



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Análisis de Riesgos Naturales en Tosos:
Riesgos hidrológicos, geomorfológicos y de
incendios

Autor

Néstor Gascón Felipe

Director/es

Director académico: Daniel Ballarín Ferrer

Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Junio 2018

RESUMEN

Este trabajo consiste en el análisis de riesgos naturales, tanto hidrológicos, geomorfológicos, como sobre incendios que hay en el entorno de la localidad de Tosos (Zaragoza) ya que en el pasado ha habido afecciones debido a ellos.

Se ha caracterizado la zona de estudio, para posteriormente hacer un conciso estudio de cada tipo de riesgos, ya sea mediante el estudio de las características actuales, como el de eventos ocurridos en el pasado. Para ello se ha elaborado una serie de cartografías y tomas y obtención de datos tanto en campo como desde base de datos. Además de la obtención de los diagnósticos técnicos, también se obtiene la percepción de la población.

Finalmente, se ha llegado a una serie de conclusiones sobre los riesgos en el municipio y a la propuesta de una serie de medidas para poder mitigar o eliminar cualquier riesgo que pueda afectar a la población y las infraestructuras.

Palabras clave: Riesgos naturales, hidrología, crecidas, desprendimientos, incendios, población, infraestructuras.

ABSTRACT

This work is about the analysis of natural risks: hydrological, geomorphological and fires in the village and surroundings of Tosos (Zaragoza) because there are some cases in the past.

It has been characterized the area of study, and then has been done a study of every kind of risk of the current characteristics and the past events. In order to do this it has been made a series of cartographies and obtaining of information in the field and in the databases, also the obtaining of technical diagnostics. In addition, it has been considered the population's perception.

Finally, there are a series of conclusions about the risks in the area and proposals of steps to try to reduce or remove every risk that can concern at the population and the infrastructures.

Keywords: Natural risks, hydrology, swellings, landslides, fires, population, infrastructures.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	METODOLOGÍA	5
3.	ZONA DE ESTUDIO	7
3.1.	UBICACIÓN.....	7
3.2.	DEMOGRAFÍA	9
3.3.	ECONOMÍA	10
3.4.	USOS DEL SUELO	11
3.5.	LITOLOGÍA	12
3.6.	CLIMA	13
4.	ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES	14
4.1.	HIDROLOGÍA.....	14
4.1.1.	RÍO HUERVA.....	15
4.1.2.	EMBALSE DE LAS TORCAS	16
4.1.3.	MORFOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA. .	18
4.1.4.	EVENTOS PASADOS DE INUNDACIONES Y GRANDES CRECIDAS	21
4.1.5.	ZONAS INUNDABLES	25
4.2.	DESPRENDIMIENTOS.....	27
4.2.1.	MAPA DE RIESGOS EROSIVOS.....	30
4.2.2.	ESTADO ACTUAL DE LAS “PEÑAS”	32
4.2.3.	PEÑA TAJADA	36
4.2.4.	TALUDES CARRETERA.....	39
4.3.	INCENDIOS	41
4.3.1.	INCENDIO PINAR DE “LAS TORCAS”.....	41
4.3.2.	INCENDIO PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA DE HUERVA.....	45
5.	ENCUESTAS A LA POBLACIÓN.....	47
6.	RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	51
7.	PROPUESTAS DE ACTUACIÓN.....	53
8.	ANEXOS.....	60
9.	BIBLIOGRAFÍA	81
9.1.	FUENTES CONSULTADAS	81
9.2.	IMÁGENES	84

1. INTRODUCCIÓN

Para realizar el presente trabajo fin de grado, comencé a pensar algo que me pudiese motivar personalmente, aparte de apasionarme y finalmente, con lo que pudiera ayudar a mi pueblo y a su población.

Ya que en esta localidad llamada Tosos, en la provincia de Zaragoza, en la cual paso gran parte del año, hay bastantes rocas llamadas “peñas” por los propios habitantes que parecen descolgarse y que se puedan caer en cualquier momento, sabiendo que algunas han caído y otros pequeños fragmentos caen con lluvias intensas, además del desbordamiento del río Huerva en 2003, me animó a decidirme por realizar una investigación acerca de cómo pueden afectar ciertos riesgos naturales a la localidad y a su población, para finalmente proponer medidas de mitigación del riesgo, o incluso proponer la prohibición de ciertas actuaciones antrópicas que afecten directamente a la integración del núcleo y de sus habitantes.

En este trabajo, se pretende estudiar todos los riesgos naturales de geodinámica externa a los que está expuesto el municipio teniendo en cuenta los elementos presentes en el entorno como son los hidrológicos, geomorfológicos (desprendimientos) o vegetación (incendios), además de analizar eventos sucedidos en el pasado, con los que poder analizar el estado presente.

Bien es sabido entre los habitantes del entorno que esta localidad ha sufrido durante parte de su historia eventos naturales que han puesto en serio peligro la vida de sus habitantes y la integridad de sus infraestructuras y edificios, ya sean por eventos erosivos naturales, como por afecciones antrópicas.

El ser humano tiene la capacidad de alterar la naturaleza a su libre albedrío, sin ser consciente de que está generando riesgos sobre su propia integridad, con lo que es necesario conocer los riesgos que nos conciernen en la localidad para poder proponer las medidas necesarias para la mitigación de futuras amenazas, ya sea ante posibles crecidas hidráulicas, desprendimientos de rocas y deslizamientos de laderas en algunos casos y también ante los incendios forestales.

Aparte de basar el trabajo tanto en el estudio de eventos pasados, como de la actual morfología y características del medio natural de la zona, también es de especial importancia tanto las aportaciones de los habitantes sobre épocas pasadas, como la percepción de riesgo que se tiene hoy en día, ya que es necesario saber cómo ocupar los espacios naturales para así también saber cómo reaccionar ante un peligro, y para ello es de vital importancia ser consciente sobre los riesgos a los que estamos amenazados.

2. METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo, éste se ha dividido en cuatro partes, que son los riesgos hidrológicos, riesgos de desprendimientos, riesgos de incendios y la percepción de la población, para poder obtener resultados, los cuales son las conclusiones del estado actual y las propuestas para la mejora, y mitigación de los riesgos.

Se ha comenzado con la delimitación de una zona de estudio, para poder concretar un área exacta donde realizar el análisis. En esta zona, se tienen en cuenta tres los factores de riesgo naturales evidentes en el municipio y el entorno.

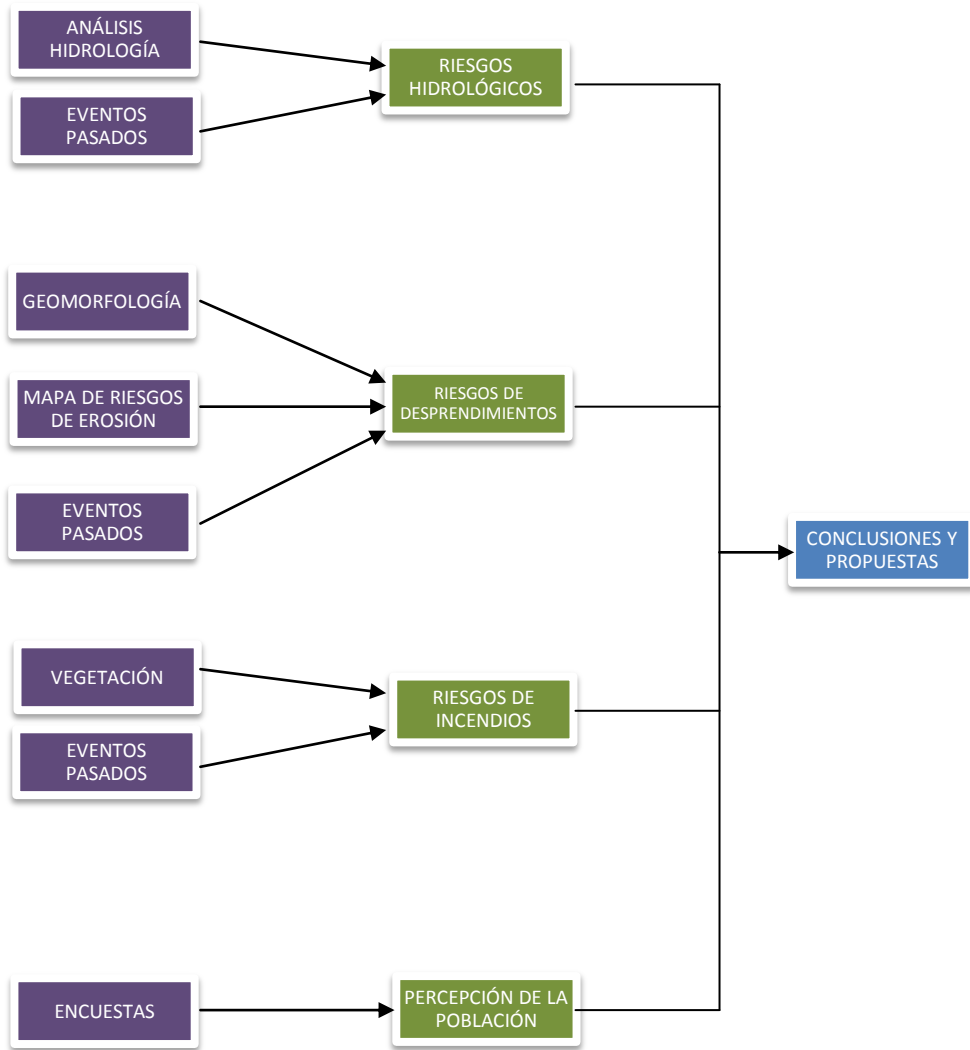
La caracterización de la hidrología del área de estudio, se ha realizado a partir del río Huerva, el cual ha modelado el valle en el que se encuentra Tosos y que ha servido como vertebración de la delimitación del área. Junto a este río también se tienen en cuenta los barrancos que confluyen en él y en especial el Embalse de Las Torcas. Con todo esto se ha realizado un análisis, lo cual se une al estudio de los eventos pasados de inundaciones y crecidas.

En cuanto a los desprendimientos, se ha realizado un mapa de riesgos de erosión, para poder observar con las formas litológicas, la vegetación y la pendiente el riesgo que hay de poder erosionarse el terreno, y por lo tanto en algunos lugares problemáticos su desprendimiento. Se ha analizado el estado de las “Peñas” o formaciones rocosas que se encuentran encima de las casas, además de otros puntos del municipio problemático, teniendo en cuenta eventos ocurridos en el pasado más reciente en cuanto a desprendimientos se refiere. Finalmente, se tiene en cuenta el estado de los taludes de la carretera principal de acceso al municipio ya que son frecuentes los desprendimientos aunque sin apenas afecciones al tráfico de importancia hasta la fecha.

Otro factor de análisis, es el riesgo de incendio, ya que hay un importante pinar de repoblación y ya ha habido algún incendio en las últimas décadas. El riesgo de incendio aumenta cuanto más seco está el terreno y más tormentas secas haya. En este trabajo se han estudiado las variaciones de la vegetación en dos zonas incendiadas, tanto antes como después de los incendios.

Una vez realizado el análisis, se ha tenido en cuenta otro punto importante como es la percepción de los habitantes y visitantes del lugar, tanto con el conocimiento de eventos en el pasado, como la sensación de riesgo en la actualidad. Este análisis se ha realizado mediante una encuesta y su posterior estudio de las respuestas, pudiendo así llegar a conocer la opinión de los habitantes del municipio.

Finalmente, tras realizar el análisis de los riesgos y la percepción de la población sobre estos, se han obtenido unos resultados, los cuales consisten en unas conclusiones del estado actual sobre la posibilidad de que tengan lugar eventos que pongan en peligro al municipio y sus habitantes y de una serie de propuestas a raíz de las conclusiones para la mitigación o eliminación de cualquier posible riesgo.



Cuadro 1. Metodología.

3. ZONA DE ESTUDIO

La delimitación de la zona de estudio, coincide con la cuenca hidrológica desde la presa del Embalse de Las Torcas, hasta el punto más bajo del término municipal de Tosos, el cual es la entrada del río Huerva en el término municipal de Villanueva de Huerva.

Con esta zona delimitada, se quiere evaluar el impacto de la red hidrográfica y en especial de los barrancos que pueden afectar a las infraestructuras o actividades humanas, además de lo más importante, estudiar crecidas pasadas del río Huerva y cómo podrían afectar futuras crecidas a la población, y así proponer zonas seguras para la población y evitar la instalación de actividades económicas y de viviendas que pongan en serio riesgo tanto la actividad económicas como la propia integridad humana. La cartografía de la red hidrográfica se ha realizado de cero, teniendo como base el curso del río Huerva, el cual se ha vuelto a cartografiar con mayor exactitud. A partir de ahí, se ha ubicado la zona de estudio dentro de la propia comarca del Campo de Cariñena, y ésta dentro de la región de Aragón.

Para presentar la tipología de la zona que se estudia, se ha realizado en un inicio una cartografía del relieve, utilizando el Modelo Digital Terrestre (MDT05) descargado en el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) para poder hallar las altitudes máxima, mínima y media del área.

Tras la ubicación y el relieve en las proximidades de la localidad, se ha definido la parte de geografía humana de Tosos. Para ello hay una parte de breve estudio de la demografía obteniendo los datos del año 2016 de Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). La parte dedicada a la economía local está explicada con el propio conocimiento de la localidad y municipio. Esto, se ha acompañado con una cartografía explicando los usos del suelo y su ubicación.

Otro de los elementos que se han tenido en cuenta al inicio de la caracterización de la zona, es la litología, con datos obtenidos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para poder hacer una cartografía con los diferentes elementos litológicos presentes.

Finalmente, se ha analizado el clima local observando las precipitaciones y temperaturas medias que se producen en esta zona, con los datos obtenidos por la estación meteorológica del Embalse de Las Torcas, obteniendo los datos en el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST).

3.1. UBICACIÓN

El área de estudio, está situado en el entorno del municipio de Tosos, al sur de la provincia de Zaragoza, en la Comarca del Campo de Cariñena. Este trabajo, se centra en una superficie de 14.22 km², con unas altitudes que oscilan entre los 799.93 msnm. y 550.11 msnm (*Figura 2*). y una altitud media de 684.67 msnm, una parte del área de estudio pertenece al vecino término municipal de Aguilón.



Figura 1. Ubicación zona de estudio.

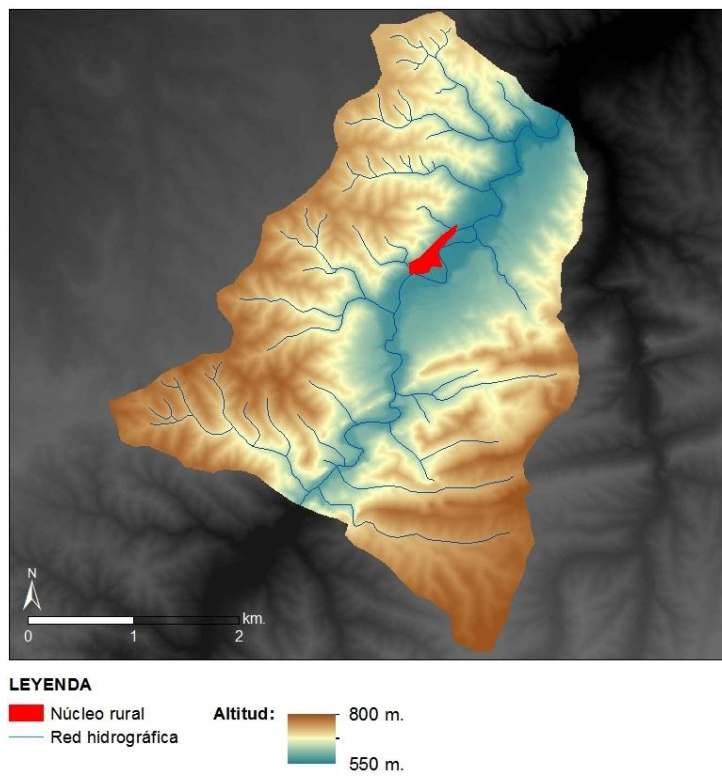


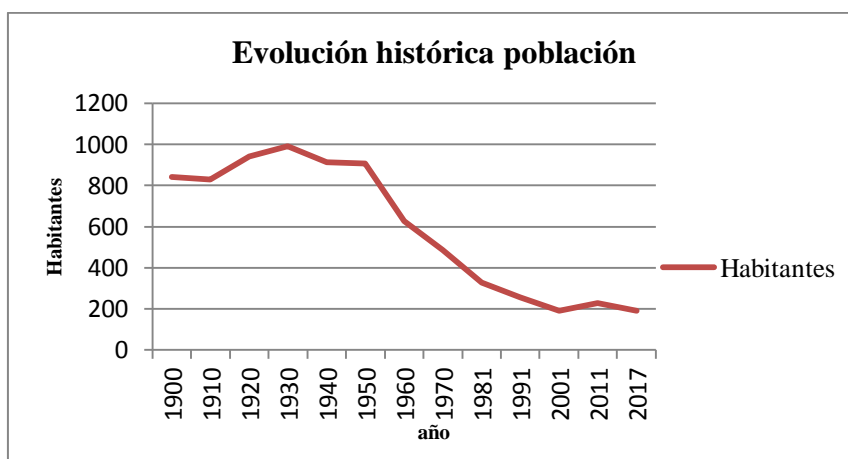
Figura 2. Relieve de la zona de estudio.

3.2. DEMOGRAFÍA

En la actualidad, el municipio tiene 192 habitantes censados (IAEST 2017) y se encuentra en un descenso y envejecimiento demográfico, muy por debajo de los 990 habitantes que tenía en la década de los años 30, debido al éxodo rural en los años 60. En cuanto a la tipología de la población actual, 106 son hombres y 86 mujeres, de los cuales, 21 son menores de 19 años. 37 entre los 19 y 39 años, entre 40 años y 64 hay 77 habitantes, y de 65 años o más hay 57 personas.

Año	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1981	1991	2001	2011	2017
Pob.	841	829	940	990	912	908	628	487	327	258	192	228	192

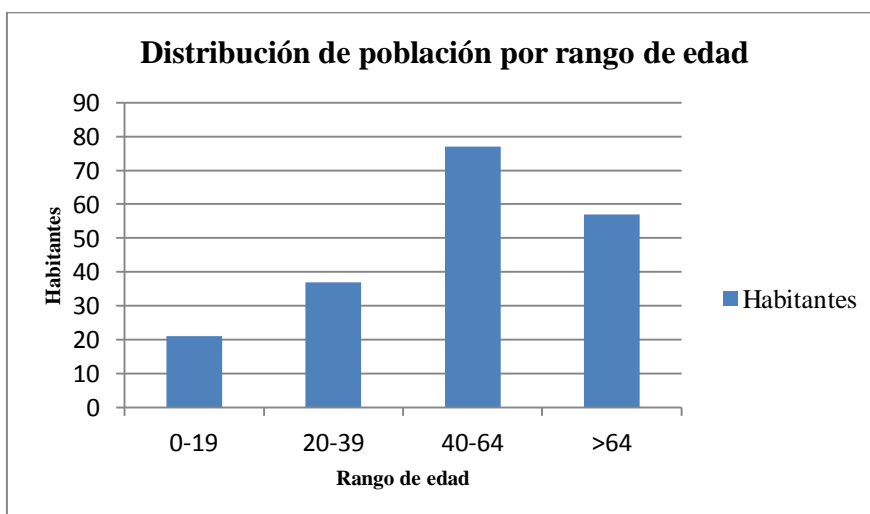
Tabla 1. Evolución histórica de la población desde 1900. Fuente: IAEST.



Gráfica 1. Evolución de la población (1900-2016). Fuente: IAEST. Elaboración propia.

Rango edad	Habitantes
0-19	21
20-39	37
40-64	77
>64	57

Tabla 2. Rango de edades. Fuente: IAEST. Elaboración propia.



Gráfica 2. Distribución de población por rangos de edad. Fuente: IAEST. Elaboración propia.

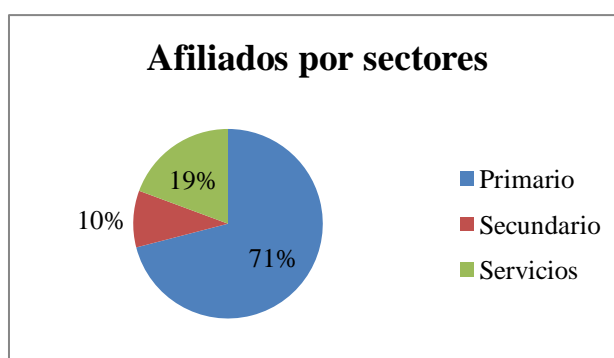
3.3. ECONOMÍA

En cuanto a los sectores económicos, el predominante es el relacionado con el sector primario: agricultura y ganadería, con una importante extensión de viñedos, siendo uno de los municipios que forman parte de la Denominación de Origen Protegida Cariñena. Además, también hay campos con frutales como el almendro y olivo, y el cultivo de cereales, además del pastoreo ovino y de granjas avícolas. También es destacable la huerta del fondo del valle de “La Huerva”, cultivada y laboreada para consumo propio por los propios habitantes de la localidad, siendo trabajadas en su mayoría durante los fines de semana por hortelanos del municipio que pasan allí esos días procedentes de Zaragoza en su mayoría, habiendo también parcelas yermas debido al descenso poblacional. Hay labores de gestión del monte, con la cuadrilla de protección de la naturaleza, gestionada por Sarga, los cuales se dedican al mantenimiento de los cortafuegos y limpieza y desbroce de las zonas de pinar además de acudir a labores de extinción de incendios.

Hay alguna actividad del sector secundario, concretamente del sector vitivinícola con la ubicación de una bodega de vino ecológico en plena localidad, además de otra bodega de vino dentro del término municipal, pero alejado del núcleo rural.

También hay actividades del sector terciario como son las dos viviendas de turismo rural ubicadas, una en pleno núcleo rural, y la otra a unos 2 kilómetros del municipio en las antiguas eras de Tosos, conocidas como Santa Bárbara. También hay otros negocios de este sector como son la Asociación del Casino de Tosos, abierto durante todo el año como bar municipal, y el bar de las piscinas municipales, próxima al cauce del río Huerva, además de una pequeña tienda de ultramarinos.

En total, a marzo de 2018, hay un total de 31 afiliados a la seguridad social, de los cuales 23 son hombres y 8 son mujeres. 22 personas se dedican a agricultura y ganadería, 3 a industria y energía y 6 a servicios.



Gráfica 3. Porcentaje de afiliados por sectores. Fuente: IAEST. Elaboración propia.

3.4. USOS DEL SUELO

En cuanto a los usos del suelo, hay tres tipologías, las cuales están divididas en bosques, tierras de cultivos y vegetación esclerófila (Figura 3). En la margen izquierda del río Huerva dominan los bosques de coníferas que se extienden por todo el monte con *Pinus halepensis*, mientras en las propias orillas del río hay zonas con bosques de frondosas, en su mayoría *Populus* o chopos.

En cuanto a los cultivos, se diferencian los de regadío, asentados en las proximidades del río en zonas de llanura, concretamente en las proximidades del municipio, con una huerta de ribera. En zonas más alejadas hay cultivos de vid, almendros, olivos y cebadas.

En las zonas sin bosque ni cultivos, domina la vegetación esclerófila, especialmente en las zonas más alejadas del cauce del río, con presencia de *Genista scorpius* o aliagas, *Rosmarinus officinalis* o romeros, *Thymus* o tomillos, etc.

En cuanto a los cambios de usos del suelo desde el año 90, no se ha detectado ninguno mediante la cartografía Corine Land Cover y sus cambios, pero sí que es cierto que hay recientes plantaciones de viñas en zonas que antes tenían otros cultivos como almendros o cereal de secano.

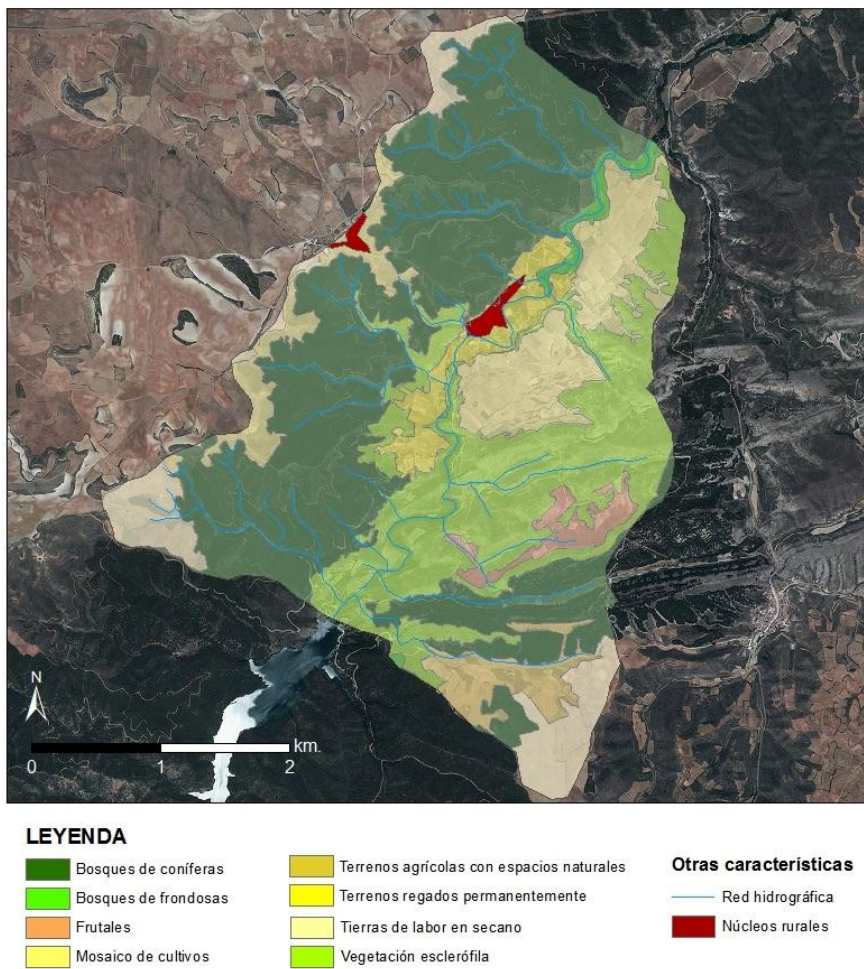


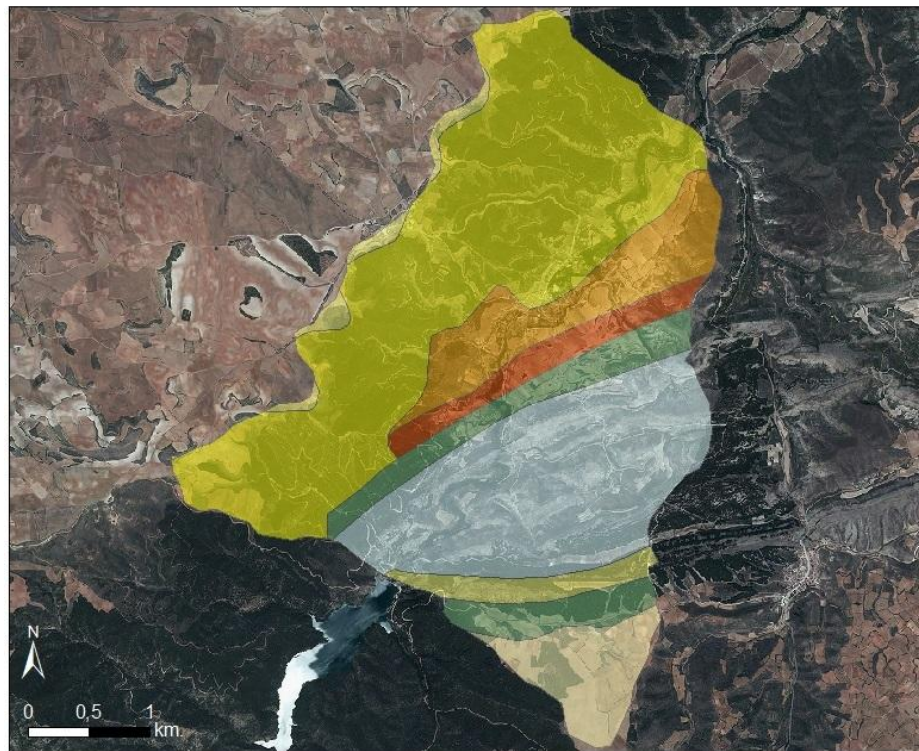
Figura 3. Usos de suelo de la zona de estudio.

3.5. LITOLOGÍA

En cuanto a la litología, es una zona con alternancia de arcillas, calizas, conglomerados y areniscas, también en algunas partes hay presencia de margas (*Figura 4*). Esto, facilita la erosión especialmente producida por las precipitaciones. La combinación de las arcillas con las areniscas y los conglomerados, permite que todavía hoy en día tengamos en pie las características “peñas” que presiden la localidad desde lo alto.

En cuanto a la información geológica de las edades, las formaciones más recientes son las que están formadas por los depósitos del río, los cuales son del cuaternario, además de gravas y bloques. Del terciario hay restos de conglomerados cuarcíticos y calcáreos, calizas blancas y arcillas. Estos están ubicados en la zona de las peñas y proximidades del municipio.

Finalmente hay restos tanto del cretácico superior con arenas, areniscas, arcillas y calizas, y del jurásico, siendo los restos más antiguos que afloran en la superficie ubicados en la zona sureste del área de estudio.



LEYENDA

	ARCILLAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS		CONGLOMERADOS
	CALIZAS		CONGLOMERADOS Y ARCILLAS
	CALIZAS Y MARGAS		CONGLOMERADOS Y ARENISCAS
	MARGAS Y CALIZAS		

Figura 4. Litología de la zona de estudio.

3.6. CLIMA

El clima de la zona es Mediterráneo Continental con precipitaciones más abundantes en primavera y una época seca en el verano, en la cual tiende predominantemente a haber precipitaciones de intervalos tormentosos, en cuanto a las temperaturas medias, el mes más cálido es agosto y el más frío enero.

Todas estas condiciones, hacen que sea una zona con precipitaciones de unos 440 mm. anuales, lo cual es escaso y hace difícil que se produzcan importantes avenidas tanto en el cauce del río, como en los propios barrancos de la zona, en estos últimos, suele tenerse en cuenta las importantes tormentas veraniegas, como la acumulación de precipitación durante la primavera cuando se suelen llenar los acuíferos.

En verano, las altas temperaturas, sumado a la probabilidad de tormentas, propicia que haya un riesgo de incendio elevado debido a los rayos y la posible sequedad del entorno.

	DATOS CLIMÁTICOS EN TOSOS												
	E	F	M	A	MY	J	JL	A	S	O	N	D	TOTAL
Pp	27,7	26,8	32,1	44,5	64,6	45,2	22,2	23,8	37,6	40,6	39,3	36,4	439,9 mm
T^a	5,2	6,2	8,6	10,3	14,6	18,6	21,4	21,6	17,6	13,3	8,5	5,7	12,6°C
T^a max	9,7	11,5	14,7	16,6	21,3	26,2	29,7	29,5	24,6	19,2	13,4	10,2	18,9°C
T^a min	0,6	0,9	2,5	4,1	7,8	11,0	13,1	13,8	10,5	7,3	3,7	1,3	6,4°C

Tabla 2. Fuente: Instituto Aragonés de Estadística (IAEST.)

4. ANÁLISIS DE RIESGOS NATURALES

4.1. HIDROLOGÍA

El análisis de la hidrología se realiza a partir de:

- El río Huerva
- El Embalse de Las Torcas
- La morfología y características de la cuenca hidrográfica del estudio
- Eventos pasados
- Las zonas inundables.

El estudio comienza por el elemento más importante que vertebra la zona como es el río Huerva, en el cual se caracteriza para poder saber su funcionamiento y como puede afectar a la zona de estudio.

Este río no está naturalizado en el área de estudio, ya que se encuentra el Embalse de Las Torcas, el cual regula el caudal, por ello, es importante un análisis de cómo puede afectar la presencia de la presa para la posibilidad de riesgos hidrológicos en el municipio de Tosos. Tras caracterizar cómo es el propio embalse y su historia, se han obtenido datos de las aportaciones anuales de caudal al embalse (MAPAMA), y tenido en cuenta el funcionamiento de las precipitaciones en la zona.

Un elemento de riesgo antrópico importante es el estado de la presa, por lo que se ha investigado sobre su estado y sobre el plan de emergencias conveniente mediante artículos de las autoridades como son el Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). También hay conocimiento sobre un proyecto de recrecimiento del embalse, analizando brevemente las características que tiene ese proyecto.

La morfología y características de la cuenca del estudio se comienza explicando la morfología, clima y vegetación existente en ella, haciendo una mayor incisión en los barrancos presentes en ambas márgenes del río y centrando la mayor parte en la confluencia de dos barrancos de la margen izquierda, que son el Barranco del Navallo y el Barranco Molar debido a que en su día provocaron afecciones en el camino que va al embalse desde la localidad causadas por una importante crecida. Se ha logrado medir el caudal que puede pasar por los tubos que cruzan el camino para desaguar el caudal mediante la fórmula de Manning procedente del barranco aguas arriba, siendo complicado medir el caudal bankfull del propio barranco debido a sus propias características.

Para saber el impacto que pueden provocar las crecidas en Tosos, se han analizado riadas ocurridas en el pasado, las cuales están documentadas en su mayor parte, aunque otras no, pero las he obtenido con el conocimiento de algunos vecinos de la localidad. La crecida más importante que se recuerda fue la de 2003 y se ha calculado mediante la fórmula de Manning el caudal que bajo aproximadamente por una sección del río Huerva a su paso por el pueblo.

En relación con las crecidas, se han tenido en cuenta las zonas inundables existentes en la actualidad, para ello se han realizado los mapas de los períodos de retorno tanto de 50 como de 500 años con las capas disponibles del MAPAMA.

Para el análisis, me he basado en el estudio de las características por el Método de Manning, por el cual se puede calcular el caudal que puede circular por el cauce principal sin desbordarse, para así poder hacer una aproximación hacia el grado de riesgo que sufre la población y las infraestructuras para proponer mejoras y soluciones. Este método, se ha aplicado en dos zonas consideradas importantes, como son el paso del río por la propia localidad, estudiando el caudal de la última gran riada conocida, la cual anegó gran parte de la huerta y algunos edificios de almacén de material y algún sótano de las viviendas más próximas, y también del puente que cruza uno de los barrancos más activos siendo el punto probablemente más conflictivo en el camino que va desde Tosos hasta el Embalse de Las Torcas.

4.1.1. RÍO HUERVA

El valle sobre el que se encuentra Tosos, ha sido excavado por el Río Huerva, con su caudal proveniente aguas arriba ayudado de sus tributarios en forma de barrancos. Este río, nace en la Sierra Pelarda en Fonfría (Teruel) a 1.280 msnm. Y tras recorrer 128 kms. Desemboca en Zaragoza en el río Ebro a 187 msnm. Cuenta con una cuenca de 1034 kms². Tosos, está en el tramo medio de la cuenca, ya que la superficie de la cuenca aguas arriba del Embalse de Las Torcas, zona de inicio del estudio, es de 456 kms².

El río a su paso por el municipio de Tosos, está regulado, ya que a unos pocos kilómetros del municipio se sitúa el Embalse de Las Torcas, el primero de los dos embalses que regulan este río, con lo cual tiene una gran importancia la presa, ya que permite gestionar el caudal de agua por esta zona, llegando incluso a bombearse agua para suministrar a municipios como Aguilón, Fuendetodos o La Puebla de Albortón de agua de boca, cosa que no puede realizarse tramo arriba, con lo que prácticamente siempre, circula caudal por el municipio, ya sea con el caudal ecológico, como ocurre en gran parte del año, o con algo más de caudal, especialmente en primavera y verano, tras las lluvias y debido a la necesidad de agua para regadío tanto del municipio propio, como de otros que se encuentran aguas abajo, pudiendo regular así también el Embalse de Mezalocha.

Este río, desde la salida del mismo en el embalse hasta el municipio, tiene una pendiente muy escasa de 0,0084, lo que se transforma en un 0,84%, ya que donde evacúa el embalse está a 598,35 msnm y el propio cauce a la altura del “Puente de la Fragua”, en el municipio de Tosos, está a 570 msnm. Y una distancia de 3,37 kms. [Pendiente=(Hmax-Hmin)/Longitud cauce]

Además se ha cartografiado la red de barrancos de la cuenca hidrográfica que es la que se ha tomado de referencia para el área de estudio. Para ello se ha utilizado el MDT05 y creado curvas de nivel, para poder de esta manera poder delimitar esta cuenca con el mayor detalle posible, y así poder cartografiar el fondo de los barrancos para poder dar una idea de cómo están repartidos estos por la zona y ver qué posibles incidencias pueden tener para la población. (Figura 5).

La toponimia de los barrancos se ha extraído de la base de datos del Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón, los cuales algunos como el caso del Barranco de la Parda no coincide con el barranco que en el pueblo los habitantes conocen con el mismo nombre, pero se ha querido dejar los nombres tal como están en la base de datos, ya que en el Mapa Topográfico Nacional de España (1:25.000), está puesto de la misma manera.

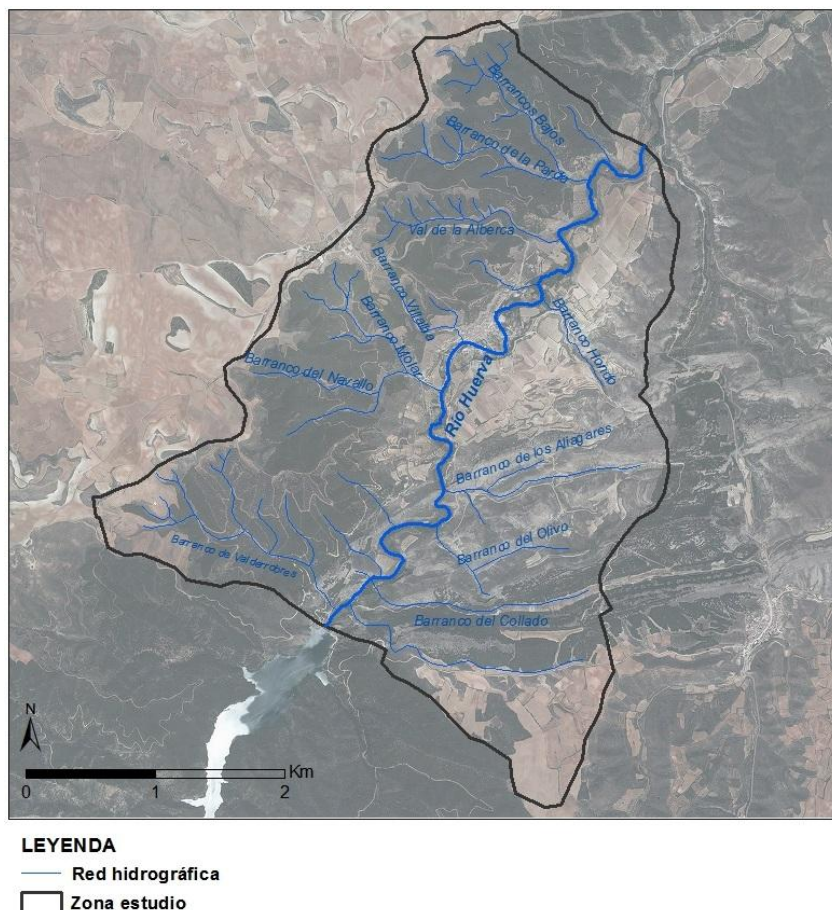


Figura 5. Red hidrográfica zona de estudio.

4.1.2. EMBALSE DE LAS TORCAS

DATOS Y CARACTERÍSTICAS

Este embalse, toma su nombre del Portillo de Las Torcas, el cual se inundó con la elaboración de este y se terminó de construir en el año 1946, aunque ya se había comenzado antes de la Guerra Civil, siendo recrecido en el año 1973. Tras las últimas obras posteriores a la riada de 2003, se disminuyó la capacidad del embalse de los 7,5 hm³ hasta los 6,66 hm³. La función principal, es la de asegurar el abastecimiento de agua a los municipios de la zona del río, además del uso del agua para labores agrícolas.

Este embalse, tiene una aportación anual total de unos 28 hm³, en la siguiente tabla se pueden observar las entradas y salidas de caudal a él, donde se observa que en la época de verano entra más caudal del que sale, para reservarla y poder repartirla en época de riego de cultivos, mientras que en primavera, que es cuando mayores precipitaciones se producen, se desembalsa más agua de la que entra para evitar posibles problemas de crecidas repentinas.

APORTACIONES EMBALSE DE LAS TORCAS (Hm ³)													
	O	N	D	E	F	M	A	M	J	JL	Ag	S	Media
SALIDAS	0,82	0,88	1,64	2,90	2,19	3,59	3,86	3,88	3,15	2,34	1,88	1,29	28,74
ENTRADAS	1,07	1,45	2,12	3,29	2,55	4,02	3,77	4,04	2,84	1,48	0,90	0,91	28,13

Tabla 3. *Redes seguimiento del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).*

En esta tabla, se tienen en cuenta los datos anuales desde el año hidrológico 1958-1959 hasta el 2014-2015. Hay algunos años que no se han considerado en las salidas, como son 1995-1996, 2002-2003 y de 2005 a 2007 por faltar datos en alguno de los meses. Al igual que en entradas, donde no hay datos en los años hidrológicos 1960-1961 y 1962-1963 al no haber datos en ningún mes del año, ni en 1995-1996, 2002-2003 y de 2005 a 2007 por faltar datos en alguno de los meses.

PLAN DE EMERGENCIAS DEL EMBALSE

Desde enero del año 2017, se ha establecido el Plan de Emergencias del Embalse, ya que está catalogado según su riesgo potencial como categoría A, que es la categoría más crítica, ya que esta, *“corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medio ambientales muy importantes”*. Según la Directriz Básica de Protección Civil. BOE. núm. 38, de 14 de febrero de 1995, páginas 4846 a 4858.

Según la citada Directriz Básica, debe de dotarse a esta presa de una dotación de infraestructuras como una sala de emergencia en las *“proximidades de la presa y dotada de los medios técnicos necesarios para servir de puesto de mando al Director del Plan de Emergencia de la Presa y asegurar las comunicaciones con los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia”*. También debe de haber sistemas de comunicaciones y avisos, en el cual tiene la misión tanto de *“recibir en el puesto de mando, sala de emergencia, toda la información de la infraestructura, y su comportamiento,”* como la de *“comunicar a los organismos públicos implicados en la gestión de la emergencia su desarrollo y evolución”*. Por último, debe de existir un sistema de aviso a la población, el cual cumplirá con los siguientes criterios: *“Debe abarcar a la población residente en la zona de la primera media hora. Debe estar permanentemente operativo, incluso en condiciones adversas. Debe garantizarse la inexistencia de falsas alarmas. Su activación recae en el Director del Plan de Emergencia de la Presa”*.

¿Se cumple la dotación de todos los requerimientos del la Directriz Básica de Protección Civil en el Embalse de Las Torcas?

Como he comentado anteriormente en enero de 2017 se presentó el Plan de Emergencias, el cual se adjudicó a una empresa privada por 97.939,82 € en diciembre de 2014.

Las actuaciones han sido las siguientes:

- Instalación de megáfonos para alertar a la población, uno en la oficina de emergencia en la presa, otra en pleno núcleo rural de Tosos, y otro aguas abajo en dirección a Villanueva de Huerva.
- También se ha instalado la sala de emergencia y los sistemas de comunicación en dicha presa.

Con lo cual es cierto que se cumplen todos los requerimientos.

PROYECTO DE RECRECIMIENTO DEL EMBALSE

Se ha realizado un proyecto para el recrecimiento de la presa, con el cual aumentará en 8 metros la altura de la lámina de agua, para llegar a tener una capacidad de almacenamiento de 14,17 Hm³. La longitud de coronación será de 180 m. y estará a 639 msnm., con un ancho de 9 m. con dos aceras de 1,5 m. El aliviadero del nuevo proyecto, esta dimensionada para una avenida con periodo de retorno de hasta 1000 años (625,9 m³/s). Tal y como afirma el documento del BOA del 10/02/2012.

4.1.3. MORFOLOGÍA Y CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA.

En esta zona, al estar en un valle moldeado por el río a lo largo del tiempo, confluyen numerosos barrancos, los cuales han ido excavando en los materiales detríticos y aportando sedimentos y caudal al río Huerva. Nos encontramos en una zona Mediterránea, con lo que apenas aportan agua a lo largo del año, pero en épocas de lluvias, ya sea en primavera o en tormentas veraniegas, puede transcurrir caudal sobre ellos, en algunas ocasiones importante, pudiendo causar alguna afección sin demasiada importancia.

La margen derecha del río, es la zona denominada como los “Aliagares”, que como su propio nombre indica, es una zona de secano en la que abundan plantas como la *Genista scorpius* o Aliagas, además de los *Rosmarinus officinalis* o romeros, y *Thymus* o tomillos, contando también con algunas plantaciones de almendros. La zona mencionada, es un barranco al que confluyen otros más pequeños para desembocar al río Huerva en la Zona de la “Peña Tajada”, siendo el de más importancia de esta margen con aportaciones de agua debido a ser tierra caliza, en la cual se filtra para manar posteriormente al cauce que marca el barranco al propio cauce del Huerva. Esta zona no presenta riesgo ya que es una zona sin asentamientos humanos y sin apenas usos agrarios exceptuando pequeñas plantaciones de almendros.

En la margen izquierda del río, al contar con un pinar de repoblación, este dificulta la posibilidad de una erosión que aporte sedimentos al río, circunstancia que no era así hasta antes de la repoblación. Aun así, hay evidencias de la capacidad erosiva y de caudal que tiene algún

barranco de la zona, incluso con una caída del cauce de un metro y medio aproximadamente (*Imagen 1*), como son el Barranco Molar y Barranco del Navallo (*Imagen 2*), en las proximidades del núcleo de Tosos. El pinar de repoblación, fue plantado a mitad del siglo XX con la finalidad de dar trabajo a población de la localidad y de la zona y para ayudar al mantenimiento del suelo, evitando la pérdida de este con la erosión y así disminuyendo las afecciones tanto de materiales sólidos en los barrancos e incluso en las propias calles en grandes episodios de precipitaciones, como protegiendo a las propias peñas que se sitúan sobre las casas y corrales del municipio, además de dar un atractivo extra al paisaje del entorno.

Estos dos barrancos citados en el párrafo anterior, los cuales reciben aportaciones de diversas ramificaciones, se unen para después confluir en el río (*Imagen 3*), lo que permite que se junte en el tramo medio y bajo más caudal cuando fluye el agua por ellos y por lo tanto más capacidad de arrastre de sedimentos. La cuenca total de estos barrancos, es de 1,64 km² tras realizar el cálculo con las herramientas del programa ArcGIS.

La importancia de este barranco, se debe a que hace unas décadas hubo que reparar el camino que lo cruza, el cual es de importancia ya que es el principal acceso al Embalse de Las Torcas, debido a un gran caudal que bajó por dicho barranco, teniendo que volver a hacer los ojos que guían el agua hasta el otro lado del camino (*Imagen 4*). Esto, podría causar afecciones ya que mucha gente va hasta el embalse, en especial en verano para hacer senderismo o pescar, lo cual podría provocar que los visitantes no puedan pasar por el pueblo y tendrían o bien que tomar caminos alternativos que pasan lejos de la localidad, o simplemente no ir, lo que trae aparte de molestias, una repercusión económica para los servicios de Tosos.

Se ha intentado calcular el bankfull del barranco, pero al ser irregular es complicado, lo que sí que se ha calculado es el caudal de agua que puede pasar por los ojos del puente. En el que el resultado es de 12,16 m³/s según el método de Manning. Esto puede no ser suficiente en un episodio intenso de tormentas en el que podría hacer de presa junto al dique que forma el propio camino, pudiendo erosionarlo o incluso volver a destruirlo.

Este cálculo se ha realizado en la que se ha calculado el área que hay en cada uno de los ojos, dando como resultado 2,065 m² entre los dos. Tras dividir el área por el perímetro mojado, el cual es de 6,21 m. La pendiente en los 200 metros anteriores es de 0,0925. Finalmente, tras hacer las fórmulas que requiere este proceso, el resultado es de 12,16 m³/s.



Imagen 1. Barranco del Navallo.



Imagen 2. Barranco del Navallo.



Imagen 3. Unión barrancos del Navallo y Molar.

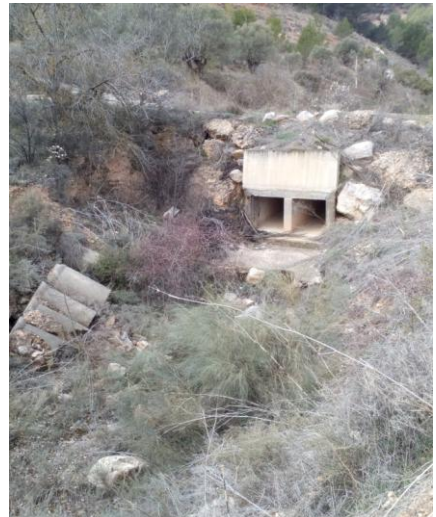


Imagen 4. Desagüe barrancos.

4.1.4. EVENTOS PASADOS DE INUNDACIONES Y GRANDES CRECIDAS

En cuanto a las grandes avenidas registradas en el municipio, se encuentran las siguientes:

En el pasado, siglos atrás, en el municipio están documentados dos ahogamientos en el río Huerva, pero no se sabe si debido a una crecida o a otras circunstancias. Otras crecidas del siglo XX no aparecen en documentos, pero han sido aportadas por vecinos de la localidad.

1830: En Zaragoza capital, el río Huerva desembocó con dos grandes crecidas, que según atestiguan testigos de la época, llegó a parar la corriente del río Ebro.

1921: El Paseo de la Mina, en Zaragoza, se inundó, con un caudal de unos 600 m³/s. Esta riada, produjo una tragedia en Aguilón, municipio limítrofe con Tosos. En este municipio, a unos 4 kilómetros de distancia en línea recta de Tosos, una espectacular crecida por el barranco que cruza el municipio, destruyó la hilera de casas que estaban edificadas sobre el propio cauce, causando 18 víctimas mortales (*Imagen 5*).



Imagen 5. Casas destruidas en 1921 en Aguilón.



Imagen 6. Altura a la que llegó el agua en Aguilón en 1921

1938: En plena Guerra Civil, probablemente en dicho año, hubo una gran crecida del río, todavía sin terminarse las obras del embalse de Las Torcas, que comenzaron años atrás y finalizaron tras la Guerra.

1968: El 30 de noviembre, debido a una lluvia torrencial se derrumbó un caserón de monjas Dominicanas donde fallecieron dos niños internados. Este edificio estaba ubicado junto a la iglesia en pleno núcleo rural donde hoy en día se encuentra ubicado el pabellón municipal de fiestas.

Entre los años 1972-1973 también hubo una crecida importante, pero sin incidencias materiales ni personales.

La riada más importante que se recuerda y tiene constancia con documentación tanto presencial por testigos, como por documentos, fue la acaecida el 7 de mayo de 2003, cuando las intensas lluvias en la propia localidad, como en el entorno del Embalse y aguas arriba, obligaron a evacuar de emergencia el agua represada por la propia seguridad de la presa, ya que el agua almacenada superó por momentos su capacidad máxima, lo cual produjo aguas abajo una importante inundación, anegando toda la huerta, edificios para el almacén de material de laboreo y alguna bodega y sótanos de edificios anexos al cauce del río, sin producir daños personales, pero sí pérdidas en los cultivos de la huerta, los cuales se utilizan para consumo propio por las personas que las trabajan. Este episodio, llegó a abrir informativos televisivos a nivel nacional (*Imágenes 7, 8 y 11*).

Tuvo un periodo de retorno estimado de 15 años tal y como me informó el trabajador que se encarga de las instalaciones del Embalse de Las Torcas.

En esta ocasión quizás de no existir el embalse, el caudal naturalizado apenas hubiese anegado zonas cercanas al cauce y algunas huertas, ya que la capacidad del embalse en ese momento superaba la máxima, aunque bien es cierto que la construcción de la presa de Las Torcas ha ayudado a controlar otras crecidas, tal como ha sucedido esta primavera de 2018, donde en apenas unos días la capacidad del embalse pasó de estar a menos del 10% a llenarse por completo (*Imagen 12*).



Imagen 7. Crecida río Huerva 2003, Tosos.



Imagen 8. Crecida río Huerva 2003, Tosos.



Imagen 9. Río Huerva en marzo 2018, Tosos.



Imagen 10. Río Huerva en marzo 2018, Tosos.



Imagen 11. Crecida río Huerva 2003, Tosos.



Imagen 12. Río Huerva en abril 2018, Tosos.

De esta riada no se tienen datos del caudal que se alcanzó durante esta crecida en el curso del río Huerva por la localidad de Tosos, por lo que teniendo en cuenta la altura de la lámina de agua en los edificios en una de las fotos anteriores (*Imagen 7*), se ha calculado el caudal, dando como resultado $147,75 \text{ m}^3/\text{s}$. Con este dato, el cual sólo es una aproximación debido a que quizás unas horas antes el caudal fuera algo mayor, como puede observarse por las manchas de humedad que se observan en la pared de bloques grises, a la derecha de la imagen. Se ha calculado el caudal aproximado que se alcanzó utilizando el “Método de Manning”. Para ello, primero se ha tenido que conocer el perfil de la sección en la zona en cuestión, el cual se ha realizado con ArcGIS con la herramienta 3D Analyst para poder hallar el perímetro mojado y la altura de la lámina de agua teniendo en cuenta los bloques de cemento de la casa de la derecha, ya que ahí hay un camino y el caudal llegó a inundarlo por unos 20 centímetros aproximadamente (*Figura 6*).



Figura 6. Sección para cálculo de caudal.

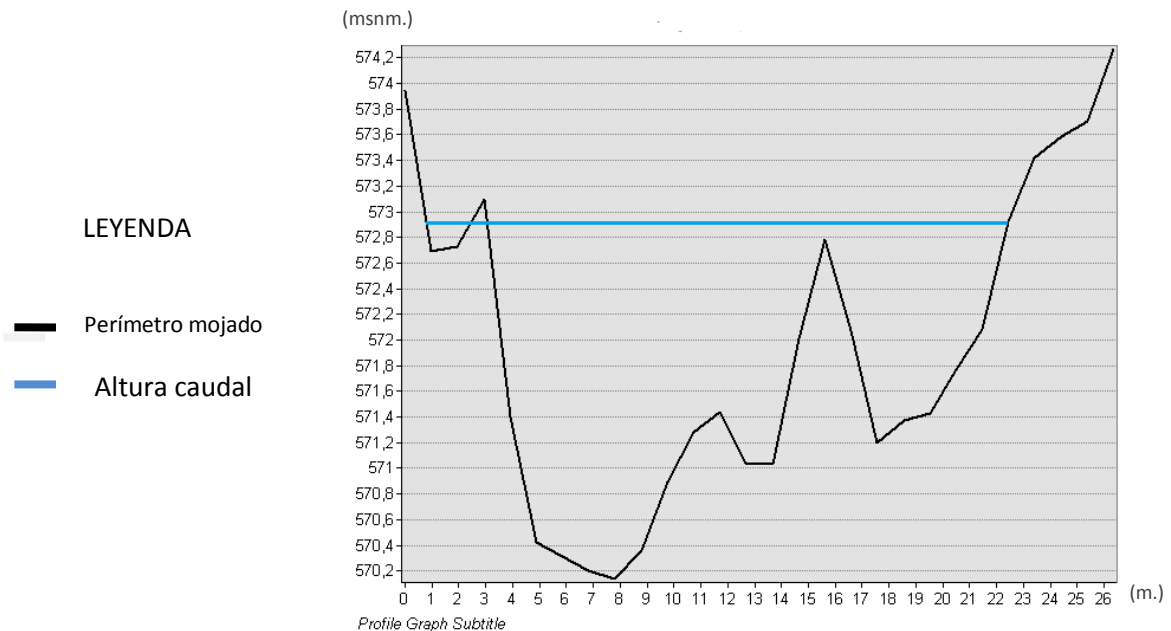


Figura 7. Perfil sección calculada.

Con la obtención del perfil y la altura del caudal, se calcula el perímetro mojado, el cual da como resultado 25,048 metros, y el total del área inundada es de 38,696 metros cuadrados (Figura 7).

A continuación se calcula el Radio hidráulico el cual es la división del Área entre el perímetro mojado obteniendo un resultado de 1,545.

La pendiente calculada desde este punto hasta 300 metros aguas arriba es de 0,010, o un 1%. Y el coeficiente de rugosidad estimado ha sido de 0,035 debido a las características del fondo, teniendo rocas sueltas producto de la erosión y apenas teniendo vegetación de importancia en ese momento.

Tras tener estos datos, queda calcular la velocidad del agua, la cual es de 3,818 m/s y finalmente se calcula el caudal dando como resultado 147,75 m³/s.

4.1.5. ZONAS INUNDABLES

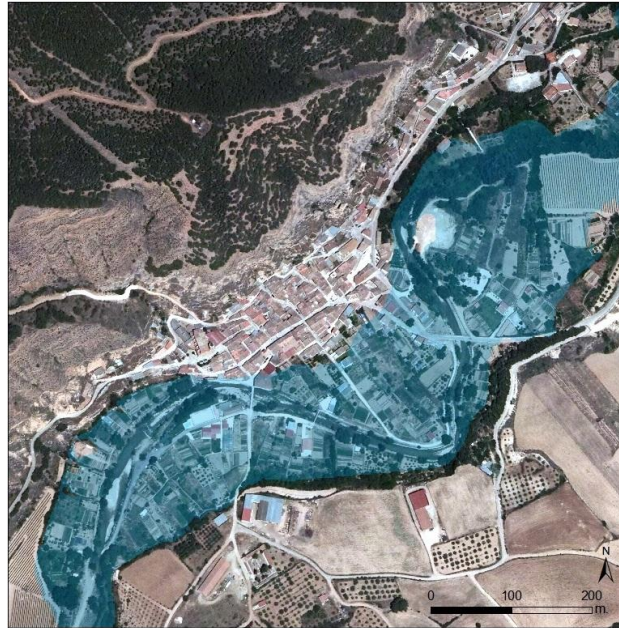
Para poder ver las zonas inundables del río Huerva a su paso por el entorno del núcleo de Tosos, se tiene en cuenta la zona inundable para un periodo de retorno de 50 años, ya que no aparecen datos en esta zona para un periodo de retorno de 10 años, ni el flujo preferente para el mismo periodo. La crecida más importante que se recuerda, la anteriormente citada del 7 de mayo de 2003, se estimó que tuvo un periodo de retorno de 15 años, y anegó la práctica totalidad de la huerta y algunas edificaciones próximas al cauce.

El periodo de retorno, tal como lo definen BALLARÍN D., HORACIO J. y OLLERO A. (2014), es el tiempo teórico que puede tardar en volver a producirse un suceso de determinado nivel al menos una vez con un 99% de probabilidad. Si el intervalo de recurrencia de un determinado tipo de evento es de 50 años no quiere decir que se producirá un evento así una vez cada cincuenta años, sino que existe un 2% de probabilidad de que un evento similar se produzca en cualquier año ($1/50=0,02$).

A continuación, se muestra el área inundable en el entorno de la localidad (*Figuras 8 y 9*).

En él, se puede observar cómo para este periodo de retorno, la crecida anegaría la totalidad de las huertas, el paseo del río, el parque y las edificaciones en la ribera, siendo la mayoría para el material de uso agrícola, y algunas en las cuales puede haber residentes. También el agua entraría por algunas calles bajas cercanas al cauce, pudiendo anegar las plantas bajas y sótanos de algunos edificios del casco urbano. La carretera también podría sufrir algún corte ya que el cauce podría superar el nivel de los puentes.

Debido a la llanura del fondo del valle y del espacio que tiene el río para laminar sus crecidas en el entorno natural y especialmente a que las construcciones más antiguas, véase el casco del municipio, están en zonas de ladera o en terrazas antiguas del río, apenas se aprecian diferencia entre la zona inundable de periodo de retorno de 50 años (*Figura 8*) y de 500 años (*Figura 9*). Si bien es cierto, las zonas más bajas, como son las zonas próximas a los dos puentes, podrían verse afectadas en un evento de estas características extremas.



LEYENDA
ZONA INUNDABLE

Figura 8. Periodo de retorno 50 años.



LEYENDA
ZONA INUNDABLE

Figura 9. Periodo de retorno 500 años.

4.2. DESPRENDIMIENTOS

El análisis de desprendimientos se ha comenzado con el análisis de una de las caídas de rocas, las cuales en Tosos se denominan “Peñas”, que se recuerdan en las últimas décadas. Para ello se han comparado dos ortofotos tanto de antes como de después del desprendimiento para observar la magnitud del percance, a lo que se ha incluido una imagen actual donde se observan los edificios restaurados que se destruyeron.

Una vez conocido y estudiado el suceso anterior, se da paso a la elaboración de un mapa de riesgos erosivos en la zona de estudios para poder observar cartográficamente las zonas que más exposición tienden a sufrir erosión, pudiendo comprobar que las zonas que más preocupan a la población son las que tienen un mayor riesgo.

En cuanto al estado actual de las peñas, se tiene en cuenta la ubicación de estas, sobre los tejados de las casas de Tosos, con lo cual siempre está presente el riesgo a que pueda haber afecciones severas sobre las viviendas y la integridad física de los propios habitantes. Se han realizado recientes estudios sobre las formaciones más características y en principio con mayor peligro a la vista de cualquiera debido a su tamaño y morfología, y se han extraído conclusiones acerca de este estudio y realizado obras de mantenimiento mediante inyecciones de consolidación. Estas conclusiones se han extraído observando el estado de las propias y los sedimentos que arrastra el agua cuando se producen precipitaciones, lo que indica que se sigue erosionando la zona en cuestión

Últimamente se han producido desprendimientos de rocas de diferentes tamaños, algunas de un gran tamaño provocando afecciones menores a algunas estructuras del municipio, las cuales se han fotografiado y valorado.

Otra formación rocosa que preocupa, en este caso la “Peña Tajada”, por la cual transcurren numerosos visitantes y caminantes, sufrió hace unos años un importante desprendimiento, el cual era visible que podría llegar a ocurrir, lo cual se ha justificado con imágenes tanto de antes como de después del evento, además de otras imágenes más recientes que parecen indicar que volverán a darse nuevos desprendimientos en un futuro no muy lejano.

Finalmente se han analizado los taludes de la carretera de acceso al municipio CV-102 los cuales sufren desprendimientos con bastante frecuencia cuando se producen intensas precipitaciones. Para ello se han fotografiado diferentes puntos de estos taludes y comprobado el riesgo que suponen para el tráfico rodado, además de realizar una cartografía de riesgos de erosión en esa zona en cuestión donde se detalla el grado de riesgo que hay.

Históricamente en el entorno del municipio se han producido desprendimientos de diferente importancia, en algunos casos, apenas algunas rocas de pequeño tamaño arrastradas tras las intensas lluvias, llegan a afectar levemente al estado de la carretera, en otros casos, han llegado a caer rocas de gran tamaño destrozando edificios y cortando caminos.

Destaca el siguiente desprendimiento:

Caída de una “Peña” a principios de los años ochenta:

Una roca de gran tamaño junto a la actual “Peña del Garbanzo” y anexa a un corral, se desprendió arrasando con todos los corrales y edificaciones que encontró por su paso ladera abajo, sin tener que lamentar daños personales (*Imagen 13*). En las siguientes ortofotos puede compararse como era esa zona antes y después del percance (*Figuras 10 y 11*), destacando sobre un cuadro en rojo la zona afectada.



Figura 10. Ortofoto 73-86 antes del desprendimiento



Figura 11. Ortofoto 80-86 tras el desprendimiento.



Imagen 13. Zona reconstruida tras el desprendimiento de los años 80.

4.2.1. MAPA DE RIESGOS EROSIVOS

Para conocer de modo cartográfico las zonas del área de estudio más vulnerables a la acción de la erosión se ha realizado una cartografía en la que se han tenido en cuenta las siguientes características: Pendiente, litología y vegetación. Podrían haberse añadido más variables para hacerlo de una manera más detallada y exhaustiva, como la acción hidrológica o eólica, pero con estas variables escogidas puede observarse con un buen detalle las zonas más vulnerables a la acción erosiva según las características escogidas.

Para ello, se ha creado un mapa de pendientes a partir del Modelo Digital Terrestre (MDT05) con el que se han obtenido las diferentes pendientes en porcentaje de la zona. Tras ello, se ha obtenido la curvatura de las pendientes para ver si eran plana, cóncava o convexa. En cuanto a la litología se han dado un valor numérico a cada tipo de roca, para finalmente dar un valor a cada tipo de uso del suelo.

Los valores que se han otorgado a cada tipología (*Tabla 5*) son los siguientes atendiendo al criterio de valoración de las “Claves para la clasificación de la susceptibilidad a la erosión obtenidas de VAN ZUIDAM-CANCELADO (1977)” (*Figura 12*) :

Pendiente %	0-2	1
	3-7	2
	8-13	4
	14-20	8
	21-55	16
	>56	24
Curvatura	Cóncava	1
	Convexa	2
	Plana	0
Vegetación	Terrenos regados permanentemente	1
	Bosques de frondosas	1
	Bosques de coníferas	1
	Vegetación esclerófila	4
	Terrenos agrícolas con espacios naturales	4
	Tierras de labor en secano	8
	Mosaico de cultivos	8
Litología	Calizas	2
	Conglomerados	2
	Conglomerados y areniscas	2
	Conglomerados y arcillas	3
	Arcillas, areniscas y conglomerados	3
	Calizas y margas	4
	Margas y calizas	4

Tabla 4. Valores de erosión.

A) Pendiente			E) Suelo y roca madre		
Tipo en %			1. Profundidad material no consolidado (cm.)		
0-2	Llano o casi llano	1	> 150	Muy profundo	1
3-7	Poco pendiente	2	100-150	Profundo	1
8-13	Pendiente	4	50-100	Poco profundo	2
14-20	Poco escarpado	8	25-50	Superficial	3
21-55	Escarpado	16	< 25	Muy superficial	4
56-140	Muy escarpado superior a 140 %	24	2. Textura		
		28	Turbosa		1
longitud de pendiente en mts.			Grava		1
< 15	Muy corta	1	Arena gruesa		2
15-50	Corta	2	Limo y arcilla		4
50-150	Algo larga	4	Arena fina y limo		8
150-300	Larga	6	3. Susceptibilidad de fragmentación		
> 300	Muy larga	8	Ninguna		0
forma de la pendiente			Débil		1
Cóncava		1	Moderada		3
Convexa		2	Fuerte		5
Recta		3	4. Compactación del suelo		
B) Vegetación y uso del suelo			Muy consolidado		1
Densidad % Tipo			Poco consolidado		2
> 75	Densamente cultivado, pastos permanentes, bosques	1	No consolidado		4
51-75	Bosques degradados	2	5. Estructura de la roca subyacente		
26-50	Zonas de pastoreo, rastrojos, matorral	4	Estratíf. horizontal		0
11-25	Cultivos extensivos, bosques quemados	8	Estratíf. vertical		1
< 10	Eriales/barbechos	16	Poco inclinada		1
C) Condiciones climatológicas			Medio inclinada		2
Frecuencia fuertes aguaceros			Muy inclinada		3
Excepcional		1	6. Profundidad capas impermeables		
1 en 1 año		2	> 150	Profundidad	0
Varios en 1 año		4	100-150	Poco profunda	1
D) Grados de erosión y movimiento en masa			50-100	Algo superficial	2
1. Grado de erosión eólica			< 50	Superficial	4
Ninguna		0	F) Prácticas de conservación		
Débil		1	1. En el terreno		
Moderada		2	Bancales		-6
Fuerte		4	Terrazas		-4
2. Grado de erosión laminar			Arado según curvas nivel		-2
Ninguna		0	2. En la red de drenaje		
Débil		1	Represas		-4
Moderada		2	Canales		-2
Fuerte		4	Caballones		-1
3. Grado de erosión de la red de drenaje			II. Clases de susceptibilidad que se obtienen por el sumatorio de estos índices		
Ninguna		0	Clase Sumatorio Descripción		
Débil		1	1	0-8	Nula
Moderada		2	2	9-16	Débil
Fuerte		4	3	17-32	Moderada
4. Grados de erosión por movimientos en masa			4	33-48	Alta
Ninguna		0	5	49-64	Muy alta
Débil		1	6	> 64	Altísima
Moderada		2			
Fuerte		4			

Figura 12. Clasificación de susceptibilidad erosiva por Van Zuidam y Cancelado (1977).

Las capas que se han sumado con sus valores son las siguientes:

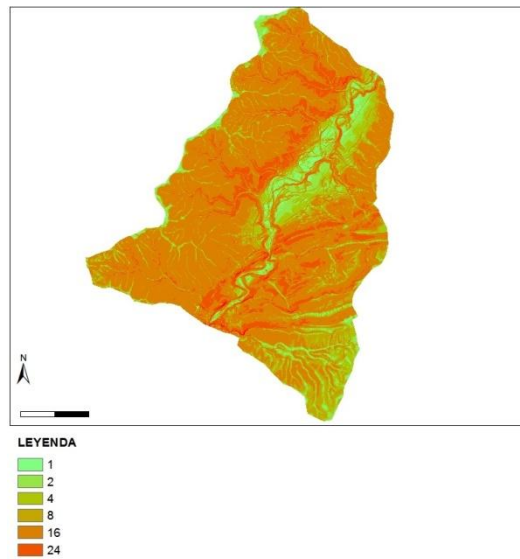


Figura 13. Mapa de pendiente.

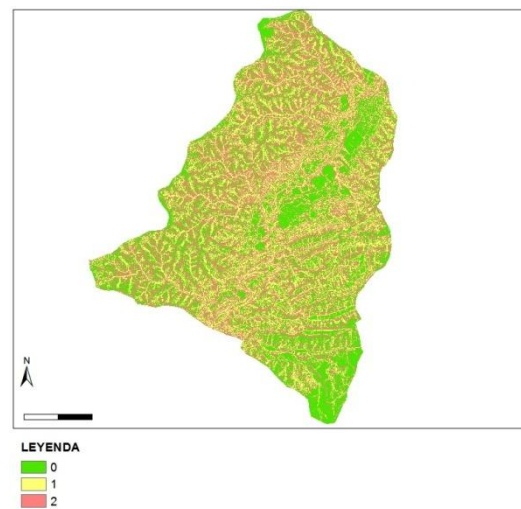


Figura 14. Mapa de curvatura.

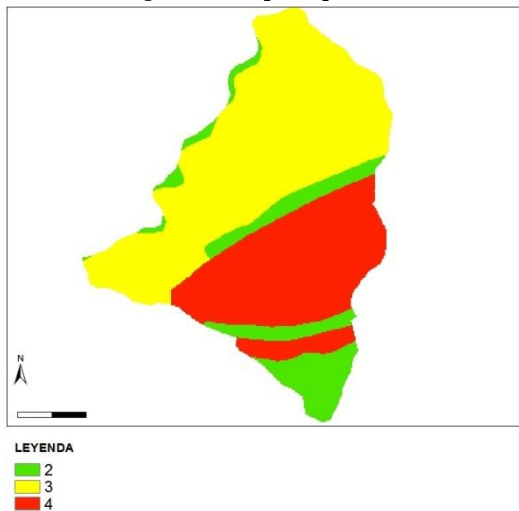


Figura 15. Mapa de litología

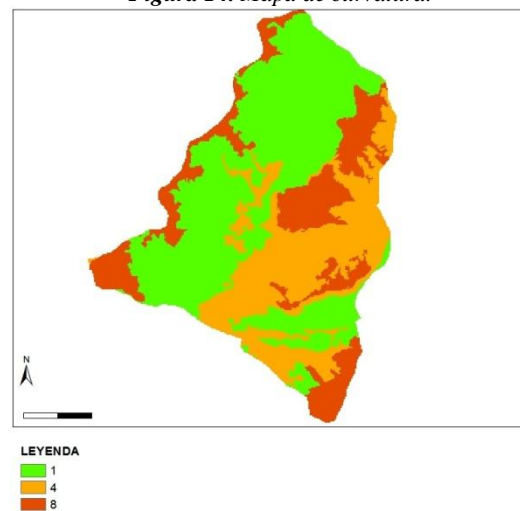


Figura 16. Mapa de usos del suelo

4.2.2. ESTADO ACTUAL DE LAS “PEÑAS”

Estas peñas, son formaciones rocosas formadas por arcillas, conglomerados y areniscas del terciario pero erosionadas en el transcurso del tiempo dando lugar a las formas que hoy conocemos.

Hace unos años, se encargó un estudio sobre el estado de las peñas más próximas al municipio. Fue encargada por el Gobierno de Aragón, realizada en los años 2008-2009 y como resultado se concluyó que las formaciones que más peligro representaban era las llamadas como “Peña del Garbanzo” y “Peña Chiquita” ambas sobre los edificios del pueblo, mientras que el resto de formaciones analizadas sobre el núcleo rural presentaban un peligro de desplome inferior, ya que el grado de individualización del macizo era mucho menor, por lo que consideraron que su estado de actual a futuro era mucho mayor.

La consultora encargada del estudio, centró la investigación en la zona que concluyeron como más peligrosa de la ladera valorando el estado de resistencia y estabilidad mediante la evaluación del equilibrio mecánico de la “Peña Chiquita” frente a las acciones verticales de tipo gravitatorio (peso propio y excentricidad de su componente) y horizontales (sismo y viento).

Tras evaluar las acciones, se comprobó que el riesgo principal para la estabilidad de las estructuras naturales estribaba en que la pérdida de sección resistente del monolito en la base, debida a la actuación de los procesos erosivos y/o el desprendimiento de bloques y cuñas, podía llevar al desplome del mismo por vuelco.

La propia consultora llevo a cabo una propuesta de solución adecuada y proporcionada a la magnitud del riesgo existente para la minimización del mismo tanto a corto como a largo plazo, y se hizo cargo de la dirección facultativa de las obras de consolidación proyectadas.

Estas obras consistieron en inyecciones de consolidación a baja presión, de resinas de alta capacidad de adherencia en las fisuras y grietas en los cuerpos inferiores de los monolitos de piedra, donde se concentran las tensiones. También se retiraron algunos bloques de roca que estaban disgregados en la zona más alta de una de las peñas mediante su demolición y desprendimiento controlado.

Como relatan los vecinos del municipio, hasta no hace muchos años, se practicaba escalada en la propia “Peña Chiquita” e incluso se podía bordear esta por el anillo inferior caminando, hoy en día ya no existe parte de este anillo debido a la erosión (*Imagen 14*).

Tras el estado de la base de la peña debido a las lluvias sería conveniente volver a realizar otro estudio y quizás invertir de nuevo en fijar la base con materiales que eviten la erosión y así poder evitar el vuelco de la peña en un futuro.

El episodio de lluvias acaecido en abril de 2018 ha puesto en juicio el estado del resto de peñas, tanto de las que se encuentran individualizadas como otras partes del macizo rocoso, ya que se han producido desprendimientos de algunas zonas de este, y la creciente preocupación de los vecinos debido a estos eventos.

Es cierto que siempre ha habido desplomes sobre el municipio de menor o mayor magnitud, pero bien es cierto que hoy en día hay mayores medios técnicos para mejorar la seguridad y también para la prevención y evitar que las actividades antrópicas favorezcan la erosión de la zona en cuestión.

En la base del que quizás el que sea el monumento natural más representativo de la localidad, la “Peña Chiquita” se ha producido un desprendimiento debido a las lluvias (*Imagen 15*), sumado a labores antrópicas en las que se quitó parte de la roca que sostenía y aseguraba el terreno, para en su lugar poder almacenar una gran cantidad de leña. Debido a esto, el terreno ha cedido y ha aumentado la preocupación de los vecinos de las casas próximas debido a que puede seguir erosionándose y caer más fragmentos, o incluso peligrar la propia peña si no se actúa con rapidez y los medios adecuados.



Imagen 14. Peña Chiquita.



Imagen 15. Base de la Peña Chiquita.

Entre el 11 y 13 de abril de 2018, con unas precipitaciones que superaron los 100 litros por metro cuadrado en esta zona, ha propiciado la caída de rocas de gran tamaño, provocando pequeños daños en algún tejado, como ocurrió en el depósito viejo, que hoy es utilizado como lugar de reunión de una cuadrilla del pueblo, los cuales tuvieron que quitar la roca con sus propios medios (*Imagen 16*).



Imagen 16. Desprendimientos sobre el depósito viejo.

También se ha desprendido un gran fragmento a las puertas de una cueva que también es utilizada por otra cuadrilla para reunirse durante las fiestas patronales, en este caso sin ninguna afección (*Figura 17*).



Imagen 17. Desprendimiento sobre la “Cueva de Jorge”.

Es frecuente la caída de pequeños fragmentos en la zona de peñas detrás del casco urbano, en algunos casos, como en el año 2016, de una gran dimensión. Debajo se encuentran unos edificios destinados como cocheras para guarda vehículos particulares y agrícolas, pero no llegó a caer ningún material sobre ellos (*Imagen 18*).



Imagen 18. Desprendimientos del año 2016.

4.2.3. PEÑA TAJADA

Esta formación rocosa, de material calcáreo, es un monumento natural por el cual pasa un camino entre medio, el cual excavaron con pico y pala (*Imagen 24*). La roca cuenta con algunas grietas, las cuales son fruto tanto del proceso de gelifracción en invierno, como crecimiento de raíces, o de la propia disolución.

En sus alrededores y en la parte de la base, al nivel del río Huerva, se pueden observar numerosos canchales, fruto de la erosión y posteriores desprendimientos a lo largo del tiempo.

Observando todas las señales mencionadas anteriormente, grietas y canchales, sumado a las características naturales de este tipo de roca, era previsible adivinar que se iban a producir desprendimientos, ya que las grietas son visibles en toda la zona, como puede apreciarse en la zona inferior derecha de la *imagen 19*, que fue lo que en 2016 se desprendió.

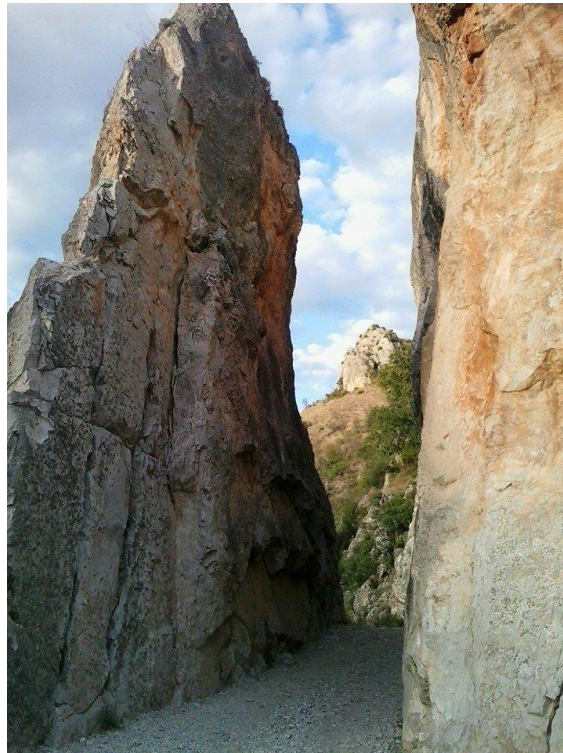


Imagen 19. Peña Tajada en el año 2015.

En las siguientes imágenes puede observarse la magnitud del desprendimiento, con fragmentos de roca en algunos casos mayores al de una persona. Por suerte el acontecimiento tuvo lugar entre semana y en el mes de junio, cuando apenas había gente en el municipio, ya que tanto los fines de semana y en los meses de vacaciones (julio, agosto), es una zona frecuentada por excursionistas y senderistas, con lo que no hubo que lamentar daños de ningún tipo (*Imágenes 20 y 21*).

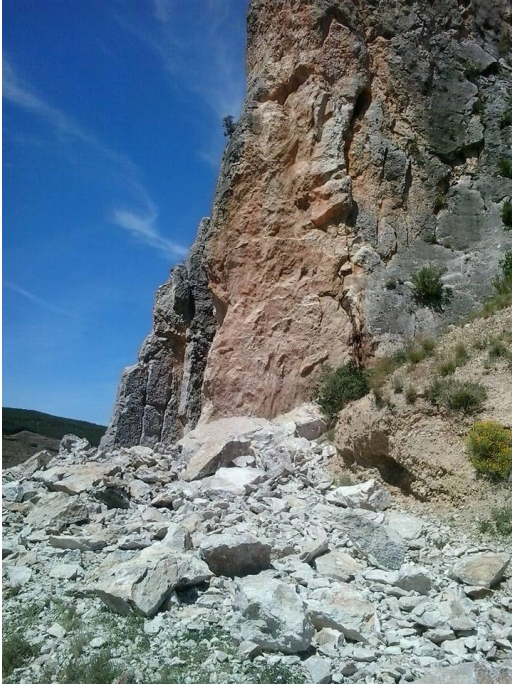


Imagen 20. Desprendimiento 2016.



Imagen 21. Desprendimiento 2016.

Casi dos años después del desprendimiento, puede observarse la zona afectada (*Imagen 22*), y como puede comprobarse, se ve la zona donde se inició la grieta (o quizás hubiera más, además de que también cediese la ladera anexa de la roca, con lo cual pudiera liberar la tensión y desprenderse todo) que facilitó el desprendimiento (*Imagen 23*).

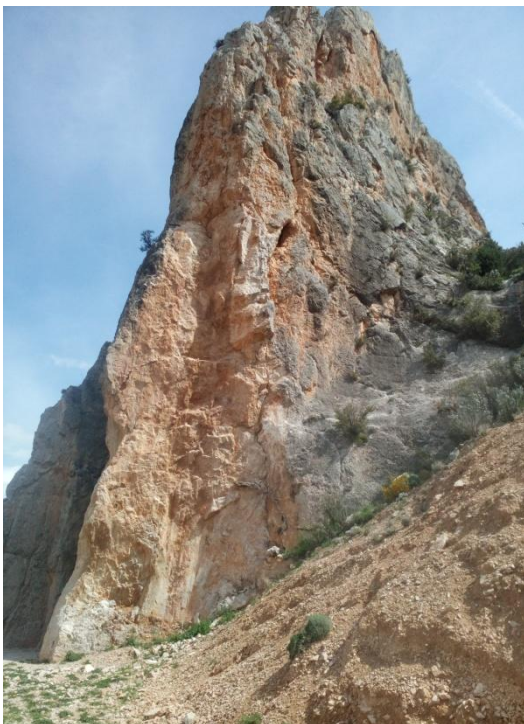


Imagen 22. Zona desprendida actualmente.

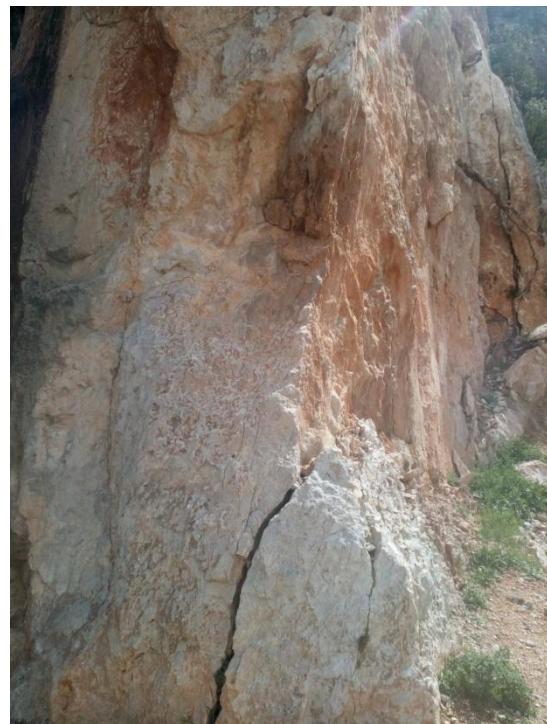


Imagen 23. Grieta donde se produjo el desprendimiento.

Sigue habiendo un evidente y visible riesgo de desprendimiento tanto en la zona de la roca que está en plena montaña, como la parte que está separada por el camino, lo cual sería aconsejable tomar medidas ya no sólo para evitar perder un monumento natural tan singular, sino por el peligro que conlleva para el ser humano y para evitar afecciones en la zona de abajo, pudiendo llegar a afectar al cauce del río Huerva ya que en esa zona hay una estrechez donde está situado el azud que permite desviar parte del cauce para el sistema de acequias para el regadío de la localidad.



Imagen 24. Grieta actual.

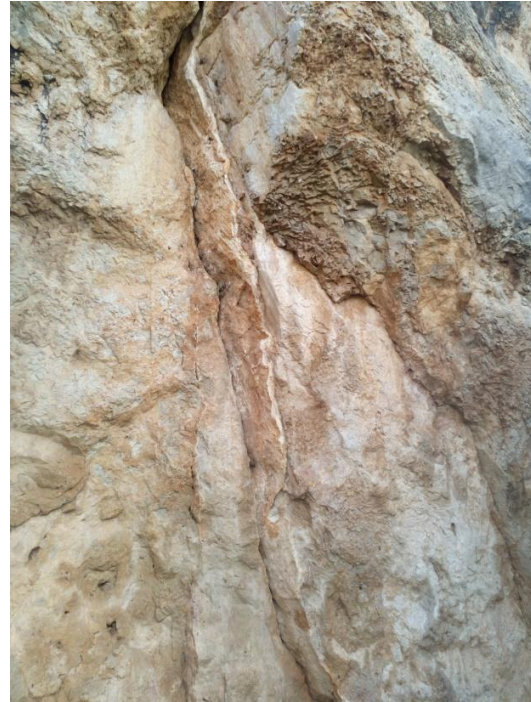


Imagen 25. Grieta actual.



Imagen 26. "Peña Tajada" desde el río Huerva.

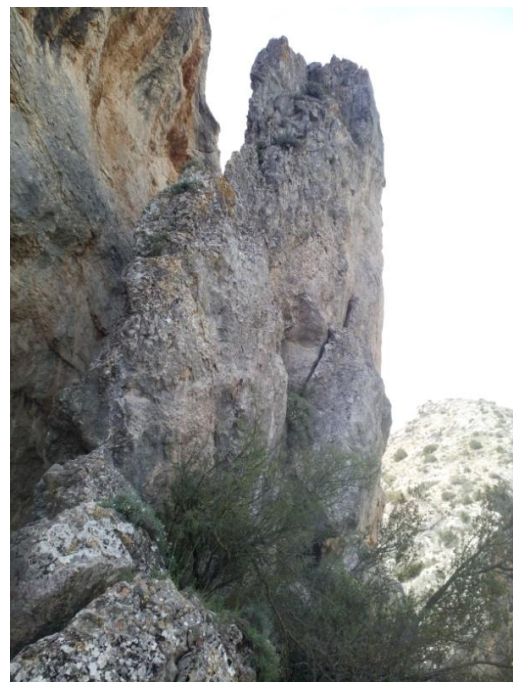


Imagen 27. Grieta actual.

Otro lugar afectado por los desprendimientos de rocas, también de origen calizo, es en la falda de la denominada como “Peña del Rayo”, en las proximidades de la presa del embalse de Las Torcas, justo encima de la estación de aforo del río Huerva, es una zona en la que se puede apreciar que hay desprendimientos con cierta frecuencia pero de pequeños fragmentos, aunque de vez en cuando estos son de un tamaño más importante, los cuales suelen caer en algunos casos sobre el camino que une el embalse con el municipio de Tosos por la ribera del río y “Peña Tajada”, con lo que es una zona frecuentada también por excursionistas y senderistas. En caso de darse un desprendimiento más importante, podría afectar al cauce del río, e incluso llegar a dañar la estación de aforo de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

En otras zonas próximas al pueblo, como en el camino al Embalse de Las Torcas, se ha producido algún desprendimiento importante, sin llegar por poco a taponar el camino que comunica el municipio con dicho embalse.

4.2.4. TALUDES CARRETERA

En la carretera de acceso a la localidad desde Villanueva de Huerva, la CV-102, las laderas, las cuales son de arcillas bajo algunas capas de conglomerados, sufren deslizamientos con importantes precipitaciones, las cuales ciegan los canales que hay en los ribazos de la carretera incluso llegando a invadir el propio asfalto, pudiendo crear un peligro para los vehículos o peatones que por ahí pasan o incluso pudiendo llegar a cortar la vía de comunicación principal del municipio. En tiempos pasados, incluso hubo grietas en la carretera que tuvieron que asegurar con una capa de hormigón.



Imagen 28. Ladera carretera.



Imagen 29. Zona problemática.

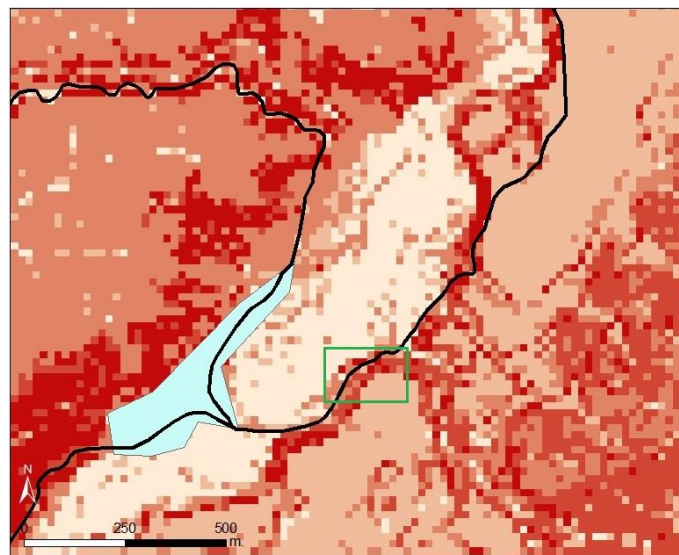


Imagen 30. Ladera carretera.



Imagen 31. Roca peligrosa.

En la siguiente figura, puede observarse el riesgo de erosión de la zona de los taludes citados, el cual sigue la misma metodología para la realización del mapa de riesgos erosivos, pero a una escala más pequeña para poder observar con mayor detalle cómo esta zona por la que transcurre la carretera, está en la zona con mayor riesgo de erosión.



LEYENDA	
Riesgo	Otros elementos
 Muy bajo	 Carretera
 Bajo	 Nucleo rural
 Medio	 Zona taludes
 Alto	
 Muy alto	

Figura 17. Grado de riesgo de erosión en la zona de taludes.

4.3. INCENDIOS

El análisis de riesgos de incendios, se ha realizado teniendo en cuenta el tipo de vegetación presente y su facilidad para sufrir eventos incendiarios, haciendo especial hincapié en incendios ocurridos en el pasado en la zona, como se produjeron y como se extinguieron, además de las afecciones que tuvieron para la sociedad local. También se observa cómo ha ido regenerándose la vegetación de manera natural, pudiendo así hacerse a la idea lo que podría ocurrir de producirse un evento de estas características.

En los alrededores del municipio de Tosos, hay un extenso pinar de repoblación de los años sesenta de *Pinus halepensis*, el cual es una especie con una gran facilidad de ignición y propagación, lo cual es un riesgo a tener en cuenta en el estudio dado al importante número de incendios forestales que se producen en pinares de estas características debidos a negligencias antrópicas o a causas naturales como caída de rayos sumado a épocas de escasas precipitaciones y altas temperaturas.

Hay documentados en la zona de estudio y sus proximidades dos incendios de cierta importancia, además de algunos conatos.

Estos incendios de cierta importancia son el del entorno del Embalse de Las Torcas en el año 1994, y el del Pinar Autóctono de Villanueva de Huerva en el año 2001.

En cuanto a la frecuencia de los incendios, desde el fuego producido en julio del año 1994 en el Embalse de las Torcas, sólo ha habido algún pequeño conato, siendo el incendio de cierta importancia de mayor cercanía el producido en Villanueva de Huerva en el año 2001.

El número de incendios que se han producido en el término municipal de Tosos entre los años 2001 y 2014, ha sido de 13, de los cuales 7 han sido conatos y 6 incendios, con lo cual la frecuencia de incendios en el municipio es de casi uno al año.

4.3.1. INCENDIO PINAR DE “LAS TORCAS”

El primero, tuvo lugar el 19 de julio de 1994, en que ardieron alrededor de 30 Ha de Monte del Estado (*Imagen 32*), especialmente afectando a la masa de *Pinus halepensis* que caracteriza esa zona. La causa del incendio es desconocida y el cual se propagó solamente por bosque, siendo un fuego de copas y se tardó cerca de un día en su extinción. En cuanto a los efectos ambientales, la estimación de impacto global, fue de entre un 30-59% en la superficie arbolada autoregenerable, tuvo un efecto en la vida silvestre pasajero, un riesgo de erosión moderado, una alteración del paisaje y valores recreativos pasajera, y un efecto en la economía local inapreciable.

Como puede observarse, la zona afectada se ha regenerado naturalmente ya que la especie afectada, el *Pinus halepensis*, tiende a recuperarse con una gran rapidez para volver a crecer y dar verdor a la zona (*Imagen 33*).

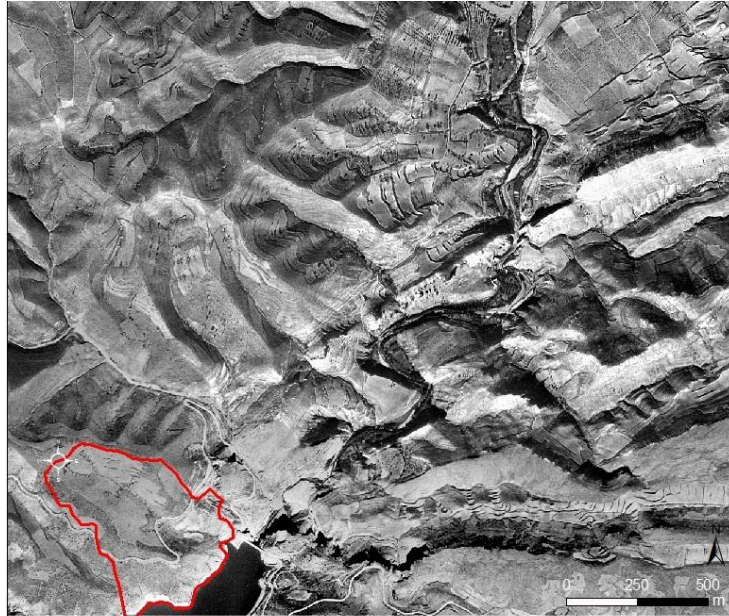


Imagen 32. Zona incendiada en julio de 1994.



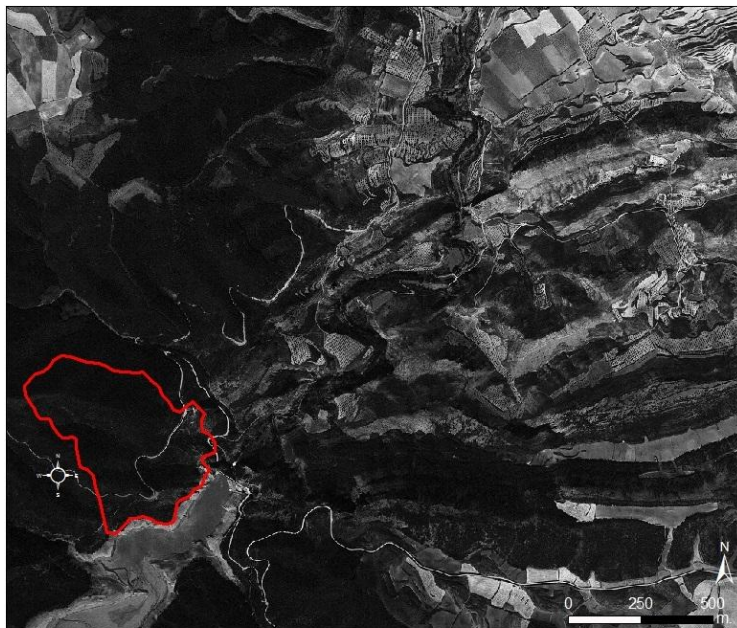
Imagen 33. Zona auto regenerada en abril de 2018

A continuación se puede observar la evolución del pinar el cual fue plantado en los años sesenta. (*Figuras 18, 19, 20 y 21*).



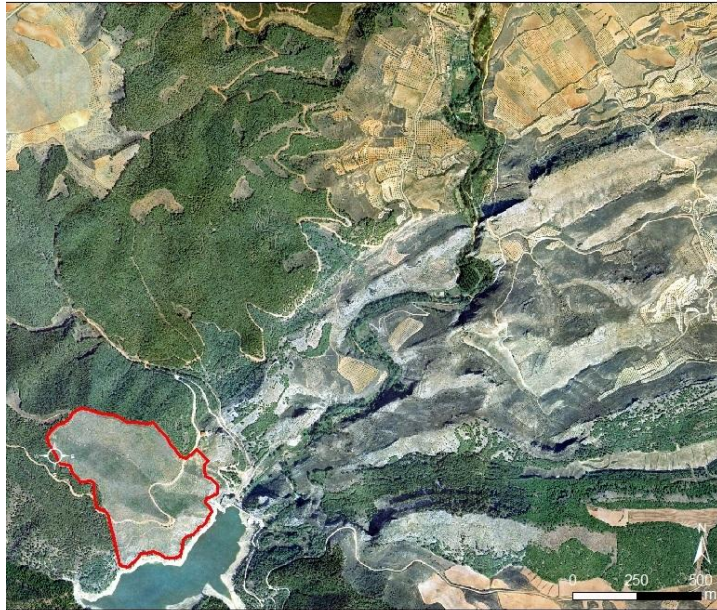
LEYENDA
□ Zona incendiada

Figura 18 Monte sin pinos en 1957.



LEYENDA
□ Zona incendiada

Figura 19. Monte con pinos en 1980-1986.



LEYENDA


 Zona incendiada

Figura 20. Monte tras el incendio. 1999.



LEYENDA


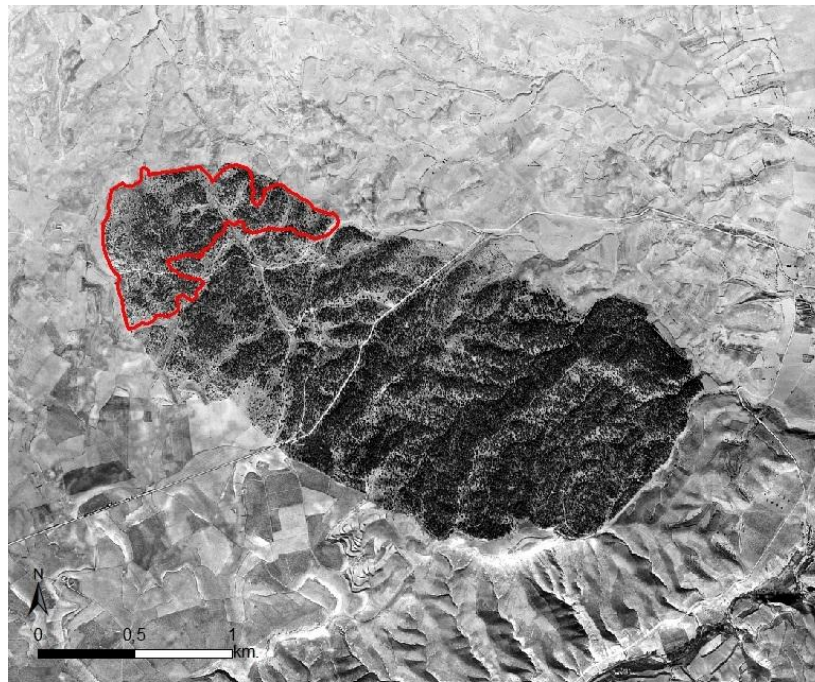
 Zona incendiada

Figura 21. Monte auto regenerado. 2015.

4.3.2. INCENDIO PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA DE HUERVA

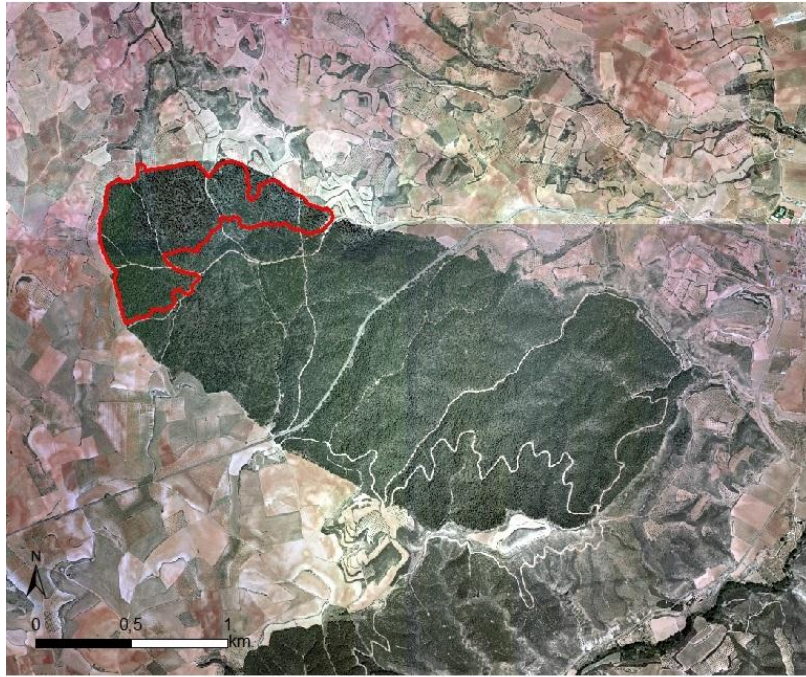
El segundo, tuvo lugar el 1 de agosto de 2001, en la que ardieron unas 52.30 Ha de Monte de Utilidad Pública, de las cuales 49.30 Ha fueron de superficie forestal arboladas y 3 Ha de no arbolada. La mayor parte de la vegetación arbórea quemada fue *Pinus halepensis*. La causa del incendio fue un rayo, y la propagación se produjo mediante la combustión de pastizales, matorrales y bosques, siendo un fuego de superficie y copas y se tardó unas cuatro horas en el control del fuego, para darlo por extinguido tres días después, el 4 de agosto. En cuanto a los efectos ambientales, la estimación del impacto global, fue de entre un 60-100% de superficie arbolada auto regenerable, tuvo un efecto en la vida silvestre pasajero, un riesgo de erosión moderado, una alteración del paisaje y valores recreativos pasajero y un efecto en la economía local inapreciable. (Figuras 22, 23, 24 y 25)

La información sobre estos dos incendios, ha sido obtenida del Servicio de Gestión de los Incendios Forestales y Coordinación del Gobierno de Aragón, mediante los partes de incendio forestal.



LEYENDA
Zona incendiada

Figura 22. Pinar autóctono de Villanueva. 1957.



LEYENDA


 Zona incendiada

Figura 23. Pinar autóctono de Villanueva antes del incendio. 1999.



LEYENDA


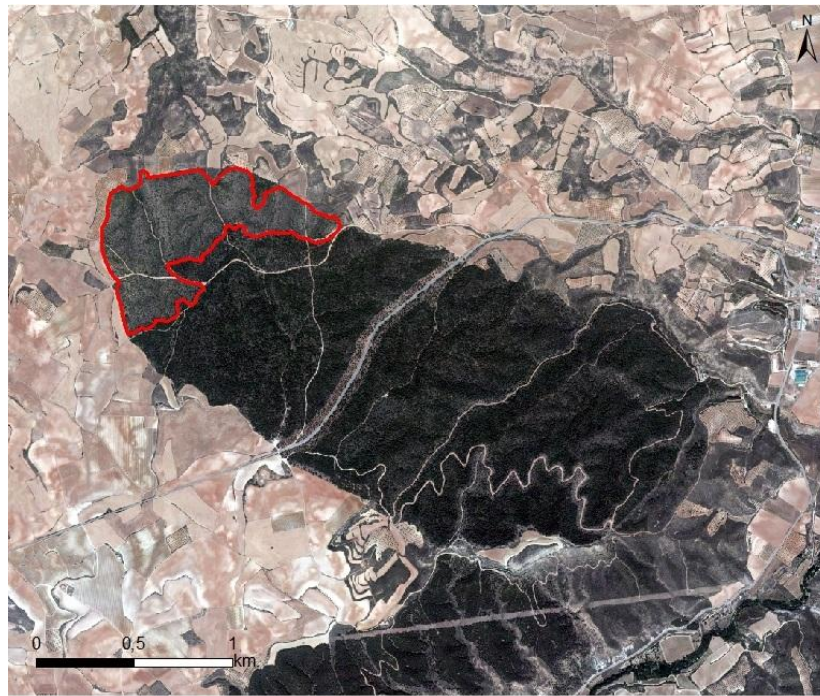
 Zona incendiada

Figura 24. Pinar autóctono de Villanueva tras el incendio. 2006.



LEYENDA


 Zona incendiada

Figura 25. Pinar autóctono de Villanueva. 2015.

5. ENCUESTAS A LA POBLACIÓN

Para lograr conocer la percepción sobre los riesgos naturales en Tosos que tiene la población de la localidad y poder ver posibles diferencias entre los tipos de opiniones, se ha elaborado una encuesta a ciudadanos del pueblo, tanto habitantes que viven a diario, como personas que acuden al municipio los días festivos o de vacaciones. Se ha segmentado en tres categorías, como son los habitantes fijos del pueblo y los que no lo son, tres rangos de edad: menores de treinta años, entre treinta y sesenta años y mayores de sesenta, y también por sexo. Este cuestionario se ha realizado tanto de manera presencial rellenando el formulario en papel en el propio municipio, como de manera electrónica por internet habiendo sido entregado a sólo habitantes que viven o suelen visitar la localidad.

La encuesta consta de siete preguntas donde se tratan diversos riesgos asociados con el pueblo y las respuestas son cerradas con tres opciones que van de un rango 0 (no hay ningún riesgo) hasta 2 (riesgo claro), exceptuando una pregunta de Sí o No para saber si cree que municipio es vulnerable a cualquier tipo de riesgo natural, como para las preguntas de datos personales. Las preguntas son las siguientes:

BLOQUE I

- ¿Le preocupa el estado de las peñas sobre el municipio?
- ¿Le preocupa el estado de los taludes anexos a la carretera?
- ¿Siente preocupación por un posible incendio forestal en el entorno?
- ¿Se siente seguro en el entorno del río Huerva?
- ¿Se siente seguro sobre el estado actual de la presa de Las Torcas?
- ¿Y si se realiza el recrecimiento de la presa?
- ¿Cree que el municipio puede sufrir algún peligro natural?

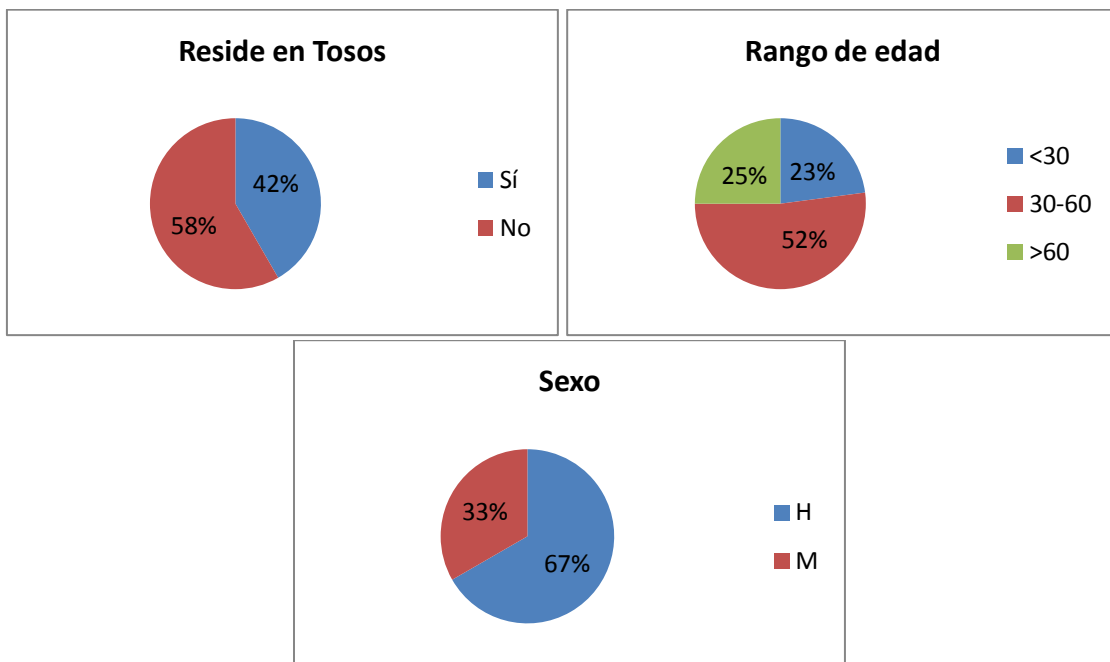
BLOQUE II

¿Reside habitualmente (a diario) en el municipio?

Edad

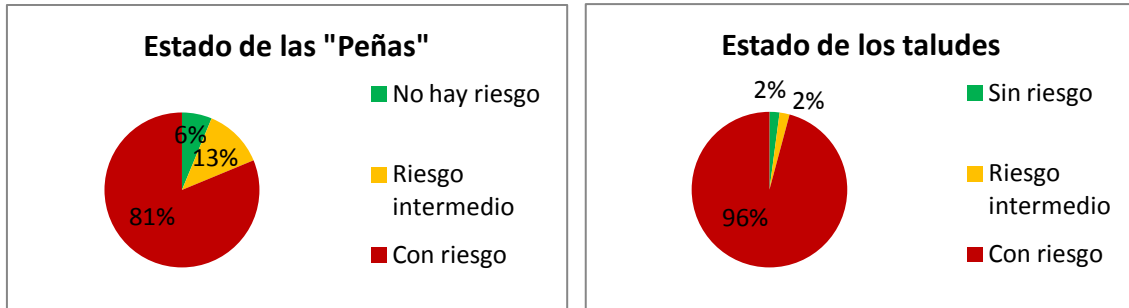
Sexo

Se ha encuestado a un total de 48 personas de manera directa, de los cuales 20 residen habitualmente en el municipio y los 28 restantes acuden en días libres o vacaciones. En cuanto al rango de edad se ha dividido en tres partes: menores de 30 años; entre 30 y 60 años; más de 60 años. En cuanto al sexo de los entrevistados, 32 son hombres y 16 mujeres.

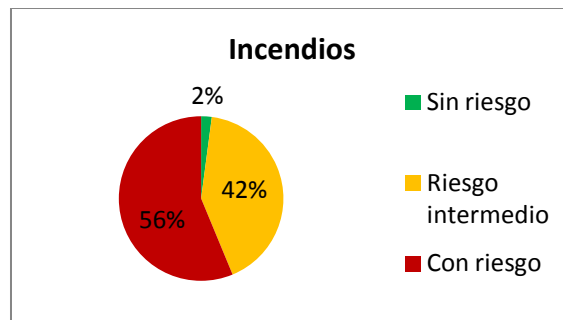


Los resultados son los siguientes:

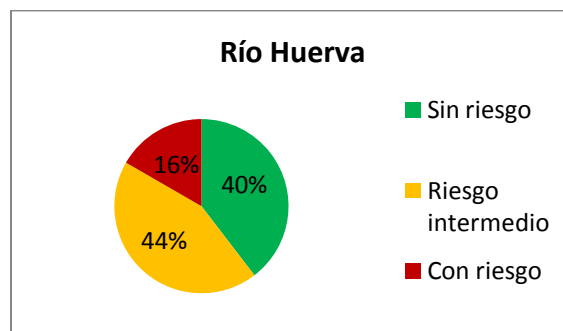
El 81% cree que hay un elevado riesgo en el actual estado de las peñas que rodean el municipio en el que no se detectan diferencias significativas entre las diferentes tipologías de encuestados. En cuanto a los taludes anexos a la carretera, el 96% considera que hay un riesgo importante.

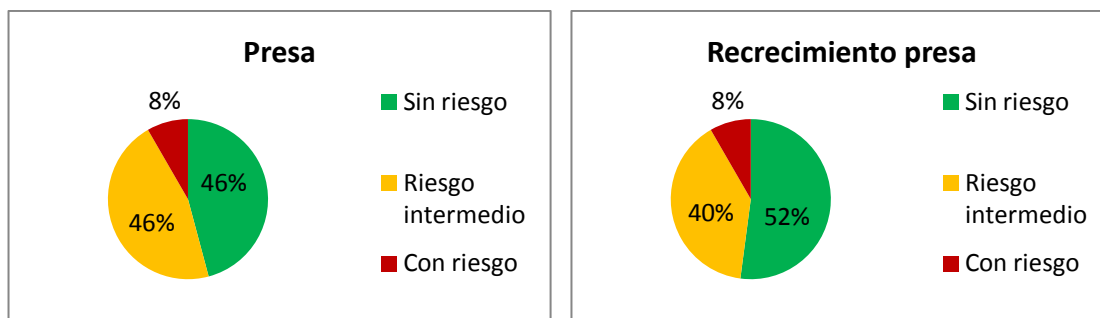


La mayoría, un 98% de los encuestados consideran que hay riesgo de un posible incendio forestal en el entorno, de los cuales, el 56% creen que es un riesgo importante, mientras el 42% restante lo ven como intermedio. Entre los no residentes la preocupación es mayor, y especialmente entre los menores de 30 años.

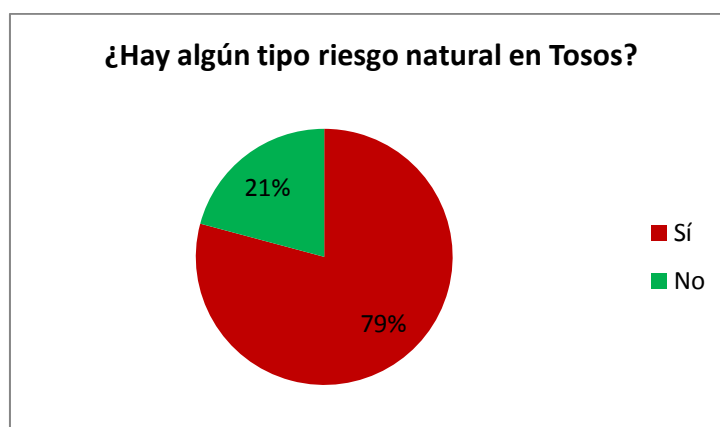


En cuanto a la hidrología, casi la mitad de la población, el 40% se siente segura en cuanto al comportamiento del río Huerva se refiere, mientras que un 44% cree que hay sólo un cierto riesgo de que haya eventos problemáticos. Los no residentes consideran más seguro el entorno del río que los habitantes fijos. En cuanto al embalse de Las Torcas, se encuentra dividido el grado de percepción del riesgo de la población de que pueda haber una rotura u otras afecciones, ya que el 46% se siente segura, cifra que aumenta a un 52% de realizarse el recrecimiento de la presa.





En definitiva, el 79% de los encuestados cree que el municipio puede sufrir algún daño natural de cualquier tipo, teniendo una mayor percepción de riesgo las mujeres que los hombres, y la población mayor de 30 años que los jóvenes de esta edad. En cuanto a residentes o no residentes, la percepción de riesgo es similar. En especial, preocupan los incendios y el estado de los taludes de la carretera. Esto puede ser debido a que todos los veranos se producen incendios de mayor o menor importancia en el Sistema Ibérico, algo que sensibiliza a los habitantes de la zona, y la visibilidad de las laderas de la carretera al acceder al municipio, las cuales sufren de erosión tanto con la sequía en verano, como con las intensas precipitaciones.



6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Riesgos hidrológicos:

Hay un escaso riesgo de inundaciones debido a las escasas precipitaciones y la capacidad del embalse para la regulación y la laminación del caudal en caso de crecidas. Este embalse, tiene un plan de emergencia desde el 2017, lo cual hace que cumpla la normativa para una presa de sus características, aún así no hay una percepción total de seguridad sobre el estado actual de la propia presa por parte de la población.

El núcleo rural, en su mayoría está construido a salvo de una importante crecida como se comprobó en 2003 en la cual se dio un caudal aproximado de $147.75 \text{ m}^3/\text{s}$ según la fórmula de Manning, a lo que habría que sumar el caudal desbordado del cauce principal y se puede observar en los modelos de los períodos de retorno estudiados. Aún así hay ciertos garajes y alguna vivienda de nueva construcción que podrían verse afectados de repetirse las inundaciones ya mencionadas, además de los daños en las huertas, lo cual no afectaría económicamente al municipio, pero ocasionaría molestias a los propietarios y usuarios de estas.

En cuanto a la percepción de la población, hay una cierta tranquilidad sobre el río Huerva, pero sí que es cierto que hay algo de preocupación en gran parte de los habitantes debido a que han sucedido eventos recientes, como el del 2003 que trajo grandes incidencias a la zona cercana del río.

Sobre la presa del Embalse de Las Torcas, hay una cierta sensación de seguridad, la cual se vería disminuida mínimamente de realizarse las obras de recrecimiento de capacidad del embalse.

Con lo cual, hay una cierta diferencia entre el análisis técnico y la percepción de la población en cuanto a la presa, ya que esta cumple las medidas de seguridad y el plan de emergencias, pero en cuanto al río Huerva se refiere hay una cierta homogeneidad entre ambas formas de análisis, ya que se es consciente en parte de que puede volver a haber alguna afección en un futuro no muy lejano.

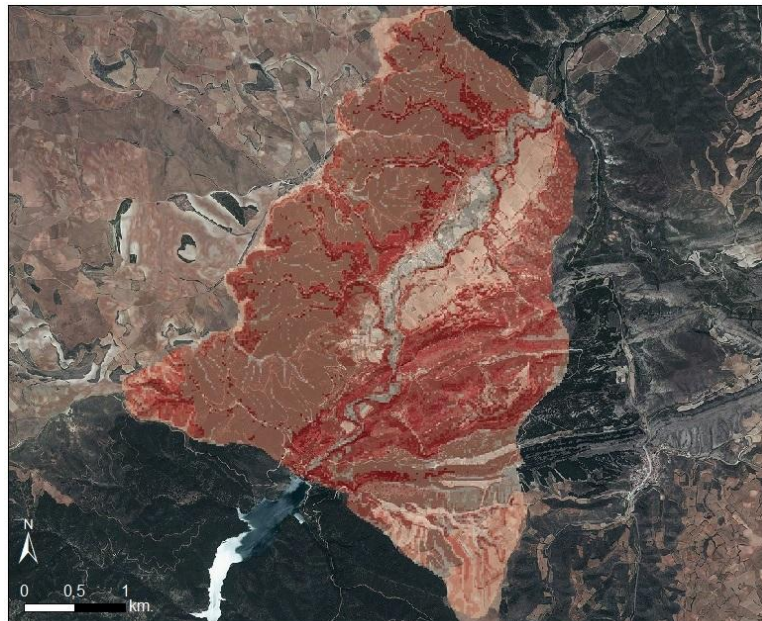
Desprendimientos:

Es evidente el importante riesgo que hay de desprendimiento para la población, tanto en las formaciones rocosas que hay sobre el núcleo rural, como otras que hay en caminos, además del delicado estado de los taludes arcillosos junto a parte de la carretera de acceso a la localidad CV-102, por la cual circula el transporte público y gran parte del privado.

Observando los desprendimientos que ha habido, tanto el más importante producido, el ya citado de los años ochenta, como los más recientes causados por lluvias intensas además de por afecciones antrópicas, evidencia que hay un importante riesgo de que sigan produciéndose nuevas caídas de rocas.

En la siguiente figura se puede observar las zonas más proclives a sufrir erosión y por lo tanto desprendimientos del área de estudio.

En cuanto a la percepción de la población, concuerda con el análisis técnico, ya que se tiene un alto grado de percepción de riesgo entre los habitantes, y más con los últimos eventos de desprendimientos de rocas y las afecciones en los taludes de la carretera ya analizados en este trabajo.



LEYENDA

	Muy bajo
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy alto

Figura 26. Riesgos erosivos en la zona.

Incendios:

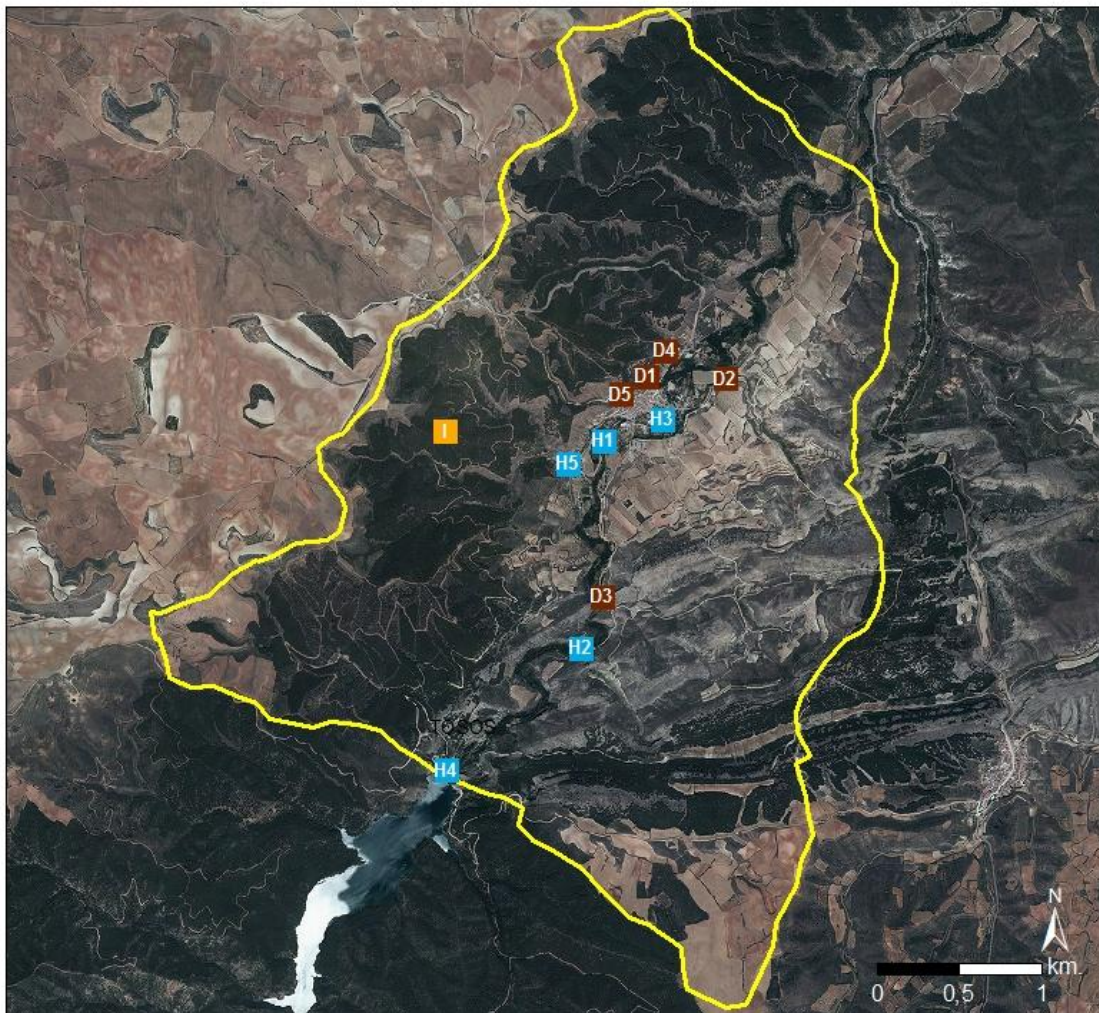
La población tiene una percepción de un gran riesgo de que se produzca un incendio forestal en el entorno del municipio. Es cierto que las labores de limpieza y mantenimiento ayudan a un mejor estado de los bosques de la zona, pero la caída de un rayo en una tormenta de verano podría originar un incendio que de no ser controlado con rapidez podría llegar hasta las puertas del municipio, el cual está ubicado en una altitud inferior a la del pinar.

Los dos antecedentes estudiados hacen ver que hay medios para poder atacar cualquier incendio en la zona con gran rapidez y efectividad, con la gran ventaja de disponer de una gran cantidad de agua en el próximo Embalse de Las Torcas, aunque alguna vez se ha obtenido el agua necesaria para las tareas de extinción de las piscinas municipales de Tosos.



La percepción de la población sobre los incendios es que hay un gran riesgo de que pueda producirse alguno en el entorno próximo. Esto apoya el análisis del tipo de pinar ubicado en las proximidades el cual es una especie que puede sufrir incendios en determinadas circunstancias con una cierta facilidad, aunque un buen cuidado de esta masa arbórea puede ayudar a minimizar la extensión a arder.

7. PROPUESTAS DE ACTUACIÓN

PROPUESTAS DE ACTUACIÓN PARA MINIMIZAR Y/O ELIMINAR RIESGOS



LEYENDA

- | | |
|--|---|
|  Hidrología | Otros elementos |
|  Deslizamientos |  Zona de estudio |
|  Incendios | |



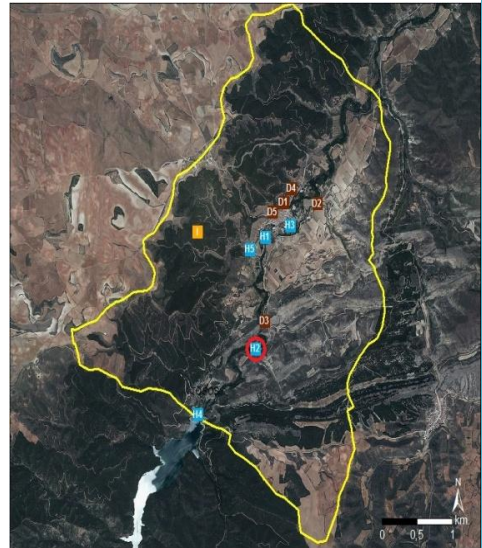
Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: PNOA Máxima actualidad. Hoja 439
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe
Junio 2018

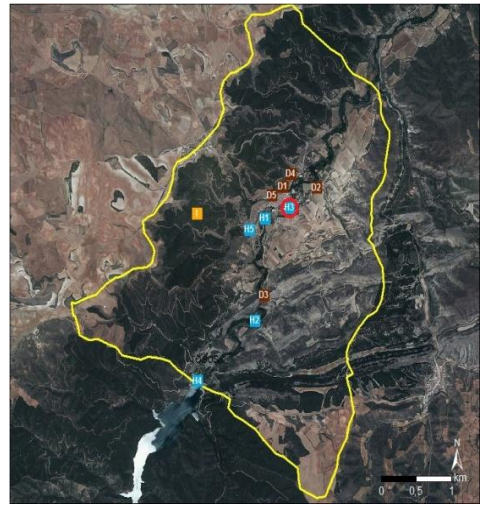
EVITAR CONSTRUIR MOTAS	
OBJETIVO	No construir motas en el entorno del cauce, ni elevar las existentes, las cuales se utilizan como paseo o camino de acceso a las huertas, ya que así se laminaría una posible crecida y sólo se inundaría zona de huerta o sin uso.
LOCALIZACIÓN	Cauce del río Huerva, en especial en la zona anterior a la llegada del curso del río al municipio.
ACTUACIÓN	Mantenimiento de la infraestructura actual.
PROMOTORES	Confederación Hidrográfica del Ebro, Ayuntamiento de Tosos.



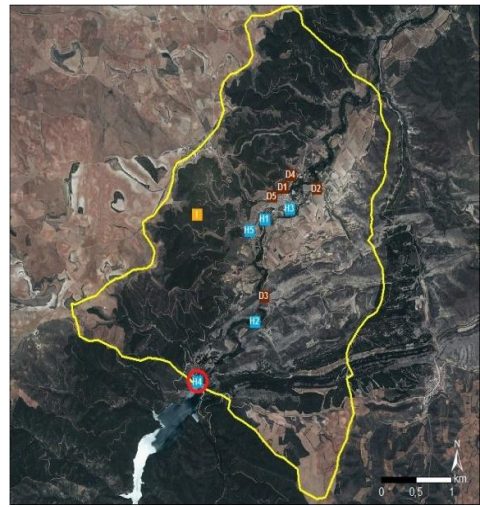
LIMPIEZA DEL CAUCE	
OBJETIVO	Disponer de un cauce totalmente libre de restos de troncos de gran tamaño además de restos de infraestructuras destruidas en crecidas anteriores.
LOCALIZACIÓN	Cauce del río Huerva, en especial en la zona anterior a la llegada del curso del río al municipio.
ACTUACIÓN	Retirada de troncos y restos muertos de naturaleza de cierto tamaño, además de restos de construcciones antrópicas destruidas que puedan ser arrastrados aguas abajo en crecidas repentinas.
PROMOTORES	Confederación Hidrográfica del Ebro, Ayuntamiento de Tosos.



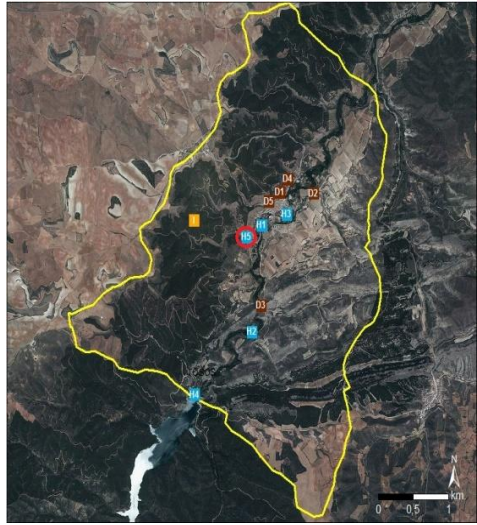
NO CONSTRUIR VIVIENDAS PRÓXIMAS EN ZONA INUNDABLE	
OBJETIVO	Evitar la puesta en riesgo de la población mientras construcción de viviendas y protección de las ya existentes.
LOCALIZACIÓN	Zona de inundable en la localidad y entorno.
ACTUACIÓN	Impedir la construcción de viviendas en esa zona en el Plan General de Ordenación Urbana.
PROMOTORES	Ayuntamiento de Tosos.



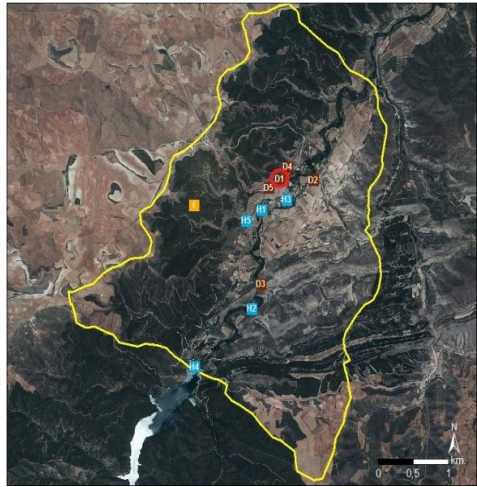
RENOVACIÓN PRESA DE LAS TORCAS	
OBJETIVO	Mejora de las instalaciones de la presa de las Torcas para evitar posibles grietas generadas por el propio desgaste y la erosión de las rocas entre las que está construida.
LOCALIZACIÓN	Embalse de Las Torcas.
ACTUACIÓN	Obras de consolidación de la presa y especialmente en la zona de contacto con las rocas de ambos lados.
PROMOTORES	Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón.



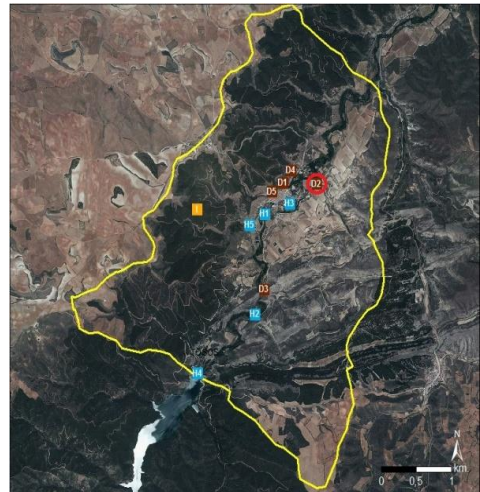
CONSTRUCCIÓN DE PUENTE	
OBJETIVO	Evitar que se represe el agua que baja de la unión del Barrano Molar y del Navallo y así poder evitar la destrucción del camino del pantano que lo atraviesa en ese tramo.
LOCALIZACIÓN	Camino entre Tosos y el Embalse de Las Torcas.
ACTUACIÓN	Retirar los tubos de desagüe del agua del barranco que cruzan el camino y construir un puente con una mayor sección.
PROMOTORES	Confederación Hidrográfica del Ebro. (Es el titular del camino). Ayuntamiento de Tosos.



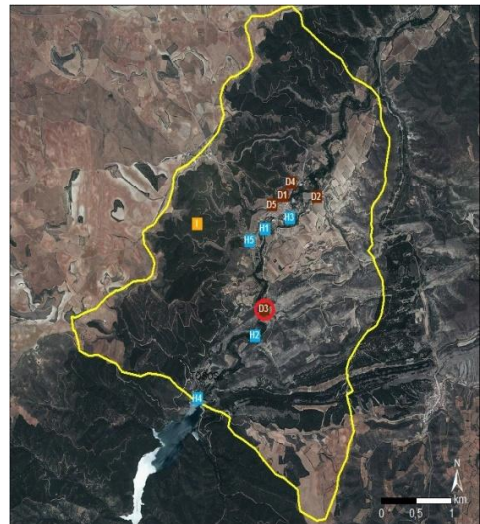
ASEGURAR LA BASE DE LA PEÑA CHIQUITA	
OBJETIVO	Evitar la pérdida de material de la base de la peña y reforzarla
LOCALIZACIÓN	Núcleo rural de Tosos
ACTUACIÓN	Reforzar la base de la Peña Chiquita con hormigón armado o con un muro de piedras.
PROMOTORES	Gobierno de Aragón, Diputación de Zaragoza, Ayuntamiento de Tosos.



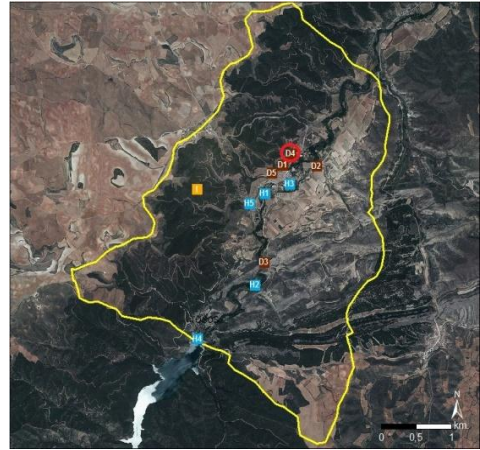
ASEGURAR TALUDES DE LA CARRETERA (CV-102)	
OBJETIVO	Evitar las incidencias en la carretera por la caída de material procedente de los taludes.
LOCALIZACIÓN	Carretera CV-102
ACTUACIÓN	Reforzar los taludes de la carretera con cemento y retirada de rocas y fragmentos en estado peligroso.
PROMOTORES	Diputación de Zaragoza, Ayuntamiento de Tosos.



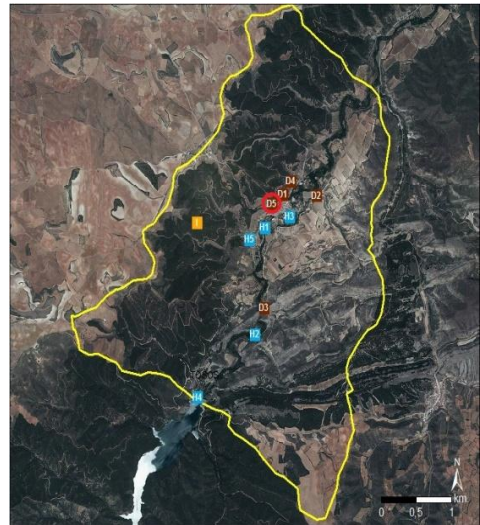
REFORZAR PEÑA TAJADA	
OBJETIVO	Evitar nuevos desprendimientos en la “Peña Tajada”.
LOCALIZACIÓN	Peña Tajada, Camino de acceso al sendero del pantano.
ACTUACIÓN	Sellado de grietas para evitar desprendimiento de rocas y retirada de partes en muy mal estado y gran riesgo de desprendimiento.
PROMOTORES	Gobierno de Aragón, Diputación de Zaragoza, Ayuntamiento de Tosos.



RESTRICCIÓN ACCESO A LAS PEÑAS	
OBJETIVO	Evitar la pérdida de material del suelo y el deterioro de las formaciones rocosas más características y a la vez peligrosas.
LOCALIZACIÓN	Núcleo rural de Tosos
ACTUACIÓN	Evitar el acceso a las zonas más conflictivas y marcar un sendero por el que poder subir hasta una distancia prudente a los vecinos y visitantes. Prohibir tajantemente la escalada a la Peña Chiquita.
PROMOTORES	Ayuntamiento de Tosos.



PROHIBIR CONSTRUCCIONES EN LA ZONA DE LAS PEÑAS	
OBJETIVO	Evitar posibles problemas derivados de la construcción y movimiento de materiales en las zonas colindantes con las peñas, para así ayudar al mantenimiento de éstas.
LOCALIZACIÓN	Núcleo rural de Tosos.
ACTUACIÓN	Evitar el acceso a las zonas más conflictivas y marcar un sendero por el que poder subir los vecinos y visitantes hasta una distancia prudente. Prohibir tajantemente la escalada a la Peña Chiquita.
PROMOTORES	Ayuntamiento de Tosos.



ACTUACIONES ANTI-INCENDIOS	
OBJETIVO	Evitar de los incendios propiciados por el ser humano y minimizar las consecuencias de los incendios naturales.
LOCALIZACIÓN	Pinar de Tosos
ACTUACIÓN	Continuar con las tareas de desbroce, creación y mantenimiento de cortafuegos. Respetar el calendario de quemas y evitar hacer barbacoas excepto en casetas preparadas para ello. Potenciación y continuidad del aprovechamiento maderero del pinar de repoblación. Pastoreo ovino en zonas de matorrales.
PROMOTORES	Gobierno de Aragón.



ACTUACIONES ANTI-INCENDIOS	
OBJETIVO	Evitar de los incendios propiciados por el ser humano. Y evitar daños personales.
LOCALIZACIÓN	Pinar de Tosos y municipio de Tosos
ACTUACIÓN	Mayor concienciación ambiental sobre arrojar basuras y colillas y otros objetos que puedan provocar o extender un incendio en el monte. Plan de evacuación e información a los habitantes en caso de incendio.
PROMOTORES	Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. Ayuntamiento de Tosos.




8. ANEXOS

UBICACIÓN



LEYENDA

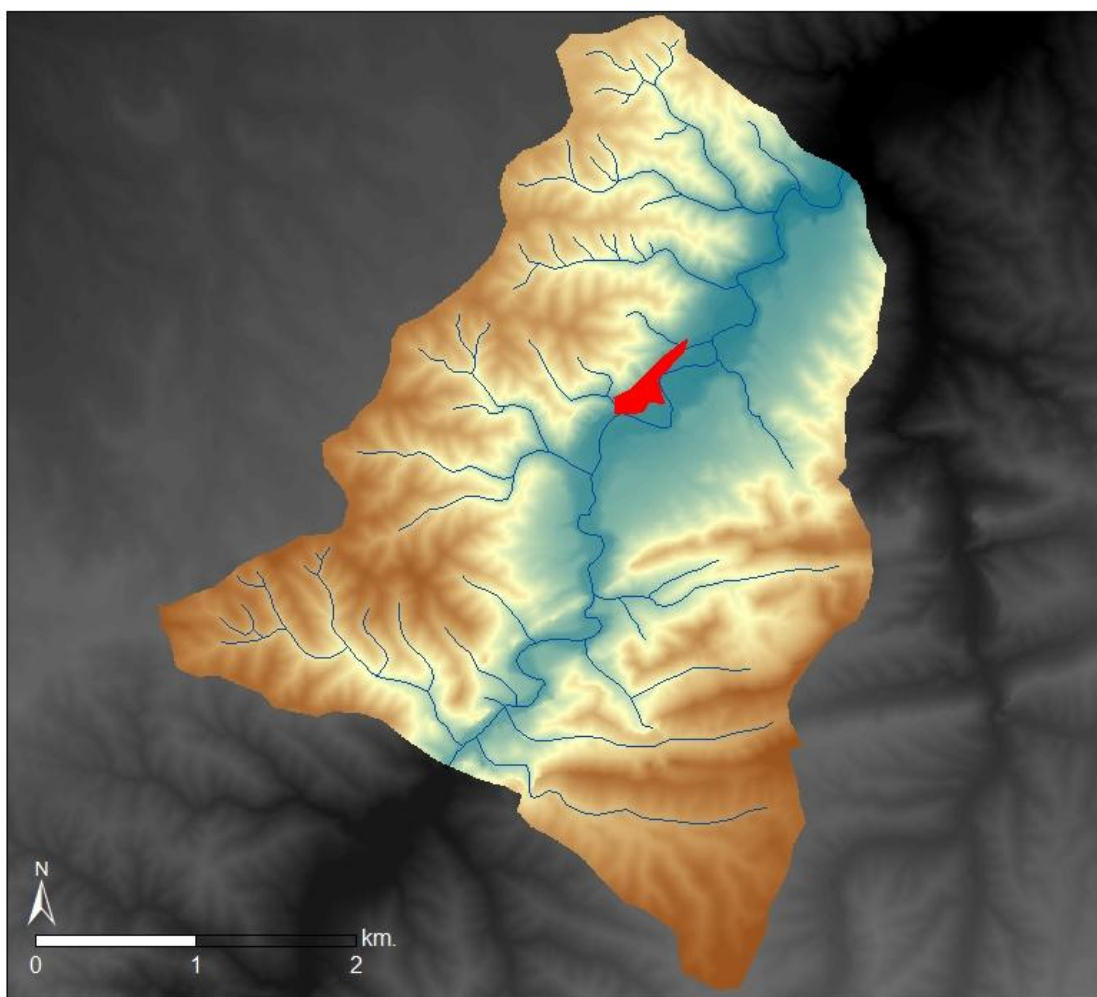
 Zona de estudio





Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe
Junio 2018

RELIEVE



LEYENDA

-  Núcleo rural
-  Red hidrográfica

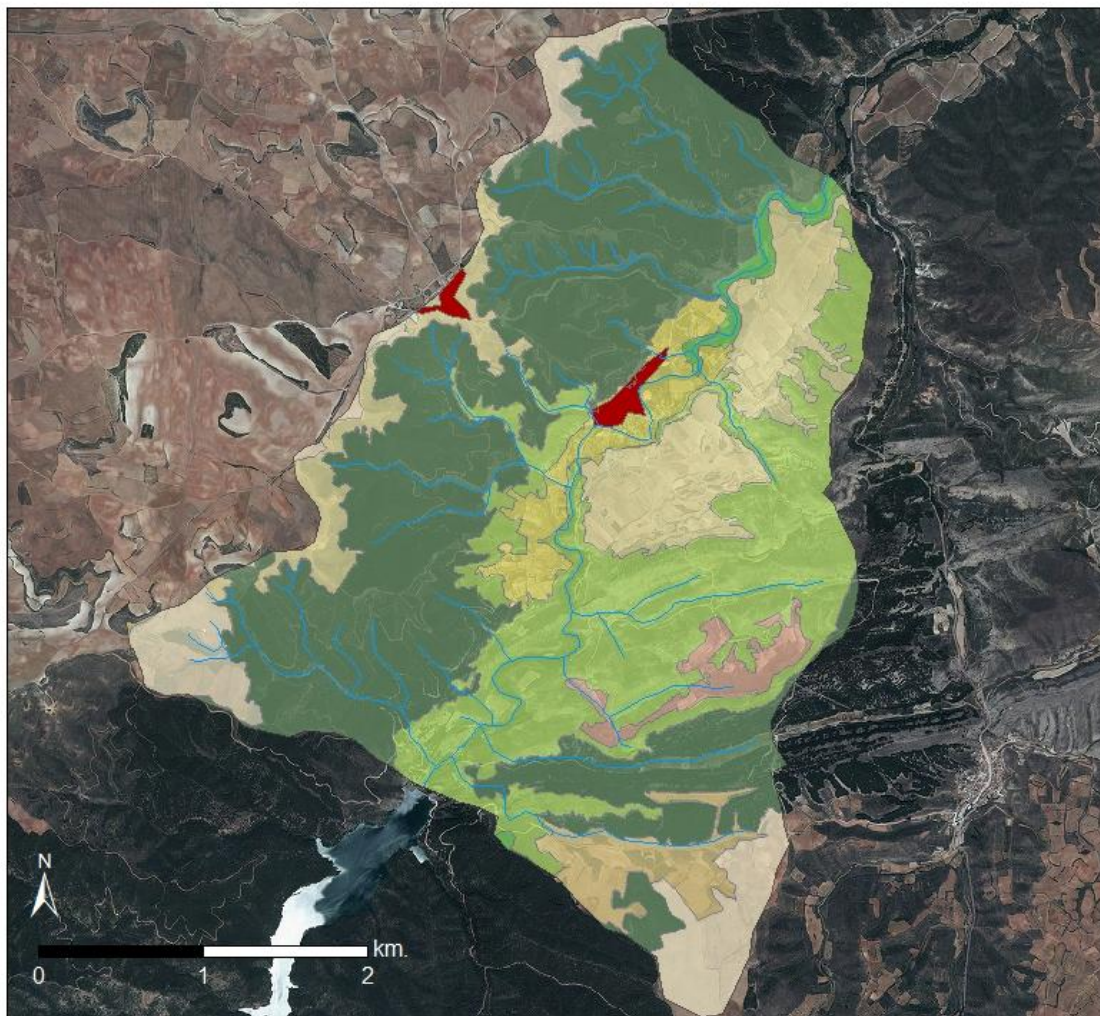
Altitud:  800 m.
550 m.



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Centro Nacional de Información Geográfica.
Base: MDT05.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

USOS DEL SUELO



LEYENDA

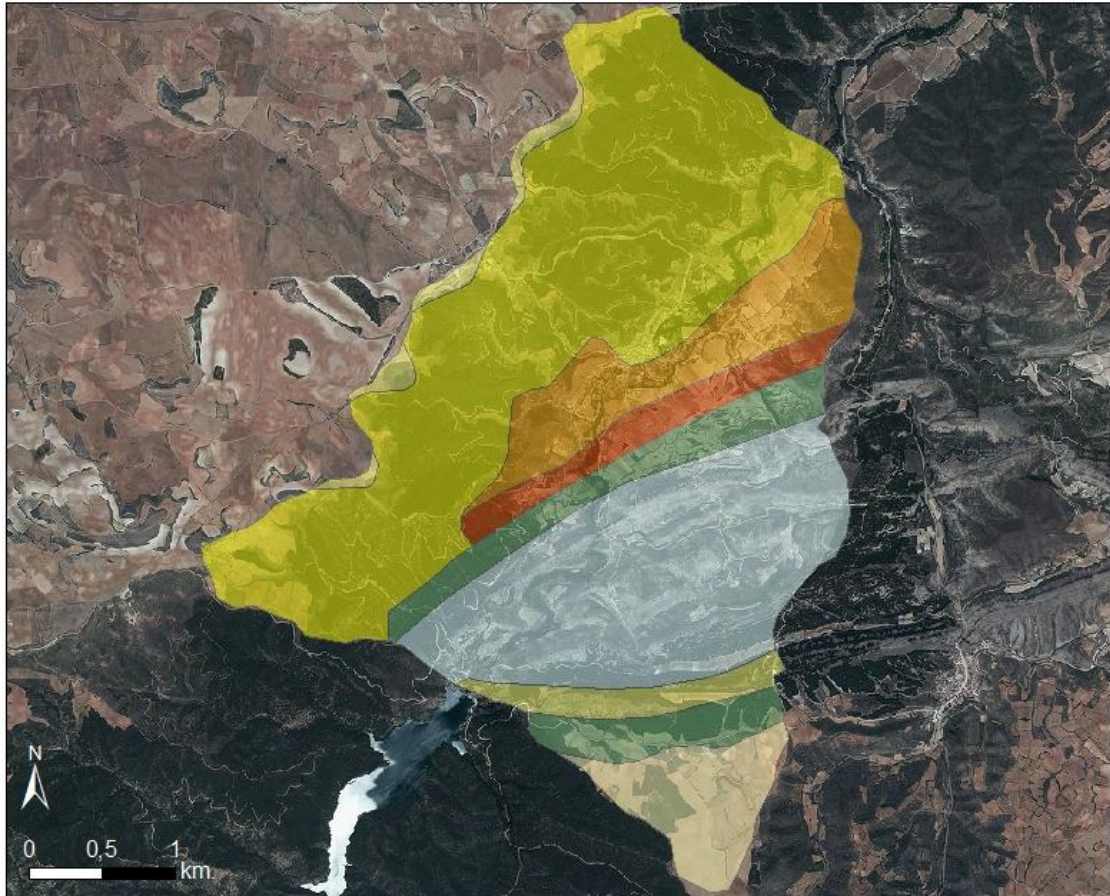
 Bosques de coníferas	 Terrenos agrícolas con espacios naturales	Otras características	
 Bosques de frondosas	 Terrenos regados permanentemente		 Red hidrográfica
 Frutales	 Tierras de labor en secano		 Núcleos rurales
 Mosaico de cultivos	 Vegetación esclerófila		







**Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio**
Universidad Zaragoza

Fuente: Centro Nacional de Información Geográfica.
CORINE Land Cover.
Base: PNOA Máxima actualidad. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe
Junio 2018

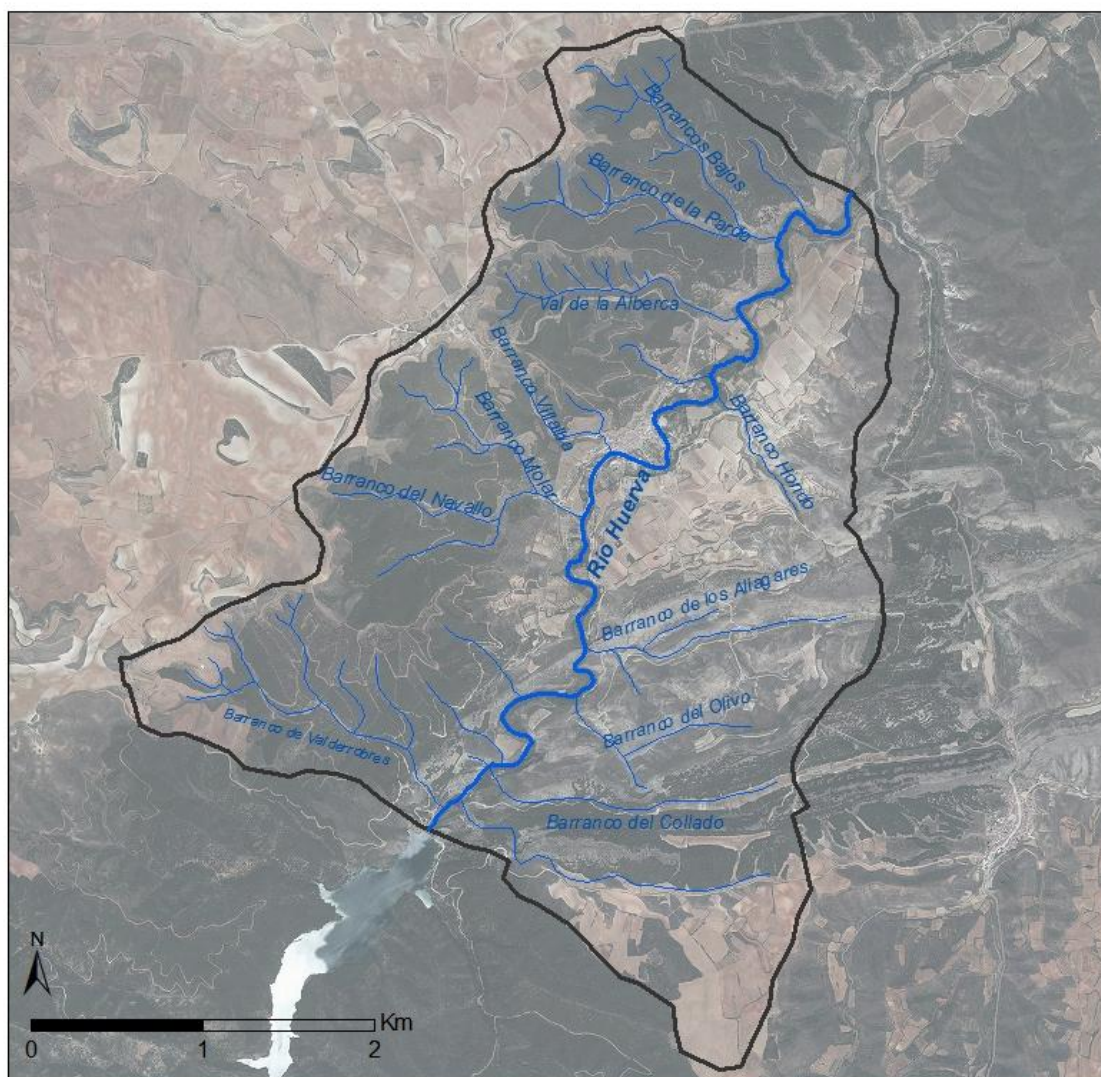
MAPA LITOLÓGICO



LEYENDA

 ARCILLAS, ARENISCAS Y CONGLOMERADOS	 CONGLOMERADOS
 CALIZAS	 CONGLOMERADOS Y ARCILLAS
 CALIZAS Y MARGAS	 CONGLOMERADOS Y ARENISCAS
 MARGAS Y CALIZAS	

RED HIDROGRÁFICA



LEYENDA

— Red hidrográfica

□ Zona estudio




Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón
Base: PNOA 2015. Ortofoto color de 0,5 m.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe
Junio 2018

ZONA INUNDABLE (PERIODO RETORNO 50 AÑOS)



LEYENDA

 ZONA INUNDABLE



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: IGN, MAPAMA.
Base: PNOA Máxima actualidad. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

ZONA INUNDABLE (PERIODO RETORNO 500 AÑOS)



LEYENDA

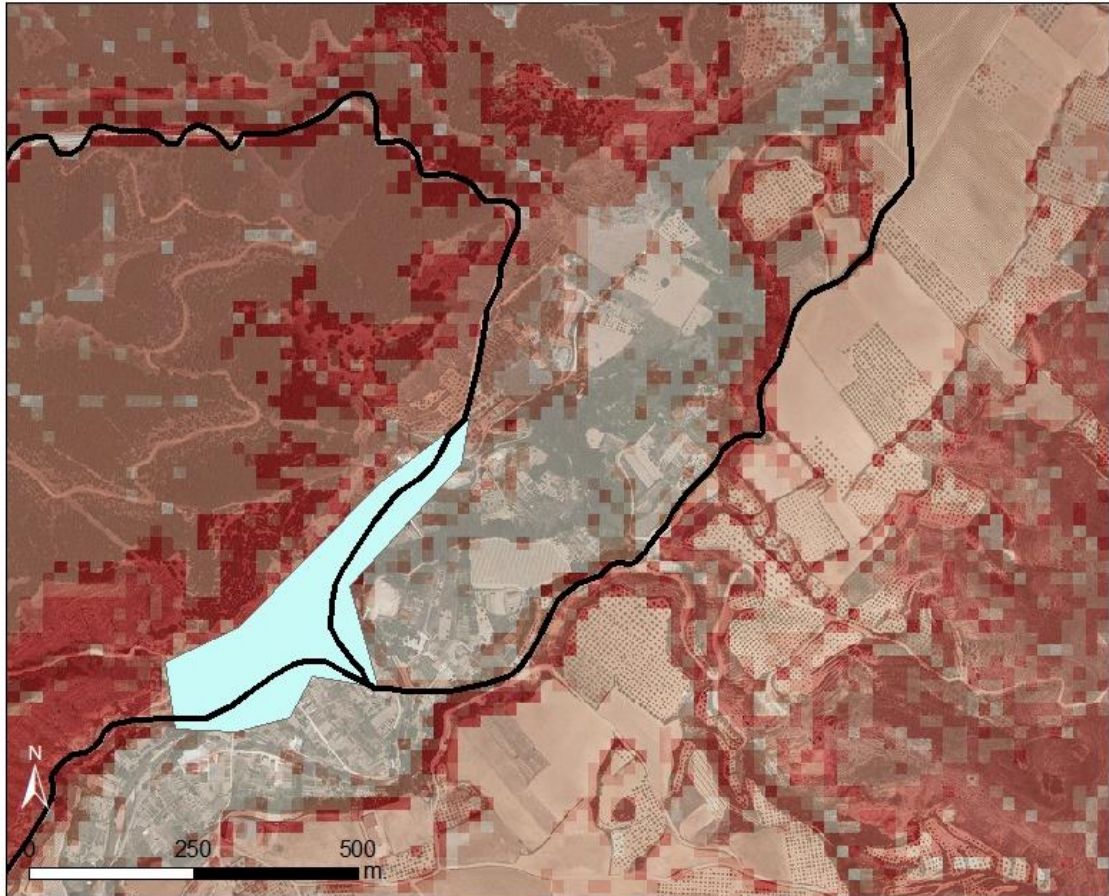
 ZONA INUNDABLE



**Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio**
Universidad Zaragoza

Fuente: IGN, MAPAMA.
Base: PNOA Máxima actualidad. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

RIESGO EROSIVO EN TALUDES





LEYENDA

Riesgo

-  Muy bajo
-  Bajo
-  Medio
-  Alto
-  Muy alto

Otros elementos

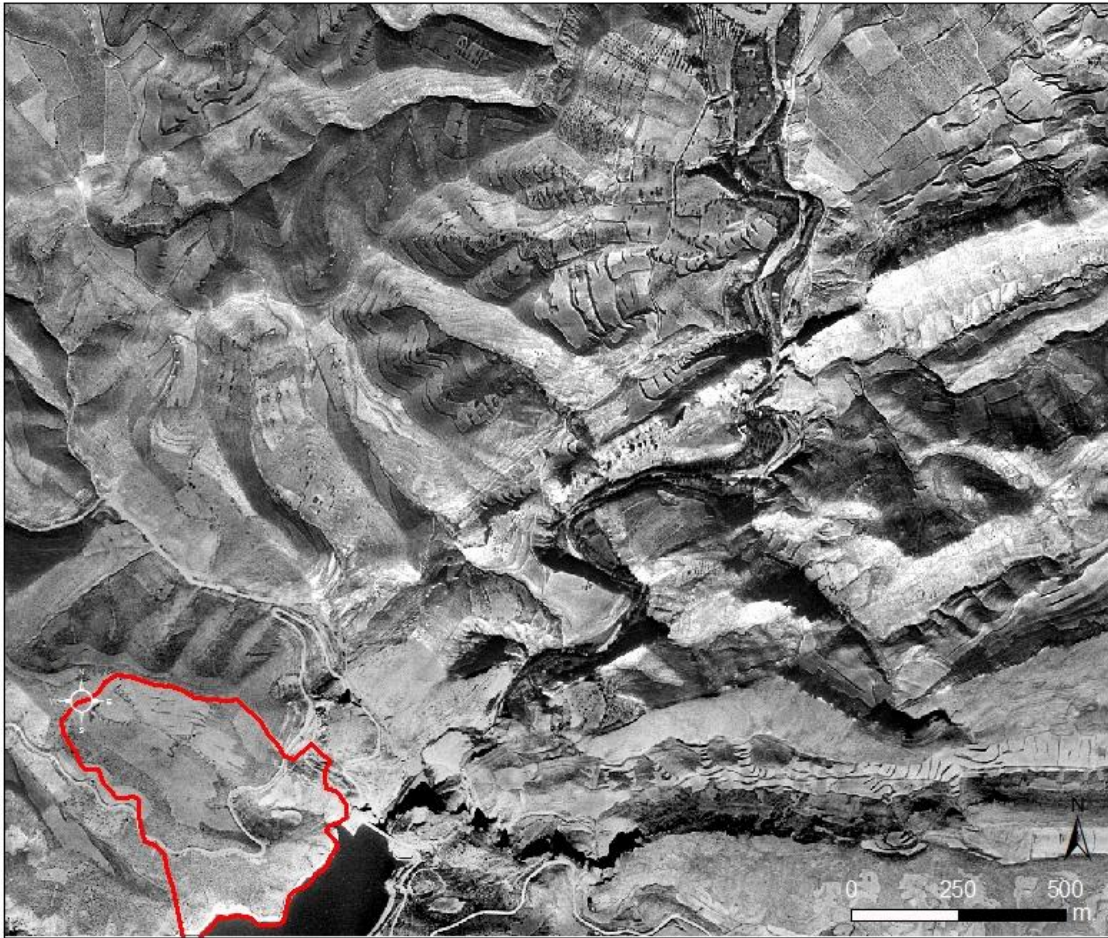
-  Carretera
-  Nucleo rural




Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

PINAR DE LAS TORCAS (1956)



LEYENDA

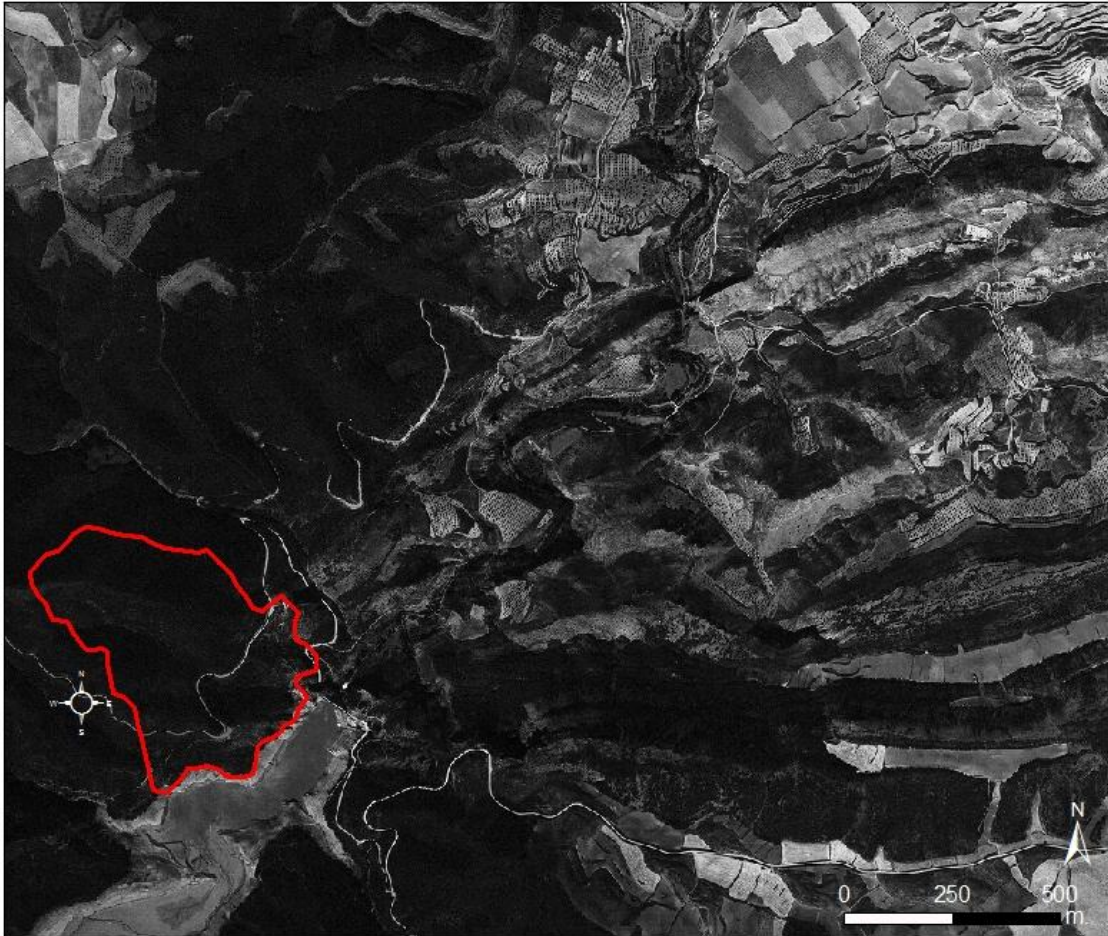
 Zona incendiada




Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: Vuelo Americano 1956
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018

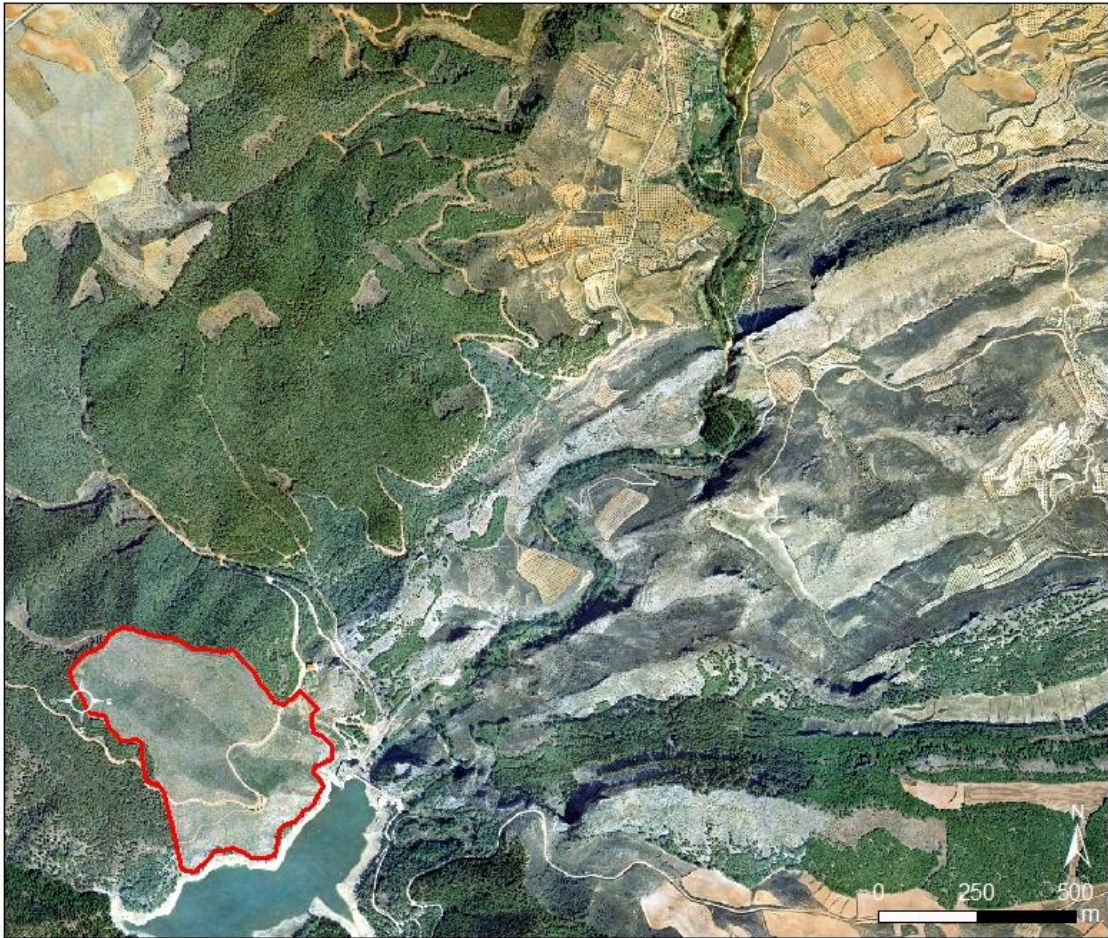
PINAR DE LAS TORCAS (1980-1986)




LEYENDA

 Zona incendiada

PINAR DE LAS TORCAS (1999)



LEYENDA

 Zona incendiada




Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: PNOA 1999. Hoja 439
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018

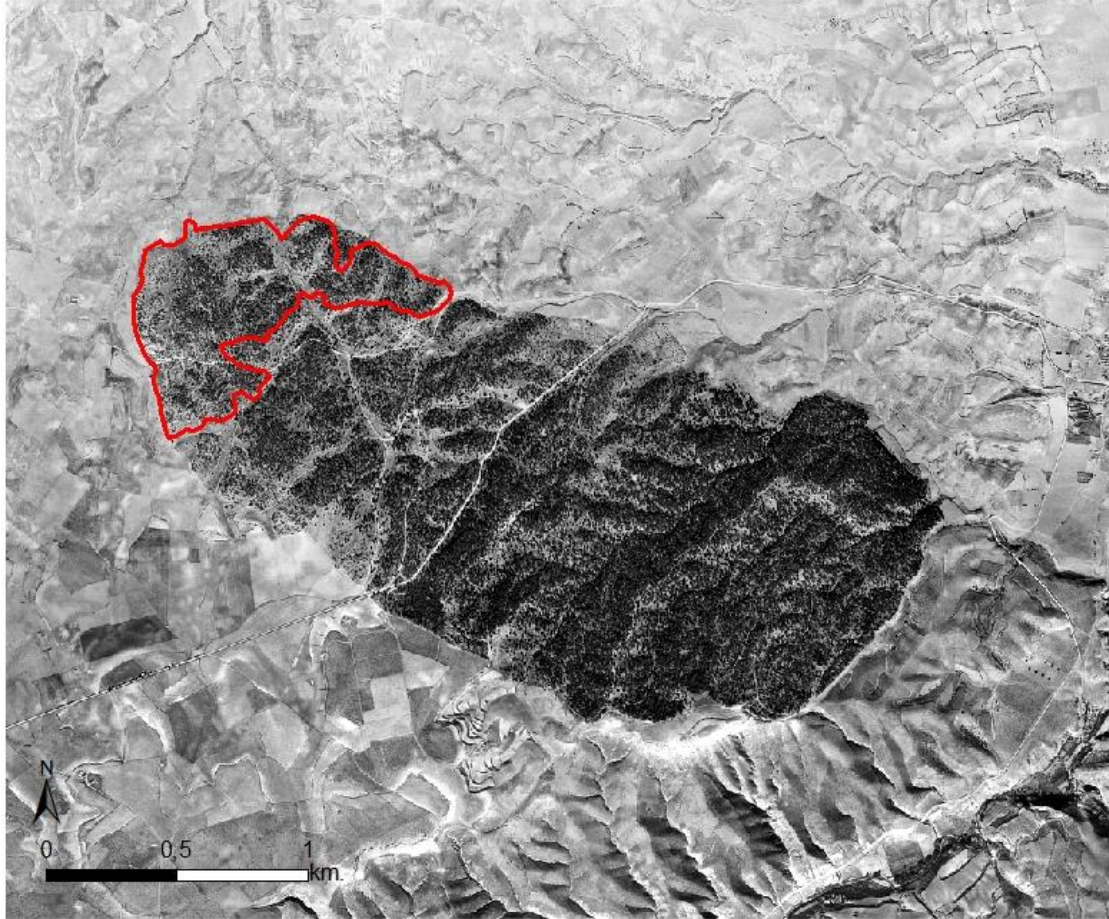
PINAR DE LAS TORCAS (2015)




LEYENDA

 Zona incendiada

PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA (1956)



LEYENDA

 Zona incendiada




Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: Vuelo Americano 1956. Hoja 411.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA (1999)



LEYENDA

 Zona incendiada




Departamento de
**Geografía y
Ordenación del Territorio**
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: Ortofoto PNOA 1999. Hoja 411.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA (2006)



LEYENDA

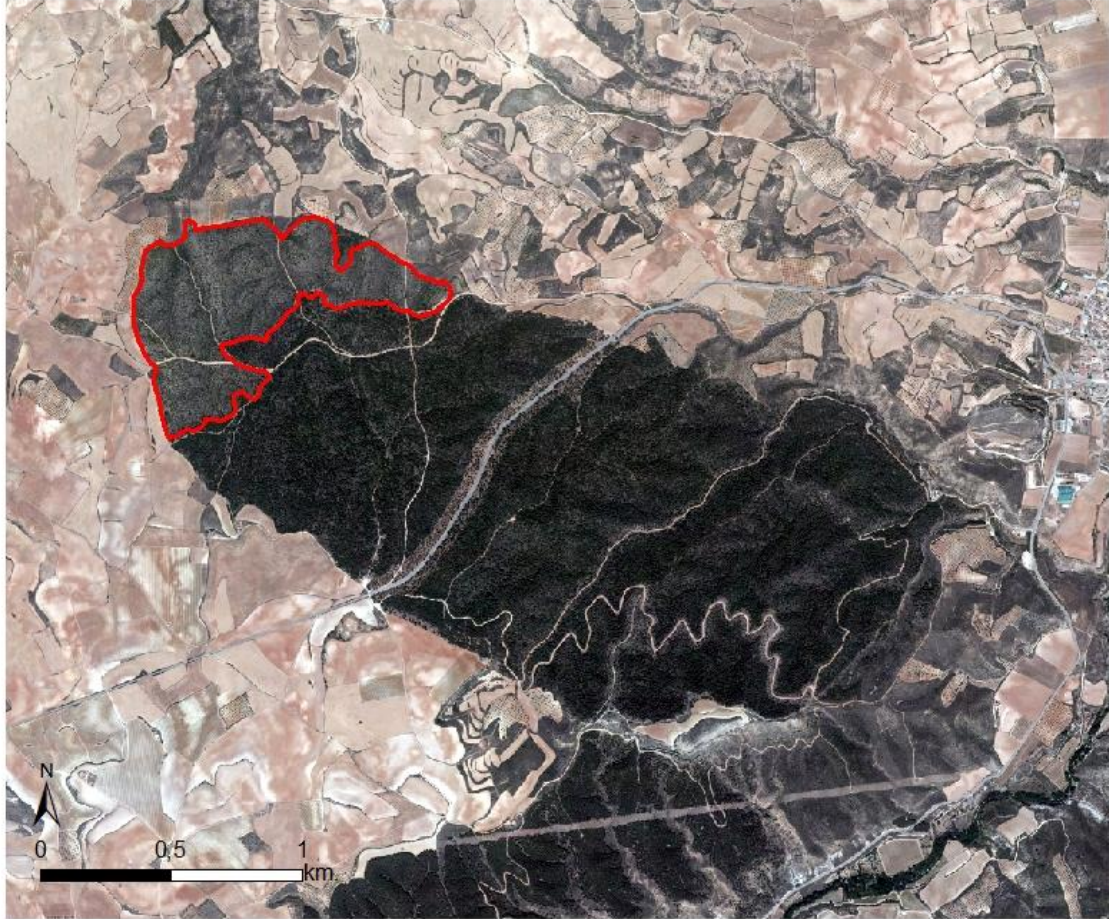
 Zona incendiada




Departamento de
**Geografía y
Ordenación del Territorio**
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: Ortofoto PNOA 2006. Hoja 411.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

PINAR AUTÓCTONO DE VILLANUEVA (2015)



LEYENDA

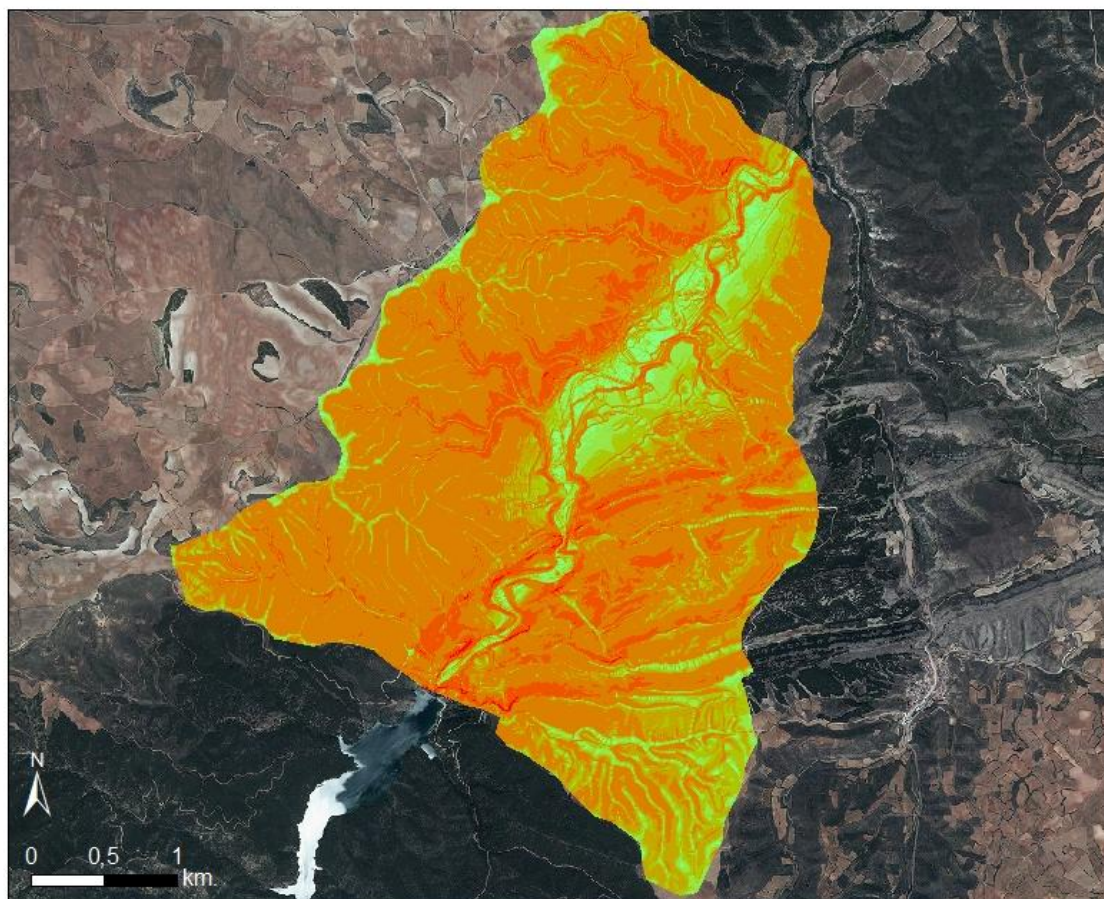
 Zona incendiada



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón.
Base: PNOA 2015. Hoja 411.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

RIESGOS DE PENDIENTE



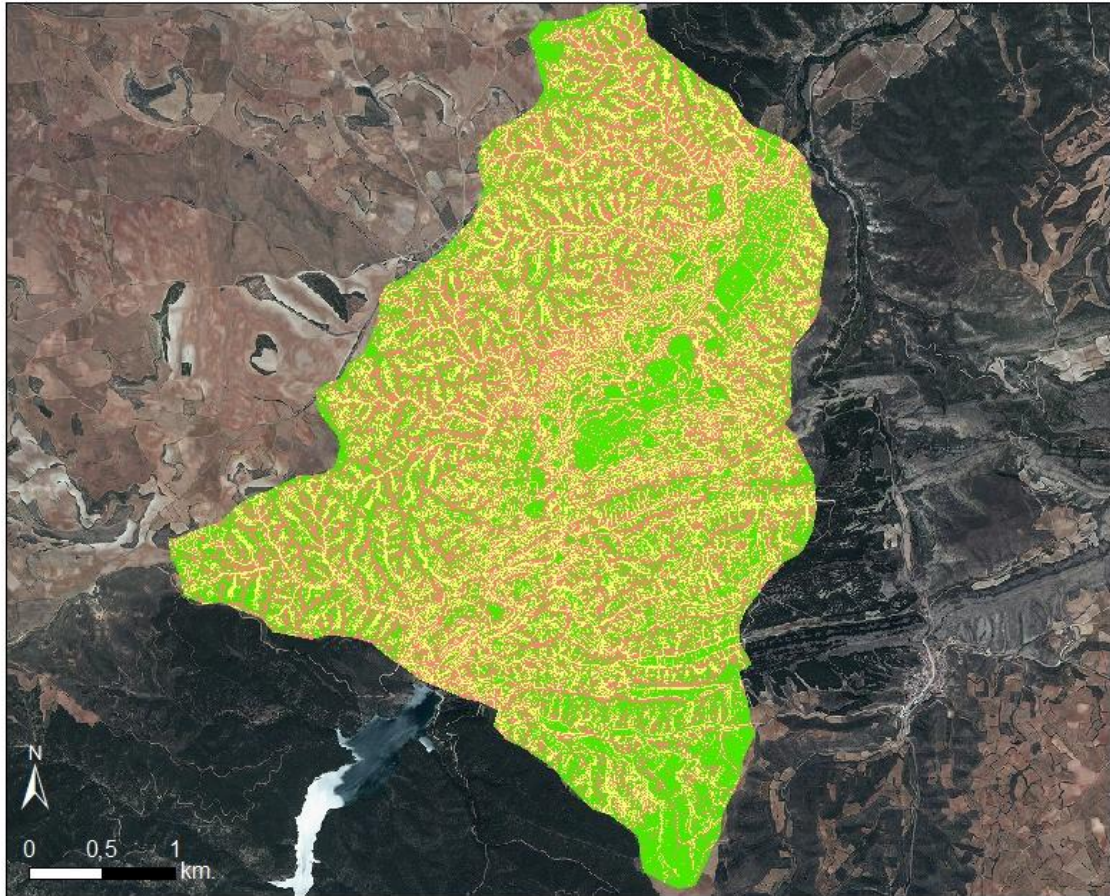
LEYENDA



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

CURVATURA DE PENDIENTE



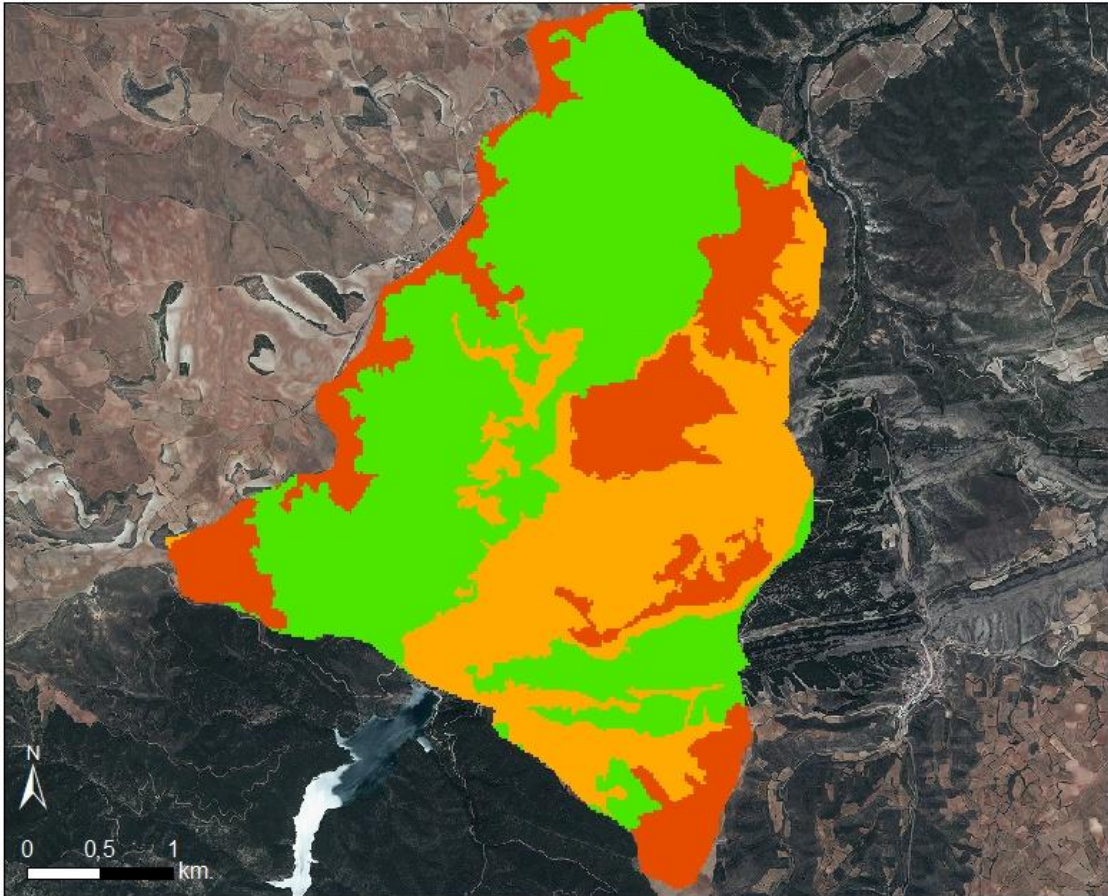
LEYENDA



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

RIESGOS USOS DEL SUELO



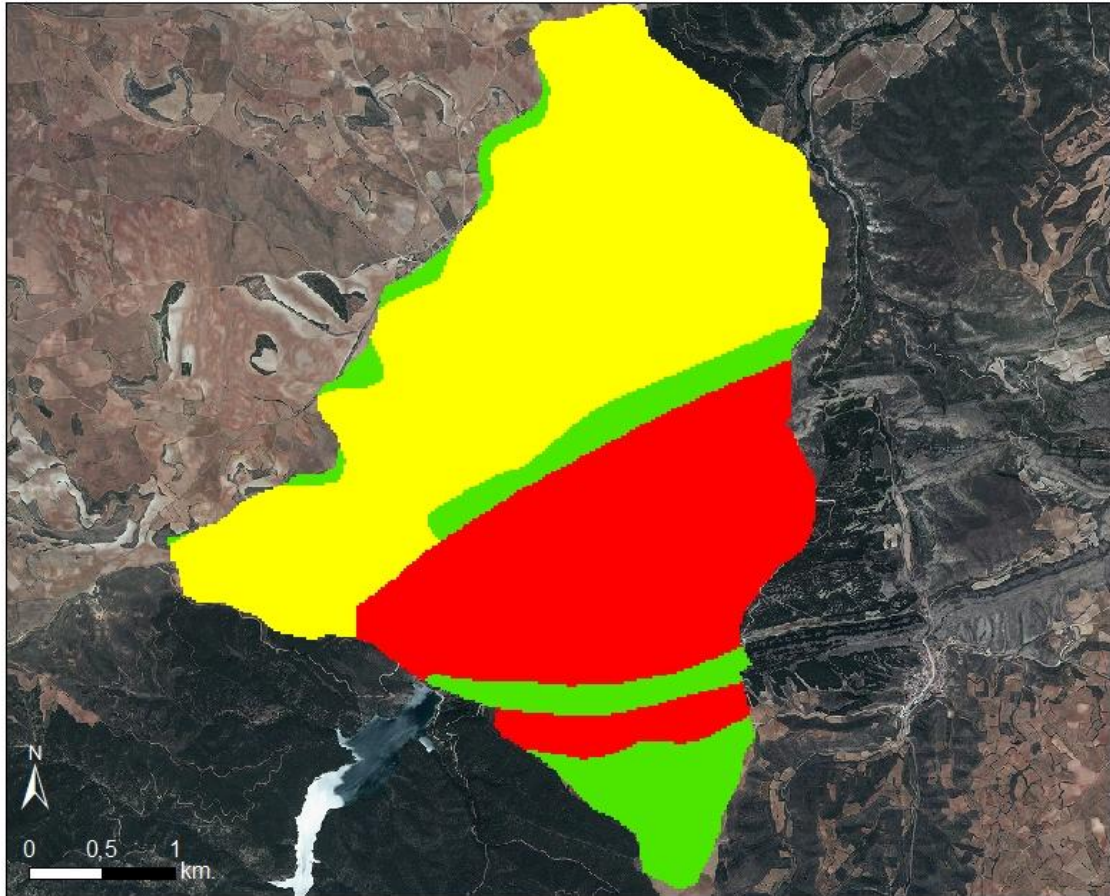
LEYENDA



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

RIESGOS LITOLÓGICOS



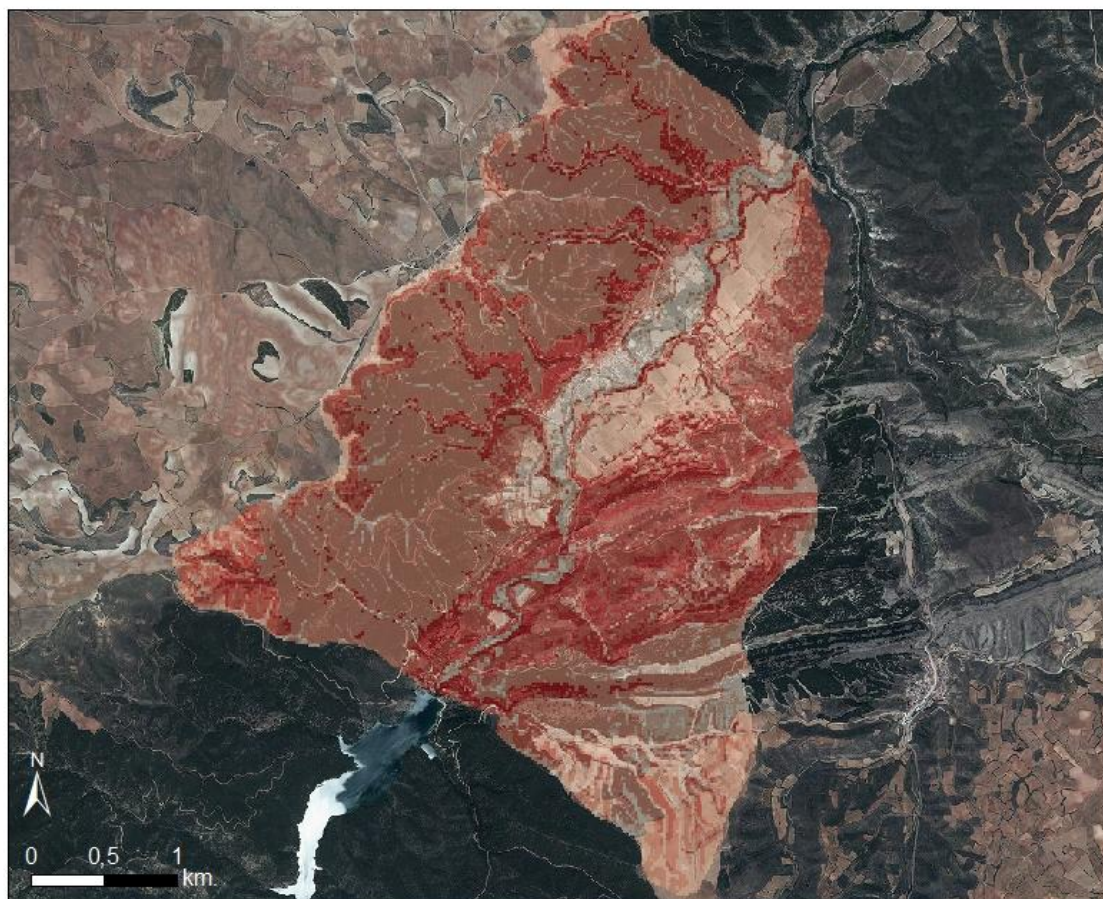
LEYENDA








Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

RIESGO EROSIVO



LEYENDA

-  Muy bajo
-  Bajo
-  Medio
-  Alto
-  Muy alto



Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza

Base: PNOA 2015. Hoja 439.
Proyección cartográfica: ETRS 1989 UTM Zona 30N.
Elaborado por Néstor Gascón Felipe.
Junio 2018.

9. BIBLIOGRAFÍA

9.1. FUENTES CONSULTADAS

Para la elaboración de este trabajo, se han consultado las siguientes fuentes por orden de aparición en el documento, además se incluyen también las páginas desde donde se ha descargado el material para elaborar la cartografía:

Páginas consultadas:

DEMOGRAFÍA:

Instituto Aragonés de Estadística (IAEST)

Enlace web:

http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/02_Demografia_Y_Poblacion/01_CifrasPoblacion_Y_Censos/01_Padron/ci.01_Cifras_oficiales_poblacion.detalleDepartamento?channelSelected=0

CLIMA:

Instituto Aragonés de Estadística (IAEST)

Enlace web:

http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Institutos/InstitutoAragonesEstadistica/AreasTematicas/14_Medio_Ambiente_Y_Energia/ci.05_Clima_Datos_climatologicos.detalleDepartamento?channelSelected=ea9fa856c66de310VgnVCM2000002f551bacRCRD

Climate-Data

Enlace web:

<https://es.climate-data.org/location/660501/>

RÍO HUERVA:

Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE)

Enlace web:

<http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=3743&idMenu=2831>

Anuario de Aforos, Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)

Enlace web:

http://sig.mapama.es/93/ClienteWS/redes-seguimiento/default.aspx?nombre=ROAN_ESTACION_AFORO_RIOS&claves=COD_HIDRO|COD_SITUACION_ESTACION&valores=9124|4

EMBALSE DE LAS TORCAS:

Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH Ebro)

Enlace web:

<http://www.saihebro.com/saihebro/index.php?url=/datos/ficha/estacion:EM14>

Aportaciones Embalse de Las Torcas. Redes seguimiento del Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Enlace web:

http://sig.mapama.es/93/ClienteWS/redes-seguimiento/default.aspx?nombre=ROAN_ESTACION_AFORO_EMBALSES&claves=COD_HIDRO|COD_SITUACION_ESTACION&valores=9814|2

Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)

Enlace web:

http://ceh-flumen64.cedex.es/anuarioaforos/afo/embalse-datos.asp?ref_ceh=9814

Directriz básica de Protección Civil y Plan de Emergencia para Presas. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Enlace web:

<http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/gestion-seguridad-presas/planes.aspx>

Guía para la implantación del plan de emergencia de presa. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA).

Enlace web:

http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/guiaparalaimplantaciondelplandeemergenciadepresa_tcm30-444634.pdf

Plan de Emergencia para Presas. Boletín Oficial del Estado.

BOE» núm. 38, de 14 de febrero de 1995, páginas 4846 a 4858

Contrato plan de emergencias. Contratación del Estado.

Enlace web:

https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/e526d2c2-2907-414a-ab40-95f958f3efcd/DOC_FORM2014-691999.html?MOD=AJPERES

Memoria-resumen del recrecimiento de la presa de Las Torcas sobre el Río Huerva – T.M. Tosos (Zaragoza). (Documento pdf). Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General del Agua, Confederación Hidrográfica del Ebro. (12/2006).

Información sobre el recrecimiento. Boletín Oficial de Aragón. (BOA 10022012).

Enlace web:

<http://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VERDOC&BASE=BOLE&DOCN=000166158&SEC=IMPRESION>

Estudio de impacto ambiental del recrecimiento del Embalse de las Torcas. Empresa consultora: INCISA para el Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría general para el territorio y la biodiversidad, dirección general del agua, Confederación Hidrográfica del Ebro. (pdf)

Implantación del plan de emergencias de Las Torcas. iagua (18/01/2017)

Enlace web:

<https://www.iagua.es/noticias/espana/gobierno-aragon/17/01/18/concluye-implantacion-plan-emergencia-presa-torcas-tosos>

CRECIDAS RÍO HUERVA:

Ahogamientos en el río.

<https://hilarioanson.wordpress.com/>

Crecida en Zaragoza en 1830. Ayuntamiento de Zaragoza. El Ebro desbordado. Una historia de las crecidas del río en Zaragoza. Página 11.

Enlace web:

<http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/catalogo-ebro.pdf>

Inundaciones en Zaragoza en 1921. El Periódico de Aragón.

Enlace web:

http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/deportes/visita-rio-oculto_1199502.html

Inundaciones en Aguilón en 1921.

Enlace web:

<http://candeaguilon.blogspot.com.es/p/riadas.html>

Derrumbe caserón en Tosos en 1968. Congregación Dominicas de La Anunciata. Página 161.

Enlace web:

http://www.dominicasanunciata.org/wp-content/uploads/2016/06/wdomi_pdf_8645-tp3Tjd8UTLz3pwxv.pdf

ZONAS INUNDABLES:

Periodos de retorno. Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables (SNCZI).

Enlace web:

<http://sig.mapama.es/snczi/>

ESTADO PEÑAS:

Evaluación y control del riesgo geológico por desplome de las denominadas “Peñas” en Tosos (Zaragoza). CTA Consultores.

Enlace web:

<https://cta-consultores.com/portfolio-item/evaluacion-riesgo-desplome-penas-tosos/#tab-id-1>

Trabajos estabilización Peña Chiquita. El Periódico de Aragón. (24/05/2010)

Enlace web:

http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/la-cronica-del-campo-de-carinena/pena-chiquita-es-mas-segura_584339.html

INCENDIOS:

Frecuencia de incendios en Tosos. Catálogo de metadatos del MAPAMA.

Enlace web:

<http://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/metadata.show?uuid=da9ac8ef-38a6-4b8d-b8e2-a05463122f36#>

Incendios forestales. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad. Gobierno de Aragón.

Enlace web:

http://www.aragon.es/DepartamentosOrganismosPublicos/Departamentos/DesarrolloRuralSostenibilidad/AreasTematicas/MA_MedioForestal/IncendiosForestales/ci.NORMATIVA_INCENDIOS.detalleDepartamento?channelSelected=302890292fb3a210VgnVCM100000450a15acRCD

Informes de los dos incendios estudiados facilitados por el Servicio de Gestión de los Incendios Forestales y Coordinación del Gobierno de Aragón.

Datos cartográficos extraídos de:

IDEAragón: Ortofotos históricas y PNOA. Delimitaciones políticas. Núcleos y carreteras

Instituto Geográfico Nacional (IGN): Zonas inundables 50 y 500 años.

Instituto Geológico y Minero de España: Litología.

Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG): CORINE Land Cover y Modelo Digital Terrestre (MDT05).

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA): Red hidrográfica.

Todos los mapas son de elaboración propia.

9.2. IMÁGENES

La autoría de las imágenes es la siguiente:

Néstor Gascón Felipe: 1, 2, 3, 4, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33.

Desconocida: Extraídas de <http://candeaguilon.blogspot.com.es/p/riadas.html>: 5, 6.

Raúl Colás Felipe: 7, 8, 11.

AGRADECIMIENTOS

Además de todos los datos obtenidos personalmente con mediciones, consultas en páginas web y bases de datos, también he recibido información, material fotográfico y datos gracias a aportaciones de vecinos del pueblo y familiares, como mis padres, Raúl Colás, Paquita Felipe, Pascual Crespo, Luis Miguel García, Rafa “El Pantanero” y la colaboración de todos los encuestados, además de la disposición del Ayuntamiento de Tosos.

Zaragoza, 28 de junio de 2018