



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

Propuesta de medidas de prevención de riesgos de inundación para las localidades del valle del río Aragón, Huesca.

Autor

Sergio Dolset Guerrero

Director

Daniel Ballarín Ferrer

Facultad de Filosofía y Letras

2016



## **RESUMEN**

Las inundaciones constituyen el riesgo natural de mayor frecuencia y de mayor importancia socioeconómica, tanto en España como en el mundo. Sin duda, este riesgo se ha visto incrementado en las últimas décadas debido al importante desarrollo de la actividad humana y por tanto de su exposición. Las medidas de protección y prevención convencionales puestas en marcha hasta la fecha para reducir el riesgo de inundación en las localidades ribereñas de los valles del Pirineo no ofrecen más que una falsa sensación de seguridad debido a que su utilidad frente a eventos extraordinarios de crecida queda muy reducida principalmente porque no están diseñadas para soportar tal grado de riesgo. Por esto, es necesario realizar planes de actuación de manera conjunta e integrada con el medio natural, en los que se propongan conjuntamente medidas de protección y prevención basadas en la ingeniería fluvial y actuaciones basadas en la ordenación de los recursos naturales y el respeto de los espacios fluviales, ya que si no los respetamos, el nivel de riesgo que se deberá asumir será mucho mayor.

**Palabras clave:** evento, riesgo, medidas, exposición, adaptabilidad, respeto

## **ABSTRACT**

Floods are the natural risk of greater frequency and greater socio-economic importance, both in Spain and in the world. Undoubtedly, this risk has been increased in recent decades due to the significant development of human activity and therefore exposure. Protection and prevention conventional actions implemented to date to reduce the risk of flooding in coastal towns in the valleys of the Pyrenees offer only a false sense of security because their usefulness against extraordinary flood events is very reduced mainly because they are not designed to withstand such a degree of risk. Therefore, it is necessary to carry out action plans together and integrated with the natural environment, in which actions of protection and prevention based on river engineering and performances based on the management of natural resources and respect for jointly proposed river areas, because if not respect, the level of risk that should be assumed will be much higher.

**Key words:** event, risk, actions, exposure, adaptability, respect

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	OBJETIVOS.....	9
3.	ANTECEDENTES.....	9
3.1	MARCO LEGISLATIVO (EUROPEO Y ESPAÑOL).....	9
4.	METODOLOGÍA.....	11
5.	ANÁLISIS DETALLADO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	12
5.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	12
5.1.1	ASPECTOS FÍSICOS.....	12
5.1.1.1	LOCALIZACIÓN.....	12
5.1.1.2	CLIMATOLOGÍA.....	13
5.1.1.3	GEOMORFOLOGÍA.....	15
5.1.1.4	HIDROLOGÍA.....	17
5.1.2	ASPECTOS HUMANOS.....	23
5.1.2.1	USOS DEL SUELO.....	23
5.1.2.2	POBLAMIENTO.....	24
5.1.2.3	INFRAESTRUCTURAS.....	26
5.2	ANÁLISIS DE LA CRECIDA DE OCTUBRE 2012.....	27
5.2.1	GÉNESIS.....	27
5.2.2	RESPUESTA HIDROLÓGICA.....	30
5.2.3	DAÑOS Y COSTES.....	31
5.3	ANÁLISIS DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO.....	33
5.3.1	CANFRANC ESTACIÓN Y CANFRANC.....	34
5.3.2	VILLANÚA.....	35
5.3.3	CASTIELLO DE JACA.....	35
6.	PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES.....	37
6.1	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN ESPECÍFICAS.....	38
6.1.1	CANFRANC-ESTACIÓN.....	38
6.1.2	CANFRANC.....	39
6.1.3	VILLANÚA.....	40
6.1.4	CASTIELLO DE JACA.....	42
6.2	MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN GENERALES.....	43
7.	CONCLUSIONES.....	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Climograma de Canfranc.....	14
<b>Figura 2.</b> Climograma de Villanúa.....	14
<b>Figura 3.</b> Mapa geomorfológico de la comarca de La Jacetania.....	16
<b>Figura 4.</b> Variación estacional de caudal del río Aragón.....	19
<b>Figura 5.</b> Irregularidad interanual del río Aragón.....	20
<b>Figura 6.</b> Crecida del río Aragón en octubre de 2006.....	21
<b>Figura 7.</b> Crecida del río Aragón en octubre de 2012.....	22
<b>Figura 8.</b> Tabla de nº de habitantes y densidad de población de los municipios del valle del río Aragón.....	25
<b>Figura 9.</b> Situación meteorológica en altura y superficie en Europa Occidental en Octubre de 2012.....	28
<b>Figura 10.</b> Mapa de distribución e intensidad espacial de la precipitación acumulada en los días 19,20 y 21 de octubre de 2012.....	29
<b>Figura 11.</b> Distribución temporal de las precipitaciones del evento de Octubre de 2012.....	29
<b>Figura 12.</b> Hidrograma de la crecida del río Aragón y su afluente el Aragón Subordán en Octubre de 2012.....	30
<b>Figura 13.</b> Fotografía. El río Aragón, retomando su antiguo cauce y destrozando el unifamiliar localizado en el espacio fluvial en Castiello de Jaca en la crecida de Octubre del 2012.....	31
<b>Figura 14.</b> Fotografía. Unifamiliar construido en el cauce y destruido por la crecida en Octubre de 2012.....	32
<b>Figura 15.</b> Fotografía. Margen erosionada por el río en Villanúa que afecta directamente a una urbanización cercana en Octubre de 2012.....	32
<b>Figura 16.</b> Delimitación de los espacios fluviales por ley.....	34
<b>Figura 17.</b> Invasión de la zona de policía en Canfranc, 2015.....	34
<b>Figura 18.</b> Invasión de la zona de policía en Canfranc-Estación, 2015.....	34
<b>Figura 19.</b> Invasión de la zona de policía en Villanúa, 2015.....	35

<b>Figura 20.</b> Invasión de la zona de policía en Castiello de Jaca, 2015.....	35
<b>Figura 21.</b> Evolución del cauce funcional del río Aragón en Castiello de Jaca desde 1998 hasta el evento de 2012.....	37
<b>Figura 22.</b> Medidas de protección en Canfranc-Estación.....	39
<b>Figura 23.</b> Medidas de protección en Canfranc.....	40
<b>Figura 24.</b> Medidas de protección en Villanúa.....	41
<b>Figura 25.</b> Medidas de protección en Castiello de Jaca.....	42

## ÍNDICE DE MAPAS

<b>Mapa 1.</b> Localización del área de estudio.....	13
<b>Mapa 2.</b> Localización de la red hídrica del río Aragón.....	17
<b>Mapa 3.</b> Usos de suelo del valle del río Aragón.....	24
<b>Mapa 4.</b> Densidad y poblamiento del área de estudio.....	25
<b>Mapa 5.</b> Vías de transporte en La Jacetania.....	26

## 1. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones, son denominadas por la Directiva 2007/60/CE como “un anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos por agua” y son debidas a procesos de carácter climático/físico que provocan cambios en las características de las masas de agua fluvial o marítima. Pero no solo son eso, las inundaciones (desde el punto de vista físico) son procesos encargados de regular las crecidas de los ríos, inundando el espacio fluvial adyacente y consiguiendo así reducir la energía y la altura de la crecida conforme avanza aguas abajo. Las inundaciones, son procesos naturales que pueden considerarse eventos extraordinarios debido a su baja frecuencia y su extraordinaria intensidad, pero no son eventos raros ni imprevisibles (Ollero, 2014).

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se producen periódicamente (suponen alrededor de 30-40% del total de los eventos naturales extremos a nivel global) y su participación en el conjunto de víctimas producidas se encuentra en torno al 20% (Olcina, 2007). En España, entre el año 1971 y el 2013, el 68,9% de la siniestralidad indemnizada por el Consorcio de Compensación de Seguros correspondía a daños por inundaciones que se estiman en torno a 800 millones de euros anuales (Ollero, 2014).

Todos los años se suceden en Aragón diferentes episodios extremos relacionados con las crecidas de los ríos (inundaciones, desbordamientos) los cuales producen una visión negativa y destructiva de la naturaleza y esto sumado al incremento del riesgo en las últimas décadas debido al incremento progresivo de la exposición de los centros urbanos conlleva que este tipo de eventos se hayan convertido en el riesgo natural de mayor frecuencia en el Pirineo y el que conlleva mayor importancia socio-económica y territorial en España.

El concepto “riesgo” no solo implica la aparición de un evento extremo si no que implica más bien la presencia humana (personas y bienes expuestos al evento). Estos procesos naturales, a pesar de ser necesarios ya que rigen el funcionamiento de los cursos fluviales (Ollero, 2014), pueden causar graves daños, incrementados como ya se ha indicado por la creciente exposición humana y ocupación del territorio fluvial.

Existen pocos estudios que hablen acerca de las malas prácticas llevadas a cabo en los ríos como medida para evitar los daños provocados por el agua cuando se produce un episodio de estas características y en este trabajo se busca principalmente no solo conocer que errores se cometen sino además poder corregirlos y buscar alternativas mucho más eficaces y beneficiosas tanto para el hombre como para el río.

Es por ello que lo que me ha motivado a redactar este trabajo es llegar a entender mejor el porqué de esas malas actuaciones en cuestión de prevención de



riesgos en caso de eventos o fenómenos extremos de crecida en nuestros ríos, además de aclarar algunas dudas acerca de que actuaciones se deben llevar a cabo por el bien mutuo del ser humano y del río.

Este trabajo de investigación tiene como finalidad la mejor comprensión de los espacios fluviales del Pirineo Aragonés (generalizando a partir de las características y procesos que se dan en el valle del río Aragón).

## **2. OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene un objetivo principal dividido en dos partes:

- Establecer medidas de protección y prevención ante eventos de crecida en el río Aragón a la altura de los municipios de Canfranc, Villanúa y Castiello de Jaca localizados en el valle del río Aragón, en la comarca de La Jacetania.
- Analizar las medidas ya existentes para detectar su eficacia a la hora de prevenir un evento de estas características.

Este objetivo principal va en concordancia con el estudio de caso realizado del evento de crecida del río Aragón en el año 2012 del cual se obtiene la información.

Como objetivos secundarios, realizar un análisis previo de la zona sobre aspectos de tipo físico y humano:

- Analizar en profundidad el río en cuestión mediante el análisis de parámetros hidrológicos.
- Analizar la zona de estudio en cuanto a características físicas (clima, geomorfología), y humanas (usos de suelo, poblamiento e incluso el Dominio Público Hidráulico existente) para comprender mejor las actuaciones que se llevan a cabo a la hora de producirse un evento extremo de crecida.

## **3. ANTECEDENTES**

### **3.1 MARCO LEGISLATIVO (EUROPEO Y ESPAÑOL)**

A nivel europeo, la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, impone la elaboración de planes de gestión de cuenca fluvial para cada demarcación hidrográfica. Aunque la elaboración de dichos planes de gestión no constituye en sí mismo un objetivo de la Directiva, indica que contribuirán a mitigar los efectos de las inundaciones. Además,

destaca la necesidad de coordinación y cooperación entre los Estados miembros para mejorar en la prevención y atenuación de las inundaciones. Este mismo principio también es recogido en el Convenio de las Naciones Unidas sobre la protección y uso de los cursos de agua transfronterizos y los lagos internacionales aprobado por la Decisión 95/308/CE.

La Directiva 2000/60/CE es incorporada al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto Legislativo 1/2001.

El primer paso en otorgar la responsabilidad en la gestión de los riesgos de inundación es la comunicación del 12 de julio de 2004 de la Comisión <<Gestión de los riesgos de inundación – Prevención, protección y mitigación de las inundaciones>>, que refuerza la idea de que una acción coordinada y concertada a nivel comunitario aportaría un valor añadido considerable.

Sólo tres años más tarde aparece la primera Directiva en abarcar plenamente el riesgo de inundación: Directiva 2007/60/CE, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

En España, las primeras referencias al riesgo de inundación aparecen en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986 y modificado y revisado varias veces, la última en septiembre de 2013 (Real Decreto 670/2013), para incorporar nuevos matices de acuerdo a las normas que van apareciendo, como el texto refundido de la Ley de Aguas (Ley 1/2001). En dicho Reglamento se menciona que la creciente presión sobre los cauces reduce el espacio fluvial, menospreciando la protección ambiental del Dominio Público Hidráulico e incrementando el riesgo de inundación.

Dos años más tarde, en 1988, se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, mediante el Real Decreto 927/1988, que ha sido modificado sustancialmente varias veces: Real Decreto 907/2007, por el que se aprueba el Reglamento de Planificación Hidrológica; Real Decreto 1383/2009, por el que se determina la composición, estructura orgánica y funcionamiento del Consejo Nacional del Agua; y Real Decreto 817/2015, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

Por otro lado, la problemática que presenta el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y la búsqueda de soluciones también han sido recogidas en el Plan Hidrológico Nacional, aprobado por la Ley 10/2001 y modificado por la Ley 11/2005 y por la Ley 21/2013, y en el Real Decreto Legislativo 2/2008m que aprueba la Ley de Suelo.

Dos años más tarde, se promulga el Real Decreto 903/2010, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, que traspone la Directiva 2007/60/CE, estas dos normas se consideran de gran importancia debido a implicación en numerosos estudios de inundaciones en España.

Por otro lado, el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro, cuenca en la que se enmarca este estudio, se recoge en el Real Decreto 129/2014.

Además de los aspectos propiamente hidrológicos, al hablar de inundaciones hay otros aspectos a tratar por influir en los posibles efectos negativos, por lo que el marco legislativo a abordar es mucho más amplio.

En España, la Ley 16/2002, de prevención y control integrados de la contaminación recoge las instalaciones industriales que pueden ocasionar contaminación accidental en caso de inundación. Su consulta es obligada a la hora de elaborar mapas de riesgo de inundación, según recoge el Real Decreto 903/2010. Además, los planes de gestión de riesgo de inundación a los que hace referencia este mismo Real Decreto deben someterse a procedimiento de evaluación ambiental estratégica, conforme a lo dispuesto en la Ley 9/2006, sobre Evaluación de Determinados Planes y Programas en el Medio Ambiente, vigente en el momento de redacción del Real Decreto pero derogada más tarde por la Ley 21/2013, de evaluación ambiental.

Por otro lado, el derecho a información y participación pública está recogido en la legislación europea en las Directivas 2003/4/CE y 2003/35/CE, en la legislación española en la Ley 27/2006.

Por último, cabe destacar dos normas importantes de delimitación territorial. Por un lado, el Real Decreto 125/2007, por el cual se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas; y en Aragón, el Decreto Legislativo 1/2006, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Comarcalización de Aragón.

#### **4. METODOLOGÍA**

Para el presente trabajo se ha desarrollado una metodología específica basada en el previo análisis del área de estudio. Dicha área de trabajo ha sido elegida a través de una preselección de localidades en las que el riesgo por inundación es elevado y existe documentación de los episodios registrados.

La primera parte del trabajo consta de un análisis previo del área de estudio a través de cartografía digital y software SIG, en este caso ArcGis 10.2. Este análisis previo detallado de la zona de estudio muestra una serie de parámetros de gran utilidad para comprender los procesos naturales que se dan en la misma y que

favorecen un funcionamiento específico tanto del río estudiado como de su cuenca hidrológica.

El análisis del estudio de caso del año 2012 tiene como objetivo fundamental mostrar la realidad de los eventos extremos de estas características y poder conocer más en detalle cuales son los errores humanos cometidos y que provocan que el desastre se agrave.

Por último y siendo el objetivo principal de este trabajo de investigación, una vez obtenida toda la información y habiendo comprendido cómo funciona el río y su cuenca y conociendo la realidad de la zona en cuestión enfocamos el estudio sobre las poblaciones situadas en nuestra área de estudio, con el fin de identificar cuáles son los problemas que surgen a la hora de afrontar un evento de crecida, el porqué de su aparición y cómo podemos corregirlos a través de una buena ordenación y gestión del territorio y de sus recursos naturales.

Todo este trabajo se ha completado con cartografía general de elaboración propia sobre diversos aspectos del área de estudio además de con representaciones gráficas y fotografías que muestran la realidad que se ha intentado mostrar con este trabajo de investigación.

## **5. ANÁLISIS DETALLADO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

### **5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

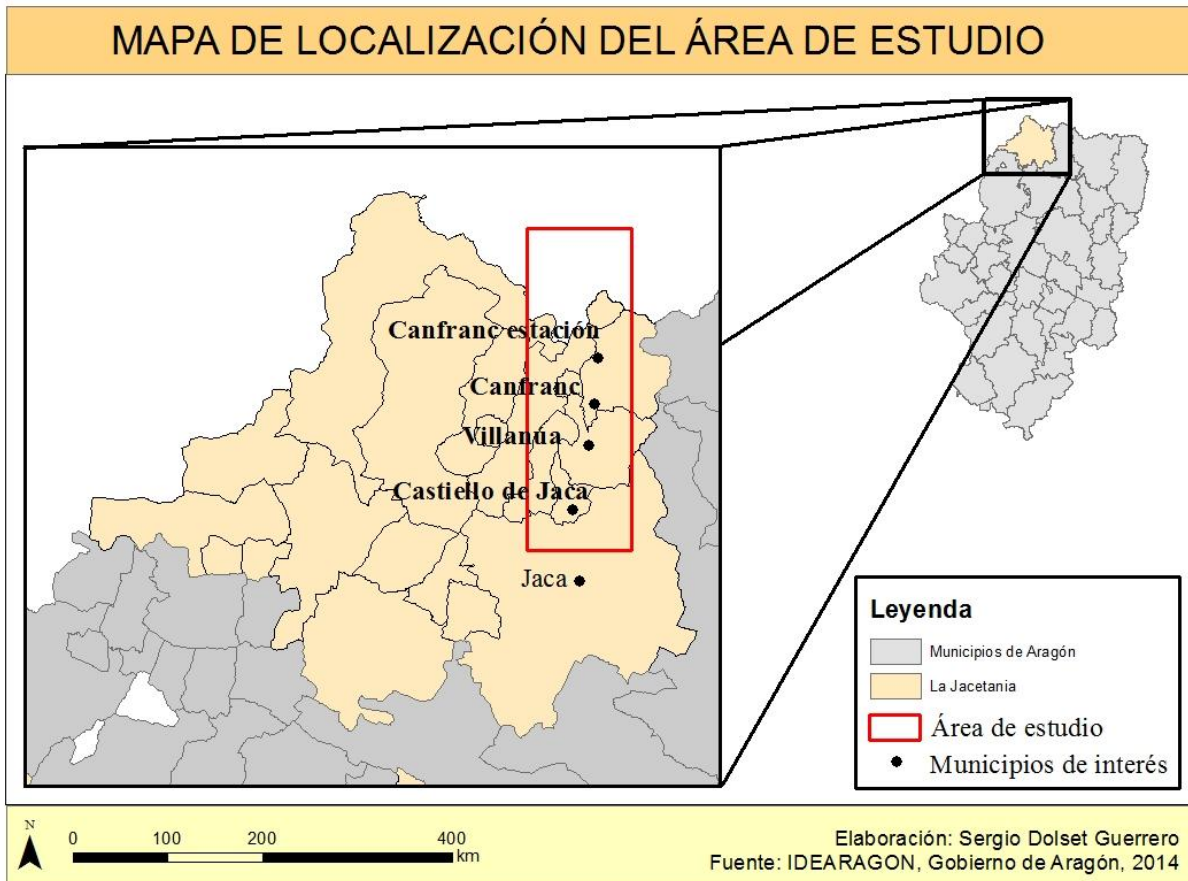
#### **5.1.1 ASPECTOS FÍSICOS**

##### **5.1.1.1 LOCALIZACIÓN**

El Valle del Aragón es un valle del Pirineo aragonés que se encuentra situado en la Comarca de la Jacetania, en la parte más noroccidental de la provincia de Huesca en la Comunidad Autónoma de Aragón. Está dividido en tres zonas geográficas históricas: Campo de Jaca (la parte más amplia del valle y la situada más al sur y donde encontramos la capital comarcal: Jaca), Bardarux (formado por los términos municipales de Castiello de Jaca y Villanúa y situado en la parte media del valle) y el Valle de Canfranc (zona situada más al norte y que incluye el pueblo de Canfranc y Canfranc estación y las estaciones de esquí de Astún y Candanchu).

El valle cuenta con tres pasos fronterizos a Francia: el puerto de Somport (1640 m de altitud), el túnel de Somport (1200 m) y el viejo y famoso paso ferroviario del Canfranero que cerró definitivamente su paso a Francia en el año 1970.

Este valle toma su nombre del río Aragón, uno de los principales afluentes del río Ebro, que drena una cuenca de aproximadamente 8500 km<sup>2</sup> y tiene una longitud de 195 km. El río Aragón recorre el valle de norte a sur y nace casi en la frontera con Francia, en los ibones de Truchas y Escalar en Astún.



**Mapa 1.** Localización del área de estudio. Elaboración propia

#### 5.1.1.2 CLIMATOLOGÍA

El clima en el valle del río Aragón se encuentra dentro de todo un mosaico de climas locales que se localizan en los Pirineos en cotas que rondan entre los 1000 y 1500 m de altitud, pero para facilitar la comprensión se simplifican en dos los tipos de clima que predominan en esta zona.

En primer lugar, el tipo de clima predominante: El clima de transición Mediterráneo-Oceánico, el cual se encuentra ocupando la mayor parte de las comarcas de Cinco Villas, La Jacetania y Alto Gállego y la parte más occidental de la comarca del Sobrarbe. A partir de aquí hacia el este la influencia oceánica se va disipando progresivamente aunque el clima sigue muy matizado por la acción que ejerce el relieve, y con él, la mayor altitud.

Este clima se localiza sobre los 1000 m de altitud y se caracteriza por unas precipitaciones abundantes (superiores a 1000mm anuales en numerosas zonas) durante todo el año con unos máximos en primavera y en invierno y con un mínimo absoluto en la estación del verano. Por otro lado las temperaturas son frías sobre todo en invierno con una media de 5°C con la excepción de las temperaturas estivales que se suavizan en relación con la elevada altitud media de la zona y que llegan a alcanzar casi los 20°C.

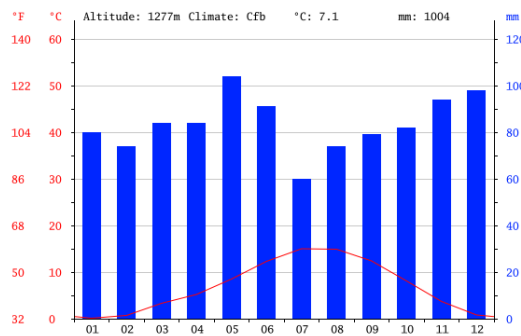


Figura 1. Climograma Canfranc

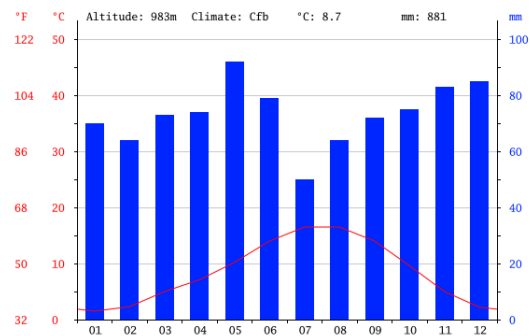


Figura 2. Climograma Villanúa

Fuente: Climate-data.org

Analizando ambos climogramas se puede ver esa relación de mosaico climático que se comenta anteriormente cuando se ve que conforme se avanza más hacia el sur las temperaturas aumentan ligeramente y las precipitaciones disminuyen también ligeramente. Este efecto es común en todo el ámbito pirenaico y se produce por efecto del relieve y la altitud.

Según la clasificación climática de Köppen, estaríamos ante un clima entre los tipos Cfb “Océánico con verano suave” y Dfb “Hemiboreal sin estación seca” caracterizado por un verano suave y un invierno frío. Se puede detectar esta tipología climática debido a las características de temperatura y precipitación: La temperatura media del mes más cálido no supera los 22°C pero se superan los 10°C en cuatro o más meses al año y las precipitaciones son constantes todo el año por lo que no se registra una estación seca marcada.

Por otro lado, se puede encontrar el clima de montaña localizado en las zonas más altas del valle (cabecera del río Aragón, Astún-Candanchu). Este clima afecta a aquellas áreas que se encuentran a partir de los 1500m de altitud donde los volúmenes pluviométricos alcanzan su máximo y los registros de temperatura suministran los valores más bajos.

Según la clasificación climática de Köppen, este debería ser un clima frío del tipo E pero nos encontramos ante el tipo Dfc “Subpolar sin estación seca”

caracterizado por un verano suave y corto y un invierno frío, donde los meses de temperatura media superior a 10°C son menos de cuatro al año.

Por último, se debe hacer referencia a un fenómeno importante que se da con frecuencia en el valle: La inversión térmica.

La inversión térmica es un fenómeno por el cual las propiedades climáticas de la atmosfera son modificadas por efecto de la altitud, permitiendo al aire caliente ascender mientras que el aire frío que se encuentra por debajo quedándose atrapado por el primero y provocando las famosas nieblas de fondo de valle tan características de los valles del Pirineo.

En definitiva, el valle del río Aragón ofrece un registro climático que varía en dirección de norte a sur (siguiendo el valle) desde las zonas más altas de montaña hasta el Campo de Jaca y que todos estos efectos y variaciones climáticas tienen lugar debido a la acción del relieve.

#### 5.1.1.3 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología del valle del río Aragón está íntimamente ligada a los procesos erosivos del modelado glaciar y el glaciario que se dieron durante las fases frías del período cuaternario.

Durante este período se produjo una importante acumulación de hielo en las zonas de mayor altitud. La capacidad erosiva del hielo dio forma a cubetas y circos glaciares que podemos encontrar hoy en día en las zonas de mayor altitud del valle (Astún) que actualmente están ocupados por ibones de reducida extensión (Escalar, Canal Roya, Truchas etc.). Todo el hielo acumulado durante miles de años desbordaba de los circos y avanzaba hacia el sur formando importantes lenguas glaciares que en las zonas de fusión dejaban grandes cantidades de materiales que iban arrastrando formando morrenas frontales y laterales (bien conservadas entre Villanúa y Castiello de Jaca) y que debido a su fuerza erosiva terminaron formando el valle en artesa situado en Canfranc.

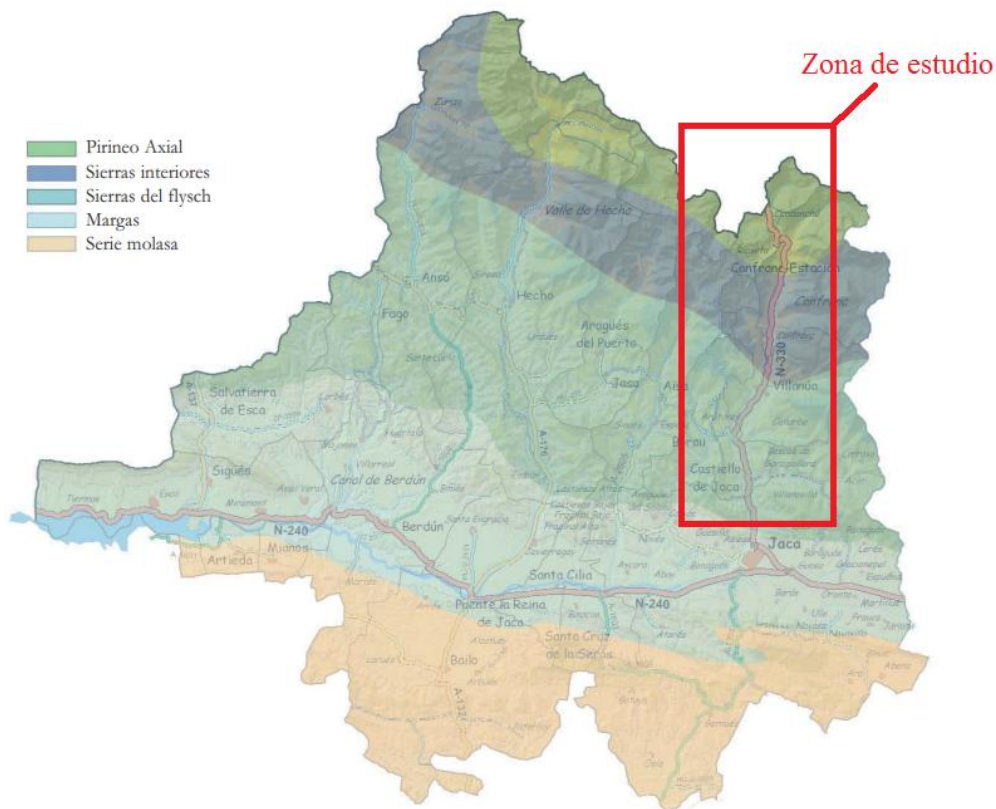
Posteriormente, con la fusión de estas grandes cantidades de hielo se formó un lago que, una vez colmatado dio lugar al fondo plano de la cubeta de Villanúa.

La lengua glaciar del valle del río Aragón fue de las más grandes del Pirineo superando los 350 m de espesor y con una longitud de 26 km que llegaba hasta Castiello de Jaca.

Las formas de relieve ligadas al glaciario más características que se han dado en el valle son los circos glaciares de las zonas de mayor altitud, las lenguas glaciares, las morrenas y los valles en artesa o forma de “U” como el de Canfranc.

Se debe también destacar que el valle del río Aragón atraviesa de norte a sur tres grandes zonas geomorfológicas del pirineo aragonés: Pirineo Axial, Sierras interiores y Sierras del flysch.

### MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA COMARCA DE LA JACETANIA



**Figura 3.** Fuente: Libro de las Comarcas, Biblioteca Virtual de Aragón.

Haciendo también referencia un poco más en profundidad a la litología que se encuentra en el valle se la puede diferenciar en función de las tres grandes zonas geomorfológicas:

- Pirineo Axial: Zona situada más al norte, la más alta y antigua formada por materiales emergidos por el plegamiento Herciniano del período Carbonífero como las lutitas o las areniscas, pero también calizas, cuarcitas, esquistos, pizarras y arcillas.

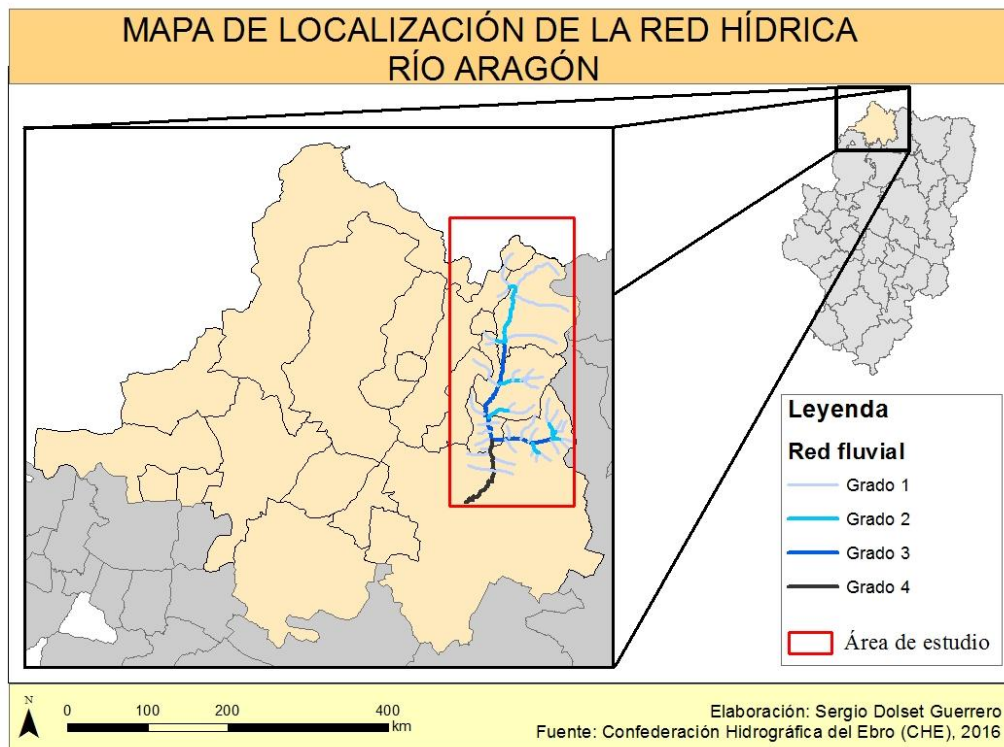


- Sierras interiores: Situadas entre la zona axial y las Sierras del flysch, todavía mantienen una abrupta alineación montañosa formada por calizas del Cretácico y Eoceno inferior cuya dureza proporciona esa característica abrupta con paredes verticales y profundas gargantas cortadas por los ríos que las atraviesan.
- Sierras del Flysch: Ocupan una amplia zona desde el sur de las Sierras interiores hasta las margas azules de la “Depresión Media Altoaragonesa”, están formadas por sedimentos marinos del Eoceno medio, caracterizados por la alternancia de areniscas y margas replegadas por la actividad tectónica.

#### 5.1.1.4 HIDROLOGÍA

En este apartado se van a tratar todos los aspectos relacionados con la dinámica fluvial de los ríos y cursos fluviales del valle.

En primer lugar hay que entender el funcionamiento de la cuenca. El río Aragón drena una cuenca de aproximadamente 8500 km<sup>2</sup>, tiene una longitud de 195km y aporta al río Ebro una media de 1300 hm<sup>3</sup>/año. Se puede observar que el río Aragón no es uno de los grandes ríos de la península pero sí está categorizado como uno de los principales afluentes del Ebro.



**Mapa 2.** Localización de la red hídrica del río Aragón. Elaboración propia

Este río tiene su cabecera en el circo glaciar del valle de Astún (situado en el norte de nuestra zona de estudio) a 2050 m sobre el nivel del mar. Saliendo de su cabecera traza una línea casi recta de norte a sur discurriendo a través del valle del Aragón hasta llegar a Jaca donde cambia de orientación para continuar hacia el oeste por la denominada Canal de Berdún hasta tierras navarras.

En cuanto a su régimen fluvial, el río Aragón drena una cuenca afectada por diferentes condiciones e influencias climáticas, por un lado la influencia oceánica (al norte) y por otro lado la influencia mediterránea (al sur). Esto va a provocar que el río Aragón tenga un régimen fluvial mixto, que combina las características de los regímenes fluviales tanto pluviales como nivales. En este caso, se puede hablar de un régimen nivo-pluvial.

El régimen nivo-pluvial se caracteriza principalmente por la mayor importancia de la aportación nival que entra en la cuenca frente a la aportación pluvial que también se da pero no es tan importante debido a su menor aporte y que se concentra sobre todo en los meses de otoño. Este régimen es característico de los ríos pirenaicos como el río Aragón, el Gállego y el Cinca entre otros.

Así pues, como el mayor aporte que entra en la cuenca es de carácter nival, los meses de mayor caudal se situarán en la estación primaveral ya que nos encontramos con el incremento de caudal debido al deshielo.

Una vez analizado el régimen del río, se analiza el comportamiento hidrológico del mismo a través de tres variables que van a dar una visión muy clara de su funcionamiento:

- Variación estacional de caudal
- Irregularidad interanual
- Eventos extremos (crecidas)

Estas variables se han obtenido del Anuario de Aforos, de la estación 9271 (Canfranc Antiguo) para una serie de datos de 22 años (1991-2013).

### Variación estacional de caudal:

Se basa en la comparación de los diferentes niveles de caudal para cada mes de la serie de 20 años que se ha utilizado. Con este análisis se puede comprobar el régimen fluvial del río así como conocer los niveles de caudal medio que se registran de cada mes del año.

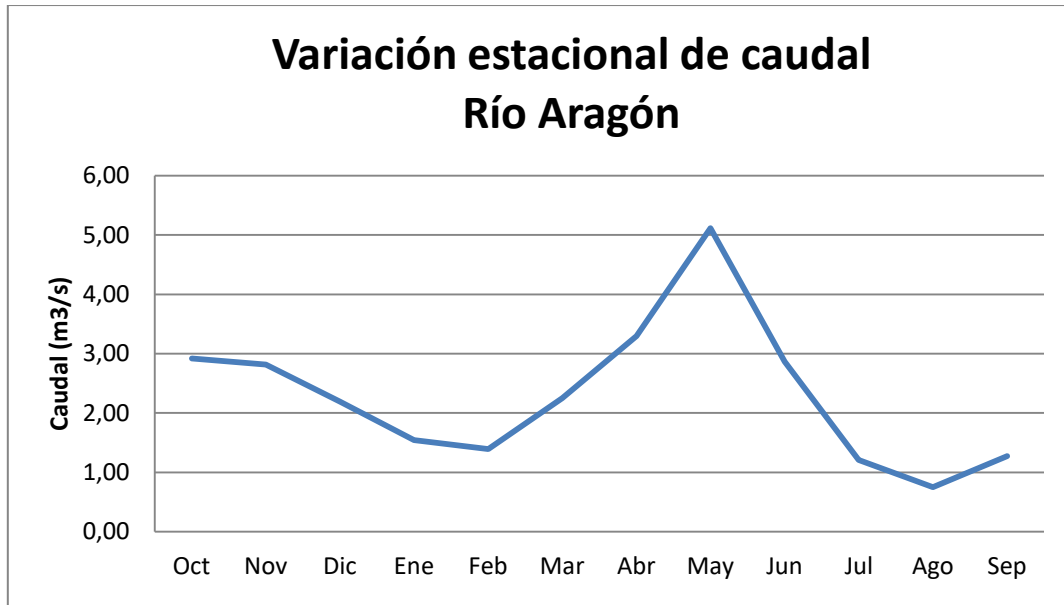


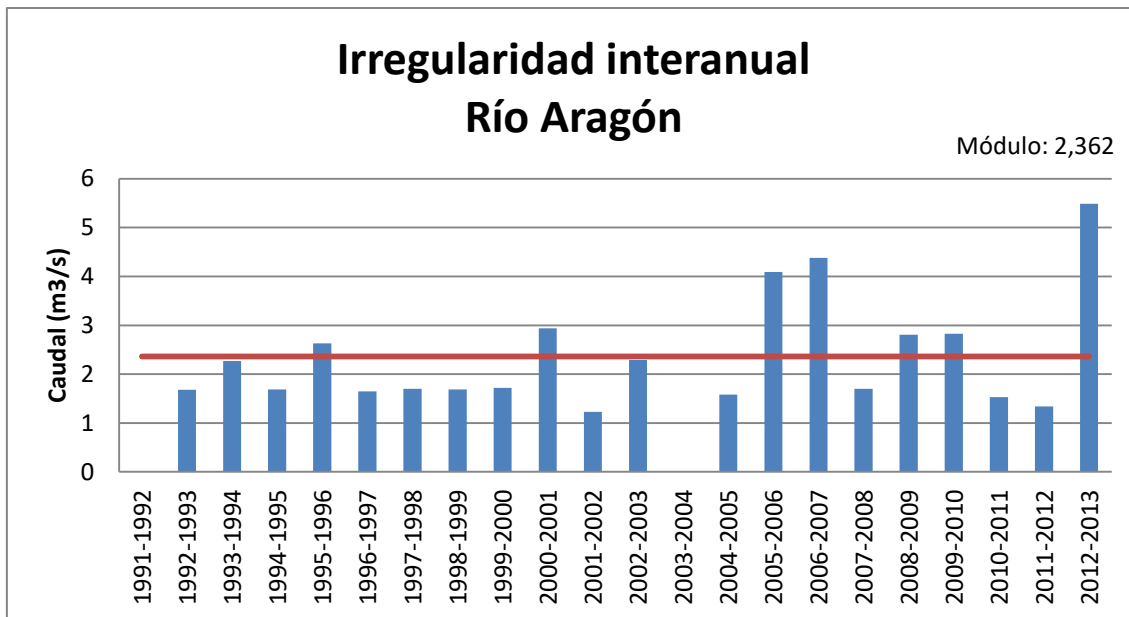
Figura 4. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 4, queda claro que este río muestra un régimen nivo-pluvial ya que el período de aguas altas absoluto se da en los meses de primavera debido al deshielo provocado por la subida de las temperaturas. También, se puede observar un período de aguas altas relativo situado en los meses de otoño y que se explica debido al aumento de las precipitaciones.

Por otro lado, se observa el período de estiaje característico de los meses de verano donde el caudal se localiza entre 0 y 1 m<sup>3</sup>/s.

### Irregularidad Interanual:

Esta variable ofrece datos de caudal medio pero en este caso para cada año hidrológico de la serie de años analizada. Es por ello que esta variable otorga la oportunidad de analizar la cantidad de caudal medio que ha llevado el río cada año, y ver así diferencias interanuales pudiendo detectar crecidas inusualmente grandes que han alterado el caudal medio del río ese año.



**Figura 5.** Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración propia.

En cuanto a la irregularidad interanual del río, se puede ver en la gráfica el caudal ( $m^3/s$ ) con la evolución anual, de todos los años hidrológicos de la serie de datos obtenida de la estación de aforo.

En la gráfica se observa como el caudal medio anual del río es bajo (el río lleva poco caudal pero no ha estado seco ningún año).

Por otro lado, el dato más destacado es el dato de caudal del año hidrológico 2012-2013 que encaja con la gran crecida del año 2012 que se va a analizar en este trabajo.

Pero el dato que más interesa de esta figura es el coeficiente de irregularidad interanual del río que indica lo regular o irregular que es. Para hallarlo es necesario conocer el año hidrológico con caudal más alto:  $5,49 m^3/s$  (2012-2013); y el año hidrológico con caudal más bajo:  $1,23 m^3/s$  (2001-2002) y realizar una división entre ellos.

$$\text{Coeficiente de irregularidad interanual} = 5,49 / 1,23 = 4,46$$

El resultado es 4,46 lo que determina con seguridad que el río Aragón es bastante regular.

### Fenómenos extremos:

En este apartado se van a analizar dos gráficas elaboradas a partir de los datos ofrecidos por el anuario de aforos en los que se pueden observar las características de los eventos de crecida en el río Aragón.

- 1ª crecida:

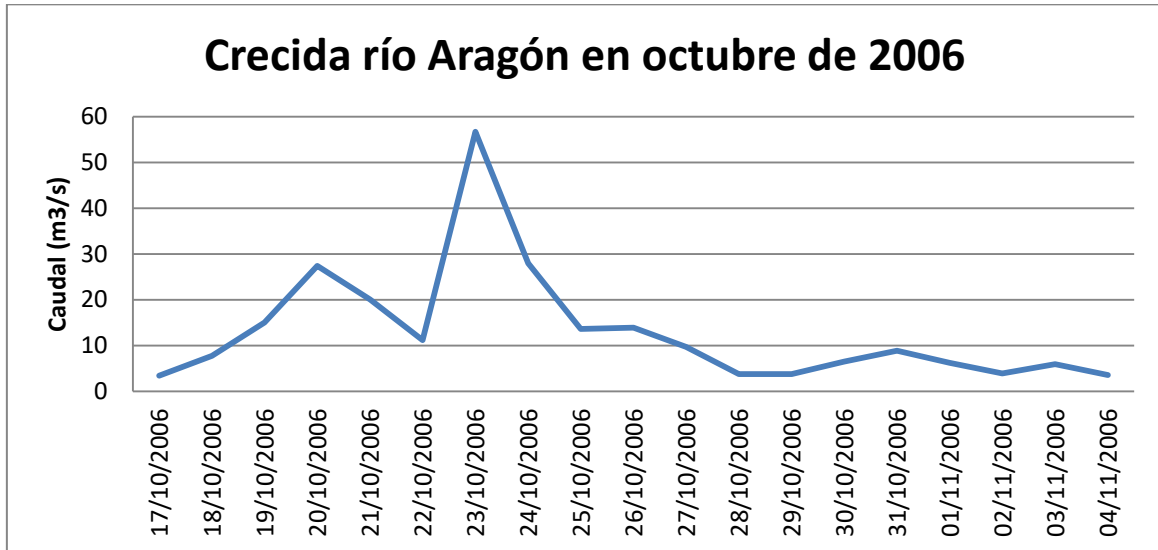


Figura 6. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración propia.

En esta primera gráfica se ve el comienzo del evento el día 17 de octubre con una curva de ascenso con un caudal punta el día 20 ( $28 \text{ m}^3/\text{s}$ ) seguido de una curva de descenso que se registra hasta el día 22 donde comienza una nueva curva de ascenso mucho más potente que culmina con un caudal punta de casi  $60 \text{ m}^3/\text{s}$  el día 23. Tras esto, se encuentra la curva de descenso registrada hasta el día 25 y después una bajada regular del nivel de caudal provocada por la curva de agotamiento hasta que acaba estabilizándose el día 4 de noviembre cuando el río recupera su actividad normal.

Es interesante ver como el primer evento no contiene una curva de agotamiento ya que el segundo evento (y más potente) se produce justo al acabar la curva de descenso del primero.

- 2ª crecida:

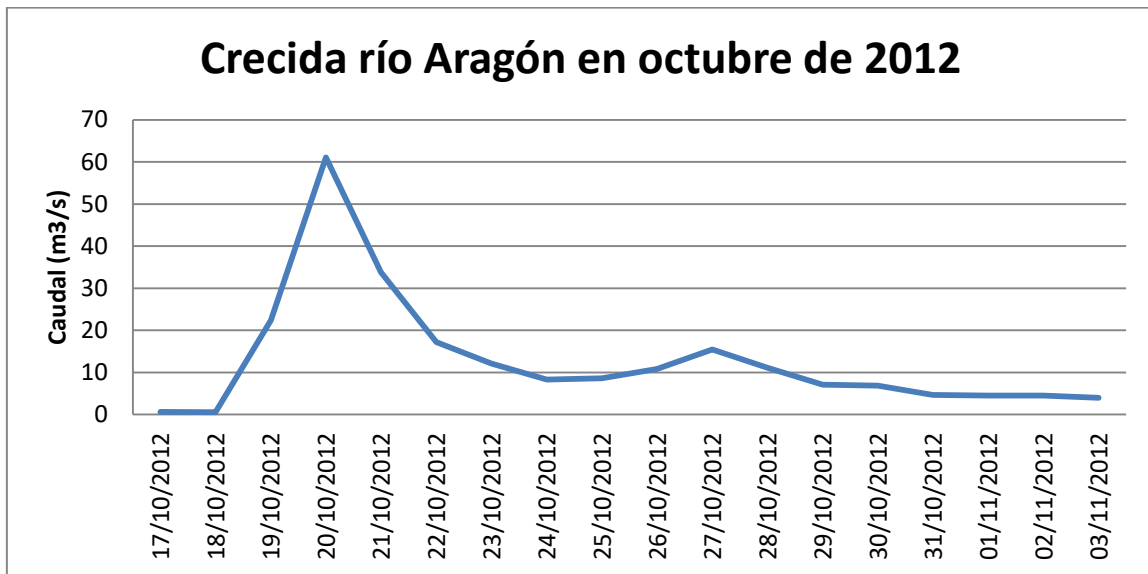


Figura 7. Fuente: Anuario de Aforos. Elaboración propia.

Esta segunda gráfica a analizar contiene menos información que la primera pero se trata de una importante crecida de libro.

El evento comienza el día 18 de octubre registrándose una importante subida del nivel de caudal. La curva de ascenso alcanza su caudal punta de  $61,1 \text{ m}^3/\text{s}$  dos días después (20/04). Como se puede observar, esta gran crecida ha provocado que el nivel del caudal sea 60 veces superior al del comienzo ( $0,58 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Tras pasar el caudal punta, se produce una curva de descenso que culmina el día 22 y que da paso a una larga curva de agotamiento que llegando a ser más o menos regular finaliza el día 3 de noviembre donde ya el río vuelva a alcanzar valores normales de caudal.

En ambas gráficas se mantienen modelos de crecida muy parecidos, curvas de ascenso y descenso potentes y de rápida actuación (2 días de duración aproximadamente) y curvas de agotamiento más largas (3-5 días aproximadamente) lo que nos quiere decir que el río tarda en volver a su caudal normal.

## 5.1.2 ASPECTOS HUMANOS

### 5.1.2.1 USOS DEL SUELO

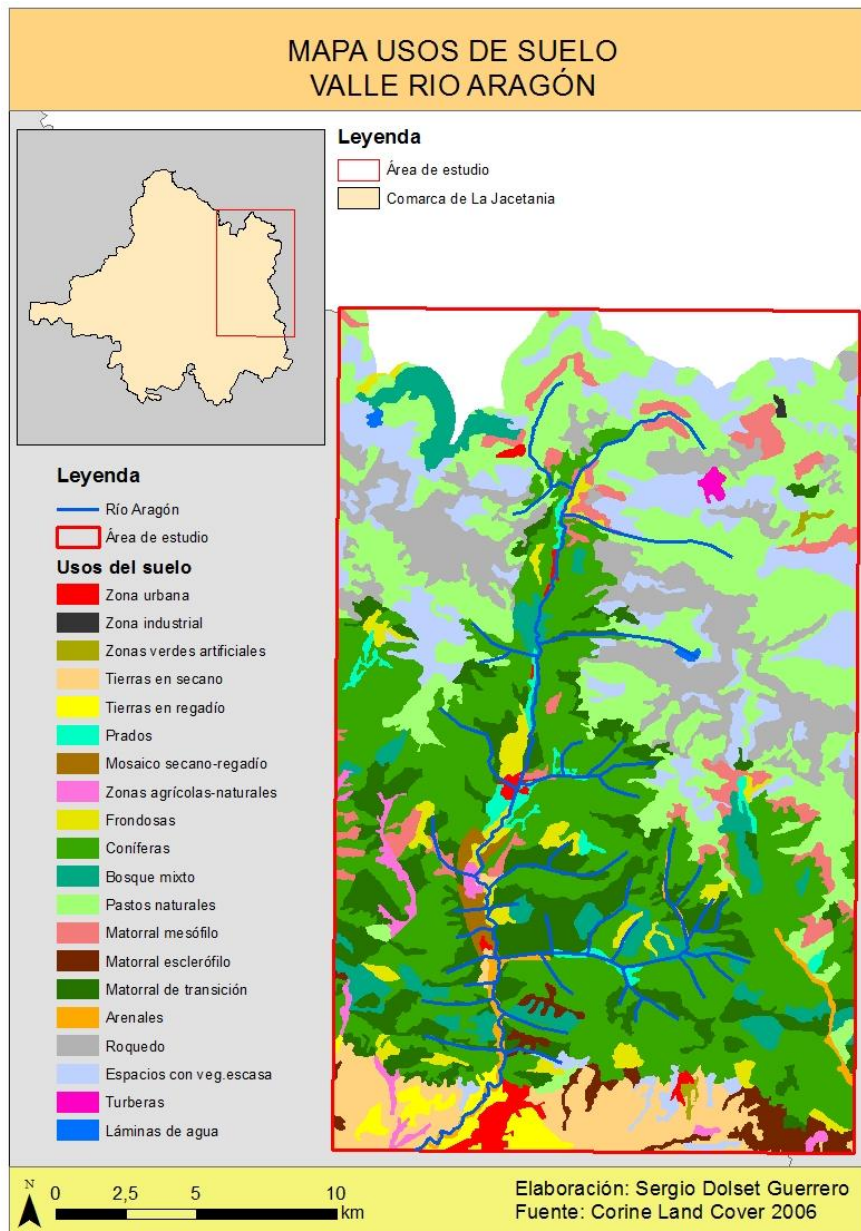
En este apartado se van a analizar los diferentes usos de suelo que se localizan en el valle y su distribución a lo largo del mismo para así conocer las actividades que se dan en este entorno.

En primer lugar, destacar la clara diferencia de tres zonas que marcan los agrupamientos de usos del suelo, relacionadas por supuesto con la diferente altitud.

**Zona sur:** La zona más al sur de nuestra zona de estudio es la zona más llana correspondiente a la Canal de Berdún donde se encuentra la ciudad de Jaca. Esta zona debido a su morfología está dominada por zonas agrícolas de secano y regadío y zonas donde las actividades agrícolas se entremezclan con la creciente vegetación natural que aparece más a medida que nos dirigimos hacia el norte.

**Zona intermedia:** Esta zona se localiza entre la ciudad de Jaca, recorriendo todo el valle del río Aragón hasta Canfranc-Estación. Esta amplia zona está dominada en su mayor parte por bosques de coníferas y matorral de transición que se extienden a lo largo y ancho del valle y de las agrupaciones montañosas que lo rodean. También se puede destacar la aparición puntual de zonas dominadas por bosques de frondosas y por agrupaciones mixtas de coníferas y frondosas que se reparten por toda la zona. Por último, se encuentran zonas de aprovechamiento agrícola y mosaicos de tierras de secano y regadío acompañando muy marcadamente el fondo de valle y dando así una idea de por donde transcurre el río.

**Zona norte:** Por último, la zona norte es la zona donde se encuentran las mayores altitudes del área de estudio. Esta zona está dominada por vegetación de pequeño porte ya que se ha sobrepasado el “timberline” (línea imaginaria marcada por la altitud que ya no permite la presencia y el crecimiento de vegetación arbórea). Prados, pastos naturales, zonas de escasa vegetación y por supuesto roquedo al descubierto dominan en estos ámbitos donde la altitud y las condiciones climáticas adversas limitan enormemente la presencia de vida.



**Mapa 3.** Usos del suelo del valle del río Aragón. Elaboración propia

### 5.1.2.2 POBLAMIENTO

La población en la comarca de La Jacetania ha sufrido fluctuaciones a lo largo del último siglo. La tendencia general (al igual que todas las zonas rurales del Pirineo) ha sido descendiente, la población de la comarca ha ido menguando debido al progresivo éxodo rural del siglo pasado. Al contrario de la tendencia del siglo XX, en el siglo XXI se ha producido un despunte de población debido fundamentalmente a factores ligados con el ocio y el sector servicios: Gran atracción de la montaña como destino turístico y de entretenimiento, el incremento muy notable de la participación



de deportes de montaña destacando el esquí o la instalación de viviendas de segunda residencia.

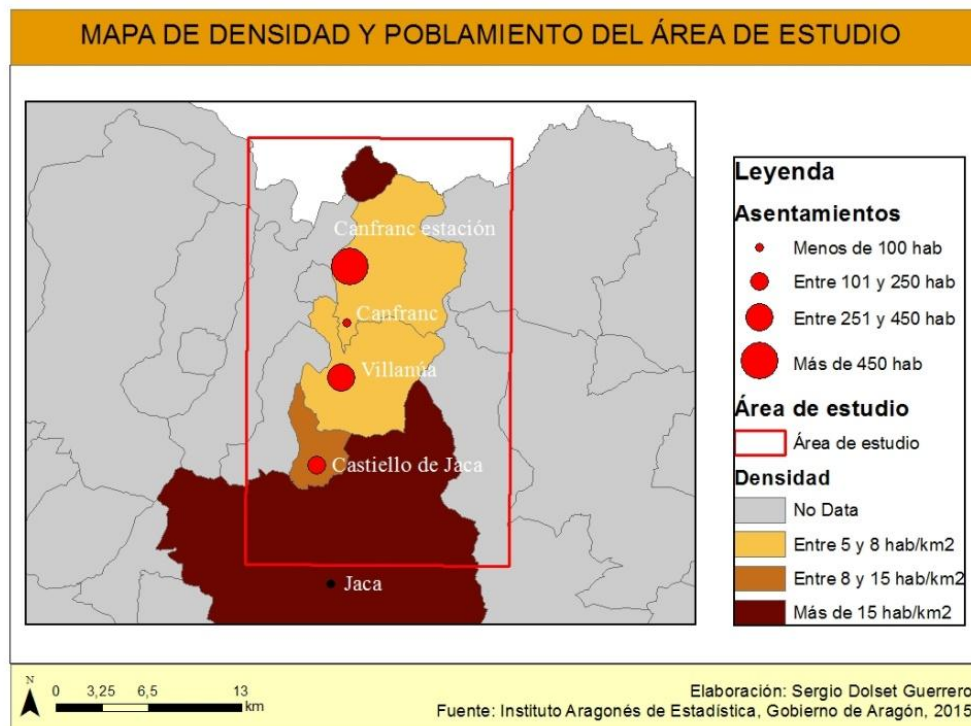
Los cuatro asentamientos que se encuentran dentro de nuestra área de estudio han sufrido los cambios que se acaban de describir y hoy por hoy mantienen unas densidades de población elevadas en comparación con los demás municipios de la comarca (sin contar Jaca, la cual incluimos para destacar la diferencia).

Municipio	Habitantes (2015)	Densidad (hab/km <sup>2</sup> )
Canfranc	560	7,8
Villanúa	435	7,4
Castiello de Jaca	210	12,1
Jaca	13088	32,29

Figura 8. Fuente: INE. Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que el municipio de Canfranc cuenta con dos asentamientos: Canfranc-Estación y Canfranc (pueblo). La cantidad de población en cada uno de ellos es 479 habitantes y 81 habitantes respectivamente.

Aunque nuestra área de estudio comprenda más municipios como el de Jaca, solo nos interesan para el estudio los tres primeros ya que son estas poblaciones las que se ven afectadas directamente por el paso del río Aragón.



Mapa 4. Densidad y poblamiento de los municipios del área de estudio. Elaboración propia.

### 5.1.2.3 INFRAESTRUCTURAS

En este apartado se pueden analizar las infraestructuras, en particular las de transporte (carretera y ferrocarril) que son las que se encargan de vertebrar el territorio y las que permiten el desarrollo de la actividad económica y el desarrollo de los asentamientos que se están analizando.



**Mapa 5.** Vías de transporte en La Jacetania. Elaboración propia

Es importante destacar como en nuestra área de estudio se encuentran vías de comunicación principales como las carreteras nacionales N-330 (transita por el valle del Aragón y al llegar a Jaca se dirige al este hacia Huesca) y la N-240 (sale de Jaca hacia el oeste). Por otro lado, encontramos el viejo tramo del “Canfranero” que discurre por el valle y que hoy por hoy está en desuso.

Por último, la autovía A-21 que se encuentra en obras y que conectará Navarra con Huesca pasando por Jaca.

## 5.2 ANÁLISIS CRECIDA OCTUBRE 2012 RIO ARAGÓN

Este análisis tiene como objetivo describir la situación extrema de precipitación y crecida de octubre de 2012 en el río Aragón, así como los daños ocasionados en las poblaciones afectadas y los costes llevados a cabo en reparar dicha situación.

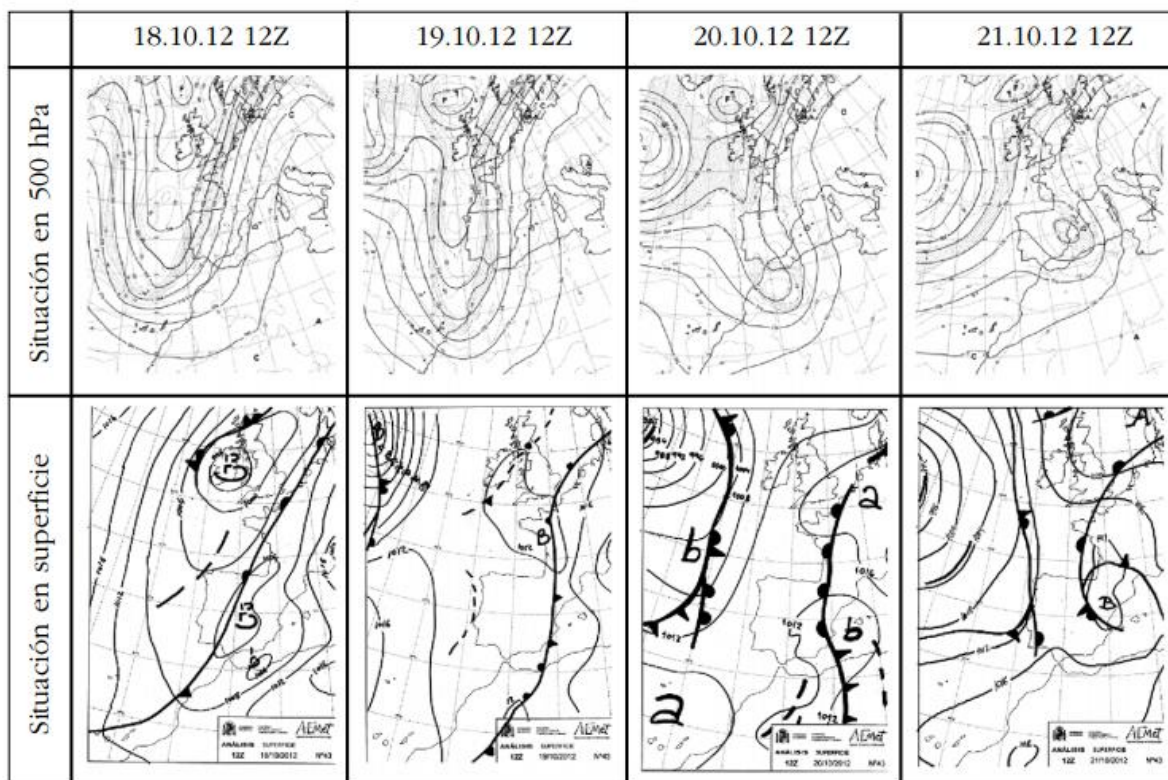
Como antecedentes a esta situación dada, se sabe que en el Pirineo Aragonés se han registrado con anterioridad eventos de precipitaciones como el acontecido en 2012 y también sabemos que se caracterizan por tener respuestas hidrológicas rápidas con volúmenes de caudal relevantes (son eventos extremos y peligrosos, que pueden ocasionar grandes daños tanto materiales como humanos).

Este evento acontecido en octubre puede calificarse como “extremo”, principalmente por los elevados volúmenes de precipitación y los altos caudales registrados en tan poco tiempo, pero en absoluto se puede considerar como algo “excepcional” ya que el poder de la naturaleza puede ser mucho más devastador.

### 5.2.1 GÉNESIS

El primer evento comenzó el día 19 de octubre cuando una vaguada en altura dispuesta en sentido N-S desde las islas británicas hasta las costas occidentales peninsulares dio lugar a las primeras precipitaciones. La situación en superficie estaba dominada por una baja presión localizada al noroeste peninsular con el acompañamiento de un frente frío que se correspondía con el ramal de salida de dicha vaguada, que, a lo largo del evento fue transformándose progresivamente hacia una depresión estrechándose cada vez más hasta aislar un embolsamiento de aire frío en altura localizado en el sur peninsular.

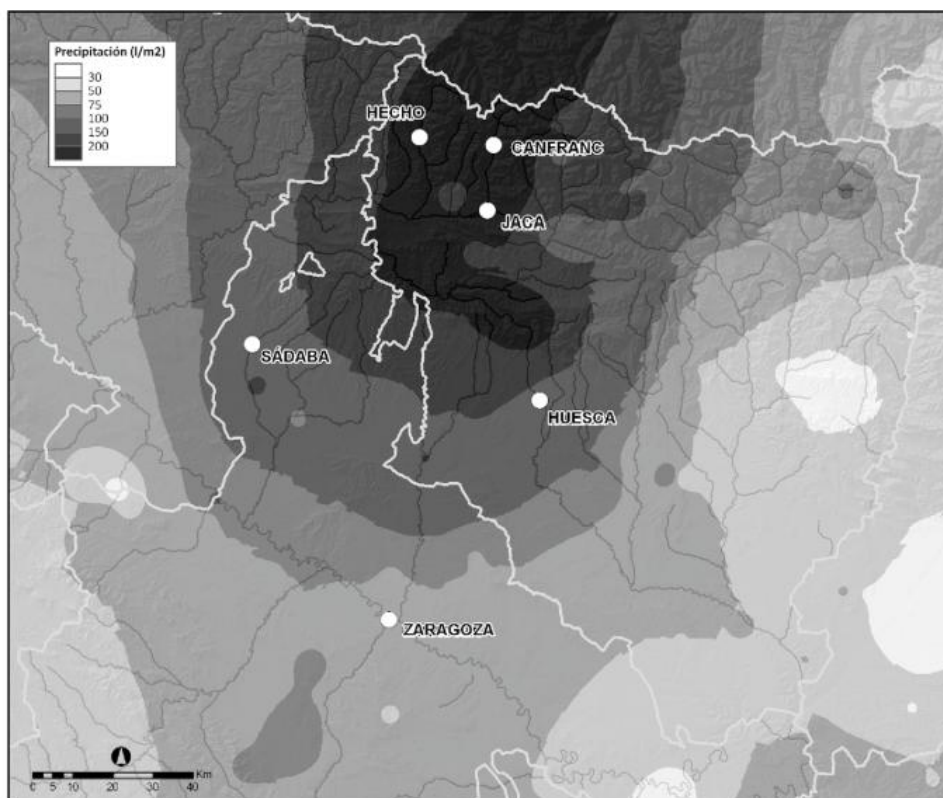
Esta bolsa de aire frío fue el origen del segundo evento que comenzó a partir del mediodía del 20 de octubre cuando la situación en superficie dio origen a un cambio en la dirección del flujo dominante que paso a ser E-SE dando lugar al llamado “frente de retroceso” sobre el valle del Ebro (figura 9).



**Figura 9.** Situación meteorológica en altura y superficie en Europa Occidental en Octubre de 2012.  
Fuente: Geographicalia a partir de datos de AEMET.

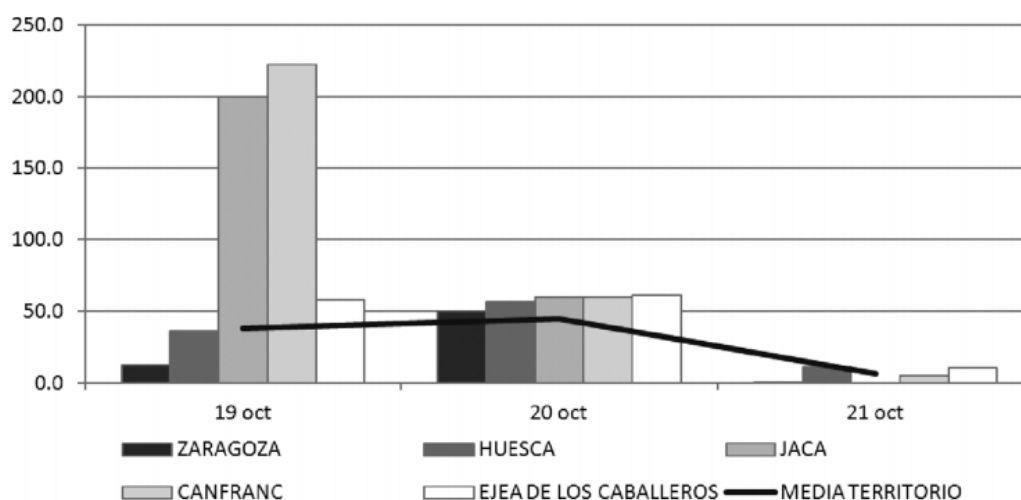
Según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) las precipitaciones de mayor intensidad se registraron el sábado 20 con una media de  $44,7 \text{ l/m}^2$ . El dato medio de precipitación acumulada para el período de tiempo entre los días 19 y 21 fue de  $88,91 \text{ l/m}^2$ , valor muy significativo si se tiene en cuenta que la precipitación media del mes de octubre en Aragón (período 1971-2000) ha sido de  $54,31 \text{ l/m}^2$ .

El mapa de distribución espacial de las lluvias para este evento (figura 10) muestra una gran agrupación e intensidad de precipitación especialmente en el Valle del río Aragón y el Valle de Hecho, donde las concentraciones de precipitación superaron los  $200 \text{ l/m}^2$ .



**Figura 10.** Mapa de distribución e intensidad espacial de la precipitación acumulada en los días 19,20 y 21 de octubre de 2012. Fuente: Geographicalia nº61 a partir de datos de AEMET.

Por otro lado, analizando la distribución temporal, se observa que las mayores intensidades de precipitación se registraron el día 19 en Canfranc ( $222,3 \text{ l/m}^2$ ) y Jaca ( $200 \text{ l/m}^2$ ), mientras que el día 20 el conjunto de precipitaciones se distribuyó homogéneamente a lo largo del territorio (figura 11).



**Figura 11.** Distribución temporal de las precipitaciones del evento de Octubre de 2012. Fuente: Geographicalia a partir de datos de AEMET.

### 5.2.2 RESPUESTA HIDROLÓGICA

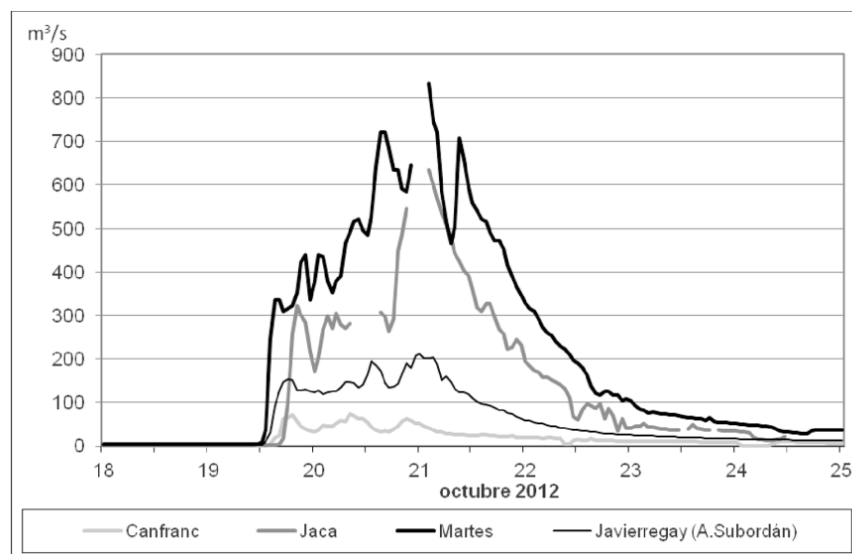
Antes de llegar los efectos de estas precipitaciones a los cauces, su intensidad generó importantes procesos geomorfológicos en las laderas como deslizamientos en masa y movilización de sedimentos en cárcavas y *badlands*.

Las intensas precipitaciones acumuladas dieron lugar a importantes crecidas en la cuenca del río Aragón además de otras como la cuenca del Arba, del Gállego y del Cinca.

A pesar de sus discontinuidades, se ha tenido en cuenta para explicar este proceso el hidrograma correspondiente a la cuenca del río Aragón (figura 12) que incluye datos de aforo de diferentes poblaciones afectadas por el evento tanto en el río Aragón (Canfranc, Jaca y Martes) como en el río Aragón Subordán (Javierregay).

En el hidrograma, se puede ver como el aumento de caudal comienza en el mediodía del día 19 con una curva de ascenso rápida integrada por diversos “dientes de sierra” muy marcados en Jaca y Martes, dichos picos están asociados al ritmo e intensidad de las precipitaciones ocasionadas.

Si se pone interés en las poblaciones afectadas de nuestra área de estudio, se observa que el pico de la crecida en Canfranc se alcanzó el día 20 a las 08:00 am (74,38 m<sup>3</sup>/s) mientras que en Jaca a pesar de las discontinuidades en los registros el pico de la crecida se registró a primera hora del día 21 con un valores muy significativos (635 m<sup>3</sup>/s). La curva de descenso se empezó a registrar a partir del día 21 y finaliza el día 22 al mediodía (duración de la crecida 3 días) cuando da paso a una curva de agotamiento que duraría hasta el día 25, momento en el que los caudales vuelven a la normalidad.



**Figura 12.** Hidrograma de la crecida del río Aragón y su afluente el Aragón Subordán en Octubre de 2012. Fuente: Geographicalia a partir de datos del SAIH.

### 5.2.3 DAÑOS Y COSTES

Las precipitaciones y crecidas registradas en este evento no causaron daños humanos, solo daños materiales destacando que los sistemas de previsión, alerta y emergencia funcionaron correctamente.

Los daños ocasionados en nuestra área de estudio durante este evento supusieron importantes daños materiales en las poblaciones de Castiello de Jaca, en Villanúa y en Canfranc.

El caso más llamativo ocurrió en Castiello de Jaca donde la crecida derribó un edificio unifamiliar adosado de una urbanización construida claramente sobre el espacio fluvial (figuras 13 y 14).

Por otro lado, el río también derribó dos pequeñas casas de huerta aguas abajo de Castiello, provocó daños en la carretera N-330 y en Canfranc y en Villanúa destrozó parte de la escollera de defensa que lo canaliza a su paso por dichas localidades.



**Figura 13.** El río Aragón, retomando su antiguo cauce, ocupando todo su espacio fluvial y destrozando el unifamiliar localizado en Castiello de Jaca en la crecida de Octubre del 2012. Fuente: Heraldo de Aragón, 21/10/2012



**Figura 14.** Unifamiliar construido en el cauce y destruido por la crecida en Octubre de 2012. Fuente: Heraldo de Aragón, 20/10/2012

Como viene siendo normal durante las crecidas, el río al encontrarse encajonado intenta desbordarse y recuperar su antiguo cauce y esto provoca situaciones catastróficas ya que el río baja presionado y con mayor energía.

Es por ello que todo lo que se encuentra en el espacio fluvial sufre las mayores consecuencias como ocurrió con la margen derecha del río a su paso por Villanúa (figura 14) donde se puede apreciar la erosión que produjo el río en la curva del pequeño meandro, afectando así a los terrenos cercanos.



**Figura 15.** Margen erosionada por el río en Villanúa que afecta directamente a una urbanización cercana en Octubre de 2012. Fuente: Geographicalia



Los costes finales de reparación de los daños provocados por la crecida en el río Aragón ascendieron a más de 4 millones de euros que la C.H.E invirtió en “reparaciones de emergencia”.

### **5.3 ANÁLISIS DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO**

Una vez conocidos los daños provocados por un evento de crecida importante en nuestra área de estudio se va a proceder a analizar los puntos débiles de las diferentes localidades y a realizar una propuesta de medidas de prevención para evitar que no se vuelvan a producir dichos daños en eventos próximos.

En primer lugar y antes de sugerir propuestas se debe conocer un término muy importante que está íntimamente relacionado al porqué de los daños producidos por eventos de crecida en cualquier río: Dominio Público Hidráulico.

El Dominio Público Hidráulico (DPH) está constituido por un conjunto de bienes de carácter público (que están sujetos a un servicio público) relacionados con el agua. Los cauces de corrientes naturales (continuas o discontinuas), lagos, lagunas y embalses son algunos de los bienes llamados de Dominio Público Hidráulico.

Todos estos bienes de carácter público pueden ser disfrutados por todos pero también están protegidos y controlados. Es por ello que existe una delimitación que los diferencia y los protege, realizada a través del “Proyecto Linde” incluido en el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (S.N.C.Z.I) y su conservación y restauración se realiza, entre otros programas, a través de la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos y su Programa de voluntariado en ríos.

Gracias a la creación del DPH, el espacio fluvial se encuentra protegido por la legislación de aguas que zonifica dicho espacio en diferentes partes (figura 16).

Las que nos interesan a la hora de hablar del agua como “espacio protegido” son:

- Dominio Público Hidráulico: Es igual a la máxima crecida ordinaria de un río y señala el espacio que el agua suele ocupar frecuentemente.
- Zona de servidumbre: Es una franja lindante con el cauce de 5 metros de longitud en ambos márgenes del río, que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- Zona de policía: Es una franja lindante con el cauce de 100 metros de longitud en ambos márgenes del río en la cual está prohibido edificar.

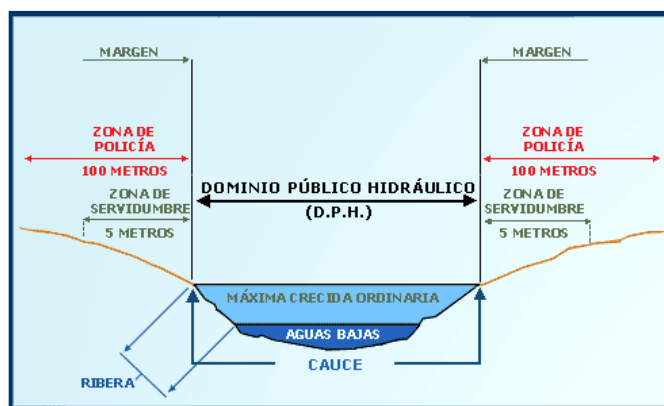


Figura 16. Delimitación de los espacios fluviales por ley. Fuente: Magrama

Realizando un análisis visual con cartografía digital se ha podido comprobar que en ninguna de las 4 localidades dentro del área de estudio (Castiello, Villanúa, Canfranc y Canfranc-Estación) se transgrede el espacio dedicado a DPH pero sí que en todas podemos encontrar problemas en la zona delimitada de policía:

### 5.3.1 CANFRANC Y CANFRANC-ESTACIÓN

Se han englobado dentro del mismo apartado ya que ambas localidades se encuentran en su totalidad dentro de la zona de policía. Esto es debido a que el ancho de valle en esa zona no permite mayor extensión urbanística y por tanto todo está construido muy cerca del río.

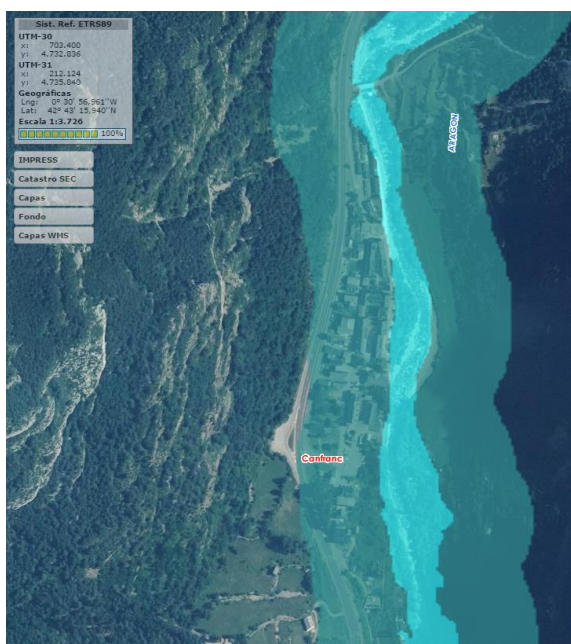


Figura 17

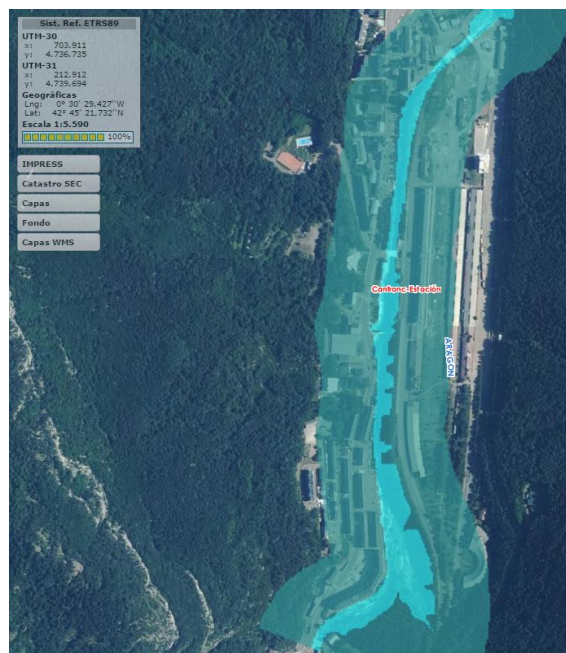


Figura 18

Invasión de la zona de policía en Canfranc (figura 17) y Canfranc-Estación (figura 18), 2015. Fuente: SitEbro, CHE.

### 5.3.2 VILLANÚA

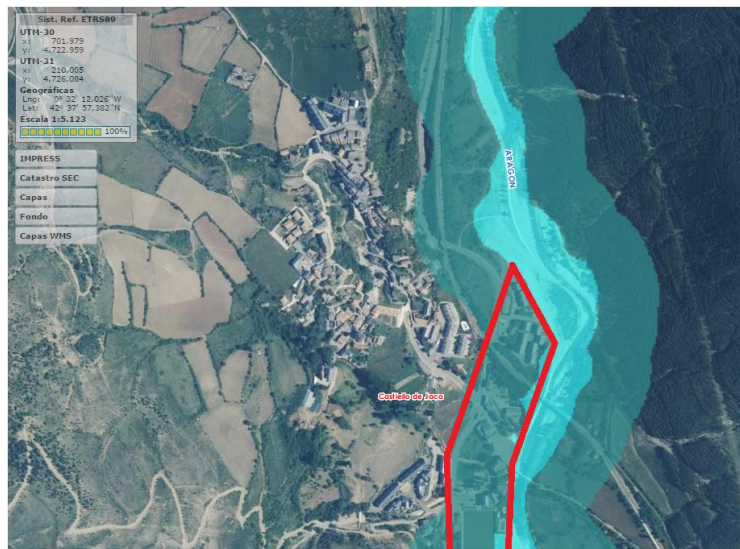
Se puede ver como también gran parte del pueblo se encuentra bajo la zona de policía en ambos márgenes (varios terrenos y edificios afectados) e incluso muy cerca del río en algunos casos.



**Figura 19.** Invasión de la zona de policía en Villanúa, 2015. Fuente: SitEbro, CHE.

### 5.3.3 CASTIELLO DE JACA

Se puede ver como parte del pueblo se encuentra dentro de la zona de policía (en rojo) y casualmente se puede encontrar allí la urbanización la cual el agua derribó un edificio en el evento de 2012.



**Figura 20.** Invasión de la zona de policía en Castiello de Jaca, 2015. Fuente: SitEbro, CHE.

El análisis general que se obtiene de toda esta información es que en todas y cada una de las localidades analizadas existe peligro real ante una avenida importante

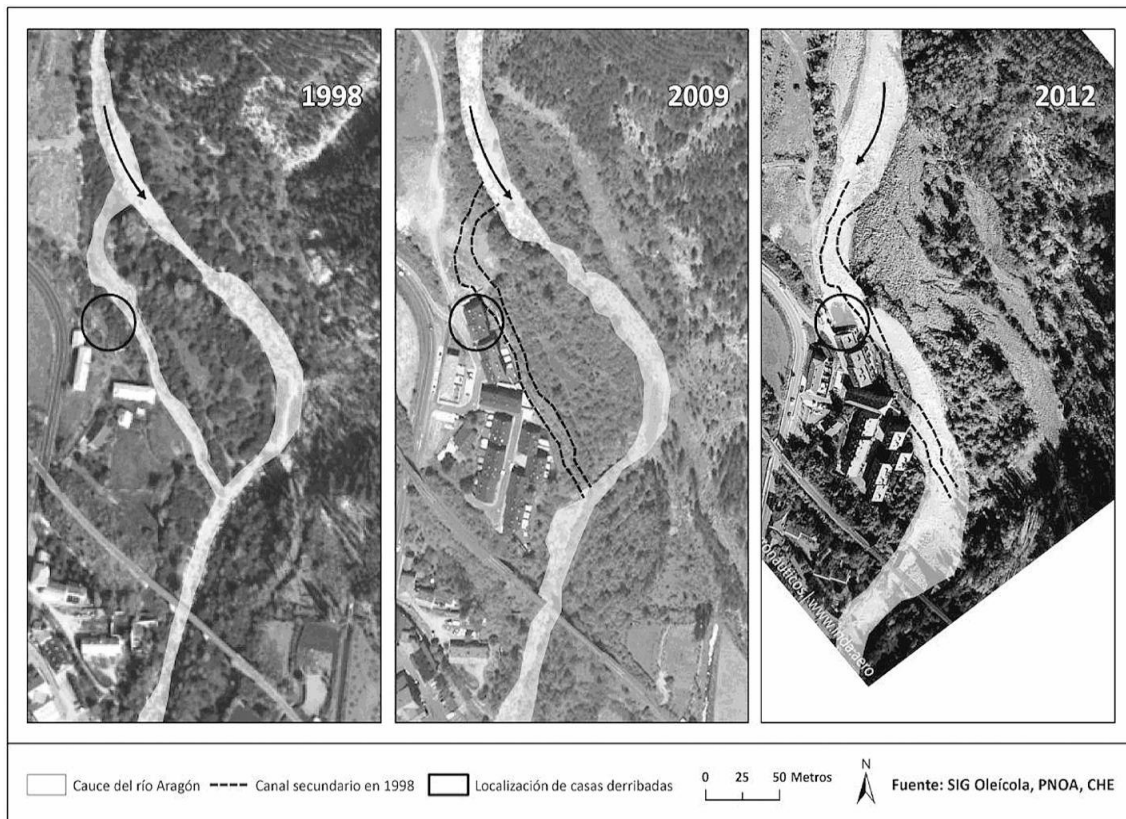
o un evento como el acontecido el 2012. Se podría decir que a pesar de que Canfranc y Canfranc-Estación se encuentren en su totalidad dentro de la zona de policía también hay que destacar que ambas localidades llevan asentadas allí desde mucho antes de la llegada del DPH y además son las localidades que menos peligro corren a priori ya que se encuentran en tramos lineales del río donde no hay peligro de que el agua dañe en exceso los márgenes además de que ambos pueblos se encuentran elevados y protegidos por una alta escollera protectora que canaliza el río.

No ocurre lo mismo con Villanúa y Castiello las cuales, fueron las dos localidades más castigadas por el agua en 2012.

Las causas, en primer lugar, hay que destacar que ambas localidades se encuentran situadas en el espacio fluvial del río (antigua llanura de inundación) y es mucho más fácil que se desborde e inunde ya que al ser superficies llanas el río al desbordarse produce un efecto de laminación que hace que el agua avance por la llanura. A pesar de esto, se debe decir que estos antiguos núcleos tradicionalmente se construían más alejados del río pero con el intenso desarrollo urbano de las últimas décadas la exposición se ha incrementado considerablemente.

El mayor riesgo sin embargo, lo encontramos en aquellos tramos en los que el río ha formado pequeños meandros y por consiguiente curvas en el cauce las cuales, si el agua baja rápido y en gran cantidad, puede provocar importantes daños en sus cercanías ya que se ejerce gran presión de erosión y socavamiento en la orilla cóncava del meandro (zona de máxima velocidad del agua) e incluso, el río puede optar (que siempre lo hace) por tomar el camino más corto en línea recta (cuello del meandro) e inundar lo que en el pasado había sido su antiguo cauce y que ahora podría ser una zona edificada o con algún tipo de uso antrópico.

Un ejemplo muy claro se puede ver en el destrozado del unifamiliar en Castiello (figura 20) en el cual se puede ver ese abandono del cauce principal en 2009 formando así un pequeño meandro y en 2012 como el río opta por el camino más corto y vuelve a inundar el antiguo cauce, provocando los destrozos ya mencionados.



**Figura 21.** Evolución del cauce funcional del río Aragón en Castiello de Jaca desde 1998 hasta el evento de 2012. Fuente: Geographicalia.

## 6. PROPUESTA DE MEDIDAS ESTRUCTURALES

Tras todo este análisis, se detectan los puntos débiles y tramos de riesgo del río en las diferentes poblaciones, además, los tramos que se han detectado de riesgo en este estudio coinciden con los tramos de riesgo cartografiados por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables).

En este apartado, se van a proponer una serie de medidas de protección y prevención para reducir e incluso eliminar en la manera de lo posible este nivel de riesgo para las poblaciones de nuestra área de estudio. Hay que tener muy en cuenta que deben plantearse actuaciones de manera conjunta e integrada, con una visión global, que no sólo tengan en cuenta la remediación de los daños sufridos en el presente, sino también la prevención de los daños que puedan ocasionarse en el futuro

## 6.1 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN ESPECÍFICAS

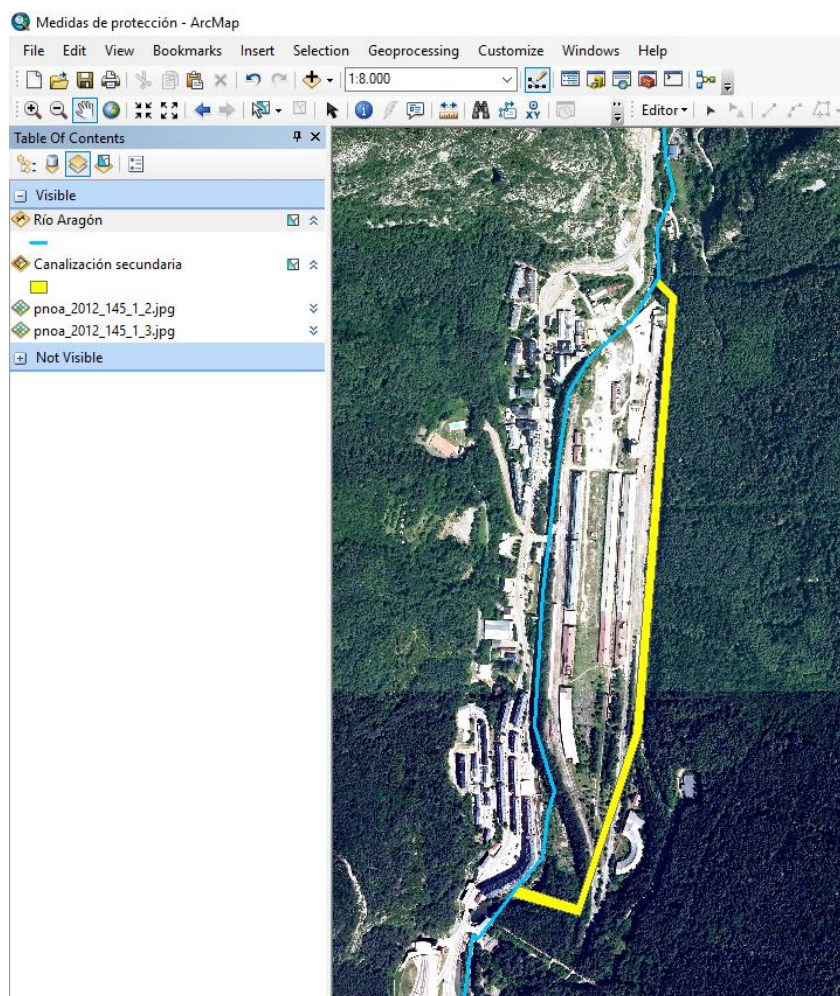
Las medidas de protección y prevención se basan en estructuras y actuaciones que protegen la zona urbana de forma directa, evitando la entrada de agua. Este tipo de medidas se emplean en casos en los que el riesgo potencial de inundación es elevado y se pretende reducir el riesgo ya sabiendo que es muy posible que se den tales circunstancias. El mayor problema que tiene este tipo de medidas es la funcionalidad, ya que estas son diseñadas para soportar un determinado nivel de riesgo, de manera que si se produce un evento de magnitud superior no son capaces de proporcionar la protección necesaria.

Estos primeros paquetes de medidas se van a presentar enfocados fundamentalmente a la protección del tramo urbano de los diferentes asentamientos ya que con estas medidas se pretende reducir el nivel de riesgo de inundación y reducir los daños que se puedan producir por eventos de crecida en la zona. Es por ello que gracias al análisis previo de las zonas que se encuentran cercanas al río (Dominio Público Hidráulico) se pueden estudiar los puntos que cuentan con mayor probabilidad y riesgo de daños por inundación.

### 6.1.1 CANFRANC-ESTACIÓN

Las medidas de prevención propuestas para Canfranc-Estación (figura 21), teniendo en cuenta que el riesgo de inundación es alto debido a la alta exposición del tramo urbano, se basan en la reducción del riesgo manteniendo en buen estado las estructuras actuales y la creación de una estructura secundaria (cauce de alivio) que ofrezca un mayor margen de mitigación del evento:

- 1ª Medida: Análisis de toda la infraestructura de la canalización para detectar posibles puntos débiles y fortalecerlos así como mantener dicha infraestructura en buen estado.
- 2ª Medida: Creación de una canalización secundaria que en caso de gran avenida parte de ella pueda ser mitigada por esta nueva canalización la cual podrá asumir un volumen de agua extra en caso de que la canalización principal no pueda asumir más. La obra de dicha canalización se realizará desde la curva que forma el río previa a la entrada en tramo urbano, pasando por detrás de la estación de ferrocarril y desembocando a la salida del tramo urbano. Dicha canalización contará con un sistema de puertas que permitirán controlar el flujo de agua.



**Figura 22.** Medidas de protección en Canfranc-Estación. Fuente: Ortofoto PNOA 2012. Elaboración propia.

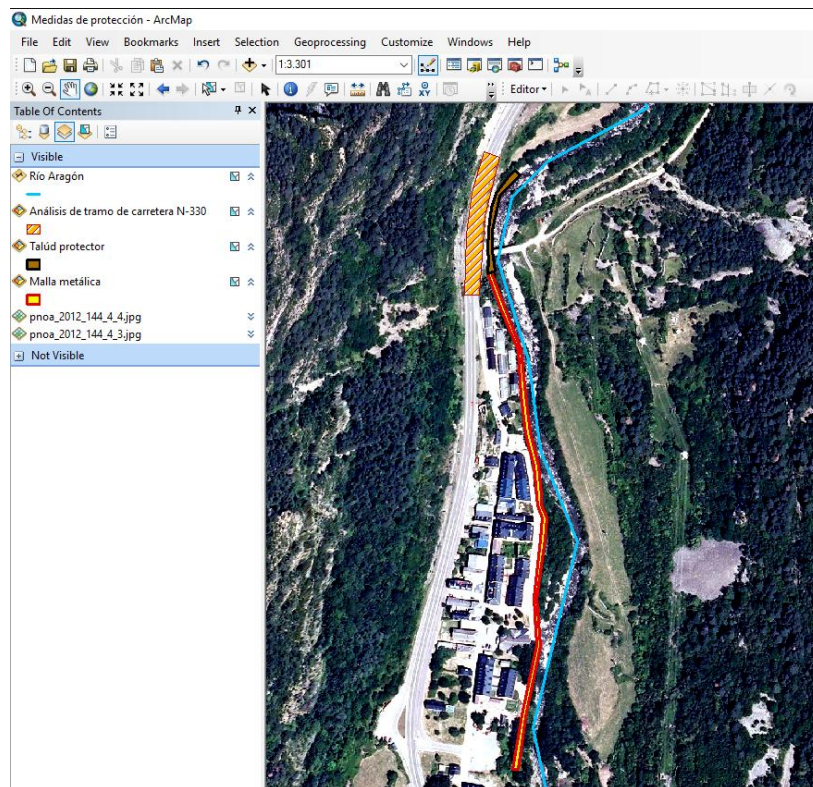
### 6.1.2 CANFRANC

Las medidas propuestas para Canfranc (figura 23), teniendo en cuenta que el mayor riesgo se encuentra en la entrada del río al tramo urbano, ya que toma una curva pronunciada antes de entrar. Esta curva, añadiendo la gran velocidad y fuerza del agua característica de un evento de crecida puede provocar importantes daños y desprendimientos afectando así tanto a la vía de comunicación cercana como al tramo urbano.

- **1ª Medida:** Análisis de tramo de la infraestructura de comunicación principal (N-330) la cual puede verse afectada por el agua en caso de fuerte avenida ya que dicha carretera puede inundarse (como ocurrió en el evento de 2012).
- **2ª Medida:** Protección de la margen cóncava de la curva que se encuentra a la entrada del tramo urbano por posible riesgo de erosión y desprendimiento

provocado por el agua. Se propone realizar una obra de levantamiento de un talud protector que evite la erosión de la ladera.

- **3ª Medida:** Protección de la margen derecha del río en contacto con la ladera que lo separa del tramo urbano. Se propone realizar una obra protección de toda la ladera (malla metálica) que impida los posibles desprendimientos provocados por el agua ya que podrían dañar la parte más cercana al río del tramo urbano.



**Figura 23.** Medidas y estructuras de protección en Canfranc. Fuente: Ortofoto PNOA 2012. Elaboración propia.

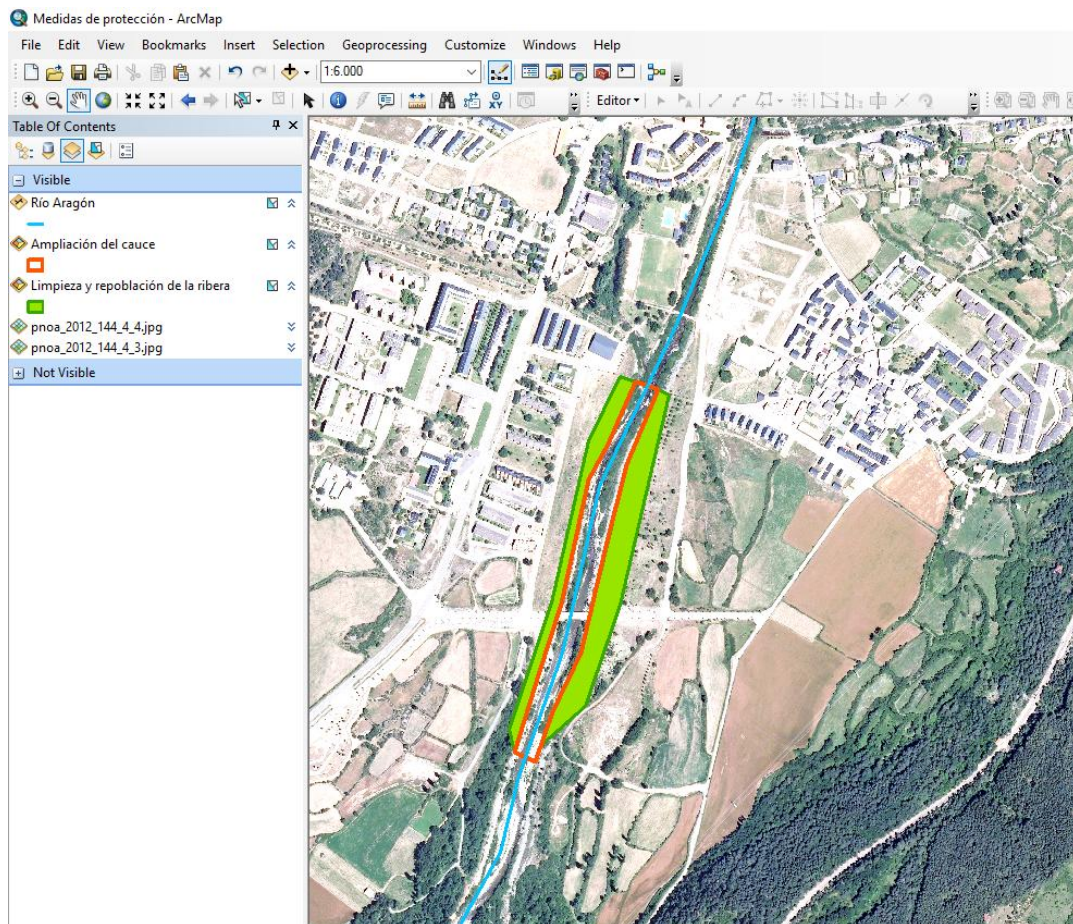
### 6.1.3 VILLANÚA

Las medidas propuestas para Villanúa (figura 24), teniendo en cuenta que el factor de riesgo por inundación es elevado ya que se encuentra en plena llanura de inundación del río el cual, puede desbordarse causando problemas graves en el tramo urbano:



Este paquete de medidas se basa en una nueva ordenación del cauce y los márgenes del río a lo largo de todo el tramo urbano sobre todo en la parte central del mismo ya que ahí encontramos los principales problemas de erosión.

- **1ª Medida:** Ampliación del cauce en la parte central del tramo urbano para reducir el riesgo de desbordamiento y devolver parte de su espacio al río (ampliación de 2-3 metros). Esta ampliación se llevará a cabo mediante un sistema artificial de terrazas de pequeño tamaño que permita al río expandirse en caso de crecida sin que se produzca desbordamiento.
- **2ª Medida:** Limpieza y repoblación de las riberas (con vegetación de ribera autóctona) para protegerlas de la erosión y cuidar el ecosistema fluvial amenazado por el constante urbanismo. Esta repoblación se incluye en la ampliación del cauce que se propone en el apartado anterior.



**Figura 24.** Medidas de protección en Villanúa. Fuente: Ortofoto PNOA 2012. Elaboración propia.

#### 6.1.4 CASTIELLO DE JACA

Las medidas propuestas para Castiello de Jaca (figura 25), teniendo en cuenta que es la población que más daño sufrió en 2012 debido a que el desarrollo urbanístico alcanzó el propio espacio fluvial.

El objetivo fundamental de este paquete de medidas consiste en la recuperación de la llanura natural de inundación como vía de laminación en futuras avenidas, la cual se ha ido perdiendo a lo largo de los años debido a la intensa urbanización cerca del río.

- **1ª Medida:** Replanteamiento de la situación de la urbanización construida en pleno espacio fluvial.
- **2ª Medida:** Ampliación del cauce en la margen izquierda del río para devolverle parte de su espacio y reducir la presión en caso de crecida (ampliación de 1-2 metros).
- **3ª Medida:** Limpieza del cauce y las márgenes del río, cuidado y protección del espacio fluvial.
- **4ª Medida:** Reducción de altura o eliminación parcial de la isla abandonada que da lugar al meandro ya que se encuentra muy próxima al tramo urbano y resta espacio al río.

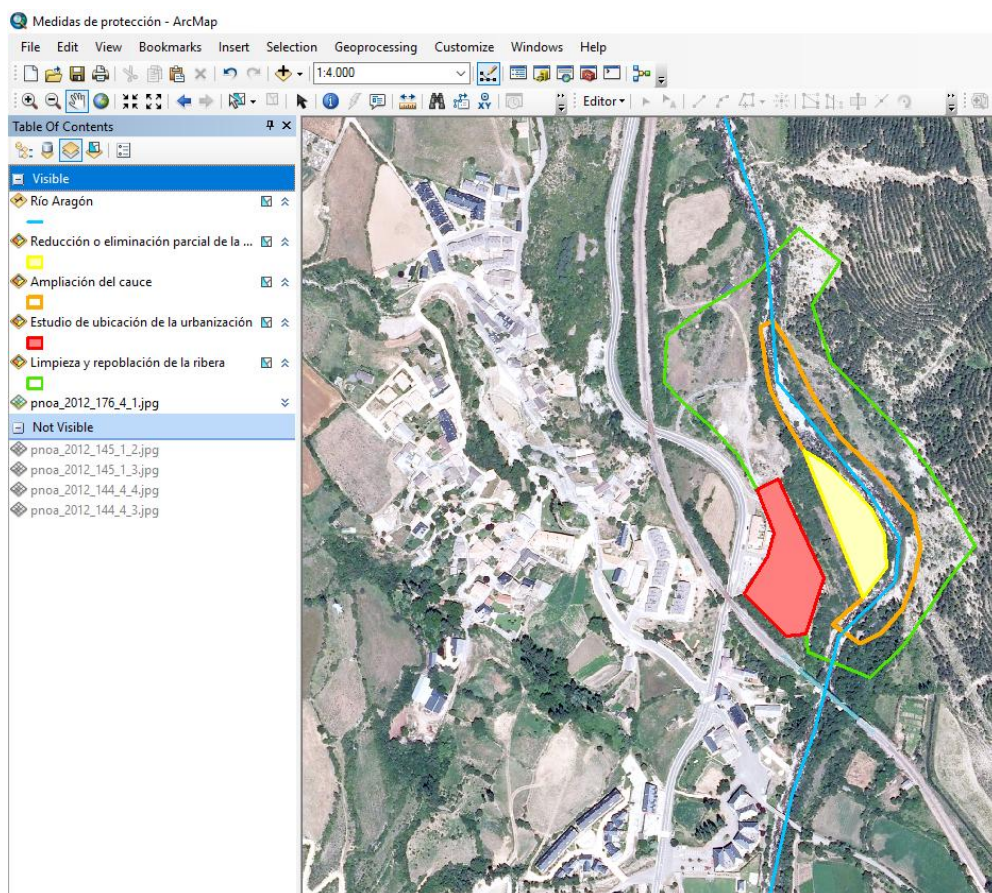


Figura 25. Medidas de protección en Castiello de Jaca. Fuente: Ortofotografía PNOA 2012. Elaboración propia.

Este paquete de medidas por localidades se ha propuesto mediante el análisis visual y aéreo del territorio y comprenden medidas tanto de ingeniería fluvial para mejorar la protección del tramo urbano como de análisis integrado del medio natural y el paisaje con el objetivo de realizar una adecuada ordenación de los recursos naturales y llevando a cabo pequeños planes de actuación paisajística que, además de luchar contra las inundaciones mejoran los ecosistemas y paisajes del entorno, realizando en el proceso una correcta gestión paisajística.

Por supuesto, la viabilidad de todas las medidas propuestas queda pendiente de aprobación por los estudios de evaluación de impacto ambiental pertinentes.

## **6.2 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y PREVENCIÓN GENERALES**

Estas medidas se proponen en un ámbito universal ya que pueden ser llevadas a cabo en todas las localidades estudiadas y consisten en actuaciones de carácter general que deben estar presentes en todos y cada uno de los lugares en los que exista riesgo de inundación.

1ª Medida: Ejecución de programas de restauración hidrológico-forestal. Planes destinados a repoblar zonas que en el pasado estaban cubiertas por bosques y que han sido eliminados por diversos motivos como la explotación maderera o la ampliación de las áreas urbanas. Con esta medida se consigue un mejor desempeño de la cuenca hidrográfica, protegiendo además el suelo de la erosión.

2ª Medida: Creación de áreas de inundabilidad temporal en aquellos tramos del río en los que las condiciones lo permitan y establecimiento de compuertas en motas y diques. Dado que la ocupación de la llanura de inundación cada vez es más elevada, para mejorar la protección de los núcleos urbanos ribereños se deben crear áreas de inundabilidad en situaciones extremas a través de la implantación de compuertas en las defensas artificiales. Su finalidad es crear un espacio inundable de forma controlada durante un episodio extremo, reduciendo el caudal del río. Además, se conseguiría rebajar la altura de las avenidas y las compuertas favorecerían una lenta entrada de agua en los campos por lo que los daños serían mucho menores y a su vez se conseguirían obtener los beneficios que tiene una inundación para la tierra.

3ª Medida: Establecer un protocolo de actuación para llevar a cabo una limpieza periódica de los ríos. Esta medida se debe llevar a cabo con la intención de conseguir que el cauce del río se encuentre limpio para permitir la libre circulación del agua y que no se convierta en un método de obstrucción del agua en caso de avenida.

4ª Medida: No proponer nuevos desarrollos urbanísticos sin realizar antes los estudios necesarios para mostrar su viabilidad. Esto es muy necesario sobre todo en

las localidades ribereñas de los valles como el de este estudio ya que el espacio del tramo urbano es reducido pero también lo es el espacio fluvial y no se debe obstruir.

5ª Medida: Mayor divulgación tanto de los mapas de peligrosidad y de riesgo de inundación como de la cartografía de zonas inundables creada por el SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables) y por consiguiente remodelación de dicha cartografía incluyendo no solo los tramos de riesgo sino además los puntos de mayor riesgo como curvas del cauce o llanuras amplias donde la inundación puede ser de gran envergadura debido a la laminación provocada por la baja pendiente. Esta información debe ser divulgada especialmente en aquellos lugares en los que existe riesgo elevado de inundación.

6ª Medida: Educación de la población. Es fundamental trabajar en mejorar la información relacionada con este tipo de eventos y su divulgación, así como realizar, en mayor medida, una correcta educación ambiental sobre las diferentes poblaciones en especial en las que existe riesgo por inundación. Es muy importante que la población esté educada en el sentido de los riesgos naturales y su prevención.

Como última medida, implicada dentro del apartado anterior, se propone crear una zona dedicada a la divulgación de la educación ambiental en el tramo del río Aragón a su paso por Villanúa donde se sitúa la medida específica ya propuesta de limpieza y repoblación de las riberas del río en ese mismo tramo.

## **7. CONCLUSIONES**

Los eventos de crecida y las inundaciones de carácter extremo son acontecimientos peligrosos e impredecibles a los que hay que darles la importancia que se merecen y se deben tomar en consideración todas las medidas necesarias para prevenirlos. La naturaleza tiene un poder increíble al cual muchas veces le damos la espalda por muchas razones entre ellas la desinformación que se tiene de este tipo de procesos naturales.

El notable incremento de la exposición humana en el territorio ha provocado que se eleve en gran medida el riesgo de inundación en todas las localidades del área de estudio a lo largo de las últimas décadas. Se ha podido comprobar cómo el evento de 2012 fue un evento importante pero para nada extraordinario y que, sin embargo, tuvo consecuencias graves para las diferentes localidades del valle. Se sabe además, que este tipo de situaciones se repiten a lo largo del tiempo, por ello, es urgente que se adopten actuaciones de manera conjunta e integrada con el medio natural, con una visión global, y que no sólo tengan en cuenta la remediación de los daños sufridos en el presente, sino también la prevención de los daños que puedan ocasionarse en el futuro.

El planteamiento de nuevas medidas de protección y prevención tiene que ir más allá de lo convencional: Las medidas puestas en marcha en las diferentes localidades del valle del Aragón hasta la actualidad no ofrecían más que una pobre solución a corto plazo basada en la convencional ingeniería fluvial que lo único que entiende es que se debe someter al río a nuestra voluntad a base de motas, diques y en definitiva muros artificiales que solo lo encajonan y someten a una presión que al final se acaba volviendo en nuestra contra.

Las medidas propuestas en este trabajo, no siguen en la misma línea de lo anteriormente realizado y pretenden demostrar que la relación entre ser humano y río puede ser diferente sin perder los beneficios que se obtienen de la misma. Las medidas propuestas van orientadas a respetar el espacio natural del río sin perder los beneficios que obtenemos del mismo.

Se ha podido comprobar, primero, que se pueden desarrollar actuaciones de carácter integrador en los ríos que velen por la seguridad de las poblaciones ribereñas y además protejan una fuente tan preciada de recursos como son los ríos, siempre bajo una correcta ordenación de los recursos naturales, y segundo, que en todas las localidades estudiadas hay mucho trabajo aún por desarrollar en el ámbito de la prevención de riesgos de inundación, ya no solo en la puesta en marcha de medidas dedicadas a la protección y prevención si no también a la mejora de las medidas no estructurales basadas en la divulgación de información y la educación ambiental tan importante a día de hoy.

Por último, tras este trabajo se entiende que las inundaciones son procesos naturales extraordinariamente buenos para los ecosistemas que nos rodean ya que estas se encargan sin darnos cuenta de renovar sedimentos, renovar poblaciones de seres vivos, frenar las especies invasoras, crean nuevos hábitats y hasta permiten rejuvenecer nuestros grandes ríos (fuente de recursos) y al fin y al cabo nuestro medio ambiente, algo muy beneficioso a largo plazo. Por todo esto, hay que entender que los ríos son nuestros aliados y no unos enemigos a los que hay que encerrar y maltratar.

Todo evento natural de estas características tiene que hacernos reflexionar a cerca de la relación que tiene el ser humano con el medio natural y poder detectar que errores se cometen para poder mejorar de cara al futuro. Esto es clave para poder entender el funcionamiento de los ríos y aprender así a convivir con ellos.

No debemos luchar contra la naturaleza, debemos adaptarnos a convivir con ella.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Acín Naverac et al. (2012). "Sobre las precipitaciones de octubre de 2012 en el pirineo aragonés, su respuesta hidrológica y la gestión de riesgos", *Geographicalia* nº61, noviembre de 2012.
- Aragón. Decreto Legislativo 1/2006, de 27 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Comarcalización de Aragón. Boletín Oficial de Aragón, núm. 149, de 30 de diciembre de 2006, pp. 17220-17237. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgibin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=167403580404> [Consultado: 13-07-2016]
- Aragón. Decreto 24/2010, de 23 de febrero, del Gobierno de Aragón, por el que se regula la estructura y organización del Registro de Planes de Protección Civil de Aragón. Boletín Oficial de Aragón, núm.46, de 8 de marzo de 2010, pp.6461-6462. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgibin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=507922115757> [Consultado: 13-07-2016]
- Aragón. Decreto 220/2014, de 16 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba en Plan Territorial de Protección Civil de Aragón. Boletín Oficial de Aragón, núm.253, de 26 de diciembre de 2014, pp.40697-40810. Disponible en: <http://www.boa.aragon.es/cgibin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=828392642323> [Consultado: 26-08-2016]
- Asociación Naturalista de Aragón y Fundación Nueva Cultura del Agua. (2016) [En línea]. *Convivir con el Ebro: Ideas para prevenir y gestionar los riesgos de inundación*. Disponible en: [http://www.fnca.eu/images/documentos/DOCUMENTOS/Convivir%20con%20el%20r%C3%ADO\\_FNCA.pdf](http://www.fnca.eu/images/documentos/DOCUMENTOS/Convivir%20con%20el%20r%C3%ADO_FNCA.pdf) [Consultado: 26-08-2016]
- *Clasificación climática de Köppen*. [En línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2016. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2016]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificación\\_climática\\_de\\_Köppen](https://es.wikipedia.org/wiki/Clasificación_climática_de_Köppen)
- Datos climáticos mundiales. [En línea]. Climate-Data, 2016. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2016]. Disponible en: <http://es.climate-data.org>

- Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. (2016) [En línea]. *Atlas climático Digital de Aragón*. Disponible en: <http://anciles.aragon.es/AtlasClimatico/> [Consultado: 18-04-2016]
  
- España. Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil. Boletín Oficial del Estado, núm.22, de 25 de enero de 1985, pp. 2092-2095. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1985/01/25/pdfs/A02092-02095.pdf> [Consultado: 15-07-2016]
  
- España. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos preliminar, I, IV, V, VI, VII y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio. Boletín Oficial del Estado, núm.103, de 30 de abril de 1986, pp.15500-15537. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1986/04/30/pdfs/A15500-15537.pdf> [Consultado: 15-07-2016]
  
- España. Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado, núm.209, de 31 de agosto de 1988, pp.26412-26425. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1988/08/31/pdfs/A26412-26425.pdf> [Consultado: 15-07-2016]
  
- España. Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil. Boletín Oficial del Estado, núm.105, de 1 de mayo de 1992, pp. 14868-14870. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1992/05/01/pdfs/A14868-14870.pdf> [Consultado: 15-07-2016]
  
- España. Resolución de 4 de julio de 1994, de la Secretaría de Estado de Interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros sobre criterios de asignación de medios y recursos de titularidad estatal a los planes territoriales de Protección Civil. Boletín Oficial del Estado, núm.170, de 18 de julio de 1994, p.22899. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/1994/07/18/pdfs/A22899-22899.pdf> [Consultado: 15-07-2016]
  
- España. Resolución de 31 de enero de 1995, de la Secretaría de Estado de interior, por la que se dispone la publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la Directriz Básica de Planificación de

- Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. Boletín Oficial del Estado, núm.38, de 14 de febrero de 1995, pp. 4846- 4858. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/1995/02/14/pdfs/A04846-04858.pdf>  
[Consultado: 15-07-2016]
- Google Maps (2016) [En línea]. Disponible en: <https://www.google.es/maps/>  
[Consultado: 20-06-2016]
  - Heraldo de Aragón, Noticias Huesca (2012). [En línea]. Disponible en: [http://www.heraldo.es/noticias/aragon/huesca\\_provincia/2012/10/20/el\\_rio\\_aragon\\_derrumba\\_una\\_casa\\_castiello\\_jaca\\_208808\\_1101026.html](http://www.heraldo.es/noticias/aragon/huesca_provincia/2012/10/20/el_rio_aragon_derrumba_una_casa_castiello_jaca_208808_1101026.html)  
[Consultado: 15-09-2016]
  - Instituto Aragonés de Estadística (IAEST) (2016) [En línea]. *Demografía y Población*. Disponible en: [http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02\\_Demografia\\_Y\\_Poblacion](http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02_Demografia_Y_Poblacion)  
[Consultado: 10-06-2016]
  - Instituto Aragonés de Estadística (IAEST) (2016) [En línea]. *Nomenclátor 2015*. Disponible en: [http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02\\_Demografia\\_Y\\_Poblacion/01\\_CifrasPoblacion\\_Y\\_Censos/01\\_Padron/ci.05\\_Nomenclator.detalleDepartamento](http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02_Demografia_Y_Poblacion/01_CifrasPoblacion_Y_Censos/01_Padron/ci.05_Nomenclator.detalleDepartamento)  
[Consultado: 12-06-2016]
  - Instituto Geográfico de Aragón, Gobierno de Aragón (2016) [En línea]. *Cartografía y Cartografía Temática*. Disponible en: <http://idearagon.aragon.es/descargas/> [Consultado: 17-06-2016]
  - Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *Corine Land Cover 2006*. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=02113> [Consultado: 5-05-2016]
  - Instituto Geográfico Nacional, Ministerio de Fomento, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *Ortofoto PNOA 2012*. Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscadorCatalogo.do?codFamilia=02113> [Consultado: 5-05-2016]



- Instituto Nacional de Estadística (INE) (2016) [En línea]. *Demografía y Población*. Disponible en: [http://www.ine.es/inebmenu/mnu\\_padron.htm](http://www.ine.es/inebmenu/mnu_padron.htm) [Consultado: 10-06-2016]
  
- Liesa Palacín, (2015). “Evaluación del riesgo de inundación fluvial en municipios oscenses ribereños de los ríos Aragón y Gállego” Repositorio de la Universidad de Zaragoza – Zeguan. Disponible en: <http://zeguan.unizar.es> [Consultado: 08-09-2016]
  
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *Anuario de aforos*. Disponible en: <http://sig.magrama.es/aforos/> [Consultado: 3-05-2016]
  
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *Delimitación del Dominio Público Hidráulico: El Proyecto Linde*. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/delimitacion-y-restauracion-del-dominio-publico-hidraulico/delimitacion-dph-proyecto-linde/> [Consultado: 25-08-2016]
  
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables*. Disponible en: <http://sig.magrama.es/snczi/> [Consultado: 20-07-2016]
  
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de España. (2016) [En línea]. *SitEbro*. Disponible en: <http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx> [Consultado: 20-07-2016]
  
- *Río Aragón*. [En línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2016. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2016]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Río\\_Aragón](https://es.wikipedia.org/wiki/Río_Aragón)
  
- *Valle del Aragón*. [En línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2016. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2016]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Valle\\_del\\_Aragón](https://es.wikipedia.org/wiki/Valle_del_Aragón)

