta vegetal y el relieve. (Del Valle, 2007)

Según Martín y Martín (1998) “Algunas de las inundaciones forman parte ya de la cultura popular en la comarca, como es el caso de la que se produjo el 22 de junio de 1904 tras una intensísima tormenta en la cabecera del río Pancrudo que originó la rotura del puente del

ferrocarril en su desembocadura en el río Jiloca al paso de un tren de viajeros. Esta catástrofe en la línea Calatayud-Valencia ocasionó la muerte de cinco personas. Esta crecida, según de Jaime (2011) tuvo lugar tras un episodio tormentoso que duró 15 horas, se estima que el caudal llegó a ser de  $330 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En septiembre de 1845, un periódico madrileño “La Esperanza” informa de una riada catastrófica para los vecinos de Lechago. (de Jaime, 2011)

Las crecidas en la zona de estudio están causadas principalmente por el clima, concretamente son los episodios tormentosos de gran intensidad y lento desplazamiento. La gran deforestación que ha sufrido la zona para ocupar el suelo y dedicarlo a usos agrarios favorece a la escorrentía superficial. También coincide que el periodo donde son más frecuentes las tormentas, en los meses de verano, en las zonas de uso agrario la vegetación se encuentra ya segada, entonces favorece la escorrentía superficial también. Las pendientes de la zona de estudio, sobre todo tramo medio y bajo de la cuenca son elevadas, facilitando la escorrentía superficial. En algunas zonas se han reducido las pendientes creando terrazas y bancales para aprovechar más espacio y dedicarlo a la agricultura. En la zona de estudio hay muchas zonas de material arcilloso, estos dificultan la infiltración del agua, al igual que sucede con las margas. Un último factor que favorece a las crecidas es la disposición del cauce, este ha sido estrechado por los aprovechamientos agrícolas y la llanura de inundación es estrecha, limitada por taludes a ambos lados, por tanto se reduce el proceso de laminación. Además el escaso bosque de ribera dificulta el frenado de las aguas.

### **Crecida mayo 2002:**

En este caso la crecida tuvo lugar en mayo de 2002, con una sola cresta con el máximo el día 7 de mayo. Esta crecida tuvo un máximo instantáneo de  $51.06 \text{ m}^3/\text{s}$ . La gráfica muestra el caudal medio diario. La crecida comenzó el día 6 de mayo, llegando el día 7 al caudal máximo y desde ese momento comienza la curva de agotamiento de la crecida. Esta crecida se atribuye a un episodio de intensas precipitaciones ya que solamente tiene un pico de caudal y este no tiene larga duración.

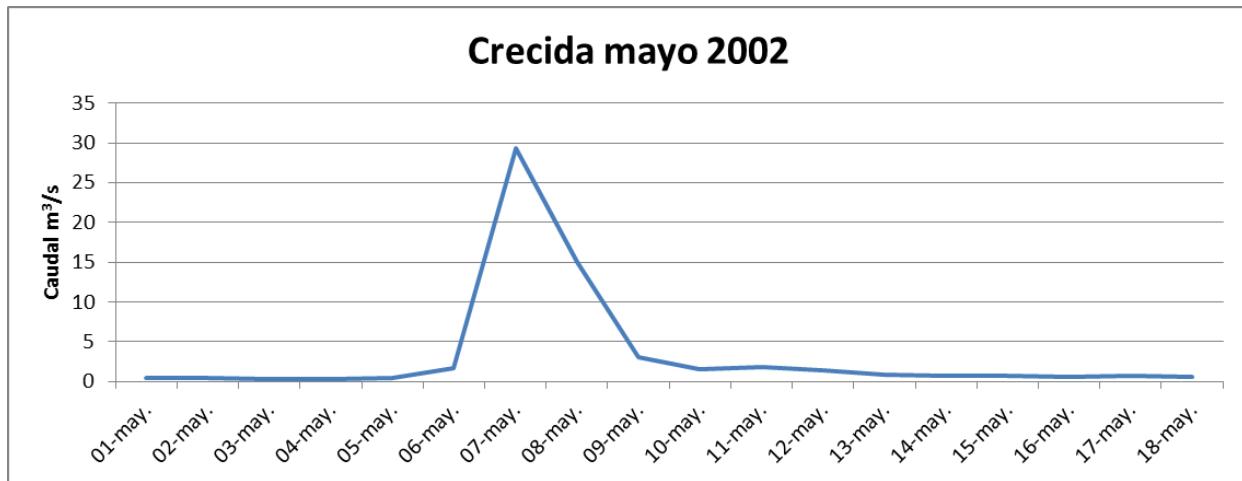


Figura 14: Crecidas de mayo de 2002 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Crecida junio 1998:

Esta segunda gráfica de crecida se corresponde a la que tuvo lugar en junio de 1998, con un caudal máximo instantáneo de  $35,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . La crecida comienza el día 5 de junio y el día 6 tiene su máximo, desde ese momento comienza la curva de agotamiento. Solamente tiene una curva principal. Esta crecida se atribuye a un episodio de intensas precipitaciones ya que solamente tiene un pico de caudal y este no tiene larga duración, seguramente se deba a una tormenta de tipo convectivo ya que es en periodo estival.

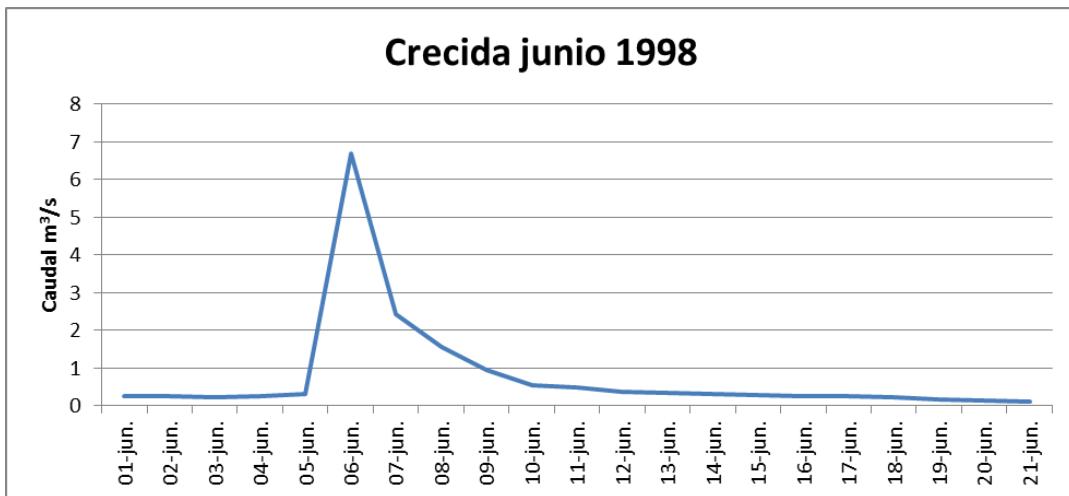


Figura 15: Crecidas de junio de 1998 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Crecida mayo 2004:

Esta crecida de mayo de 2004 tiene un pico principal que se corresponde con el día 7 de mayo y tres secundarios. El máximo instantáneo mensual fue de  $11.74 \text{ m}^3/\text{s}$ . La crecida

comenzó el día 29 de abril y desde ese momento tuvo cuatro crestas, finalizó a partir del día 13 de mayo cuando comenzó la curva de agotamiento.

Este hidrograma representa una crecida con varias pulsaciones que se produjeron de manera muy continuada en el tiempo. Presentan magnitudes muy dispares, ya que no hay dos con el mismo caudal. Tal vez el tercer pico de la crecida se deba a que el freático ya estuviera colapsado de agua y el grueso del caudal por tanto aumentara con respecto a los días anteriores.

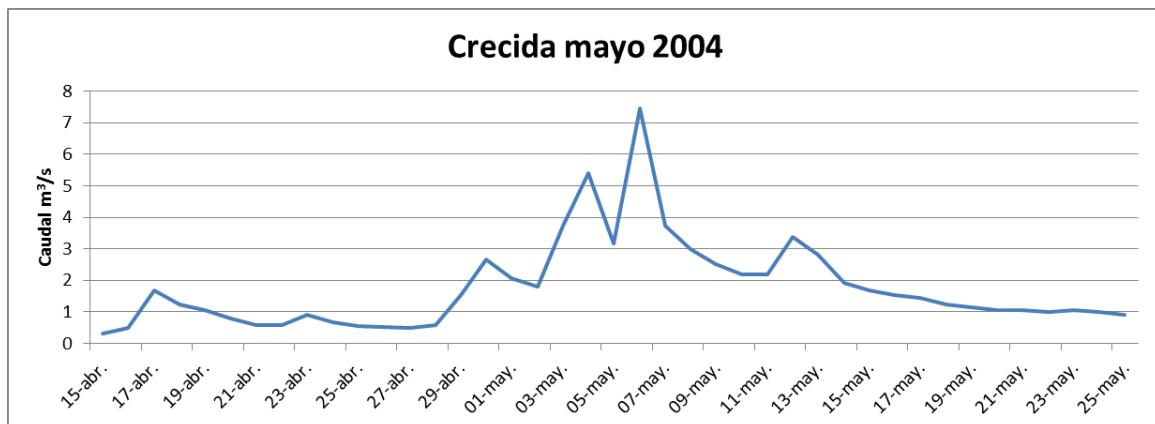


Figura 16: Crecidas de mayo de 2004 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Crecida Marzo 2013:

El siguiente hidrograma muestra la crecida que tuvo lugar en marzo de 2013, comenzó en día 4 y el máximo se dio el día 7, con un máximo instantáneo de 7.2 m<sup>3</sup>/s. Se observa que la tipología se corresponde con un episodio de intensas precipitaciones que tuvieron lugar en la cuenca.

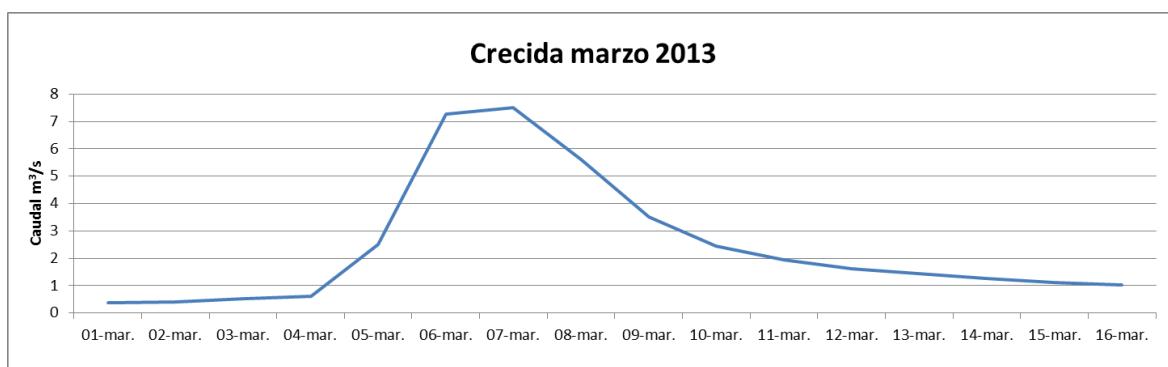


Figura 17: Crecidas de marzo de 2013 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

El modelo más habitual de crecida es el de eventos simples, con un solo pico de crecida, y con una evolución muy rápida tanto en su curva de ascenso como en su curva de descenso, lo que significa que los episodios de crecida son cortos.

Para finalizar el apartado de crecidas se ha realizado el ajuste de **Gumbel** para dos situaciones de crecida, las dos que tuvieron un caudal máximo instantáneo más elevado. Gracias al ajuste de Gumbel se obtiene el periodo de retorno de una crecida. Para la crecida de 2002 el periodo de retorno es de 85 años. Para el segundo valor más elevado, 35.2 m<sup>3</sup>/s de la crecida de 1998, el periodo de retorno es de 22 años. A continuación se muestra la gráfica que indica el periodo de retorno para cada caudal del río Pancrudo.

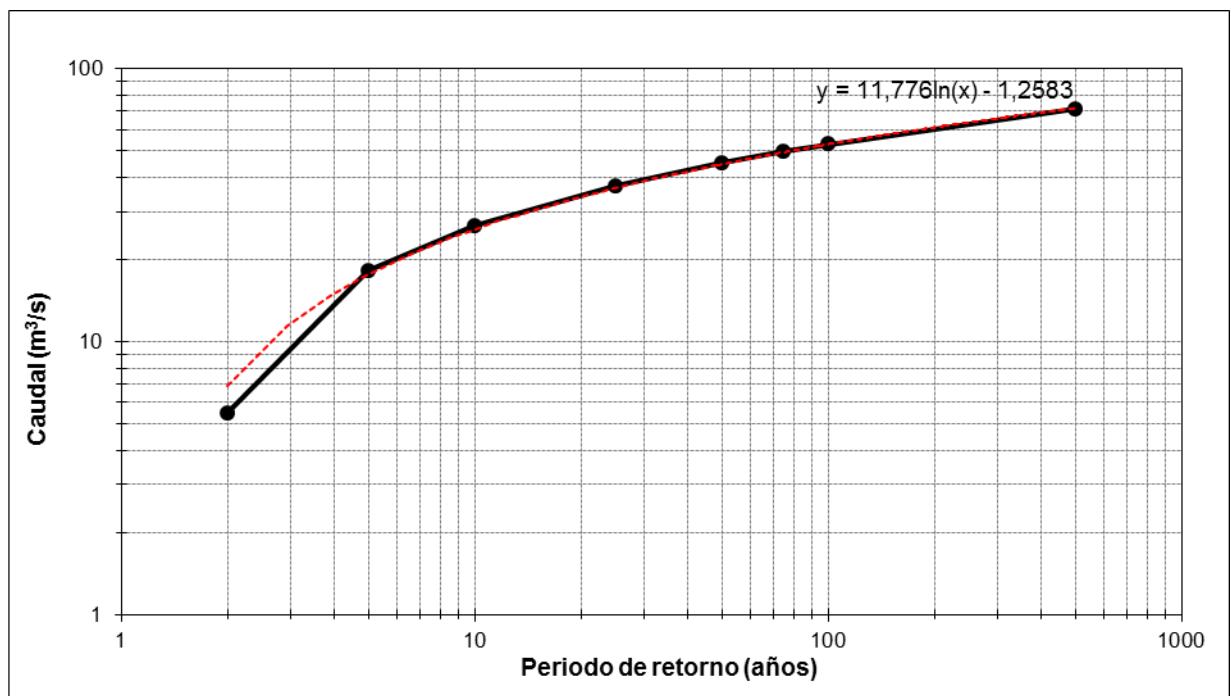


Figura 18: Curva del tiempo de retorno de Gumbel para el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete. Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Estiajes:

Un estiaje es descenso acentuado del caudal del río. En nuestro caso, el río Pancrudo tiene escasez de caudal y por tanto son muy habituales y pueden llegar incluso al extremo de un cauce temporalmente seco. Curiosamente los estiajes se desarrollan principalmente en los mismos meses que son más habituales las crecidas, pudiendo sucederse eventos de uno y otro carácter, es decir, una situación de estiaje puede cesar repentinamente ante una crecida y, a veces, incluso puede volverse a la situación de estiaje pocos días después.

### Estiaje verano 1953:

Este primer estiaje tiene lugar en el año hidrológico 1952-1953, en el periodo estival de 1953. En este gráfico se representa desde el día 1 de julio hasta el 5 de octubre. En este periodo de estiaje el caudal llego a estar en 0 durante más de un mes. Se ha establecido el umbral de estiaje en  $0.043 \text{ m}^3/\text{s}$  ya que es la mitad del caudal medio mensual más bajo. Este valor no cambia para los demás años, es un valor fijo.

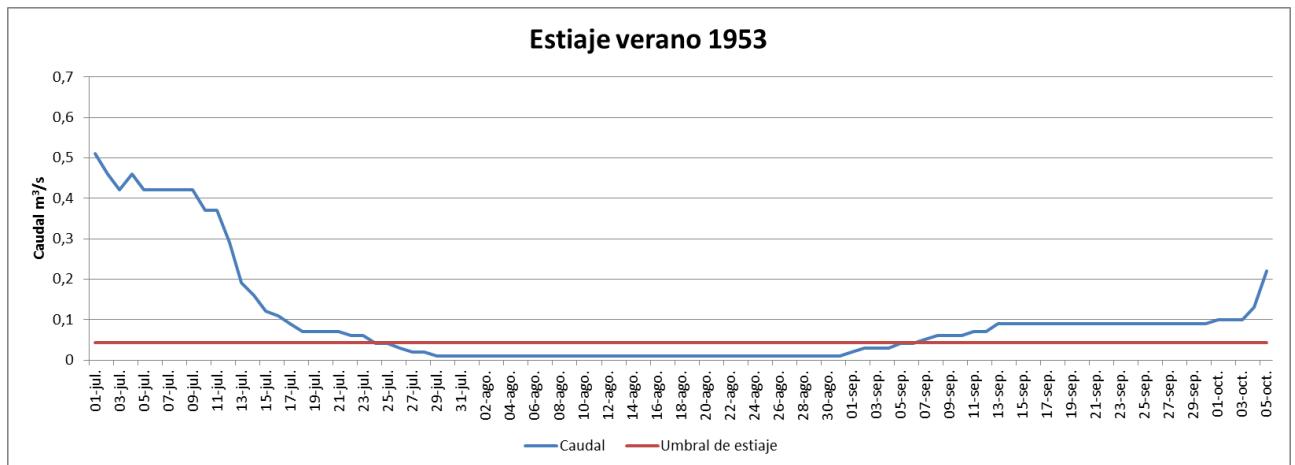


Figura 19: Estiaje del verano de 1953 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Estiaje verano 1984:

Esta segunda gráfica de estiaje muestra el que tuvo lugar en el verano de 1984. Este estiaje se produce entre junio y principios de noviembre, por lo que dura más de cuatro meses, de los cuales, desde el 10 de julio hasta el 10 de octubre el caudal estuvo en el valor de  $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ .

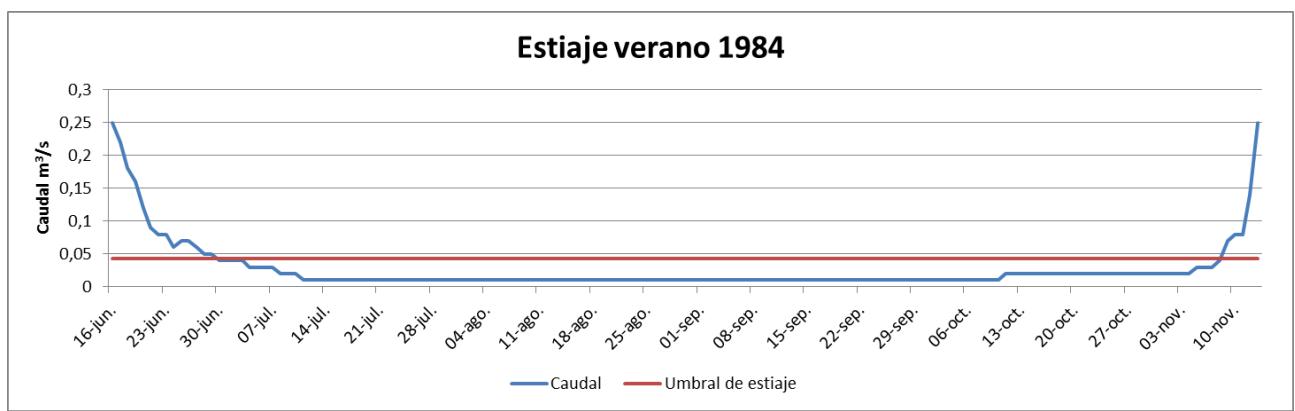


Figura 20: Estiaje del verano de 1984 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

### Estiaje verano 2008:

El siguiente estiaje es del verano de 2008, tiene un periodo de duración menor que los mostrados anteriormente, en este caso, desde el 13 de agosto hasta el 24 de septiembre el caudal está por debajo del umbral de estiaje. Dentro del caudal que se encuentra por debajo del umbral de estiaje hay tres picos que pueden atribuirse a algún pequeño episodio de precipitación.

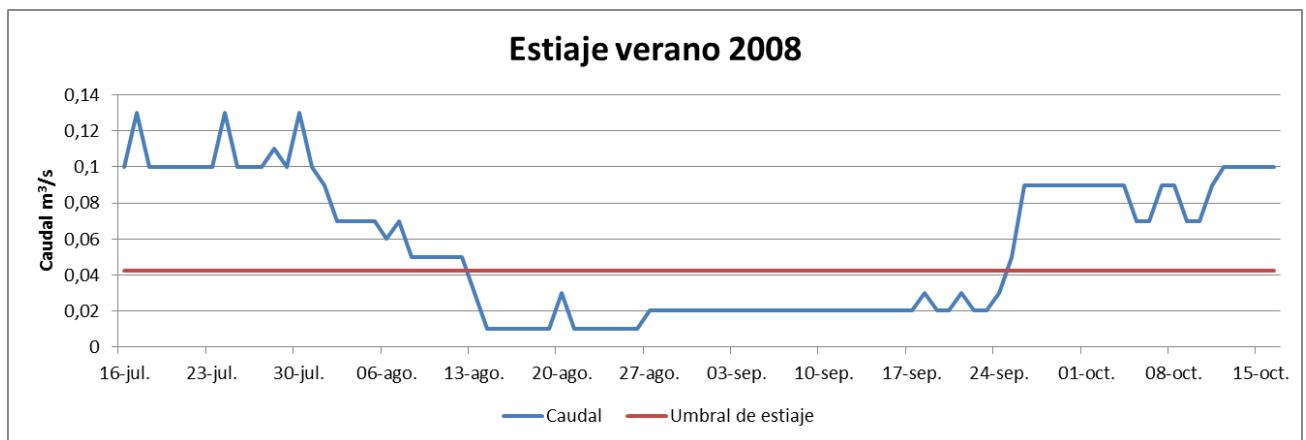


Figura 21: Estiaje del verano de 2008 en el río Pancrudo en la estación de aforo de Navarrete.

Fuente: Sistema del Anuario de Aforos (MAGRAMA). Elaboración propia.

Tras el análisis realizado de los estiajes se puede finalizar este capítulo señalando que son muy frecuentes en torno a los meses de verano. Éstos suelen ser largos y muy acentuados.

#### 4.3.5 Análisis de la exposición de los municipios a las crecidas

En este apartado se pretende realizar una primera aproximación a la exposición los municipios ante los episodios de crecidas. Se realiza a partir de la elaboración de unos mapas que se componen de la ortofoto PNOA de máxima actualidad, curvas de nivel y jerarquía de la red de drenaje.

A partir de la creación de los mapas se ha realizado un análisis de la localización de cada entidad de población con respecto a los cauces fluviales y la vulnerabilidad, en el sentido exclusivamente de exposición al riesgo de inundación que a priori presentan. El resultado de este análisis es un supuesto de lo que sucedería en un episodio de crecida, no tiene por qué suceder de esta manera, para realizar una cartografía que mostrara la vulnerabilidad real habría que llevar a cabo un proceso mucho más complejo con diferentes mediciones en campo, modelos de inundaciones, etc., que queda fuera de los objetivos de este trabajo.

Se han creado mapas para todas las entidades de población, en total 17 mapas. A continuación se describe la situación de cada municipio:

**Alpeñés:** Este municipio se encuentra en el tramo alto de la cuenca, a una distancia considerable del río Pancrudo. A priori se localiza en una buena posición topográfica ya que se encuentra fuera de la llanura de inundación y elevado. En el mapa se puede apreciar que hay un pequeño barranco de orden 1 que transcurre por el municipio. A priori el barranco que transcurre no ocasionará daños ya que tiene un tamaño de cuenca muy pequeño y su transcurso es por la zona del municipio que cuenta con menos inmuebles. Para que el barranco causara problemas tendría que producirse un episodio de tormenta con una concentración en intensidad y tiempo muy elevada, pero aun así los daños serían mínimos. Por tanto, se puede decir que Alpeñés se encuentra en una localización estratégica y difícilmente se verá afectado ante un episodio de crecida.

**Barrachina:** Es el municipio de la zona de estudio más poblado. Barrachina se localiza en el talud de la margen derecha del río Pancrudo, en el tramo medio de la cuenca. Es un municipio que se localiza elevado altitudinalmente con respecto a la llanura de inundación. El municipio se encuentra sobre una plataforma estructural de la que surgen distintos barrancos, los cuales no afectan a ninguna construcción. A pesar de estar junto a un cauce de orden 4 y uno de orden 5 la vulnerabilidad es nula prácticamente ya que tanto la rambla de Nueros como el río Pancrudo se encuentran a un nivel topográfico muy inferior.

**Collados:** Se encuentra emplazado a los pies de la sierra de Fonfría, al este y oeste tiene dos barrancos que descienden desde dicha sierra. Se encuentra localizado lejos de grandes cauces, por tanto, a priori la exposición es baja. Por su disposición altitudinal y por la lejanía de cauces de orden significativo, Collados tiene vulnerabilidad nula.

**Corbatón:** Este municipio se localiza junto al barranco del Cañadarrubia y el Arroyo del monte, ambos cauces son de orden 3 y al juntarse en el municipio de Corbatón se convierte en orden 4. Estos cauces normalmente están secos, pero tienen una gran superficie de cuenca que pertenece a la sierra de Lidón. Un evento de precipitaciones intensas y concentradas en el tiempo podría generar problemas en algunas de las casas que se localizan más cerca del cauce. La vulnerabilidad de Corbatón es baja.

**Cosa:** Se localiza en el tramo medio de la cuenca. En el municipio se une el Barranco de la Cañada Nebrosa y el Barranco de Fuendelamadre para formar el río de Cosa. El Barranco de Fuendelamadre atraviesa una parte del municipio por lo que la exposición al riesgo aumenta notablemente ya que es de orden 3 y tiene una superficie de cuenca de un tamaño considerable. Por otro lado, el Barranco de Cañada Nebrosa tiene una superficie de cuenca similar, no atraviesa el pueblo, pero en su margen izquierda hay un conjunto de inmuebles que se encuentran a la misma altitud prácticamente, por tanto, ante un episodio de crecida,

podrían resultar afectados. La vulnerabilidad de Cosa es media/alta ya que los dos barrancos que llegan al municipio tienen una superficie de cuenca elevada.

**Cuencabuena:** Este municipio se localiza al noroeste de la cuenca, en el tramo bajo. Por la parte sur del municipio transcurre el barranco de Cuencabuena, es uno de los que tiene una superficie de cuenca mayor dentro de la del Pancrudo. Este barranco puede afectar directamente a una parte del municipio que se encuentra a la misma altitud prácticamente que el cauce, además, las construcciones se localizan en la orilla erosiva, la cóncava. Por tanto, la exposición al riesgo de inundación de Cuencabuena es media ya que a pesar de que un grupo de inmuebles estén en una situación muy vulnerable, el resto del municipio se encuentra a una altitud mucho mayor.

**Cutanda:** Este municipio del tramo medio del río se encuentra a una distancia considerable del Pancrudo, junto al municipio se localiza el Barranco de Cerradilla, el cual tienen una superficie de cuenca elevada pero el cauce se encuentra a una altitud muy encajado con respecto al municipio. El municipio se localiza en lo que a priori parece una muela, por tanto la vulnerabilidad es nula.

**Godos:** Este municipio del tramo medio de la cuenca tiene también exposición nula a un episodio de crecida ya que no se localiza junto a ningún barranco importante. Solamente tiene cerca cauces de orden 1.

**Lechago:** Este municipio se localiza junto al Barranco de Cuencabuena, en el tramo final de este. Es uno de los municipios más vulnerables ya que se localiza en la orilla erosiva del barranco, además tiene tres barrancos que atraviesan el municipio. Una parte importante del municipio se encuentra a escasos 2 metros de desnivel con el cauce. Uno de los barrancos que atraviesan el pueblo es mucho mayor que los otros dos, este tienen una superficie de cuenca mayor, es el denominado “Barranquillo”.

**Navarrete del Río:** Este municipio se encuentra en una situación muy similar a Lechago, por el medio del municipio transcurre el Barranco de la Peña con una superficie de cuenca importante. Este barranco no está canalizado, ya que prácticamente es una calle. Debido a los episodios de lluvias torrenciales por esta calle del municipio en algunas ocasiones el caudal ha superado el metro de altura, arrastrando vehículos. Las viviendas que se encuentran en la parte baja del pueblo podrían inundarse si el caudal del río Pancrudo aumentara notablemente, ya que estas casas se encuentran a escasos metros del cauce. El Pancrudo además, junto al municipio tiene que pasar por dos puentes, que en una crecida estos podrían taponarse debido al material arrastrado aumentando el nivel del río. Navarrete tiene una exposición al riesgo de inundación muy alta, por encontrarse asentada sobre el cono de

deyección de un barranco muy torrencial que atraviesa el pueblo. Esto unido a la escasa distancia a la que se encuentra el Pancrudo hace que el municipio sea muy vulnerable a un episodio de crecida.

**Nueros:** El peligro de este municipio es muy reducido ya que se encuentra bastante elevado con respecto a los barrancos que tiene cerca que son el de Arroyo del Chorrillo y el Rio de Pelarda.

**Olalla:** Este municipio se encuentra lejos del cauce el río Pancrudo, está localizado al norte de la cuenca, junto al Barranco la cañada y Barranco la Riera. Está sobrelevado con respecto a los barrancos que transcurren junto al municipio por tanto, tiene exposición al riesgo hidrológico nula.

**Pancrudo:** Es el primer municipio por el que transcurre el río, y el que le da nombre. Para que se produjesen inundaciones u otro tipo de daños a causa del caudal del río, se tendrían que dar unas precipitaciones muy intensas aguas arriba del municipio. Si ocurriera, hay una parte del municipio que se encuentra junto al cauce, a muy poca altitud con respecto a este, que podría ser vulnerable. No obstante la exposición al riesgo de Pancrudo es baja ya que se localiza en la cabecera y el río aún no ha recibido aportes de ningún otro cauce importante.

**Torre los Negros:** Es otro de los municipios más vulnerables, se localiza junto al río Pancrudo, en el tramo medio de la cuenca. Está situado en la llanura de inundación del río, junto al talud, por lo que medio municipio se encuentra al mismo nivel que la vega y otra parte elevado. Una parte del municipio la atraviesa el Barranco de la Zarzuela, este también tiene una superficie de cuenca importante. La llanura de inundación en el tramo de Torre los Negros tiene una anchura menor a 300 metros, por tanto, en un episodio de crecida tanto la parte baja del municipio como las casas adyacentes al barranco se pueden ver afectadas. La exposición al riesgo de Torre los Negros es alta.

**Torrecilla del Rebollar:** Este municipio del tramo medio de la cuenca presenta una vulnerabilidad baja. Se localiza lejos del cauce del río Pancrudo, junto al Barranco de Valhondo. El municipio está elevado por tanto no le afecta el barranco.

**Valverde:** El municipio de Valverde se encuentra junto al barranco del Hortal, al noroeste de la cuenca. Su exposición es baja ya que los inmuebles se encuentran a una altura muy superior con respecto al barranco.

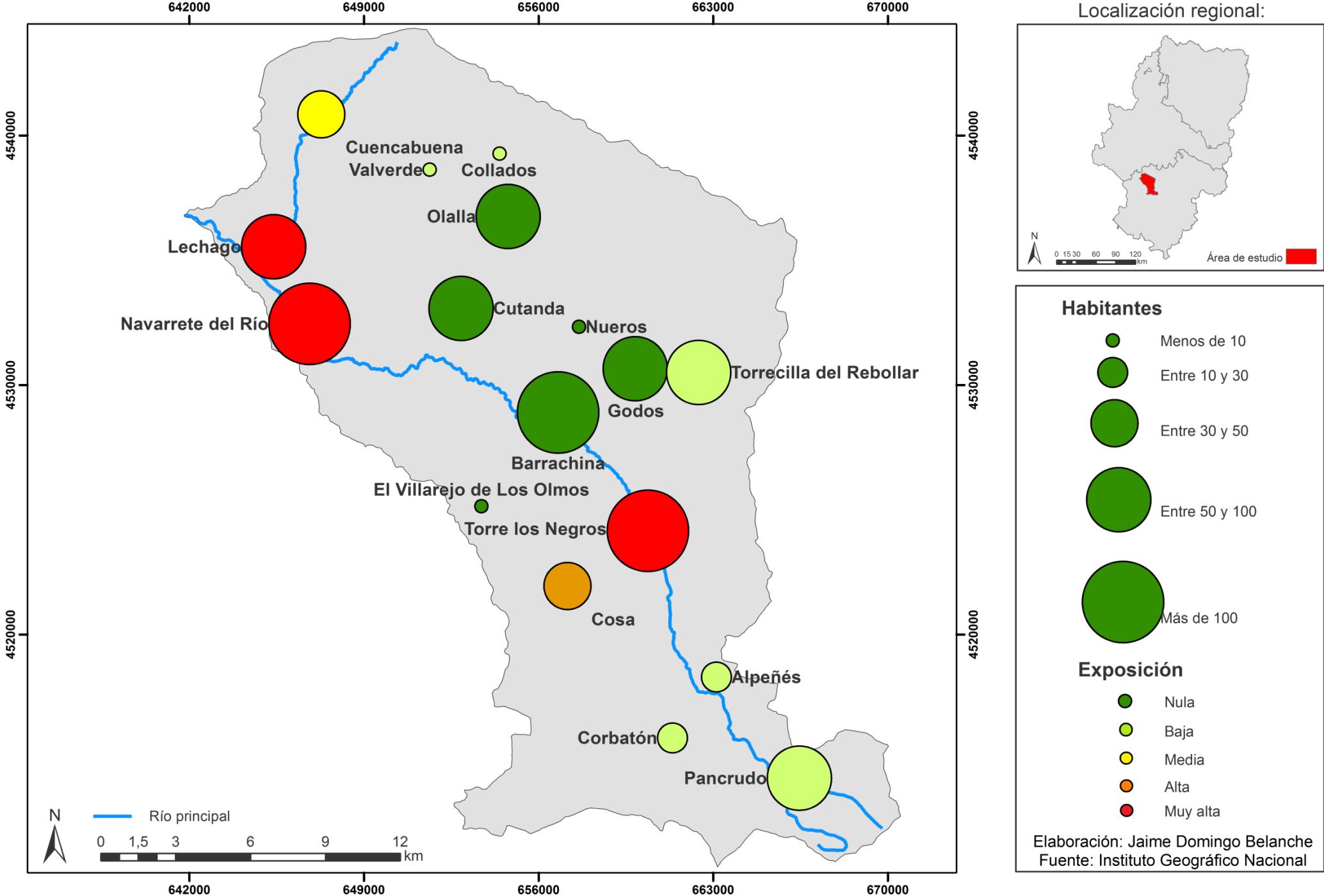
**Villarejo de los Olmos:** Este municipio del Suroeste de la cuenca está atravesado por un pequeño barranco, el cual es de orden 2. La vulnerabilidad es baja debido al escaso tamaño de la cuenca del barranco.

A continuación se muestra un mapa de la exposición de los municipios de la cuenca a las crecidas y la población de cada municipio. Este mapa sirve para saber la exposición al riesgo a una crecida que tiene cada municipio y los habitantes que tiene para poder evaluar los posibles daños y población afectada. Por tanto, en un mismo símbolo se han representado dos variables, cantidad de población y exposición al riesgo.

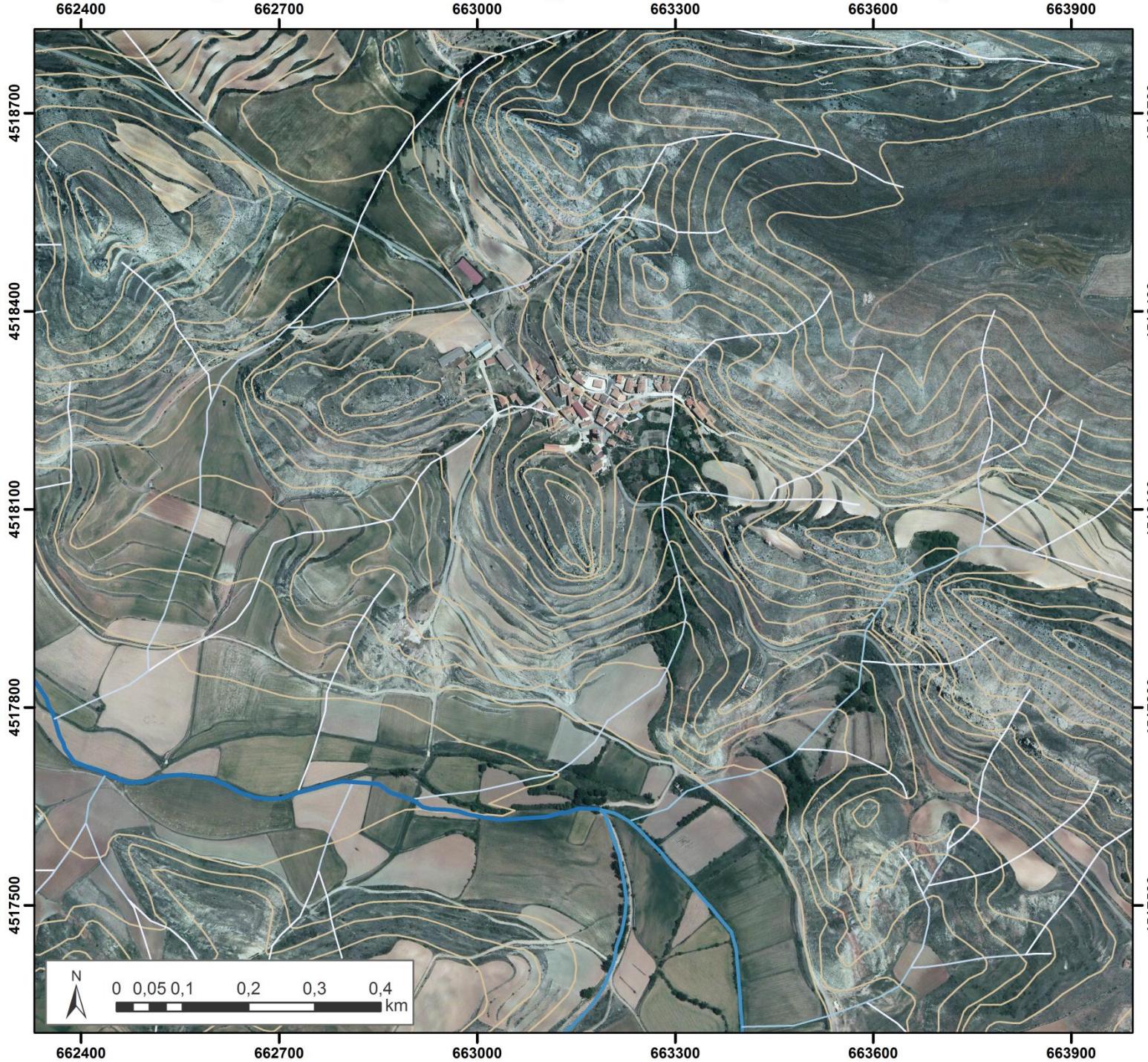
En el mapa se aprecia que Lechago, Navarrete del Río y Torre los Negros son los municipios que tienen una mayor exposición al riesgo de inundación.

Hay una municipios dentro de los cinco intervalos en los que se ha clasificado la exposición, los municipios no siguen ningún patrón de distribución, quizás podríamos decir que los tres municipios más vulnerables se localizan en la parte baja y media de la cuenca y que los municipios de la margen derecha a priori tienen menor riesgo de inundación.

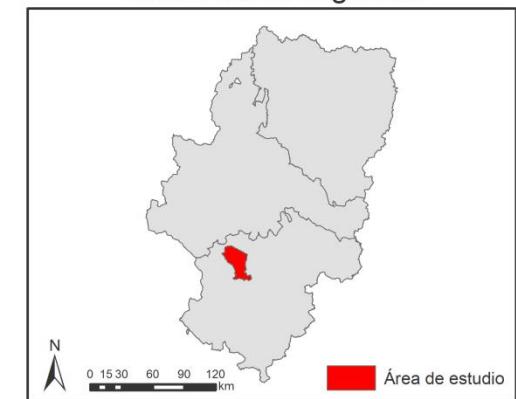
# Exposición de los municipios a las crecidas y población



# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Alpeñés



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

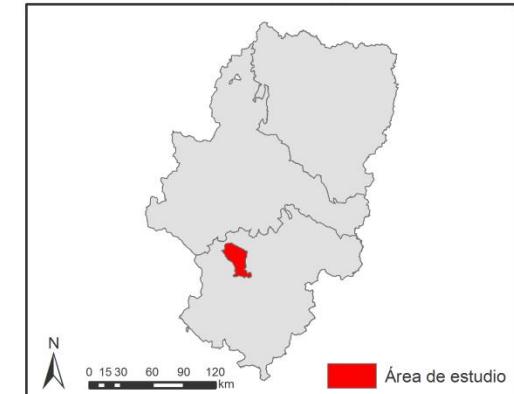
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Barrachina



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

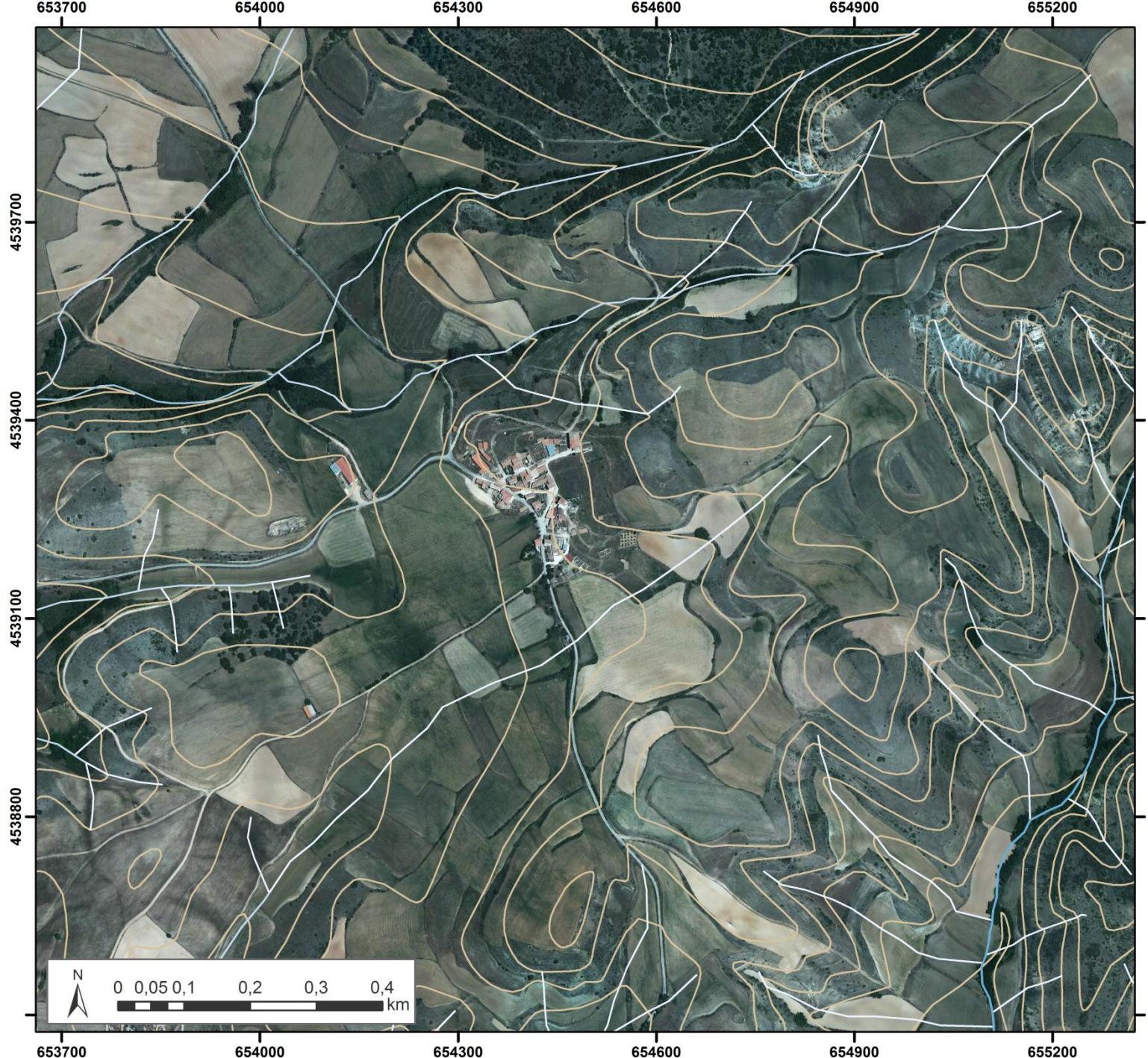
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

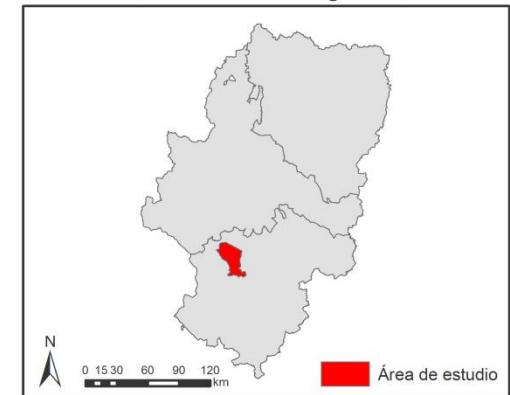
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Collados



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

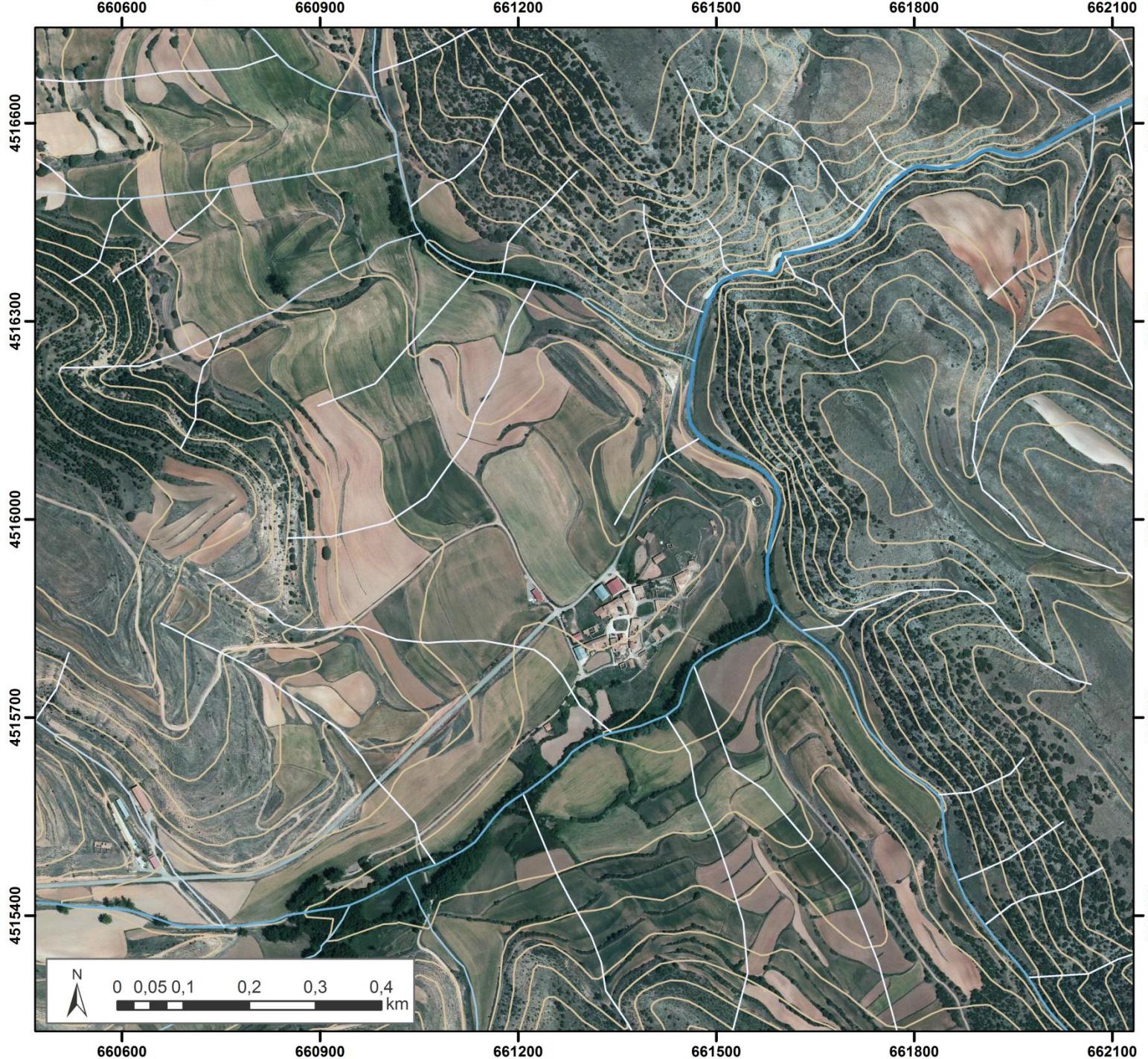
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Corbatón



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

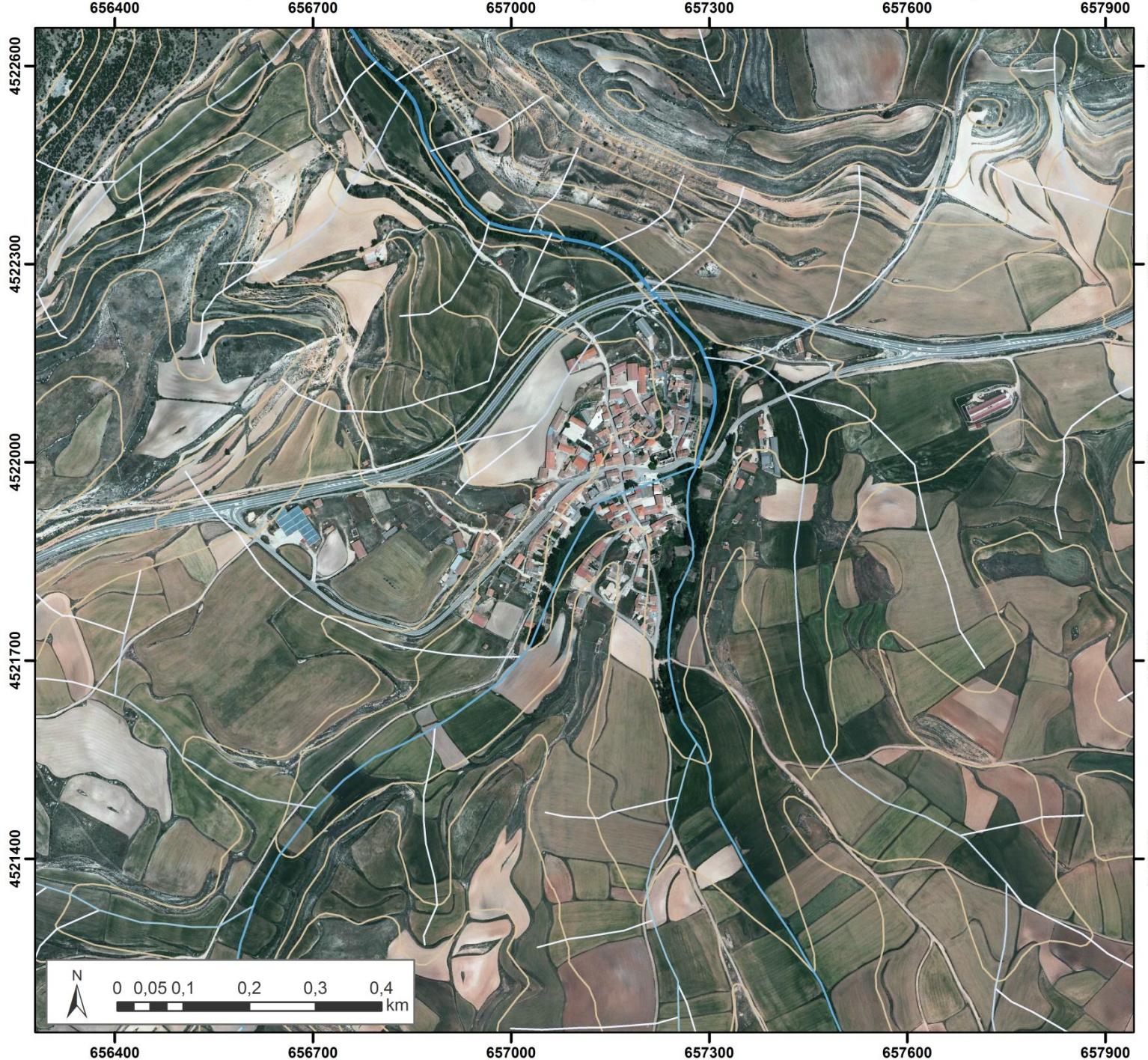
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

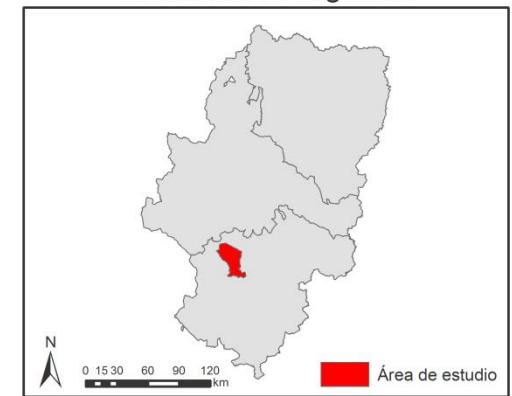
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Cosa



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

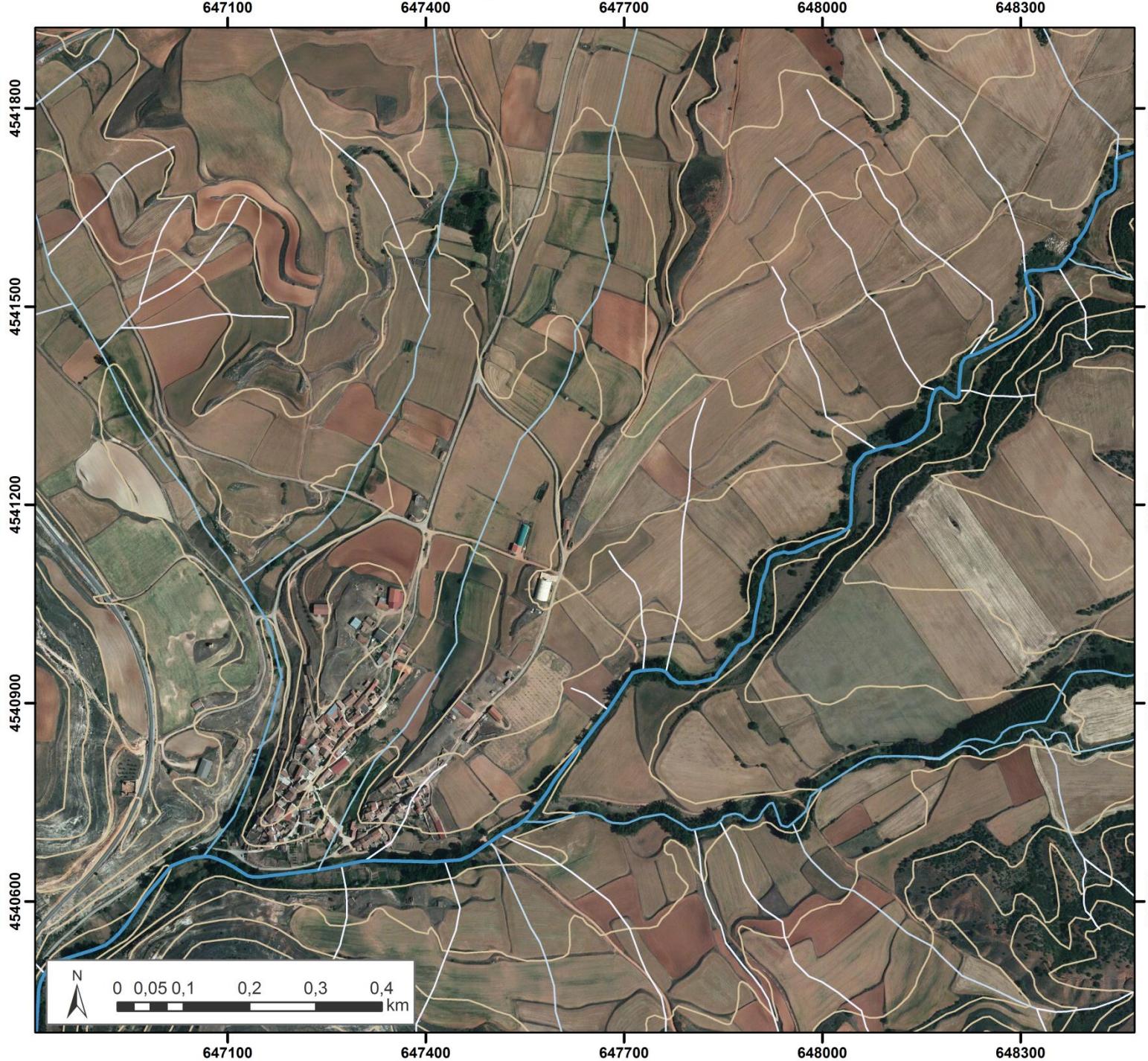
## Información complementaria

- Curvas de nivel

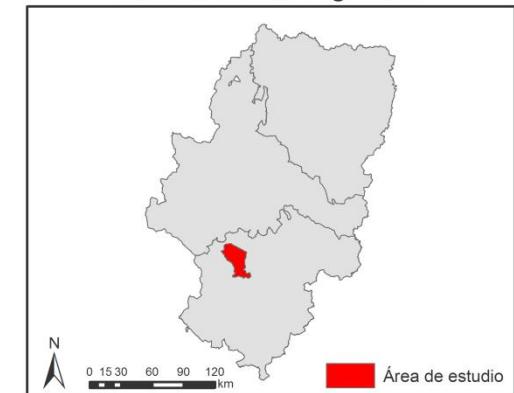
Elaboración: Jaime Domingo Belanche

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Cuencabuena



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

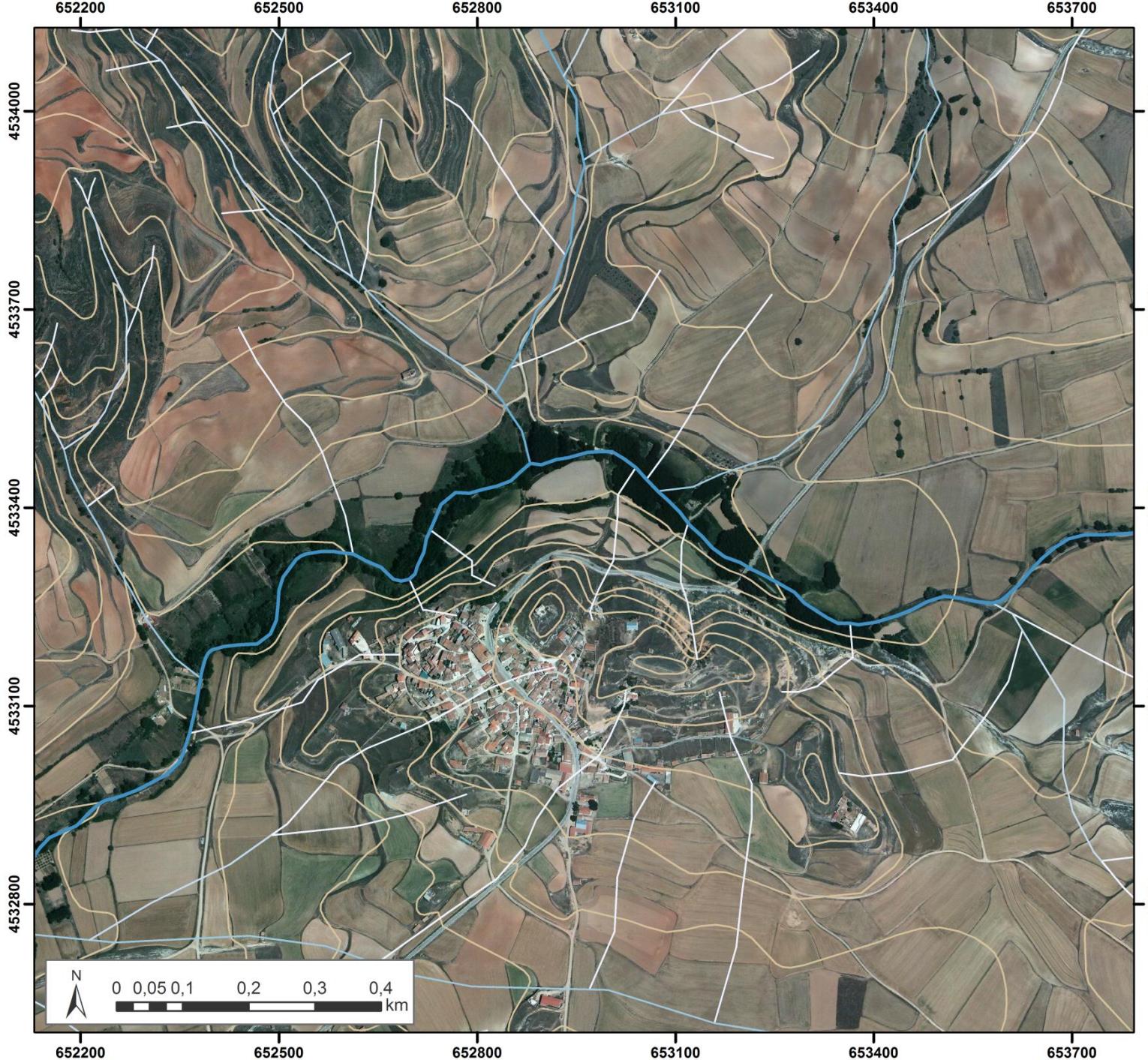
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

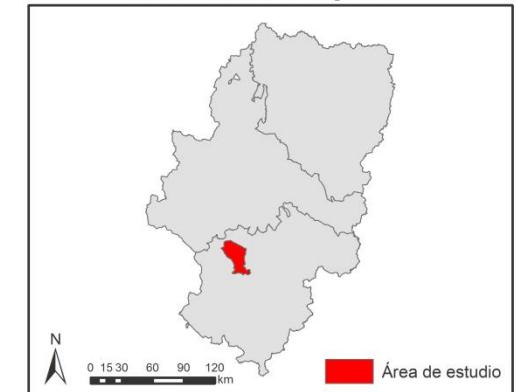
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Cutanda



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

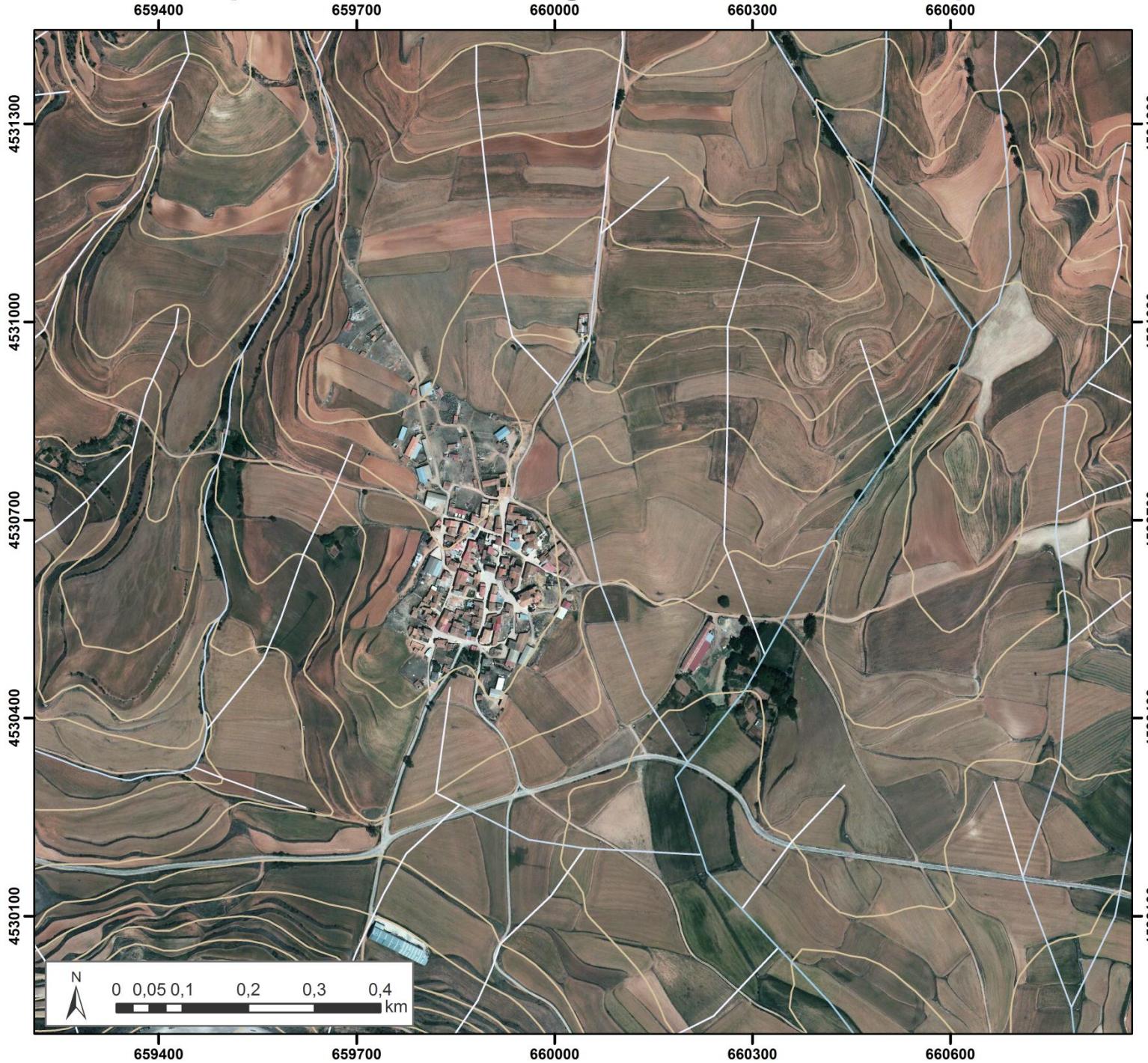
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

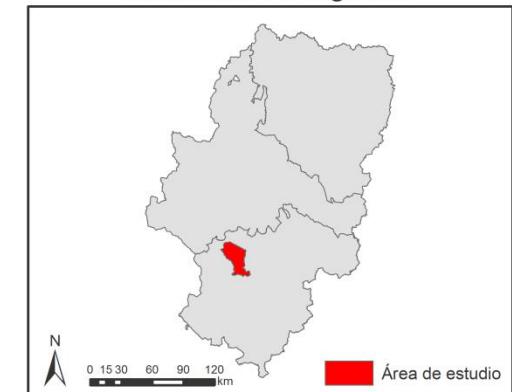
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Godos



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

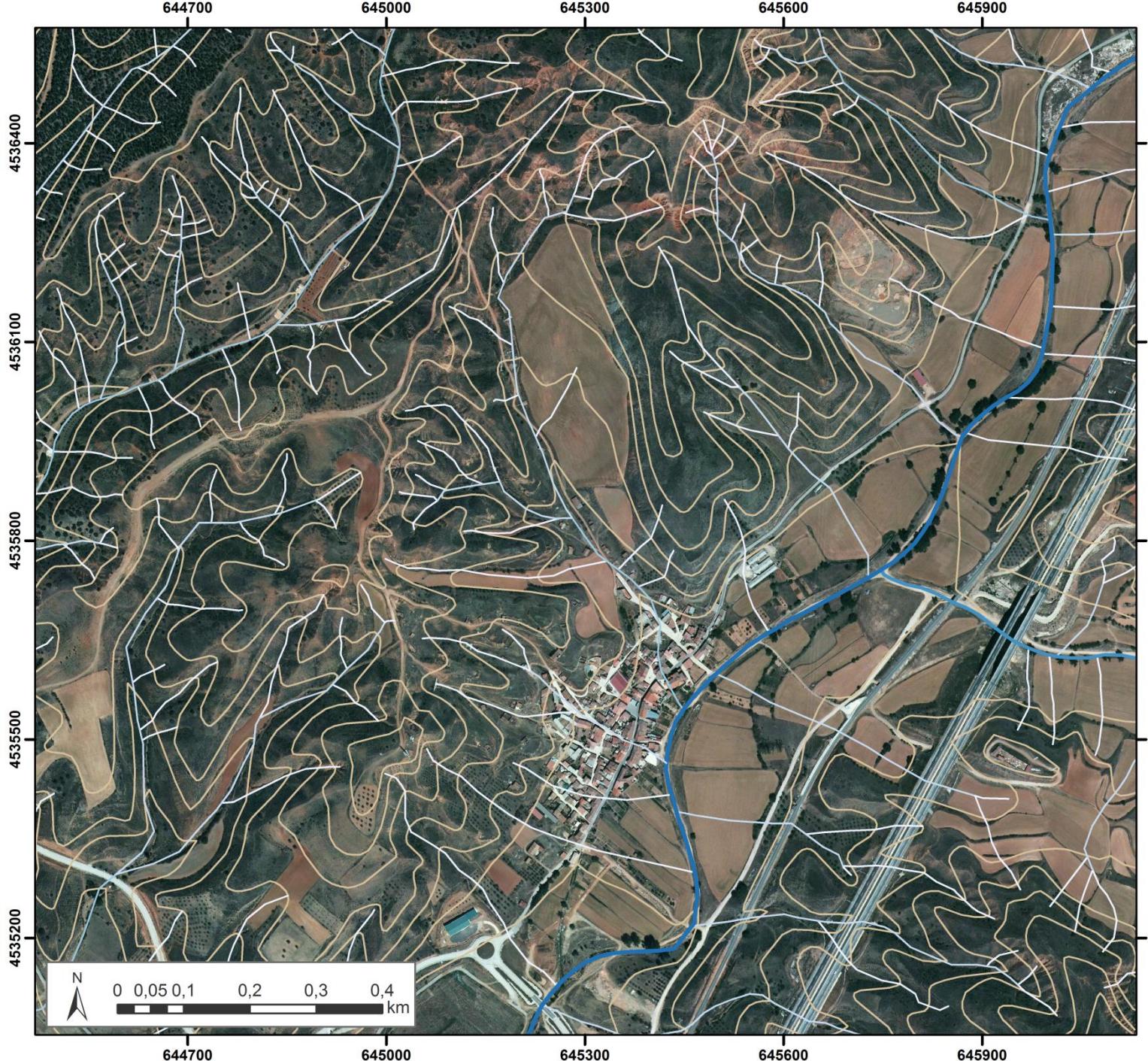
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

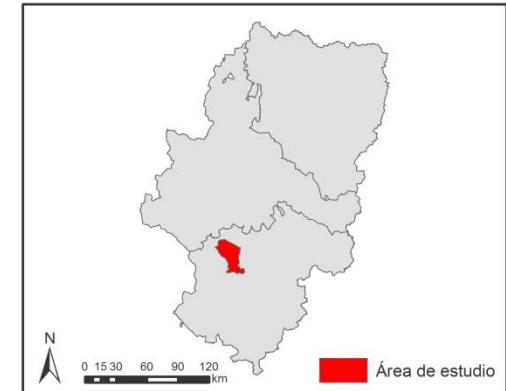
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

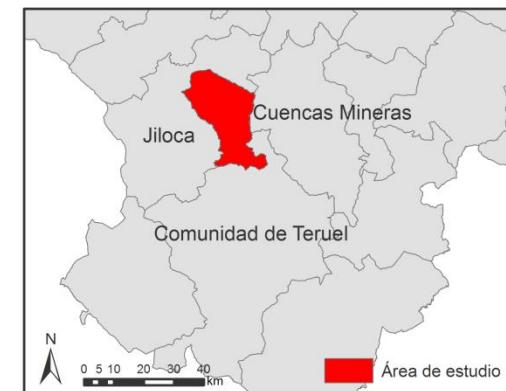
# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Lechago



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Navarrete del Río



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

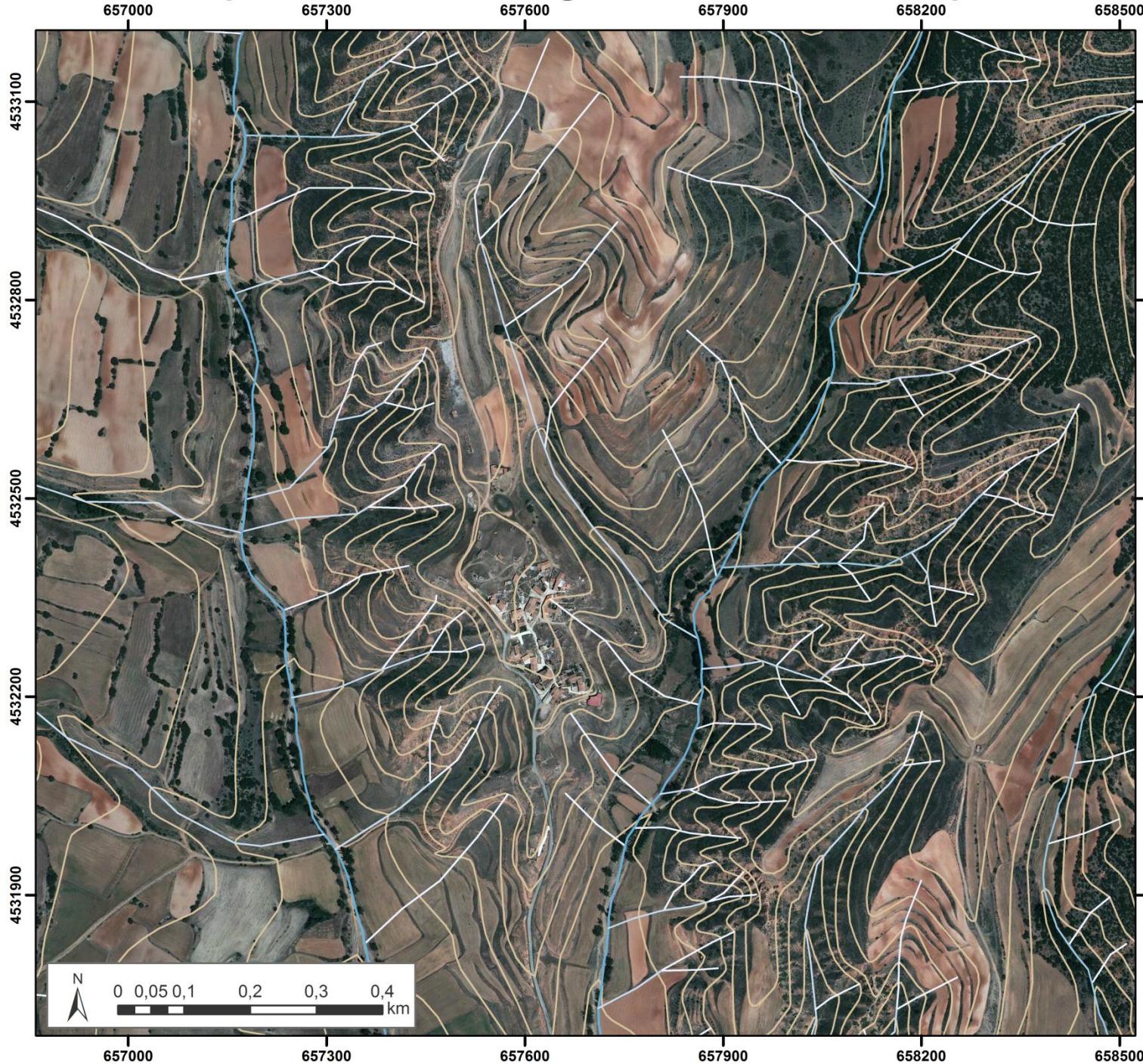
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

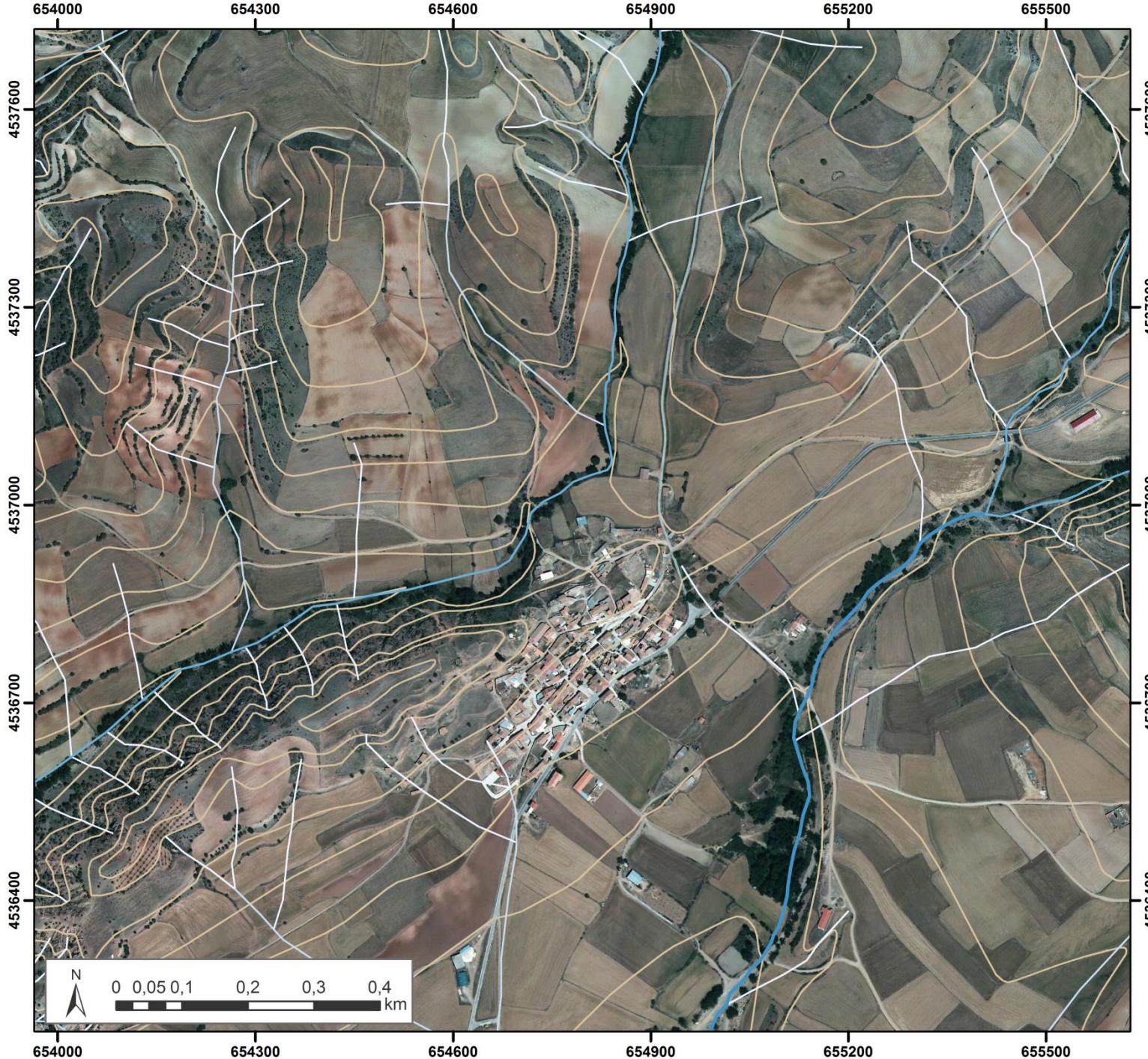
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Nueros



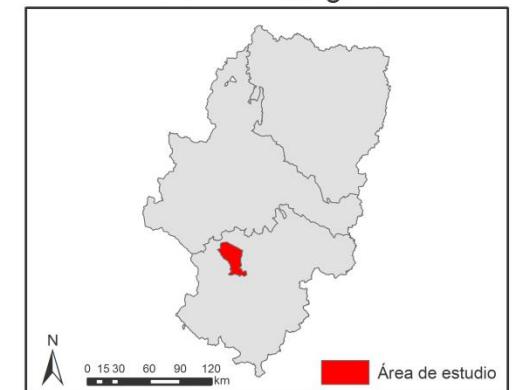
# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Olalla



# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Pancrudo



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

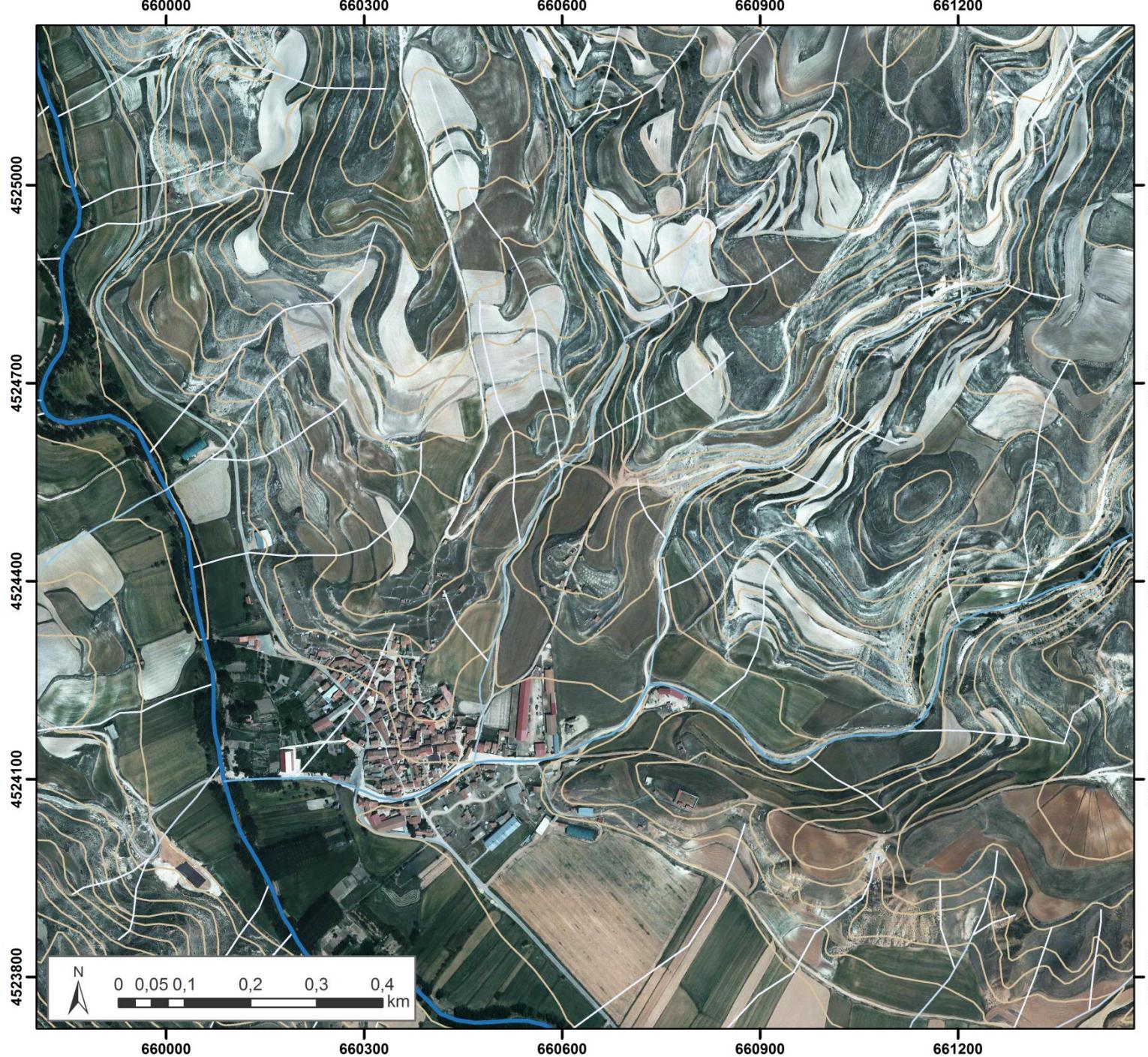
- Cuces de orden 1
- Cuces de orden 2
- Cuces de orden 3
- Cuces de orden 4
- Cuces de orden 5
- Cuces de orden 6
- Cuces de orden 7

## Información complementaria

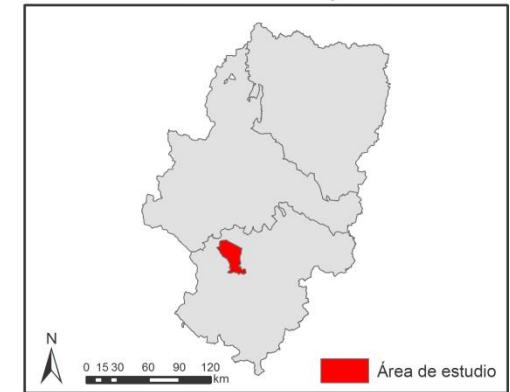
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Torre los Negros



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

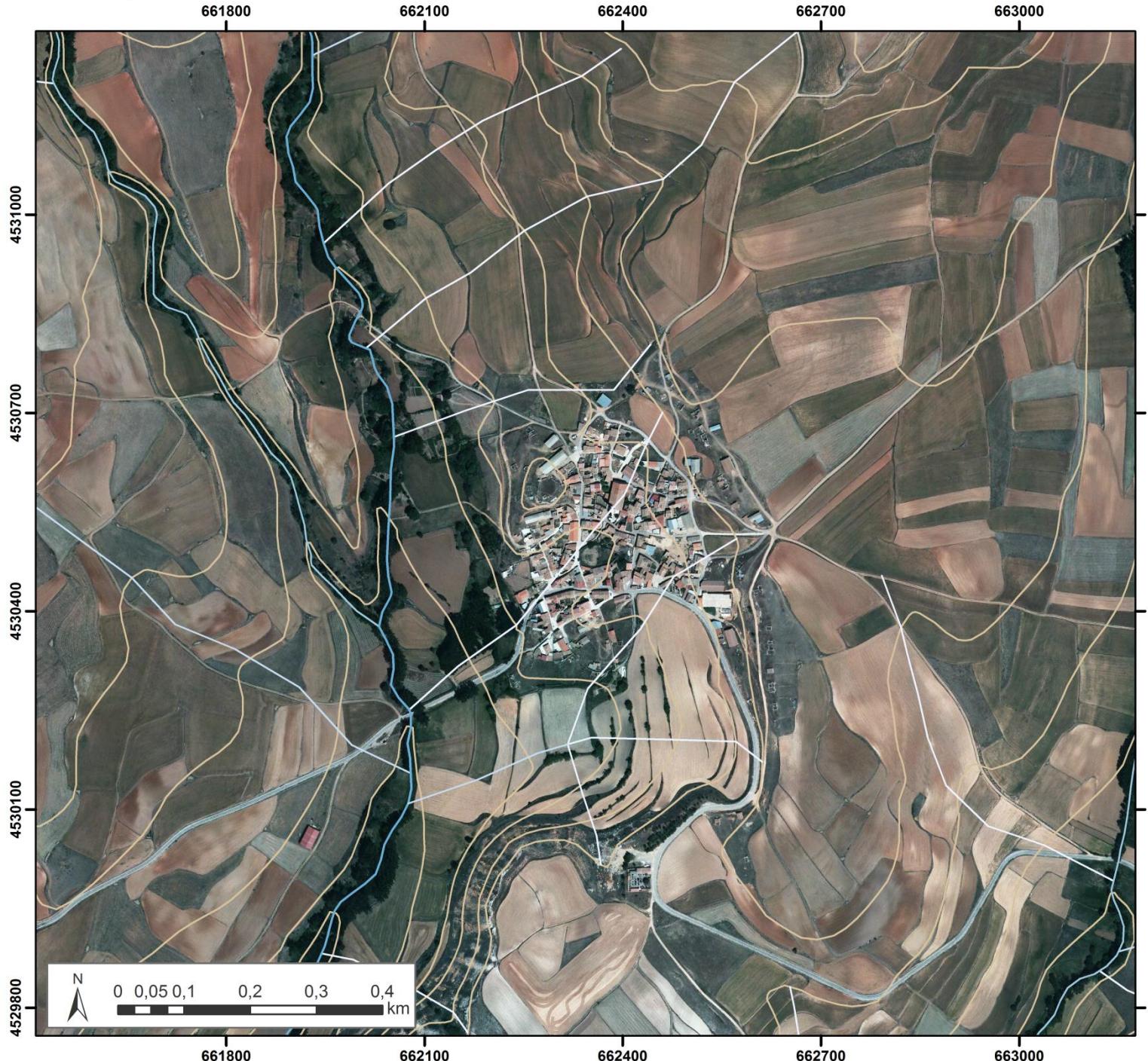
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

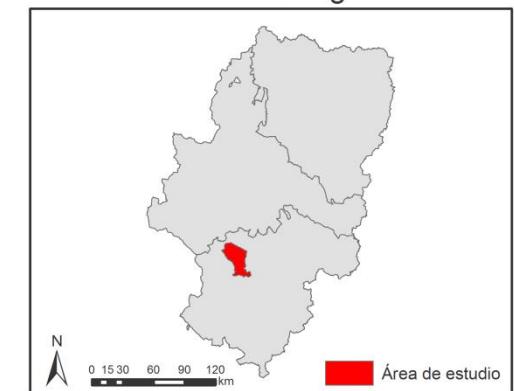
- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Torrecilla del Rebollar



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

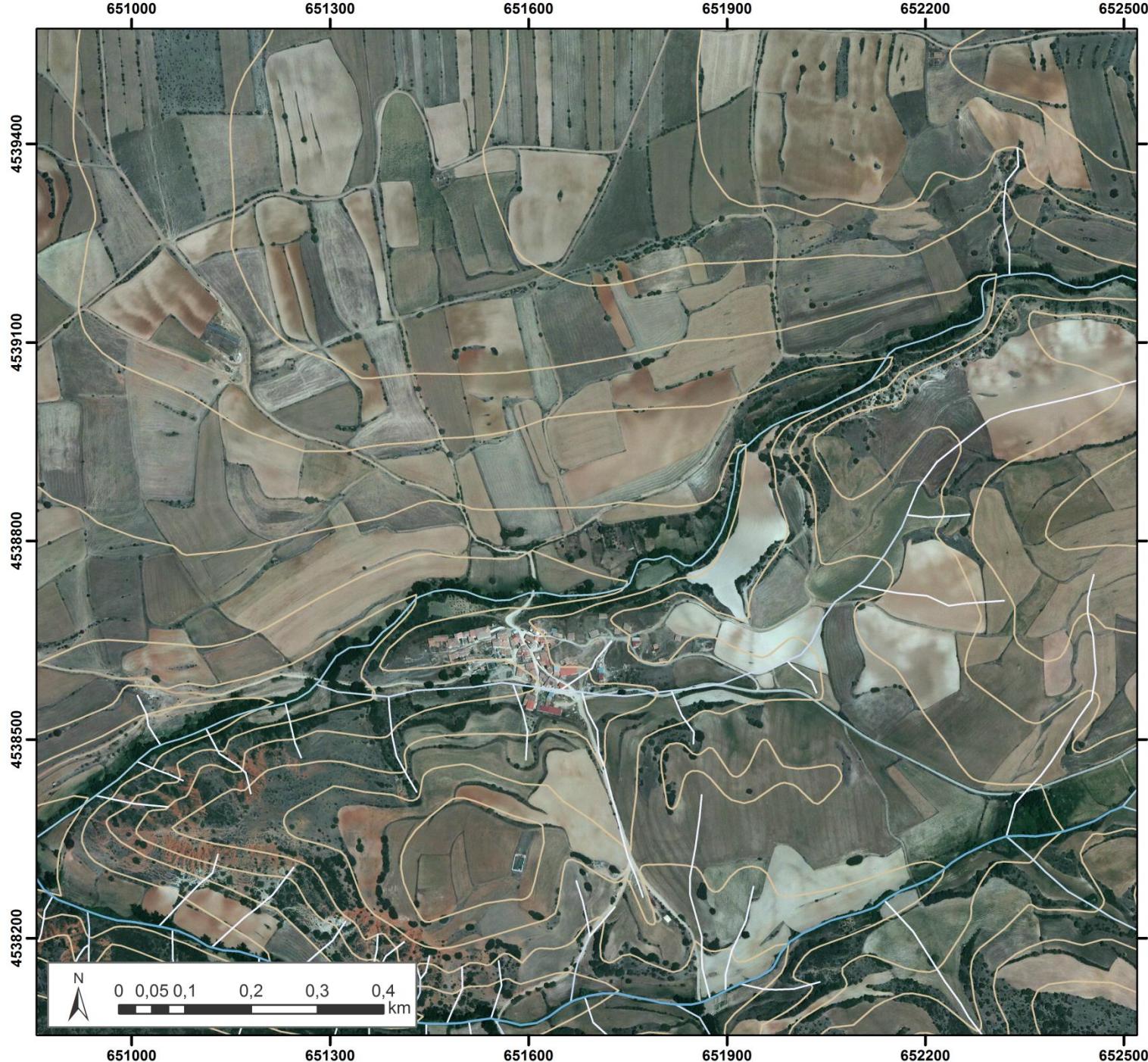
- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

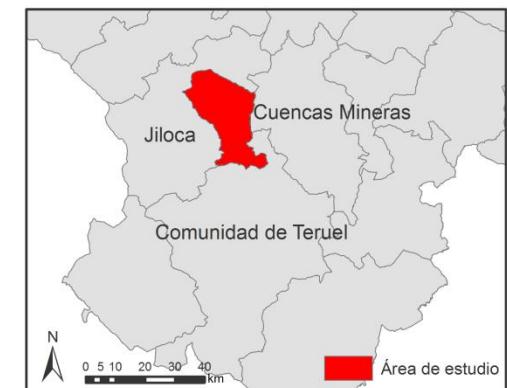
# Exposición al riesgo de inundación por crecida de Valverde



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

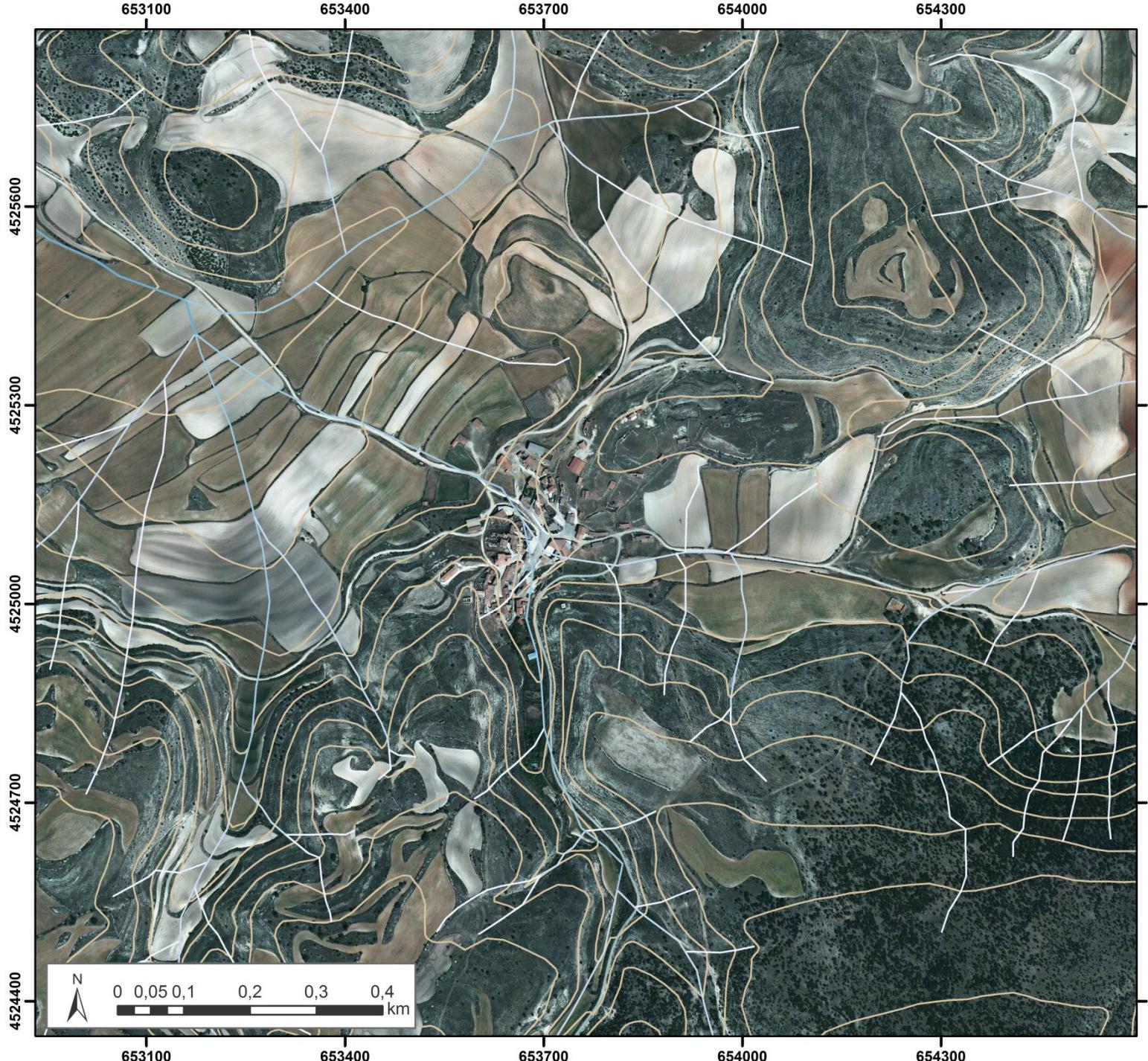
## Información complementaria

- Curvas de nivel

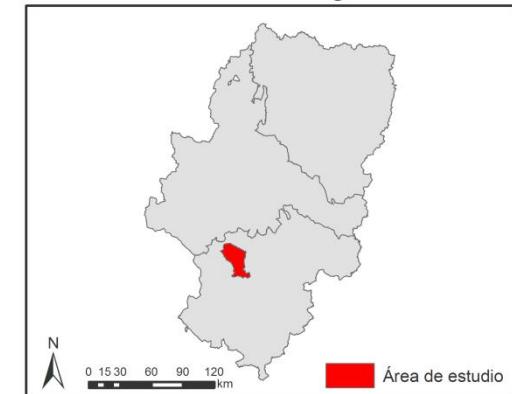
Elaboración: Jaime Domingo Belanche

Fuente: Instituto Geográfico Nacional

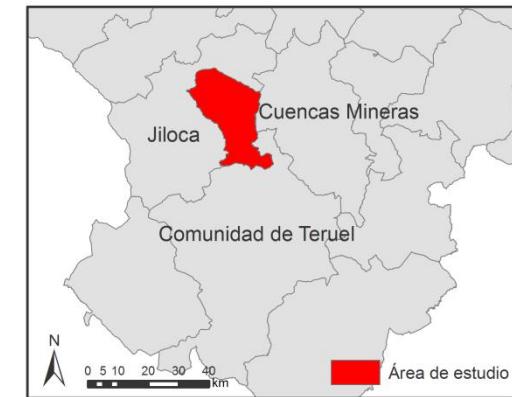
# Exposición al riesgo de inundación por crecida de El Villarejo de los Olmos



Localización regional:



Localización comarcal:



## Jerarquía

- Caucos de orden 1
- Caucos de orden 2
- Caucos de orden 3
- Caucos de orden 4
- Caucos de orden 5
- Caucos de orden 6
- Caucos de orden 7

## Información complementaria

- Curvas de nivel

Elaboración: Jaime Domingo Belanche  
Fuente: Instituto Geográfico Nacional

## 5. CONCLUSIONES

La cuenca del río Pancrudo pertenece a la del Jiloca, que, a su vez, se enmarca en la cuenca del Ebro. Abarca una zona que se encuentra entre los 850 y los 1400 metros de altitud.

Diversas **características del medio natural de la cuenca** actúan como los principales factores condicionantes del comportamiento hidrológico de sus cursos fluviales. Estas son: el clima, las pendientes, la litología aflorante, la vegetación y usos del suelo y, finalmente, el diseño de la red de drenaje.

El **clima** es mediterráneo continentalizado, la influencia del mar es muy leve, con inviernos fríos y veranos cálidos. La estación estival presenta habitualmente estiaje. En cuanto a las máximas precipitaciones tienen lugar en primavera, en concreto en mayo. Las temperaturas medias superan los 20 grados en los meses de verano y los inviernos cuentan con frecuentes heladas y temperaturas medias muy cercanas a 0 grados.

Las precipitaciones de la cuenca del Pancrudo están en torno a 450/500 mm anuales. Además la cantidad de precipitaciones determina de forma muy directa el escaso caudal del río Pancrudo.

El aporte hídrico a la cuenca es principalmente en forma pluvial, los aportes nivales son poco relevantes. Una gran parte de las precipitaciones procede de episodios tormentosos, los cuales son muy frecuentes en época estival.

La evapotranspiración potencial está en torno a la media de Aragón. Un 50% de la evapotranspiración tienen lugar en los meses de verano. Cabe destacar que es mayor la ETP en la zona de la desembocadura del río Pancrudo, esto se debe a que hay varias masas forestales que aumentan la capacidad de evapotranspirar. Ante esta fuerte evapotranspiración y las limitadas precipitaciones, el balance hídrico de la zona es deficitario.

A grandes rasgos se puede decir que la cuenca tiene unas **pendientes** pronunciadas, es una zona abrupta sin grande planicies. Hay numerosas muelas, tollos, barrancos de incisión líneal... con elevadas pendientes en las laderas. Las elevadas pendientes de la zona facilitan que se genere escorrentía superficial, de esta forma se aumenta la cantidad de agua que termina en el cauce del río Pancrudo. Ahora bien, diversas zonas que tienen elevadas pendientes están cubiertas de masa forestal o matorral, que reduce notablemente la escorrentía superficial, al favorecer procesos de infiltración del agua. La elevada masa forestal en las zonas de pendientes elevadas reduce también los procesos de erosión.

El mapa **litológico** muestra zonas donde afloran materiales calcáreos que facilitan la infiltración del agua y las zonas que tienen materiales detríticos como arcillas que favorecen la escorrentía superficial y los procesos erosivos.

Hay un predominio de los materiales calcáreos, por tanto, la zona se encuentra con un buen drenaje del suelo y funcionan correctamente los procesos de infiltración.

Respecto a la **vegetación y los usos del suelo**, hay que destacar que es una zona con un aprovechamiento agrícola medio, no hay vastas extensiones cerealistas, más bien es una zona de matorrales y bosques de coníferas y frondosas intercaladas con campos de cultivo. El uso del suelo para aprovechamiento agrícola de regadío es muy limitado ya que la vega del río Pancrudo es muy estrecha ya que está circundada por los montes que le rodea. Esta vega tiene unas anchuras entre 200 y 600 metros. Si la vega tuviera unas dimensiones mayores, habría problemas debidos al escaso caudal del río.

La cuenca del Pancrudo cuenta con numerosas zonas de bosque y de matorrales con enclaves singulares catalogados como espacios LIC. El Sabinar de Olalla es un claro ejemplo de espacio singular, con sabinas albares de cientos de años.

La **red de drenaje** está integrada por más de 9.000 segmentos de cauce, alcanzando un orden máximo de 7. La gran mayoría de dichos cauces no llevan agua de manera continua, solamente llevan agua durante los episodios tormentosos tan frecuentes en la zona de estudio. Su detallada cartografía ha permitido un exhaustivo análisis morfológico, que muestra como características más destacadas una densidad media de la red de drenaje muy ligada a las pendientes y la litología, y una forma alargada para la cuenca del río Pancrudo, con las repercusiones que ello tiene en la concentración del flujo y en la dinámica de crecidas.

Respecto a su **funcionamiento hidrológico**, el río Pancrudo tienen una **caudalosidad** muy escasa que, además desde los años 80 se ha visto reducida a más de la mitad, debido principalmente al aumento de la cantidad de agua dedicada para el aprovechamiento humano, al incremento de la vegetación en la superficie de la cuenca y al descenso de las precipitaciones.

La **variación estacional del caudal** sigue un patrón muy similar al de las precipitaciones, se da el máximo en los meses de primavera y en la época estival sucede lo contrario, un caudal muy escaso que en ocasiones es nulo. El río tiene un periodo de aguas altas en primavera y el resto del año tiene aguas bajas.

El Pancrudo se caracteriza por una acusada **irregularidad interanual**, muy bien expresada por el valor del coeficiente de irregularidad (29) propio del ámbito de influencia mediterránea donde se ubica su cuenca.

En cuanto a los *fenómenos extremos*, el resultado es que son frecuentes tanto los estiajes como las crecidas. Estos episodios de crecida están asociados a tormentas y se producen esencialmente durante finales de primavera y verano. Constituyen los únicos momentos en los que el río Pancrudo llega a disponer de caudales importantes. La mayor parte de las crecidas analizadas responden a una misma dinámica, que queda reflejada en sus hidrogramas: son crecidas simples, con un solo pico o cresta, y de evolución muy rápida, por tanto cortas temporalmente.

Dada la importancia de estas crecidas, se ha efectuado una primera aproximación para evaluar el grado de exposición a las inundaciones de los distintos municipios integrados en la cuenca del Pancrudo. El resultado ha sido que Torre los Negros, Lechago y Navarrete son los municipios con mayor exposición, por tanto tienen mayor riesgo de inundación. Esta circunstancia debe tenerse muy presente para la ordenación territorial de la cuenca.

Los estiajes son un fenómeno muy frecuente en el río Pancrudo, la mayoría de los veranos el caudal es muy reducido, el río lleva una pequeña hilera de agua y ocasionalmente se seca.

En definitiva, es muy evidente la estrecha relación existente entre las características del medio natural de la cuenca del río Pancrudo y su comportamiento hidrológico, de modo que consideramos confirmada nuestra hipótesis de que sólo estudiando en profundidad las primeras es posible entender ese funcionamiento hidrológico. Así, la escasez habitual de caudal del río Pancrudo, su irregularidad, sus fuertes crecidas, que son sus rasgos más relevantes, sólo se entienden al observar su estrechísima relación con la escasez e irregularidad de las precipitaciones, y la entidad de algunas tormentas. Pero, además, estos rasgos principales tampoco llegarían a comprenderse, en toda su magnitud, sin conocer la importante extensión superficial de la cuenca dedicada a usos o cubierta por formaciones vegetales que propician el funcionamiento prioritario de la infiltración y que, por tanto, restando agua a la escorrentía, condicionan los caudales. También la litología carbonatada, que aflora en amplios sectores de la cuenca, resta para el caudal parte de las precipitaciones, al favorecer su infiltración y percolación. Con todos estos componentes en contra de la llegada de caudal hasta el río Pancrudo, sólo unas pendientes considerables y, esencialmente, la presencia de una red de drenaje muy bien organizada puede explicar que este río disponga de un caudal continuo, excepto en los episodios de estiaje más prolongados y acentuados.

#### 4. FUENTES Y RECURSOS UTILIZADOS

##### Enlaces web:

*Atlas climático de Aragón.* [En línea]. En Gobierno de Aragón. [Fecha de consulta 05/2016]

Disponible en [www.ancicles.aragon.es](http://www.ancicles.aragon.es)

*Descarga del material necesario para realizar la cartografía.* [En línea]. En el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional. [Fecha de consulta: 03/2016]. Disponible en <http://centrodedescargas.cngi.es/CentroDescargas/buscar.do>

*Espacios LIC de la cuenca.* [En línea]. En Comarca del Jiloca (Teruel). [Fecha de consulta: 04/2016]. Disponible en <http://www.jiloca.es/>

Fotografía del nacimiento del río Pancrudo. [En línea]. En Os Zerrigüeltaires, blog. [Fecha de consulta 06/2016]. Disponible en <https://oszerriguelaires.wordpress.com/2008/05/12/10-3-pancrudo-el-cacinarro-nacimiento-del-pancrudo-cervera-del-rincon/>

*Revista Xiloca.* [En línea]. En Xiloca, Portal del Centro de Estudios del Jiloca. [Fecha de consulta: 04/2016]. Disponible en <http://www.xiloca.org/espacio/>

*Revista Teruel.* [En línea]. En Instituto de Estudios Turolenses. [Fecha de consulta: 04/2016]. Disponible en <http://www.ieturolenses.org/revistas/revista-teruel.html>

*Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).* [En línea]. En Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. [Fecha de consulta 05/2016]. Disponible en [www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/](http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/)

*Visor del MAGRAMA y datos de la estación de aforo de Navarrete del Río.* [En línea]. En Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. [Fecha de consulta: 03/2016]. Disponible en <http://sig.magrama.es/aforos/>

Artículos y libros:

Acín, V., Ballarín, D., Brufao, P., Domenech, S., Espejo, F., González-Hidalgo, J.C., Granado, D., Ibáñez, A., Marcén, C., Mora, D., Nadal, E., Ollero, A., Sánchez-Fabre, M., Saz, M.A., Serrano-Notivoli, R. (2012): “Sobre las precipitaciones de octubre de 2012 en el Pirineo aragonés, su respuesta hidrológica y la gestión de riesgos”. *Geographicalia*, 61, pp. 101-108.

Barrero, J.L. (2007). “Major flood disasters in Europe: 1950-2005. *Nat Hazards*, 42, pp. 125-148.

Barrera, M. (1999). *Las aguas del Ebro*. Zaragoza: ACESA

Camarasa, A., Mateu, J. (2000). *Las inundaciones en España en los últimos veinte años: una perspectiva geográfica*. Madrid: Serie geográfica, Universidad de Alcalá de Henares.

De Jaime Lorén, C. (2011). “Estudio de las crecidas en la cuenca del río Pancrudo y su influencia en las del Jiloca”. *Xiloca*, 39, pp. 99-132.

De Jaime Lorén, C. (2009). “Introducción a la avifauna del valle del Pancrudo”. *Xiloca*, 37, pp. 41-58.

Del Valle, J., Ollero, A., Sánchez Fabre, M. (2007). *Atlas de los ríos de Aragón*. Zaragoza: Prames.

Domenech, S., Ollero, A., Sánchez, M. (2008). “Núcleos de Población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: Diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio”. *Geographicalia*, 54, pp. 17-44.

Espejo Gil, F., Domenech Zueco, S., Ollero Ojeda, A., Sánchez Fabre, M. (2008). “La crecida del Ebro de 2007: procesos hidrometeorológicos y perspectivas de gestión del riesgo. *Boletín de la AGE*, 48, pp. 129-154.

Frutos Mejías, L.M., Ollero Ojeda, A., Sánchez Fabre, M. (2004). “Caracterización del Ebro y su cuenca y variaciones en su comportamiento hidrológico”. En Gil Olcina, A. (Coord.): *Alteración de los regímenes fluviales peninsulares*. Alicante: Instituto Mediterráneo de Hidrotécnica – Fundación Cajamurcia, pp. 233-280.

García Ruiz, J.M., Beguería, S., López, J.I., Lorente, A., Seeger, M. (2001). *Los recursos hídricos superficiales del Pirineo Aragonés y su evolución reciente*. Logroño: Geoforma ediciones.

García Ruiz, J.M., White, S., Martí, C., Valero, B., Errea, M.P., Gómez, A. (1996). *La catástrofe del barranco de Arás (Biescas, Pirineo Aragonés) y su contexto espacio-temporal*. Zaragoza: Instituto Pirenaico de Ecología.

Gaume, E. et al. (2009). “A compilation of data of European flash floods”. *Journal of Hydrology*, 367, pp. 70-75.

Guillén, M.P. (2001). *Las cuencas fluviales turolenses*. Zaragoza: Tesis doctoral, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.

Herrero Loma, F. (2004). *El chopo cabecero (Populus nigra L.). Cartografía y estudio de la población actual en los bosques de ribera del río Pancrudo (Teruel). Propuestas de gestión*. Valencia: Trabajo fin de carrera.

Kundzewicz, Z.W., Pinskwar, I., Brakenridge, R. (2012). “Large floods in Europe”. *Hydrological Sciences Journal*, 1, pp. 1-17.

Losada, J.A., Montesinos, S., Omedas, M., García, M.A., Galván, R. (2004). “Cartografía de las inundaciones del río Ebro en febrero de 2003: trabajos de fotointerpretación, teledetección y análisis SIG en GIS-Ebro”. En Conesa, C., Álvarez, y., Martínez, J.B. (Coord.): *Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y teledetección*. Murcia: Universidad de Murcia, pp. 207-218.

Martín Soriano, A., Martín Tolón, A.V. (1998). “La catástrofe ferroviaria de Entrambasaguas”. *Xiloca*, 22, pp. 37-47.

Martínez, J., Garzón, M.G., Arche, A. (1987). *Avenidas e inundaciones*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

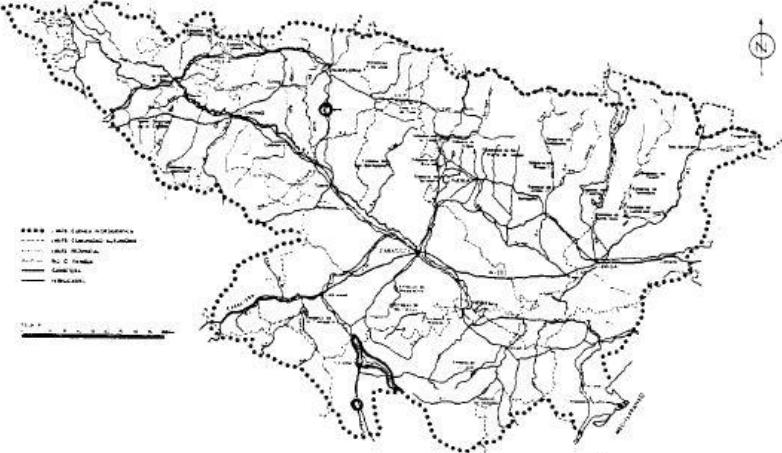
Nadal, E., Lacasa, M., Barrera, M. (1998). *Aragón y el agua*. Zaragoza: Ibercaja.

- Ollero, A. (2006). “Inundaciones y ordenación del territorio fluvial en la cuenca del Ebro”. En Gil Olcina, A., Chastagnaret, G. (Coord.): *Riesgo de inundaciones en el Mediterráneo Occidental*. Alicante: Casa de Velázquez y Universidad de Alicante, pp. 239-272.
- Ollero Ojeda, A. (2015). *Apuntes de geografía física aplicada II: El agua*. Zaragoza: Grado en Geografía y Ordenación del Territorio.
- Peña Monné, J.L., Pellicer Corellano, F., Julián Andrés, A., Chueca Cía, J., Echeverría Arnedo, M.T., Lozano Tena, M.V., Sánchez Fabre, M. (2003). *Mapa Geomorfológico de Aragón*. Zaragoza: Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón.
- Romero Díaz, M.A., López Bermúdez, F. (1987). “Morfometría de redes fluviales: revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir”. *Papeles de Geografía (Física)*, 12, pp. 47-62.
- Sánchez Fabre, M. (1990). “Caracterización morfométrica de la cuenca del río Ebrón (Provincia de Teruel y Rincón de Ademuz)”. *I Reunión Nacional de Geomorfología*, pp. 509-520.
- Sánchez Fabre, M. (1993). “Aportación al estudio hidrológico del río Alfambra”. *Geographicalia*, 30, pp. 347-360.
- Sánchez Fabre, M., Ballarín Ferrer, D., Mora Mur, D., Ollero Ojera, A., Serrano Novotili, R., Saz Sánchez M.A. (2015). “Las crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI”. En M.de la Riva, P. Ibarra, R. Montorio & Rodrigues (Eds.). *Ánálisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza-AGE.
- Sánchez Fabre, M., Moya Media, C. (2011). “La cuenca del río Alfambra: análisis de las variables del medio físico que inciden en su comportamiento hidrológico”. *Teruel*, 92, pp. 7-40.
- Saz Gonzalvo, J. (2001). *Del paisaje integrado a la cartografía de suelos*. Zaragoza: Geoforma e Instituto de Estudios Turolenses.
- Senciales González, J.M. (1999). *Redes fluviales: metodología de análisis*. Málaga: Servicio de publicaciones de la Universidad de Málaga.

Serrano Notivoli, R., Mora, D., Ollero, A., Sánchez, M., Saz, M.A. (2014). “Respuesta hidrológica al evento de precipitación de junio de 2013 en el Pirineo Central”. *Investigaciones Geográficas*, 62, pp. 5-21.

## 7. ANEXOS

### Anexo 1

<p>FECHA: Septiembre de 1.952</p> <p>RÍO: - Zidacos, Pancrudo y Jiloca</p> <p>En el mes de Septiembre de 1.952 los ríos Zidacos, afluente del Aragón, y el Jiloca y su afluente el Pancrudo, registraron sendas avenidas extraordinarias.</p> <p>El Zidacos afectó a la localidad de Tafalla; el Pancrudo registró el día 8, como tantas otras veces, una fuerte crecida, arrastrando un muro que derribó varios kilómetros aguas abajo, inundando toda la vega y arrastrando gran cantidad de tierras de cultivo. El Jiloca también tuvo la crecida el día 8; en la localidad de Villafranca del Campo, las calles de la zona baja del pueblo se inundaron con una altura de 50 cms., aunque no ocasionaron daños de consideración; en general todas las vegas hasta Calamocha quedaron anegadas por las aguas.</p>					
<p>FUENTES DE INFORMACION: 4.3.2 5.1. // 5.2.</p>					
					
M.O.P.U.	DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS	Titulo: CUENCA DEL EBRO INUNDACIONES HISTORICAS	Página: _____	Fecha: Septiembre 1985	INGENIERIA 75, S.A. Ingenieros Consultores

## 8. PÓSTER

## Caracterización de la cuenca del río Pancrudo

Autor: Jaime Domingo Belanche Director: Miguel Sánchez Fabre

Departamento de  
Geografía y  
Ordenación del Territorio  
Universidad Zaragoza

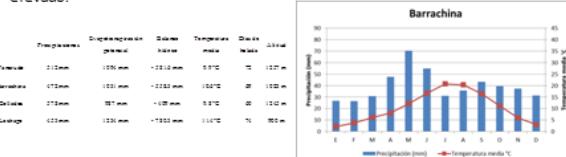
La red hidrográfica del río Pancrudo se sitúa al noreste de España. Esta discurre entre las comarcas del Jiloca y Comunidad de Teruel, con una disposición Sureste- Noroeste. El río nace en el municipio de Pancrudo a 1260 msnm, recoge las aguas de su cuenca de 465 km<sup>2</sup> y desemboca en el río Jiloca, siendo su principal afluente. El cauce principal tiene una distancia de aproximadamente 48 km.

Tiene un caudal irregular, con crecidas importantes en el periodo estival. Su caudal medio es  $0.43 \text{ m}^3/\text{s}$ . Es un río con una irregularidad interanual muy marcada y con una variación estacional muy notable, máximo en abril y un mínimo que coincide con la estación estival.

## Factores que condicionan el comportamiento del río Pancrudo

## Clima

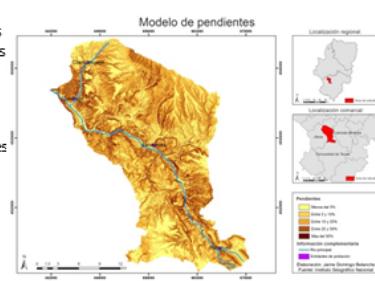
El clima es mediterráneo con veranos cálidos e inviernos fríos, con temperaturas medias en torno a 10 °C. Las precipitaciones son reducidas, en torno a 450 mm de los cuales, casi el 50% provienen de episodios tormentosos. Los balances hídricos son negativos debido a las escasas precipitaciones y elevadas temperaturas en la época estival. Los valores de evapotranspiración potencial son elevados porque hay mucha masa forestal y arbórea. Por tanto, el clima no favorece a que el caudal del río sea elevado.



## Pendientes

La cuenca cuenta con unas pendientes pronunciadas, es una zona abrupta sin grandes

planicías. A lo largo de la cuenca se encuentran vales, tollos y muelas con laderas pronunciadas. Las pendientes de la cuenca favorecen el proceso de escorrentía superficial pero este se ve frenado por vegetación arbustiva y arbórea que se encuentra en las laderas principalmente.

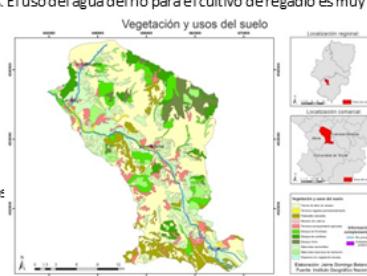


## Litología

La mayor parte de los materiales son rocas sedimentarias depositadas a lo largo del Terciario, aunque existen rocas metamórficas paleozoicas y sedimentos cuaternarios en el fondo de valle. La abundancia de materiales calcáreos dificulta el proceso de escorrentía superficial reduciendo la cantidad de agua que llega al cauce de río.



## Vegetación y usos del suelo



Por tanto, el río Pancrudo se encuentra condicionado por el clima, las pendientes, la litología y los usos del suelo como factores naturales. El resultado es una densa red de drenaje, con más de 9000 cauces de los cuales el único que lleva agua durante todo el año es el propio río. Tiene una cuenca oblongada puesto que como se puede apreciar en los mapas tiene es más larga que ancha.

En la cuenca son muy frecuentes los **episodios de crecida**, su origen se debe a la elevada frecuencia de las tormentas de verano que tienen una gran intensidad y un lento desplazamiento. Las **crecidas** en la zona de estudio están causadas principalmente por el clima, son frecuentes los episodios tormentosos de gran intensidad y lento desplazamiento. La gran deforestación que ha sufrido la zona favorece a la escorrentía superficial. También coincide que el período donde son más frecuentes las tormentas, en los meses de verano, en las zonas de uso agrario la vegetación se encuentra ya segada, entonces favorece la escorrentía superficial también. Las pendientes de la zona de estudio, sobre todo tramo medio y bajo de la cuenca son elevadas, facilitando la escorrentía superficial. En la zona de estudio hay muchas zonas de material arcilloso, estos dificultan la infiltración del agua, al igual que sucede con las margas. Un último factor que favorece a las crecidas es la disposición del cauce, este ha sido estrechado por los aprovechamientos agrícolas.

Se ha analizado la exposición al riesgo de inundación de las entidades de la cuenca a las crecidas. El resultado ha sido que **Torre los Negros, Lechago y Navarrete** son los municipios más expuestos, por tanto tienen mayor riesgo de inundación.

