



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

ANALISIS DE RIESGOS NATURALES: RIESGOS DE INUNDACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO HUERVA

NATURAL RISKS ANALYSIS:
FLOODING RISK IN THE HUERVA RIVER BASIN

Autor/es

Enrique José Pérez Ramírez

Director/es

Daniel Ballarín Ferrer

Facultad de Filosofía y Letras: Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

2017/2018

Resumen

Los fenómenos naturales como las crecidas fluviales tienen que ser analizados y estudiados, para así poder controlarlos de una manera mucho más eficiente. Todas las cuencas Hidrográficas contienen un riesgo, sea mayor o menor, deben de ser analizadas igualmente, dado que afecta a muchos factores que la integran como son la población, el valor medioambiental y paisajístico. Este Trabajo de Fin de Grado busca estudiar el caso concreto de la cuenca del río Huerva, que aparentemente no empeña mucho riesgo para demostrar todo lo contrario y además proponer soluciones intentando mejorar la gestión de la cuenca.

Palabras Clave: Riesgo, peligrosidad, vulnerabilidad, inundaciones repentinas, hidrometeorología, redes de drenaje, procesos hidrológicos, peligro de crecida, morfometría, cuenca hidrográfica, Periodo de retorno, crecida, inundaciones, gestión de riesgos.

Abstract

Natural phenomenon such as river floods have to be analysed and studied, in order to control them in a much more efficient way. All watersheds contain a risk, whether major or minor, should be analysed equally, since it affects many factors that make it up such as population, environmental and landscape value. This Final Degree Project seeks to study the specific case of the Huerva river basin, which apparently does not undertake much risk to demonstrate the opposite and also propose solutions trying to improve the management of the basin.

Keywords: Risk, hazard, vulnerability, flash floods, hydrometeorology, drainage networks, hydrological processes, flood hazard, morphometry, watershed, return period, flood, floods, risk management.

ÍNDICE

1. Introducción.....	4
2. Objetivos.....	6
3. Zona de estudio.....	6
3.1. Clima y precipitaciones.....	7
3.2. Vegetación.....	12
3.3. Morfología y Litología.....	14
3.4. Población total en contacto con el río Huerva.....	15
4. Análisis.....	17
4.1. Hidrología.....	18
4.1.1. Caudalosidad.....	19
4.1.2. Variación estacional.....	22
4.1.3. Irregularidad interanual.....	25
4.2. Período de retorno.....	28
4.2.1. Período de retorno en Badules y Cuarte de Huerva.....	33
4.3. Usos del suelo.....	39
4.3.1. Usos de suelo en Badules y Cuarte de Huerva.....	41
4.4.-Población en Badules Y Cuarte de Huerva.....	47
5. Metodología.....	49
6. Resultados.....	56
7. Propuesta de gestión de riesgos y Ordenación del territorio.....	65
8. Conclusiones.....	67
9. Bibliografía.....	69
10. Anexos.....	72

1-. INTRODUCCIÓN

Las inundaciones son uno de los riesgos naturales con mayor capacidad destructiva afectando también a la economía del territorio y a la pérdida de vidas humanas.

Aun teniendo esto en cuenta las inundaciones tienen una función muy importante en los equilibrios de carácter ambiental, regional y local en los que toman parte.

Se conoce una **inundación** como cualquier flujo de las aguas superficiales mayor del habitual, de tal forma que estas superan su confinamiento normal, cubriendo una parte de tierra que por lo general permanece seca. Las inundaciones tienen lugar cada cierto tiempo en la mayoría de los sistemas fluviales importantes que tiene nuestro planeta.

Además de los factores climáticos y geomorfológicos “La influencia humana en el medio fluvial, sobre todo en los cauces, es probablemente el **factor principal** causante de las catástrofes que producen las inundaciones.” (Ayala & Olcina, 2002)

En el territorio español encontramos 3 **tipos** principales de inundaciones que en ambos casos afectan en nuestro caso de estudio. En primer lugar tenemos las inundaciones provocadas por precipitaciones torrenciales (>100 mm/24h) o intensas también conocidas como inundaciones relámpago (30 mm/ media hora) en este caso la afección en el aparato fluvial es casi instantánea siendo las de carácter más dañino. En segundo lugar, encontramos las inundaciones masivas, estas afectan a grandes colectores como es el de nuestro caso concreto (El río Ebro), estas están causadas por las lluvias abundantes y regulares, generalmente de origen frontal, que siendo regulares en varias jornadas seguidas, provocan un crecimiento de los caudales desmesurado cuyo nivel sobrepasa los lechos quedando anegadas en muchos casos zonas urbanas y rurales. En tercer lugar, tenemos los desbordamientos causados por deshielos rápidos en cursos de montaña a raíz de lluvias convectivas de primavera o frontales de invierno, estas como norma general son menos frecuentes que las anteriores. (Olcina Cantos, J. 1994)

Para comprender este estudio debemos de tener en cuenta estos 3 conceptos en el análisis; **Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad** que con frecuencia se utilizan como sinónimos y esto lo único que consigue es una confusión relevante entorno a estos conceptos.

El **riesgo** por un lado es una condición latente, permanente; el riesgo cero no existe. Es inestable y su intensidad está modificándose continuamente, esto se debe a ser resultado de la combinación dinámica entre peligrosidad y vulnerabilidad, elementos que se explican a continuación.

La **peligrosidad**, es la probabilidad de que un fenómeno de origen natural o antrópico, con su poder destructivo ocurra en un momento dado. Por otra parte, la **vulnerabilidad** es la incapacidad de la población, o una parte de ella, para resistir, amortiguar, evitar y

recuperarse del impacto de los peligros ya descritos (Wilches-Chaux, G. 1993). También se entiende como susceptibilidad o propensión al daño, dada la ocurrencia de un fenómeno natural o antrópico con potencial destructivo. En este mismo concepto se incluye la falta de anticipación frente a los peligros mencionados.

Estos conceptos quedan representados de manera más simplificada mediante la siguiente ecuación:

Riesgo de desastre= Peligrosidad x Vulnerabilidad

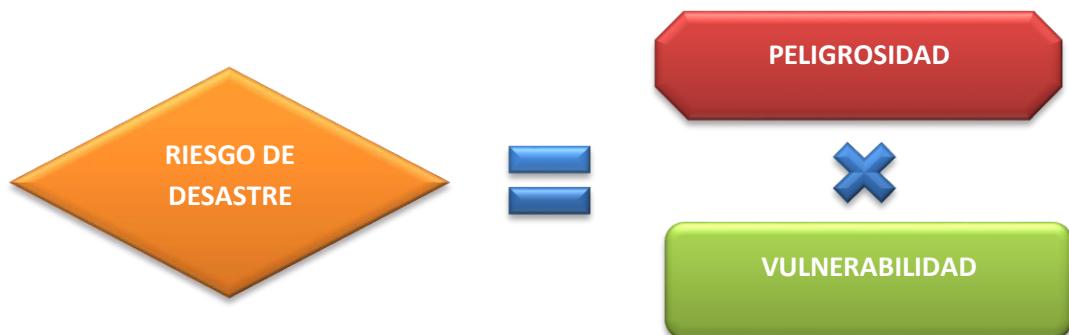


Imagen 1. Fórmula de riesgo de desastre. (Elaboración propia)

Esta ecuación nos viene a decir que el riesgo es una función al mismo tiempo de la p y de la vulnerabilidad.

Si se pretende reducir el nivel de riesgo, se debe aminorar también la vulnerabilidad de la población y el nivel de peligro, cuando esto sea posible. Para ello se lleva a cabo una prevención mediante un conjunto de medidas planificadas.

Generalmente después de un desastre natural se activan una serie de acciones que tienen un fin común, este es la **mitigación**, en otras palabras, la reducción del potencial destructivo de los peligros que existen en dicha área geográfica. Las obras de protección en las riberas de un río, que impedirán que el río se desborde si existe peligro real e inunde las zonas circundantes. Por otro lado la reducción del nivel de vulnerabilidad en poblaciones humanas, continuamente expuestas a diversos peligros, supone modificar las condiciones estructurales en el ámbito económico y social.

Hay que tener en cuenta también a los que más sufren estas situaciones, estamos hablando de los más pobres y marginales en la zona donde tiene lugar el riesgo natural. En este caso en concreto en las riberas de los ríos que son al mismo tiempo los que menos oportunidades de educación, empleo y viviendas dignas tienen. Si un desastre ocurriera el momento posterior al suceso se denomina como recuperación,

reconstrucción o rehabilitación y representa el esfuerzo por restablecer el orden anterior al desastre con la intención de que las actividades humanas no queden interrumpidas.

Todos estos términos mencionados son fundamentales para la comprensión adecuada e interpretación de este estudio.

2.-OBJETIVOS

En objetivo principal que se pretende abordar en el trabajo es el de

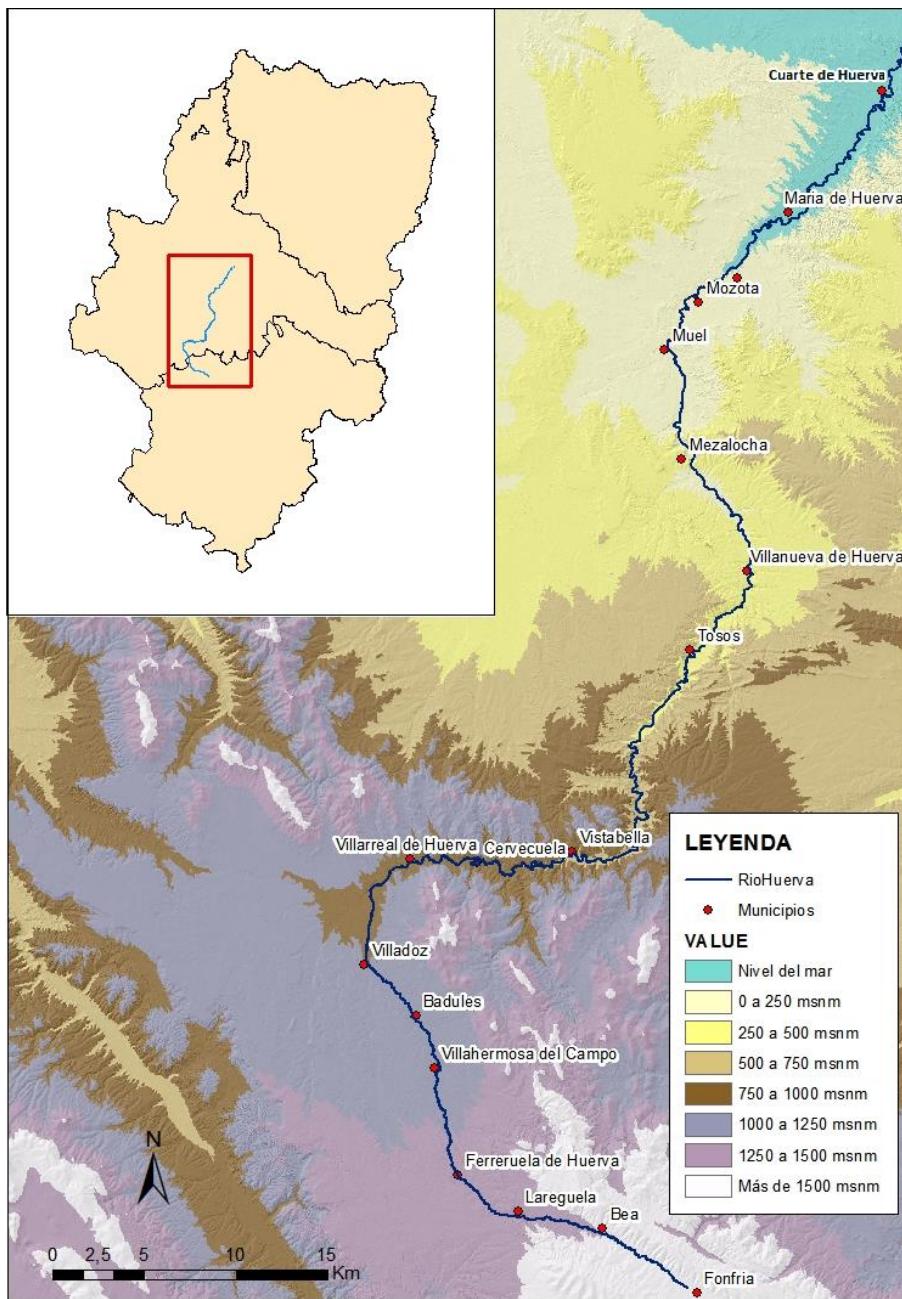
- analizar y valorar la peligrosidad, la vulnerabilidad y el riesgo de inundación de la cuenca del río Huerva, mediante el análisis de la cuenca hidrográfica y de los diferentes elementos que interaccionan en ella, concretamente, analizando dos núcleos de población que han evolucionado de forma muy diferente en los últimos años.

Para completar el objetivo principal, se han diferenciado una serie de objetivos secundarios que facilitarán el análisis:

- Caracterizar el régimen hídrico del río Huerva con sus 4 elementos principales: Fenómenos extremos como son en este caso las crecidas y estiajes, caudalosidad, variación estacional y la irregularidad interanual.
- Analizar los factores importantes de la cuenca (Clima, vegetación, usos de suelo, población).
- Comparar dos núcleos de población con una dinámica territorial diferente en la ribera del río Huerva: Cuarte de Huerva y Badules.
- Establecer medidas y propuestas de gestión en la cuenca del río Huerva.

3- ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio está formada por un conjunto de cuencas distribuidas en la margen izquierda de la cuenca del Ebro donde se encuentra el río Huerva, concretamente el estudio se lleva a cabo en todo el recorrido del río Huerva en su conjunto desde su nacimiento en Fonfría (Teruel) hasta su desembocadura en el río Ebro (Zaragoza), haciendo especial incapié en dos localizaciones por las que pasa nuestro río que son determinantes a la hora de caracterizar la zona de estudio, estos son: Badules y Cuarte de Huerva. Esta zona de estudio está incluida en las hojas 383, 411, 438, 439, 465, 466 publicadas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2017).



Cartografía 1: Localización de la zona de estudio., Fuente: Instituto Geográfico Nacional (Elaboración propia)

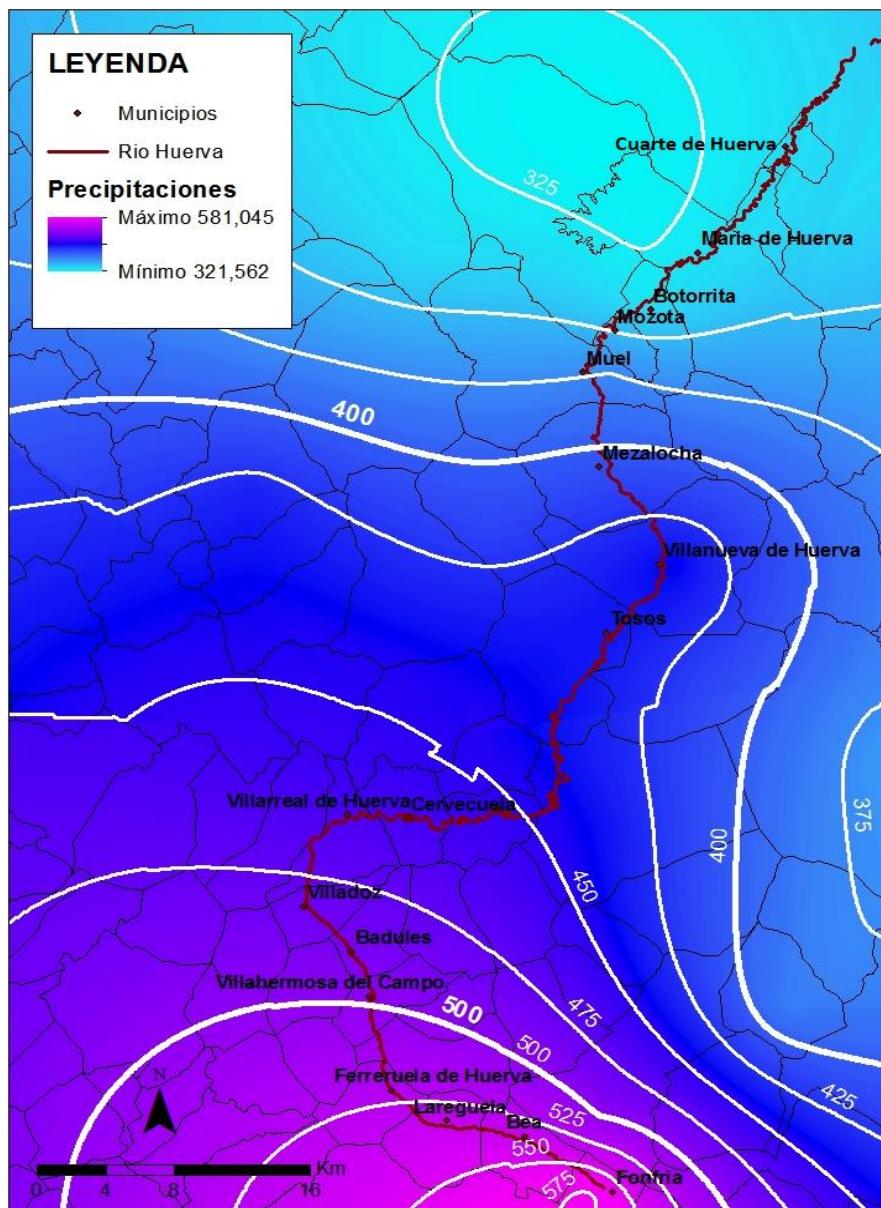
3.1. Clima y precipitaciones en la zona de estudio

Esta zona de estudio se encuentra en el sector central de Aragón con lo cual corresponde al clima de una cuenca mediterránea con marcado carácter de continentalidad. Esta situación la justifica la disposición del relieve, impidiendo que a esta zona llegue la influencia suavizadora sobre las temperaturas que ejercen las masas oceánicas.

En esta zona se dan situaciones de *estabilidad atmosférica* concretas como que el aire quede estancado sobre el territorio, esto favorece el caldeamiento en verano y

enfriamiento en invierno, lo que incide en el contraste térmico que se da en las dos situaciones.

Por otro lado, los Pirineos y la Ibérica se encargan de dificultar la llegada de borrascas atlánticas desde el oeste y de las perturbaciones mediterráneas desde el este (ambas siendo portadoras de lluvia), esto da lugar a una *aridez* que se refuerza aún más por *el cierzo*, este es un viento del noroeste que se canaliza hacia el Mediterráneo entre ambas cordilleras, constituyendo una característica fundamental del clima de la zona.



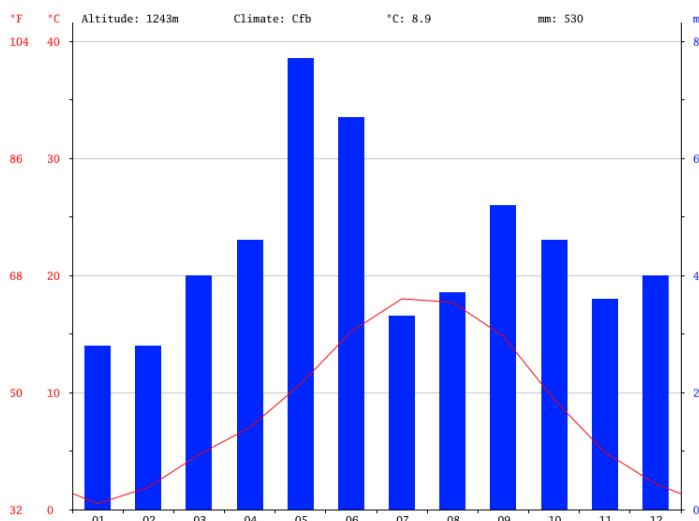
Cartografía 2: Distribución de las precipitaciones anuales en la cordillera ibérica. Elaboración propia

Volviendo al tema de la aridez en esta zona, analizamos las *lluvias* en esta zona y vemos que son escasas en cualquiera de las comarcas, pero sobre todo en nuestra zona central siendo además *irregulares*. Encontramos *dos máximos*, uno en primavera y otro en

otoño, siendo más importante el segundo conforme se va avanzando hacia levante pues cobra mayor importancia la influencia mediterránea. Estos dos máximos quedan separados por dos *mínimos*, en invierno y en verano. En estas estaciones disminuyen los volúmenes de precipitación por la presencia constante de situaciones anticiclónicas. Un dato que se hace bastante frecuente es que la ausencia de precipitaciones se prolongue en el tiempo durante varias semanas llegando alrededor de 90 días sin lluvias en el sector central lo cual produce una *elevada irregularidad interanual de las precipitaciones*, de esta forma la lluvia recogida en años consecutivos puede multiplicarse por cuatro.

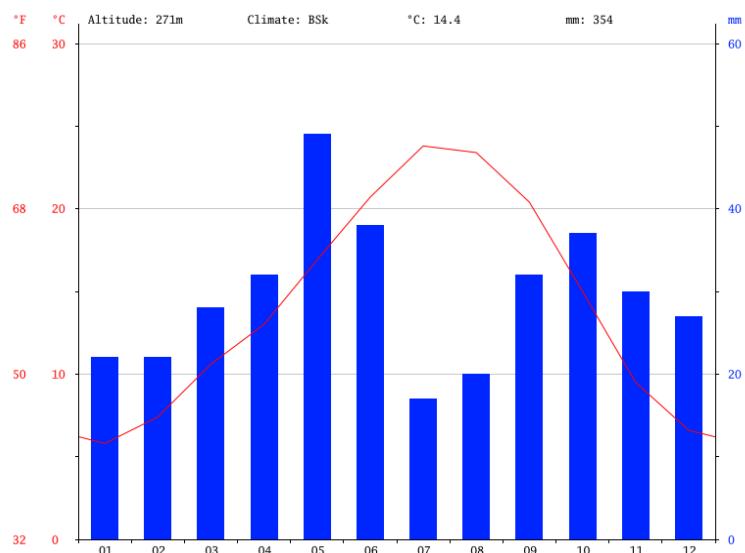
A continuación, se muestran los climogramas de las zonas de interés dentro del área de influencia del Río Huerva. En este caso el municipio que más precipitaciones tiene (Fonfría), el más seco (Cuarto de Huerva) aparte los dos municipios que representan el carácter general de nuestra zona de estudio que en este caso uno de ellos coincide con lo anterior. (Cuarto de Huerva y Badules).

En primer lugar, **Fonfría** tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año, en este caso en nuestra zona de estudio es donde se da la mayor cantidad de precipitaciones además de ser el nacimiento del Río Huerva. Esto es cierto incluso para el mes más seco. La temperatura promedio en Fonfría es 8.9 ° C y las precipitaciones promedian los 530 mm. El mes más seco se da en enero, con 28 mm de lluvia. Con un promedio de 77 mm, la mayor precipitación cae en mayo. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger, es decir un clima mediterráneo templado y lluvioso con veranos cálidos.



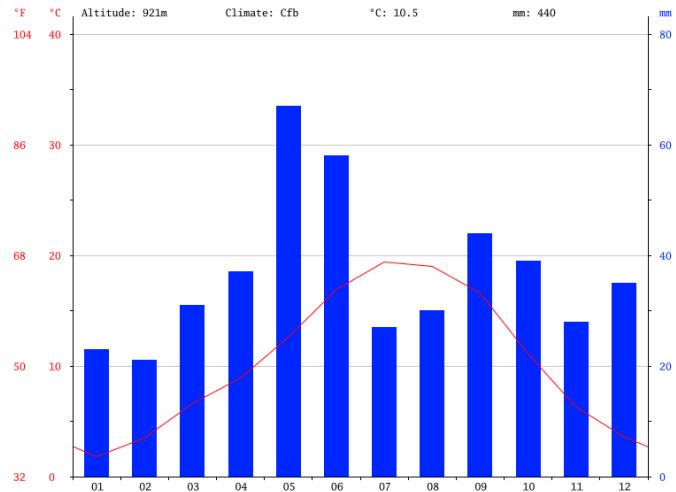
Gráfica 1: Climograma del municipio de Fonfría (Teruel) Fuente: Climate data

En **Cuarte de Huerva** hay pocas precipitaciones durante todo el año siendo el municipio más seco de todos los que entran en nuestra zona de estudio, ocurriendo todo lo contrario a la zona de estudio de Fonfría. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es BSk es decir en clima seco de latitudes medias, de estepa y frio. La temperatura aquí es en promedio 14.4 ° C. En un año, la precipitación media es 354 mm. Encontramos que el mes más seco es Julio, con 17 mm de lluvia. La mayor cantidad de precipitación ocurre en mayo, con un promedio de 49 mm.



Gráfica 2: Climograma del municipio de Cuarte de Huerva (Zaragoza) Fuente: Climate data

En este caso la precipitación en **Badules** es significativa, con precipitaciones incluso durante el mes más seco. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Cfb lo que nos dice que se trata de un clima mediterráneo templado y lluvioso con veranos cálidos. La temperatura promedio en Badules es 10.5 ° C. Hay alrededor de 440 mm de precipitaciones. El mes más seco es febrero. Hay 21 mm de precipitación en febrero. En mayo, la precipitación alcanza su pico, con un promedio de 67 mm.



Gráfica 3: Climograma del municipio de Badules (Zaragoza) Fuente: Climate data

Si concretamos en las estaciones del año vemos una fuerte variación de las temperaturas:

En **verano**, la disposición en cubeta condicionada por el relieve favorece el calentamiento de las masas de aire y el aumento de las temperaturas, superando en julio y agosto en muchos casos 24°C de media teniendo máximas absolutas que superan los 35°C.

En **invierno** aún bajo la misma configuración del relieve, la situación se invierte, condicionando las altas presiones la presencia del frío. Los valores medios en enero son inferiores a 5°C, en este caso las heladas y las inversiones térmicas cobran especial protagonismo ya que están relacionadas con el estancamiento del aire frío, esto además provoca la aparición de nieblas de radiación.

Existen matices dentro del sector central de Aragón lo que nos hace dividir este espacio en dos grandes áreas que corresponderán con dos climas distintos que, aunque encuentran muchas similitudes también encuentran diferencias. Estos son *el clima seco estepario* y por otro lado *el clima Mediterráneo continental*.

El clima seco estepario se encuentra ceñido al eje del Ebro y se caracteriza por ser una zona árida y continental donde en el sector central de Aragón adquiere sus matices más extremos como son las precipitaciones de carácter anual son muy escasas encontrándose entre los datos más bajos de la península ibérica. Se superan con dificultades los 300mm de media al año sometidos estos valores a una elevada irregularidad interanual. Sus máximos se dan en primavera y otoño, estos ganan importancia conforme nos desplazamos hacia levante. Las temperaturas son extremas tanto en verano como en invierno, en cuanto a amplitud térmica los días más cálidos de

verano y los más fríos de invierno la diferencia se encuentra alrededor de unos 40°C, valores que denotan el elevado grado de continentalidad térmica de este clima seco.

El clima mediterráneo continental, es también un clima de contrastes fuertes entre invierno y verano y unas precipitaciones que en este caso aumentan un poco con respecto a las zonas del clima seco estepario, alrededor de 400 y 450 en nuestra zona de estudio, pero que siguen ofreciendo los mismos máximos equinocciales y del mismo modo una elevada irregularidad interanual.

Como diferencia hay que decir también que las temperaturas se alejan del carácter extremo propio de zonas más cercanas al eje del Ebro, en este caso rondando promedios de 13°C, aunque la intensidad del calor estival sigue siendo una característica esencial del clima de esta zona. Esta zona tiene unos veranos calurosos rondando medias de 23°C en los meses de julio y agosto, los inviernos son frescos con heladas frecuentes y nieblas en el fondo de los valles lo que completaría la imagen climática de esta zona. Hay que decir que ambos climas complican de manera importante la gestión del recurso agua.

3.2.- Vegetación en zona de estudio

En esta zona de estudio principalmente se distinguen dos formas de vegetación, la vegetación de estepa y la vegetación de ribera.

En primer lugar, hablaremos de la vegetación esteparia en esta zona que se encuentra en el centro de la Depresión del Ebro dentro del dominio bioclimático mediterráneo-continental, aquí existe un claro predominio de plantas que poseen adaptaciones morfológicas y fisiológicas que les permiten subsistir en unas condiciones ambientales incomodas. Esta zona se caracteriza por aportar pocas cantidades de nutrientes y agua así que la vegetación desarrolla tejidos protectores para evitar la evaporación, otras muchas desarrollan un ciclo vital que se corresponde casi exclusivamente a los años y estaciones más favorables, otras adaptaciones son las hojas diminutas, semi-secas o con agua y sales acumuladas, también las de tacto áspero recubiertas de espinas que evitan ser alimento de herbívoros, las que aprovechan el viento como medio de diseminación de sus semillas y polinización, además las que tienen raíces extensivas o pivotantes para aprovechar los escasos recursos que ofrece el suelo o aquellas que almacenan agua para sobrevivir en los períodos y estaciones secas.

Así pues, dependiendo del tipo de sustrato encontramos las diversas especies vegetales:

En zonas *donde predominan los yesos*, vegetación gipsofila son comunes el tomillo (*Thymus sp*), la jarilla (*Helianthemum squatum*), la albada (*Gypsophila struthium*), uno de los predominantes formando grandes comunidades que cubre vales y laderas es el esparto de Aragón o Albardín (*Lygeum spartum*).

En las zonas próximas al agua o a la sal las especies se reagrupan en orlas concéntricas, algunas de las especies de la zona son el Tamariz (*Cytisus striatus*) o las Salicornias (*Salicornia sp, Arthrocnemum sp, Microcnemum sp*).

Otros tipos son las *resistentes al ganado, de rápida dispersión o pinchudas*, que exigen de nitrógeno como son capitana (*Salsola kali*), ontina (*Artemisia herba-alba*), el sisallo (*Salsola vermiculata*)

Plantas de rápida dispersión, pinchudas o resistentes al ganado, exigentes en nitrógeno, como la aromática ontina (*Artemisia herba-alba*), el sisallo (*Salsola vermiculata*), capitana (*Salsola kali*), alharma (*Peganum armala*), escoba (*Retama sphaerocarpa*) y el gamoncillo (*Asphodelus fistulosus*).

También predominan los *arbustos* como el enebro (*Juniperus communis*) de perfil bajo o el escaramujo (*Rosa mosqueta*) entre otros, además de las gramíneas, estas últimas como plantas herbáceas.

Por otro lado, tenemos la vegetación de ribera para analizar la vegetación de ribera nos basamos en la consideración de bandas con respecto al eje longitudinal del cauce del río, en este caso del Huerva. En una primera banda se encontraría la más cercana al cauce, hablamos de *la vegetación hidrofítica*, se trata de plantas adaptadas al medio acuoso que hacen flotar sus hojas por debajo o sobre la superficie del agua, y por otro lado a la misma altura la *vegetación helofítica*, en este caso de trata de plantas herbáceas que enraízan bajo el agua pero se mantienen emergidas la mayor parte de sus hojas y tallo, algunas especies autóctonas son carrizos (*Phragmites australis*) y eneas o espadañas (*Typha sp.*)

En una segunda banda aparece la vegetación riparia arbustiva y arbórea, en este caso es un tipo de vegetación de importancia ya que tiene una función protectora sobre las orillas del cauce, en cuanto a erosión y desmoronamiento de las orillas se refiere. En esta banda también destacan los sauces, alisos e incluso chopos y álamos.

Más alejada encontramos una tercera banda donde se situarían las especies que solo soportan un encharcamiento temporal y que necesitan suelos frescos ocasionalmente inundados. En esta zona destacan los olmos, chopos y fresnos.

Hay que decir que esta interpretación de la estructura de las formaciones vegetales de ribera en bandas no siempre resulta fácil constatarla en el terreno, ya que en la realidad la heterogeneidad de estos sistemas no permite hablar estrictamente de bandas, sino de tendencias de las distintas especies que forman estos bosques. En cambio, las características climáticas, hidrológicas y edafológicas son, junto a la acción del hombre,

las que finalmente definen estructura y ubicación de la vegetación de ribera. (Costa et al., 1997; Ferreras & Arozena, 1995).

3.3.- Morfología y litología

En la zona centro de la Cordillera Ibérica se encuentra la cabecera del río Huerva, en su curso bajo encontramos sedimentos miocenos del centro de la cuenca terciaria del Ebro, todo ello excava un valle que nos hace vislumbrar dos plataformas estructurales calizas de gran tamaño por un lado la Muela con 645m y por otro La Plana con 695m, las cuales destacan sobre el fondo aluvial de aproximadamente 300m. La formación litológica que vemos en esta zona se compone de afloramientos de yesos, areniscas y arcillas, esto hace que esta parte sea fácilmente erosionable lo cual ha dado lugar en el tiempo a una compleja red detrítica de cantidad de barrancos, los cuales los encontramos más concentrados en la margen derecha del río Huerva, el contraste lo vemos cuando nos dirigimos a la margen izquierda del río principal, pues ahí vemos además materiales cuaternarios, formado principalmente por un piedemonte de gran extensión descendiente sobre la plataforma estructural de La Muela encontrando glacis, y varios niveles de terrazas. Todo ello es consecuencia directa del desplazamiento lateral del río Huerva hacia el este durante el periodo del Cuaternario. (Peña, J.L., Julián, A., Chueca, J., & Echeverría, M. T. 2004)

El aspecto que claramente destaca en la morfología además de los valles de fondo plano es que la erosión es bastante fuerte en la cuenca, concretamente por tres factores como son la intensa degradación de la cubierta vegetal, los eventos extremos de alta intensidad, y la litología propia de la zona débil a los agentes erosivos como he mencionado en el anterior párrafo. Si sumamos todo esto y encima tenemos en cuenta que la margen oriental del río principal presenta un conjunto de redes detríticas mayor en un relieve más escarpado debido a la proximidad de la plataforma de La Plana, esto hace que la margen derecha sufra mucho más la erosión que en la margen izquierda, por lo tanto sea una zona más permeable y en la derecha debido a más materiales arcillosos el nivel de escorrentía sea mayor.

3.4.-Población total en contacto con el río Huerva

Si analizamos la población que se encuentra más cercana al río Huerva vemos que son 17 municipios los que componen este estudio sumando en total 21679 habitantes según los datos revelados por el INE en 2017, en los cuales encontramos muchas diferencias, podemos decir que hay 3 tipos de municipios divididos en 3 zonas diferenciadas, los primeros tipos de municipios son los que tienen menos de 100 habitantes, se encuentran en el nacimiento del Huerva, en este caso hablamos de los núcleos de población más pequeños de nuestra zona de estudio, los cuales se caracterizan por pertenecer mayoritariamente a una economía centrada en el sector primario, siendo las huertas y cultivos predominantes formando parte del paisaje rural, mientras que el tejido industrial es casi inexistente, mencionando además que el tejido urbano no se llega a expandir ya que la población de estas zonas es de carácter bajo, con datos que van desde el municipio con la población más baja, Fonfría que tiene 31 habitantes, hasta los 99 habitantes de Villahermosa del campo, teniendo todas estas poblaciones una evolución negativa, siendo una de las causas principales de esta evolución, el éxodo rural.

Por otro lado, tenemos un segundo grupo, el cual se encuentra en el curso medio del río, aquí se encuentran los municipios con habitantes que van desde los 136 de Mozota hasta los 462 en Villanueva de Huerva. En este caso se trata de unos núcleos de población con un poco más de desarrollo ya que están más próximos a la Ciudad de Zaragoza, pero siguen siendo en su gran mayoría municipios que basan su economía en el sector primario, concretamente de nuevo en el sector de la agricultura, lo que si es cierto es que vemos cierto desarrollo en la industria, cosa que es casi inexistente en el anterior grupo de municipios.

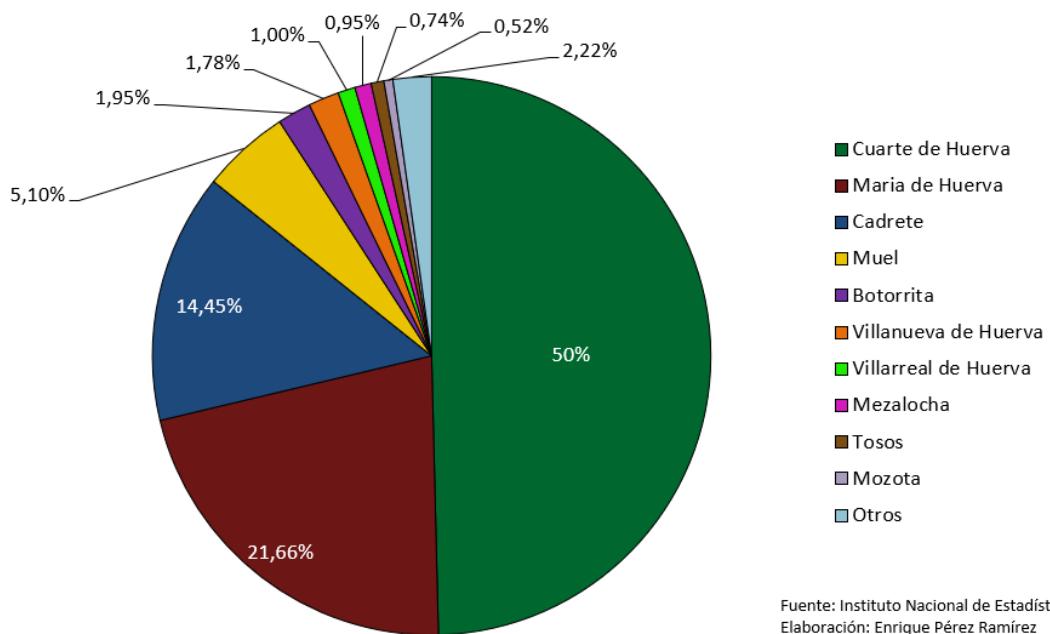
Por último se encuentra el grupo de municipios con más población y desarrollo en nuestra zona de estudio, estos son contretamente 3: Muel con 1324 habitantes, María de Huerva con 5619 habitantes y Cuarte de Huerva con 12862 habitantes, son los municipios más cercanos a Zaragoza, basando sus economías en la industria lo cual ha ayudado a su desarrollo ya que son municipios que ofertan empleo y sirven también de ciudades dormitorio al encontrarse cercanas a la capital de Aragón llegando a estar mucho más comunicados que los anteriores grupos de municipios y con más nivel de infraestructuras como el caso concreto de la revitalización de la industria alfarera en Muel con 6 talleres de producción, de los cuales uno de ellos se centra en la cerámica creativa en un intento de innovación en una industria tan tradicional como es la alfarera, además se encuentra la escuela-taller de cerámica de Muel de la Diputación Provincial de Zaragoza que entre, otras cosas, exhibe exposiciones a lo largo de todo el año lo cual ayuda a potenciar aun más si cabe el sector.

POBLACIÓN POR MUNICIPIOS EN LA ZONA DE ESTUDIO (2017)

Municipios	Población Total	Hombres	Mujeres
Cuarte de Huerva	12862	6569	6293
Maria de Huerva	5619	2868	2751
Cadrete	3749	1990	1759
Muel	1324	683	641
Botorrita	506	273	233
Villanueva de Huerva	462	239	223
Villarreal de Huerva	260	145	115
Mezalocha	248	143	105
Tosos	192	106	86
Mozota	136	66	70
Villahermosa del Campo	99	*	*
Villadoz	90	52	38
Badules	87	49	38
Lagueruela	79	*	*
Ferreruela de Huerva	67	*	*
Vistabella	50	28	22
Cerveruela	38	24	14
Bea	35	*	*
Fonfría	31	*	*

Tabla 1: población por municipios y sexos de la zona de estudio(2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

Población Total Rio Huerva (2017)



Gráfica 20: Población total (2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

4.-ANÁLISIS

El río Huerva tiene una longitud de unos 128km y se encarga de recoger las aguas de toda su cuenca vertiente que mide 1034km². Este río nace en Fonfría, concretamente en la Fuente de la Silla que se encuentra en la sierra de Cucalón, a 1280 metros de altitud. El río presenta una dirección dominante sur-norte con afluentes de pequeña importancia, su desembocadura tiene lugar en el río Ebro, donde se encuentra el casco urbano de la ciudad de Zaragoza. La altitud media es de 740 m.s.n.m. teniendo el máximo con 1506 m.s.n.m. en el monte Retuerta localizado en la Sierra Pelarda y la menor cota se encuentra en la desembocadura con el río Ebro teniendo un mínimo de 187 m.s.n.m.

En cuanto al recorrido que lleva el río, como hemos dicho nace en Fonfría y tras su nacimiento recorre unos cuantos kilómetros sobre zonas altas de la sierra de Pelarda, una vez ha pasado por Bea rodea la sierra de Cucalón, en esta zona, concretamente la altiplanicie de Campo Romanos discurre con poco caudal y de manera lenta hasta que llega a Villareal de Huerva, donde recibe el aporte del Arroyo de Villalpando, lo cual aumenta considerablemente su caudal, más aun si cabe cuando en esta zona recibe afluentes como el Horcajo, el Villarroya y el Lanzuela en Badúles.

Después de pasar esta zona se adentra en un valle formado por las sierras de Modorra y del Peco, lo cual hace que el río vuelva a encajonarse mientras se estrecha el valle, es entonces cuando aparecen los sotos de ribera recibiendo aguas de pequeños barrancos no muy importantes en cuanto a caudal se refiere, pero que si tienen una importancia de carácter faunístico y paisajístico a destacar en la zona.

Más adelante vuelve a girar en dirección Norte una vez pasadas Cerveruela y Vistabella, en esta zona en la que se encuentra el río forma las Hoces del Huerva, consideradas uno de los parajes más bonitos por los que discurre el río Huerva. Antes de llegar a Tosos se encuentra con el *embalse de las Torcas*, se trata del más importante de los 2 que existen en el río Huerva, este embalse en concreto recibe el aporte del agua de las Fuentes de Tosos, estas fuentes entregan su agua al pantano de 2 a 4 meses dependiendo de la sequedad del año. En este último punto el río ya ha abandonado el Sistema Ibérico y se adentra en el Valle del Ebro.

Siguiendo su camino pasa por Villanueva de Huerva y más adelante Mezalocha donde se levanta una segunda presa en la cual se encuentra el *Embalse de Mezalocha*, uno de los embalses más antiguos de todo Aragón. Este embalse tiene una función muy importante ya que actua de reservorio del agua sobrante del Pantano de Tosos situado aguas arriba.

Continua el recorrido Por Muel, en el cual se aprecian los restos del dique de la presa que construyó el Imperio romano, las filtraciones de la presa han dado lugar a un

estanque y una fuente que conforman el parque municipal de Muel con las famosas del río Huerva en esa zona.

Llegamos a una zona en la que el Valle se amplía mucho más pasando por Mozota, Botorrita y María de Huerva.

El río sigue por Cadrete y Cuarte de Huerva para llegar a las riberas de Casablanca y pasar bajo el Canal Imperial de Aragón, es entonces cuando el río Huerva se adentra en el casco urbano pasando primero por el Parque de José Antonio Labordeta para acabar desembocando en el río Ebro en la ciudad de Zaragoza encontrándose alrededor de unos 200 metros de altitud.

4.1.-Hidrología (Aforos)

Se han utilizado los datos hidrológicos que se encontraban disponibles en el Anuario de aforos, para poder analizar el comportamiento hidrológico del río Huerva, en el caso de este río no existían datos únicamente en una estación de aforo, concretamente (nº 9245 río Huerva en Santa Fe) por lo que se han utilizado los datos de las cuatro estaciones de aforo restantes que han recogido datos procedentes del anuario de aforos (MAGRAMA) para poder realizar el análisis correspondiente.

- Estación de Aforo nº 9216 Río Huerva en Zaragoza, se encuentra en el Parque de José Antonio Labordeta en la ciudad de Zaragoza, en el tramo bajo del cauce, más cercano a la desembocadura del río Huerva, a 203 metros sobre el nivel del mar y muy cerca del río Ebro. Esta estación comienza a recoger datos en el periodo 1976-1977 hasta el periodo 2012-2013. (Ilustración: Anexos).
- Estación de Aforo nº 9105 Río Huerva en Mezalocha, se encuentra al final del embalse de Mezalocha, en el tramo medio- bajo del cauce, a 450 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Mezalocha. La estación comenzó a recoger datos en el periodo 1945-1946 hasta el periodo 2012-2013. (Ilustración: Anexos).
- Estación de Aforo nº 9124 Río Huerva en Las Torcas, se encuentra al final del embalse de Las Torcas, en el tramo medio del cauce, con una altitud de 612 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Tosos. La estación comenzó a recoger datos en el periodo 1949-1950 hasta el periodo 2012-2013. (Ilustración: Anexos).
- Estación de Aforo nº 9215 Río Huerva en Cerveruela, Se encuentra en el tramo medio-alto del cauce siendo la estación de aforo más cercana al nacimiento del río Huerva en Fonfría, en este caso se encuentra en el municipio de Cerveruela justos en los límites de la ciudad, está a 814 metros sobre el nivel del mar. La

estación comenzó a recoger datos en el periodo 1980-1981 hasta el periodo 2012-2013. (Ilustración: Anexos).

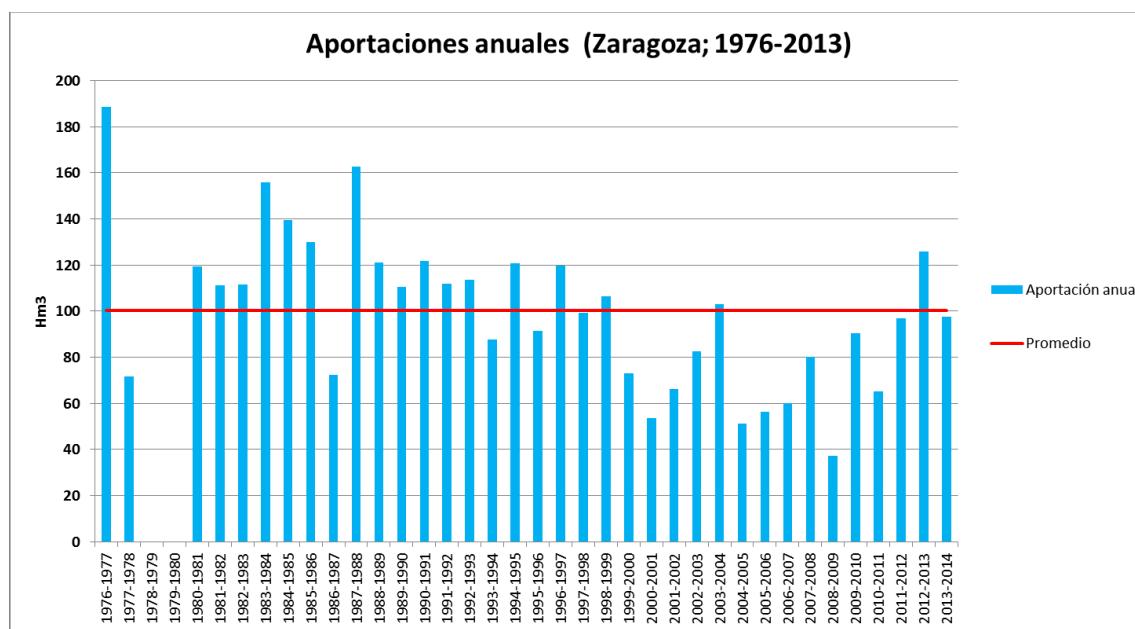
Cabe destacar que estos datos disponibles en las estaciones de aforo repartidas por toda la zona de estudio son fundamentales a la hora de analizar el comportamiento hidrológico del río Huerva, también hay que señalar que las estaciones de aforo de las cuales se han obtenido los datos tienen una relación directa con zonas en las que está instalada una cantidad importante de población en todos los casos, esto permitirá realizar un análisis con más detalle de los riesgos que pueden darse en estos municipios que tienen una población más alta y que se encuentran en las zonas de influencia de nuestro río dando lugar a aspectos más característicos y representativos en cada caso.

Para el análisis del comportamiento hidrológico, se han estudiado los 4 elementos más importantes en lo referente al régimen hídrico: **Caudalosidad, Variación estacional de caudal, Irregularidad interanual y Fenómenos extremos** como son las *crecidas* y los *estiajes* que se dan en este río.

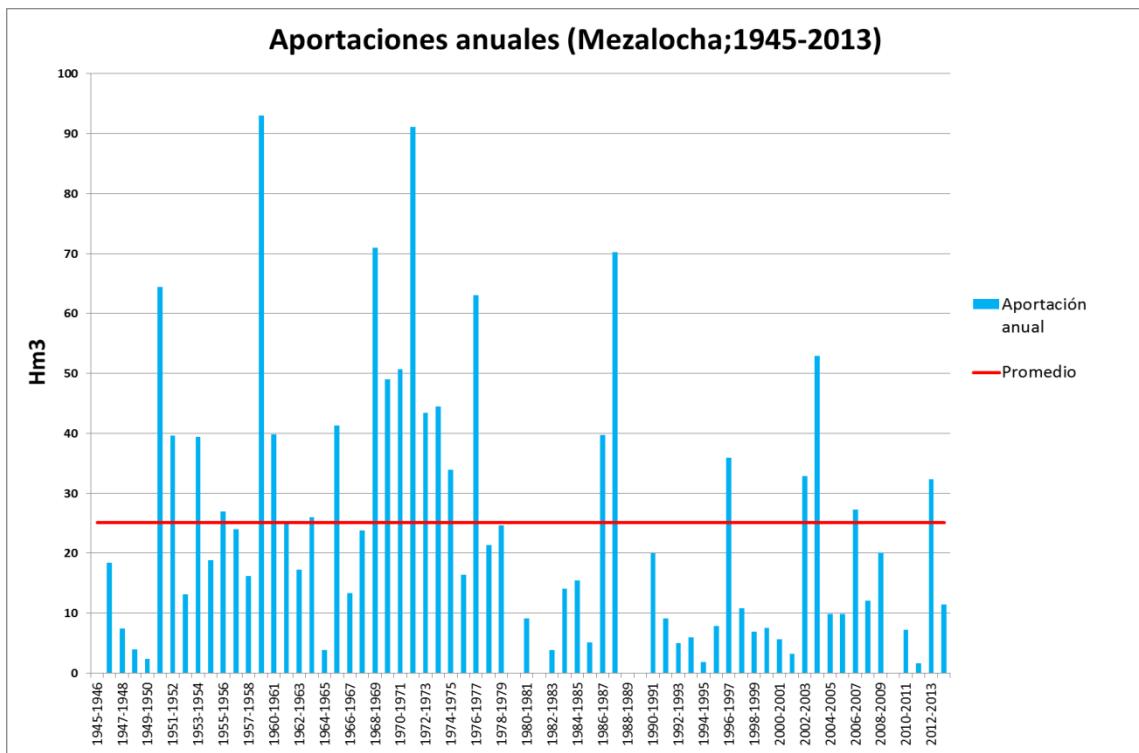
A continuación, se encuentran representados los datos obtenidos mediante gráficas obtenidas a partir del análisis de cada estación de aforo.

4.1.1 CAUDALOSIDAD

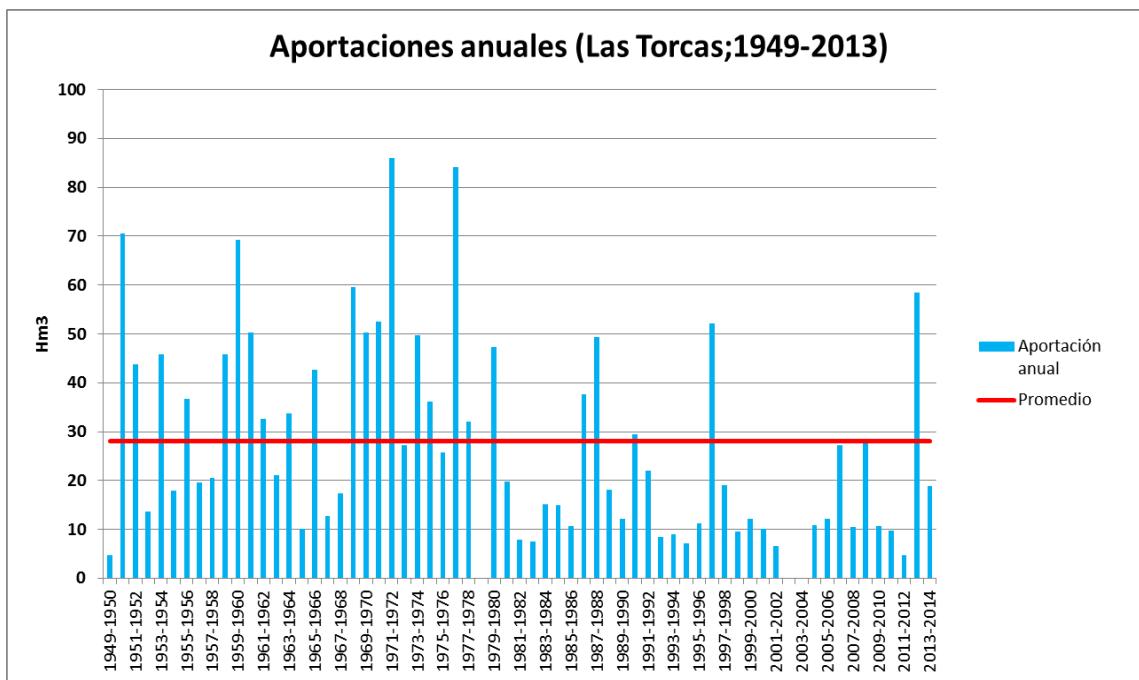
Para llevar a cabo el análisis de la caudalosidad del río Huerva se han llevado a cabo la elaboración de una serie de gráficas para cada estación de aforo, en estas gráficas queda representado el caudal medio de cada mes y las aportaciones anuales en Hm^3 .



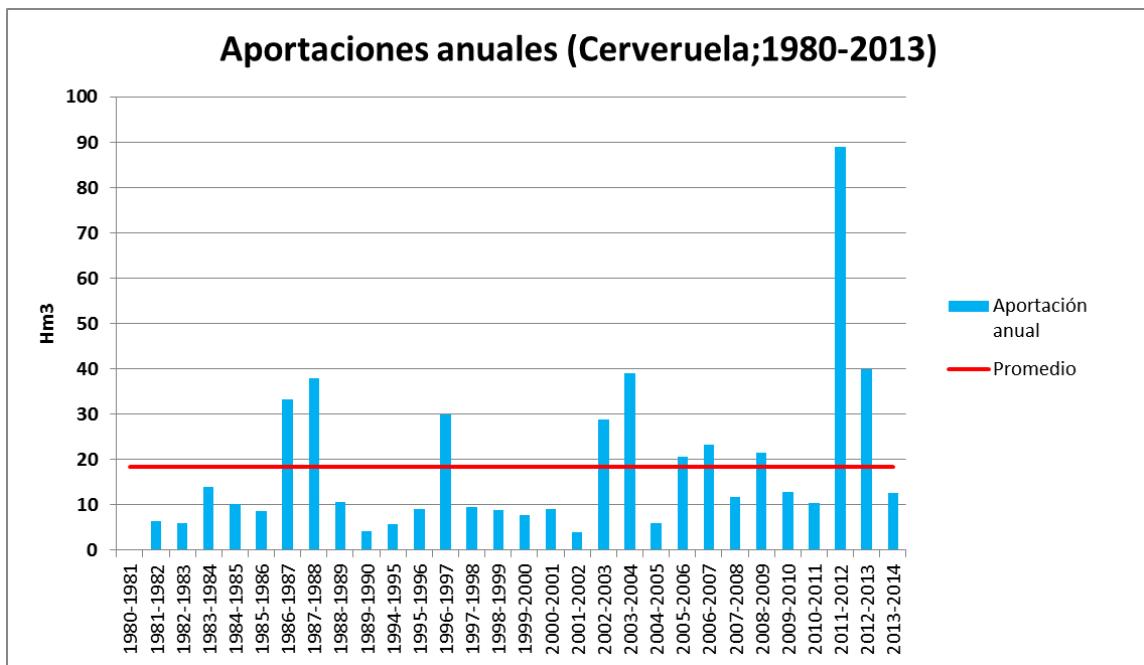
Gráfica 4: Aportaciones anuales (Zaragoza; 1976-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Gráfica 5: Aportaciones anuales (Mezalocha; 1945-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Gráfica 6: Aportaciones anuales (Las Torcas; 1949-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Gráfica 7: Aportaciones anuales (Cerveruela; 1980-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

En cuanto a los gráficos de aportaciones anuales hay que señalar, que las aportaciones hídricas no son bajas en las cuatro estaciones de aforo, teniendo un carácter ascendente conforme nos acercamos a la desembocadura del río Huerva. Esto se debe principalmente a la aportación de los barrancos y al aumento de capacidad de retención de agua y a la longitud, todo ello hace una media de 42,93 Hm³ anuales entre los datos promedio (Línea roja) de las 4 estaciones de aforo. Hablamos por tanto de un río característico del sector central de la depresión del Ebro dado su bajo promedio bajo en cuanto a aportaciones hídricas anuales.

Vemos también como 3 de los 4 gráficos concretamente (Zaragoza, Mezalocha y Las Torcas), tienen un carácter descendente en el grafico en cuanto a aportaciones hídricas anuales, esto puede ser debido a la retención y gestión del agua para uso público o privado, mediante presas y embalses distribuidos en la zona, en este caso existen dos muy importantes en el río Huerva que son por un lado el embalse de Las Torcas (1946) y por otro lado el embalse de Mezalocha (1906). Es por ello que estos efectos son más visibles en zonas donde vive la población y es lo que ocurre en Zaragoza y sus proximidades a partir del año 1998, en el municipio de Mezalocha a partir del año 1987 o en el municipio de Tosos a partir del año 1979. Aunque en estos casos disminuya la aportación hídrica anual hay que decir que, el patrón que sigue es homogéneo de manera anual. Por otro lado está la estación de aforo de Cerveruela donde podemos ver en el grafico que no sufre disminución alguna en las últimas décadas, lo cual nos indica que esta zona al situarse anteriormente a embalses y a construcciones de carácter hidrológico no se ve afectada por lo que el grafico muestra un carácter hídrico bajo y casi siempre homogéneo.

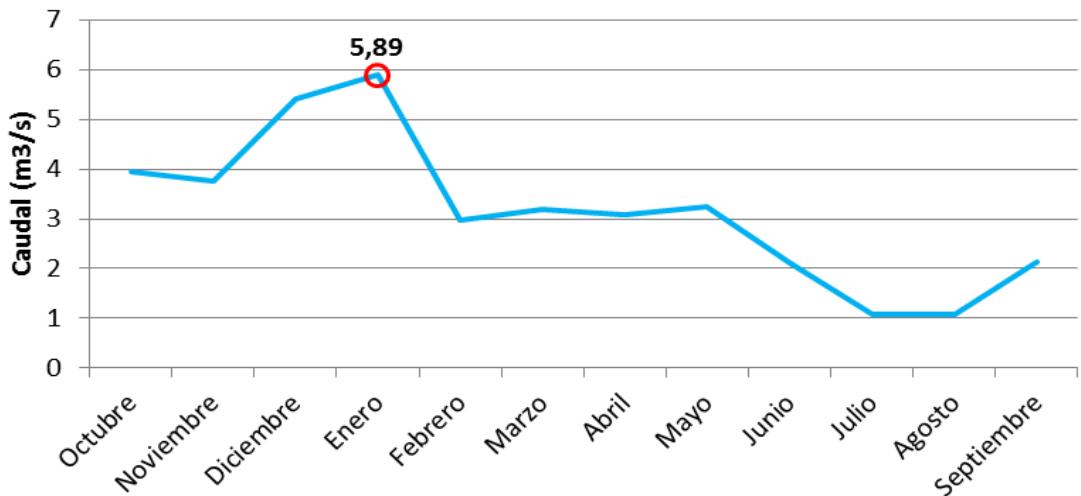
4.1.2.-VARIACION ESTACIONAL DE CAUDAL

El río Huerva presenta unas determinadas variaciones, como la mayoría de ríos con un mínimo de actividad hídrica, estas variaciones de dan en las diferentes estaciones del año, los causantes más comunes de estas variaciones son factores como el suelo, la vegetación y el relieve, también tiene una influencia muy importante las construcciones y modificaciones que lleva a cabo el ser humano. Por lo tanto, a partir de estas variaciones estacionales de caudal podemos deducir el régimen fluvial de un río determinado.

En lo que se refiere a las gráficas de variación estacional vemos que cada estación presenta unos máximos y unos mínimos, en este caso las 4 estaciones de aforo están distribuidas de manera que abarcan la mayor parte de la cuenca del río Huerva lo que da una exactitud mayor a la hora de su análisis siendo la media máxima de caudal de $2,49 \text{ m}^3/\text{s}$, dicho lo cual se han dividido las estaciones en 2 grupos, el primero comprende las estaciones más cercanas a la desembocadura del río Huerva que además es donde la altitud es más baja, estas son Zaragoza y Mezalocha las cuales presentan 2 máximos uno en la estación de Zaragoza con $5,89 \text{ m}^3/\text{s}$ en Enero, siendo este dato además el Caudal punta máximo de toda la cuenca. El otro máximo lo encontramos en la estación de Mezalocha con $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$ en Mayo, en cuanto a los mínimos tenemos dos meses seguidos en la estación de Zaragoza con valores casi idénticos que se dan en Julio y Agosto con $1,083 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1,088 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, mientras que en la estación de Mezalocha encontramos un mínimo de $0,32 \text{ m}^3/\text{s}$ en Noviembre.

En el segundo grupo están las otras 2 estaciones de aforo que localizan más cercanas al nacimiento del río además de que se encuentran a una altitud mayor, estas son Las Torcas y Cerveruela. En primer lugar en Las Torcas encontramos un Máximo en Abril con $1,48 \text{ m}^3/\text{s}$ y otro en Cerveruela en Mayo con $1,23 \text{ m}^3/\text{s}$, en cuanto a los mínimos, la estación de Las Torcas presenta uno que se da en Octubre, con $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ y la estación de Cerveruela tiene 2 mínimos casi idénticos, un caso similar al que ocurre en la estación de aforo de Zaragoza, en este caso los valores se dan en Agosto y Septiembre y son $0,118 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,116 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente. Hay que estos últimos valores mínimos son el caudal punta mínimo de toda la cuenca del Huerva.

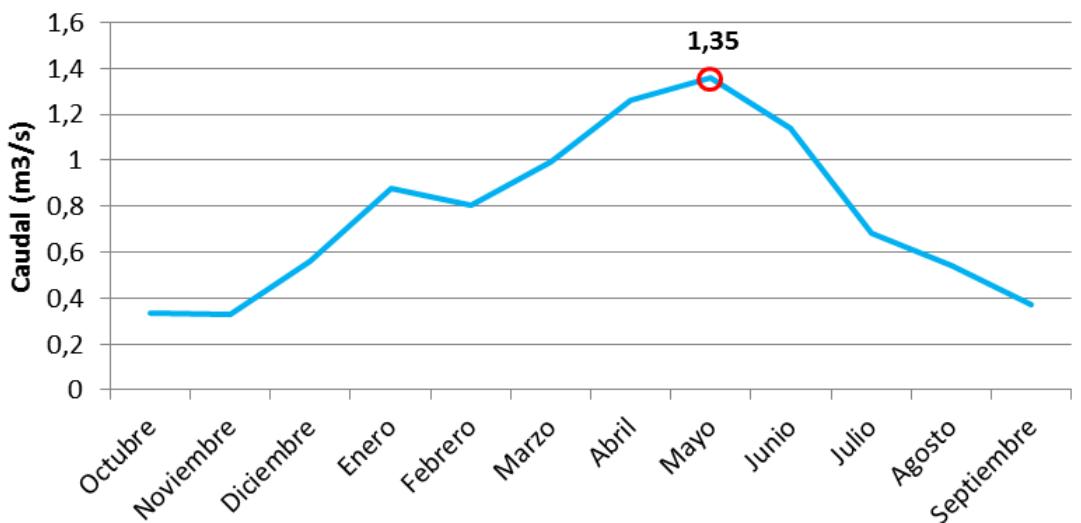
Variación estacional de caudal (Zaragoza; 1976-2013)



	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Coeficiente de Caudal	1,24	1,19	1,70	1,86	0,94	1,00	0,97	1,03	0,66	0,34	0,34	0,68

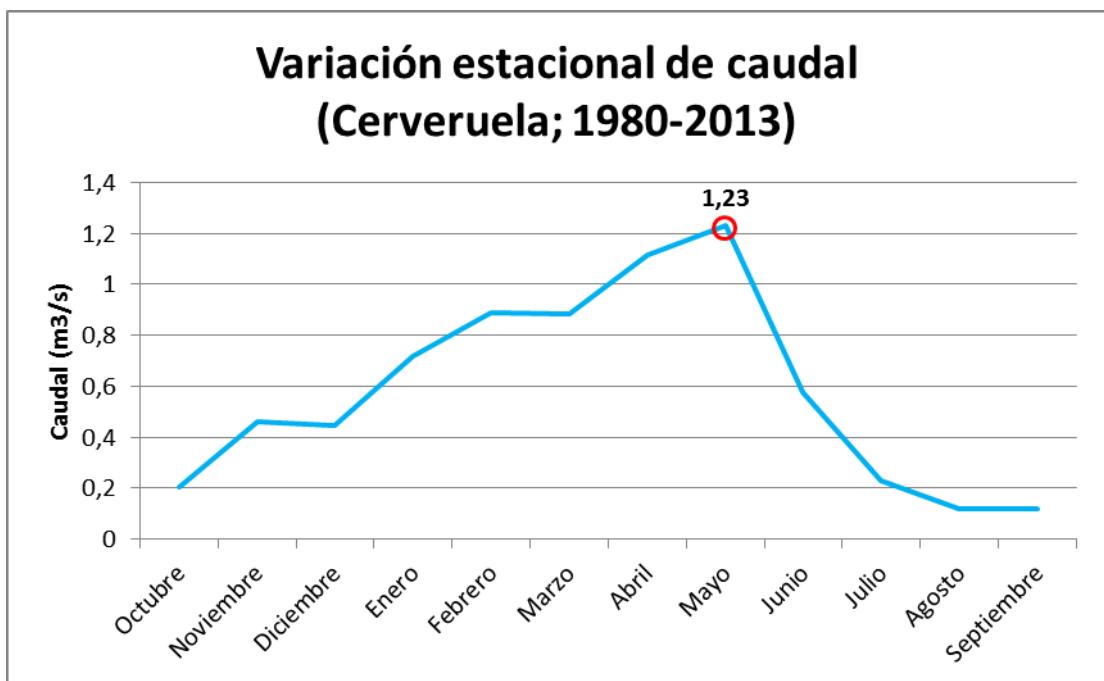
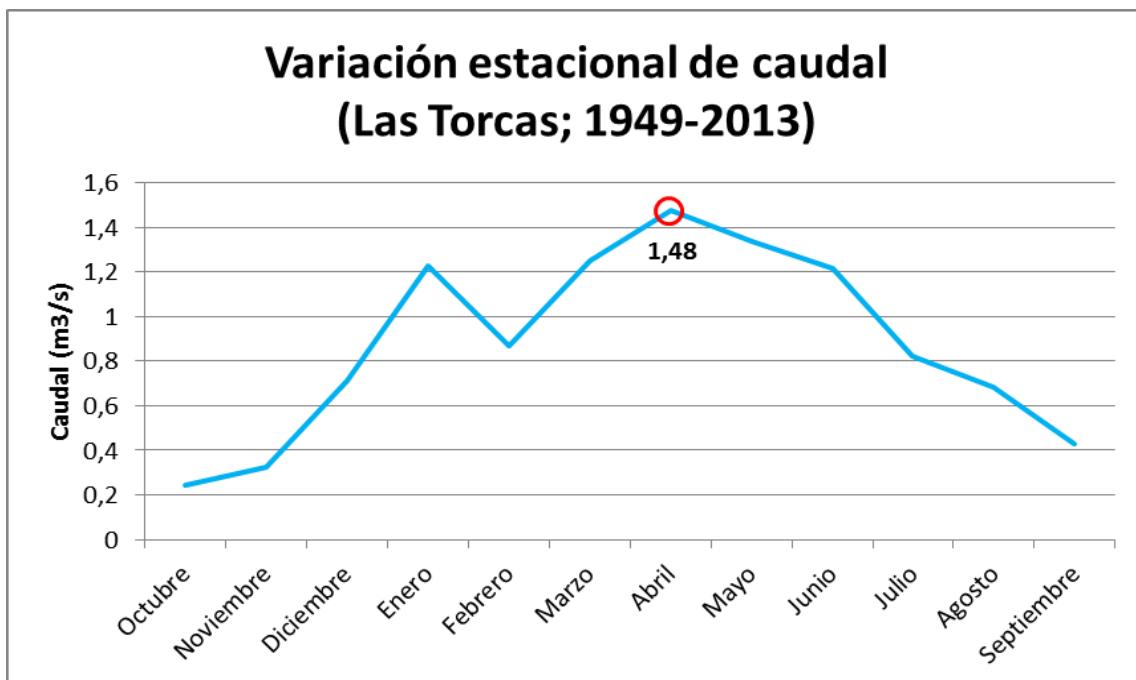
Gráfica 8: Variación estacional de caudal (Zaragoza; 1976-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

Variación estacional de caudal (Mezalocha; 1945-2013)



	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Coeficiente de Caudal	0,42	0,41	0,70	1,10	1,01	1,24	1,58	1,70	1,43	0,86	0,68	0,46

Gráfica 9: Variación estacional de caudal (Mezalocha; 1945-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Debajo de cada gráfica vemos una tabla en la cual se refleja el Coeficiente de Caudal, este representa las variaciones en el caudal medio de cada mes respecto al módulo anual, para un periodo de años extenso, en el cual encontramos 2 categorías: La primera en la cual el valor es >1 , que se refiere a los caudales superiores al módulo (aguas altas), y la segunda categoría es al contrario es decir < 1 la cual se refiere a caudales inferiores al módulo (aguas bajas).

Así que en la aplicación de estas categorías en las figuras anteriores vemos en el primer grupo, por un lado los meses con caudal medio mensual que superan el módulo (>1) de manera destacable, en este caso son por un lado (Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero) en la estación de Zaragoza debido fundamentalmente a precipitaciones líquidas y en las otras 3 estaciones de aforo (Mezalocha, Las Torcas, Cerveruela) los meses con caudal medio mensual que superan el módulo ampliamente son Marzo, Abril, Mayo, Junio en este caso con un aporte hídrico un poco distinto, porque aparte de las precipitaciones se suma el deshielo en verano.

En el segundo grupo se encuentran los meses con un coeficiente de caudal que no supera en ningún caso el módulo (<1), esta situación suele corresponderse con meses estivales, en este caso son julio, agosto y septiembre, repitiéndose el patrón en las 4 estaciones de aforo. En este caso el río carece de un aporte hídrico mediante precipitaciones, por lo que se abastece mediante escorrentía y los meses de invierno, en este caso es en octubre (a excepción de la estación de Zaragoza), los datos vienen dados por la retención nival.

Es destacable el mes de mayo que tiene lugar en la estación de Cerveruela donde el coeficiente de caudal es de 2,12, es decir dobla el valor 1 que tiene el módulo. Esta situación se debe a los deshielos y precipitaciones que se dan a final de la primavera principalmente.

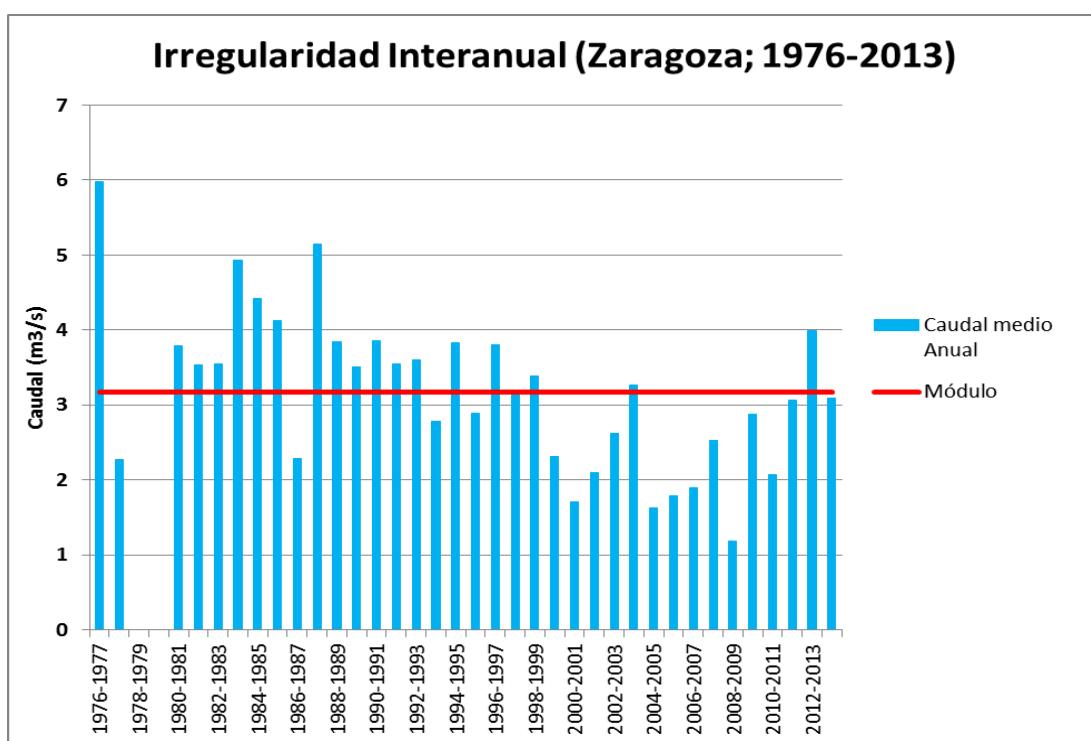
4.1.3.-IRREGULARIDAD INTERANUAL

Para llevar a cabo este estudio se ha elaborado para cada una de las estaciones de aforo un histograma, el cual representa la variación experimentada por el caudal medio anual de un río, durante una serie de años extensa, en este caso en el río Huerva un periodo comprendido entre 1945-2013, podemos ver una baja irregularidad interanual, esto es así porque presenta unos valores bastante homogéneos entre los distintos años que se recogen en cuanto a caudal se refiere además de que los valores se aproximan en la mayoría de los casos a la línea de color rojo (módulo).

Es bastante destacable el hecho de que el caudal medio anual del Río Huerva muestra un descenso importante en la década de los años 80, tanto en el hidrograma de Mezalocha como el de Las Torcas se ve muy claro. La principal razón por la que esto

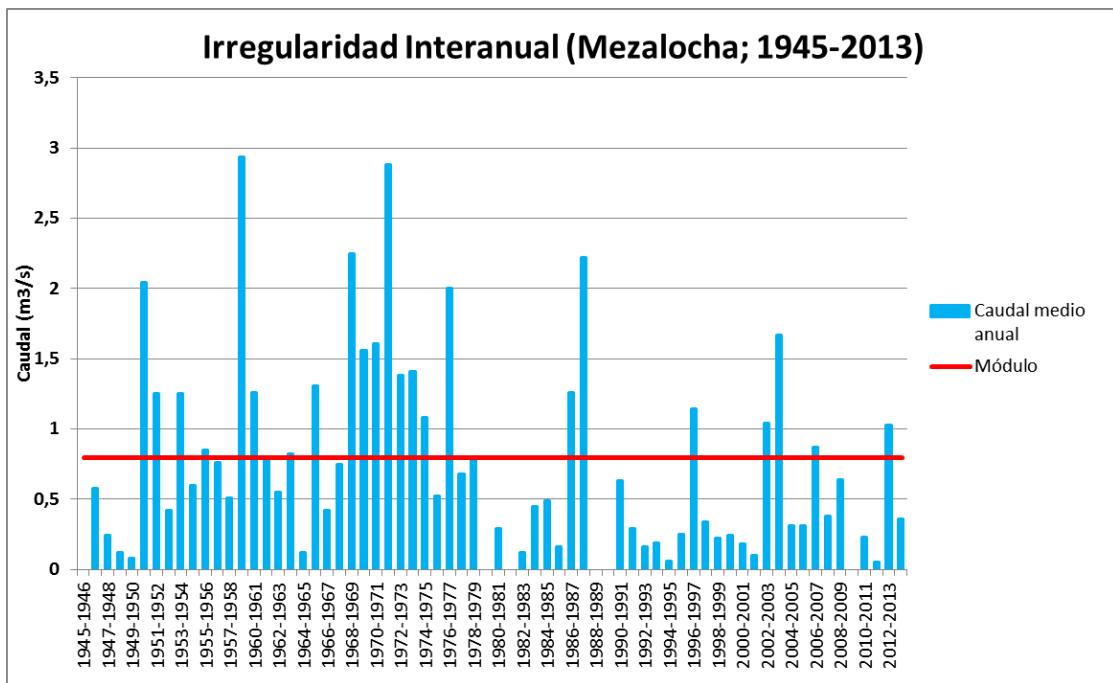
sucede se debe a la construcción de presas y embalses repartidos en las diferentes zonas de la zona de estudio, en este caso el embalse de Mezalocha y el de Las Torcas que no fue hasta 1973 cuando sufrió su mayor ampliación y por tanto aumento mucho su capacidad, pudiendo administrar mejor las aguas. Como hemos dicho anteriormente tanto en la estación de aforo de Mezalocha como en la de Las Torcas es donde más se nota esta disminución a partir de la década de los 80, aunque también se debe a causas naturales, como puede ser un descenso en las precipitaciones y cambios en la ocupación como variaciones en la cubierta vegetal, además de un cambio en los campos de cultivo. Por otro lado, vemos como en las décadas de los 50, 60 y 70 el caudal medio anual sobrepasa el módulo alcanzando los valores máximos de caudal medio anual, esto principalmente se debe a la mayor cantidad de precipitaciones que tiene lugar en ese espacio de tiempo.

También encontramos diferencias entre estaciones de aforo, como la que se da en el periodo 2002-2013 en el cuál la estación de aforo de Zaragoza, Mezalocha y Las Torcas tienen una mayor cantidad de años por encima del módulo, en cambio en la estación de Cerveruela ocurre lo contrario teniendo más años por encima del módulo. Esto es muy posible que se deba al aumento del consumo del agua (uso fundamentalmente agrícola) que va aumentando conforme nos encontramos más cerca de la desembocadura del río Huerva.



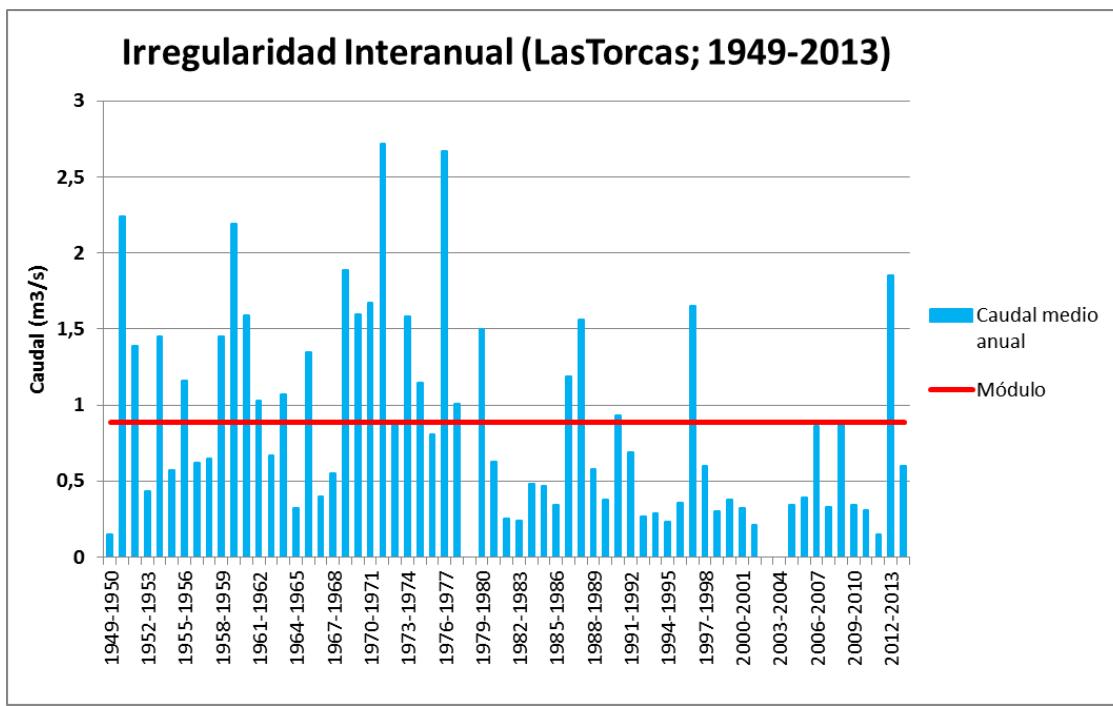
Coeficiente de irregularidad interanual 5,06779661

Gráfica 12: Irregularidad Interanual (Zaragoza; 1976-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



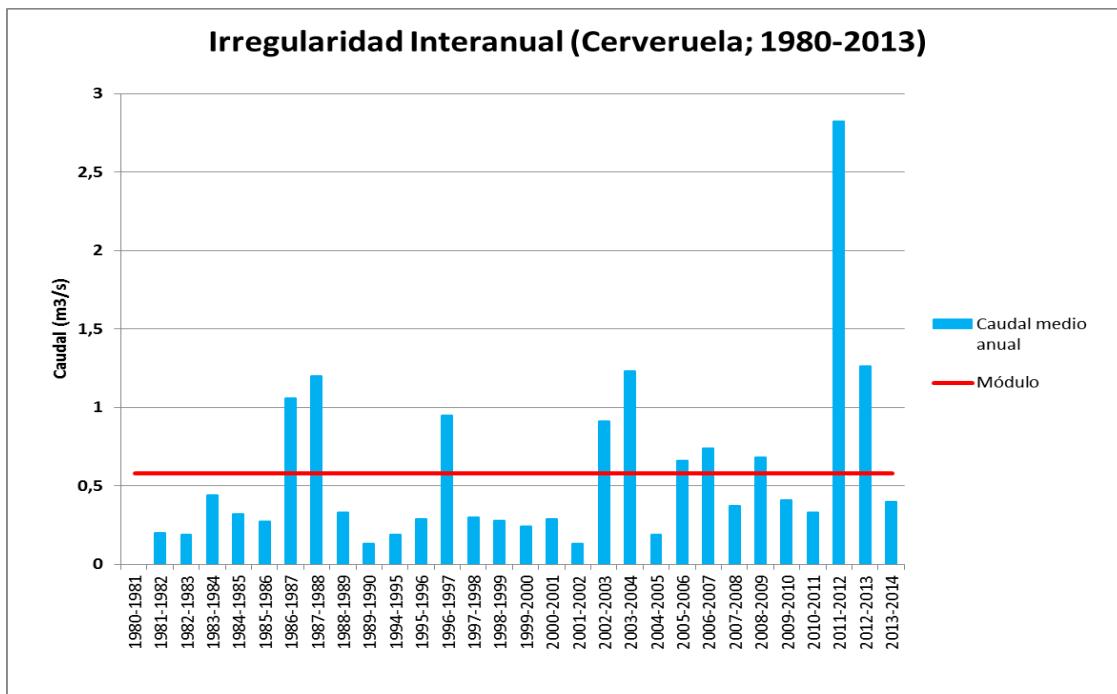
Coeficiente de irregularidad interanual 58,8

Gráfica 13: Irregularidad Interanual (Mezalocha; 1945-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Coeficiente de irregularidad interanual 18,1333333

Gráfica 14: Irregularidad Interanual (Las Torcas; 1949-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Coeficiente de irregularidad interanual 21,6923077

Gráfica 15: Irregularidad Interanual (Cerveruela; 1980-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

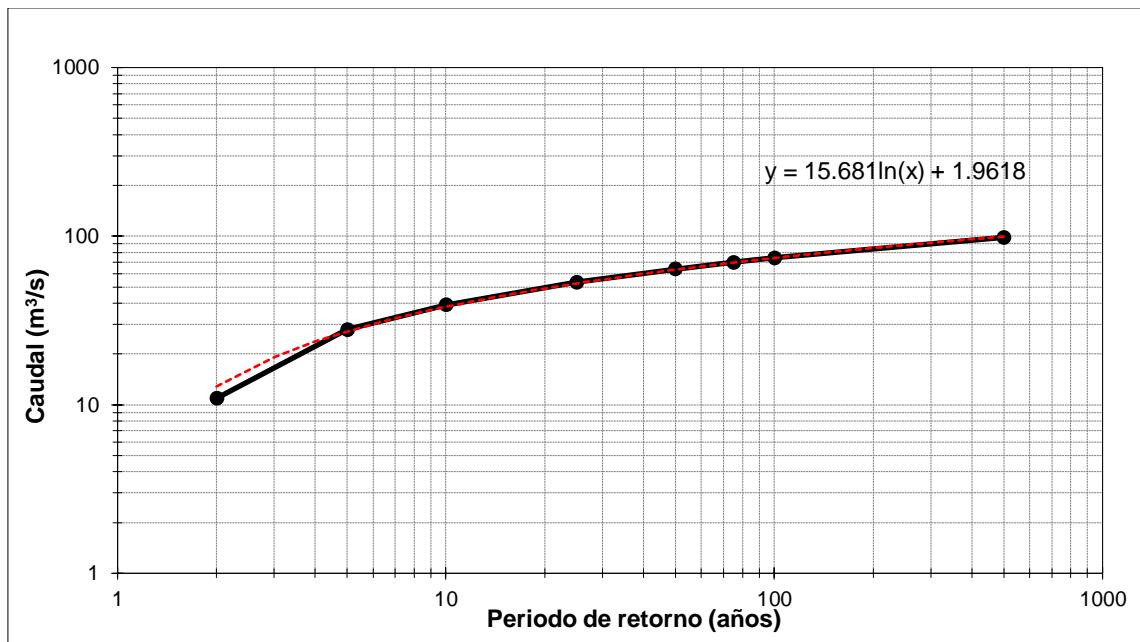
4.2.- Período de retorno

Realizamos los períodos de retorno mediante la fórmula de Gumbel, esta trata funciones matemáticas relacionando la magnitud de un evento con la probabilidad que tiene de ocurrir, esta probabilidad puede expresarse como una frecuencia por medio del período de retorno, como definición puede decirse que es el promedio del lapso de tiempo que ha de transcurrir entre dos repeticiones del mismo (Beguería, 2002). Así pues, se determina que el ajuste de Gumbel calcula la probabilidad (P) de que un valor de carácter extremo sea inferior a un valor(x), siendo el período de retorno el tiempo teórico que tardará en volver a suceder un evento de esas características, por lo menos una vez con casi el 100% de probabilidad.

Para llevar a cabo el estudio se han realizado 4 gráficas, una por cada estación de aforo (Cerveruela, Mezalocha, Las Torcas, Zaragoza) Para cada estación tenemos una tabla y una gráfica de Gumbel donde quedan representados los períodos de retorno, estos van de 2 hasta los 500 años. Como se trata de probabilidades, aunque en este caso veamos números representativos como resultados de los períodos de retorno, esto no quiere decir que las crecidas que se indican con metros cúbicos por segundo tengan que ser así, sino que tendrá una probabilidad de que eso suceda. Es decir, existen posibilidades, pero no hay que dar por hecho que sea lo que vaya a suceder o entre dentro de la normalidad.

Ajuste de Gumbel para la estación de aforo de Cerveruela (1994-2015)

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1484	0,9113	1,6129	2,4994	3,1570	3,5393	3,8098	5,3182
Xt	10,9	27,8	39,1	53,2	63,7	69,8	74,2	98,3



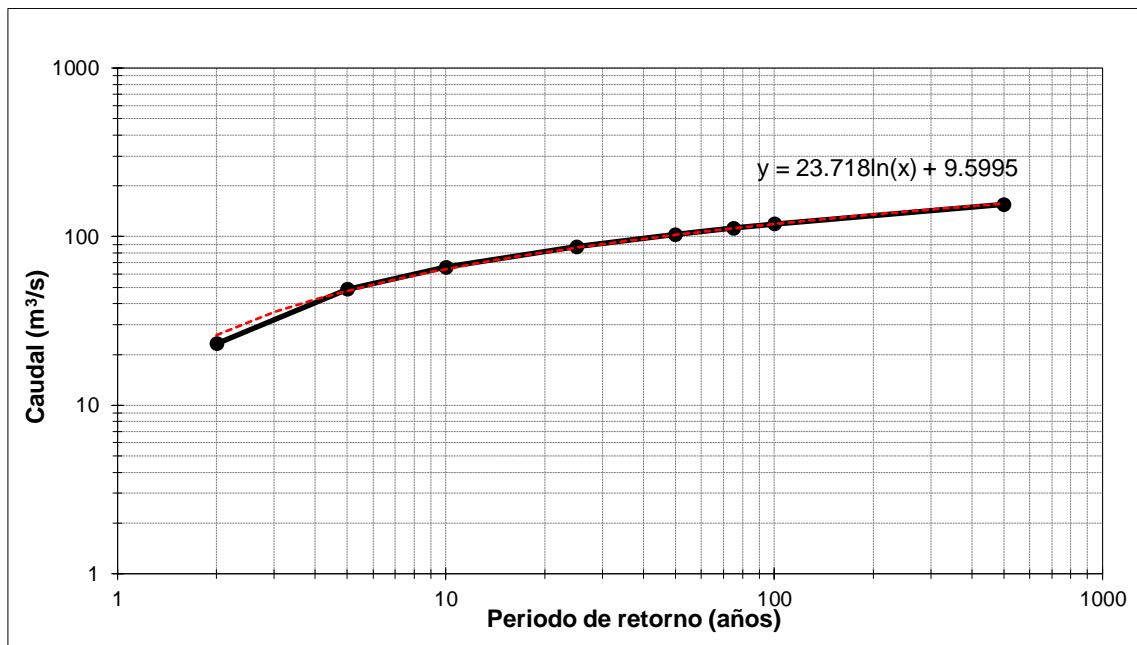
Vemos que los resultados obtenidos son:

- Periodo de retorno (2 años)= 10,9 m³/s
- Periodo de retorno (5 años)= 27,8 m³/s
- Periodo de retorno (10 años)= 39,1 m³/s
- Periodo de retorno (25 años)= 53,2 m³/s
- Periodo de retorno (50 años)= 63,7 m³/s
- Periodo de retorno (75 años)= 69,8 m³/s
- Periodo de retorno (100 años)= 74,2 m³/s
- Periodo de retorno (500 años)= 98,3 m³/s

Cabe destacar que en el día 6 de febrero de 2012 tuvo lugar el mayor caudal registrado con 60,53 m³/s. El cuál hace que tenga un periodo de retorno aproximado de unos 42 años.

Ajuste de Gumbel para la estación de aforo de Las Torcas (1949-2014)

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1584	0,8018	1,4377	2,2410	2,8369	3,1833	3,4285	4,7955
Xt	23,1	48,8	65,7	87,1	103,0	112,3	118,8	155,3



Gráfica 17: Ajuste de Gumbel (Las Torcas; 1949-2014) Fuente: Elaboración propia

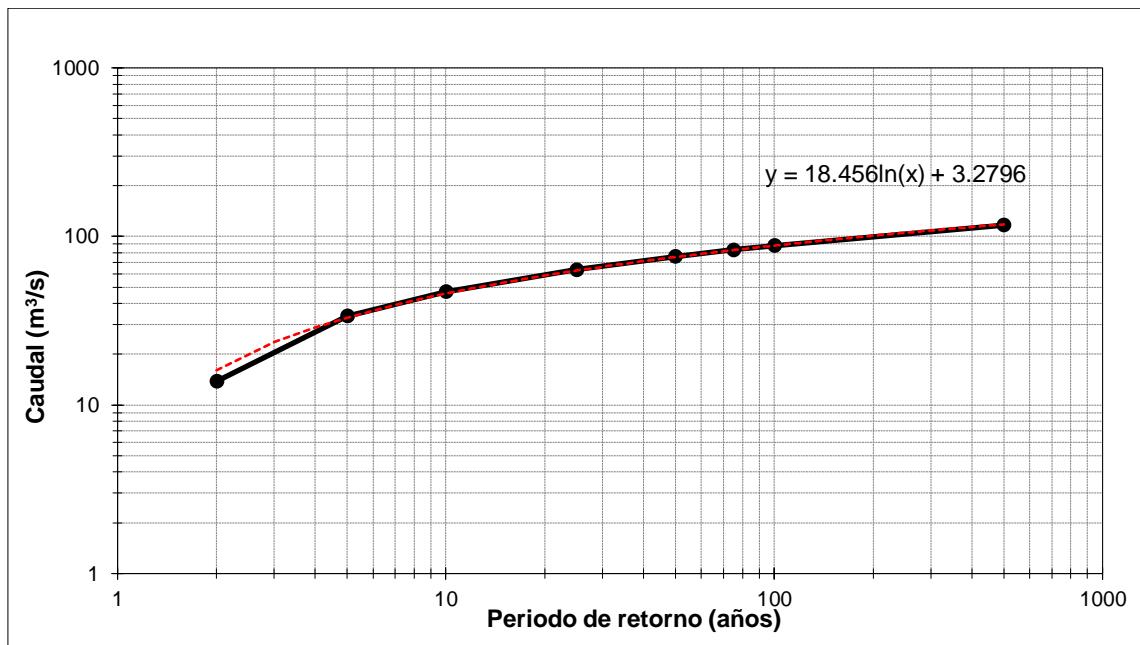
Vemos que los resultados obtenidos son:

- Periodo de retorno (2 años)= 23,1 m³/s
- Periodo de retorno (5 años)= 48,8 m³/s
- Periodo de retorno (10 años)= 65,7 m³/s
- Periodo de retorno (25 años)= 87,1 m³/s
- Periodo de retorno (50 años)= 103 m³/s
- Periodo de retorno (75 años)= 112,3 m³/s
- Periodo de retorno (100 años)= 118,8 m³/s
- Periodo de retorno (500 años)= 155,3 m³/s

En este caso hay que decir que el dato de un año se encontraba en blanco, es decir que no se encuentra disponible, por lo que no se ha tenido en cuenta. Concretamente el año 1964-1965. Por otro lado, como día más caudaloso quedó registrado el 11 de junio de 1975 con 80,75 m³/s. Teniendo un periodo de retorno de 20 años.

Ajuste de Gumbel para la estación de aforo de Mezalocha (1950-2014)

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1583	0,8037	1,4407	2,2455	2,8424	3,1894	3,4351	4,8044
Xt	13,8	33,7	46,9	63,6	76,0	83,2	88,3	116,6



Gráfica 18: Ajuste de Gumbel (Mezalocha; 1950-2014) Fuente: Elaboración propia

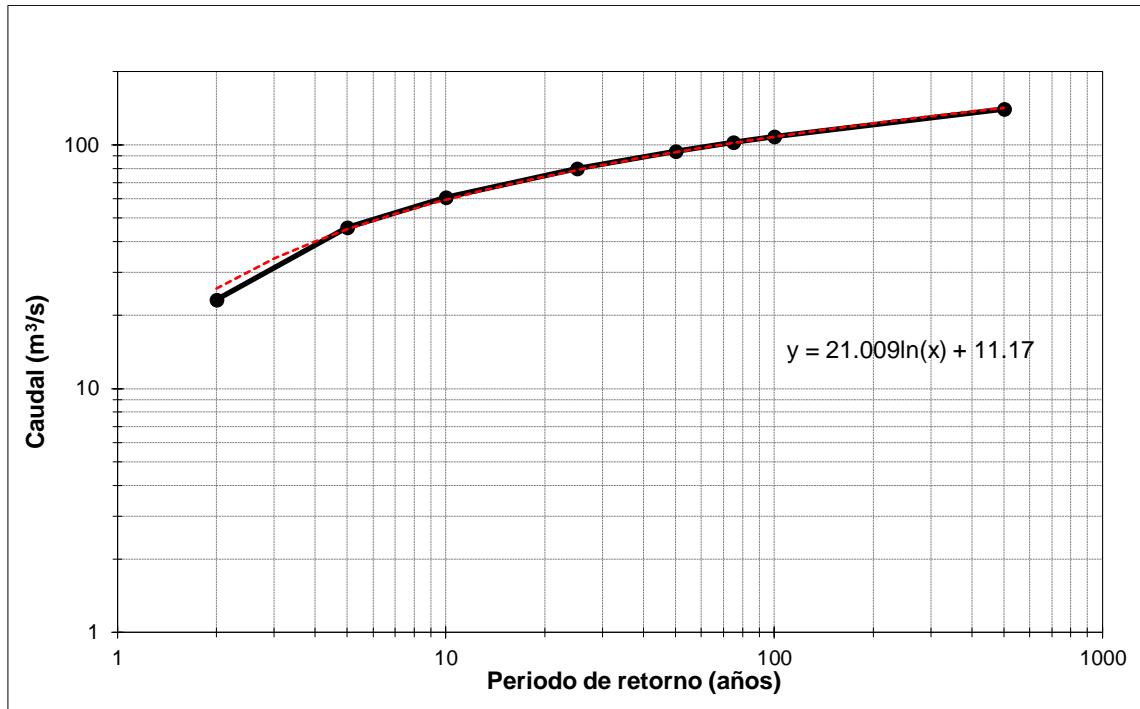
Vemos que los resultados obtenidos son:

- Periodo de retorno (2 años)= 13,8 m³/s
- Periodo de retorno (5 años)= 33,7 m³/s
- Periodo de retorno (10 años)= 46,9 m³/s
- Periodo de retorno (25 años)= 63,6 m³/s
- Periodo de retorno (50 años)= 76 m³/s
- Periodo de retorno (75 años)= 83,2 m³/s
- Periodo de retorno (100 años)= 88,3 m³/s
- Periodo de retorno (500 años)= 116,6 m³/s

Cabe destacar que en el día 7 de mayo de 2003 tuvo lugar el mayor caudal registrado con 90,92 m³/s. El cuál hace que tenga un periodo de retorno aproximado de unos 115 años.

Ajuste de Gumbel para la estación de aforo de Zaragoza (1981-2014)

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1552	0,8379	1,4955	2,3263	2,9425	3,3008	3,5544	4,9680
Xt	23,2	45,9	60,9	79,9	93,9	102,1	107,9	140,2



Gráfica 19: Ajuste de Gumbel (Zaragoza; 1981-2014) Fuente: Elaboración propia

Vemos que los resultados obtenidos son:

- Periodo de retorno (2 años)= 23,2 m³/s
- Periodo de retorno (5 años)= 45,9 m³/s
- Periodo de retorno (10 años)= 60,9 m³/s
- Periodo de retorno (25 años)= 79,9 m³/s
- Periodo de retorno (50 años)= 93,9 m³/s
- Periodo de retorno (75 años)= 102,1 m³/s
- Periodo de retorno (100 años)= 107,9 m³/s
- Periodo de retorno (500 años)= 140,2 m³/s

En este caso el momento con mayor caudal registrado en este periodo de tiempo ha sido el 8 de mayo de 2003 con 140-, curiosamente un día después del mayor dato de caudal recogido en la anterior estación, la estación de aforo de Mezalocha, lo que nos da a entender que se trata de la misma situación que replica ahora en mayor medida en esta estación de aforo.

Una vez realizados los ajustes de Gumbel en las cuatro estaciones, no hay que pasar por alto que los datos obtenidos no tienen por qué corresponder fielmente a la realidad, esto se explica porque a lo largo del río Huerva, se aprecian cantidad de embalses de agua como son el de Mezalocha o el de Las Torcas siendo los más significativos, esto puede influir en los caudales medios de cada estación de aforo. Decir también que el periodo de retorno aumenta conforme nos acercamos a la desembocadura, aunque de manera muy leve, pero si vemos los datos de caudales máximos de crecida en un momento concreto vemos que en las ultimas estaciones aumenta bastante, esto es debido a la mayor capacidad de retención de agua al aumentar la longitud del río.

4.2.1.-Periodo de Retorno (Comentario de Badules y Cuarte)

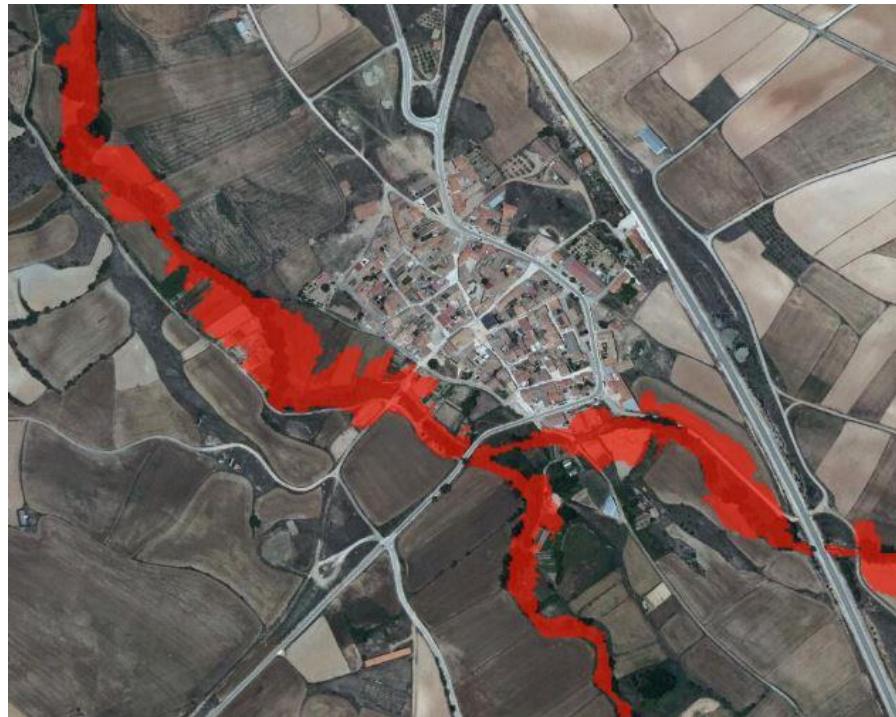
A continuación visualizaremos unas imágenes que representan el periodo de retorno de las precipitaciones, la manera más eficaz de representarlo es mediante los ajustes de Gumbel como hemos comentado anteriormente, de esta manera podemos predecir la cantidad de precipitaciones que puede retornar en determinado momento en la cuenca, en este caso en los casos concretos de Badules y Cuarte de Huerva, normalmente los periodos de retorno a estudiar van desde los 2 hasta los 500 años, pero en este caso nos centramos en los periodos de retorno que se dividen en 10,50,100 y 500 años ya que creo que con esos cuatro parámetros queda bien cubierto el estudio.

Para ello se han extraído capturas de los diferentes periodos de retorno para cada zona en concreto, con lo que tenemos un total de 8 capturas, 4 por cada zona de estudio y aparte 2 capturas más, una por cada zona, que en este caso representa la superposición de capas si juntamos los cuatro periodos de retorno buscando una visualización mejor y por tanto una mayor comprensión.

Principalmente estas capturas nos servirán para conocer si los eventos de precipitación que tienen lugar son ordinarios o extraordinarios.

Zonas inundables en Cuarte de Huerva

Periodo de retorno T10



Ortofoto 1: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T10) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T50



Ortofoto 2: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T50) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T100



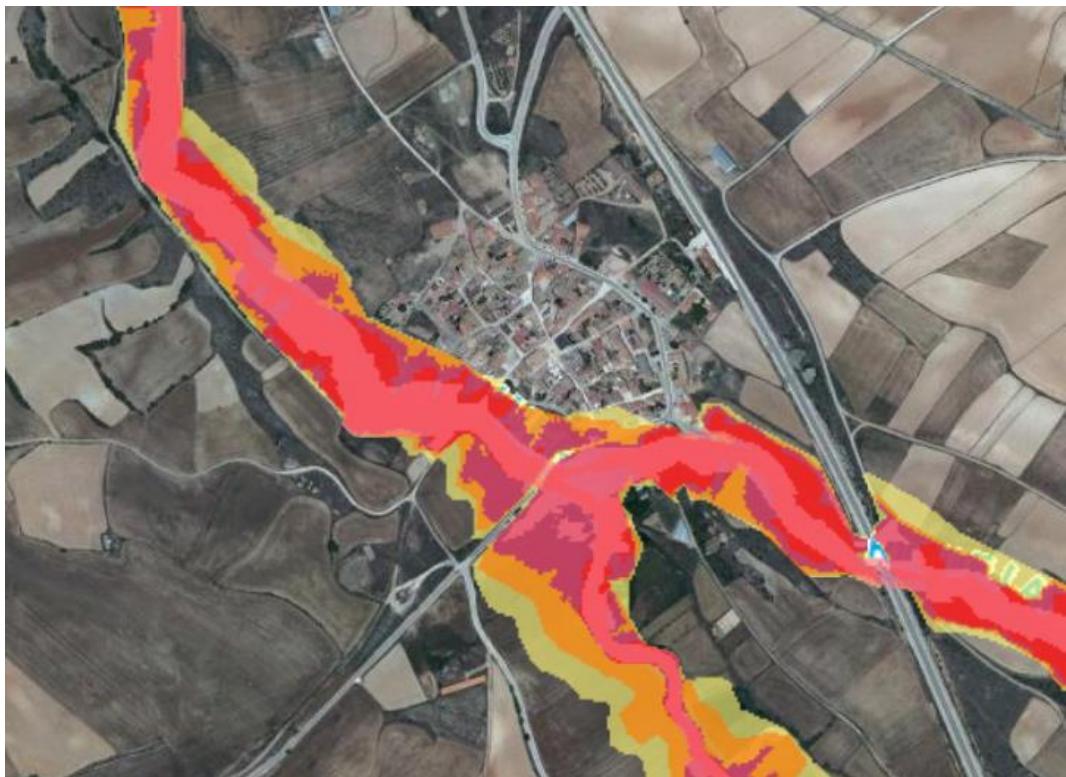
Ortofoto 3: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T100) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T500



Ortofoto 4: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T500) Fuente: Geoportal SITEbro

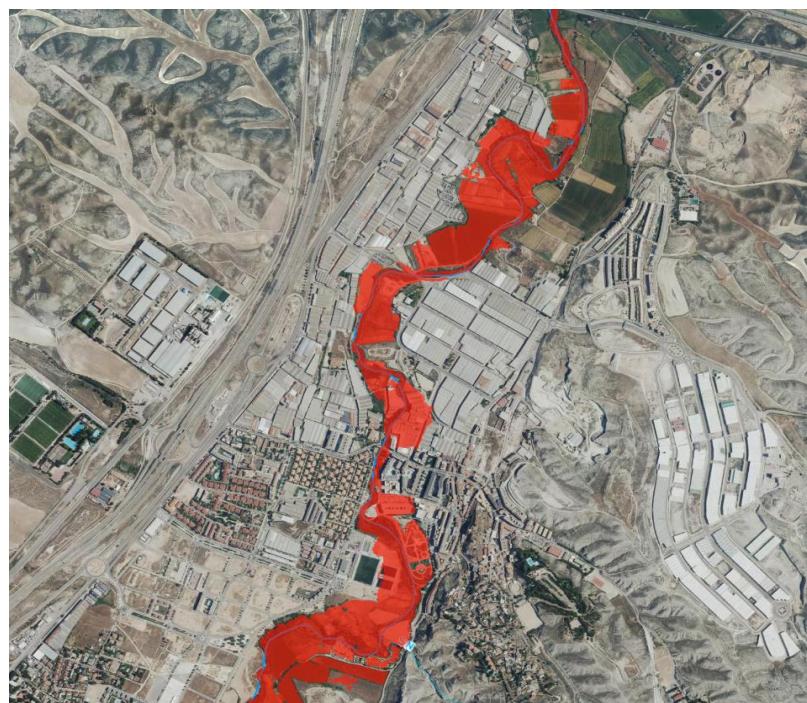
Periodos de retorno (10, 50, 100, 500)



Ortofoto 5: Zonas inundables de Badules (Periodos T10,T50,T100,T500) Fuente: Geoportal SITEbro

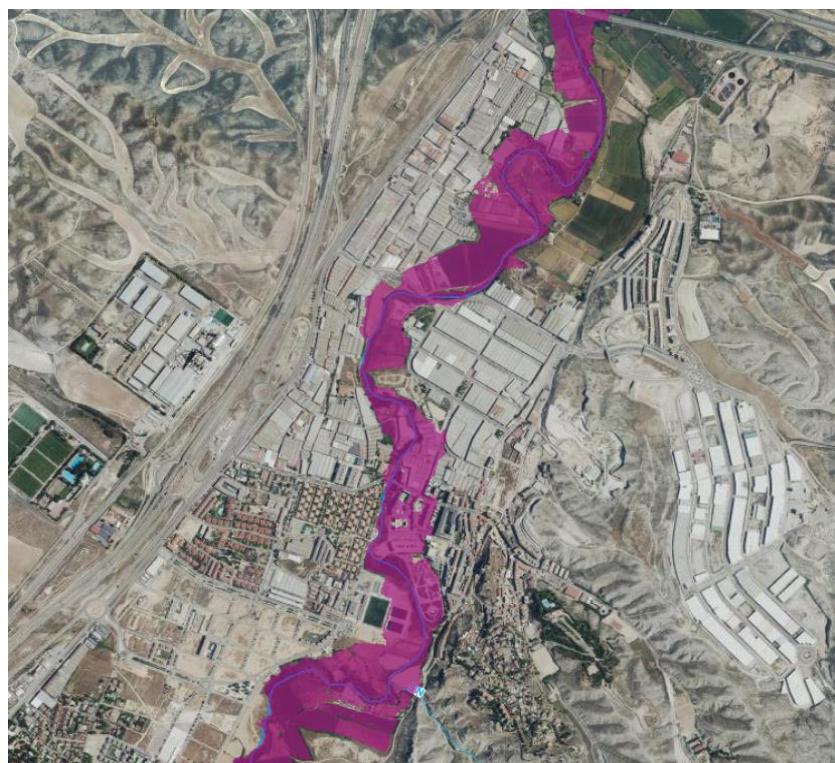
Zonas inundables en Cuarte de Huerva

Periodo de retorno T10



Ortofoto 6: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T10) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T50



Ortofoto 7: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T50) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T100



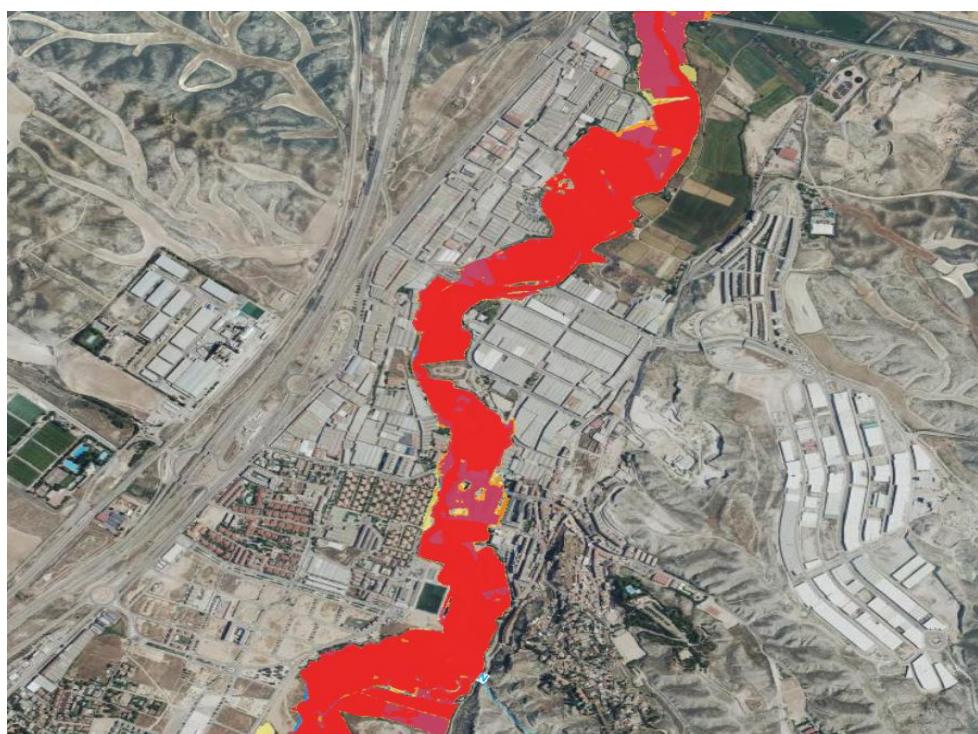
Ortofoto 8: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T100) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodo de retorno T500



Ortofoto 9: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T500) Fuente: Geoportal SITEbro

Periodos de retorno (10, 50, 100, 500)



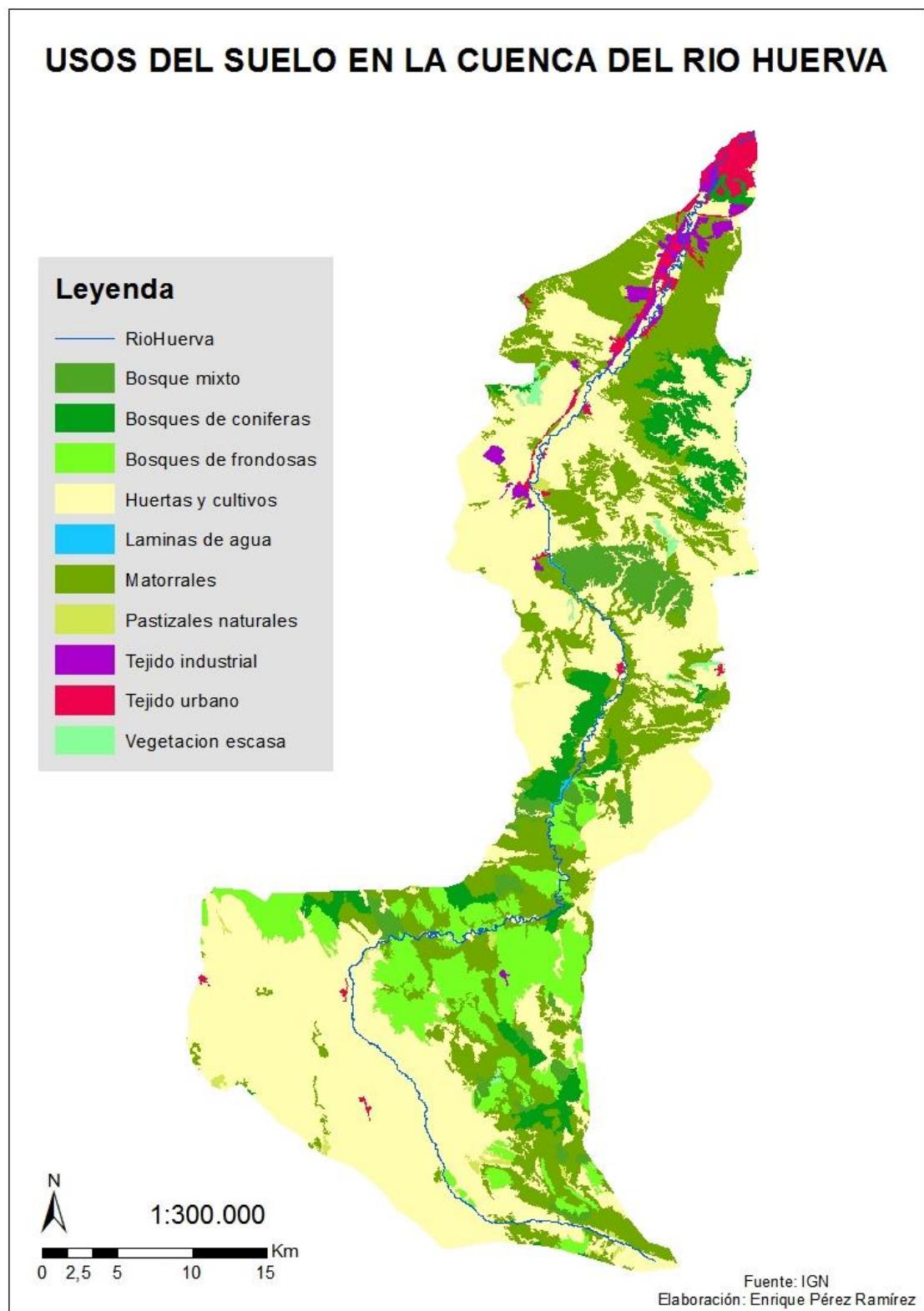
Ortofoto 10: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodos T10,T50,T100,T500) Fuente: Geoportal SITEbro.

4.3.-USOS DE SUELO

En lo que se refiere a usos del suelo en la cuenca del río Huerva en (Cartografía 3: Usos del suelo en la cuenca del río Huerva) encontramos un predominio en toda cuenca en general de las huertas y cultivos, esto se debe a que es una zona de estudio con bastante presión antrópica ya que en el curso del río encontramos bastantes municipios, los cuales sobre todo en la parte de la desembocadura se encuentran bastante desarrollados. También aunque con menos frecuencia se distribuyen por toda la cuenca los matorrales que en su mayor medida son de carácter esclerófilo. Siguiendo el curso del río además de los dos tipos mencionados anteriormente nos encontramos con los tres tipos de bosque predominante que son el bosque de coníferas, bosque de frondosas y el bosque mixto.

En la zona del nacimiento del río Huerva que se encuentra al sur de la cuenca, el predominio más claro es el de las Huertas y cultivos conjuntamente con los matorrales y bosques de frondosas. En esta zona también se encuentra la cabecera que se sitúa justo donde tiene lugar el único afloramiento de bosque de coníferas también compartido conjuntamente por matorral, bosque de frondosas y bosque mixto. En la zona intermedia de la cuenca que llega a estrecharse bastante no se encuentra un predominio tan claro, por lo que el área esta compartida por matorral, bosques de frondosas, bosques de coníferas y bosque mixto, situándose más al norte, zonas en las que sí vemos que predominan las huertas y cultivos, justo cuando la cuenca se vuelve a ensanchar. Además, vemos una zona de lámina de agua destacable en este curso medio del río como es el embalse de Las Torcas. Por lo tanto en esta zona intermedia de la cuenca como vemos que en su mayoría de extensión está cubierta por vegetación de distintos tipos servirá a modo de filtro en episodios de crecida, ya que tendrá una capacidad de absorción y retención, contando además con la capacidad de interceptación de todas las precipitaciones, esto reducirá la capacidad de escorrentía lo que jugara un papel determinante en la dinámica fluvial del río Huerva, además de tener un valor ambiental muy alto por recoger gran cantidad de fauna y flora en esta zona. Situándonos más al norte, en este caso en la zona de desembocadura del río Huerva el predominio más claro y compartido en este caso por matorrales y huertas y cultivos, también se vislumbran más cantidad de afloramientos, aunque son de menor extensión, los tres tipos de bosques más predominantes en la cuenca, además en menor extensión, pero si más repartidos encontramos pastizales naturales y vegetación escasa. Cabe destacar que esta zona, en el último tramo del río se ve a un lado y a otro tejido urbano y tejido industrial, esto se debe a que es en esta zona donde se encuentras núcleos de población muy desarrollados y extendidos, por lo que podemos decir que en esta zona de estudio donde se encuentra la desembocadura del río Huerva, tiene una presión

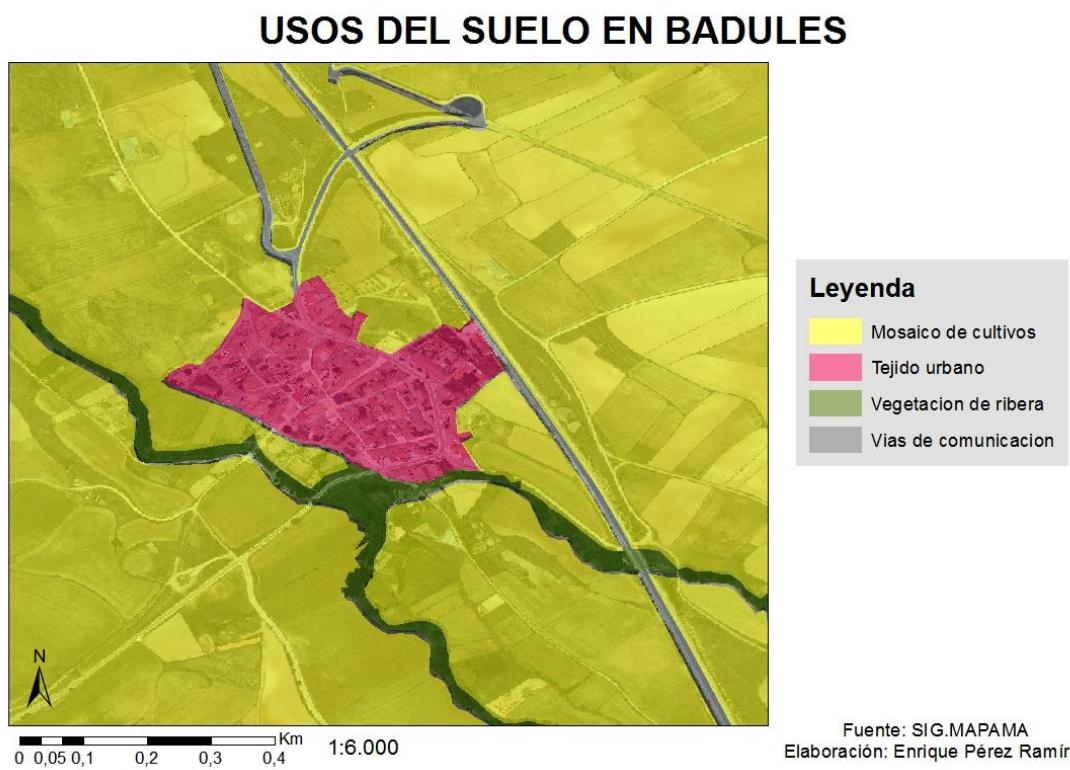
antrópica bastante alta debido a los usos de suelo de tejido industrial, tejido urbano y a las huertas y cultivos mencionadas anteriormente.



Cartografía 3: Usos del suelo en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia. Fuente: IGN

4.3.1.- Casos concretos de Badúles y Cuarte de Huerva (usos de suelo)

Para profundizar en nuestra zona de estudio es interesante concretar en dos zonas, en este caso he elegido Badules y Cuarte de Huerva, ambas son totalmente distintas y contrarias, esto nos ayudara a conocer en mayor medida las características de la cuenca del río Huerva, por un lado nos encontramos con Badules, un municipio perteneciente al curso alto del río, se trata una zona mucho menos desarrollada de ahí que los usos de esta zona sean menores sobre todo si nos ceñimos al desarrollo antrópico (urbano, industrial), como comentaré a continuación en (Cartografía 4: Usos del suelo en Badules).



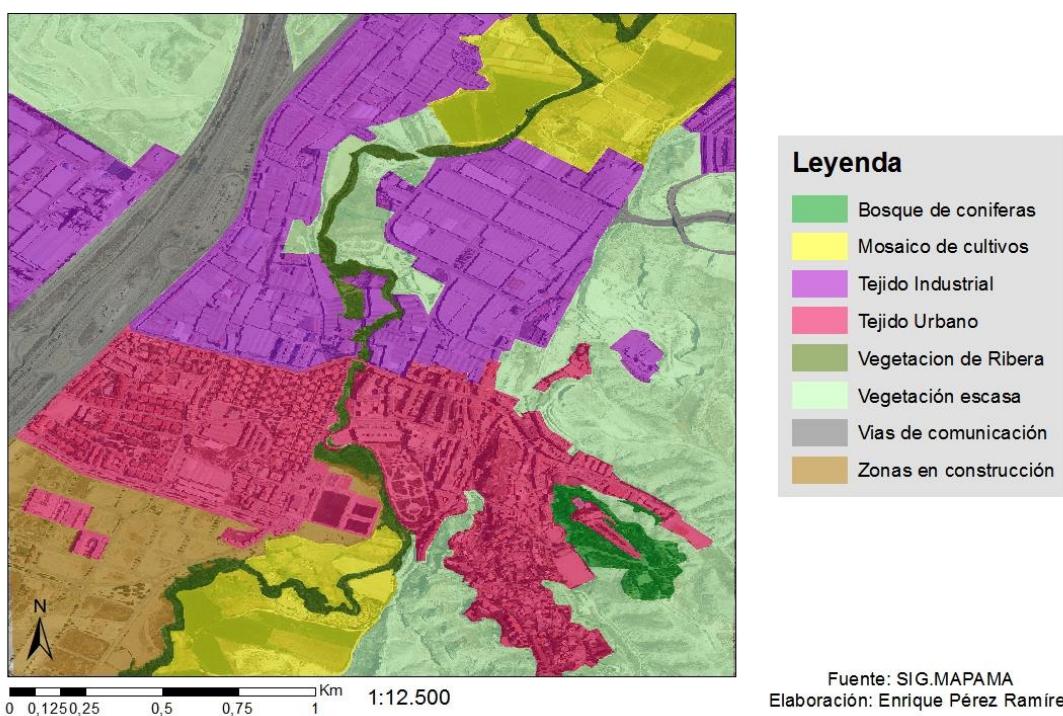
Cartografía 4: Usos del suelo en Badules. Elaboración propia. Fuente: IGN

Como podemos ver en la zona de Badules se encuentran Usos de suelo básicos, en este caso no antrópicos son la vegetación de ribera y antrópicos los tres restantes que son los mosaicos de cultivos, el tejido urbano y las vías de comunicación. Se trata de una zona que no cuenta con una industria desarrollada, sino que cumple los requisitos básicos que exige un núcleo de población, también se puede ver en sus vías de comunicación que solo las destacadas en color gris en el mapa están asfaltadas, ello nos da una idea de que es una zona aun en desarrollo. Por otro lado, vemos que la vegetación de ribera cubre prácticamente ambas márgenes del río Huerva, ladeando éste el tejido urbano de Badules, dato importante que nos lleva más adelante al estudio del riesgo de inundación en esta zona. Además, hay que mencionar que toda esta zona está rodeada por mosaicos de cultivos lo cual nos vuelve a llevar a la idea del

bajo desarrollo en el cual predomina el sector primario y es por tanto base económica de la población que reside en este municipio.

La segunda zona de estudio en la que quiero profundizar es el municipio de Cuarte de Huerva el cual pertenece al curso bajo del río Huerva, en este caso nos encontramos con todo lo contrario, con una zona mucho más desarrollada, con un fuerte desarrollo antrópico, teniendo en cuenta que también se encuentra muy próxima a Zaragoza, lo cual le ayuda a crear una infraestructura más potente con unos usos del suelo mucho más marcados, variados y diferenciados como veremos a continuación en (Cartografía 5: Usos del suelo en Cuarte de Huerva).

USOS DEL SUELO EN CUARTE DE HUERVA



Cartografía 5: Usos del suelo en Cuarte de Huerva. Elaboración propia. Fuente: IGN

En este caso vemos como en el mapa hay una variedad cromática mucho mayor, ya que aunque intentando simplificar los usos de suelo nos encontramos con 8 grupos diferenciados muchos de ellos de carácter antrópico como destacando sobre todo el tejido industrial, el tejido urbano y las vías de comunicación, esto ya nos habla de una zona muy desarrollada y como tal destacan el sector secundario y el sector servicios llegando a la terciarización de la zona y autoabastecimiento total de recursos, pudiéndose considerar incluso como una zona industrial que forma parte de la infraestructura zaragozana. Hay que decir que el tejido urbano se extiende más al sur, pero no está representado aquí ya que además de no ser el verdadero núcleo poblacional como lo es esta zona, no es tan interesante para el estudio ya que esa parte urbana no es atravesada por el río Huerva. Al suroeste del mapa podemos ver zonas en construcción, lo que nos da un indicativo de la evolución tan fuerte y constante que sufre

Cuarte de Huerva, otro detalle a destacar son las vías de comunicación mucho más acondicionadas y extensas que en Badules rodeadas en ambas direcciones, por tejido industrial lo cual indica una vez más un sector muy terciarizado.

Comparativa con Ortofotos

BADULES



Ortofoto 11: Badules 1997 Fuente: PNOA



Ortofoto 12: Badules 2006 Fuente: PNOA

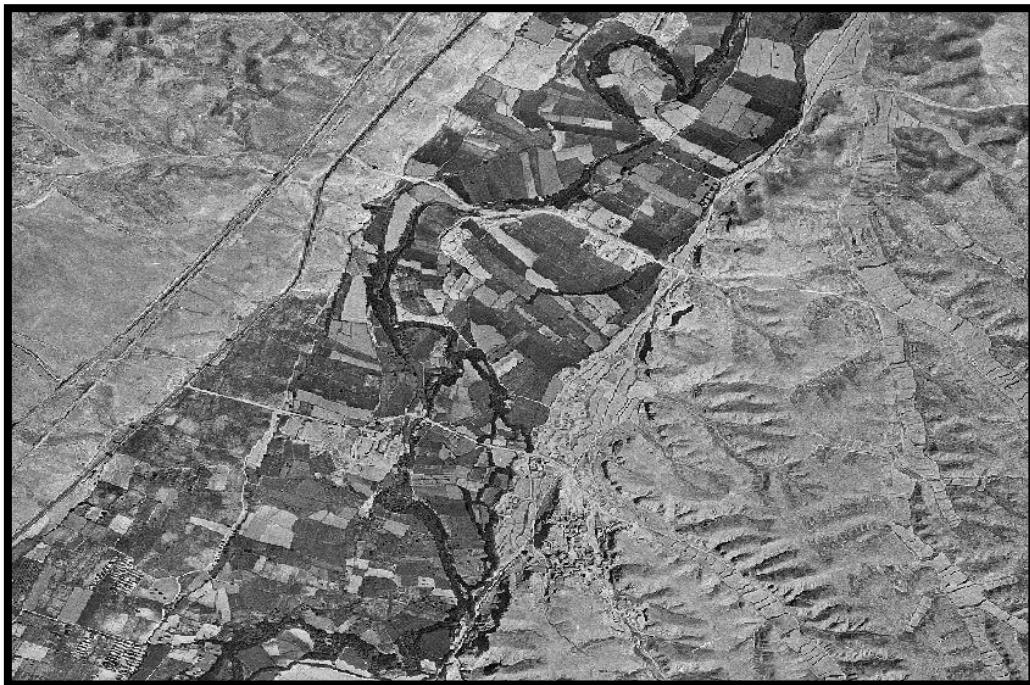


Ortofoto 13: Badules 2015 Fuente: PNOA

Se han seleccionado 3 ortofotos de Badules diferenciadas en el tiempo, la primera data de 1997, la segunda 2006 y la tercera de 2015. Hay que decir que en un primer vistazo las diferencias no son muy grandes pero si empezamos a fijarnos más detenidamente, uno de los cambios más radicales es la infraestructura de carreteras que se amplia y asfalta a lo largo de los años como se aprecia en las fotos, por lo cual el acondicionamiento de las vías de comunicación se mejora, no obstante como dato más importante de la zona es que la evolución demográfica es negativa, como muestran los datos del Instituto Nacional de Estadística ya que en 1997 hay 122 habitantes, en 2006 se reduce a 112 y finalmente la población en 2015 queda reducida por debajo de los 100, concretamente 95 habitantes lo que es un claro síntoma del éxodo rural, que se da porque principalmente la población más joven va en busca de más posibilidades, variedad y calidad de vida esto los hace emigrar a los núcleos urbanos más desarrollados de la zona como por ejemplo Zaragoza o Teruel en este caso en concreto. Todo ello hace que la evolución del tejido urbano no se haya extendido y que como mucho se haya mejorado lo ya existente. Por último lo que menos varía aunque en algún caso concreto sufre cambios pero nunca muy significativos son los campos de cultivo que rodean el tejido urbano, lo mismo ocurre con la vegetación de ribera, hay que decir que la primera ortofoto elegida de 1997, es la primera de la que se tiene información en el PNOA, por lo que viendo un periodo de 18 años, lo normal es que los cambios generalmente no

sean demasiado destacables, más si tenemos en cuenta la evolución demográfica negativa que ha sufrido esta zona.

CUARTE DE HUERVA



Ortofoto 14: Cuarte de Huerva 1956 Fuente: PNOA



Ortofoto 15: Cuarte de Huerva 2006 Fuente: PNOA



Ortofoto 16: Cuarte de Huerva 2015 Fuente: PNOA

En el segundo caso concreto en nuestra zona de estudio que en este caso es Cuarte de Huerva se han seleccionado 3 ortofotos las cuales cubren un periodo de tiempo más amplio que en el caso de Badules, en primer lugar la primera ortofoto de la que se tienen datos está fechada en 1956, la segunda ortofoto es de 2006 y la tercera de 2015, estas dos últimas al igual que las seleccionadas de Badules son de los mismos años buscando una comparativa más correcta si queremos englobar las 6 ortofotos. Dicho esto si nos fijamos en esta selección, encontramos muchas más diferencias, en primer lugar en la imagen de 1956 prácticamente el tejido urbano e industrial es inexistente en comparación con la evolución que sufre en las otras dos imágenes, hay que decir que el poco tejido urbano, de edificios y zonas públicas es más complicado de ver dado que es en blanco y negro por ser más antigua, en ese año la población de Cuarte de Huerva era alrededor de los 450 (INE, población), en un periodo de 50 años creció hasta los 3873 habitantes según el censo de población de 2006 (INE) y en la imagen de 2015 la población en 9 años ha crecido de forma exponencial hasta los 12141 habitantes (INE), se trata de una evolución muy fuerte dado que en menos de 10 años la población ha aumentado en más de un 300%. Por otro lado la red de vías de comunicación sufre una evolución similar, ya que se sobreentiende que tanto el tejido industrial, el tejido urbano y las vías de comunicación van de la mano, formando una gran infraestructura. En este caso la evolución sufrida de la primera imagen a la segunda es mucho mayor que en la tercera imagen ya que de 1956 a 2006 se pasa de no existir prácticamente nada más que dos carreteras principales a la imagen de 2006 en la cual se puede apreciar una gran red

de carreteras construidas alrededor de todo el tejido industrial y urbano existente, más adelante en la tercera imagen de 2015 no se aprecian grandes cambios en ese aspecto, es más una estabilización de esa misma red de carreteras. Otro de los aspectos muy importantes que sufren un gran cambio en Cuarte de Huerva es la evolución que sufren las huertas y cultivos, que pasan de ocupar la mayor extensión en la zona a verse drásticamente reducida, esto principalmente se debe al desarrollo urbanístico e industrial, o lo que es lo mismo un cambio en la tendencia económica que pasa de basarse mayoritariamente en el sector primario de la agricultura a centrarse en gran medida en el sector secundario y terciario, cobrando más importancia la industria y los servicios.

4.4.-POBLACIÓN EN BADULES Y CUARTE DE HUERVA:

A continuación voy a analizar Badules y Cuarte de Huerva para tener una idea mas localizada de los tipos de población que componen la cuenca ya que son totalmente contrarios, lo que a su vez me lleva a una idea más general de la población como ha quedado analizado en el apartado de la zona de estudio.

BADULES

	Población Total	Hombres	Mujeres
Badules	87	49	38

Se trata de un municipio que se encuentra en la primera parte del nacimiento del Río Huerva, mediante su ubicación ya vemos que forma parte de los municipios que dedican su economía al sector primario, dado que se trata de poblaciones con menor desarrollo e infraestructuras, basándose en economías más básicas, lo que hace incluso que su evolución demográfica sea negativa como muestran los datos recogidos por el INE, en este caso como podemos ver en (Tabla 2) en la cual se ha seleccionado un periodo de 5 años (2013-2017), apreciamos aún mejor la evolución de carácter negativo siendo en 2013 de 102 habitantes llegando al año 2017 con 87 habitantes.

Este impacto negativo es debido principalmente al movimiento conocido como éxodo rural, que hace que sobre todo la población más joven de la zona emigre a núcleos de población más avanzados económicamente y estructuralmente, en busca de una oferta laboral que se ajuste a las necesidades del mundo moderno.

	Total				
	2017	2016	2015	2014	2013
Badules	87	88	95	97	102

Tabla 2: población de Badules (2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

CUARTE DE HUERVA

	Población Total	Hombres	Mujeres
Cuarte de Huerva	12862	6569	6293

Por el contrario este municipio coincide con que es el que más población alberga en nuestra zona de estudio como figura en la (Tabla 3) esto se debe a que este municipio goza de un buen dinamismo empresarial ayudado por las corporaciones locales y las empresas que se ubicaban en Zaragoza , ahora se han expandido localizándose también en Cuarte de Huerva, fundamentalmente empresas situadas en el barrio zaragozano de Torrero, situándolo a la vanguardia de los indicadores económicos de Aragón, destacando más de 370 empresas localizadas en los diferentes polígonos industriales.

Cabe destacar en este caso una noticia que se dio en Junio de 2017 la cuál hablaba de una investigación abierta por la Fiscalía de Zaragoza, para investigar el desarrollo urbanístico en Cuarte ya que fue el pueblo de más de 10000 habitantes que más creció en España en los años de l auge de la burbuja inmobiliaria, concretamente y este en este caso el tema que nos interesa, el de ocupación de terrenos fácilmente inundables por el río Huerva.

Como podemos apreciar en la (tabla 3), la evolución es totalmente contraria al caso anterior, siendo la evolución de este municipio de carácter positivo como muestra el último periodo de 5 años cuando en 2013 el municipio tiene 11043 habitantes mientras que en 2017 el aumento llega casi a los 2000 más, llegando a una cifra de 12862 habitantes. Esto es debido como hemos comentado en el caso general a que es una zona que se encuentra próxima a la capital de Aragón lo cual le da un nivel muy alto de infraestructuras sobre todo centradas en la industria y el transporte, además de encontrándose mucho mejor comunicada, todo ello suma en esta evolución positiva de la población en Cuarte de Huerva, que hace que sea la más prospera y con mayor población de nuestra zona de estudio.

	Total				
	2017	2016	2015	2014	2013
Cuarte de Huerva	12.862	12.581	12.141	11.589	11.043

Tabla 3: población de Cuarte de Huerva (2017) Elaboración: propia, Fuente: INE

5.-METODOLOGÍA

Para realizar el diagnóstico de la peligrosidad que tiene lugar en la cuenca del río Huerva se han utilizado distintas variables de carácter cuantitativo y cualitativo. Dentro de este estudio vemos como tienen lugar varios factores los cuales se encuentran asociados a características como son las del suelo, dentro de este encontramos la litología, permeabilidad, pendiente, climatología, vegetación, población con sus usos del suelo correspondientes. Todo ello da lugar a una serie de parámetros con los que podemos articular y dar forma a un índice principal.

Todo ello nos va a servir a priori para llevar a cabo una correcta evaluación de los núcleos de población que podrían verse afectados por esta peligrosidad, que en este caso tratamos que son los procesos de crecida. Doménech Zueco, S., Ollero Ojeda, A., & Sánchez Fabre, M. (2008)

Me he centrado principalmente en los núcleos de población por los que pasa el río Huerva teniendo su punto inicial en Fonfría, finalizando en Cuarte de Huerva, para llevar a cabo este análisis los datos han sido descargados y cotejados en distintas fuentes de información.

El uso sistema SIG para su análisis

Para la realización de cartografía a la hora de llevar a cabo el análisis de la zona de estudio, se ha utilizado la herramienta de información geográfica (Arcgis 10.3). Para poder trabajar en esta herramienta primero se ha obtenido la información necesaria en el Instituto Geográfico Nacional (IGN), como han sido la hoja que pertenece a la zona de estudio, los usos del suelo, los datos de precipitaciones, información de carácter vectorial y el Modelo Digital Terrestre (MDT), para realizar nuestro estudio en el cual el principio tuvo lugar delimitando los municipios de la cuenca del Huerva por los que transcurre el río, para ello se utilizaron varios tipos de interpretación de imágenes por satélite y ortofotos como son Google Maps y Earth.

Si concretamos en el proceso de la delimitación del área de estudio, la información aplicada forma parte de diversos catálogos, por un lado, el Modelo Digital de Elevaciones, en este caso el utilizado es el MDT-05 y en otro lugar la información que representa el catálogo BTN25, donde he obtenido todas las hojas en las que se encuentra el Río Huerva, que son 6 hojas concretamente: 383, 411, 438, 439, 465, 466. Uniendo todas ellas mediante un geoprocreso llamado Merge obtenemos diferentes

capas como son la de los municipios (entidades de población), edificaciones y capas de ríos.

En el caso concreto del mapa realizado de los Usos de suelo, para poder realizarlo correctamente hemos recurrido a los datos del “CORINE LAND COVER 2006”. Estos se han obtenido a través del IGN, teniendo en cuenta la metodología aplicada por el Ministerio de Agricultura y Medio ambiente. Al ser la escala de usos de suelo de carácter nacional es más sencillo buscar la información dentro de este. El caso de la paleta de colores escogida para la realización del mapa de usos del suelo y la posterior representación mediante la leyenda corresponde a los datos de simbología que ofrece el MAGRAMA siendo el modo cromático RGB (Red,Green,Blue). Para un mayor entendimiento general de nuestra zona de estudio se han simplificado los usos del suelo agrupándolos en grupos más generales (11 usos del suelo) facilitando así una lectura a la hora de una interpretación más sencilla del mapa.

A modo resumen diremos pues que se han utilizado diversos mapas para poder calcular y analizar variables topológicas, una vez conseguido esto se han podido calcular otras variables.

Precipitaciones

Es importante en el diagnóstico considerar variables como las precipitaciones medias máximas y anuales. Estas determinan la intensidad, tiempo y duración en el río. Los datos han sido obtenidos del IAEST, donde encontramos los datos concretos de las estaciones pluviométricas que se encuentran en Aragón. Una vez extraídos los datos a una hoja Excel se calcula el valor medio anual de cada estación pluviométrica mediante medias aritméticas. Con todo ello se puede elaborar un mapa que representa la distribución media de las precipitaciones, todo ello gracias “al Krigging” que se trata de un modelo geoespacial.

Ánalysis Hidrológico

En primer lugar se analizan las características del río Huerva tales como la longitud del río, su nacimiento, su morfología y los municipios por los que va transcurriendo durante todo su trayecto, una vez realizada esta breve introducción se busca el análisis de comportamiento hidrológico, para ello es fundamental recabar los datos de las estaciones de Aforo pertenecientes al río, en este caso nos encontramos con 4 estaciones de aforo (MAGRAMA) las cuales nos servirán para elaborar y representar los datos de Caudalosidad, Variación estacional de caudal, Irregularidad Interanual y los Fenómenos extremos, que en este caso nos centraremos las crecidas y los estiajes,

todos estos datos han sido elaborados en tablas Excel y representados mediante gráficas del mismo.

Análisis de Población

Para la elaboración del análisis de población he tenido en cuenta los datos proporcionados por el Instituto nacional de estadística de los cuales se han extraído los datos de población de los municipios por los que transcurre el río Huerva, más concretamente se ha tomado la población total de cada uno del año 2017 e incluso la población total de mujeres y de hombres en los municipios en los que ha sido posible extraer los datos que como se puede ver en la (tabla 1) no en todos los núcleos de población existían esos datos más concretos.

De una manera más concreta se ha querido analizar Cuarte de Huerva y Badules, con el fin de tener un estudio más interesante, por lo que a parte de los datos anteriormente mencionados se han tomado los datos de población total en un periodo concreto de años para poder mejorar la evolución, concretamente un periodo de 5 años (2013-2017) donde podemos apreciar la evolución negativa en uno y la positiva en otro.

Para que el Análisis poblacional quede mejor representado, se han transformado los datos obtenidos a una tabla la cual representa 3 grupos de municipios, uno de menos de 100 habitantes, un segundo en el cual la población total se encuentra entre 100 y 500 habitantes y un tercer grupo con municipios que tienen poblaciones superiores a los 500 habitantes. Más tarde se ha querido traspasar toda esta información a un diagrama de sectores el cual se ha determinado que para que sea más legible, que los municipios con población inferior a 100 habitantes se reagrupen en una única porción del diagrama, representando un 2.22% de la población total de la zona de estudio.

Coeficiente de escorrentía (Casos de Badules y Cuarte de Huerva)

Se trata de la relación entre la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, de ello deducimos que la parte superficial es menos que la precipitación total si descontamos la evaporación, evapotranspiración, el almacenamiento, etc. Podemos entender que el proceso de escorrentía es complejo, siendo recomendable aplicar simplificaciones en la práctica.

En este caso nos centramos en la cantidad de precipitación absorbida por el suelo y la cantidad que puede ser drenada por las características del suelo que predomina en estas dos zonas dentro de nuestra área de estudio ya que siendo tan diferentes la una de la otra podemos hacernos la idea global de toda la cuenca en lo que a escorrentía superficial se refiere, además del tipo de suelo predominante, tendremos en cuenta la pendiente promedio del terreno.

Para realizar una estimación más acertada me he basado en la tabla que vemos a continuación y simplificando los datos se han conseguido unos valores para cada tipo de suelo. (Editorincivil, 2016).

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba, Grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosque, Vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas, deben aumentarse los valores así: Cultivos: multiplicar por 1,10. Otros (excepto Sin Vegetación): multiplicar por 1,30

Tabla 4: Permeabilidad de los de los suelos según cobertura y pendiente. Elaboración: propia

A partir de estos datos, he realizado mi propia tabla teniendo en cuenta los Usos de Suelo que aparecen tanto en Badules como en Cuarte de Huerva, sirviendo de modelo para una idea general de la cuenca del Río Huerva. En este caso si tenemos en cuenta que el Valor de la pendiente en estas zonas es mayor de un 1% estaríamos hablando de una pendiente suave, concretamente de un 1,47%, una vez teniendo este dato, de cada tipo de suelo he calculado una media de 3 parámetros (permeabilidad, Impermeabilidad, semipermeabilidad) sacando la media de estos, sabiendo esto acotamos muchos datos y podemos sustituir los Usos del Suelo concretos de nuestro estudio que se engloban en las coberturas vegetales de la tabla del ejemplo y así elaborar nuestros propios datos sobre la permeabilidad del suelo

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del suelo	Pendiente Suave (>1%)
BOSQUE	0,266666667	
CULTIVOS	0,416666667	
MATORRAL	0,316666667	
PASTIZAL	0,366666667	
TEJIDO URBANO	(0,80-0,90)=0,85	1,47
TEJIDO INDUSTRIAL	(0,80-0,90)=0,85	
VEGETACION ESCASA	0,441666667	

Tabla 5: Resultados de la permeabilidad de los de los suelos según cobertura y pendiente. Elaboración: propia

Análisis de las variables de la cuenca:

Para conocer la cuenca de una manera más profunda he tenido en cuenta 6 variables en este caso de carácter geométrico, las cuales nos sirven para describir nuestra zona de estudio, además de ser datos imprescindibles en la elaboración de un Análisis mas exhaustivo en la cuenca.

Estas variables son:

- Área (en Km²)
- Perímetro (en Km)
- Longitud del río (km)

A parte para describir la forma de la cuenca entran en juego otras 3 variables :

- Relación de circularidad
- Coeficiente de compacidad
- Relación de elongación

Relación de circularidad (Rci): “Es el cociente entre el área de la cuenca y la del círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca” y la expresión mediante la cual se calcula es:

$$R_{ci} = \frac{4 \pi A}{P^2}$$

Donde **Rci** es la relación de circularidad, adimensional; **P** es el perímetro de la cuenca, en m; y **A** es la superficie de la cuenca, en m². De acuerdo con análisis realizados (Summerfield, M. A. 1991) en diversas cuencas han determinado que si:

- **R 1.0 ci** = la cuenca es circular
- **R 0.785 ci** = la cuenca es cuadrada

Coeficiente de compacidad (Kc): “Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie de la cuenca.” Su magnitud se obtiene con la expresión:

$$K_c = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde **Kc** es el coeficiente de compacidad, adimensional; **P** es el perímetro de la cuenca, en m; y **A** es la superficie de la cuenca, en m².

De acuerdo con aplicaciones realizadas en un gran número de cuencas, si:

- **K 1.128 c** = se trata de una cuenca cuadrada,
- **K 3.0 c** = las cuencas son muy alargadas,
- **K 1.481 c** = la cuenca tiende a un cuadrado (largo y ancho son valores cercanos)

Relación de elongación (Re). “Es la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima (Lm) de la cuenca. La variable Lm se define como la más grande dimensión de la cuenca a lo largo de una línea recta trazada desde la desembocadura del cauce principal, hasta el límite extremo del parteaguas y de manera paralela al río principal”. Para estimar su magnitud se aplica la expresión:

$$R_e = \frac{D}{L_m} = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L_m}$$

Donde **Re** es la relación de elongación, adimensional; **D** es el diámetro de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca, en m; y **Lm** es la longitud máxima de la cuenca, en m.

A partir de estudios realizados (Summerfield, M. A. 1991) en un gran número de cuencas si:

- $R \geq 1.0$ e \approx , la cuenca es plana
- $0.6 \leq R \leq 0.8$, la cuenca es de relieve pronunciado

Tiempo de concentración en la cuenca (TC)

Este es un dato muy importante ya que se encarga de analizar la precipitación en el mismo tiempo que la escorrentía, además del tiempo que tarda desde el nacimiento hasta la desembocadura o como se trata en este caso, el núcleo de población a estudiar.

el tiempo de concentración de la cuenca también es llamado flash-flood. Definiéndose así el tiempo que necesita para que todos los puntos de la cuenca estén aportando aguas en forma de escorrentía simultáneamente.

Encontramos varios tipos de fórmulas parecidas que se encargan de calcular el tiempo de concentración. (Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. 2010). En este caso para representar el tiempo de concentración he seleccionado el modelo de Kirpich, en el que de esta forma puedo calcular el espacio entre la precipitación y el tiempo de concentración (Flash-flood), la concentración en este caso se estima en horas y minutos "TC", "H/L (m/m)", siendo "H" la diferencia de altura (m)

entre la cota máxima y la mínima de la cuenca, y "L" es la longitud en metros del cauce principal.

$$TC = 0,60^+ (L^3 + 0,87/H)^{0,385}$$

Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo

Este apartado es uno de los más importantes de nuestro análisis dado que determina la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo de nuestra zona de estudio. Para conocer el riesgo hay que seguir un orden, por lo que primeramente debemos de calcular peligrosidad y vulnerabilidad de la cuenca.

Las fórmulas son las siguientes:

Peligrosidad	Pendiente media X Circularidad X Caudal (T100)
Vulnerabilidad	(Población x Distancia al parque de bomberos) /Tiempo de concentración

Al conocer los resultados, llega el momento de su clasificación a través de un índice que ha sido elaborado como veremos a continuación.

Índice de Peligrosidad: Se han obtenido valores de peligrosidad que van desde los 27,6 hasta los 44,1, a partir de estos datos se ha obtenido el siguiente índice.

- <20 peligrosidad muy baja
- 20-30 peligrosidad baja
- 30-40 peligrosidad media
- 40-50 peligrosidad alta

Índice de Vulnerabilidad: Se han obtenido valores de vulnerabilidad que van desde los 3,3 hasta los 302,2, a partir de estos datos se ha obtenido el siguiente índice

- 0-50 Vulnerabilidad baja
- 50-100 Vulnerabilidad media
- 100-150 Vulnerabilidad alta
- >150 Vulnerabilidad muy alta

Una vez que tenemos la vulnerabilidad y la peligrosidad podemos elaborar la fórmula para saber el riesgo de nuestra zona de estudio que nos describe (Ayala, 1999), con ello confirmamos el riesgo que tiene la cuenca del Río Huerva.

Riesgo	Peligrosidad x Vulnerabilidad
--------	-------------------------------

6.-RESULTADOS

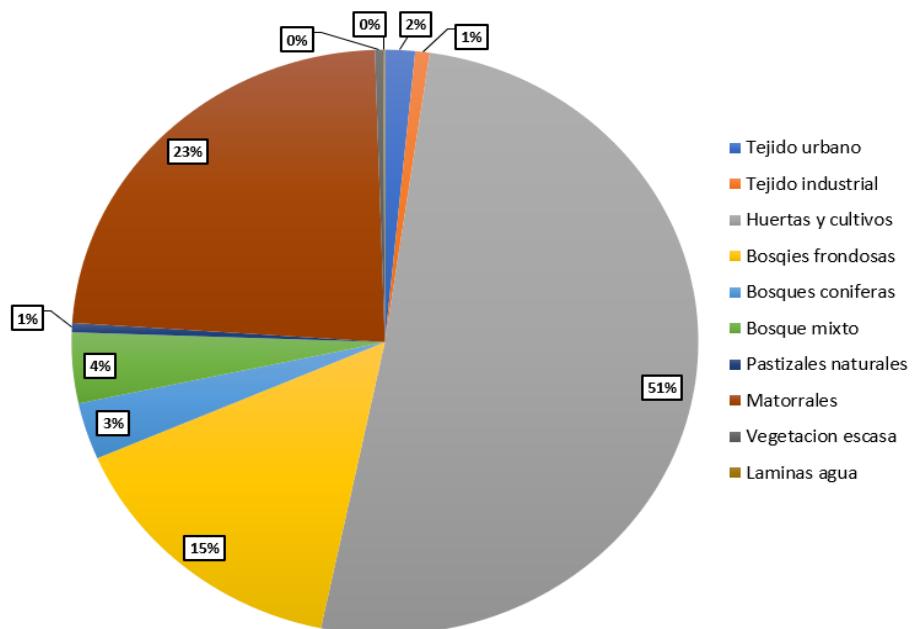
A continuación procederé a explicar los resultados obtenidos en este estudio tratando de una manera gráfica y legible estos.

Coeficiente de escorrentía

Cobertura Vegetal	Permeabilidad del suelo	Pendiente Media (>1%)
BOSQUE	0,266666667	
CULTIVOS	0,416666667	
MATORRAL	0,316666667	
PASTIZAL	0,366666667	
TEJIDO URBANO	(0,80-0,90)=0,85	
TEJIDO INDUSTRIAL	(0,80-0,90)=0,85	
VEGETACION ESCASA	0,441666667	1,47

Tabla 5: Resultados de la permeabilidad de los suelos según cobertura y pendiente. Elaboración: propia

Superficie de los Usos del suelo en la Cuenca del río Huerva



Gráfica 21: Superficie de los usos del suelo en la Cuenca del río Huerva. Elaboración. Propia

Teniendo en cuenta el grafico anterior donde figura el porcentaje de extensión de cada uso de suelo en km², las tablas de permeabilidades de los usos del suelo y la pendiente media de la zona de estudio, se ha determinado un coeficiente de escorrentía superficial de la cuenca de **0.3764**.

Este valor, además de ser un flujo de aportación a la cuenca, también tiene la función de erosión, por lo que también se basa en el coeficiente de escorrentía, esto quiere decir que a más valor de escorrentía mayor es la erosión que sufrirá la cuenca, siendo por tanto el transporte de sedimentos que arrastre mucho mayor.

Forma de la cuenca

Para conocer la morfología es importante conocer 3 valores que son el Coeficiente de compacidad, la Relación de elongación y el Índice de Circularidad. Una vez realizadas las formulas correspondientes obtenemos los resultados:

Coeficiente de Compacidad

- 1,95169771 → **Nos dice que la cuenca tiende a ser bastante alargada.**

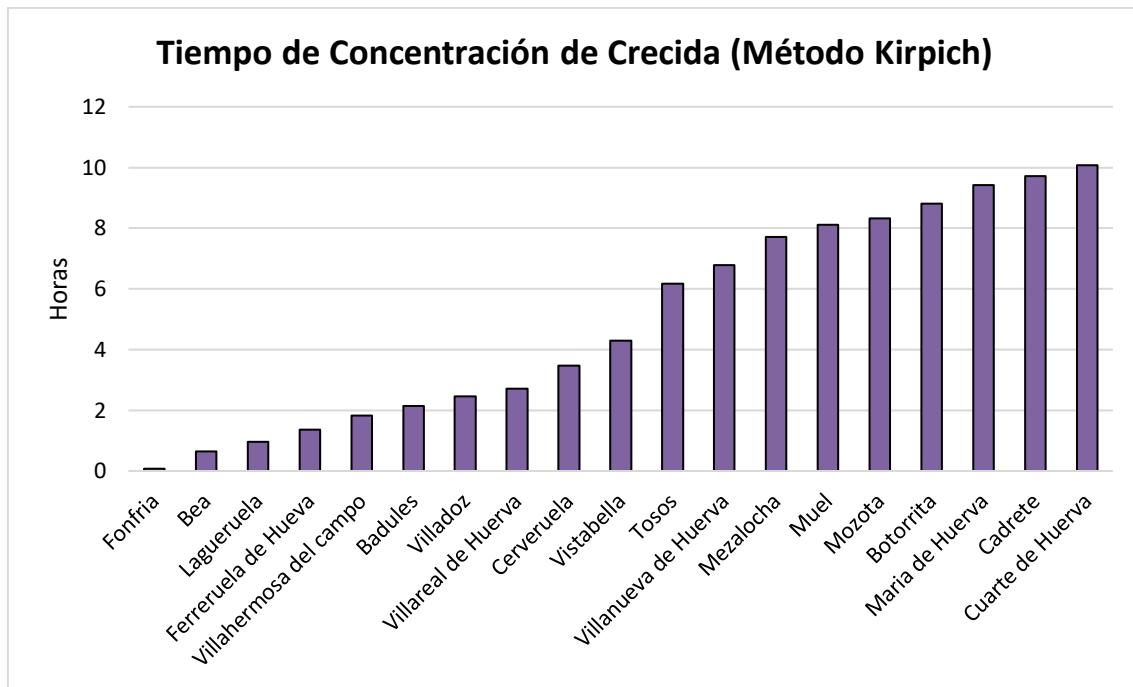
Relación de elongación

- 0,500783263 → **Este dato nos dice que la cuenca tiende a un relieve pronunciado en vez de uno mas plano.**

Índice de Circularidad

- 0,262351765 → **Por último este valor nos dice que la cuenca tiende más a ser cuadrada que circular.**

Tiempo de concentración



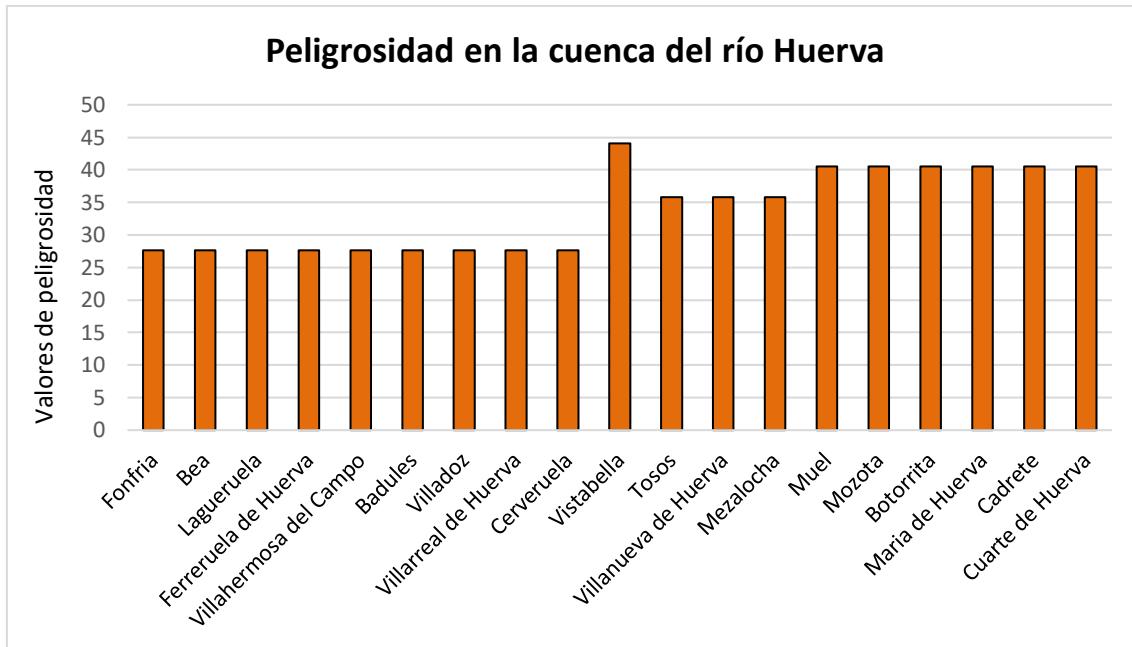
Gráfica 22: Tiempo de concentración de crecida. Elaboración: propia

En el estudio de la cuenca es muy importante saber el tiempo de concentración, porque así podemos saber cuánto tardará en llegar la crecida a cada municipio en la cuenca, así por tanto saber el tiempo de actuación que tendrá la población. En general en este estudio los tiempos de respuesta son amplios sobre todo en los últimos tramos donde los núcleos de población tienen tiempos de respuesta de 8 a 10 horas desde que se da la precipitación hasta que llega la crecida a esos municipios. Esto puede ser un arma de doble filo porque, por un lado, puede dar tiempo a estar preparados pero por otro tarda tantas horas que puede ser que parte del municipio se encuentre afectado de forma repentina. También encontramos municipios que tienen valores inferiores a 1 hora, por lo que podemos calificarlos de tiempos de crecida muy concentrados como es el caso de Fonfría, ya que es el municipio más cercano al nacimiento del río Huerva con un tiempo de concentración de 4 minutos aproximadamente, el siguiente sería el municipio de Bea pero ya ampliando bastante el espectro con unos 40 minutos de Tiempo de concentración de crecida.

Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en la cuenca del río Huerva

A continuación, se muestran los resultados del estudio en el que podremos ver cuál es la Peligrosidad, Vulnerabilidad y Riesgo total para cada municipio que se encuentre cercano al río en la cuenca hidrográfica del Huerva.

PELIGROSIDAD



Gráfica 23: Peligrosidad en la cuenca. Elaboración: propia

Podemos ver que en la gráfica con más peligrosidad es Vistabella teniendo un valor de 44.1 debido a su caudal máximo en un periodo de retorno de 100 años. Los siguientes con valores de peligrosidad altos, son un grupo de 6 municipios que tienen el mismo valor de peligrosidad, concretamente un valor de 40.6 de peligrosidad en el área de estudio, después de este grupo encontramos 2 más que van disminuyendo la peligrosidad en comparación con los anteriores, son un grupo de 3 municipios que comprenden Tosos, Villanueva de Huerva y Mezalocha con un valor de peligrosidad de 35.8. El grupo con valores más bajos respecto a los anteriores es también el más numeroso formado por 9 municipios que comprenden el tramo desde Fonfría hasta Cerveruela con valores de 27.6

Se han obtenido valores de peligrosidad que van desde los 27.6 hasta los 44.1, a partir de estos datos se ha obtenido el siguiente índice:

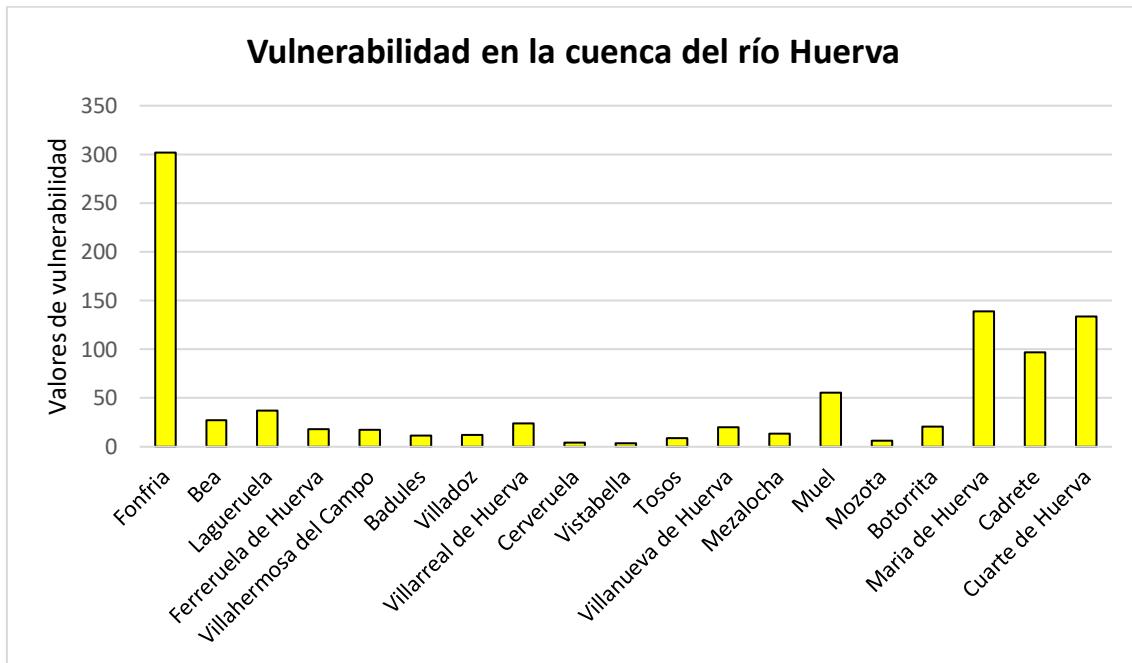
Índice de Peligrosidad

- <20 peligrosidad muy baja
- 20-30 peligrosidad baja: Fonfría, Bea, Lagueruela, Ferreruela de Huerva, Villahermosa del campo, Badules, Villadoz, Villarreal de Huerva, Cerveruela.
- 30-40 peligrosidad media: Tosos, Villanueva de Huerva, Mezalocha.
- 40-50 peligrosidad alta: Visabella, Muel, Mozota, Botorrita, María de Huerva, Cadrete, Cuarte de Huerva.



Cartografía 4: Peligrosidad en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.

VULNERABILIDAD



Gráfica 24: Vulnerabilidad en la cuenca. Elaboración: propia

Podemos ver en la gráfica como en este caso el valor más alto de vulnerabilidad se encuentra en el nacimiento del río (Fonfría), concretamente con un valor de 302.2 tratándose de una diferencia de más del doble con los segundos que más valor de vulnerabilidad tienen y que casualmente se encuentran en el tramo final del río, son María de Huerva con 139.3 y Cuarte de Huerva con 134 como valores de vulnerabilidad, después le sigue Cadrete que ya se encuentra por debajo del valor 100 con 97, sin bajar del valor 50 se encuentra Muel con 55,3 de vulnerabilidad. Todos los demás municipios de encuentran con Valores muy bajos por debajo del 50, destacando los que tienen los valores más bajos que son Vistabella y Cerveruela, el primero con 3,3 y el segundo con 4,3 como Valores de vulnerabilidad más bajos en nuestra zona de estudio.

Se han obtenido valores de vulnerabilidad que van desde los 3.3 hasta los 302.2, a partir de estos datos se ha obtenido el siguiente índice:

Índice de Vulnerabilidad

- 0-50 Vulnerabilidad baja: Bea, Lagueruela, Ferreruela de Huerva, Villahermosa del Campo, Badules, Villadoz, Villarreal de Huerva, Cerveruela, Vistabella, Tosos, Villanueva de Huerva, Mezalocha, Mozota, Botorrita
- 50-100 Vulnerabilidad media: Muel y Cadrete.
- 100-150 Vulnerabilidad alta: María de Huerva y Cuarte de Huerva.
- >150 Vulnerabilidad muy alta: Fonfría

VULNERABILIDAD

RioHuerva
municipios-vulnerabilidad

- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

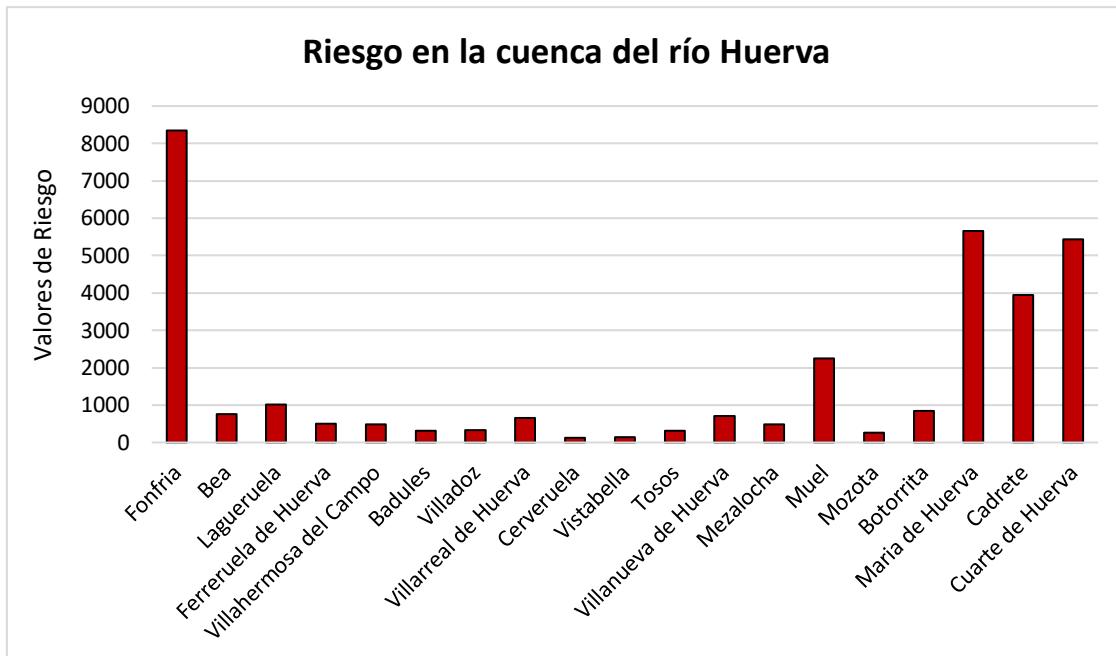
■ cuenca-huerva



Cartografía 5: Vulnerabilidad en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.

RIESGO

Obtenidos los resultados definitivos de Riesgo al haber llevado a cabo la fórmula que multiplica ambos factores entre sí, tanto Peligrosidad como Vulnerabilidad, la gráfica resultante es la que vemos a continuación.

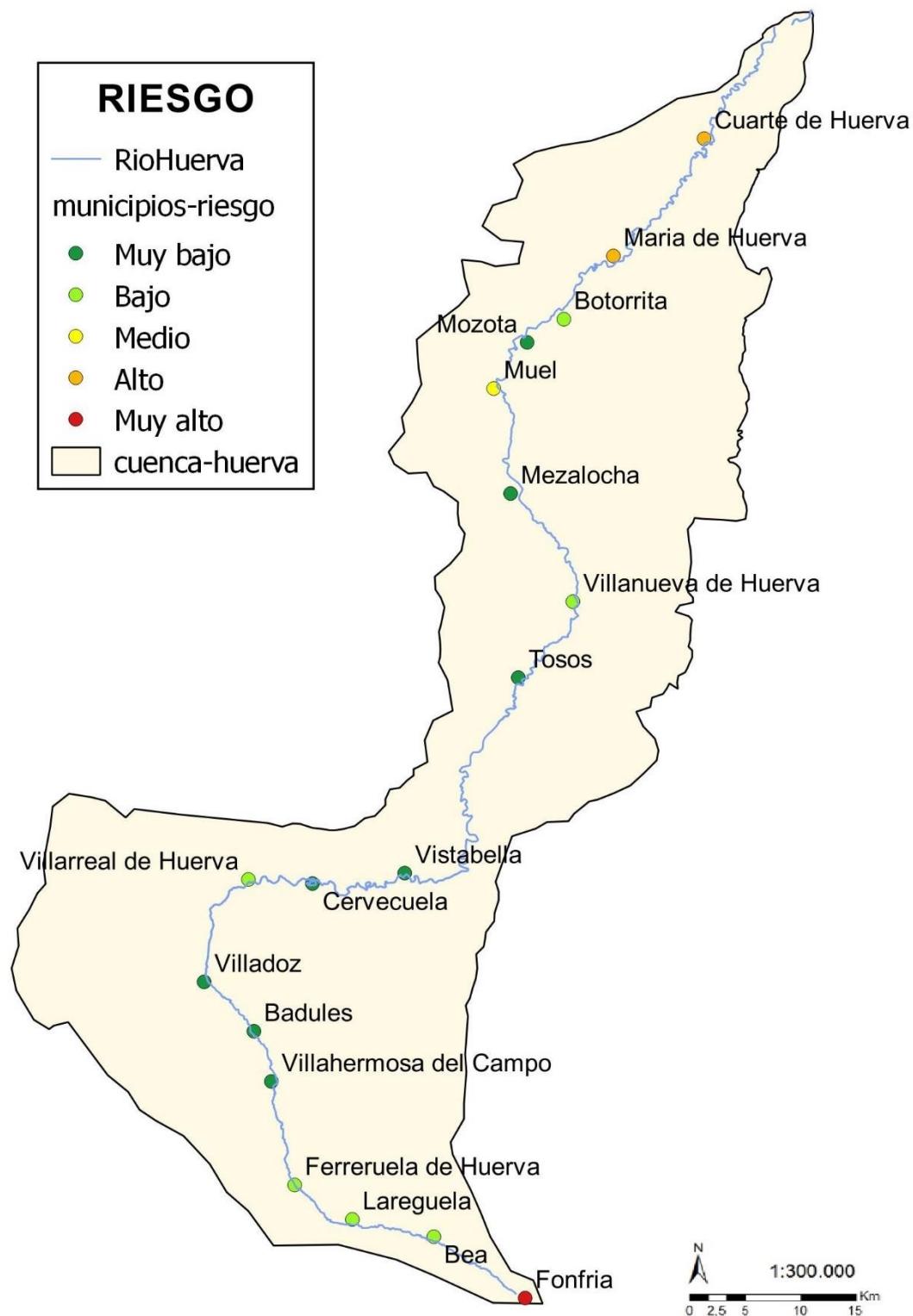


Gráfica 25: Riesgo en la cuenca. Elaboración: propia

El índice resultante de doble entrada que muestra de forma más concreta los resultados del riesgo en la zona de estudio del río Huerva es el siguiente.

Índice de Riesgo:

- Muy Bajo (0-500): Villahermosa del Campo, Badules, Villadoz, Cerveruela, Vistabella, Tosos, Mezalocha, Mozota.
- Bajo (500-2000): Bea, Lagueruela, Ferreruela de Huerva, Villarreal de Huerva, Villanueva de Huerva, Botorrita.
- Medio (2000-3000): Muel.
- Alto (3000-6000): María de Huerva, Cadrete, Cuarte de Huerva.
- Muy Alto (>6000): Fonfría.



Cartografía 6: Riesgo en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.

7.-Propuestas y medidas mitigadoras ante inundaciones en la cuenca del Río Huerva

Uno de los problemas que sufren los riesgos naturales, concretamente en este caso los fenómenos extremos fluviales son la falta de medidas que existen, tanto mitigadoras como sistemas de prevención, todo esto se junta también con la falta de estudios realizados en las zonas de las cuencas potencialmente inundables del estado español, aunque cada vez se está cambiando esta tendencia, pero de momento más paulatinamente.

Existe una Directiva europea de Inundaciones (2007/60) que consisten en leyes que indican como poder actuar en caso de una inundación, concretamente sirven para saber que hacer durante y después del fenómeno extremo. Esta Directiva fue adoptada por la Comisión Europea dado que entre 1998 y 2004 tuvieron lugar en Europa más de 100 inundaciones muchas de carácter grave causando fuertes desequilibrios socioeconómicos. Más adelante esta directiva fue transpuesta al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. (Mapama)

Si profundizamos en la Directiva Europea de Inundaciones de 2007 vemos que indica lo siguiente: El respeto a las zonas inundables del río, no introduciendo así ningún tipo de actuación ni de edificación. Por otro lado, se indica que la solución para hacer frente a las inundaciones pasa por una ordenación del territorio responsable y no recurrir tan rápidamente a la construcción de defensas ni aumentar las regulaciones.

Hay que mencionar que las consecuencias que tiene una crecida dependen en gran medida de la ordenación territorial de las localidades y municipios, los cuales en muchas ocasiones están distribuidos en zonas de alto riesgo de inundación. Por ello para que estas situaciones no tengan lugar, es necesario aplicar una serie de medidas que deben estar centradas no solo en cuestiones económicas, sino también sociales y ambientales.

Una vez vistas las zonas potencialmente inundables y los riesgos que estas conllevan en la cuenca del río Huerva se han elaborado una serie de medidas mitigadoras teniendo siempre muy presente la no alteración de la zona de estudio.

Concretamente se han elaborado un total de 10 medidas como veremos a continuación:

1.-Realizar políticas de actuación frente a las inundaciones consecuencia de las crecidas teniendo muy presente el tema social incluso por encima de lo meramente económico.

2.- Realización de cartografías y estudios de las zonas con mayor riesgo de inundación teniendo en cuenta los periodos de retorno en la cuenca del río Huerva.

3.-Hacer que el cauce del río Huerva tenga un mantenimiento y conservación permanente en el tiempo.

4.-Remodelación o eliminación de elementos de defensa tales como motas, escolleras o muros.

5.-Realizar campañas de concienciación que sirvan para educar tanto a organismos competentes como a los municipios que sufren un riesgo potencial.

6.- Tratar de desurbanizar zonas que tengan poblaciones muy pequeñas las cuales sufren potenciales crecidas y así poder devolver espacio al río.

7.-Elaborar planes de evacuación, teniendo en cuenta y profundizando en el ámbito local.

8.- No Dragar en la medida de lo posible ya que es una acción que modifica la morfología de la zona drásticamente.

9.- Crear zonas de inundabilidad en régimen controlado, buscando principalmente zonas alejadas de los núcleos de población.

10.- Retirar las acumulaciones de materiales en las orillas del cauce o zonas próximas al río Huerva ya que estas acumulaciones generarían una gran erosión en caso de crecida.

Todas estas propuestas de medidas de mitigación no sirven de nada si la población no toma conciencia de la situación frente a estos fenómenos extremos, sobre todo la población que reside en aquellas zonas donde existe un riesgo muy alto de crecida. Aparte de este colectivo es más importante incluso el organismo territorial que se debe ocupar de tomarlas como propias y exigir que se cumplan.

Estas medidas han sido ideadas desde el prisma de la conservación de los ecosistemas propios y la biodiversidad de la cuenca del río Huerva. También se busca mejorar en la medida de lo posible la degradación de espacios y recursos naturales. Todo ello si se logra evitar los efectos negativos de la inundación en su gran mayoría se consigue una revalorización de la zona como entidad natural y medioambiental, trayendo incluso un beneficio socio-económico como por ejemplo con actividades ambientales y de ocio, lo que puede llegar a lograr un desarrollo positivo en la cuenta.

También es cierto que parte de las medidas pueden originar conflictos entre entidades y agentes relacionados con la cuenca del río Huerva, pero hay que tener en cuenta el gran beneficio en todos los aspectos que tendrá la cuenca, por lo tanto, si hacemos un balance, este sería positivo asumiendo que las inundaciones afectarían en menor medida de lo que lo hacían en la cuenca del Huerva.

8.- CONCLUSIONES

El presente trabajo trata de acercar al lector a un conocimiento más amplio y rico del que pudiera tener anteriormente sobre la cuenca del río Huerva y el grado de riesgos de inundaciones que en esta puede tener lugar. En la cual los distintos métodos para analizar la zona de estudio empleados pertenecen en su gran mayoría a las técnicas más usadas en trabajos que pertenecen al análisis de cuencas hidrográficas, como son por ejemplo el ajuste de Gumbel, los análisis del comportamiento hidrológico: Caudalosidad, Variación estacional de caudal, Irregularidad interanual y Fenómenos extremos. También el análisis de las variables de la cuenca que incluye área, perímetro, longitud de río, relación de circularidad, coeficiente de compacidad y relación de elongación. Finalmente, la formulación de Peligrosidad, vulnerabilidad para obtener el riesgo y así cubrir el objetivo principal del trabajo.

Por otro lado, hay que decir que existen trabajos centrados en análisis de riesgos de inundación en la cuencas de los ríos, pero buscando concretamente trabajos similares a este no he encontrado ninguno que estuviera centrado en los riesgos de inundación del río Huerva, esto no quiere decir que no exista ninguno ya que posiblemente ese tipo de trabajos no sean de dominio público y pertenezcan a alguna entidad como la Confederación Hidrográfica del Ebro o al Ayuntamiento de Zaragoza por ejemplo.

También se puede llegar a pensar qué dado que el riesgo no es muy acentuado en gran parte de la cuenca salvo excepciones, se podría pensar que trabajos de este tipo han sido desechados por falta de interés con respecto a la idea de riesgo que se tiene de esta cuenca hidrográfica. No obstante, existen trabajos que tratan otras características de cuenca del río Huerva centrados por ejemplo en un carácter más informativo, (“El río como factor dinámico, un río con mucha historia” Ayuntamiento de Zaragoza), centrados en cartografía de carácter paleoambiental (Angeles, G. R., Peña, J. L., & Longares, L. A. (2004). “Cartografías de reconstrucción paleoambiental y riesgo geomorfológico del Holoceno superior en el valle del río Huerva (Depresión del Ebro)”) o en la evolución de la geomorfología y la geoarqueología.(Peña, J.L., Julián, A., Chueca, J., & Echeverría, M. T. (2004). “Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología”). Como he comentado la falta de estudios sobre los riesgos de inundación en esta cuenca hidrográfica hacen que sea difícil en algunos casos, la interpretación o comparativa de los resultados obtenidos. Sería interesante en futuros trabajos desarrollar el campo geomorfológico mediante cartografía por ejemplo para ampliar aún más el estudio que nos interesa en la cuenca y poder llevarlo a comparativa con otros trabajos que se inclinan más por esa línea como hemos citado anteriormente. Lo que si puede sentar bases en cierto modo son las propuestas y medidas adecuadas a la gestión de riesgos que, aunque en su mayoría de carácter genérico no dejan de ser interesantes tratándose de un trabajo de estas características.

El análisis de riesgo de inundación realizado en la cuenca del río Huerva ha cumplido el objetivo principal del trabajo, además de los objetivos secundarios, realizando la metodología correspondiente y adecuada que se ha decidido para cada caso, tanto para caracterizar el régimen hídrico, como para analizar los factores importantes de la cuenca.

Además de esto con la comparativa de Cuarte de Huerva y Badules se ha buscado caracterizar la cuenca desde un punto de vista más aproximado mostrando así los dos extremos de la cuenca como se ha verificado más tarde en los resultados de análisis de riesgo, y es que los resultados obtenidos nos decían que mientras que Badules tenía un riesgo muy bajo entre 0 y 50 según los índices que he elaborado, Cuarte de Huerva

todo lo contrario, situándose en un riesgo alto de entre 3000 a 6000 según nos indicaba la gráfica elaborada mediante la formulación correspondiente. Esto se debe a que en el tramo que va desde María de Huerva hasta Zaragoza, la zona de Cuarte de Huerva que se encuentra en ese tramo con dirección Sur Suroeste- Nor Noroeste, presenta un marcado aspecto disimétrico, teniendo un escarpe en la margen derecha de 80 a 100m. el modelado de la red hidrográfica secundaria es también diferente, encontrándose en la margen derecha una densa red de barrancos en uve (Bad-lands), estas características geomorfológicas son uno de los posibles factores que aumentan el riesgo en esta zona a parte de las lluvias torrenciales que aunque en este caso Cuarte de Huerva se trate de la zona donde menos llueve en nuestro estudio tiene un punto álgido sobre todo en el mes de mayo donde puede sorprender con una lluvia torrencial o flash flood aumentando el riesgo de inundación.

El caso de Badules es totalmente contrario ya que a pesar de ser un valle bastante encajado en torno a los 150m tiene una mayor pendiente siendo el riesgo menor, en este análisis figura en el valor más bajo de riesgo, no así en Fonfría tratándose de la zona más elevada en nuestra zona de estudio además de ser el nacimiento del río Huerva, esta zona registra el riesgo más alto con un índice mayor de 6000 si lo comparamos con las demás zonas. Esto se debe principalmente a ser la zona donde tiene lugar la mayor cantidad de precipitaciones, con promedio de 530mm, incluso en los meses más secos.

Podemos concluir que nuestra zona de estudio, aunque generalmente tenga un riesgo bajo, existen varias excepciones, por lo que creo muy importante que deban de ponerse en marcha planes de gestión hídrica que deban de aplicar las medidas pertinentes para que así este tipo de zonas estén mucho mejor controladas, por ello este trabajo también propone unas medidas, las cuales pueden formar parte del eje de planificación de la gestión de la cuenca hidrográfica del río Huerva y como fin último concienciar a la población de la existencia de este riesgo.

9.-BIBLIOGRAFÍA:

Recursos Bibliográficos

Ayala Carcedo, F. J., & Olcina Cantos, J. (2002). "Riesgos naturales". *Ariel*.

Angeles, G. R., Peña, J. L., & Longares, L. A. (2004). "Cartografías de reconstrucción paleoambiental y riesgo geomorfológico del Holoceno superior en el valle del río Huerva (Depresión del Ebro)" *Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico*.

Ballarín, D., Mora, D., Díaz Bea, E., Echeverría, M.T., Ibáñez, A., Montorio, R., Ollero, A. y Sánchez Fabre, M. (2006). "Criterios para la valoración hidrogeomorfológica de cursos fluviales. Aplicación en Aragón". *Geographicalia*, 49, pp. 51-69.

Beguería, S. (2002). "Revisión de métodos paramétricos para la estimación de la probabilidad de ocurrencia de eventos extremos en Climatología e Hidrología: El uso de series de excedencias y su comparación con las series de máximos anuales" *Universidad de Zaragoza*.

Cuadrat, J. M., & Pita, M. F. (2011). *Climatología*. Madrid: Cátedra.

Doménech Zueco, S., Ollero Ojeda, A., & Sánchez Fabre, M. (2008). "Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: Diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio". *Geographicalia*, 17-44.

Ferreras Chasco, C., & Arozena Concepción, M.E. (1995). "Los Bosques (Guía física de España)" *Alianza*.

Ibañez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. M. (2010) "Métodos para la determinación del tiempo (tc) de una cuenca hidrográfica". *Universidad politécnica de Valencia*.

Longares, L. A. (2004). Variedad biogeográfica del territorio aragonés. Zaragoza: Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico.

Peña, J.L., Julián, A., Chueca, J., & Echeverría, M. T. (2004). "Etapas de evolución holocena en el valle del río Huerva: Geomorfología y Geoarqueología" *Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico*.

Olcina Cantos, J. (1994). "Riesgos climáticos en la península ibérica". *Pentalon*.

Sánchez San Ramón, J. (2016). *Hidrología superficial (III): Relación precipitación escorrentía*. Salamanca: Dpto. Geología- Universidad de Salamanca

Summerfield, M. A. (1991). "Global geomorphology". *Routledge*.

Wilches-Chaux, G. (1993). "La vulnerabilidad global". Red de Estudios Sociales en *Prevención de Desastres en América Latina*.

Recursos Web

*Atlas climático ibérico: Disponible en:

<http://www.aemet.es/documentos/es/divulgacion/publicaciones/Atlas-climatologico/Atlas.pdf>

*Cartografía del Instituto Geográfico Nacional. Disponible en:

<http://www.ign.es/web/ign/portal/cbg-area-cartografia>

*Datos climáticos mundiales. Disponible en: <https://es.climate-data.org/>

*Editorincivil. (2017). Todo lo que necesitas saber sobre el coeficiente de escorrentía., Disponible en: <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-elcoeficiente-de-escorrentia/>

*Ortofotos Plan Nacional de Ortofotografía Aérea del SITAR. (2016). Disponible en:

<http://sitar.aragon.es/descargas>

*Idelhampfert, J. (2012). Glosarios de Geografía General., Disponible en:

<http://glosarios.servidor-alicante.com/geografia-general/>

*Redes de seguimiento del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Disponible en: <http://sig.mapama.es/redes-seguimiento/>

*Geoportal SITEbro de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Disponible en:

<http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>

*Ortofotografía aérea del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea(PNOA) Disponible en:

<http://pnoa.ign.es/ortofotos>

*Geoportal Confederación Hidrológica del Ebro. (2017). Disponible [en línea]

<http://iber.chebro.es/geoportal/>

*Instituto Nacional de Estadística. (2017) Disponible en:

https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/categoría.htm?c=Estadística_P&cid=1254735572981

*Descargas del Instituto Geográfico Nacional. (2017). Disponible en:

<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/busadorCatalogo.do>

*Información sobre la vegetación y otras cuestiones concretas de Aragón. Disponible en:

http://redaragon.elperiodicodearagon.com/turismo/naturaleza/el_ecosistema_del_río/default.asp

*Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España. (2017). Disponible en:

<http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios>

*Anuario de Aforos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2016). Disponible [en línea] <http://sig.magrama.es/aforos/>

*Cartografía y SIG del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2017). Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/>

*ECA&D. (2017). European Climate Assessment & Dataset., Disponible en: <http://www.ecad.eu/dailydata/customquery.php>

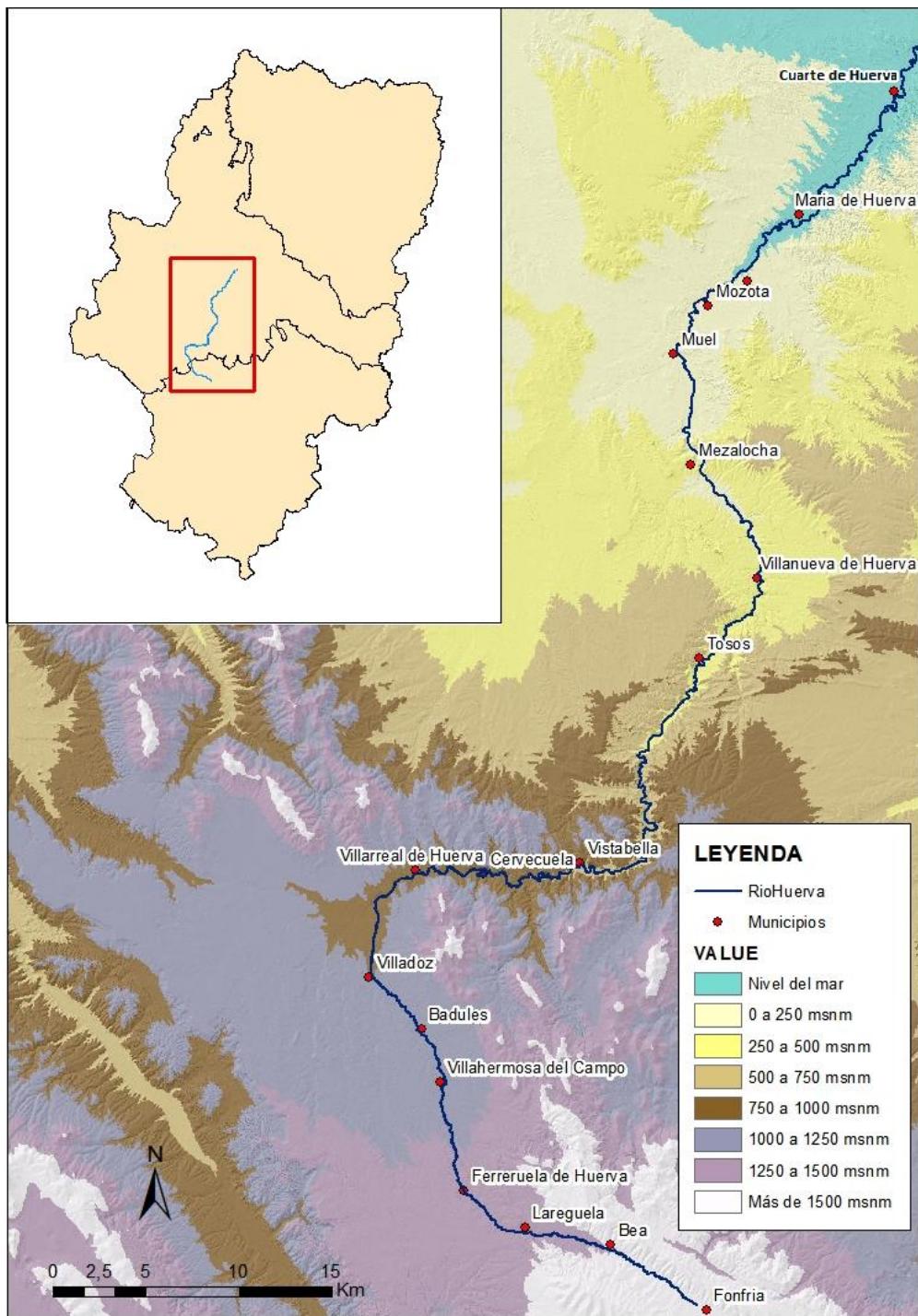
*Mapa de parques de bomberos Disponible en:
https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1hFf__Qsy0Ek5H5WcNCNC6w4G1A0&ll=45.72340915185813%2C0.7821028879394589&z=5

*Socioeconomía de la cerámica de Muel. Disponible en:
<http://www.muel.es/index.php/ceramica>

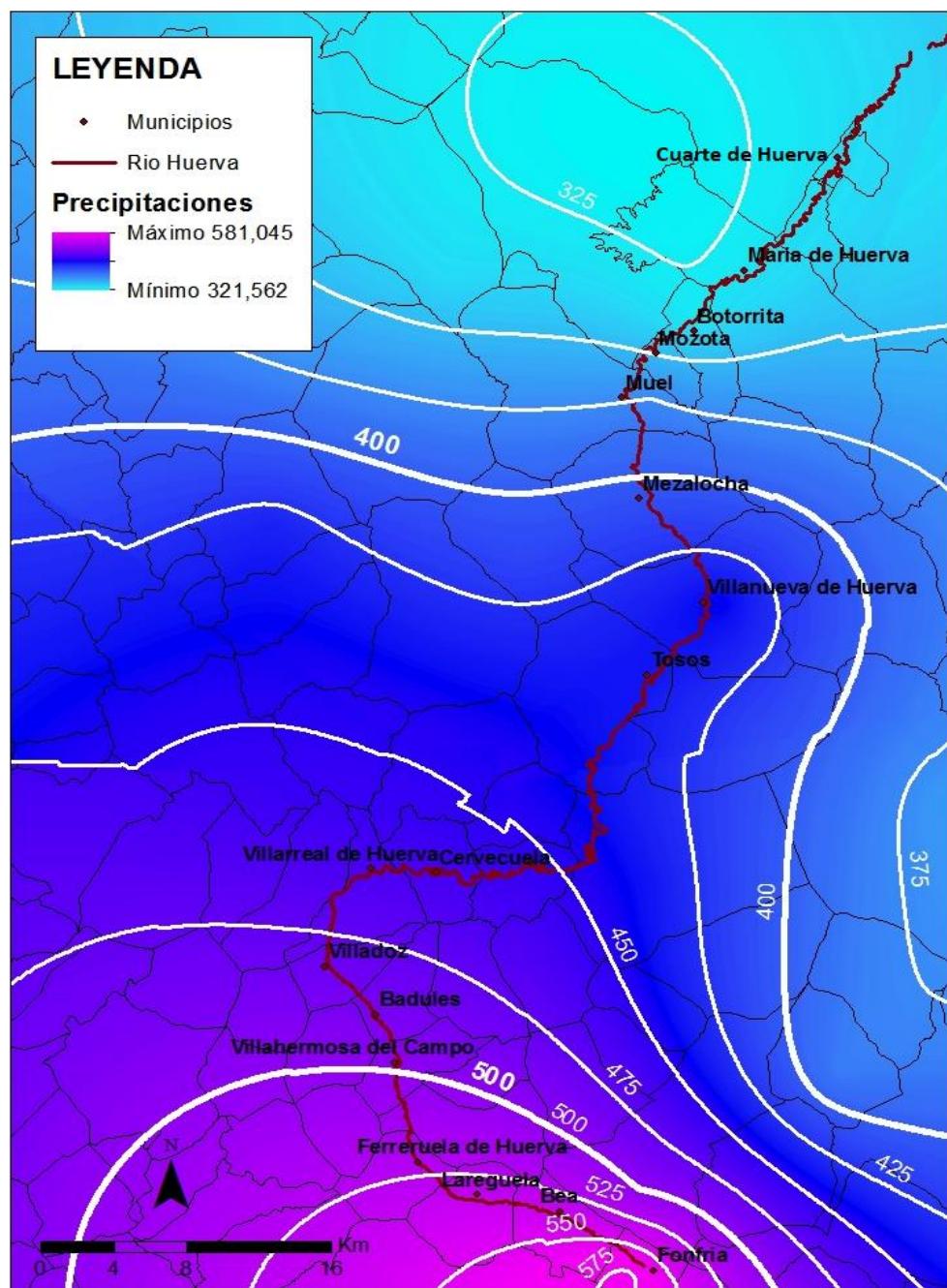
*Información sobre el coeficiente de escorrentía. Disponible en:
http://www.atha.es/atha_archivos/manual/c4474.htm

*Web del Ayuntamiento de Zaragoza “El río como factor dinámico, un río con mucha historia”. Disponible en: <https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/Huerva/D31Analisis.pdf>

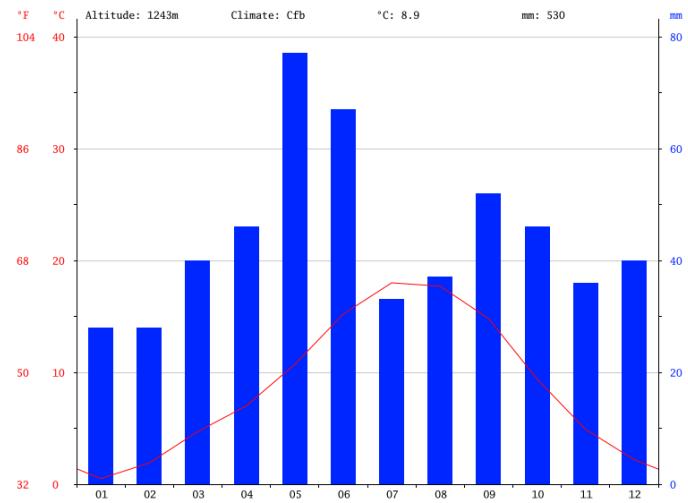
10.-ANEXOS:



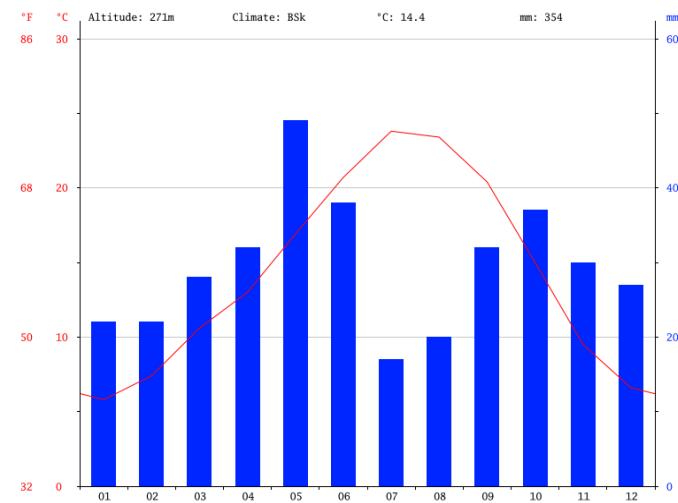
Cartografía 1: Localización de la zona de estudio., Fuente: Instituto Geográfico Nacional (Elaboración propia)



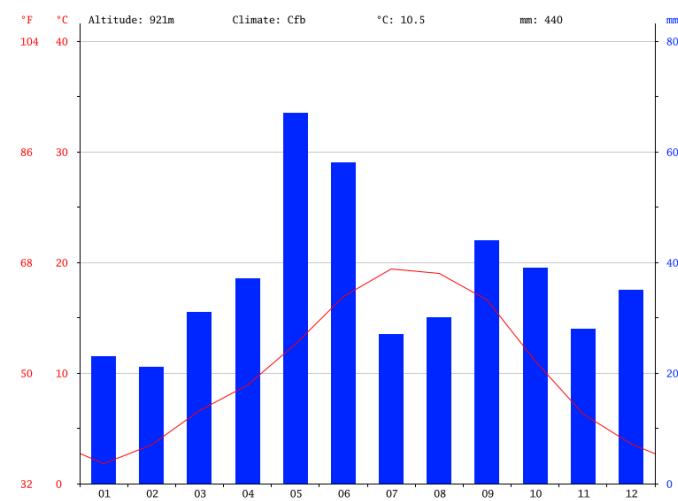
Cartografía 2: Distribución de las precipitaciones anuales en la cordillera ibérica. Elaboración propia



Gráfica 1: Climograma del municipio de Fonfría (Teruel) Fuente: Climate data



Gráfica 2: Climograma del municipio de Cuarte de Huerva (Zaragoza) Fuente: Climate data



Gráfica 3: Climograma del municipio de Badules (Zaragoza) Fuente: Climate data



Imagen 1: Aforo 9216 RÍO HUERVA EN ZARAGOZA. Fuente: anuario de aforos mapama



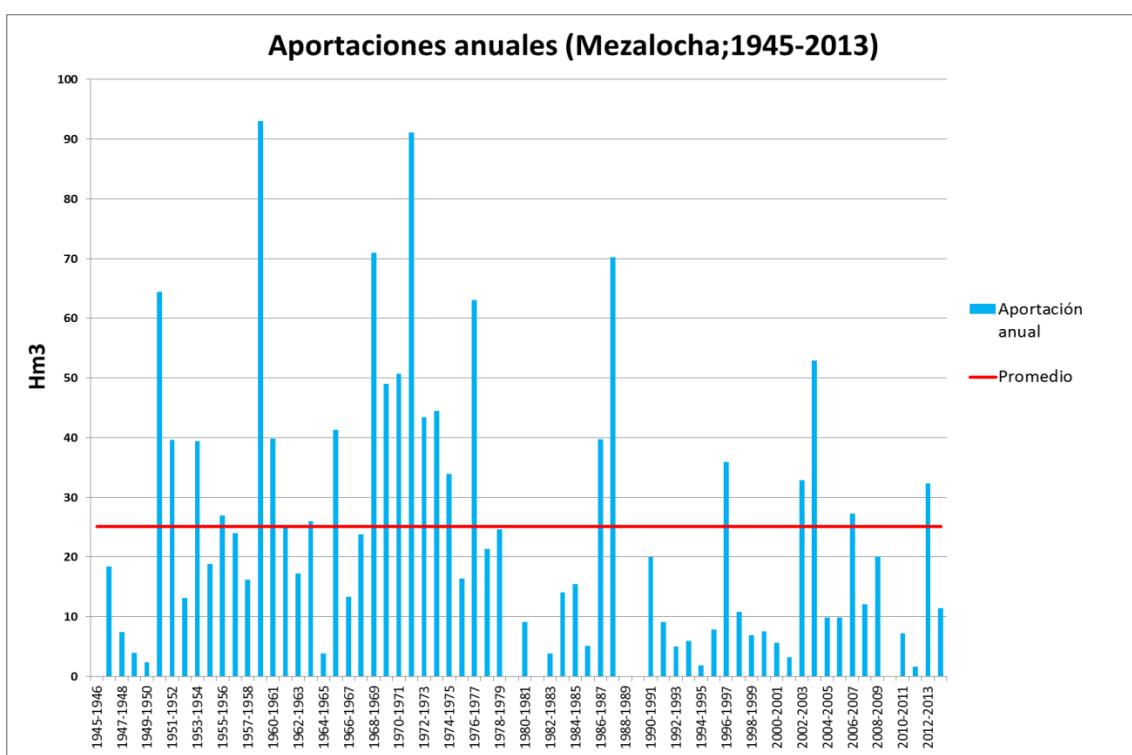
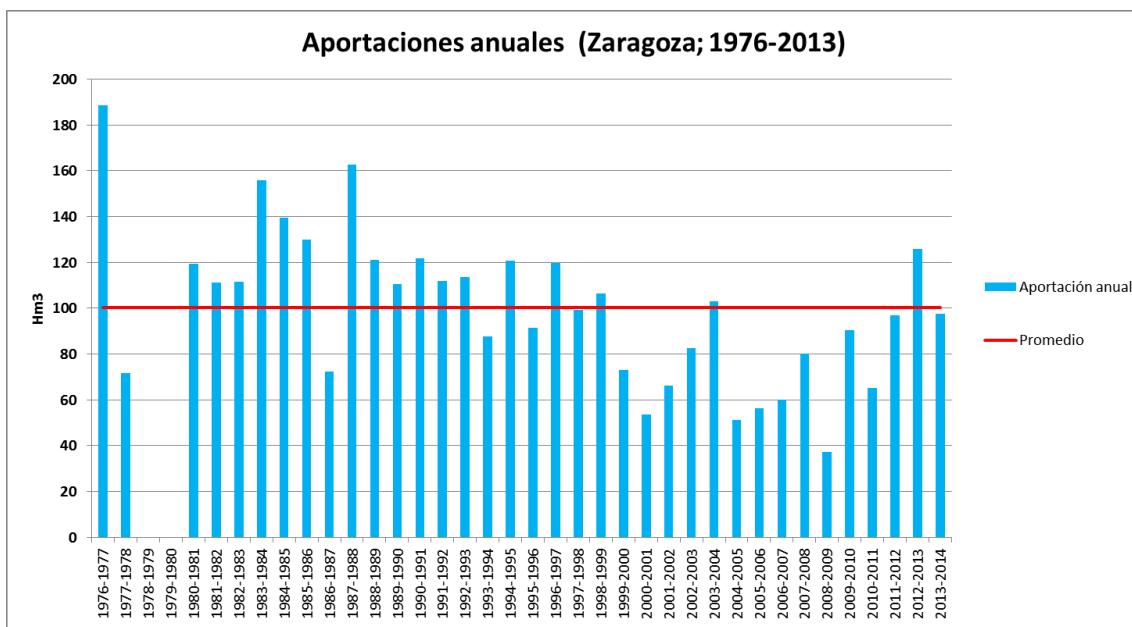
Imagen 2: Aforo 9105 MEZALOCHA. Fuente: anuario de aforos mapama

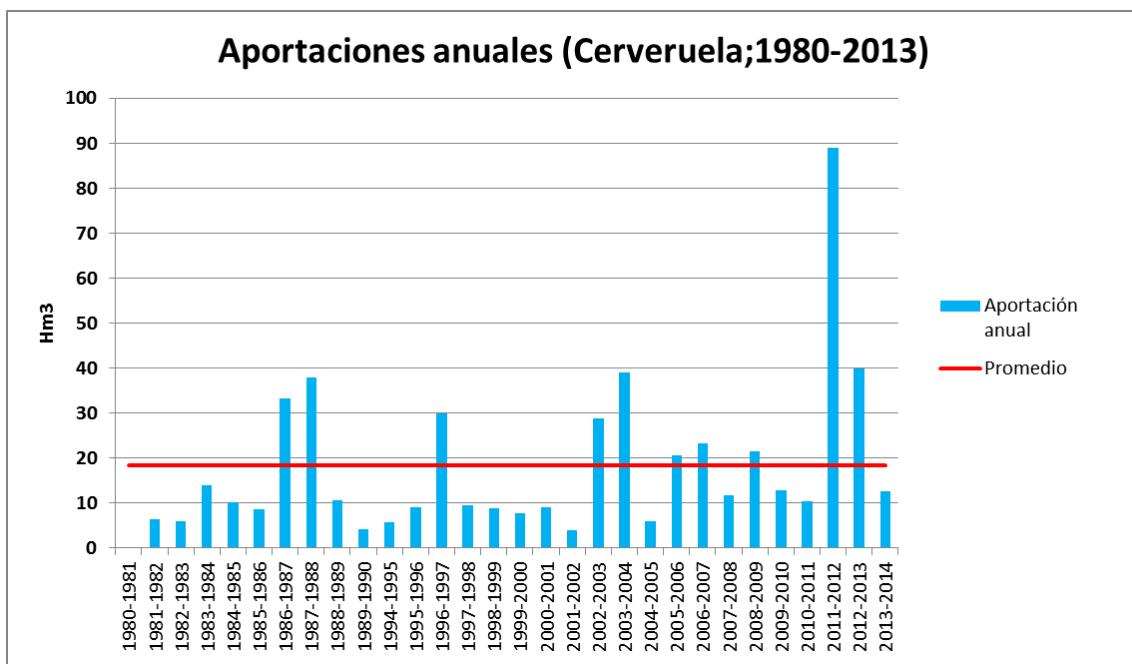
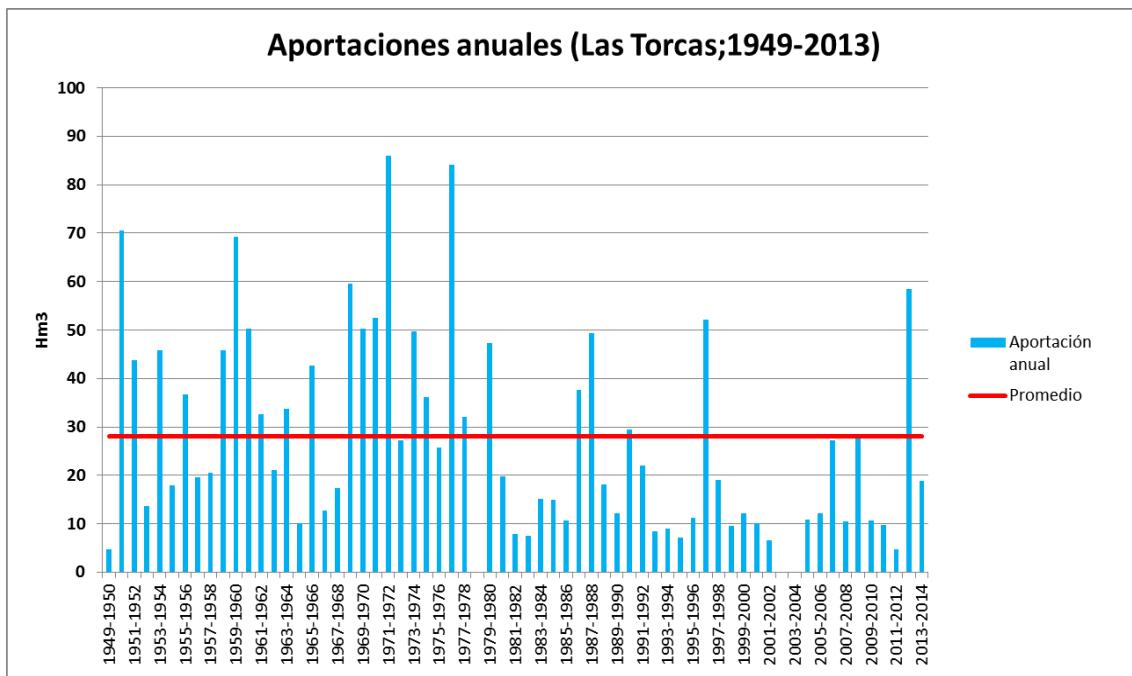


Imagen 3: Aforo 9124 LAS TORCAS. Fuente: anuario de aforos mapama

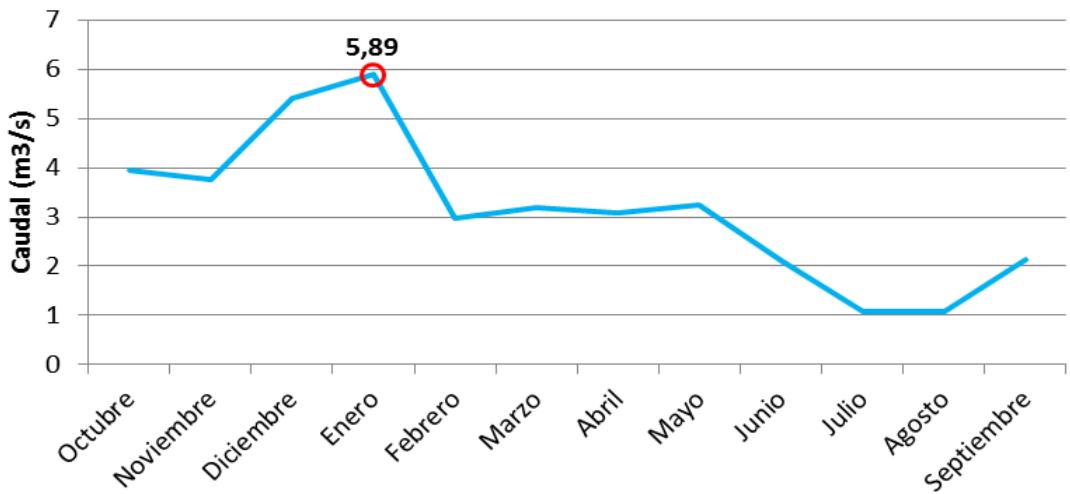


Imagen 4: Aforo 9215 CERVERUELA. Fuente: anuario de aforos mapama





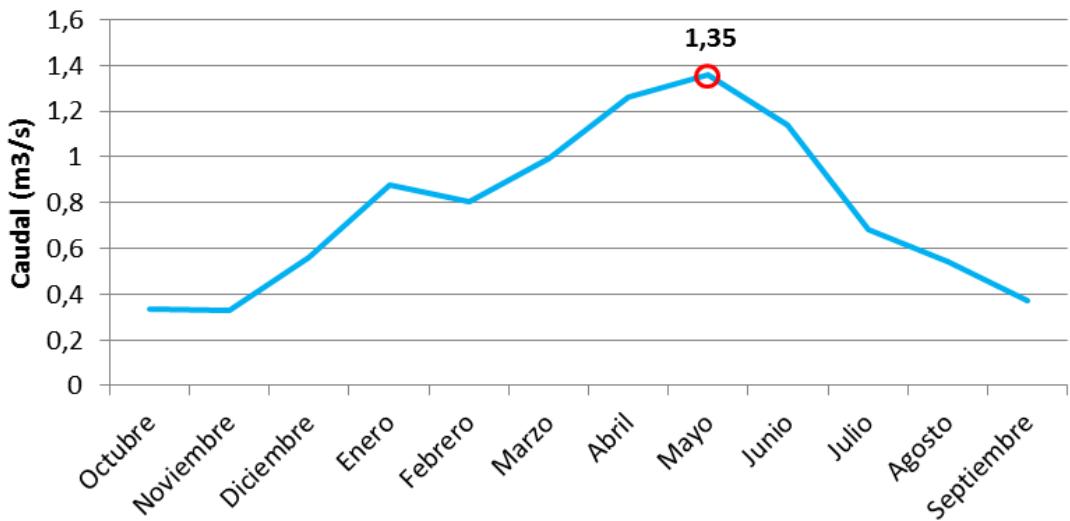
Variación estacional de caudal (Zaragoza; 1976-2013)



	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Coeficiente de Caudal	1,24	1,19	1,70	1,86	0,94	1,00	0,97	1,03	0,66	0,34	0,34	0,68

Gráfica 8: Variación estacional de caudal (Zaragoza; 1976-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

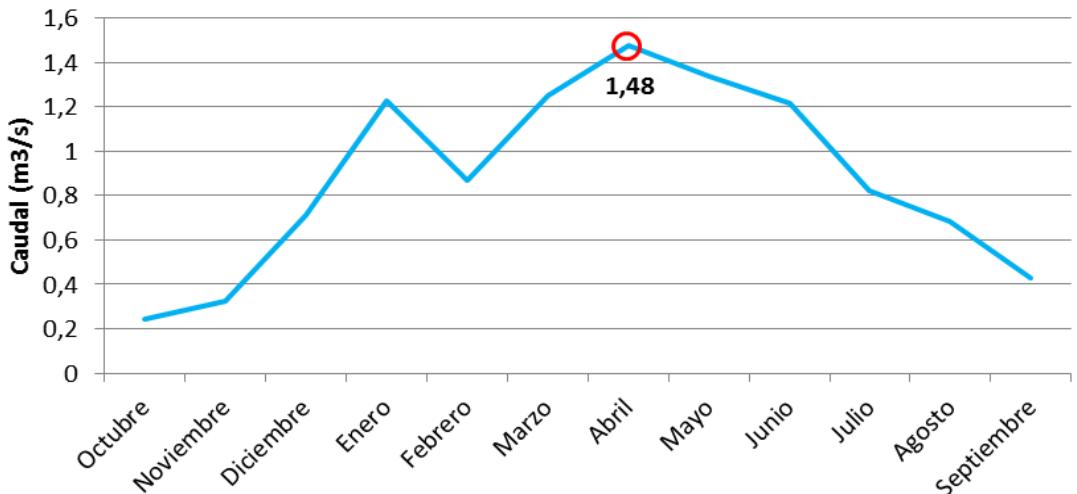
Variación estacional de caudal (Mezalocha; 1945-2013)



	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Coeficiente de Caudal	0,42	0,41	0,70	1,10	1,01	1,24	1,58	1,70	1,43	0,86	0,68	0,46

Gráfica 9: Variación estacional de caudal (Mezalocha; 1945-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

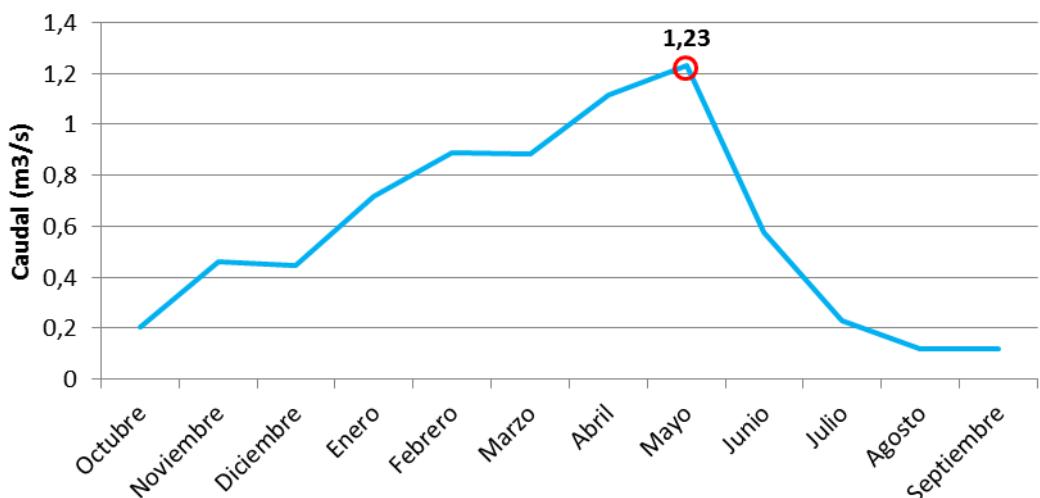
Variación estacional de caudal (Las Torcas; 1949-2013)



Coeficiente de Caudal	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
	0,30	0,37	0,78	1,31	1,04	1,48	1,66	1,63	1,39	0,90	0,75	0,52

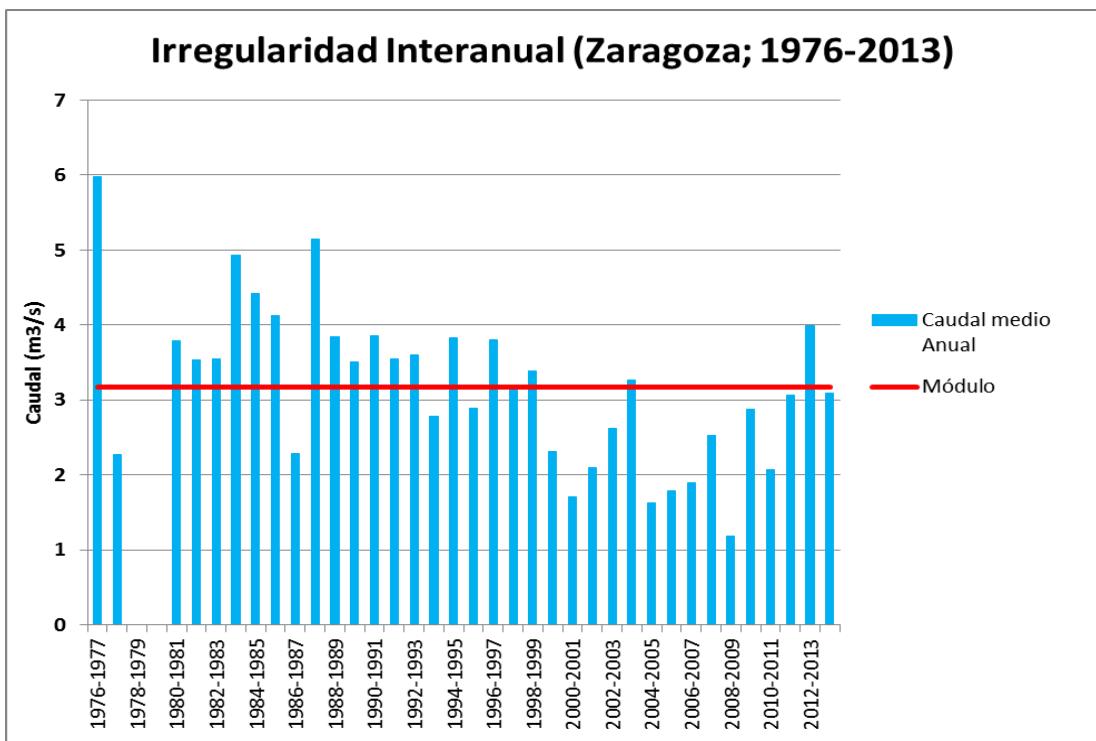
Gráfica 10: Variación estacional de caudal (Las Torcas; 1949-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

Variación estacional de caudal (Cerveruela; 1980-2013)



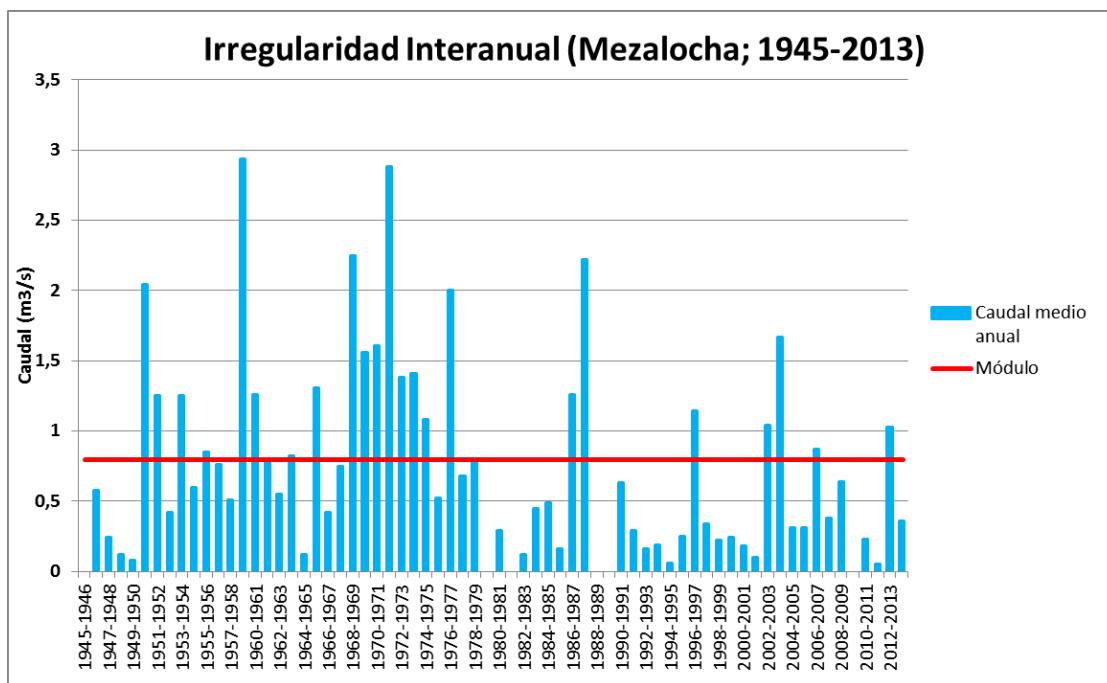
Coeficiente de Caudal	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
	0,36	0,79	0,77	1,24	1,53	1,52	1,92	2,12	0,99	0,40	0,20	0,20

Gráfica 11: Variación estacional de caudal (Cerveruela; 1980-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



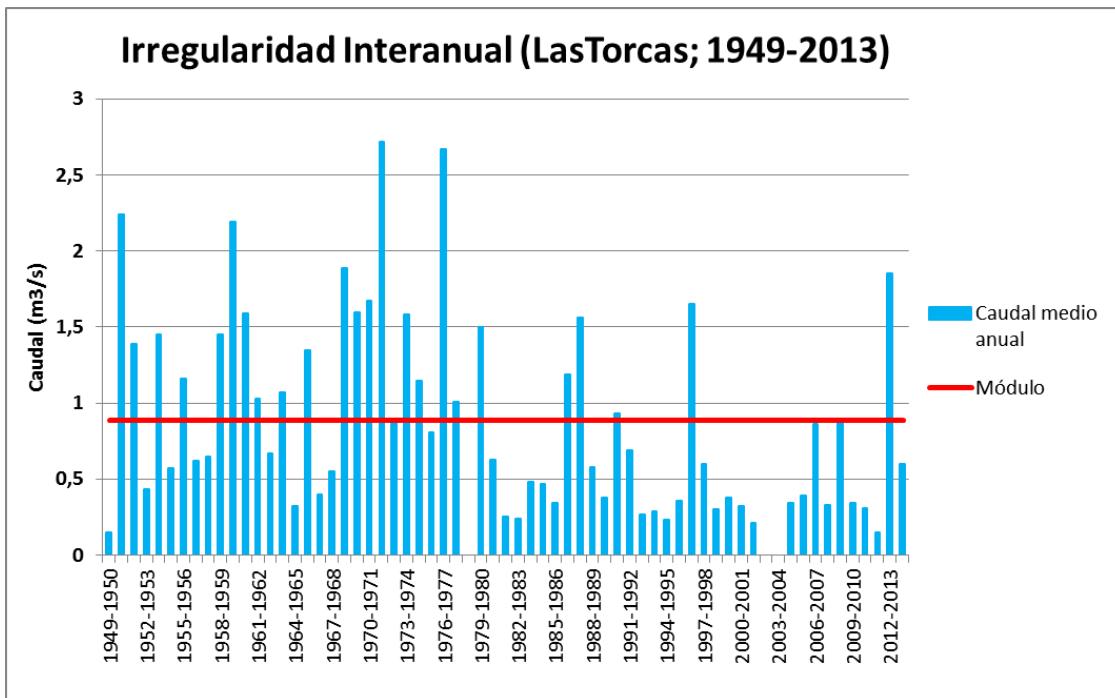
Coeficiente de irregularidad interanual **5,06779661**

Gráfica 12: Irregularidad Interanual (Zaragoza; 1976-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



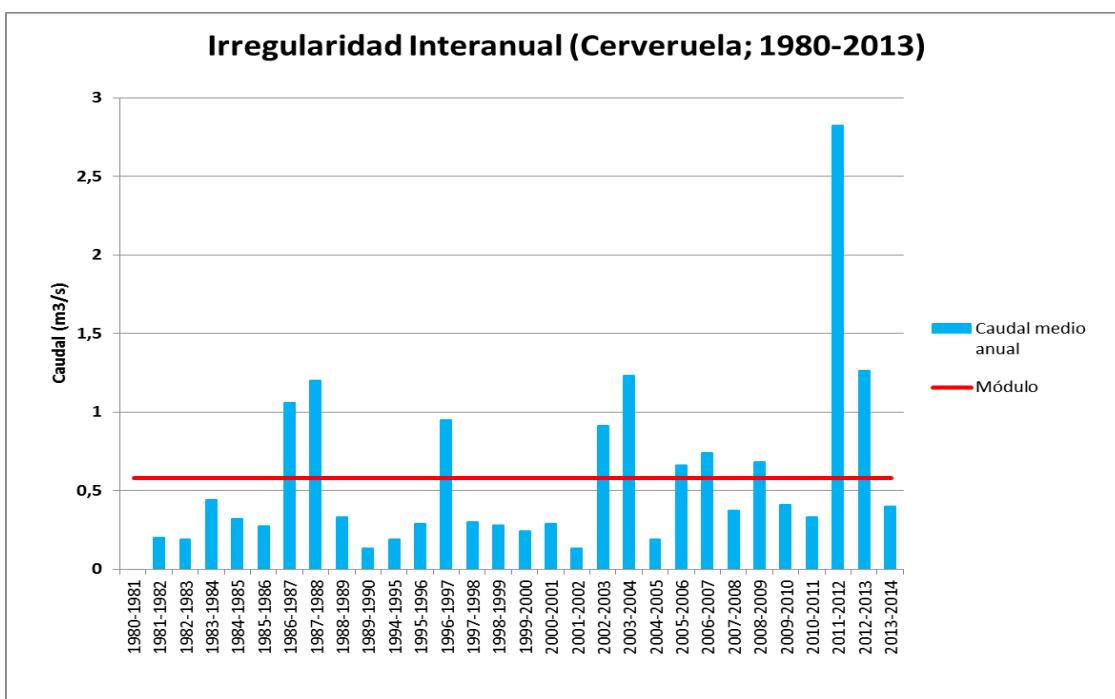
Coeficiente de irregularidad interanual **58,8**

Gráfica 13: Irregularidad Interanual (Mezalocha; 1945-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



Coeficiente de irregularidad interanual 18,1333333

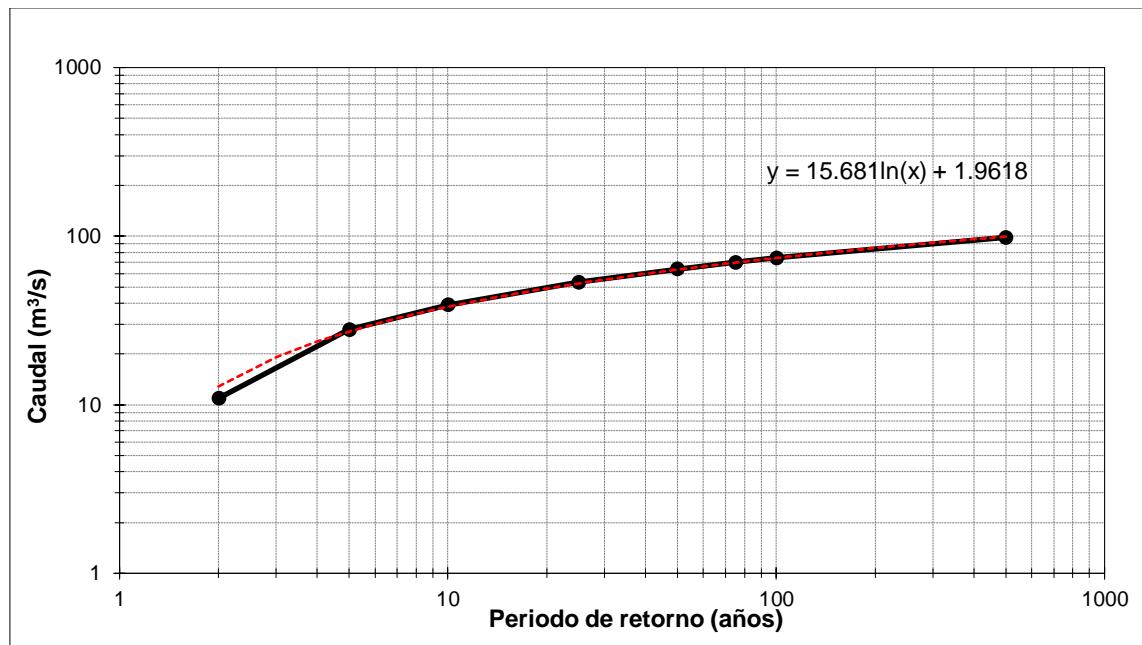
Gráfica 14: Irregularidad Interanual (Las Torcas; 1949-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)



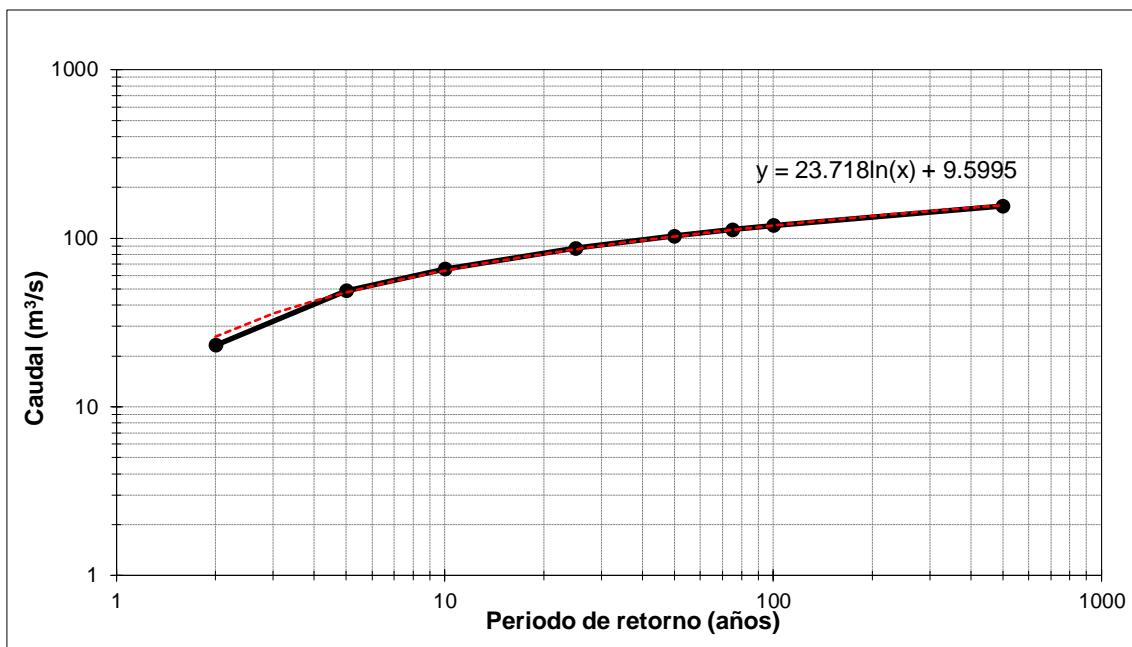
Coeficiente de irregularidad interanual 21,6923077

Gráfica 15: Irregularidad Interanual (Cerveruela; 1980-2013) Fuente: Elaboración propia (Anuario de Aforos de MAGRAMA)

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1484	0,9113	1,6129	2,4994	3,1570	3,5393	3,8098	5,3182
Xt	10,9	27,8	39,1	53,2	63,7	69,8	74,2	98,3

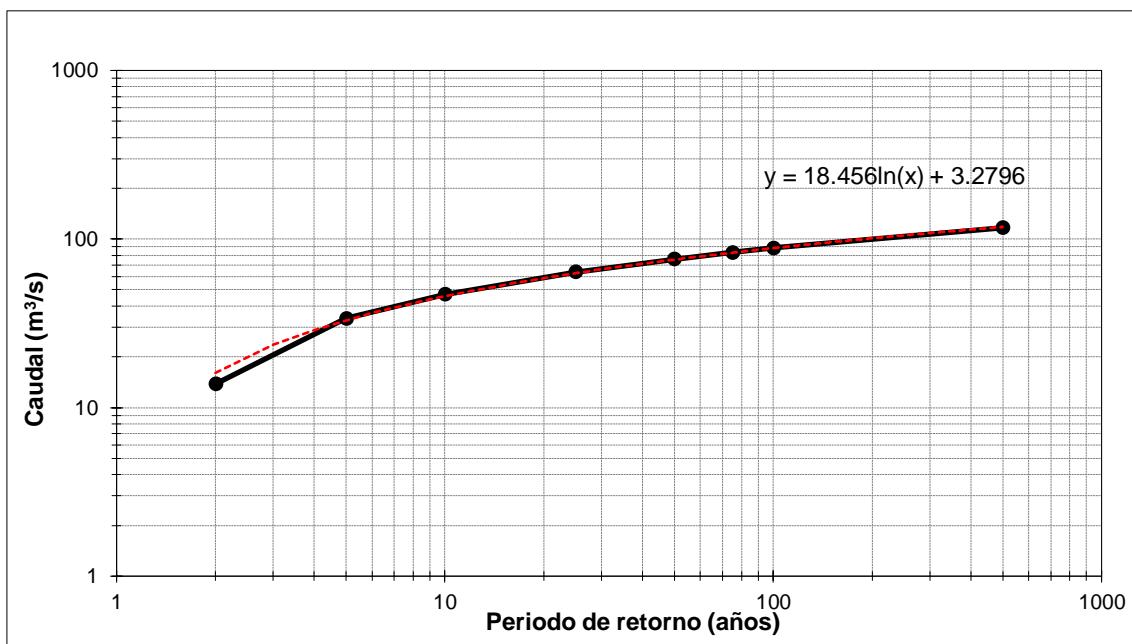


t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1584	0,8018	1,4377	2,2410	2,8369	3,1833	3,4285	4,7955
Xt	23,1	48,8	65,7	87,1	103,0	112,3	118,8	155,3



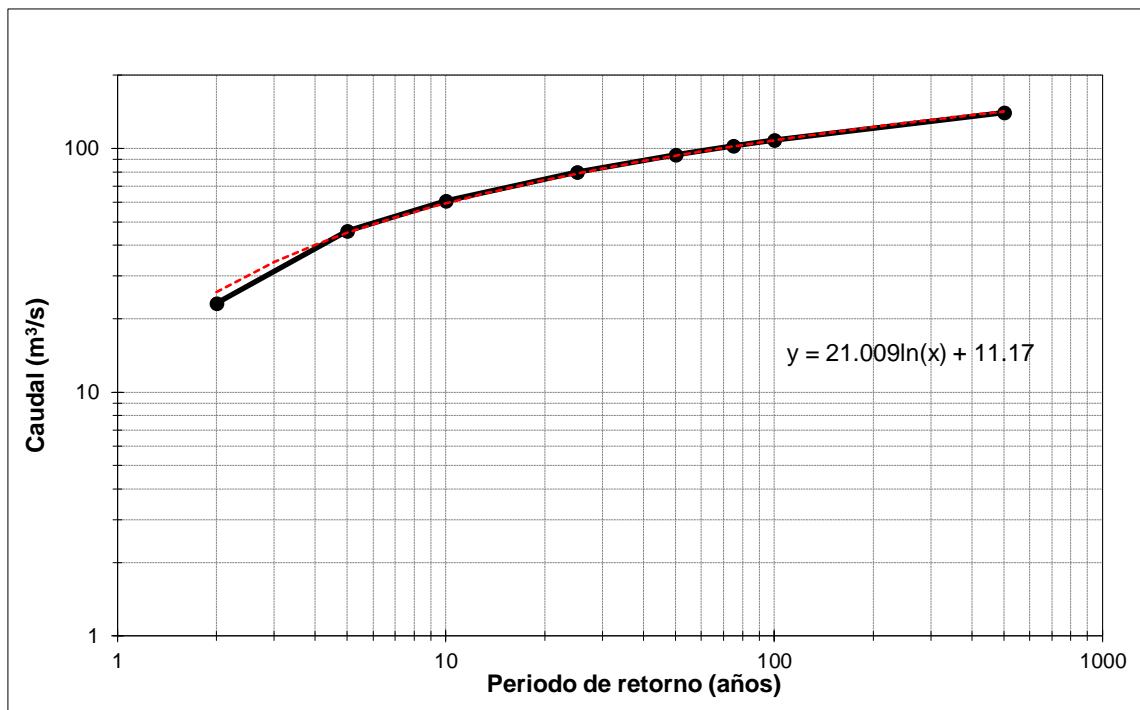
Gráfica 17: Ajuste de Gumbel (Las Torcas; 1949-2014) Fuente: Elaboración propia

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1583	0,8037	1,4407	2,2455	2,8424	3,1894	3,4351	4,8044
Xt	13,8	33,7	46,9	63,6	76,0	83,2	88,3	116,6

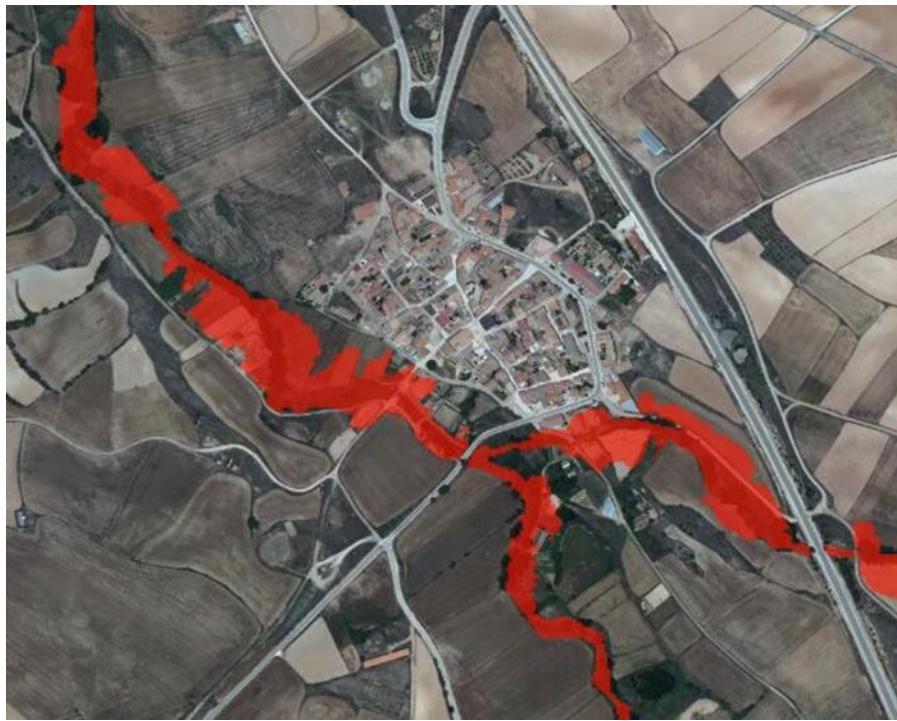


Gráfica 18: Ajuste de Gumbel (Mezalocha; 1950-2014) Fuente: Elaboración propia

t (años)	2	5	10	25	50	75	100	500
y	0,3665	1,4999	2,2504	3,1986	3,9019	4,3108	4,6002	6,2136
k	-0,1552	0,8379	1,4955	2,3263	2,9425	3,3008	3,5544	4,9680
Xt	23,2	45,9	60,9	79,9	93,9	102,1	107,9	140,2



Gráfica 19: Ajuste de Gumbel (Zaragoza; 1981-2014) Fuente: Elaboración propia



Ortofoto 1: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T10) Fuente: Geoportal SITEbro



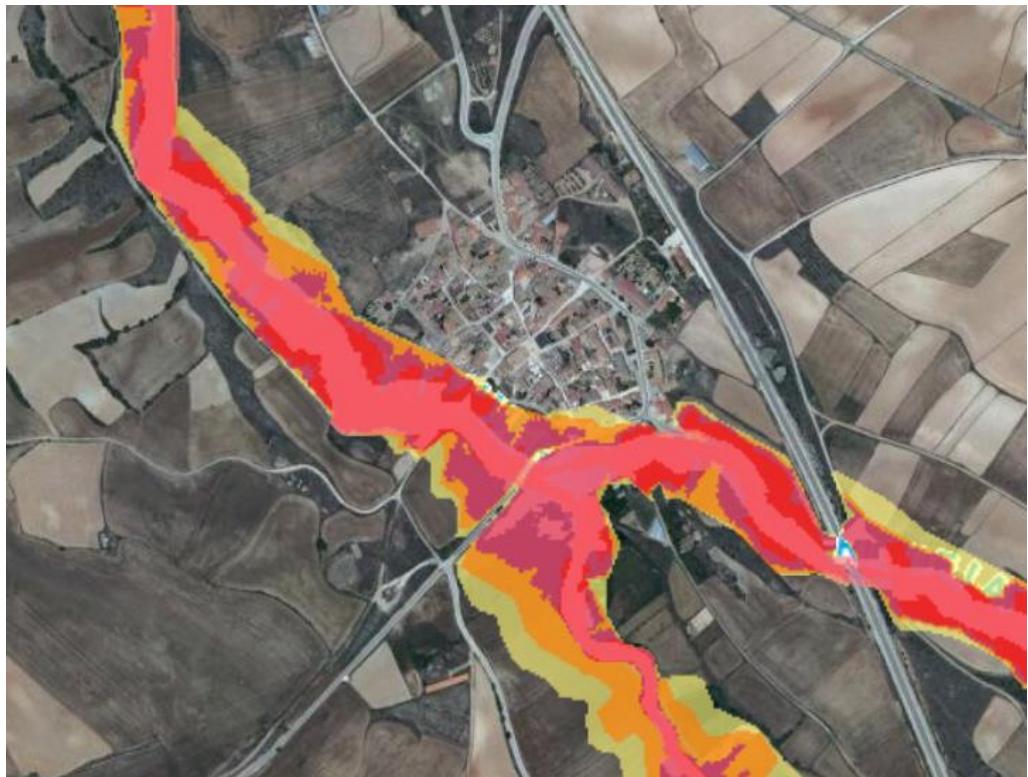
Ortofoto 2: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T50) Fuente: Geoportal SITEbro



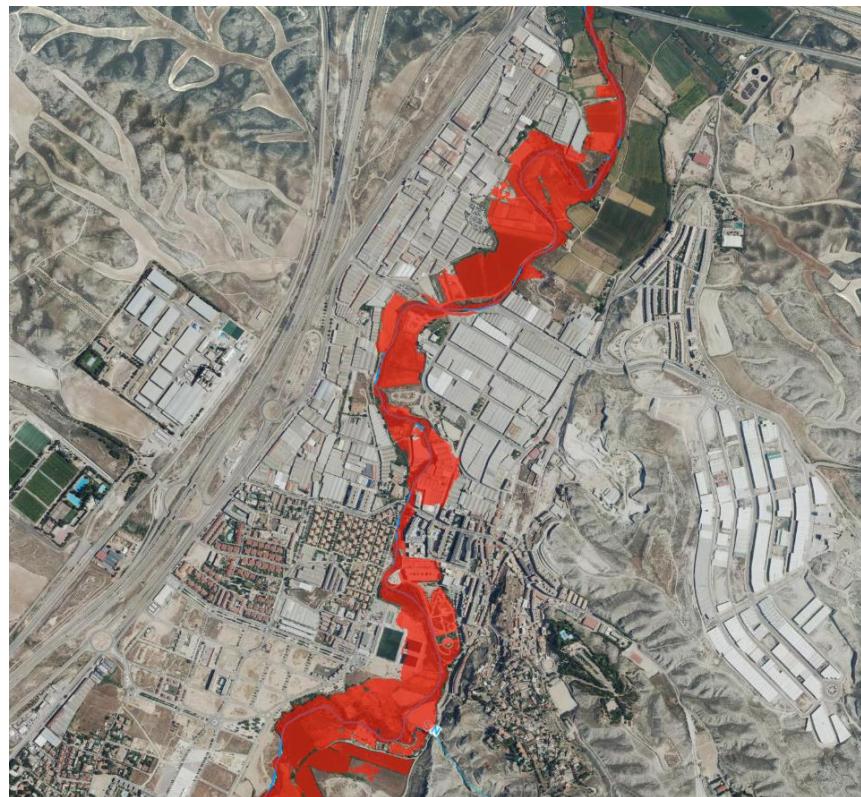
Ortofoto 3: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T100) Fuente: Geoportal SITEbro



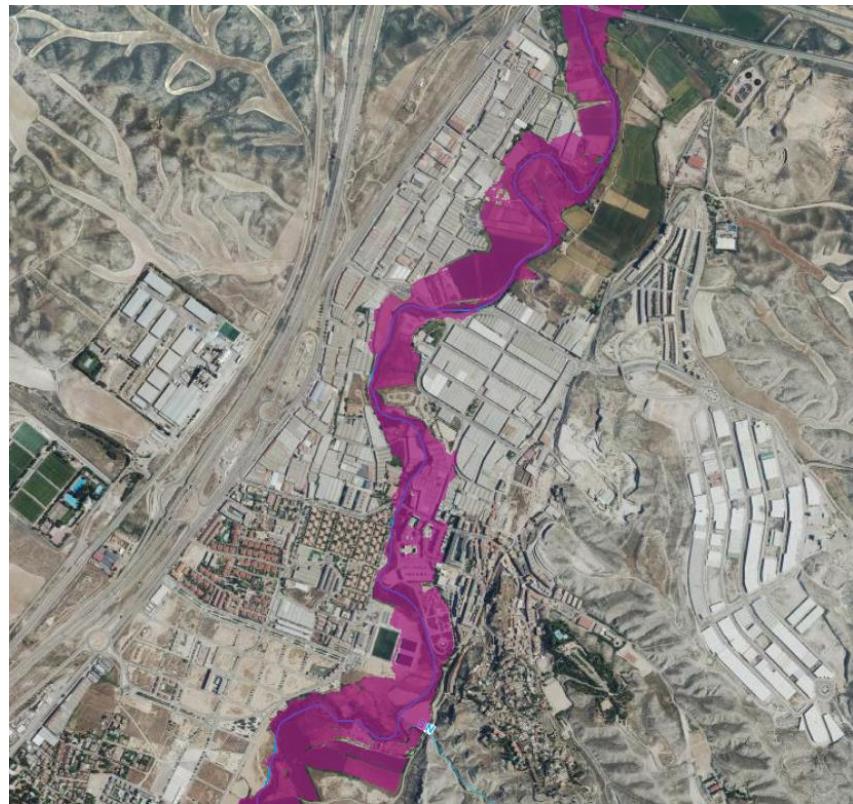
Ortofoto 4: Zonas inundables de Badules (Periodo de retorno T500) Fuente: Geoportal SITEbro



Ortofoto 5: Zonas inundables de Badules (Periodos T10,T50,T100,T500) Fuente: Geoportal SITEbro



Ortofoto 6: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T10) Fuente: Geoportal SITEbro



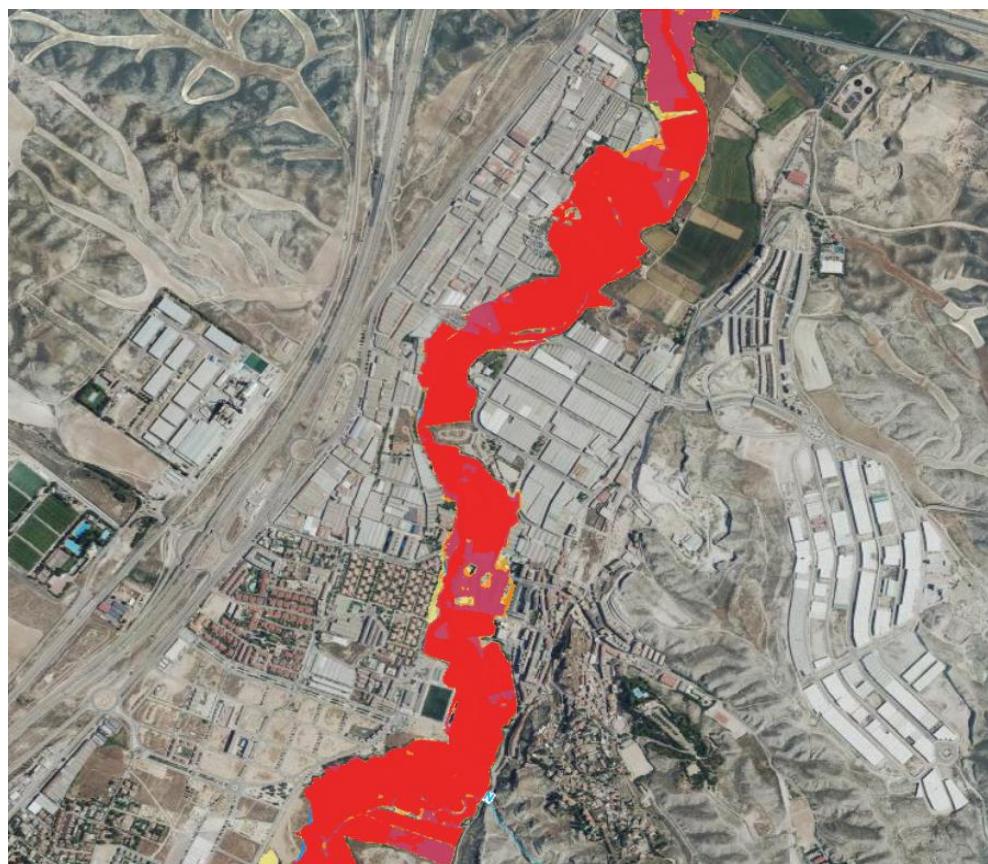
Ortofoto 7: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T50) Fuente: Geoportal SITEbro



Ortofoto 8: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T100) Fuente: Geoportal SITEbro

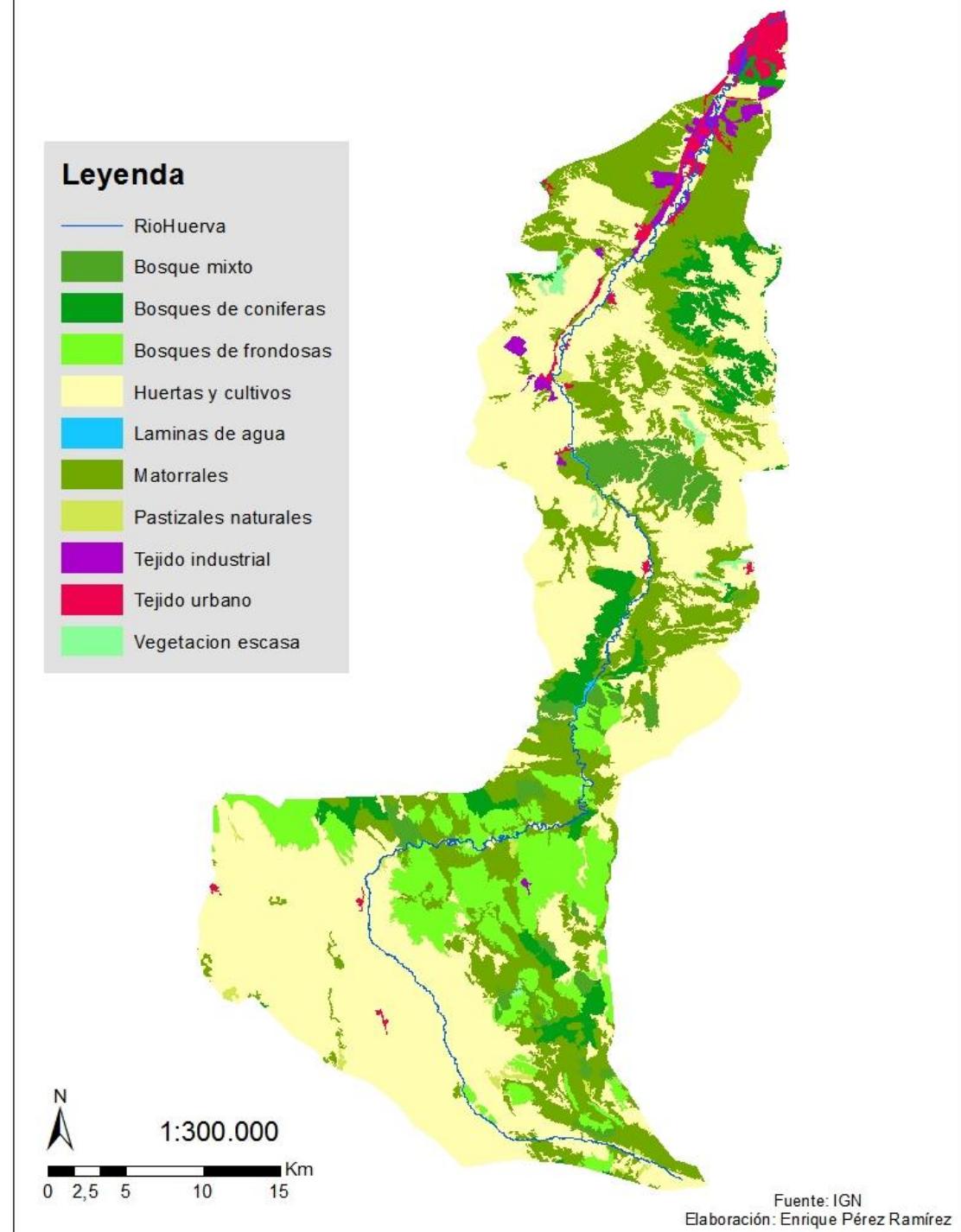


Ortofoto 9: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodo de retorno T500) Fuente: Geoportal SITEbro



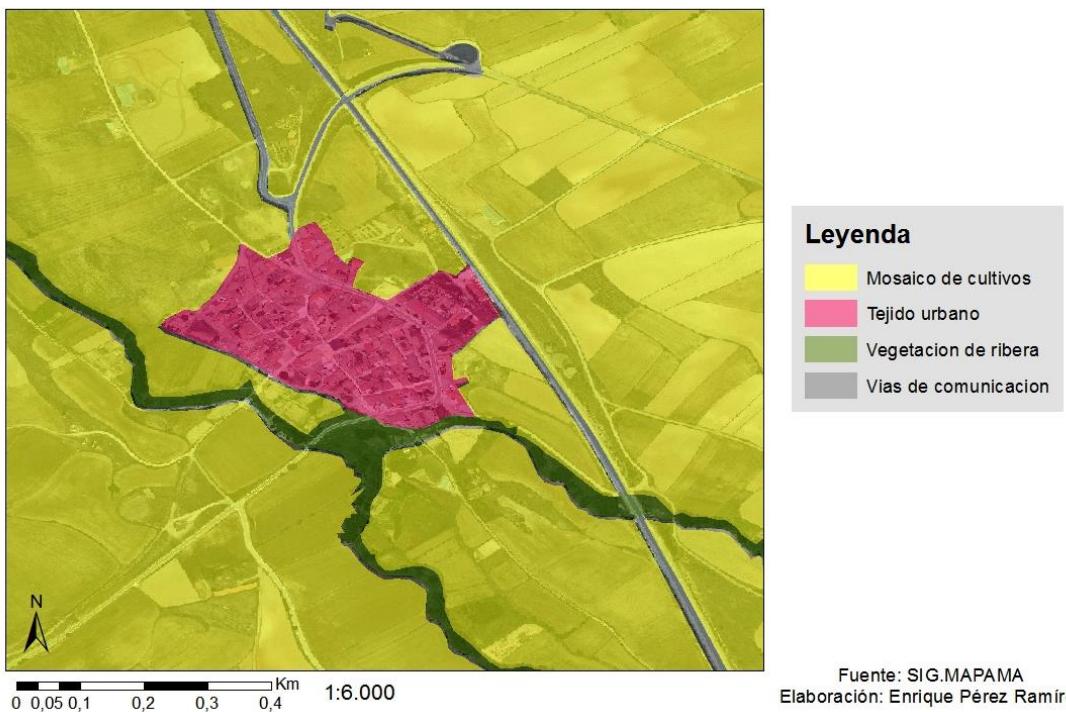
Ortofoto 10: Zonas inundables de Cuarte de Huerva (Periodos T10,T50,T100,T500) Fuente: Geoportal SITEbro

USOS DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO HUERVA



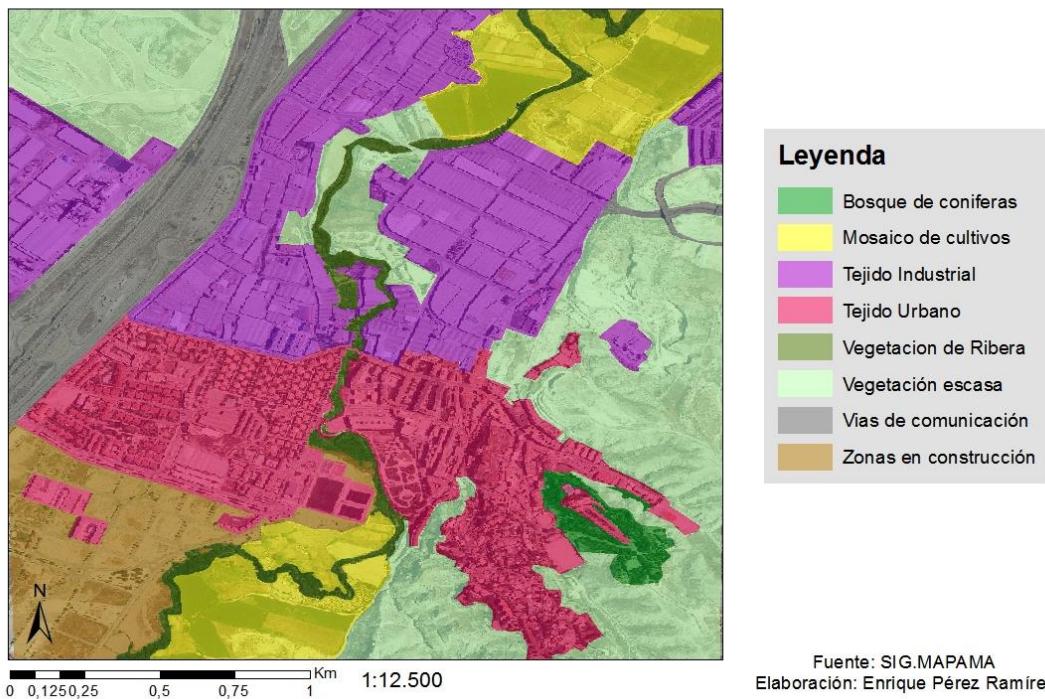
Cartografía 3: Usos del suelo en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia. Fuente: IGN

USOS DEL SUELO EN BADULES



Cartografía 4: Usos del suelo en Badules. Elaboración propia. Fuente: IGN

USOS DEL SUELO EN CUARTE DE HUERVA



Cartografía 5: Usos del suelo en Cuarte de Huerva. Elaboración propia. Fuente: IGN



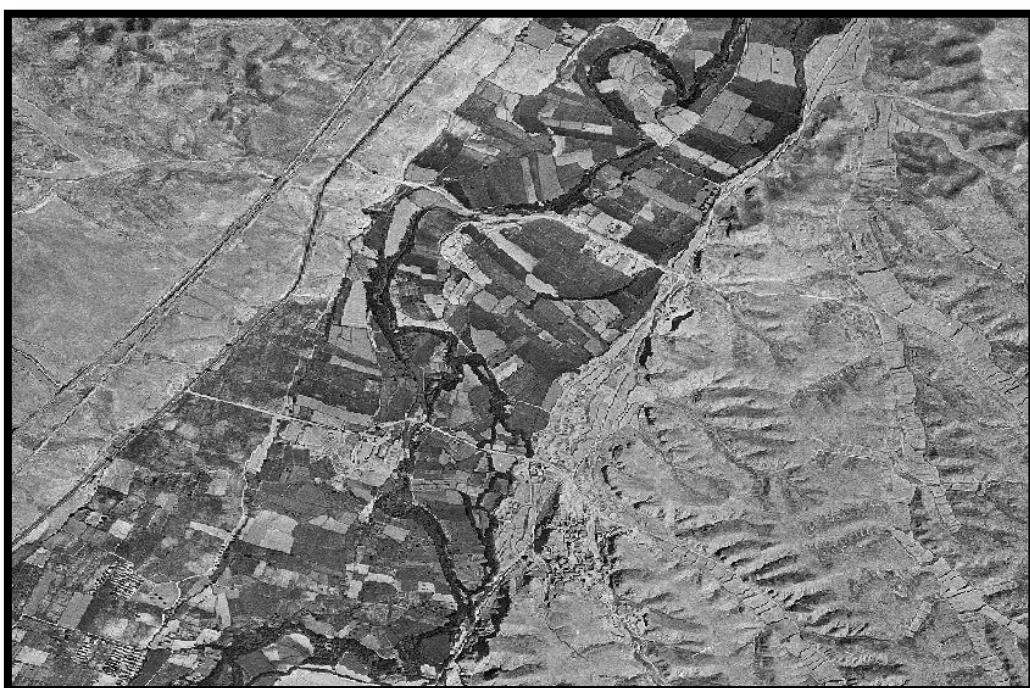
Ortofoto 11: Badules 1997 Fuente: PNOA



Ortofoto 12: Badules 2006 Fuente: PNOA



Ortofoto 13: Badules 2015 Fuente: PNOA



Ortofoto 14: Cuarte de Huerva 1956 Fuente: PNOA



Ortofoto 15: Cuarte de Huerva 2006 Fuente: PNOA

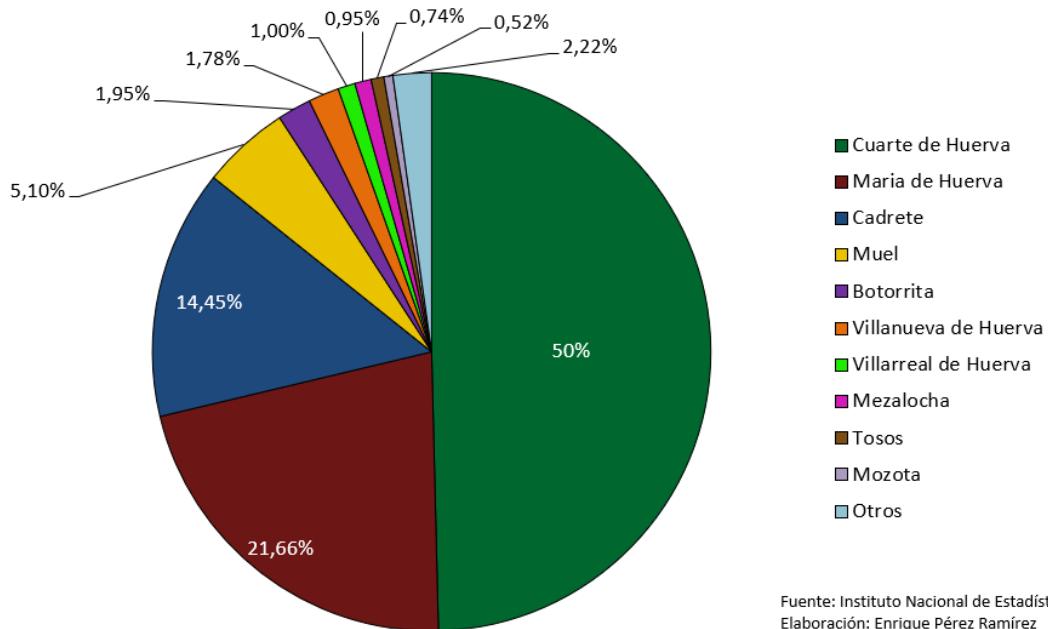


Ortofoto 16: Cuarte de Huerva 2015 Fuente: PNOA

Municipios	Población Total	Hombres	Mujeres
Cuarte de Huerva	12862	6569	6293
Maria de Huerva	5619	2868	2751
Cadrete	3749	1990	1759
Muel	1324	683	641
Botorrita	506	273	233
Villanueva de Huerva	462	239	223
Villarreal de Huerva	260	145	115
Mezalocha	248	143	105
Tosos	192	106	86
Mozota	136	66	70
Villahermosa del Campo	99	*	*
Villadoz	90	52	38
Badules	87	49	38
Lagueruela	79	*	*
Ferreruela de Huerva	67	*	*
Vistabella	50	28	22
Cerveruela	38	24	14
Bea	35	*	*
Fonfría	31	*	*

Tabla 1: población por municipios y sexos de la zona de estudio(2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

Población Total Rio Huerva (2017)



Gráfica 20: Población total (2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

	Población Total	Hombres	Mujeres
Badules	87	49	38
	Total		

	2017	2016	2015	2014	2013
Badules	87	88	95	97	102
	Total				

Tabla 2: población de Badules (2017) Elaboración : propia, Fuente: INE

	Población Total	Hombres	Mujeres
Cuarte de Huerva	12862	6569	6293
	Total		

	2017	2016	2015	2014	2013
Cuarte de Huerva	12.862	12.581	12.141	11.589	11.043
	Total				

Tabla 3: población de Cuarte de Huerva (2017) Elaboración: propia, Fuente: INE

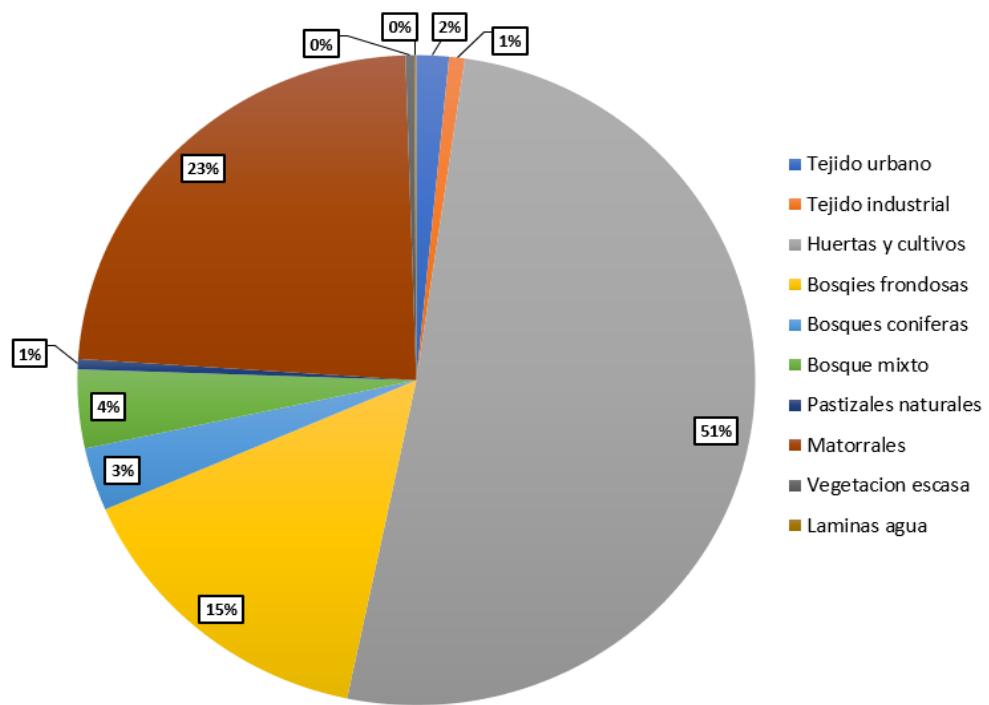
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del Suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6
	Semipermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Permeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
Cultivos	Impermeable	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5
	Semipermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Permeable	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2
Pastos, Vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45
	Semipermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Permeable	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15
Hierba, Grama	Impermeable	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
	Semipermeable	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Permeable	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
Bosque, Vegetación densa	Impermeable	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35
	Semipermeable	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25
	Permeable	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05

Tabla 4: Permeabilidad de los de los suelos según cobertura y pendiente. Elaboración: propia

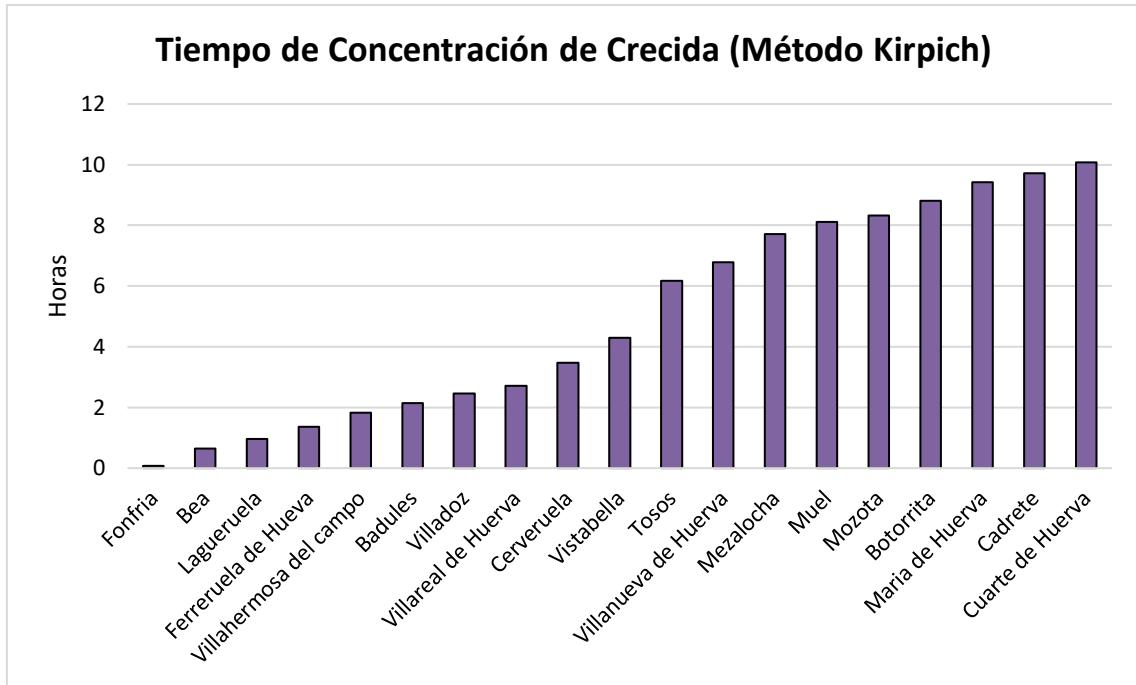
Cobertura Vegetal	Permeabilidad del suelo	Pendiente Suave (>1%)
BOSQUE	0,266666667	
CULTIVOS	0,416666667	
MATORRAL	0,316666667	
PASTIZAL	0,366666667	
TEJIDO URBANO	(0,80-0,90)=0,85	1,47
TEJIDO INDUSTRIAL	(0,80-0,90)=0,85	
VEGETACION ESCASA	0,441666667	

Tabla 5: Resultados de la permeabilidad de los suelos según cobertura y pendiente. Elaboración: propia

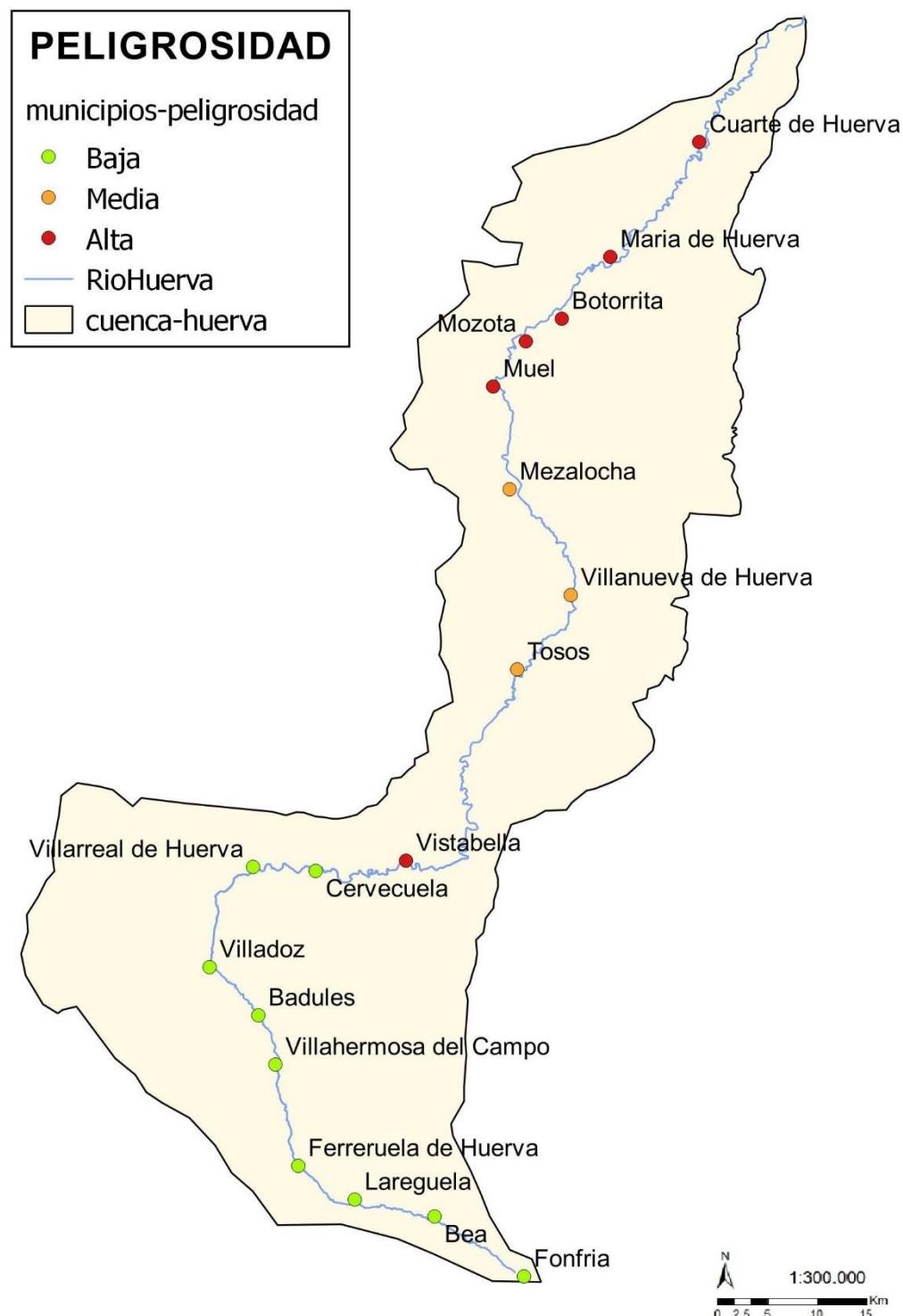
Superficie de los Usos del suelo en la Cuenca del río Huerva



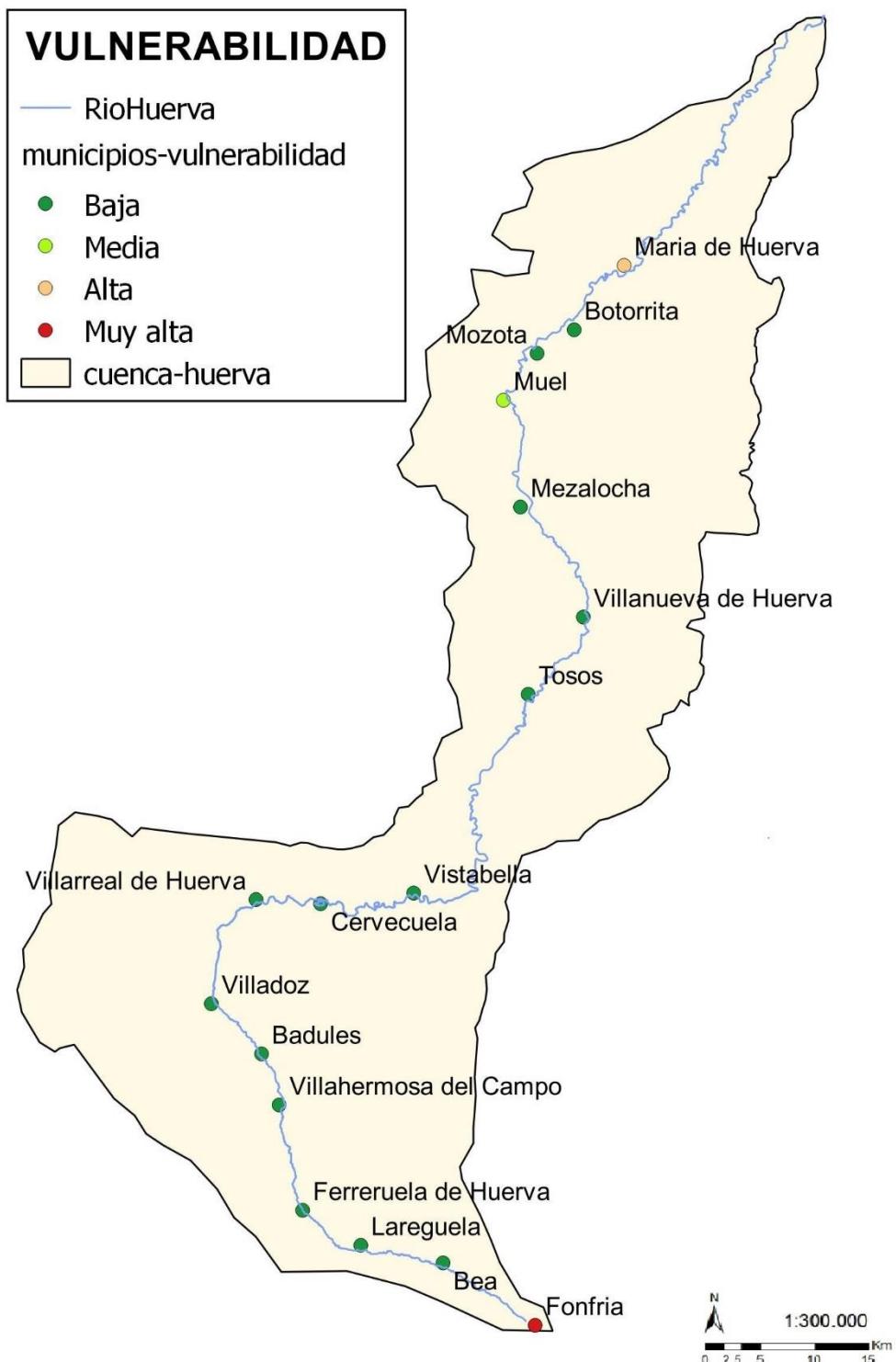
Gráfica 21: Superficie de los usos del suelo en la Cuenca del río Huerva. Elaboración. Propia



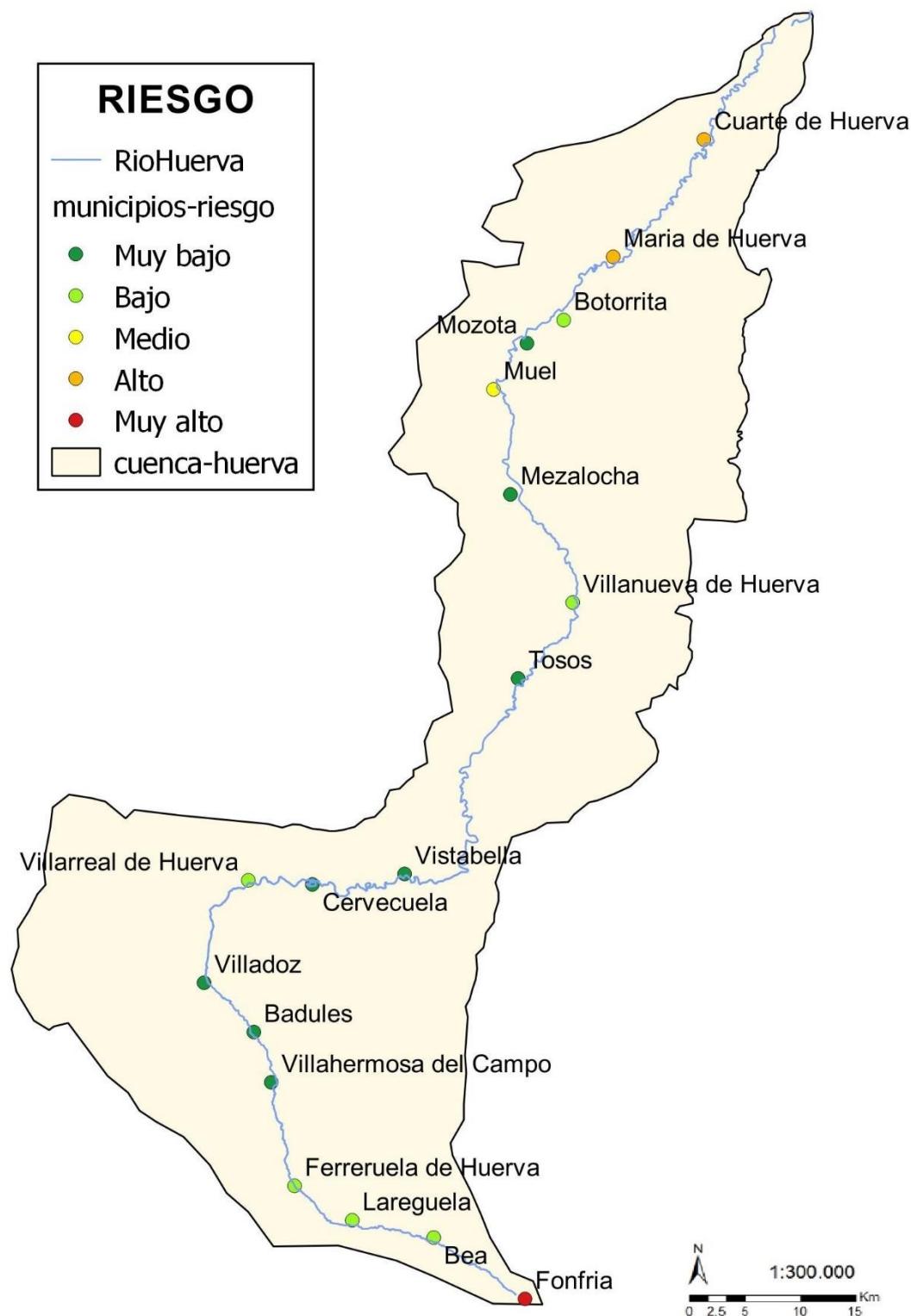
Gráfica 22: Tiempo de concentración de crecida. Elaboración: propia



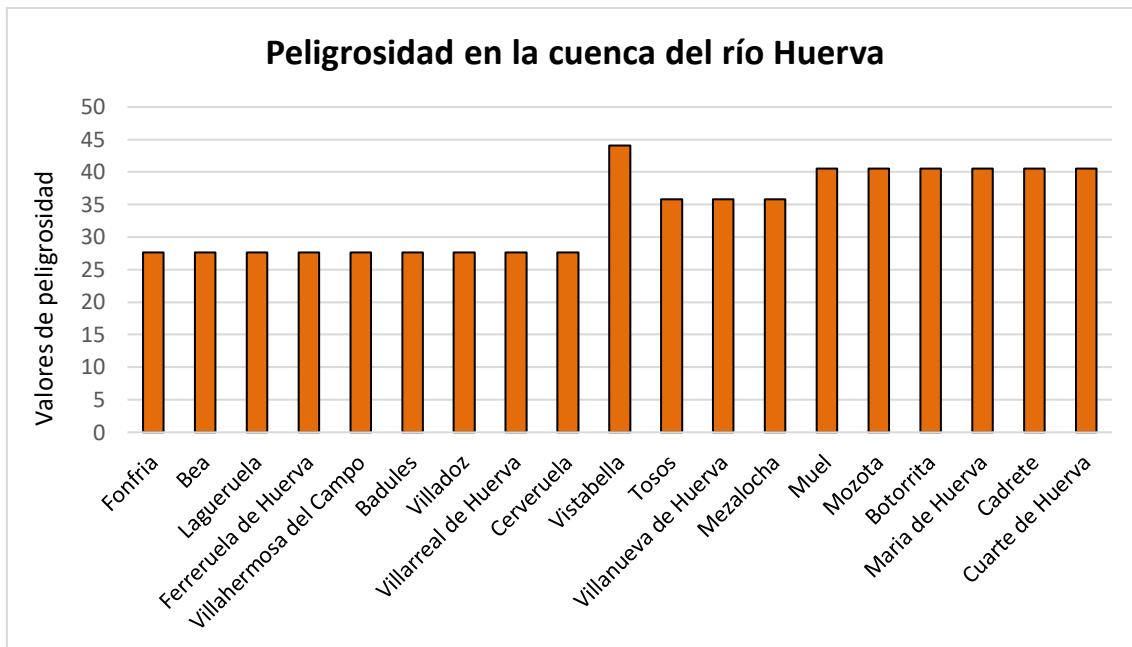
Cartografía 4: Peligrosidad en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.



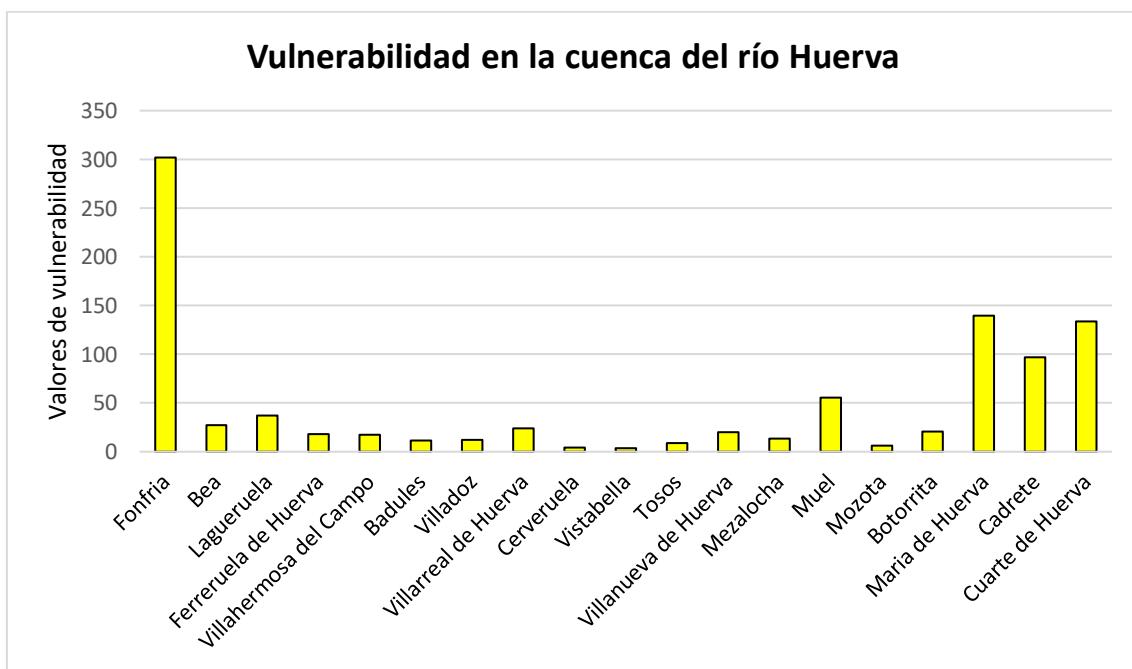
Cartografía 5: Vulnerabilidad en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.



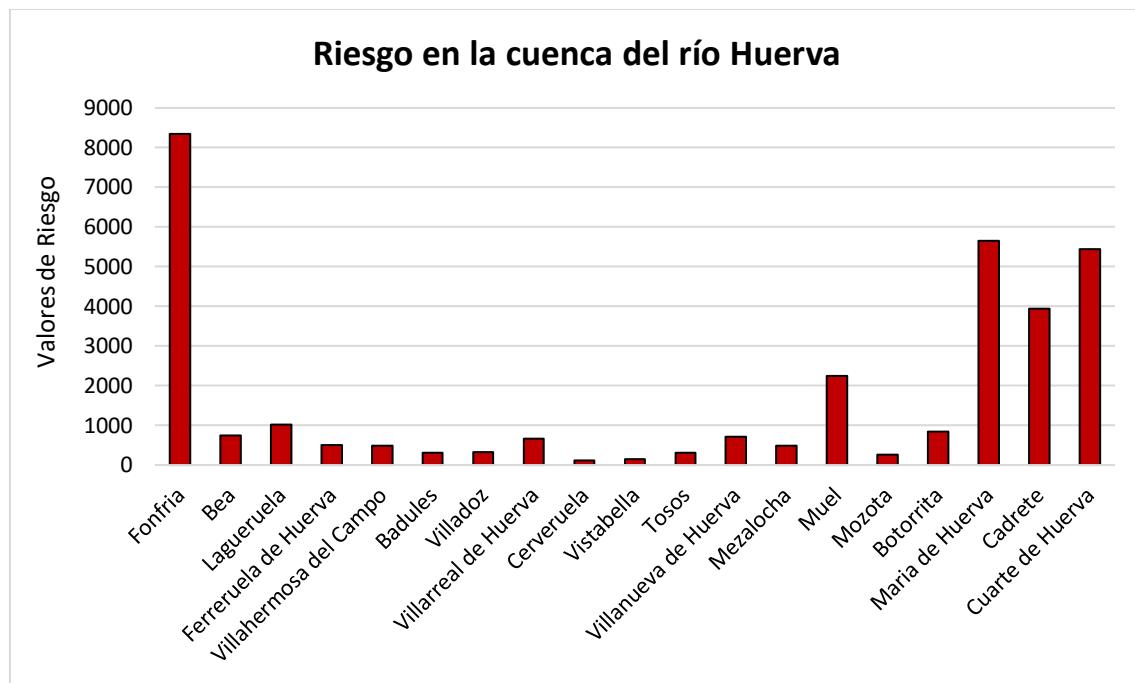
Cartografía 6: Riesgo en la cuenca del río Huerva. Elaboración propia.



Gráfica 23: Peligrosidad en la cuenca. Elaboración: propia



Gráfica 24: Vulnerabilidad en la cuenca. Elaboración: propia



Gráfica 25: Riesgo en la cuenca. Elaboración: propia