



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Las crecidas del río Ebro en el siglo XXI:
propuestas para la ordenación del territorio.

The floods of the Ebro River in the 21st century:
proposals for the land planning.

Autor

Sara Morte Grasa

Director

Daniel Ballarín Ferrer

Facultad de Filosofía y Letras
2018

Resumen

El río Ebro ha experimentado crecidas e inundaciones a lo largo de los siglos que han modificado su cauce en muchas ocasiones, otorgándole así una gran movilidad fluvial. Sin embargo, debido a la ocupación humana de la llanura de inundación, sobre todo a partir de los años cincuenta del pasado siglo, con el desarrollo de la ingeniería hidráulica, estos eventos han pasado a provocar graves incidentes en los municipios ribereños, ya que se ha estrechado el cauce y se han ocupado zonas con un elevado riesgo de inundación.

En el presente trabajo se abordará el comportamiento hidrológico del río Ebro a su paso por Zaragoza, para así analizar con mayor detalle los eventos de crecida del siglo XXI. Además, se plantea un Territorio Fluvial para la zona de estudio y se describen una serie de propuestas basadas en la aplicación de buenas prácticas para poder dejar atrás las medidas estructurales tradicionales, tan polémicas en los últimos tiempos.

Palabras clave: Río Ebro, crecidas fluviales, Territorio Fluvial, riesgo, propuestas de ordenación.

Abstract

The Ebro River has experienced many floods over the centuries that have modified its riverbed on many occasions, giving it a great fluvial mobility. However, due to the human occupation of the floodplain, especially since the fifties of the last century, with the development of hydraulic engineering, these events have led to serious incidents in the riverside towns, because the riverbed has been narrowed and some areas with a high risk of flooding have been occupied.

This paper studies the hydrological behavior of the Ebro River and its flood events of the 21st century. In addition, this study proposes the creation of a River Territory for the area and a series of proposals based on the application of good practices to be able to leave behind the traditional structural measures, so controversial in recent times.

Key words: Ebro River, river floods, River Territory, risk, proposals of the land planning.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Justificación.....	5
1.3. Objetivos	5
2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO	6
2.1. Delimitación y características de la zona de estudio	9
3. METODOLOGÍA	13
4. ANÁLISIS	15
4.1. Comportamiento hidrológico del Ebro.....	15
4.2. Evolución histórica de los cauces.....	17
4.3. Estudio de las principales crecidas del siglo XXI	20
4.3.1. <i>La crecida de febrero de 2003</i>	20
4.3.2. <i>La crecida de marzo-abril de 2007</i>	22
4.3.3. <i>La crecida de febrero-marzo de 2015</i>	24
4.3.4. <i>La crecida de abril de 2018</i>	26
4.4. Cartografía del Territorio Fluvial	27
5. DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS	28
5.1. La importancia de las crecidas	28
5.2. Antropización del cauce y sus consecuencias	29
5.3. El Territorio Fluvial: acercamiento teórico vs. realidad.....	31
6. PROPUESTAS DE ORDENACIÓN Y GESTIÓN	33
7. CONCLUSIONES.....	40
BIBLIOGRAFÍA.....	43
ANEXO 1. CARTOGRAFÍAS	47

1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida en el planeta, sin embargo, también puede suponer un riesgo para las personas y sus propiedades, como en una inundación. Las crecidas de los ríos son uno de los riesgos naturales más extendidos por el planeta Tierra. Las crecidas son un proceso natural que seguirá siendo un riesgo mientras la gente viva y trabaje en zonas propensas a inundarse.

Uno de los elementos naturales más importantes en la ciudad de Zaragoza es el río Ebro, que atraviesa la ciudad de Oeste a Este y que prácticamente todos los años sufre una crecida al final del invierno.

Por todos los ciudadanos es sabido que el nivel del agua sube en algunas ocasiones, pero no todos llegan a entender que es un proceso natural e inevitable, y que no hay que luchar para que el río no sufra crecidas, sino que hay que compartir el espacio con él.

1.1. Antecedentes

El comportamiento del Ebro, al ser uno de los ríos más importantes de la Península Ibérica, ha sido observado y estudiado desde la Edad Moderna, época de la que datan diferentes fuentes. Sin embargo, la preocupación por las crecidas de este río viene de mucho más atrás.

La primera gran crecida bien documentada data de febrero de 1643, en la que la fuerza del agua destruyó dos de las arcadas del puente de Piedra, tal y como lo describía don Pablo de Eusa y Escárate en una carta dirigida al Marqués de Almonacid y Conde de Pavías, en la cual también detalló la magnitud y los efectos de la crecida. Años después, la escena fue retratada por Juan Bautista del Mazo en 1647, cuando todavía no se había reconstruido.



ILUSTRACIÓN 1. VISTA DE ZARAGOZA. AUTOR: JUAN BAUTISTA MARTÍNEZ DEL MAZO. AÑO 1647. FUENTE: MUSEO DEL PRADO.

La siguiente gran avenida del Ebro en Zaragoza está datada en 1775. Se trató de una crecida atípica, pues se dio en el mes de junio tras una primavera muy seca. Afectó sobre todo a la margen izquierda del río, llegando, según las fuentes, hasta la zona de Cogullada. Las referencias a ella se encuentran en las cartas que el Secretario de Hacienda, Miguel de Múzquiz, envía al Rey Carlos III para reparar los daños ocasionados en los puentes y diques de la ciudad.

En enero de 1871 Zaragoza volvió a sufrir otra gran crecida debido a las intensas lluvias y a un deshielo repentino. En ese año “las aguas superaron en 1,5 metros la señal de la riada más alta registrada hasta entonces” (Ollero et al., 2004). La prensa de la época recogió varios testimonios, en la que se decía que el agua llegó hasta la estación del Norte y que la Almozara quedó inundada, llegando el agua casi hasta el palacio de la Aljafería.

Sin embargo, la crecida más destacable de la ciudad es la que se dio entre la Nochevieja de 1960 y el Año Nuevo de 1961. Se sabe que el río alcanzó 4.130 m³/s (aproximadamente un periodo de retorno de 84 años) e inundó gran parte de la margen izquierda del Ebro, obligando a los vecinos a desalojar sus viviendas. Se construyeron diques de contención, de los cuales muy pocos fueron efectivos.



ILUSTRACIÓN 2. EL EBRO A SU PASO POR ZARAGOZA DURANTE LA CRECIDA DE 1961. AUTOR: MIGUEL MARÍN CHIVITE. FUENTE: ARCHIVO MUNICIPAL DE ZARAGOZA.

A partir de la creación de la Confederación Hidrográfica del Ebro, en 1926, esta comenzó a construir diferentes estaciones de aforo por toda la cuenca del Ebro que permitieron una previsión más exhaustiva de las futuras crecidas. En ellos, se registraban datos sobre los niveles y caudales de los diferentes ríos de la cuenca, o de un mismo río en un tramo diferente. El avance definitivo llegó en 1997, cuando dichas estaciones se automatizaron y actualmente envían información actualizada cada 15 minutos.

Durante la segunda mitad del siglo XX, el río Ebro también experimentó algunas crecidas, como la de noviembre de 1967, la de marzo de 1978 o la de diciembre de 1980, con un caudal cercano a los 3.000 m³/s, aunque siempre con una importancia mucho menor que la acaecida en el año nuevo de 1961. Es ya en los inicios del siglo XXI, concretamente en el año 2003, cuando Ebro vuelve a llevar un gran volumen de agua y a ocasionar daños en las infraestructuras urbanas.

Se les suceden otras crecidas importantes como la de 2007, 2015 y 2018, de las cuales se hablará en detalle en el capítulo 4.3.

1.2. Justificación

Para realizar una buena ordenación y gestión del territorio es necesario conocer el régimen hidrológico de los ríos, en el que se estudian las crecidas. Estas pueden modificar el cauce de los ríos gracias a la fuerza del agua y reactivar ecosistemas al renovar los terrenos. Sin embargo, son predecibles, pero no con precisión, pues no se conoce la magnitud ni el momento exacto en el que se va a dar, por lo que pueden provocar graves daños a personas e infraestructuras. Solo es posible intentar predecirlas a través de la probabilidad.

Además, es necesario conocer por dónde han discurrido en la antigüedad, porque los ríos están vivos y se mueven, para poder tratar de analizar en el presente su comportamiento y actuar en consecuencia con las actuaciones de ocupación de las orillas y terrazas. En los últimos años, las herramientas SIG también han ayudado en la gestión y la planificación de las inundaciones, convirtiéndose en una herramienta indispensable en este tipo de estudios.

1.3. Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es estudiar las crecidas del Ebro más recientes a su paso por Zaragoza, para conocer la dinámica fluvial de este río. Es importante conocer las consecuencias de las inundaciones para realizar una correcta ordenación del territorio que reduzca la vulnerabilidad de personas y bienes ante tales eventos.

Como objetivos secundarios aparecen:

- Caracterizar en general la cuenca del río Ebro y en particular la zona de estudio (término municipal de Zaragoza).
- Realizar un análisis del comportamiento del río a su paso por Zaragoza.
- Establecer un territorio fluvial para la zona de estudio.
- Analizar los problemas de ordenación del territorio en zonas inundables del Ebro, en el municipio de Zaragoza.
- Redactar una serie de propuestas de ordenación del territorio.

Así pues, se ponen en práctica algunos de los conocimientos adquiridos a lo largo del grado en materia de Geografía Física, Geografía Humana y Ordenación del Territorio en relación a un tema particular: las crecidas de los ríos.

2. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL EBRO

La cuenca del Ebro ocupa una superficie de 85.000 km², repartidos en nueve Comunidades Autónomas (Aragón, Cantabria, Castilla La Mancha, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, La Rioja, Navarra y País Vasco). Los 930 km de longitud del río pueden dividirse en tres tramos: el Alto Ebro, el Medio Ebro y el Bajo Ebro.

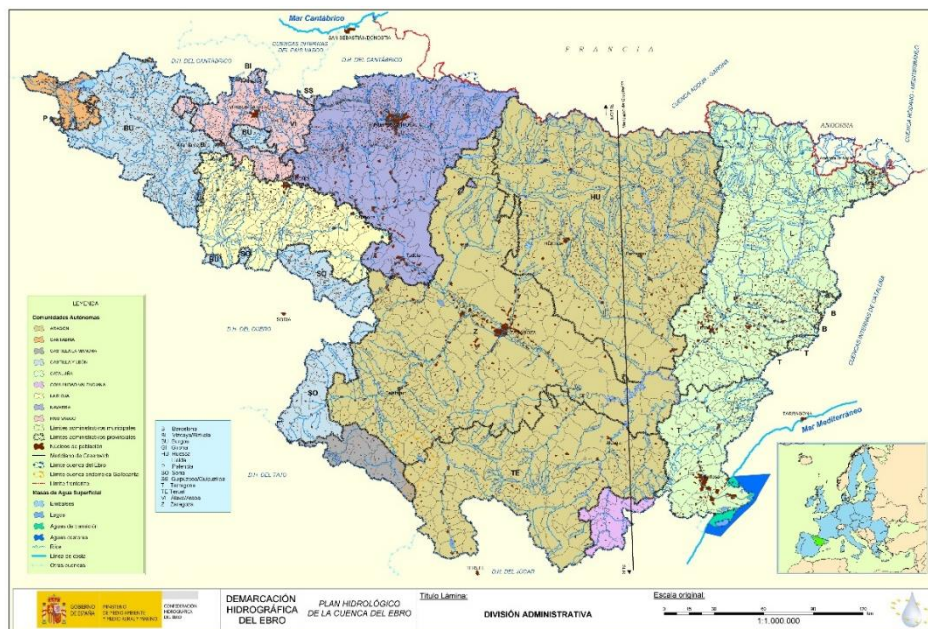


ILUSTRACIÓN 3. DIVISIÓN ADMINISTRATIVA DE LA CUENCA DEL EBRO. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

El Alto Ebro se localiza desde su cabecera en Alto Campoo hasta Miranda. El régimen del río en este tramo es nival, y se caracteriza por tener una pendiente considerable y encajarse en cañones y estrechos valles.

El Bajo Ebro comienza en la desembocadura del Segre, el afluente más caudaloso del Ebro, y llega hasta su desembocadura. Este tramo está bastante desnaturalizado debido a los embalses que se encuentran en la zona, y se caracteriza por discuir por meandros suaves.

Sin embargo, el tramo de mayor interés para este trabajo es el Ebro Medio, que se divide en otros tres tramos: el Ebro de Haro a Logroño, el Ebro de meandros libres y el Ebro del Bajo Aragón. Destaca el Ebro de meandros libres, en la que el “río ha desarrollado una gran llanura de inundación en la que se instalan meandros libres con un índice de sinuosidad medio de 1,505 y

una pendiente media bastante débil (0,66%)” (Ollero y Pellicer, 1991; citado en Ollero, Pellicer y Sánchez, 2004). Es el tramo en el que las crecidas del Ebro son más notables, y, por lo tanto, también es habitual encontrar aquí obras de defensa cuya función es impedir el desbordamiento del río o la erosión de sus orillas.

La cuenca del Ebro tiene una forma aproximadamente triangular cuyos lados vienen definidos por la Cordillera Cantábrica y los Pirineos al Norte, la cordillera Ibérica y el Maestrazgo por el Suroeste y la cordillera Costero Catalana por el Este. También encontramos en su interior otras sierras de menor entidad como Leire, Loarre, Guara, el Moncayo o San Just. Las altitudes de la cuenca del Ebro varían desde los 210 msnm en Zaragoza a 3.352 msnm en Monte Perdido, creando un relieve bastante desigual compuesto por un mosaico de formas.

“El río Ebro recorre esta cuenca diagonalmente recogiendo, por su margen izquierda, los caudalosos ríos pirenaicos, y por su margen derecha, los afluentes ibéricos, menos caudalosos, aunque generalmente torrenciales” (Instituto Geológico y Minero de España, n.d). Destacan por su importancia y aportación los ríos Zadorra, Ega, Gállego y los complejos Aragón-Arga, Segre-Cinca y los Arbas por su margen izquierda, y el Cidacos, el Jalón, el Huerva, el Martín, el Guadalope y el Matarraña por su margen derecha.

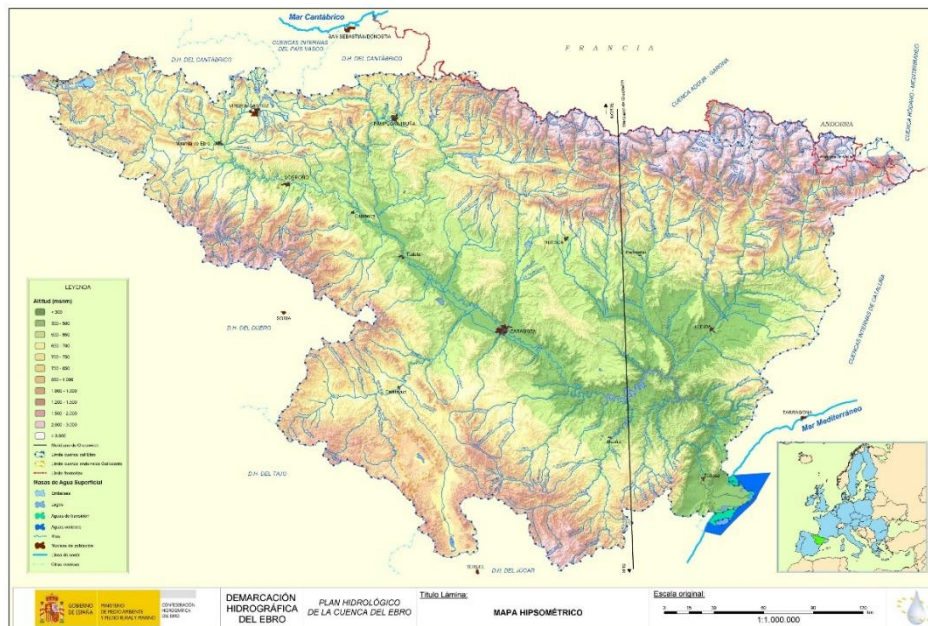


ILUSTRACIÓN 4. MAPA HIPSOMÉTRICO DE LA CUENCA DEL EBRO. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

Encontramos en ella materiales muy variados, pero predominan en las zonas montañosas los conglomerados y las rocas evaporíticas, y en el centro de la depresión los materiales calizos y detríticos.

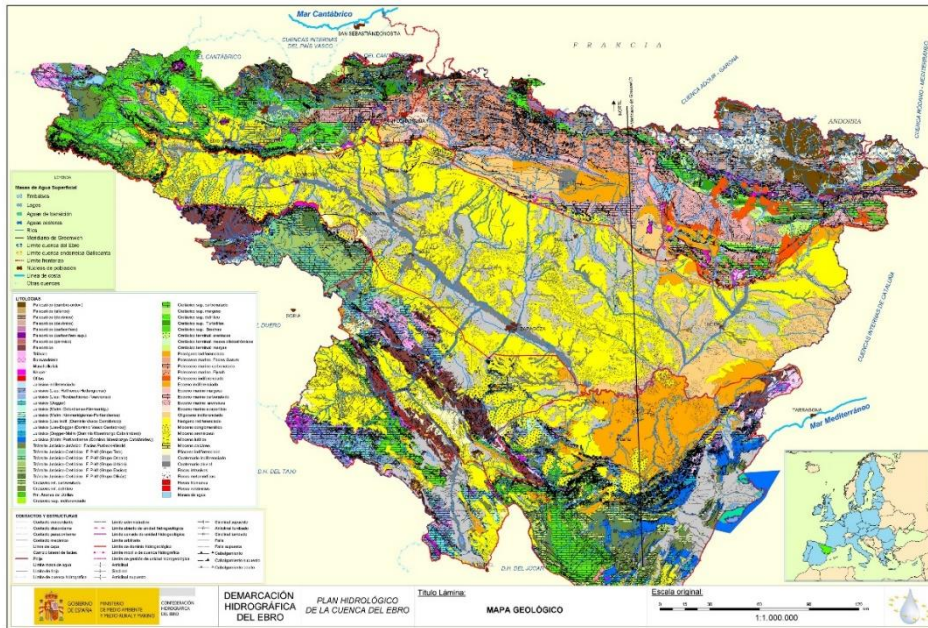


ILUSTRACIÓN 5. MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL EBRO. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

El clima en la cuenca del Ebro presenta una gran heterogeneidad debido a su gran extensión y a la participación de diferentes climas. Pueden diferenciarse tres influencias climáticas: la zona cantábrica, con precipitaciones abundantes durante todo el año, la depresión central, con un clima semiárido caracterizado por tener precipitaciones estacionales, y la zona mediterránea, con escasas precipitaciones y temperaturas suaves.

Las precipitaciones máximas, así como las temperaturas mínimas se localizan en los sistemas montañosos que cierran el valle.

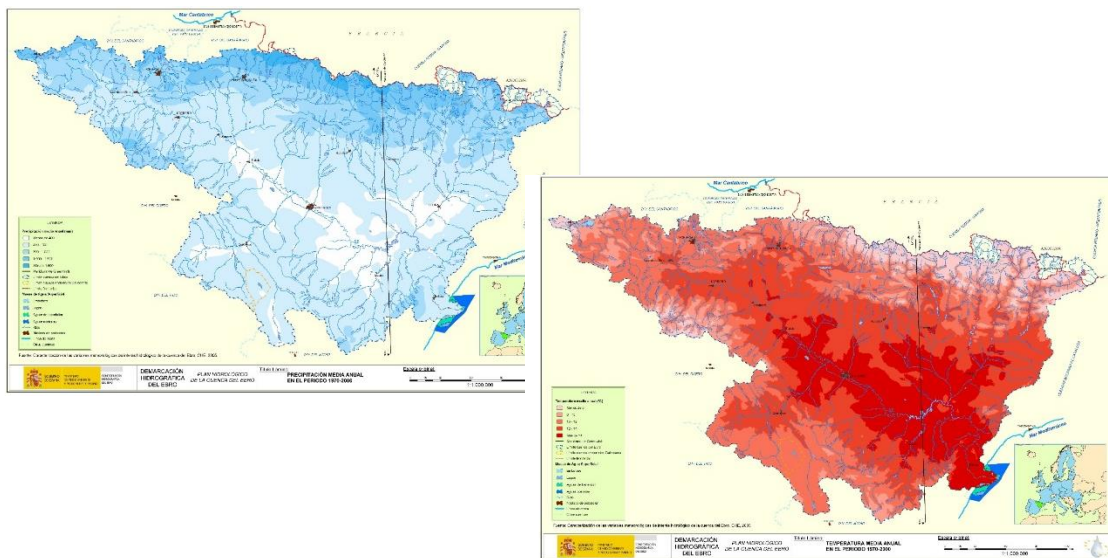


ILUSTRACIÓN 6. MAPA DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN LA CUENCA DEL EBRO. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO.

2.1. Delimitación y características de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra en el sector central de la depresión del Ebro, concretamente en el término municipal de la ciudad de Zaragoza. El río Ebro atraviesa la ciudad en sentido Noroeste-Sureste, de manera lineal en el casco urbano, y con carácter meandriforme en las zonas no urbanizadas del municipio. En esta zona también se incluyen las confluencias de los ríos Gállego y Huerva.

La ciudad de Zaragoza, debido a que es atravesada por tres ríos de relativa importancia, está definida como un Área con Riesgo Potencial Significativo de Inundación¹ (ARPSI).

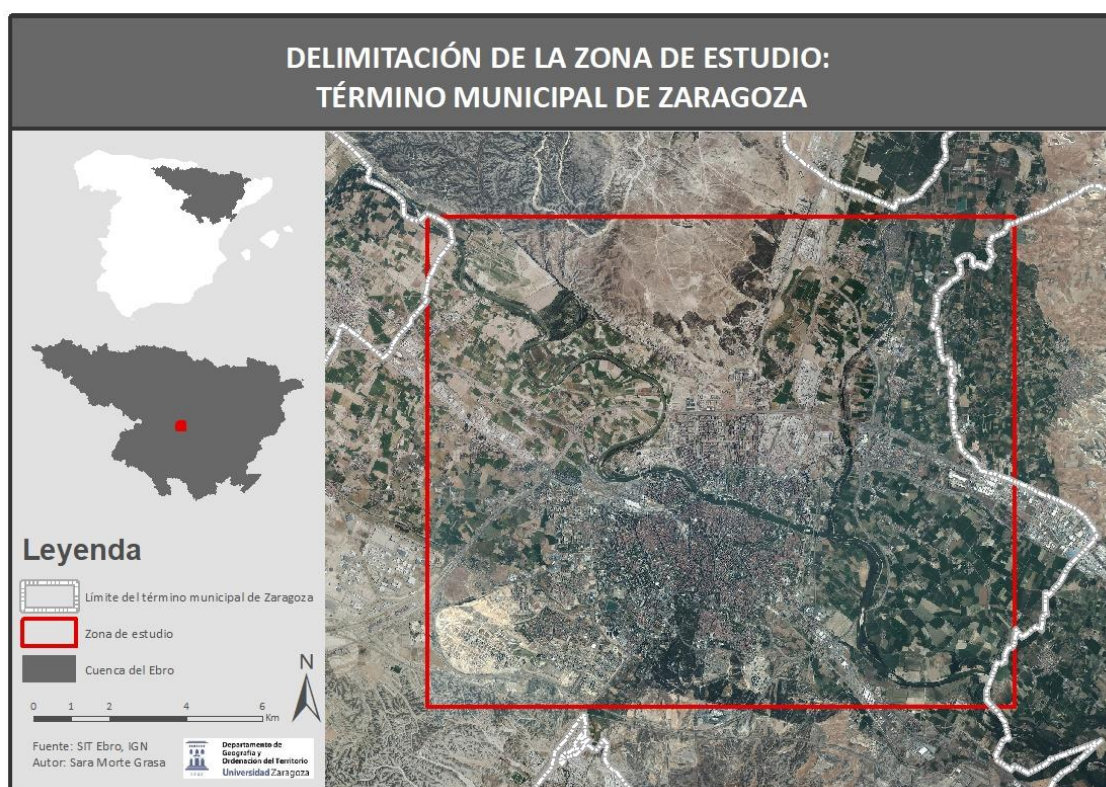


ILUSTRACIÓN 7. EL EBRO A SU PASO POR LA CIUDAD DE ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

La geología y litología de la cuenca también se ve influenciada por la presencia de estas tres importantes corrientes de agua, pues prácticamente toda la zona de estudio se encuentra sobre materiales cuaternarios, principalmente depósitos aluviales y terrazas de gravas, arenas, limos y arcillas.

¹ “Se definen como ARPSIs a aquellas zonas de los Estados miembros de la UE para las cuales se ha llegado a la conclusión de que existe un riesgo potencial de inundación significativo o bien en las cuales la materialización de tal riesgo pueda considerarse probable como resultado de los trabajos de Evaluación Preliminar del Riesgo de Inundación (EPRI), dando cumplimiento al artículo 5 del [Real Decreto 903/2010](#), de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación.” (MAPAMA, 2018)

Sin embargo, encontramos en la zona de estudio un elemento que contrasta con los materiales cuaternarios: el escarpe de yesos. Localizado en la margen izquierda del Ebro, aguas arriba del casco urbano de Zaragoza, y compuesto por yesos y margas del Mioceno medio, el escarpe se alza como una barrera que limita la llanura de inundación.

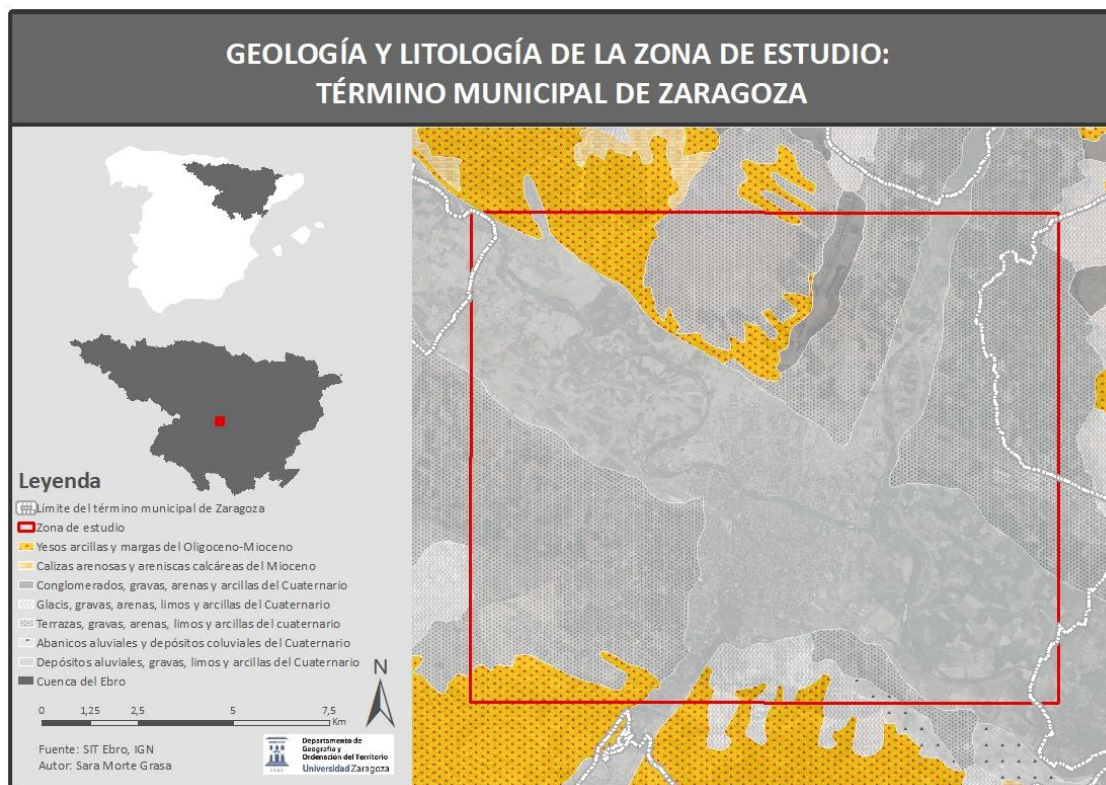


ILUSTRACIÓN 8. MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA DEL EBRO EN ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

En Zaragoza encontramos un clima Bsk² o clima semiárido frío. La temperatura media anual es moderada (14,6 °C). En esta zona, los veranos son calurosos y los inviernos moderadamente fríos, por lo que la amplitud térmica es bastante elevada (18,1 °C), debido a que Zaragoza está aislada de la influencia del mar por el relieve peninsular.

Los Pirineos y la Cordillera Ibérica, al Norte y al Suroeste respectivamente, obstaculizan la entrada de borrascas en Zaragoza, lo que da lugar a la aridez y a los marcados contrastes térmicos mencionados anteriormente. Esta topografía, además, refuerza la acción del cierzo, el viento dominante de componente NW que se caracteriza por ser desecante y modificar la sensación térmica. Las precipitaciones totales anuales son bastante escasas, apenas 314 mm, con una distribución irregular y máximos en primavera y otoño.

El déficit hídrico que experimentan los meses de verano supone un freno para el desarrollo de la vegetación y los suelos de la zona. En general, la vegetación de la zona presenta

² Según la clasificación climática de Köppen.

características esteparias, formando un ralo tapiz vegetal y muy adaptadas a los yesos, como el romero (*Rosmarinus officinalis*), el tomillo (*Thymus vulgaris*), o la aliaga (*Genista scorpius*). Esto contrasta con las orlas de sotos que se pueden encontrar a lo largo del río Ebro y en el Galacho de Juslibol, con especies tales como álamos blancos (*Populus alba L.*), chopos negros (*Populus nigra L.*) u olmos (*Ulmus minor Miller*).

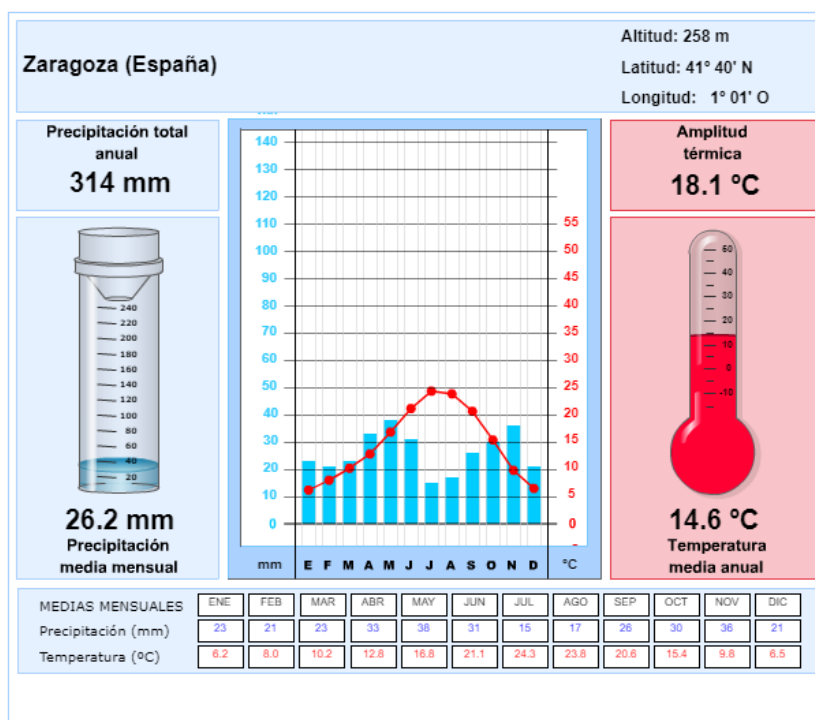


ILUSTRACIÓN 9. CLIMOGRAMA DE ZARAGOZA. FUENTE: EDUCAPLUS.

El río y sus llanuras de inundación se constituyen como un espacio fluvial singular y muy valioso que actúa como corredor ecológico. Este corredor verde evita la fragmentación de las áreas naturales incluso en las zonas urbanas como Zaragoza, reduciendo así los impactos negativos a los que el hombre somete al resto de seres vivos. Además de un uso ecológico, puede servir como zona recreativa e incluso convertirse en un lugar de aprendizaje, como sucede en el Galacho de Juslibol y su centro de interpretación.

Los usos de suelo en la zona de estudio podrían dividirse en dos grandes bloques. Por un lado, encontramos una gran abundancia de superficies artificiales (tejido urbano, zonas industriales y comerciales, zonas en construcción...) dado el gran tamaño de la ciudad de Zaragoza. Las zonas industriales se localizan muy cercanas tanto al río Ebro como al Gállego, lo que podría generar algún problema durante las crecidas. También aparecen algunos barrios rurales y municipios muy cercanos como Monzalbarba, Alfocea o la Cartuja Baja, que suelen tener graves problemas de inundaciones.

Por otro lado, en torno a los ríos, encontramos principalmente zonas agrícolas de regadío, que ocupan gran parte de la llanura de inundación. La cercanía al río dota a estas tierras de una

gran fertilidad. También es importante destacar la vegetación de ribera que aparece junto a los cursos de agua, muy importante para el desarrollo de la biodiversidad, ya que aportan materia orgánica y sedimentos que permiten la vida en los ríos.

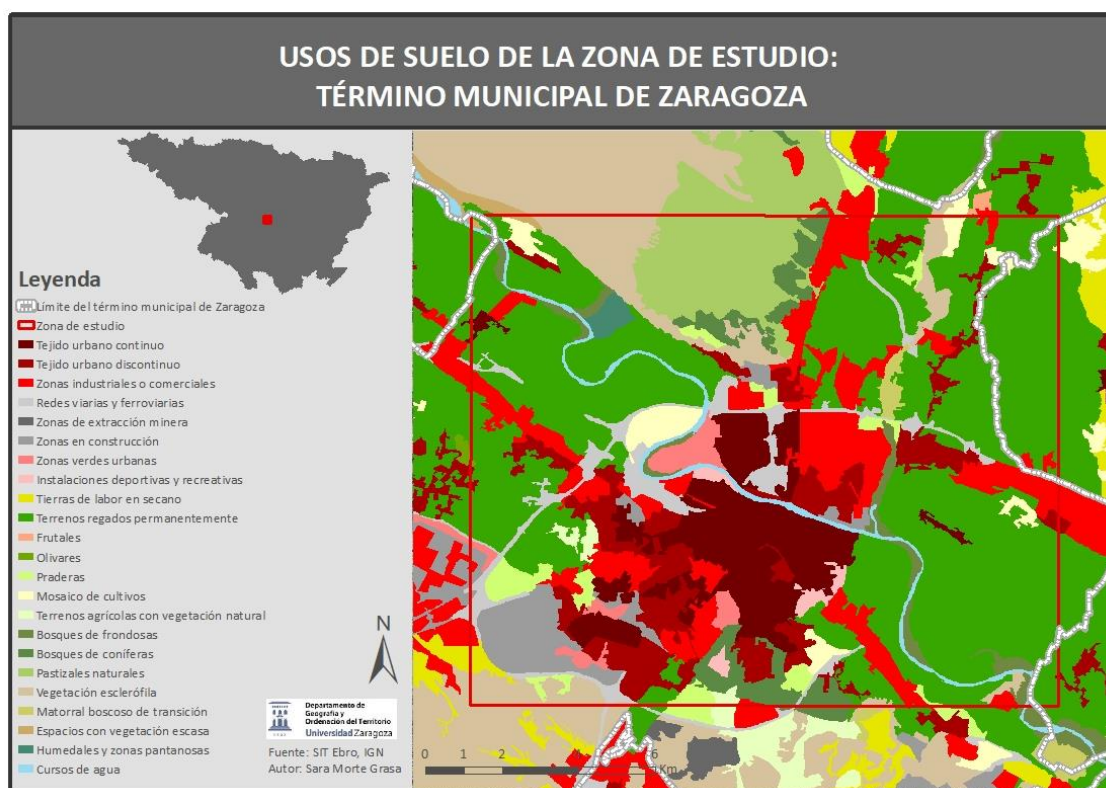


ILUSTRACIÓN 10. USOS DE SUELO DE LA CUENCA DEL EBRO EN ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

Por último, y respecto a la red de carreteras, la zona de estudio contiene un denso tejido de comunicaciones viarias, que sirven de unión entre los diferentes municipios del eje del Ebro. Estas carreteras también pueden verse afectadas por las crecidas del Ebro debido a su cercanía a la llanura de inundación, como ocurrió en la crecida de 2003 con el tercer cinturón o Z-30, o en 2015 con la Autopista ARA-01.

Destaca la Z-40, también conocida como el cuarto cinturón, que rodea la ciudad de Zaragoza y por lo tanto cruza el río en dos ocasiones. Por lo tanto, se trata de uno de los viales con riesgo de afección por las crecidas.

Otras de las carreteras con una cierta cercanía al Ebro son la AP-68 al Oeste y la A-68, la cual al llegar a Zaragoza por el Este, se interrumpe para continuar por el Oeste de la ciudad. La primera de ellas conecta Bilbao con Zaragoza. La segunda conecta los municipios de El Burgo de Ebro y Miranda de Ebro, pero existe un proyecto de ampliación de esta en la que se comunicará con el municipio de La Jana (Castellón). Ambas dos discurren en grandes tramos paralelas al río Ebro y muy cercanas a él.

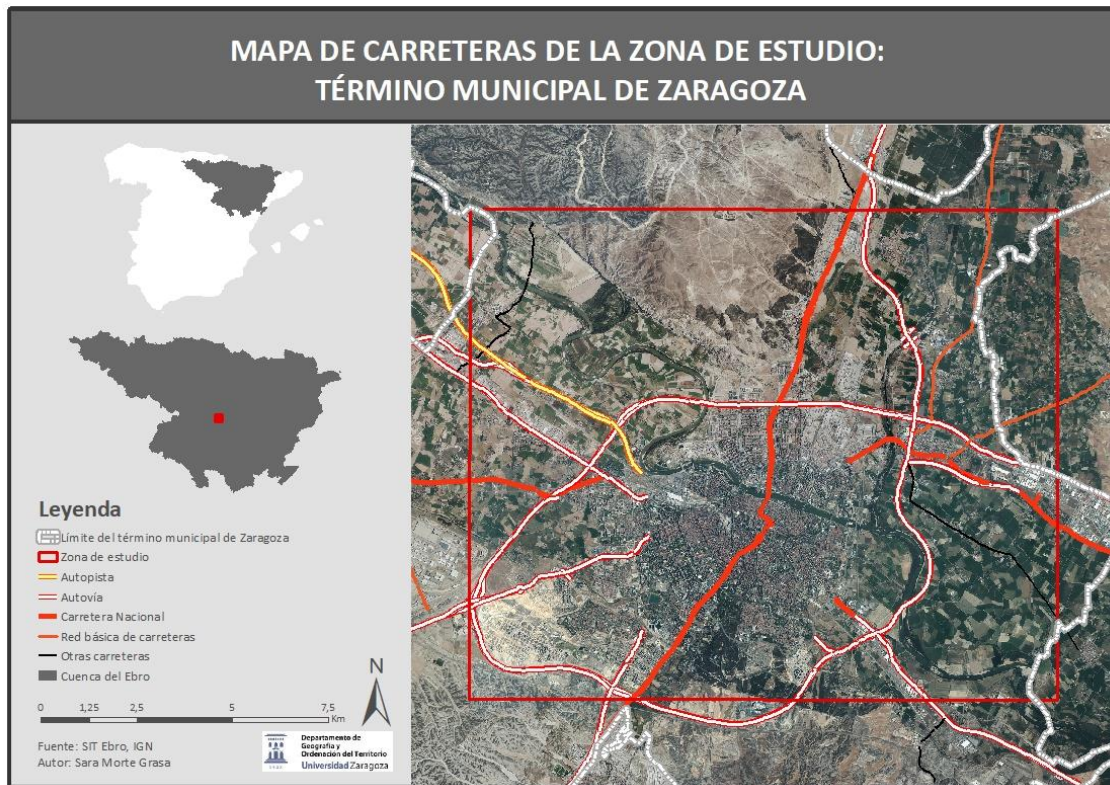


ILUSTRACIÓN 11. RED DE CARRETERAS DEL ENTORNO DE ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

3. METODOLOGÍA

En el presente proyecto se ha desarrollado una metodología basada en el binomio análisis-resultado del estudio del comportamiento del río Ebro a su paso por la ciudad de Zaragoza, en el que se ha intentado ofrecer una visión integral de los procesos hidrológicos, morfodinámicos y ambientales de dicho espacio fluvial.

La investigación comienza con una búsqueda de información bibliográfica referente a las características de la cuenca del Ebro, la dinámica del mismo en su tramo medio y las principales crecidas a través de internet. Se consultaron artículos científicos, además de otras fuentes oficiales como la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), el Ayuntamiento de Zaragoza, el Instituto Geográfico Nacional, etc. También se hizo uso de los fondos de la Biblioteca del Agua y del Medio Ambiente, especializada en esta materia.

Tras recopilar esta información, se realizó un breve comentario de las principales características de la cuenca, para después hacer un análisis similar pero centrado en la zona de estudio, el término municipal de Zaragoza. Este comentario de la zona de estudio incluye diferentes cartografías que complementan el texto, cuya información se encuentra disponible en IDE Aragón, SITEbro o IGN.

Para estudiar por qué, cuándo y dónde se van a producir las inundaciones en las riberas del Ebro, es necesario conocer el comportamiento del río y su dinámica fluvial. Se realizó un tratamiento de diferentes datos extraídos de SAIH Ebro y el Visor de Redes de Seguimiento e Información hidrológica, que da acceso al Anuario de Aforos del río Ebro. Con estos datos, se crearon gráficas que ayudaron a analizar las características del comportamiento hidrológico del Ebro. El análisis de la evolución de los cauces históricos del Ebro se apoya en la realización de dos cartografías de la zona de estudio a partir de la digitalización de los cauces registrados en diferentes fotoplanos y ortofotos históricas disponibles en el IGN. Estas cartografías muestran la gran dinámica fluvial que ha experimentado el río en el último siglo.

El estudio de las principales avenidas del Ebro en el siglo actual se plasmó en el proyecto gracias a diferentes artículos científicos y periodísticos, además de en los diferentes datos de caudal máximo instantáneo extraídos del SAIH Ebro y las cartografías que muestran la extensión de la lámina de agua, cuya información se encuentra en SITEbro.

Se ha realizado también una cartografía del Territorio Fluvial, un espacio lo suficientemente ancho para conservar la dinámica hidrogeomorfológica y capaz de laminar las crecidas de manera natural. Para ello, se ha seguido el modo de delimitación del Territorio Fluvial desarrollado por Ollero, Ibisate y Elso en el año 2010.

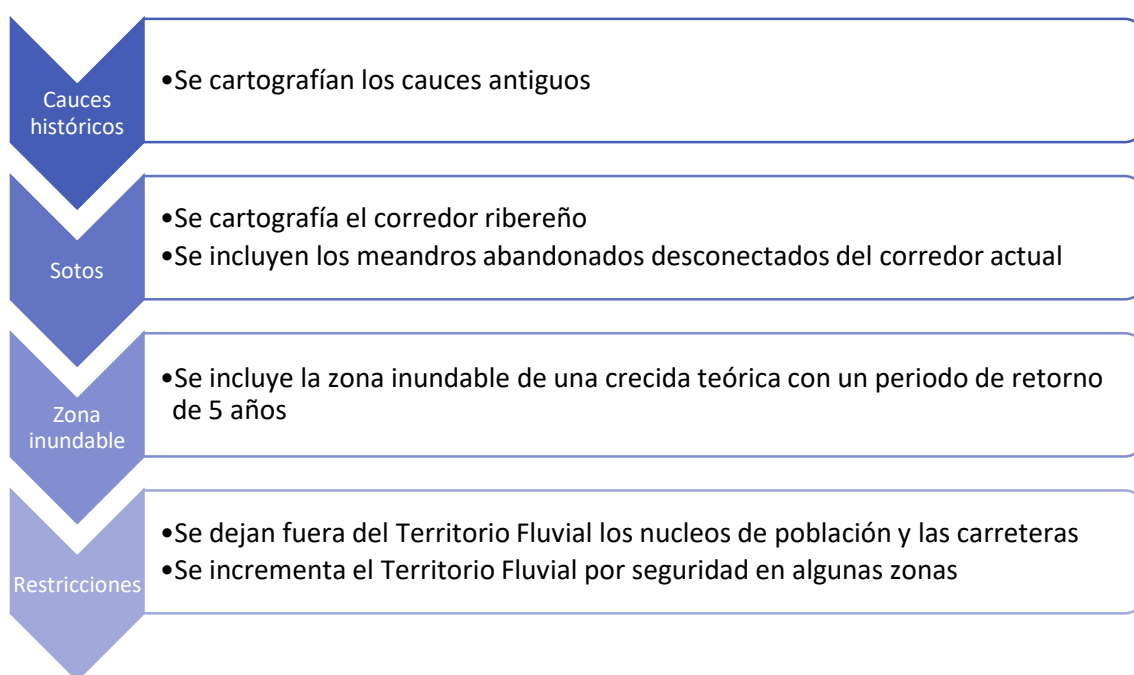


ILUSTRACIÓN 12. DIAGRAMA DE FLUJOS CON LOS PASOS A SEGUIR PARA LA DEFINICIÓN DEL TERRITORIO FLUVIAL. FUENTE: OLLERO, IBISATE Y ELSON (2010). ELABORACIÓN PROPIA.

Cabe destacar que, en lugar de utilizar la zona inundable de una crecida teórica con un periodo de retorno de 5 años, se ha optado por usar la lámina de inundación de la máxima crecida ordinaria, que se corresponde con un periodo de retorno de 2 – 2,5 años. Este Territorio Fluvial

se ha comparado con la lámina de inundación de las crecidas de 2003, 2007 y 2015, para observar si dicho acercamiento teórico se corresponde con la realidad.

Por último, se han redactado una serie de propuestas de conservación, divulgación y reordenación territorial para que los ciudadanos tengamos una mejor convivencia con el río Ebro

4. ANÁLISIS

4.1. Comportamiento hidrológico del Ebro

El río Ebro en Zaragoza presenta un régimen pluvio-nival, con un máximo en el mes de febrero y un mínimo en el mes de agosto, generalmente con un importante estiaje. El clima oceánico localizado en la cabecera de la cuenca del Ebro y el Pirineo occidental se relaciona con los elevados caudales que se dan en invierno y su elevada frecuencia de crecidas.

Las bajas presiones tanto en superficie como en altura, asociadas a los frentes que afectan a la península, son las principales causantes de estas avenidas. Da igual si las precipitaciones son intensas, pero de corta duración o más suaves, pero prolongadas en el tiempo, ambos tipos recogen un importante volumen de agua en la cuenca. Además, estas situaciones atmosféricas traen también fases de advección cálida que activan la fusión de la nieve.

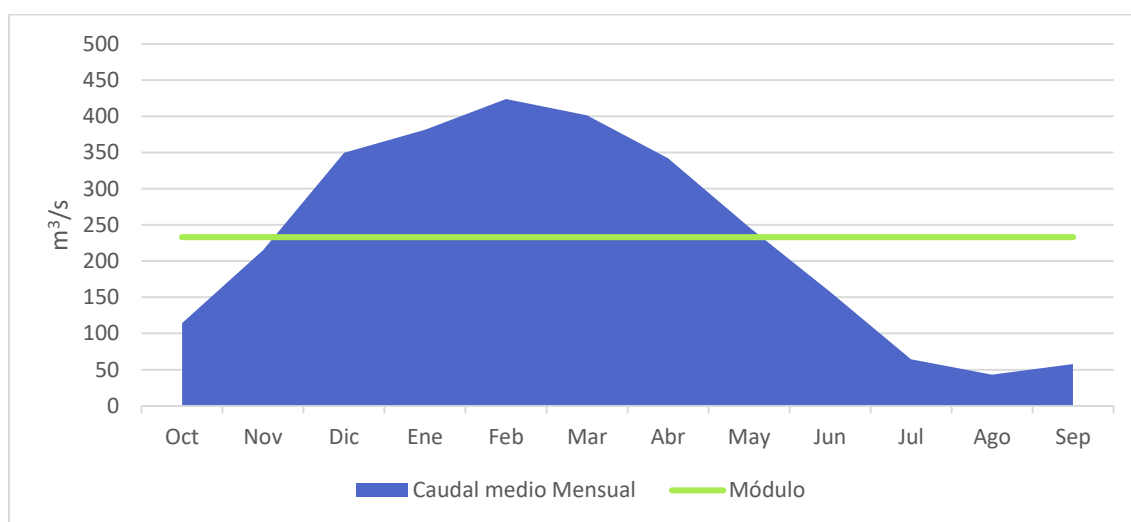


ILUSTRACIÓN 13. CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL DE CAUDAL DEL RÍO EBRO EN ZARAGOZA. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. ELABORACIÓN PROPIA.

La irregularidad interanual del río es apreciable. El coeficiente de irregularidad supera el valor de 6 en la estación de aforo de Zaragoza, lo que indica que el caudal es bastante variable de un año a otro. Sin embargo, encontramos décadas más estables, como los años treinta y los sesenta. En el siguiente gráfico se observa una tendencia decreciente de los caudales desde los

sesenta. Por otro lado, “resulta también expresivo apreciar como a partir de los ochenta, el número de años que el caudal medio anual supera el módulo es muy inferior al de las décadas anteriores, especialmente la de los sesenta y los setenta, en la que la mayor parte de los años tienen un caudal medio anual superior al módulo” (Ollero, Sánchez, Losada y Hernández, 2004).

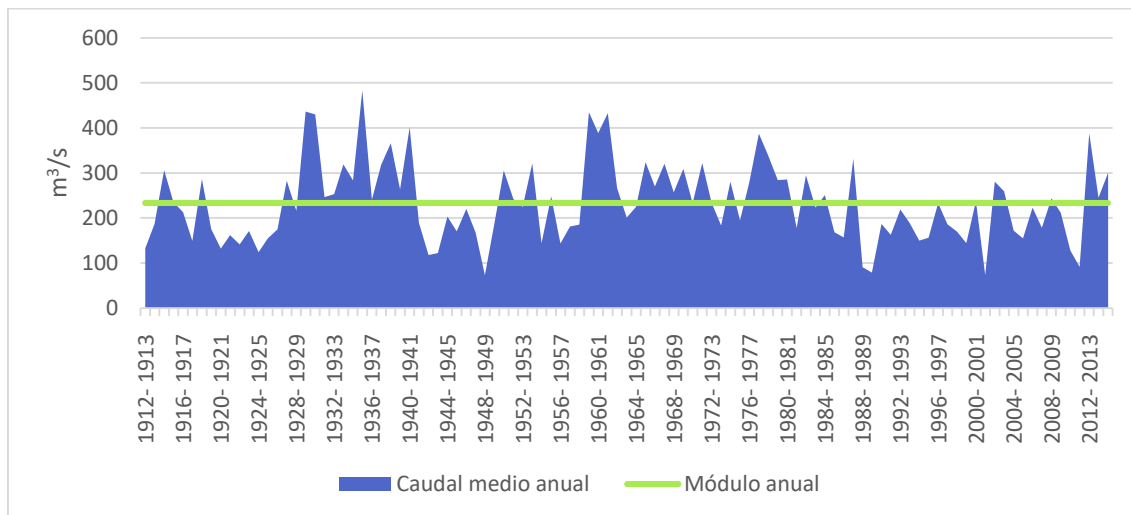


ILUSTRACIÓN 14. CAUDALES MEDIOS ANUALES DESDE 1912-1913. IRREGULARIDAD INTERANUAL EN ZARAGOZA. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. ELABORACIÓN PROPIA.

Los estiajes se producen principalmente entre el final del verano y los inicios del otoño. Suelen ser episodios muy duraderos en el tiempo. Durante los años cuarenta, los días de estiaje eran abundantes. Después de una época de lluvias importantes y de la construcción del embalse de Yesa, los estiajes se van reduciendo progresivamente hasta los años ochenta. A partir del año hidrológico 1984-1985, se observa como la tendencia cambia y el número de días con estiaje comienza a aumentar de nuevo.

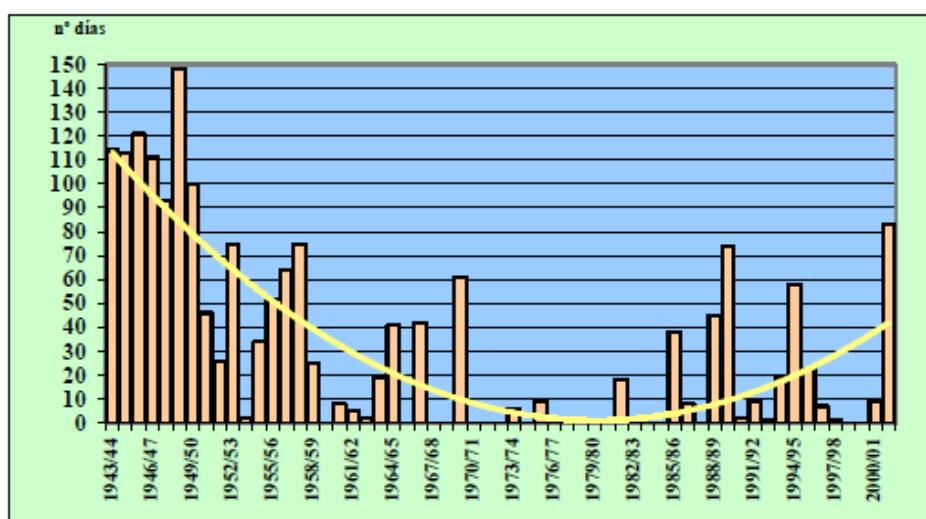


ILUSTRACIÓN 15. NÚMERO DE DÍAS DE ESTIAJE ($Q < 30 \text{ m}^3/\text{s}$) EN CADA AÑO EN LA ESTACIÓN DE AFORO DE ZARAGOZA. FUENTE: OLLERO, SÁNCHEZ, LOSADA Y HERNÁNDEZ (2004).

4.2. Evolución histórica de los cauces

El Ebro de meandros libres sufrió abundantes cambios de trazado del cauce a mediados del siglo XX, ya sea por cortas producidas en las crecidas o por la erosión de los márgenes.

La morfología de los ríos es el resultado de la interacción de la fuerza del agua y de la resistencia de los márgenes. La primera de ellas se relaciona con la pendiente del cauce y el volumen de agua que circula por él. Por lo tanto, los mayores cambios en la morfología fluvial se producen durante las crecidas.

Debido a la escasa pendiente, la gran anchura de la llanura de inundación y a la escasa profundidad del cauce, el Ebro en su tramo medio presenta una morfología meandriforme. Las continuas avenidas han provocado cortas en diferentes tramos del río, las cuales han supuesto cambios bruscos en el cauce.

Un claro ejemplo de ello es el Galacho de Juslibol. Tal y como se puede observar en las siguientes imágenes, el cauce del Ebro formaba un sinuoso meandro que limitaba con el escarpe de yesos zaragozano. Fue en la crecida de 1961 cuando el río cambió su recorrido produciendo el corte de dicho meandro, que quedó aislado.

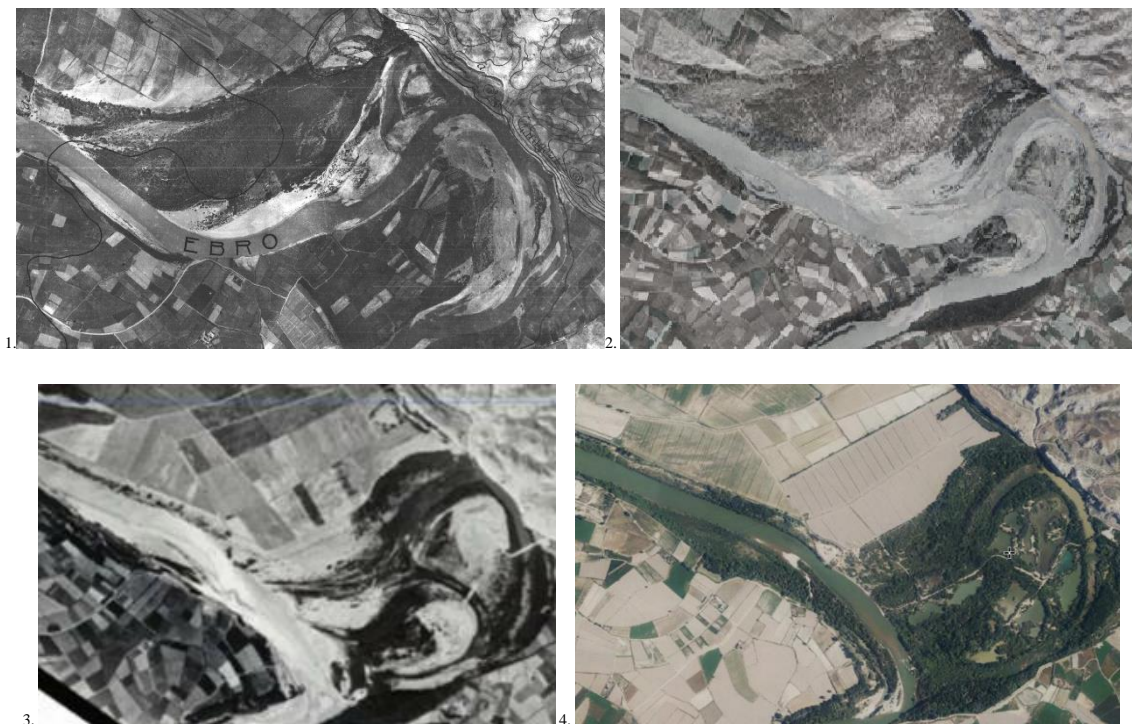


ILUSTRACIÓN 16. 1. FOTOPLANO DE 1927. FUENTE: CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO. 2. ORTOFOTO CECAF 1956-1957. FUENTE: IDEARAGÓN. 3. ORTOFOTO DE 1965. FUENTE: IDEARAGÓN. 4. ORTOFOTO PNOA MÁXIMA ACTUALIDAD. FUENTE: IGN

Con el descenso del nivel de las aguas, una vez que la crecida va perdiendo fuerza, se van depositando sedimentos en el fondo del cauce que dan lugar a las llamadas barras de gravas. Estas

son rápidamente colonizadas por la vegetación, por lo que son consideradas de importancia para la renovación de los ecosistemas fluviales.

En las siguientes cartografías aparecen diferentes cauces históricos del río Ebro en los que se muestra la marcada dinámica fluvial que este ha sufrido desde finales del siglo XIX. Se observa la creación y desaparición de múltiples meandros y el avance del mismo por la erosión de las orillas cóncavas.

Algo que llama la atención es la ocupación del suelo para usos agrícolas sobre todo en el antiguo cauce de 1892, aunque también en el de 1927. El cauce de 1956 ha sido ocupado por la vegetación de ribera, generando sotos de gran riqueza natural que dan refugio a diferentes especies de fauna y flora.

Sin embargo, el constreñimiento del cauce del Ebro, en beneficio de las actividades humanas, está provocando la alteración de este, generando en el río un comportamiento no natural. En los últimos años, la intensa antropización de la cuenca y las cada vez más frecuentes defensas de margen, han hecho desaparecer esa dinámica fluvial. Tal y como se observa en las siguientes cartografías, en los últimos 25 años apenas se han producido cambios en el trazado del cauce, a pesar de que se han repetido importantes crecidas.

También se ha reducido el área que ocupa el cauce, ya que ahora es más rectilíneo y no forma tantos meandros.

TABLA 1. COMPARACIÓN DEL ESPACIO QUE OCUPA EL RÍO EBRO EN DOS ZONAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Año	Zona del Galacho de Juslibol			Zona del soto de la Mejana de Pastriz		
	Área total (km ²)	Área que ocupa el cauce (km ²)	%	Área total (km ²)	Área que ocupa el cauce (km ²)	%
1892	9,292	1,398	15,045	9,167	1,291	14,083
1927	9,292	0,820	8,825	9,167	0,820	8,945
1956	9,292	1,086	11,687	9,167	0,520	5,673
1991	9,292	0,578	6,220	9,167	0,439	4,789
2018	9,292	0,509	5,478	9,167	0,378	4,123

Tal y como muestra la Tabla 1, el porcentaje de espacio que ocupa el cauce en una misma zona se ha ido reduciendo desde los años cincuenta, fecha que coincide con los inicios de la ingeniería hidráulica y la construcción de embalses y diques de contención para proteger los

cultivos en el valle del Ebro. Esto se traduce en una menor movilidad fluvial debido al encajamiento del río.

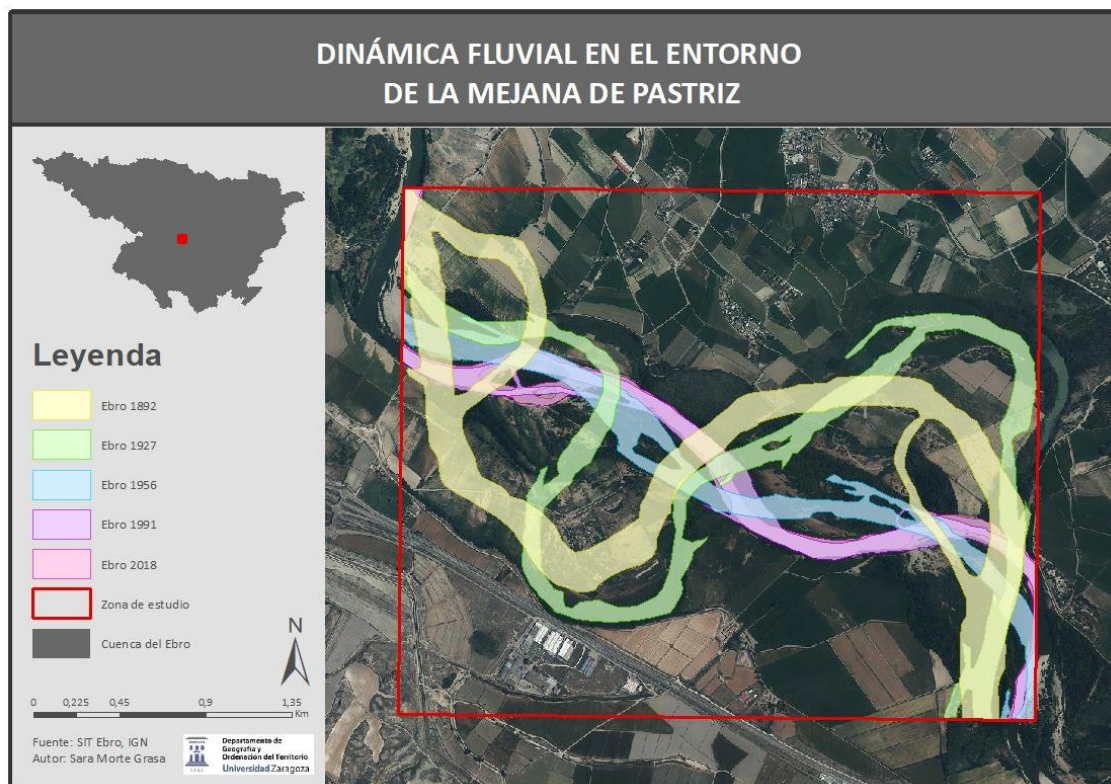
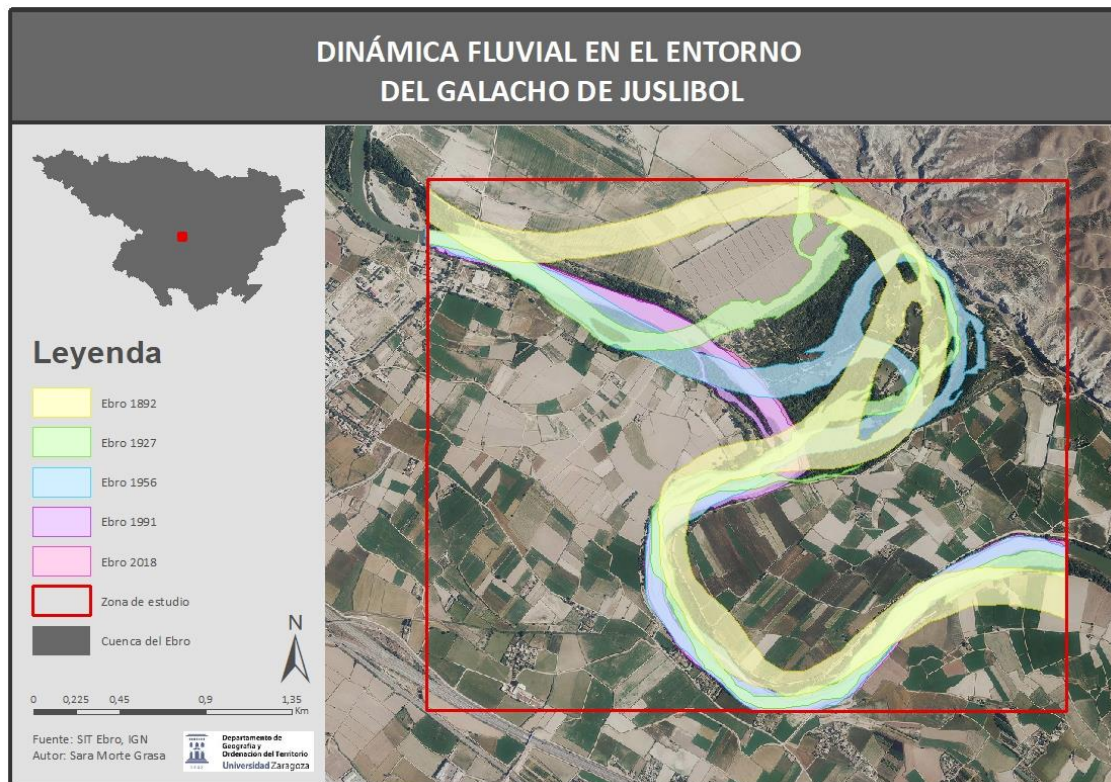


ILUSTRACIÓN 17. DOS EJEMPLOS DE LA EVOLUCIÓN DE LOS CAUCES DEL EBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA. FUENTE: AYUNTAMIENTO DE ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

4.3. Estudio de las principales crecidas del siglo XXI

El tramo de meandros libres del Ebro sufre con frecuencia crecidas e inundaciones, en las cuales muchas veces se supera el umbral de desbordamiento (1.500 m³/s en Zaragoza). En la capital aragonesa, todos los años se da al menos una crecida ordinaria.

Como se puede observar en el siguiente gráfico, las más destacadas son la de los años 2003, 2007 y 2015. También se aprecia que, en 2002, 2006, 2008, 2009, 2013 y 2014 se alcanzan valores que superan el umbral de desbordamiento o que están muy cerca del mismo.

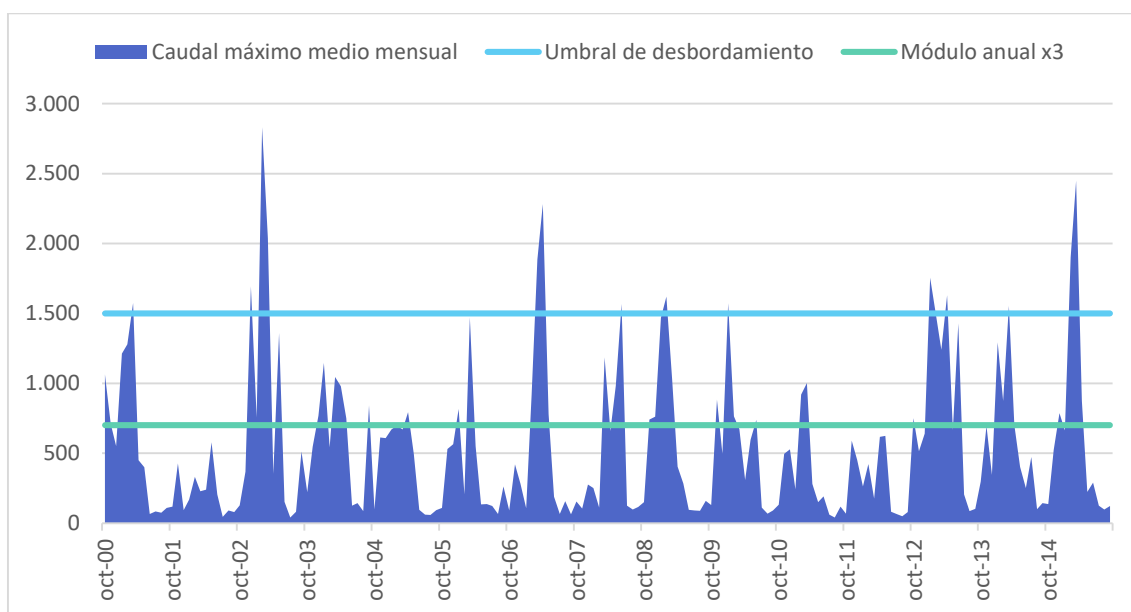


ILUSTRACIÓN 18. DISTRIBUCIÓN DE LOS CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS MENSUALES DEL RÍO EBRO EN ZARAGOZA. FUENTE: SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL ANUARIO DE AFOROS. ELABORACIÓN PROPIA.

En la depresión del Ebro, las crecidas son de larga duración y provocan inundaciones en las llanuras de inundación más o menos prolongadas en el tiempo. Las precipitaciones que provocan el aumento del caudal se deben a situaciones atmosféricas de bajas presiones tanto en superficie como en altura, que a veces vienen acompañadas de advecciones cálidas que provocan la fusión de la nieve acumulada.

4.3.1. La crecida de febrero de 2003

La crecida de febrero de 2003 se ha catalogado como la avenida más importante de los últimos años, debido principalmente al volumen de caudal alcanzado. Se caracterizó por ser una crecida más lenta de lo habitual.

Esta crecida fue causada por unas precipitaciones prolongadas en el tiempo, pero de carácter débil, localizadas principalmente en las cuencas de los ríos Zadorra, Ega, Arga y Aragón, entre los días 29 de enero y 6 de febrero. Estas precipitaciones se deben a la presencia de un anticiclón en las Azores y una serie de bajas presiones, con sus correspondientes frentes, en el centro de Europa, acompañadas de un viento de fuerte intensidad y de componente Norte.

Otro aspecto que contribuyó a incrementar el caudal fue el inadecuado ritmo de desembalse de Ullibarri-Gamboa, que provocó graves inundaciones en los municipios atravesados por el río Zadorra y grandes pérdidas económicas en la zona.

La inundación en el tramo de meandros libres del Ebro también fue debida al encharcamiento desde el freático, ya que el constreñimiento del Ebro generó la inyección del agua en el suelo hasta tal punto que se saturó el acuífero.

En Zaragoza, el Ebro experimentó un aumento de caudal los días 31 de enero y 2 de febrero. Fue a partir del día 4 de febrero cuando el volumen de agua comenzó a aumentar hasta llegar a los 2.832 m³/s, el mayor caudal alcanzado por el Ebro en Zaragoza en el siglo XXI.

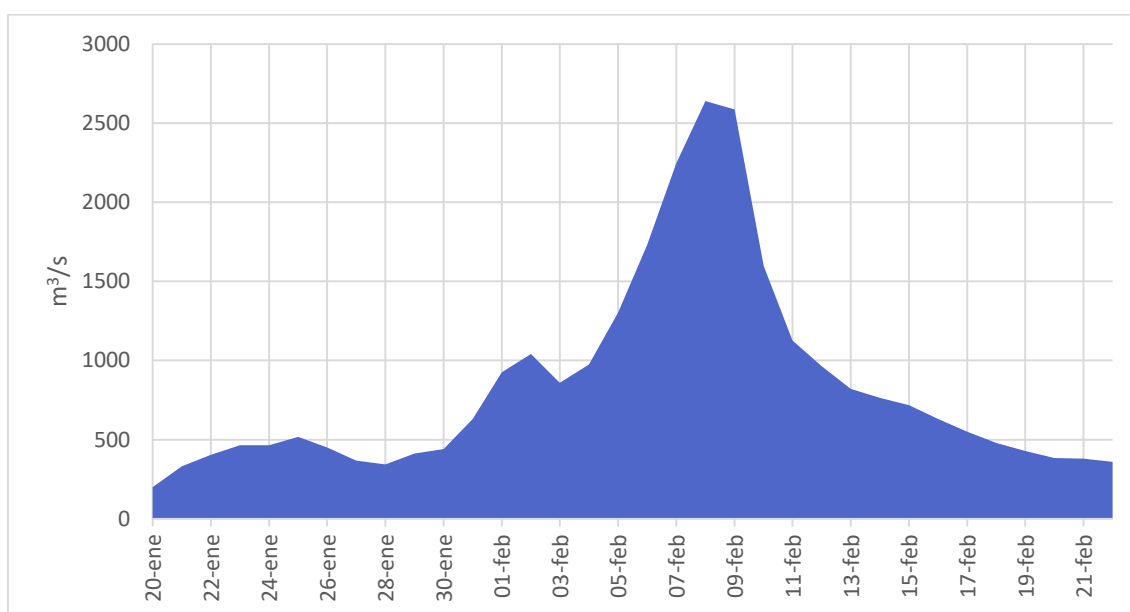


ILUSTRACIÓN 19. HIDROGRAMA DE CRECIDA – FEBRERO 2003. ESTACIÓN DE AFORO DE ZARAGOZA. FUENTE: ANUARIO DE AFOROS (RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO). ELABORACIÓN PROPIA.

Esta crecida reactivó el sistema natural dinamizando los procesos geomorfológicos y ecológicos, ya que había pasado mucho tiempo desde la última gran crecida que aportó un volumen de caudal similar. Se movilizaron los sedimentos y se renovaron los ambientes, generando una mayor riqueza y rejuveneciendo las riberas.

Como aspectos negativos, la crecida causó roturas en las defensas, provocando grandes pérdidas económicas, sobre todo en zonas agrícolas. En la ciudad de Zaragoza, se inundó un tramo del tercer cinturón, inaugurado recientemente, y algunos garajes de la margen izquierda.

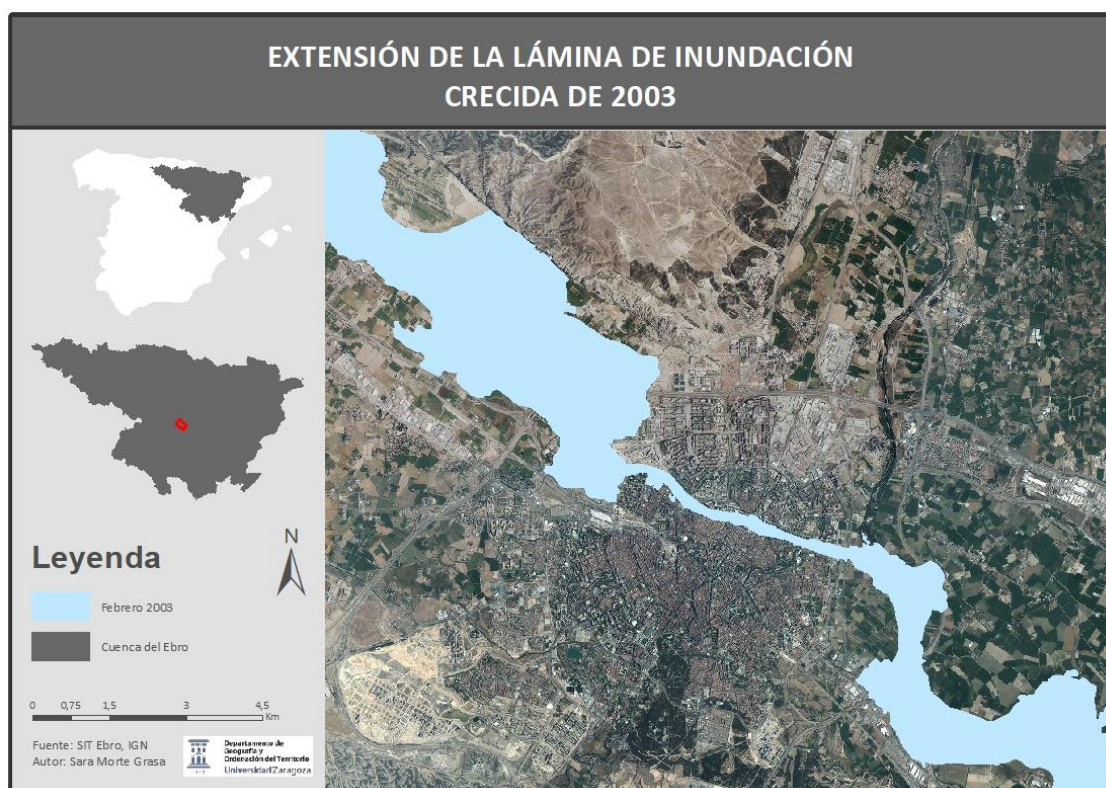


ILUSTRACIÓN 20. EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA EN LA CRECIDA DE FEBRERO DE 2003. ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

La CHE ejecutó una serie de obras de reparación y recrecimiento de motas y autorizó el dragado del cauce, unas soluciones que satisficieron a las comunidades ribereñas, pero que para la comunidad científica fueron un gasto económico evitable y un problema más que una solución.

4.3.2. La crecida de marzo-abril de 2007

Se trata de una crecida que no solo destaca por su volumen de caudal ni por los daños ocasionados, sino también por su complejidad.

La crecida que sucedió entre el 20 de marzo y el 12 de abril de 2007 se caracteriza por tener tres puntas de caudal que se corresponden con tres situaciones atmosféricas diferentes: invernal, equinoccial y transicional entre ambas.

La primera fase (invernal), se dio entre los días 18 y 23 de marzo, caracterizada por unas intensas precipitaciones en la zona más septentrional de la cuenca. La entrada de una masa de aire

húmeda y fría hizo que bajase mucho la cota de nieve, produciéndose nevadas casi en cualquier cota.

La segunda fase (mixta), ocurrida entre los días 24 y 29 de marzo, se relaciona con la presencia de bajas presiones en altura localizadas en el Mediterráneo occidental y una advección cálida en superficie, lo que produjo precipitaciones en el sector central de la cuenca y a su vez la fusión de la nieve de la fase anterior.

Por último, en la tercera fase (equinoccial), entre el 30 de marzo y el 10 de abril, un nuevo centro de bajas presiones se localizó en el Golfo de Vizcaya. Así, se aumentó la influencia de los frentes en la cuenca y aumentó la intensidad de las precipitaciones, generalizadas por toda la cuenca.

En Zaragoza, se registró un máximo de 1.383,24 m³/s en el primer pico, en el segundo de 1.885 m³/s y el tercero y más alto, de 2.282,44 m³/s. En el siguiente gráfico observamos cómo, sin terminar las curvas de descenso, ya comienzan las curvas de ascenso de los siguientes picos de crecida.

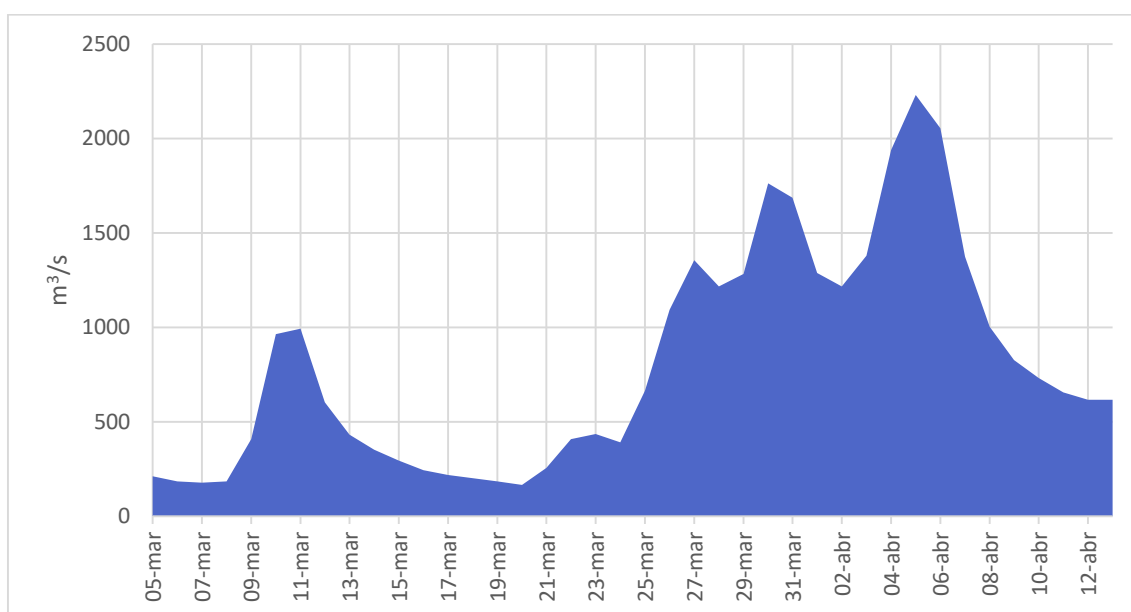


ILUSTRACIÓN 21. HIDROGRAMA DE CRECIDA – MARZO/ABRIL 2007. ESTACIÓN DE AFORO DE ZARAGOZA. FUENTE: ANUARIO DE AFOROS (RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO). ELABORACIÓN PROPIA.

Esta crecida, debido a su larga duración, permitió la recarga del acuífero aluvial. Algo muy beneficioso para la fauna y la flora fue la regeneración de los sotos, que gracias al aporte de agua y nutrientes mejoró su situación respecto a los años secos anteriores. También aparecieron nuevos depósitos de gravas que sirvieron como hábitats fluviales.



ILUSTRACIÓN 22. EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA EN LA CRECIDA DE MARZO-ABRIL DE 2007. ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

Desde el punto de vista económico, se produjeron daños en las infraestructuras de riego y el anegamiento de ciertas zonas de cultivo por la rotura de las motas. La crecida de 2007 anegó menos superficie que en 2003, sin embargo, se rompieron más defensas, muchas de ellas intencionadamente, con el fin de reducir el nivel del Ebro a su paso por la ciudad de Zaragoza y proteger así la zona Expo, que en esos momentos se encontraba en fase de construcción. Esta decisión provocó duros enfrentamientos entre los agentes rurales y los urbanos por la gestión del río.

4.3.3. La crecida de febrero-marzo de 2015

Este evento tuvo lugar entre los días 23 de febrero y 11 de marzo de 2015. La crecida causó gran impacto mediático y se revivieron nuevamente las tensiones entre las comunidades regantes y los científicos.

La principal causa de la crecida fueron las intensas precipitaciones que se dieron en la cuenca alta del Ebro y el Pirineo. La fusión nival también favoreció el aumento de caudal, pero en menor medida que en las crecidas anteriores.

Fueron dos crecidas muy próximas en el tiempo, ambas con un importante volumen de caudal. La primera de ellas, con un máximo de 1.739 m³/s alcanzado en Zaragoza el día 4 de febrero, fue calificada de extraordinaria en el Alto Ebro, pero perdió fuerza y llegó a la capital aragonesa como crecida ordinaria. La segunda fue más compleja, ya que se dieron dos picos de crecida. El primer pico de crecida llegó a Zaragoza con 1.586 m³/s el día 20 de febrero, y el día 2 de marzo se alcanzó el segundo de ellos con un caudal de 2.610 m³/s.

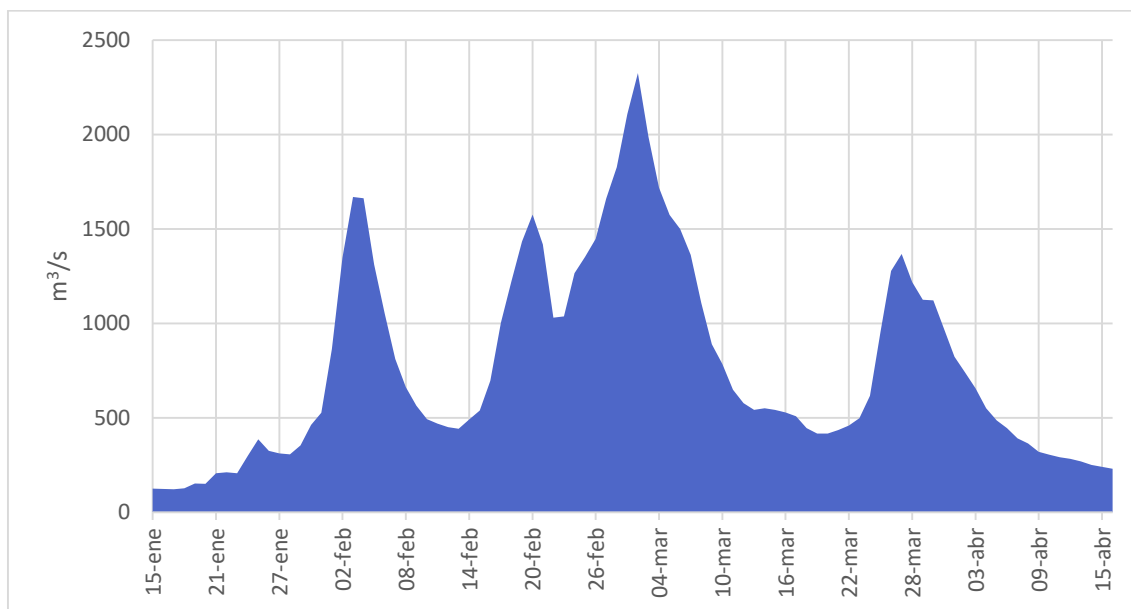


ILUSTRACIÓN 23. HIDROGRAMA DE CRECIDA – FEBRERO/MARZO 2015. ESTACIÓN DE AFORO DE ZARAGOZA. FUENTE: ANUARIO DE AFOROS (RED DE SEGUIMIENTO DEL ESTADO). ELABORACIÓN PROPIA.

No hubo que lamentar grandes pérdidas en la primera crecida ni en el primer pico de la segunda, pero el segundo caudal punta provocó grandes daños en Navarra y Aragón. En Zaragoza en particular, y a pesar de llevar menor caudal, la crecida de 2015 provocó más daños que la de 2003. Esto se debe al incremento de la urbanización a raíz de la Expo 2008, ya que se ha construido un azud urbano, más edificios junto al río, se han sellado más subsuelos cercanos al cauce... Además, la Autopista ARA-01, de nueva construcción, actuó de mota improvisada hasta que colapsó por socavación.

Por otro lado, esta crecida coincidió con el periodo de campaña electoral, por lo que tuvo gran repercusión mediática. Los políticos visitaban a menudo la zona y se convirtió en un perfecto escenario de campaña para todos los partidos, elevando la noticia a nivel nacional. La presión social ganó terreno a las medidas que proponían científicos, técnicos y ecologistas, y el Gobierno central y el Gobierno de Aragón apoyaron la “limpieza” del cauce y el recrecimiento de motas. El gobierno autonómico incluso aprobó un Decreto-Ley que pretendía reducir la protección ambiental del Ebro para poder realizar dragados en zonas protegidas (LIC y ZEPAs), el cual fue denunciado por la Unión Europea.

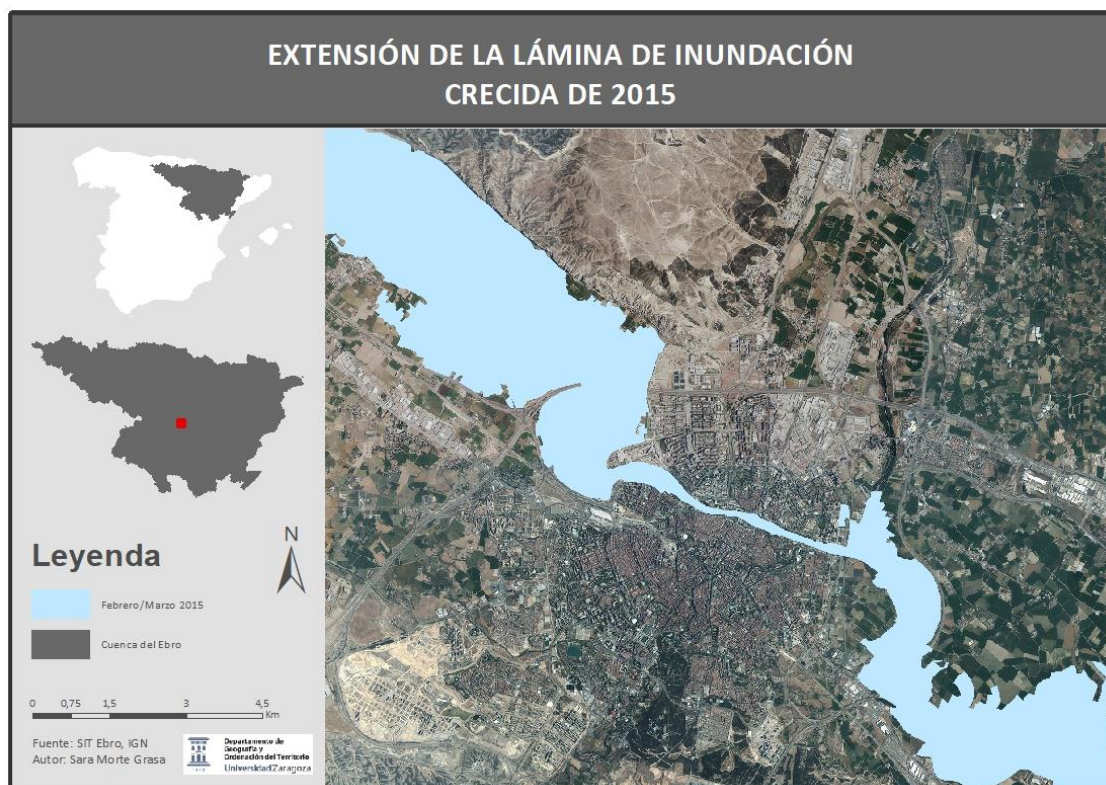


ILUSTRACIÓN 24. EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE AGUA EN LA CRECIDA DE FEBRERO-MARZO DE 2015. ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

4.3.4. La crecida de abril de 2018

El evento que se dio entre el 5 y el 21 de abril de 2018 fue calificado como una crecida extraordinaria. Esta última avenida se debe a las intensas lluvias que se produjeron en toda la cuenca, pero sobre todo a la fusión nival.

En este caso, la crecida se caracteriza por ser la que menos volumen de agua ha llevado a lo largo del siglo. El pico de crecida se sitúa en 2.008 m³/s el día 15 de abril en la estación de aforo de Zaragoza, superando los 5 metros de altura.

Los daños ocasionados esta vez en la zona de estudio fueron menores. Únicamente afectó al tercer cinturón y se dieron cortes de luz en la margen izquierda. Aguas arriba, en Monzalbarba, Alfocea y Juslibol, algunos de sus habitantes quedaron incomunicados. Por suerte, la Policía Local, los Bomberos, Protección Civil y otros quipos de emergencia, estuvieron mejor organizados gracias a los avisos de la Confederación Hidrográfica, y lograron desalojar a tiempo las urbanizaciones localizadas cerca de las márgenes del río.

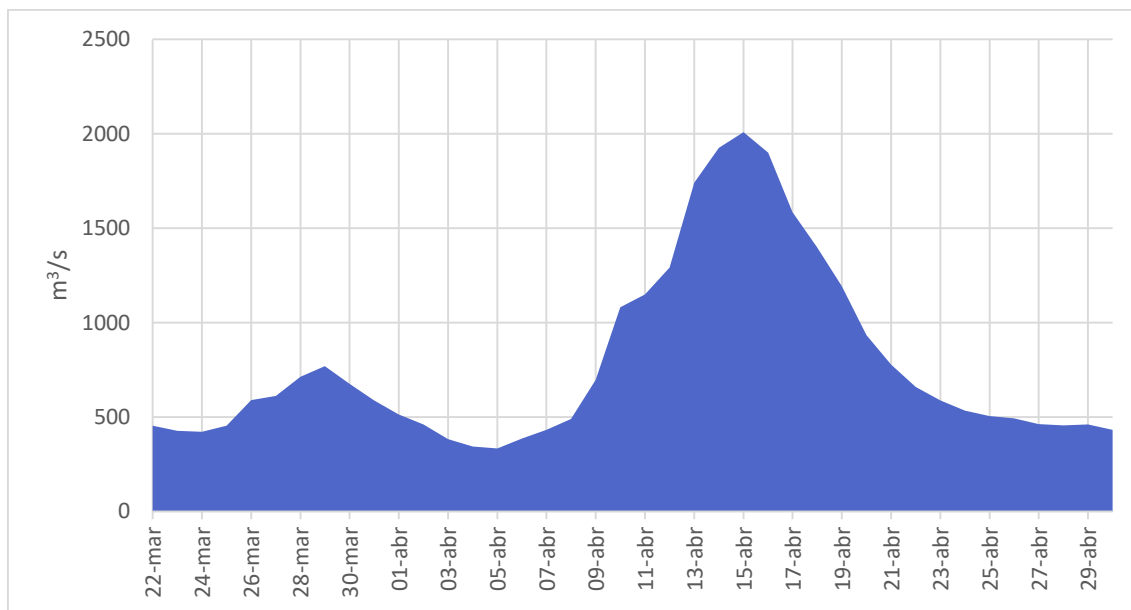


ILUSTRACIÓN 25. HIDROGRAMA DE CRECIDA – ABRIL 2018. ESTACIÓN DE AFORO DE ZARAGOZA. FUENTE: SAIH EBRO. ELABORACIÓN PROPIA.

4.4. Cartografía del Territorio Fluvial

Un Territorio Fluvial es aquel espacio en el que predomina un sistema fluvial. Incluye diferentes elementos, como el río, su cauce, su corredor ribereño y su llanura de inundación. Según el profesor A. Ollero, ha de ser ancho, continuo, inundable, erosionable, no defendido y no urbanizable. Además, sus límites no han de ser permanentes, sino que han de adaptarse a la movilidad fluvial. Habitualmente, este espacio se ocupa inadecuadamente debido a los intereses económicos que se localizan en estas zonas, por lo que es necesario que el Territorio Fluvial se convierta en una figura de ordenación del territorio ya que, además de reducir daños y pérdidas, es la solución más responsable ecológicamente hablando.

Así pues, los principales objetivos que se busca cumplir a través del concepto de Territorio Fluvial son: recuperar la dinámica fluvial, fortalecer los ecosistemas y laminar las crecidas. Con esto se conseguiría eliminar o alejar las motas y diques de este espacio, lo que permite la laminación de las avenidas y su consiguiente pérdida de energía, reduciendo significativamente el riesgo. Además, la restricción de ciertos usos del suelo en este territorio, tales como usos industriales o ganaderos, reduce la vulnerabilidad al desaparecer dichas infraestructuras de la zona inundable.

Para su realización, se ha digitalizado la envolvente de los cauces históricos para después ampliar dicho espacio con los sotos y mejanas desconectadas del río. También se ha tenido en

cuenta la lámina de agua que ocuparía la máxima crecida ordinaria en la zona. El resultado es el siguiente:

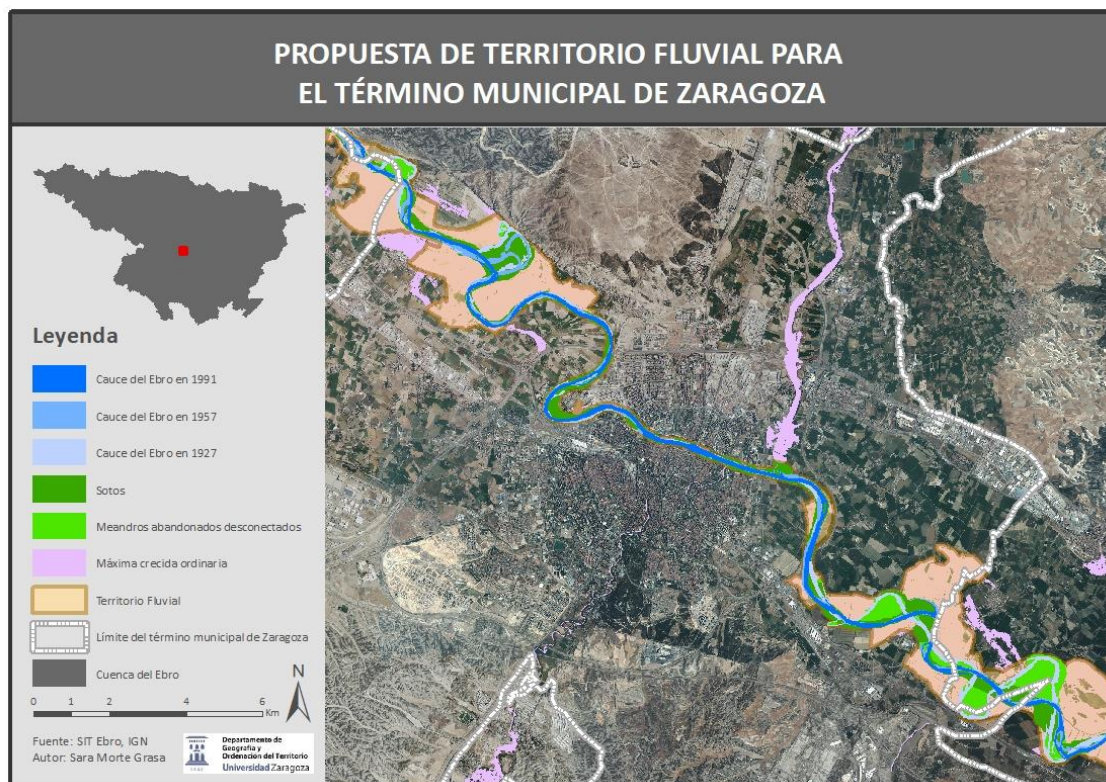


ILUSTRACIÓN 26. PROPUESTA DE TERRITORIO FLUVIAL PARA EL RÍO EBRO EN LA CIUDAD DE ZARAGOZA. ELABORACIÓN PROPIA.

Este espacio teórico tiene como fin “garantizar la conservación y mejora del río y sus riberas, la ordenación de áreas inundables, la minimización de riesgos y la plurifuncionalidad y desarrollo sostenible del espacio inundable” (Ollero, 2007; citado en Espejo, Domenech, Ollero y Sánchez, 2008). Además, debido a su continuidad, puede convertirse en un corredor ecológico para la fauna. Esto garantiza la diversidad ecológica de las riberas.

5. DIAGNÓSTICO Y RESULTADOS

5.1. La importancia de las crecidas

Las crecidas son imprescindibles para el correcto funcionamiento de los sistemas fluviales, el cual consiste en el transporte de agua, sedimentos y nutrientes por toda la cuenca hasta llegar al mar. Ayudan a mejorar los niveles del freático, ya que parte del agua que circula por el cauce y su llanura de inundación penetra en el suelo y recarga los acuíferos. También

acumulan reservas de agua en los embalses, lo que permite la actividad agrícola a lo largo de todo el año, y, además, aportan sedimentos y limos para mejorar la fertilidad de la tierra.

Igualmente, mejoran la calidad de los ecosistemas, aumentando la riqueza biológica de estas y creando nuevos hábitats al aparecer renovados depósitos de gravas en el cauce. Las crecidas incrementan la calidad de las aguas debido a que los contaminantes que se encontraban en estas ahora van a estar diluidos y su presencia por cantidad de agua va a ser menor. La fuerza de la corriente también es capaz de eliminar las algas (macrófitos) y otras especies invasoras, arrastrándolas aguas abajo.

Las crecidas son el método por el cual los ríos logran su autorregulación, sin necesidad de intervención de otros agentes externos.

5.2. Antropización del cauce y sus consecuencias

A lo largo de la historia, las crecidas inundaron los fondos de valle dejando grandes cantidades de sedimento y nutrientes que a día de hoy nos dan unas tierras más fértiles. Las huertas y las vegas se instalaron allí desde la prehistoria, pero los agricultores tuvieron buen cuidado de construir sus viviendas en alto.

Desde el siglo XX, sin embargo, y gracias a las tecnologías de ingeniería hidráulica, el ser humano fue capaz de “dominar” los ríos: se levantaron grandes presas que controlaban la laminación de las crecidas, se construyeron diques fluviales que estrechaban el espacio de los ríos, se modificaron los cauces para hacerlos navegables... Esto, sumado a la pérdida de memoria histórica, sumió a la población en una falsa sensación de seguridad.

Unos claros ejemplos que demostraron que la ingeniería hidráulica no es capaz de controlar la naturaleza son las crecidas extraordinarias que se dieron a principios de los años noventa en dos ríos muy desnaturalizados: el Mississippi y el Rin. No fue tan importante el volumen de agua que alcanzaron, sino su velocidad. Al haber estrechado, modificado y dragado los cauces, “la energía cinética de la onda de crecida se multiplicó por tres, pudiendo llegar a provocar grandes daños en personas y bienes materiales” (Arrojo, 2015). A partir de estos sucesos, se está cambiando de una filosofía mundial de “dominación” a otra de “dar espacio al río”, renegociando con él sus espacios de inundación. Las crecidas son fenómenos naturales que no pueden evitarse y por ello tenemos que convivir con los ríos y no contra ellos.

En el Ebro, al igual que en las cuencas anteriormente comentadas, la construcción de presas y otras obras de ingeniería fluvial, ha generado una engañosa sensación de seguridad en los habitantes ribereños, lo que ha llevado a ocupar el dominio público hidráulico por diferentes

particulares y para múltiples usos (extender huertas, segundas residencias, granjas, almacenes, polígonos industriales...).

Los eventos de precipitaciones intensas o fusión de nieve, son los principales causantes de las crecidas. “Este proceso se convierte en riesgo cuando el ser humano altera el sistema natural y comienza a ocupar el espacio del río, quedando expuesto a la dinámica fluvial” (Ollero, 2007).

Los habitantes ribereños, al ocupar la llanura de inundación (principalmente con usos agrícolas), constriñen el cauce del río y ponen barreras tales como diques, motas o escolleras, para no perder las cosechas.

Las crecidas fluviales son necesarias para que los ríos funcionen de manera adecuada. Son procesos naturales que, aunque el ser humano trate de frenar, no van a dejar de acontecer. Por su parte, las sociedades ribereñas no son capaces de adaptarse al comportamiento de los ríos e intentan aplacar con todos sus medios las grandes avenidas, ya que cada vez son más los intereses que hay en el territorio, porque las zonas inundables son un espacio sin explotar al que podría sacarse rendimiento económico.

Muchas veces, el tema de los espacios fluviales no se ha considerado en la ordenación del territorio de muchos municipios. “Se ha especulado con el suelo aumentando la exposición, basándose en una falsa sensación de seguridad que se apoya en la regulación de los caudales por embalses, obras de ingeniería para el control del río y sus crecidas y el prolongado periodo de retorno de las inundaciones en muchos cursos fluviales” (Ollero y Sánchez, 2008).

Actualmente, y gracias a una adecuada planificación y gestión del territorio fluvial y a unos avanzados sistemas de seguridad, España es capaz de tener un “pseudo-control” de las avenidas fluviales en prácticamente todo su territorio, sin que haya más pérdidas que las económicas. Sin embargo, una escasa educación ambiental hace que la sociedad vea las crecidas como algo negativo y a evitar. Cuando se da una crecida que inunda grandes extensiones de terreno (no tiene por qué llevar un gran volumen de caudal), siempre se busca a un chivo expiatorio al que culpabilizar de los daños ocasionados por la crecida, cuando el problema radica en que la sociedad no llega a comprender que este comportamiento del río es un fenómeno natural.

En Aragón, las crecidas fluviales e inundaciones son los riesgos naturales que se producen con más frecuencia. En los últimos años, estos riesgos están aumentando debido a la elevada vulnerabilidad y exposición de personas y bienes que se asientan en las llanuras de inundación, en conos de barrancos o incluso en los propios cauces abandonados de los ríos, ya que pueden pasar muchos años sin que se den crecidas extraordinarias. Esta baja periodicidad hace que los habitantes ribereños no tengan un recuerdo reciente de un evento similar. A esto hay que añadir el crecimiento urbano de los últimos años, que hace necesario ocupar nuevos terrenos. Así pues,

se entra en un estado de falsa seguridad que lleva a los habitantes de la zona a ocupar el espacio pensando que nada malo puede suceder.

Según diversos estudios del Dr. Alfredo Ollero, las crecidas de los últimos veinte años ocupan una mayor superficie inundada que la que correspondería por los caudales registrados, lo cual puede atribuirse al “constreñimiento del cauce en tramos prácticamente canalizados por defensas excesivamente próximas entre sí, con la consiguiente elevación de la corriente, superación o rotura de las motas en muchos puntos, filtraciones en las mismas y sobreinundación de los sectores no defendidos” (Ollero, Pellicer y Sánchez, 2004).

En cualquier caso, siempre se deben proteger los cascos urbanos ribereños de las crecidas, garantizando la seguridad de sus habitantes. No se trata únicamente de construir motas, sino de buscar estrategias que laminen la crecida en algunos puntos y en otros no.

Las crecidas reviven el interés por los sistemas fluviales, y por ello los medios de comunicación se han hecho eco de la polémica en la gestión del Ebro. Se ha generado un conflicto entre afectados, que piden más protección y el dragado del río, y la comunidad científica, que busca una buena ordenación del territorio fluvial para reducir la vulnerabilidad, otorgándole más espacio al río para reducir los niveles de riesgo. Es cierto que en los medios de comunicación aparecen las crecidas e incluso ocupan titulares, pero nunca se le da importancia al hecho de que son imprescindibles para el correcto funcionamiento de los sistemas fluviales o ni tan siquiera se informa de que son inevitables. Al contrario, muestran los daños económicos y a los afectados, personas que en cierta medida son responsables de sus pérdidas por ocupar para diferentes usos los espacios que pertenecen a los ríos.

Esta desinformación es también responsable de la falsa sensación de seguridad de las personas que ocupan estos territorios. Las Administraciones Públicas responsables deberían promover la educación ambiental, sobre las zonas inundables, para concienciar de que el peligro existe, en lugar de fomentar dicha confianza, que hace que las personas no sean conscientes de la realidad.

5.3. El Territorio Fluvial: acercamiento teórico vs. realidad

El territorio fluvial, como ya se ha comentado en el capítulo 4.4, es una aproximación teórica de cuál es el espacio que le corresponde al río, adaptándonos a él y no adaptándolo a él a nosotros.

Sin embargo, es importante establecer una comparación entre la teoría y la realidad, para ver si hay una correspondencia entre ellas. Para ello, se han tenido en cuenta la cartografía del

territorio fluvial y las láminas de inundación de las crecidas de 2003, 2007 y 2015, en la zona de estudio, cuyo resultado es el siguiente:

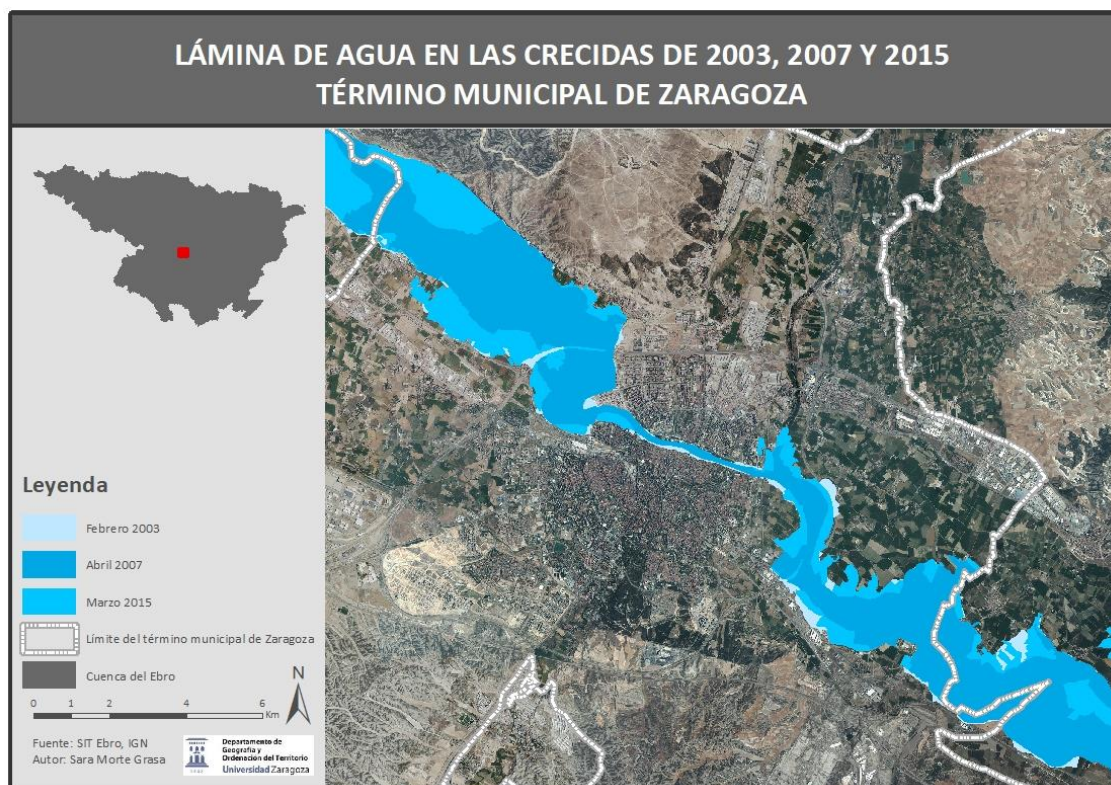
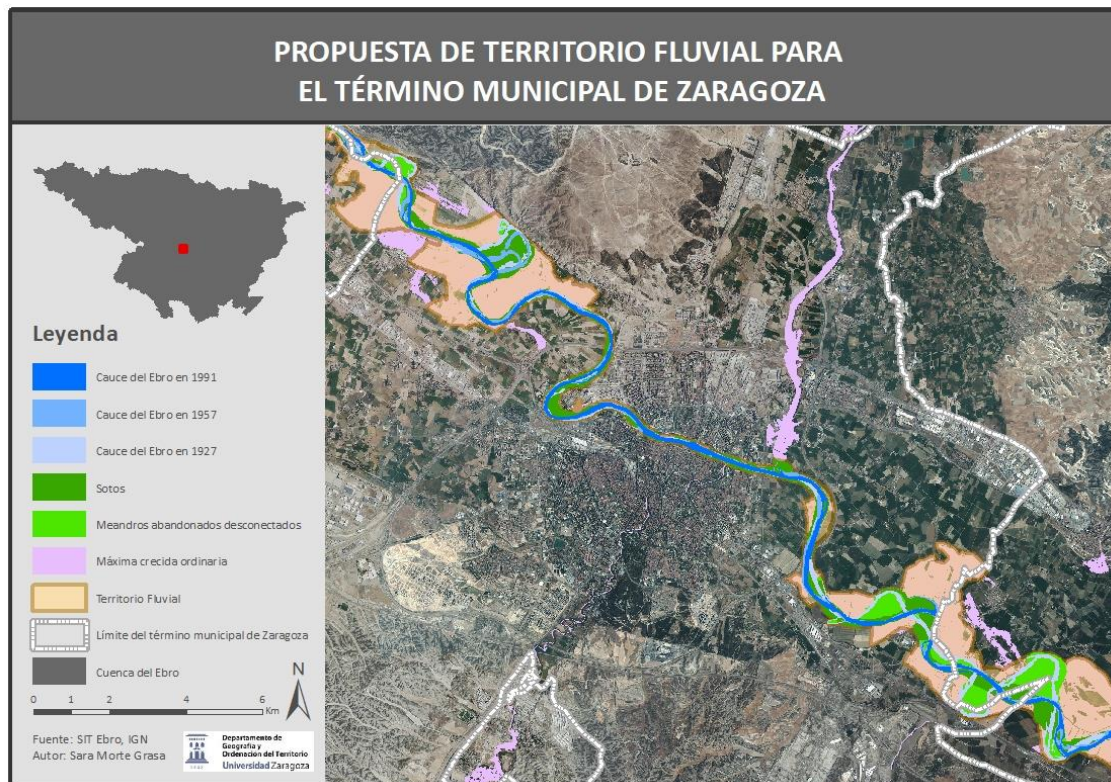


ILUSTRACIÓN 27. COMPARACIÓN DEL TERRITORIO FLUVIAL Y LA LÁMINA DE AGUA DE LAS CRECIDAS DEL SIGLO XXI.

El territorio fluvial propuesto se corresponde en gran parte con la realidad de las láminas de agua de las crecidas más significativas del siglo XXI, excepto en el Soto de la Almozara, el cual se ha inundado en las últimas crecidas y no aparece como zona perteneciente al río en el territorio fluvial elaborado.

Cabe destacar que el río ha ocupado en muchas ocasiones algunos barrios rurales como Monzalbarba y Alfocea, y algunas zonas industriales, los cuales se han excluido del territorio fluvial por ser espacios ocupados habitualmente por personas.

Las granjas y las industrias también se han visto afectadas por las crecidas en alguna ocasión. En la Tabla 2 aparece el número de instalaciones afectadas en el municipio de Zaragoza por las diferentes avenidas, destacando sobre todo la sucedida en marzo de 2015, que afectó a un total de 12 granjas, la gran mayoría de ellas localizadas en el Soto de la Almozara. El Territorio Fluvial elaborado en este proyecto no afectaría a ningún tipo de instalación.

TABLA 2. COMPARACIÓN DE LAS AFECCIONES DE LAS DIFERENTES CRECIDAS Y EL TERRITORIO FLUVIAL.

	Crecida de 2003	Crecida de 2007	Crecida de 2015	Territorio Fluvial
Área ocupada (km²)	41,558	34,890	48,324	33,056
Instalaciones ganaderas afectadas	9	4	12	0
Instalaciones industriales afectadas	2	0	0	0

Por lo tanto, si devolviésemos el espacio que le pertenece al río –siempre que no afecte a los núcleos de población–, permitiendo inundaciones controladas de algunos campos de cultivo, podríamos evitar los desbordamientos en las zonas en las cuales se localizan este tipo de instalaciones.

6. PROPUESTAS DE ORDENACIÓN Y GESTIÓN

Es imprescindible que se pongan en marcha diferentes proyectos relacionados con la restauración fluvial y la gestión del Ebro, empezando por la devolución al río del espacio que le pertenece.

También es importante desarrollar una buena educación ambiental y en el riesgo de inundaciones dirigida hacia la población local, difundiendo la información de manera adecuada. En muchas ocasiones, los afectados solamente reciben la visión de los medios de comunicación,

que en muchas ocasiones no incluye las opiniones de los defensores de los ríos, cuando son sus propuestas las que generarían una reducción del riesgo de inundación además de una mejor convivencia con el río y su entorno.

La Directiva marco del agua³ (2000/60/CE) y la Directiva 2007/60/CE de 23 de octubre, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación⁴ sentaron las bases de cuál debería ser el comportamiento del ser humano con respecto a los ríos y a sus eventos de crecida. Sin embargo, no recogen completamente todas las actuaciones a llevar a cabo en casos de inundación.

Es necesario establecer los usos de suelo adecuados para cada zona. Por ello, se han establecido una serie de propuestas de ordenación dentro del área de estudio, con el fin de conservar, poner en valor o mejorar estos espacios. Para disminuir las grandes afecciones que causan las crecidas, tanto a las personas como a sus bienes materiales, evitando recurrir al constreñimiento del cauce o al dragado de los ríos, opciones con escasa perspectiva ecológica, se propone lo siguiente:

Como medidas de protección y conservación:

- Recuperar meandros y bosques de ribera, ya que ayudan a disipar la fuerza de las crecidas, además de respetar los espacios del dominio fluvial.
- Establecer un corredor ecológico que permita a la fauna y la flora desarrollarse en mejores condiciones.

Como medidas de divulgación y Educación Ambiental:

- Proponer una serie de excursiones aptas para todos los grupos de edad para dar a conocer a la población la dinámica fluvial y la importancia de los sotos, las riberas y los depósitos de sedimentos.
- Realizar cursos para periodistas en materia de riesgos naturales.

Como medidas de seguridad:

- Sobreelevar o trasladar instalaciones ganaderas fuera de la zona inundable para evitar los costosos desplazamientos de los animales y/o la muerte de los mismos.

³ “La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000 establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Mediante esta Directiva, la Unión Europea organiza la gestión de las aguas superficiales, continentales, de transición, aguas costeras y subterráneas, con el fin de prevenir y reducir su contaminación, fomentar su uso sostenible, proteger el medio acuático, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos y paliar los efectos de las inundaciones y de las sequías.” (Consejo Europeo, 2000).

⁴ “El objetivo de la Directiva 2007/60/CE consiste en reducir y gestionar los riesgos derivados de las inundaciones para la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica. Para ello, prevé cartografiar la peligrosidad y el riesgo de inundación en todas las regiones donde este riesgo es elevado, acometer actuaciones coordinadas en las cuencas hidrográficas compartidas por varios países y elaborar planes de gestión de los riesgos de inundación que sean el resultado de una cooperación y una participación lo más amplias posible de los Estados miembros.” (Protección Civil, 2012).

Como medidas de reordenación:

- Expropiar tierras de dominio público ocupadas ahora por particulares.
- Retranquear o incluso eliminar las motas en la medida de lo posible y dotarlas de compuertas que permitan una inundación controlada.
- Devolver espacio al río para que se desborde en zonas amplias y así se dé el proceso de autolaminación que atenúa el caudal punta aguas abajo.

Como medidas compensatorias:

- Indemnizar adecuadamente a los agricultores que permitan la inundación de sus fincas de manera controlada.

A continuación, aparecen una serie de fichas en las que se proponen algunas de las medidas anteriores de forma específica:

TABLA 3. PROPUESTA DE CONEXIÓN.



La vegetación cumple un papel muy importante en las riberas de los ríos. Los bosques ciliares son fundamentales para el equilibrio ecológico, ya que reducen la erosión de los márgenes y reducen la fuerza con la que llega el agua. Además, forman corredores que ayudan a la conservación de la biodiversidad: dan refugio y alimento a diferentes animales, absorben dióxido de carbono y actúan como barreras naturales contra la propagación de plagas.

Estos espacios tan bien considerados están desapareciendo debido a la presión y a las actividades humanas, en este caso concreto de la agricultura (ocupación de tierras, disminución de caudales por los riegos, etc.). Es importante recuperar estos bosques en beneficio de todos.

Las medidas propuestas para lograr dicha ampliación contemplan la redistribución de los usos de suelo, recuperando los bosques de ribera de forma natural en detrimento de las zonas agrícolas, además de proporcionar a este nuevo espacio una figura de protección del mismo nivel de la que gozan los diferentes sotos existentes.

TABLA 4. PROPUESTA DE REORDENACIÓN.

PROPUESTA N°2. Retirada de la escollera de <i>Torre Larraz</i>	
Justificación	Medidas
Dicha mota se localiza muy cercana a la confluencia de los ríos Gállego y Ebro y, en épocas de crecida de ambos ríos, el caudal aumenta considerablemente. Además, no existe ningún tipo de infraestructura en esta zona.	<ul style="list-style-type: none"> - Retirada de 2,12 km de escollera que permita la laminación del agua durante las crecidas. - Aprovechamiento de la mota de la autovía Z-40, con su debida impermeabilización. - Fomentar el desarrollo de vegetación natural propia del espacio ribereño.
Representación	
<p style="text-align: center;">RETIRADA DE LA ESCOLLERA DESDE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO GÁLLEGO HASTA EL PUENTE DE LA Z-40</p> <p>Leyenda</p> <ul style="list-style-type: none"> — Escollera actual — Propuesta □ Zona de estudio <p>0 0,1 0,2 0,4 0,6 km</p> <p>Fuente: SIT Ebro, IGN Autor: Sara Morte Grasa</p> <p>Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio Universidad Zaragoza</p>	

Como se ha comentado anteriormente, las motas constriñen el cauce del río Ebro y obstaculizan la laminación de las aguas durante las crecidas. Estas escolleras suponen un importante aumento del nivel del agua durante tales eventos, y, se ven expuestas a una gran presión, lo que conlleva que estas se rompan, provocando mayores daños que los que habría producido la inundación.

En el ejemplo dado, se propone eliminar 2,12 kilómetros de mota en Campo Larraz, en la margen izquierda del río, concretamente entre la desembocadura del río Gállego y el puente de la autovía Z-40. Es una zona adecuada ya que en ella no se localiza ningún tipo de construcción antrópica. Se consideraría no una retirada, sino un retranqueo de mota, pues la propuesta contempla el aprovechamiento del talud de la autovía como nueva mota, cuyas únicas intervenciones serían la impermeabilización de la misma y la incorporación en ella de aliviaderos para reducir la presión del agua en caso necesario.

TABLA 5. PROPUESTA DE DIVULGACIÓN.

PROPUESTA N°3. Rutas explicativas por los sotos del Ebro	
Justificación	Medidas
Es necesario ampliar los conocimientos de la población en educación ambiental, en concreto en materia de ríos.	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer visitas guiadas periódicas por cada uno de los sotos. - Planear una ruta con diferentes carteles explicativos (dinámica fluvial, importancia de las gravas, papel de los sotos, biología...). - Promocionar la ruta desde los organismos públicos correspondientes.
Representación	
<p style="text-align: center;">EJEMPLO DE RUTA SOTO DE LA CARTUJA</p>	

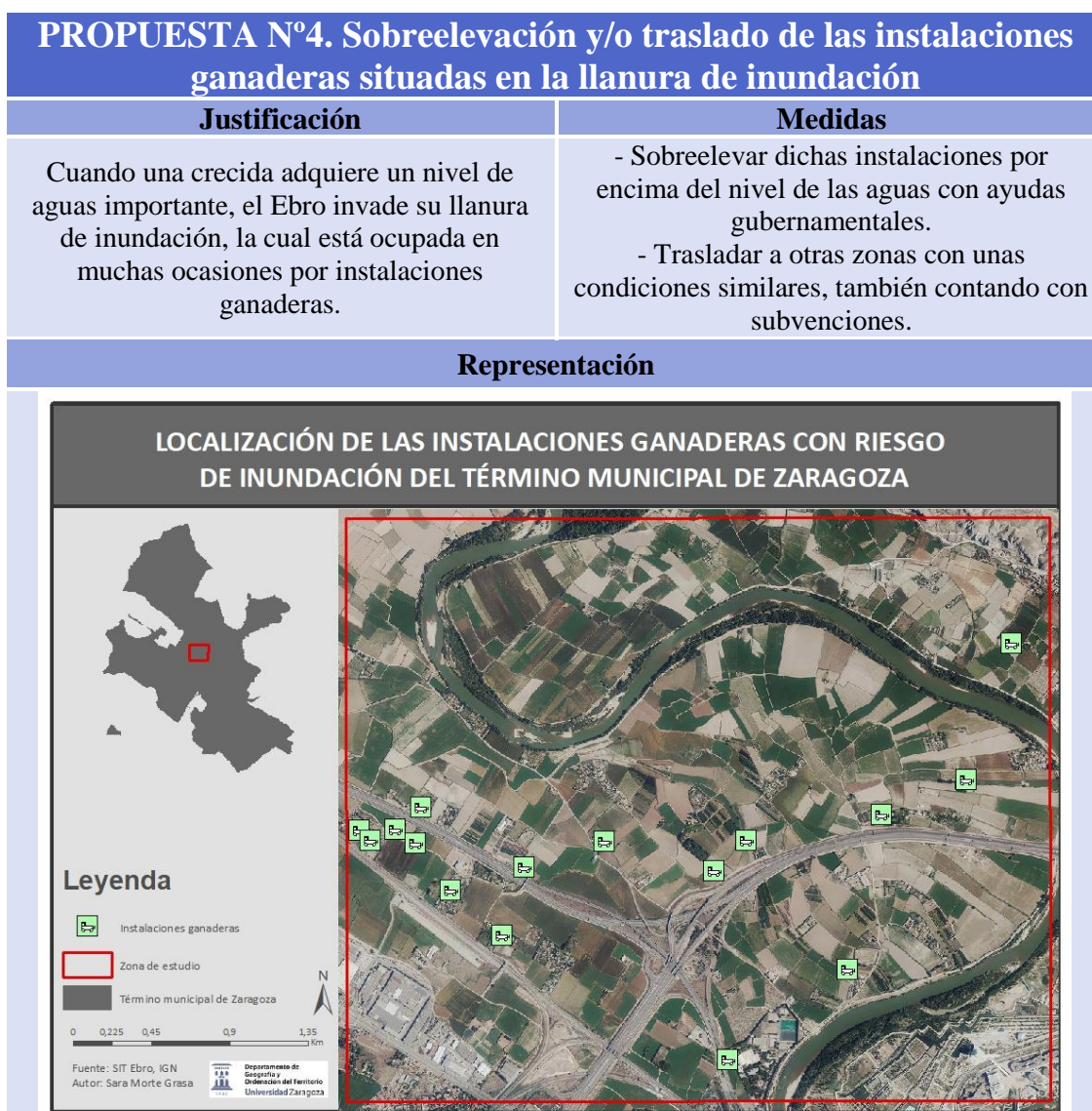
Se trata de realizar unas sesiones divulgativas y didácticas pensadas tanto para niños como para adultos en las que se explicarán diferentes aspectos relacionados con el río. Es una buena manera de enseñar a la población la importancia de los ríos y su funcionamiento.

Las rutas contarán con un guía que irá explicando de manera sencilla las partes del río, la dinámica de las crecidas e inundaciones, la importancia de los depósitos de gravas, los cambios producidos en la morfología fluvial y el papel de la vegetación natural.

También se establecerían diferentes paneles informativos a lo largo del recorrido con información relevante (historia, árboles singulares, geología, etc.), que complementen el discurso de los guías o que permitan a los visitantes realizar la ruta sin contar con los agentes turísticos.

Esto deberá ser correctamente transmitido a los vecinos de Zaragoza y demás visitantes por parte de la administración, publicitando la actividad y dándola a conocer en centros cívicos, bibliotecas, centros educativos, oficinas turísticas...).

TABLA 6. PROPUESTA DE SEGURIDAD.



La concesión de licencias para construir granjas en esta zona años atrás no fue adecuada, por lo que actualmente encontramos este tipo de instalaciones en la llanura de inundación, aumentando la vulnerabilidad de estos animales.

Para evitar daños mayores, se presentan dos propuestas diferentes, pero con un objetivo común, proteger estos animales de las crecidas. Ambas propuestas estarían subvencionadas por las diferentes instituciones.

La primera de ellas consiste en la preparación de las granjas ante posibles crecidas e inundaciones, habilitando un segundo piso para emergencias; es decir, el ganado ocuparía de modo normal la parte baja de la granja, pero en caso de riesgo podría subir, a través de una rampa, a dicho segundo piso, para mantenerse a salvo el tiempo que sea necesario y no morir ahogado.

La segunda opción consistiría en el traslado de las granjas a lugares más alejados de la llanura de inundación del Ebro, de modo que se evitase totalmente el riesgo para los animales.

TABLA 7. PROPUESTA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.

PROPUESTA N°5. Cursos de riesgos naturales para los medios de comunicación	
Justificación	Medidas
El desconocimiento por parte de la prensa y la televisión, en este caso en materia de inundaciones, genera incertidumbre antes del evento y se centra en las consecuencias negativas del mismo tras él. Es necesario, como comunicadores hacia la sociedad, que sean capaces de transmitir la información de manera adecuada.	<ul style="list-style-type: none"> - Redactar una guía para tratar los riesgos naturales en los medios de comunicación. - Dar cursos de formación en materia de riesgos dirigidos hacia dichos profesionales.

Generalmente, todas las noticias relacionadas con las crecidas de los ríos se centran en la preocupación por los posibles daños que estas pueden ocasionar, pero muy pocas veces se dan a conocer los importantes beneficios de las mismas.

Por ello, es necesario que los medios aprendan a comunicar este tipo de eventos, ya que, como comunicadores sociales, son la conexión directa entre los expertos en la materia y la sociedad en general.

Se propone la redacción de una guía de riesgos naturales con sus consecuencias tanto negativas como positivas, que se harían llegar a los periódicos, radios, televisiones y otros medios de comunicación, para que los periodistas tengan una base en estos eventos y no se centren solo en las consecuencias negativas.

Además, sería conveniente la realización de cursos sobre riesgos naturales especializados para estos profesionales que, en situación de desempleo, puedan complementar su currículum además de conocer como transmitir dicha información.

TABLA 8. PROPUESTA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL.

PROPUESTA N°6. Elaboración de recursos didácticos en materia de inundaciones	
Justificación	Medidas
No todos los residentes de los municipios ribereños tienen la información necesaria para entender el comportamiento del río durante las crecidas, así que es necesario explicar el funcionamiento del río y cómo actuar en caso de inundación.	<ul style="list-style-type: none"> - Crear documentos más visuales (infografías, vídeos de corta duración, animaciones, cómics...), que resulten más atractivos para los jóvenes. - Repartir dichos documentos por los centros educativos. - Desarrollar actividades lúdicas (experimentos, juegos, etc.) que ayuden a la comprensión de estos eventos. - Programar charlas de expertos en bibliotecas u otras salas municipales.

Los habitantes ribereños son conscientes de lo vulnerables que son ante un evento de crecida, por eso exigen cada vez más protección para sus propiedades. En este caso, más kilómetros de motas y más altura de las mismas no se traduce en mayor seguridad.

Es conveniente educar a la población que allí reside del comportamiento de los ríos y de los nuevos métodos de seguridad, y es importante formar a las nuevas generaciones desde las escuelas. Por ello se propone la creación de contenidos didácticos y visuales acerca de los ríos y su entorno, tales como infografías, vídeos, animaciones (por ejemplo, la animación que tiene el SAIH Ebro en su página principal) o incluso cómics, que se repartirían por los centros educativos de las zonas que habitualmente se ven afectadas. Los educadores ambientales capacitados podrían desarrollar diferentes jornadas con actividades lúdico-educativas para lograr que el aprendizaje sea más sencillo.

También se propone establecer una serie de charlas destinadas a un público más adulto en las que los expertos expondrían sus ideas sobre la materia, que sobre todo sirvan para recapacitar acerca del comportamiento del ser humano hacia el río.

7. CONCLUSIONES

Los sistemas fluviales como la cuenca del Ebro cuentan con unas características hidrogeológicas y medioambientales de gran interés, por ejemplo, la dinámica fluvial o la creación

de barras de grava que con el tiempo son colonizadas por vegetación de ribera. Sin embargo, para comprender dicho sistema resulta imprescindible conocer el comportamiento hidrológico del río y las características generales de la cuenca.

Teniendo en cuenta que el río Ebro tiene un régimen pluvio-nival con máximo en febrero, es esperable que sea a finales del invierno o a principios de la primavera cuando éste experimente sus eventos de crecida. Las mayores crecidas registradas del presente siglo se caracterizan por la conjunción de grandes volúmenes de precipitación y la fusión nival debido al aumento puntual de las temperaturas.

En los últimos años, la presión humana en la llanura de inundación ha aumentado la exposición del ser humano ante dichos eventos de crecida, ya que se han ocupado tierras que históricamente han pertenecido al río con explotaciones agrarias, industrias e incluso urbanizaciones residenciales. Esta ocupación del río se fundamenta en la falsa sensación de seguridad que otorgan las tradicionales medidas estructurales tales como motas, dragados, escolleras y demás construcciones antrópicas. Sin embargo, estas últimas crecidas han demostrado que el actual sistema de defensas no es efectivo, e incluso las inundaciones son más graves en algunos puntos a causa de las mismas.

Los habitantes ribereños piden más y más protecciones de este tipo porque no conocen ninguna otra alternativa o no confían en las ideas de los expertos en ecología, morfología y dinámica fluvial, las cuales buscan aprender de la propia naturaleza en lugar de pretender dominarla.

La creación del Territorio fluvial es otro aspecto a destacar, pues es el claro ejemplo de convivencia del binomio sociedad – río. Esta aproximación teórica devuelve el espacio que le pertenece al río siempre y cuando no afecte a la población, por lo que podría considerarse un reparto del terreno equilibrado.

Las propuestas presentadas en este trabajo son una pequeña aportación de lo mucho que se puede hacer en materia de ordenación y gestión territorial en zonas inundables, imprescindibles para el desarrollo sostenible de esos espacios. Sin embargo, es mucho más importante involucrar a la población afectada en Educación Ambiental y de Riesgos, dándoles la oportunidad de conocer qué y por qué ocurren las crecidas, y cuáles son los mejores métodos para convivir con ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arrojo, P. (2015). Renegociar con el río sus espacios de inundación. *Libre Pensamiento*, 82, 66-71.
- Ayuntamiento de Zaragoza. (2012). *Los sotos y riberas del Ebro en el término municipal de Zaragoza*. Zaragoza.
- Ayuntamiento de Zaragoza. (n.d.) Plan Especial. Galacho de Juslibol y su entorno. Zaragoza.
- Consejo Europeo. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (2000).
- Consejo Europeo. Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación (2007).
- Cuello, A. (2010). *El discurso fluvial social. Una aproximación desde el análisis de prensa en un episodio de inundaciones en la provincia de Cádiz* (Proyecto fin de Master de Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas). Universidad de Zaragoza.
- Domenech, S., Ollero, A. y Sánchez, M. (2008). Núcleos de población en riesgo de inundación fluvial en Aragón: diagnóstico y evaluación para la ordenación del territorio. *Geographicalia*, 54, 17-44.
- Espejo, F., Domenech, S., Ollero, A. y Sánchez, M. (2008). La crecida del Ebro de 2007: procesos hidrometeorológicos y perspectivas de gestión del riesgo. *Boletín de la A.G.E*, 48, 129-154.
- Floristán, A. (n.d). Régimen del Ebro Medio.
- Galván, R. (2018). Cuatro grandes inundaciones históricas del Ebro en la ciudad de Zaragoza: 1643, 1775, 1871 y 1961. *Papeles De Geografía*, 64.
- Gestión de riesgos de crecida e inundación. Práctica de delimitación y cartografía del Territorio Fluvial.
- Gobierno de Aragón. Departamento de Medio Ambiente. (2005). *Redacción y desarrollo del Plan medioambiental del Ebro y tramo bajo del Cinca*. Zaragoza.
- IBERINSA. (2005). *Anteproyecto de demolición, retranqueo y/o construcción de motas de defensa en las márgenes de los ríos Ebro y Cinca*. Zaragoza.
- Instituto Geológico y Minero de España. (n.d). Cuenca del Ebro.

- Lasanta, T. (2009). Cambios de función en los regadíos de la cuenca del Ebro: un análisis del papel de los regadíos a lo largo del tiempo. *Boletín de la A.G.E.*, 50, 81-110.
- Lastra, J. (2012). *Jornada Técnica de las Inundaciones. Implantación de nuevas normativas de inundación*. Pontevedra.
- Losada, J., Montesinos, S., Omedas, M., García, M. y Galván, R. (2004). Cartografía de las inundaciones del río Ebro en febrero de 2003: trabajos de fotointerpretación, teledetección y análisis SIG en el GIS-Ebro. En C. Conesa, Y. Álvarez y J. Martínez, *Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y teledetección: aportaciones al "XI Congreso de Métodos Cuantitativos, SIG y Teledetección" celebrado en Murcia, 20-23 de septiembre de 2004* (pp. 207-218). Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Confederación Hidrográfica del Ebro. (2015). *Plan hidrológico de la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Ebro 2015-2021*.
- Ollero, A. (1993). Los elementos geomorfológicos del cauce en el Ebro de meandros libres y su colonización vegetal. *Geographicalia*, 30, 295-308.
- Ollero, A. Ecogeografía del Ebro (pp. 135-157).
- Ollero, A. y Sánchez, M. (2015). Las inundaciones del Ebro en febrero y marzo de 2015. *Enseñanza De Las Ciencias De La Tierra*, 350-351.
- Ollero, A., Ballarín, D., & Mora, D. (2006). Cambios en el cauce y el llano de inundación del río Ebro en los últimos 80 años. *Geographicalia*, 50, 87-109.
- Ollero, A., Pellicer, F. y Sánchez, M. (2004). La crecida de febrero de 2003 en el curso medio del Ebro: análisis de su evolución espacio-temporal. *Aportaciones Geográficas En Homenaje Al Prof. A. Higuera Arnal*, 243-255.
- Ollero, A., Sánchez, M., & del Valle, J. (2004). Problemática actual del corredor ribereño del Ebro aragonés en su curso de meandros libres. En J. Peña, L. Longares & M. Sánchez, *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (pp. 253-263). Zaragoza: Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico.
- Ollero, A., Sánchez, M., Losada, J., & Hernández, C. (2004). El comportamiento hídrico del río Ebro en su recorrido por Aragón. En J. Peña, L. Longares & M. Sánchez, *Geografía Física de Aragón. Aspectos generales y temáticos* (pp. 243-252). Zaragoza: Universidad de Zaragoza. Institución Fernando el Católico.

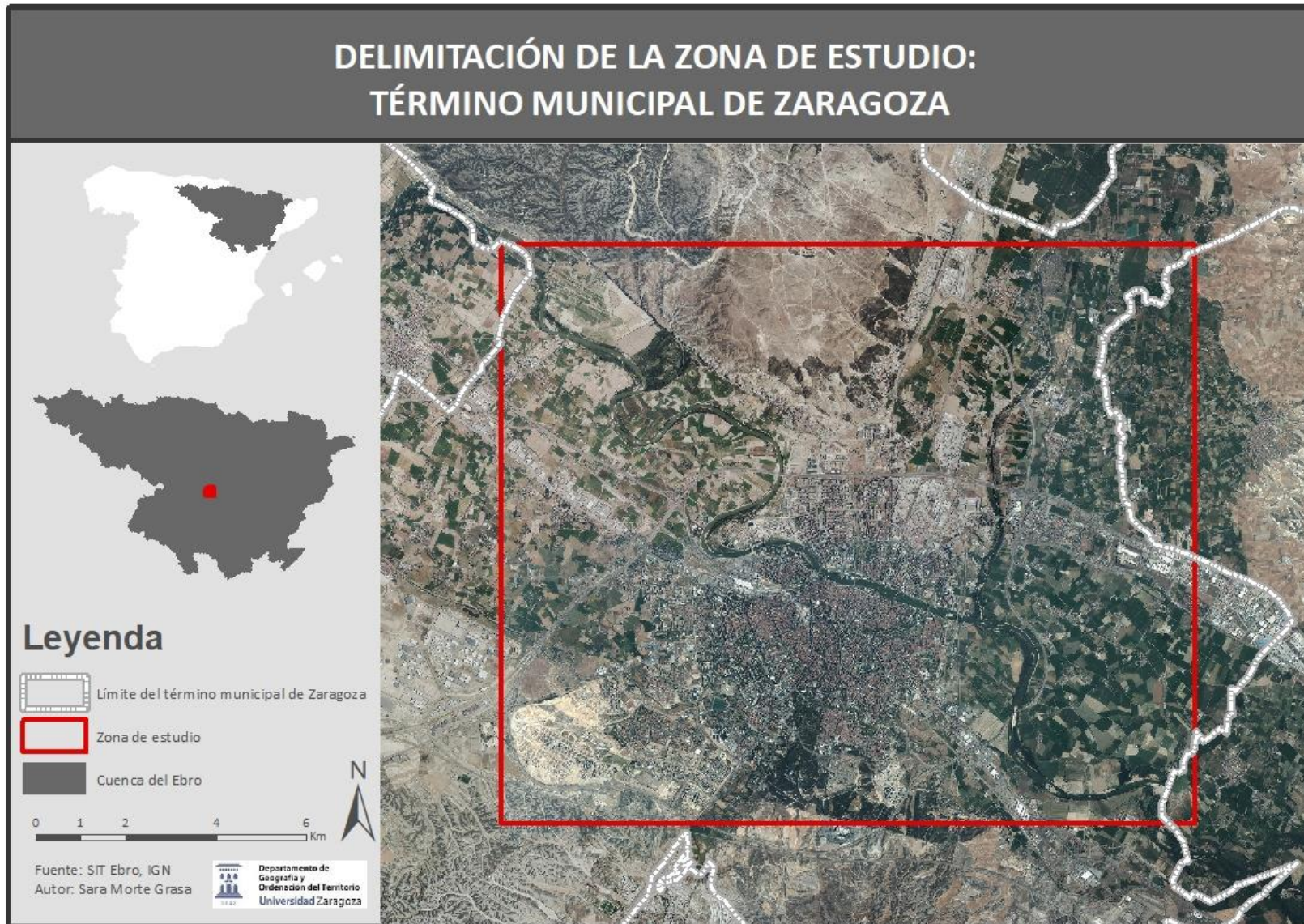
- Pueyo, Ó., Revuelto, C., Casas, A., Ramajo, J. y Pocoví, A. (2016). Las crecidas del Ebro de febrero/marzo de 2015. ¿Qué hemos aprendido y qué falta por aprender?. *Geogaceta*, 60, 119-122.
- Pyke, S., Puente, J., Ferrer, J., & Mercandal, N. (1999). *Estudio de la vegetación del entorno del Galacho de Juslibol y su gestión*. Zaragoza.
- Sánchez, M., Ballarín, D., Mora, D., Ollero, A., Serrano, R. y Saz, M. (2015). Las crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI. En J. de la Riva, P. Ibarra, R. Montorio & M. Rodrigues, *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación* (pp. 1853-1862). Zaragoza: Universidad de Zaragoza, A.G.E.
- UNESCO. (2011). *Manual de gestión del riesgo de desastre para comunicadores sociales*. Lima.

Recursos web

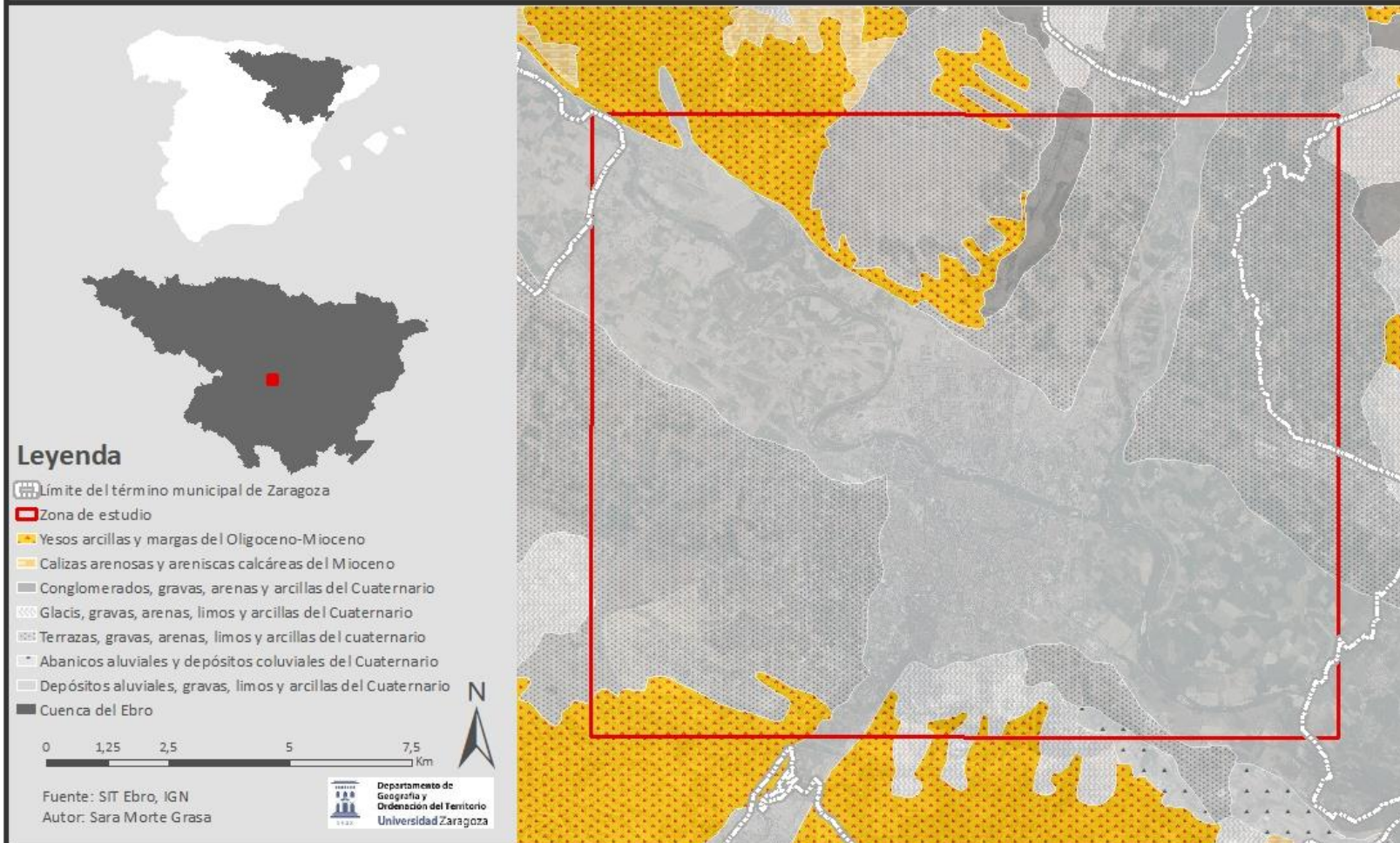
- Áreas con riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs). (2018). Disponible en: <https://www.mapama.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/ARPSIs.aspx>
- Cano, J. (2018). Clima y tiempo. Disponible en: http://www.educaplus.org/climatic/cm_g_db.php?estacion=81600
- Fotoplanos – CHEbro. (2018). Disponible en: ftp://ftp.chebro.es/fotoplanos/Listadofotoplanos_original.htm
- GeoPortal Sitebro. (2018). Disponible en: <http://iber.chebro.es/geoportal/>
- Glosario de términos – Territorio Fluvial. (2018). Disponible en: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/aglossary/Glosario-1/T/Territorio-fluvial-20/>
- Gota a gota, la evolución del Ebro a su paso por Zaragoza. (2018). Disponible en: <http://ebuenasnoticias.com/2015/03/11/gota-a-gota-la-evolucion-del-ebro-a-su-paso-por-zaragoza/>
- Iberpix 4. (2018). Disponible en: <http://www.ign.es/iberpix2/visor/>
- IDEAragon - Visor 2D. (2018). Disponible en: <https://idearagon.aragon.es/visor/>
- La Directiva Marco del Agua. (2018). Disponible en: <http://www.directivamarco.es/>
- La importancia de la vegetación de ribera (bosques de ribera). (2018). Disponible en: <https://guiaecologico.wordpress.com/la-importancia-de-las-vegetaciones-de-ribera-bosques-de-ribera/>

- Las crecidas de los ríos y las inundaciones: Fenómenos naturales a gestionar - Guía Nueva Cultura del Agua. (2018). Disponible en: <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/agua-y-ecosistemas/las-crecidas-de-los-rios-y-las-inundaciones-fenomenos-naturales-a-gestionar?&imprimir=1>
- Monográficos Hispagua. Directiva Marco de Aguas. (2018). Disponible en: <http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/especiales/dma/analisis.htm>
- Portal de CHEbro. (2018). Disponible en: <http://www.chebro.es/>
- Redes de Seguimiento del Estado e Información Hidrológica. (2018). Disponible en: <https://sig.mapama.gob.es/redes-seguimiento/>
- SAIH Ebro. (2018). Disponible en: <http://www.saihebro.com/saihebro/index.php>
- SitEbro. (2018). Disponible en: <http://iber.chebro.es/SitEbro/sitebro.aspx>
- Vista de Zaragoza - Colección - Museo Nacional del Prado. (2018). Disponible en: <https://www.museodelprado.es/coleccion/obra-de-arte/vista-de-zaragoza/42f710b7-b3e1-4a51-90f0-e02b7accf7c>

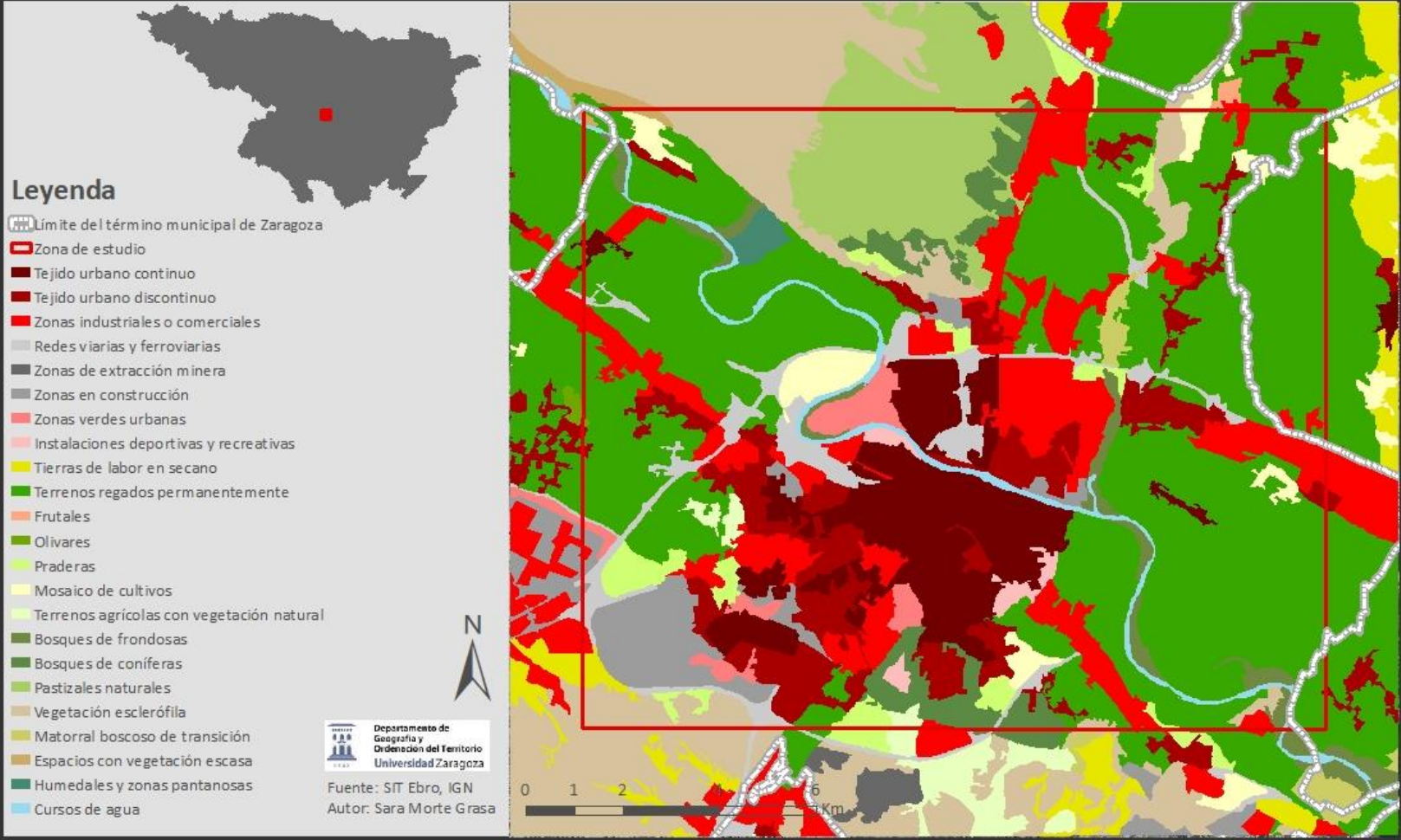
ANEXO 1. CARTOGRAFÍAS



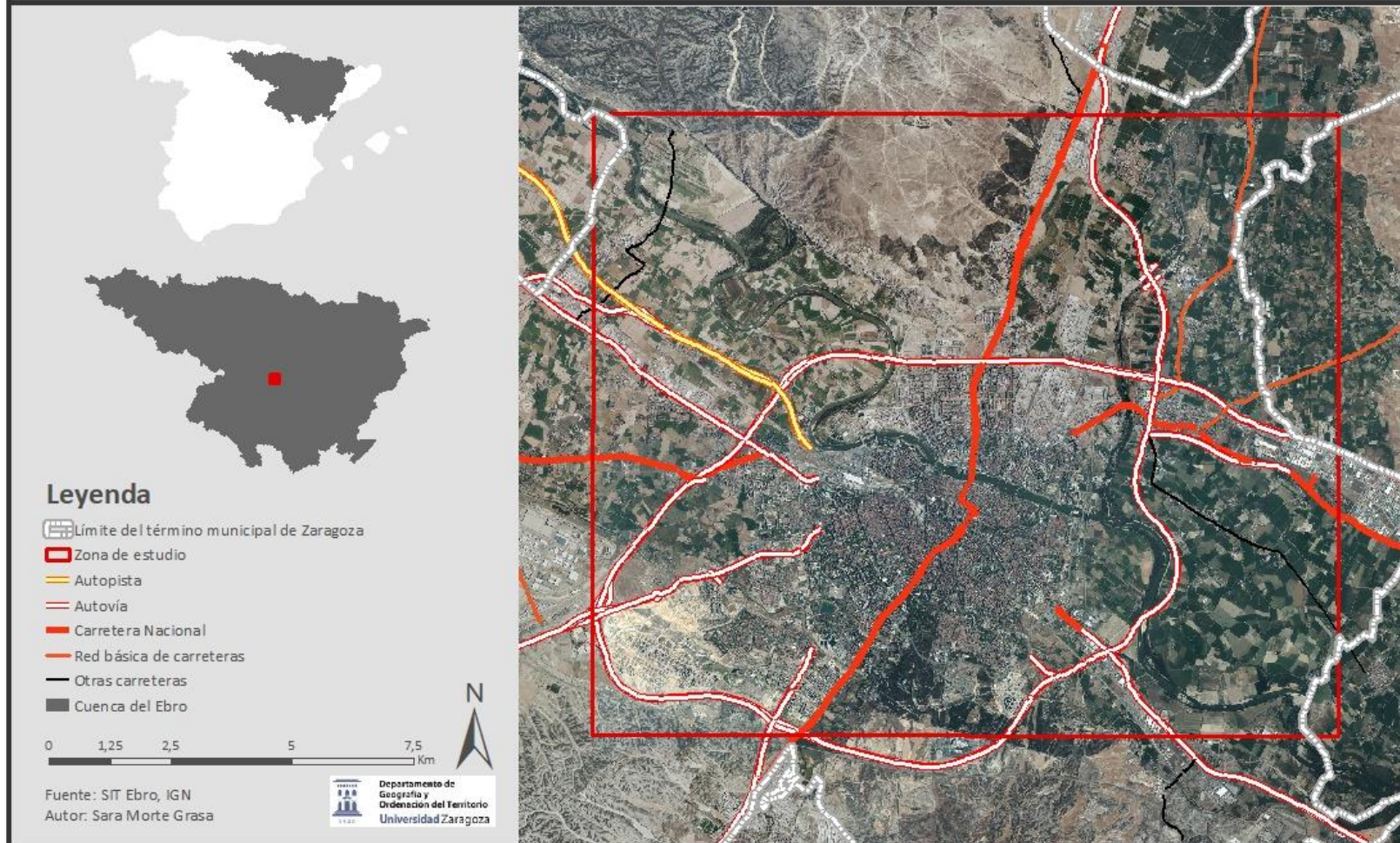
GEOLOGÍA Y LITOLOGÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO: TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA



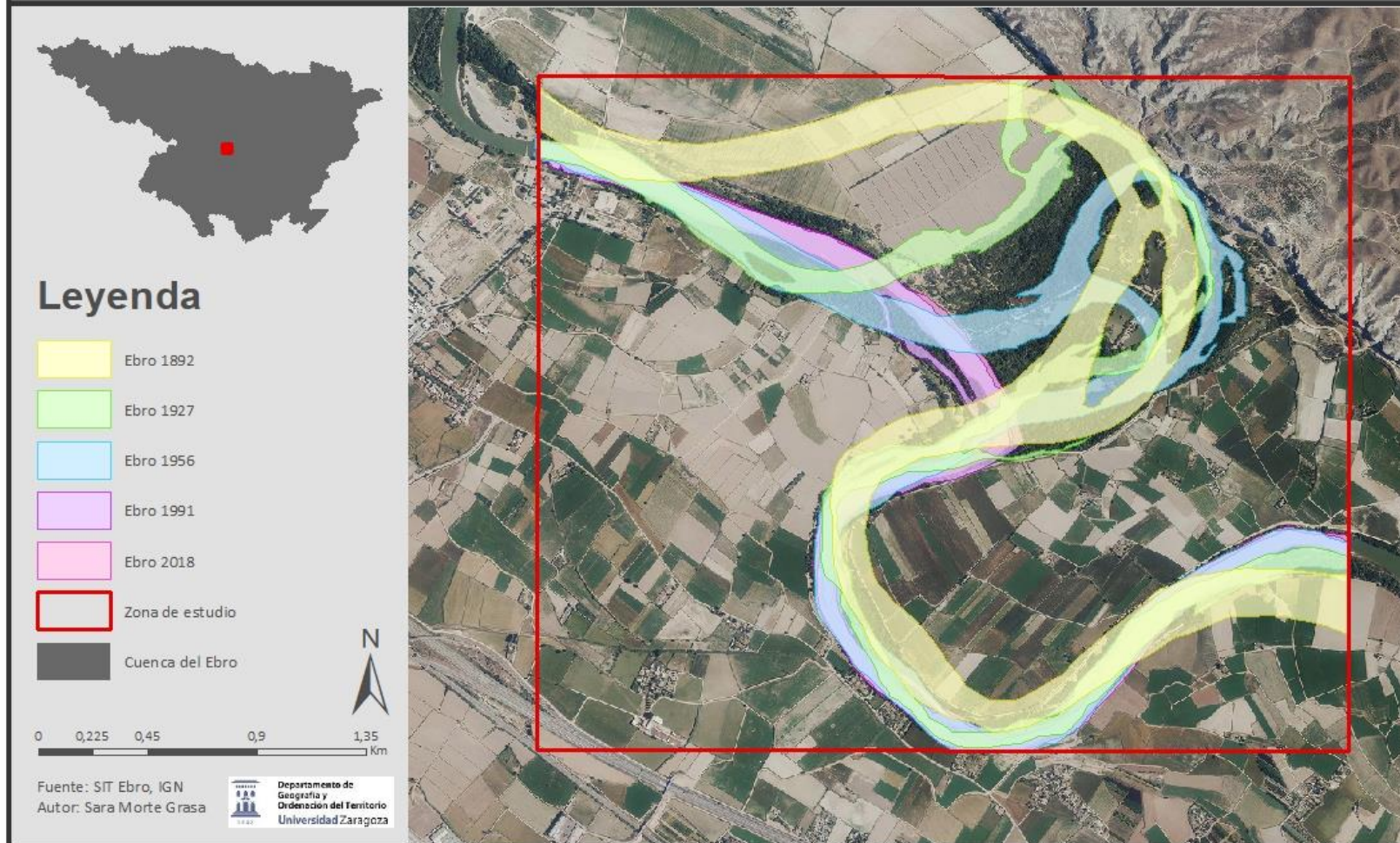
USOS DE SUELO DE LA ZONA DE ESTUDIO: TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA



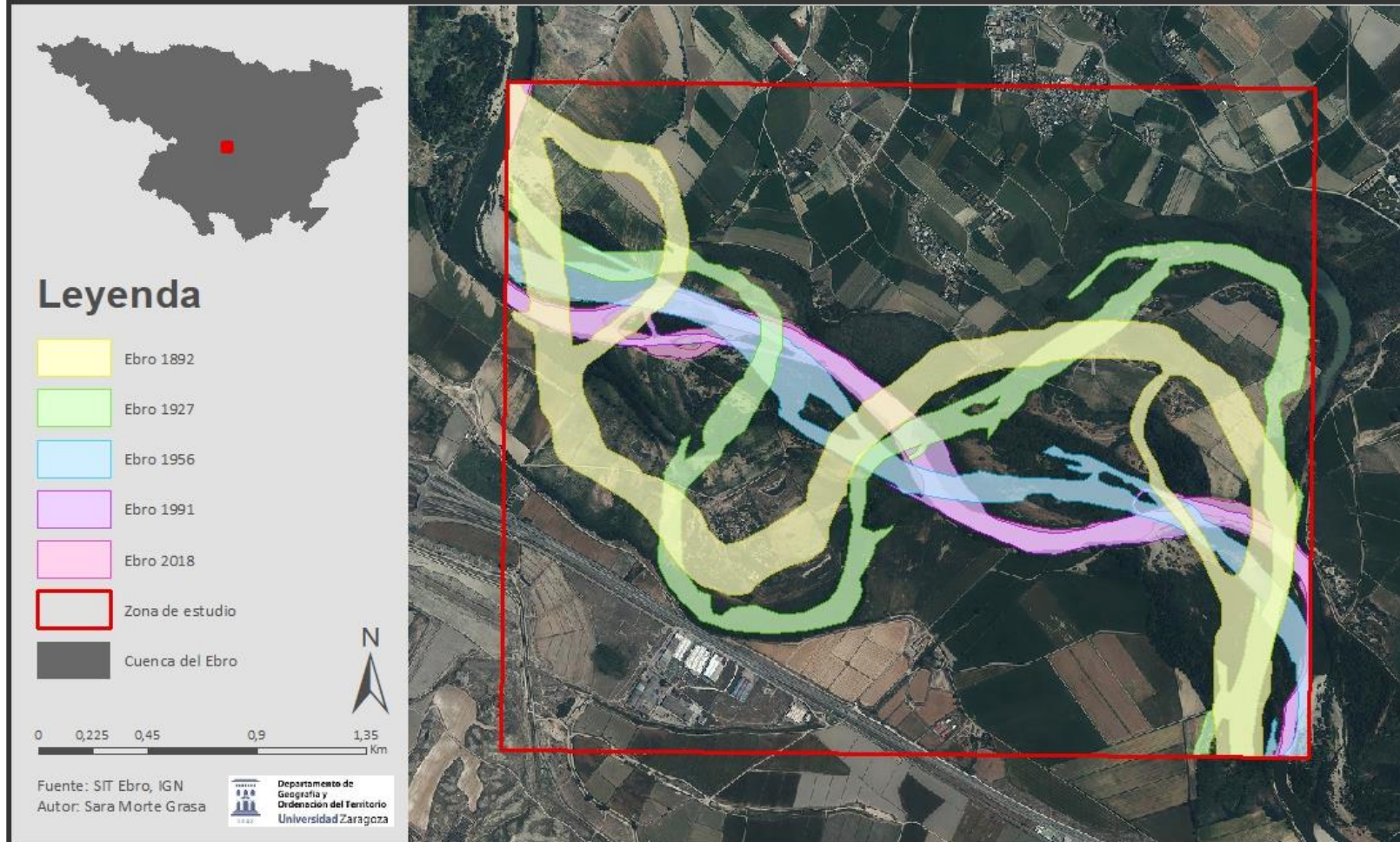
MAPA DE CARRETERAS DE LA ZONA DE ESTUDIO: TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA



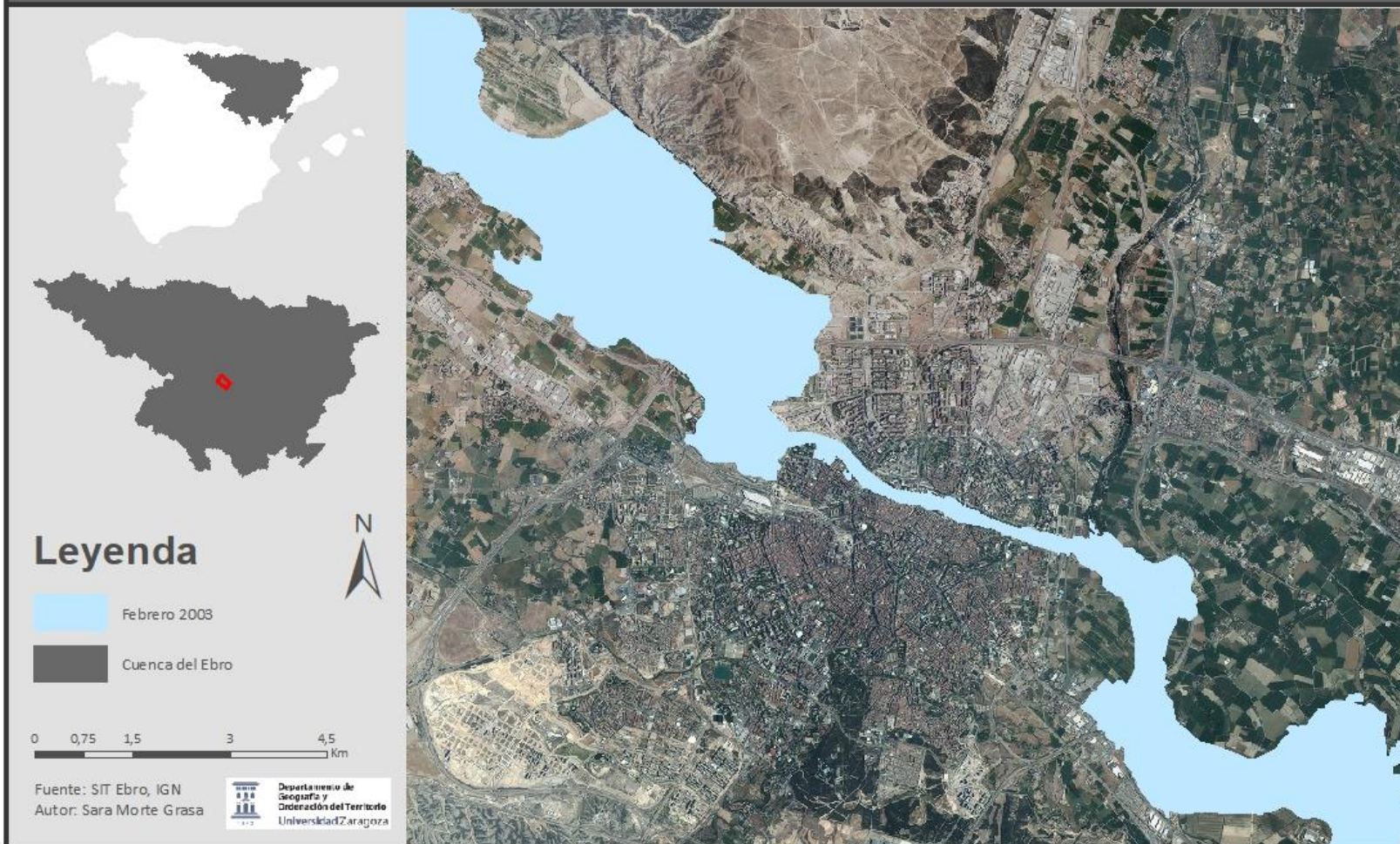
DINÁMICA FLUVIAL EN EL ENTORNO DEL GALACHO DE JUSLIBOL



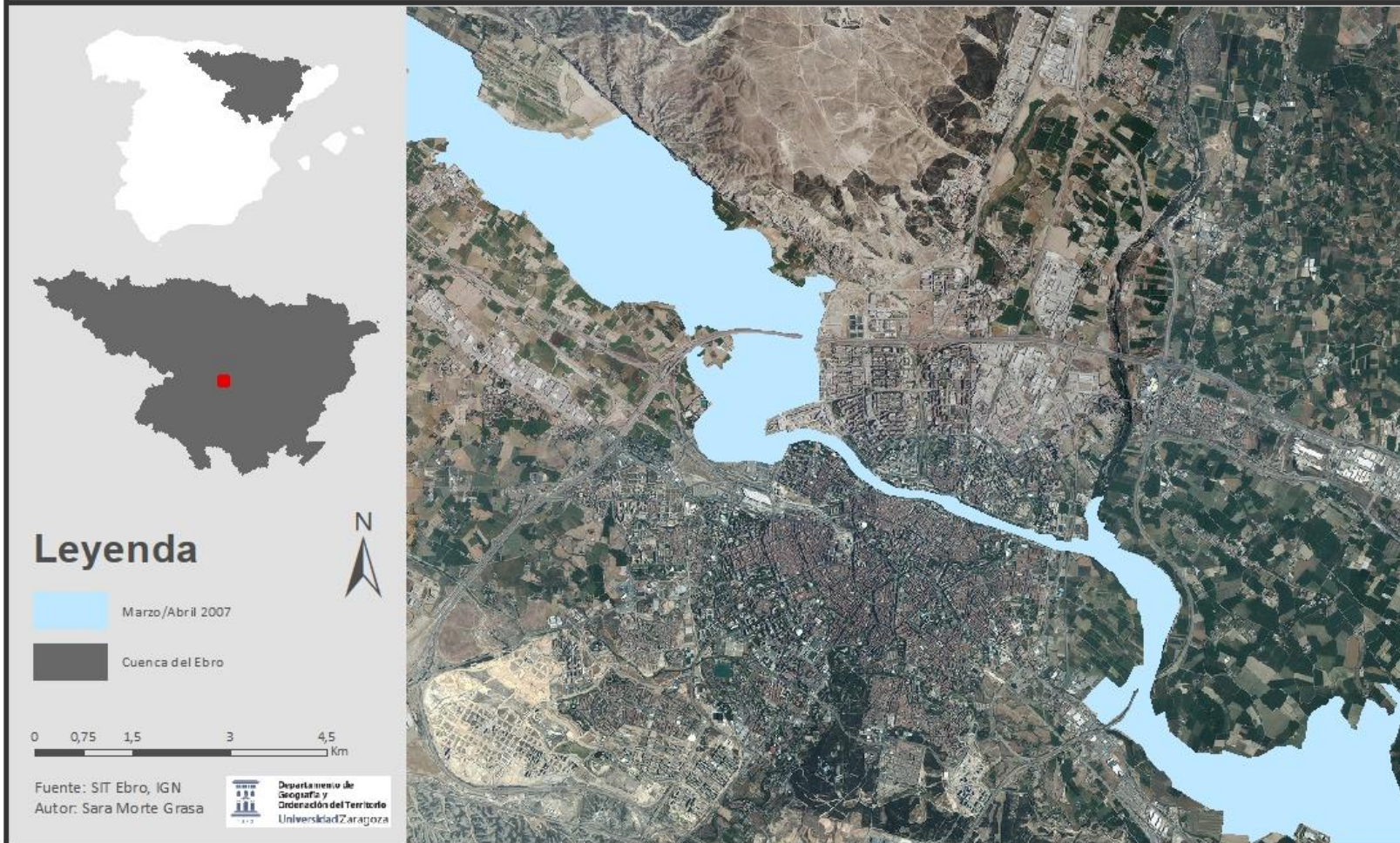
DINÁMICA FLUVIAL EN EL ENTORNO DE LA MEJANA DE PASTRIZ



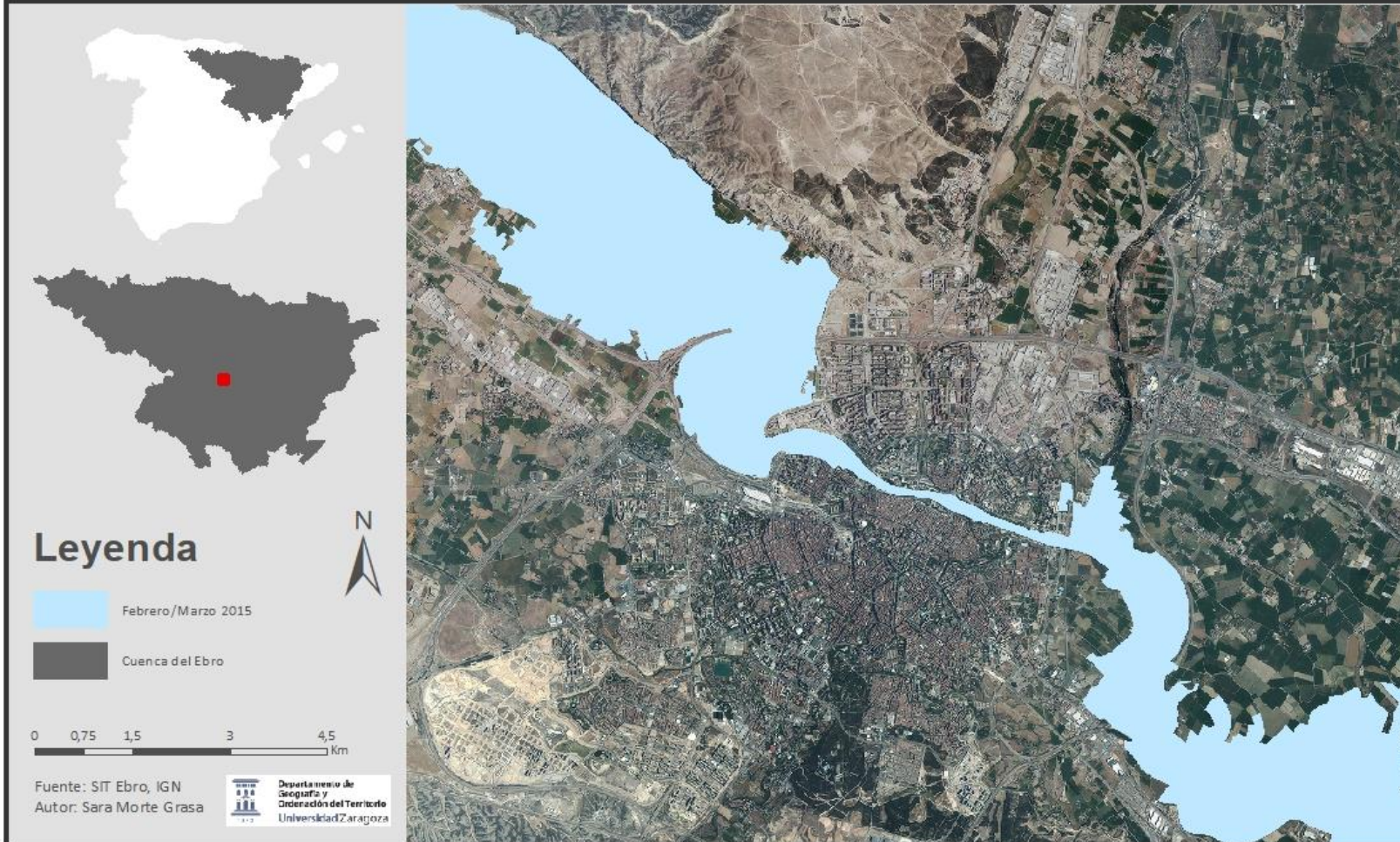
EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE INUNDACIÓN CRECIDA DE 2003



EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE INUNDACIÓN CRECIDA DE 2007



EXTENSIÓN DE LA LÁMINA DE INUNDACIÓN CRECIDA DE 2015



PROPUESTA DE TERRITORIO FLUVIAL PARA EL TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA

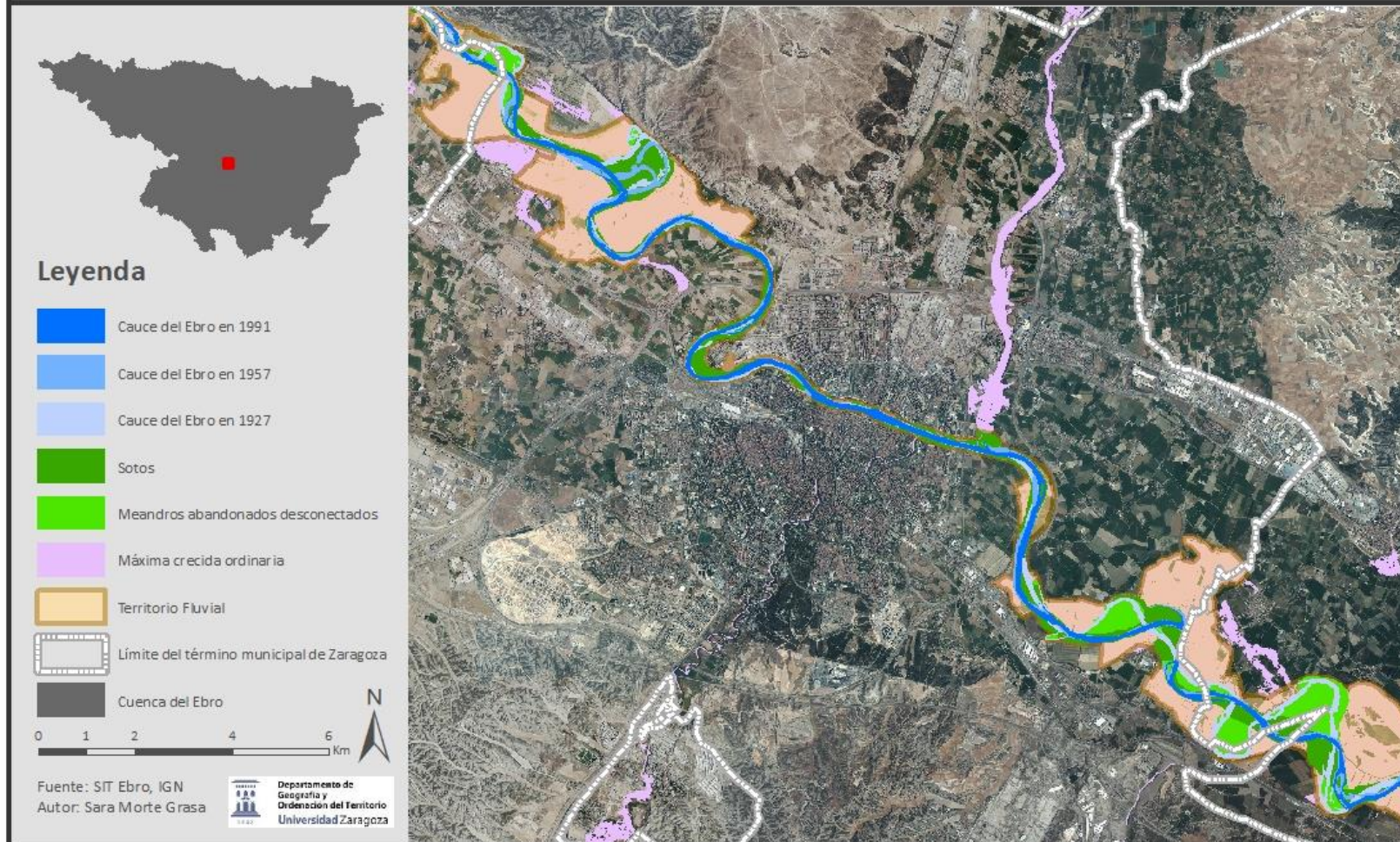
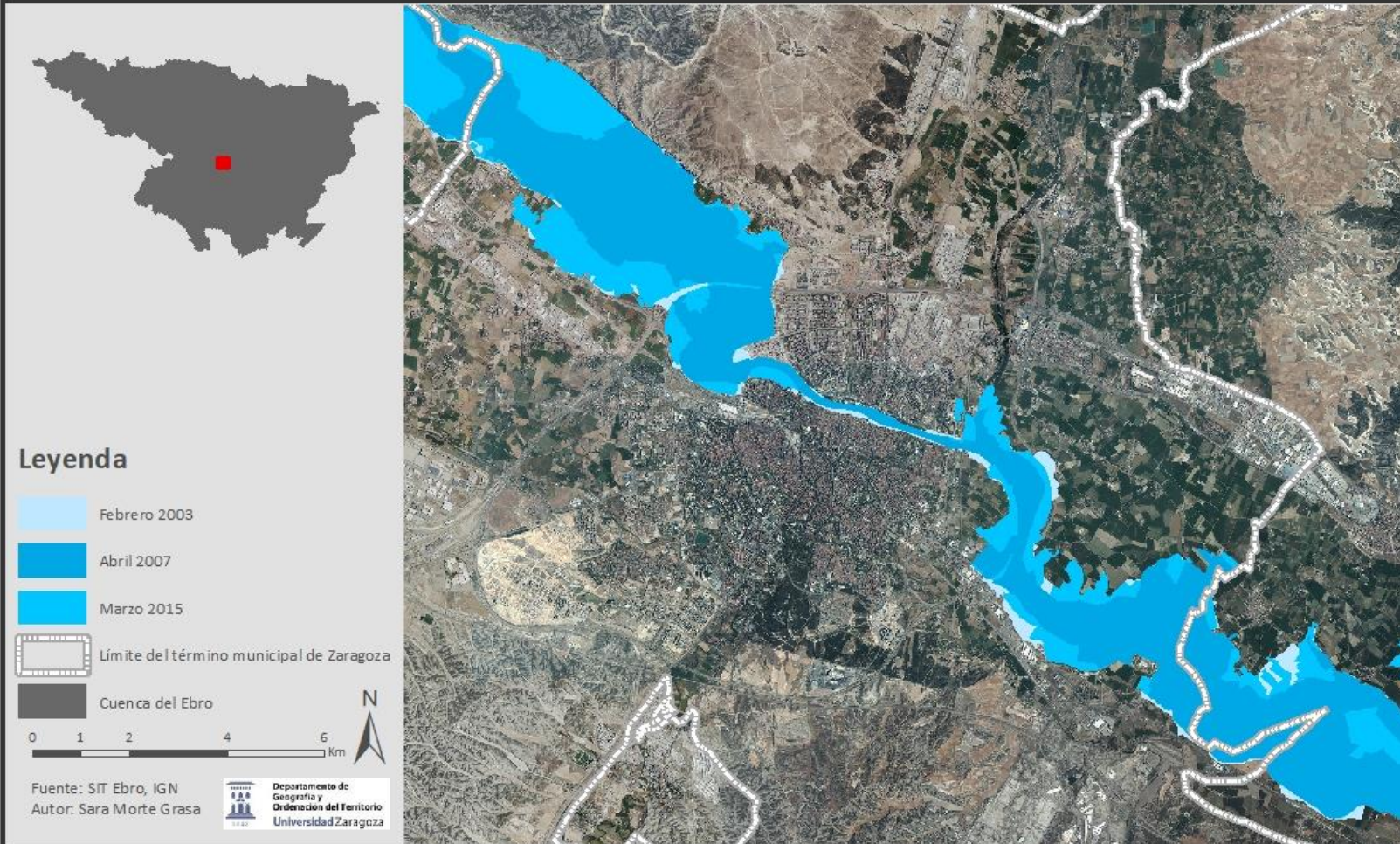
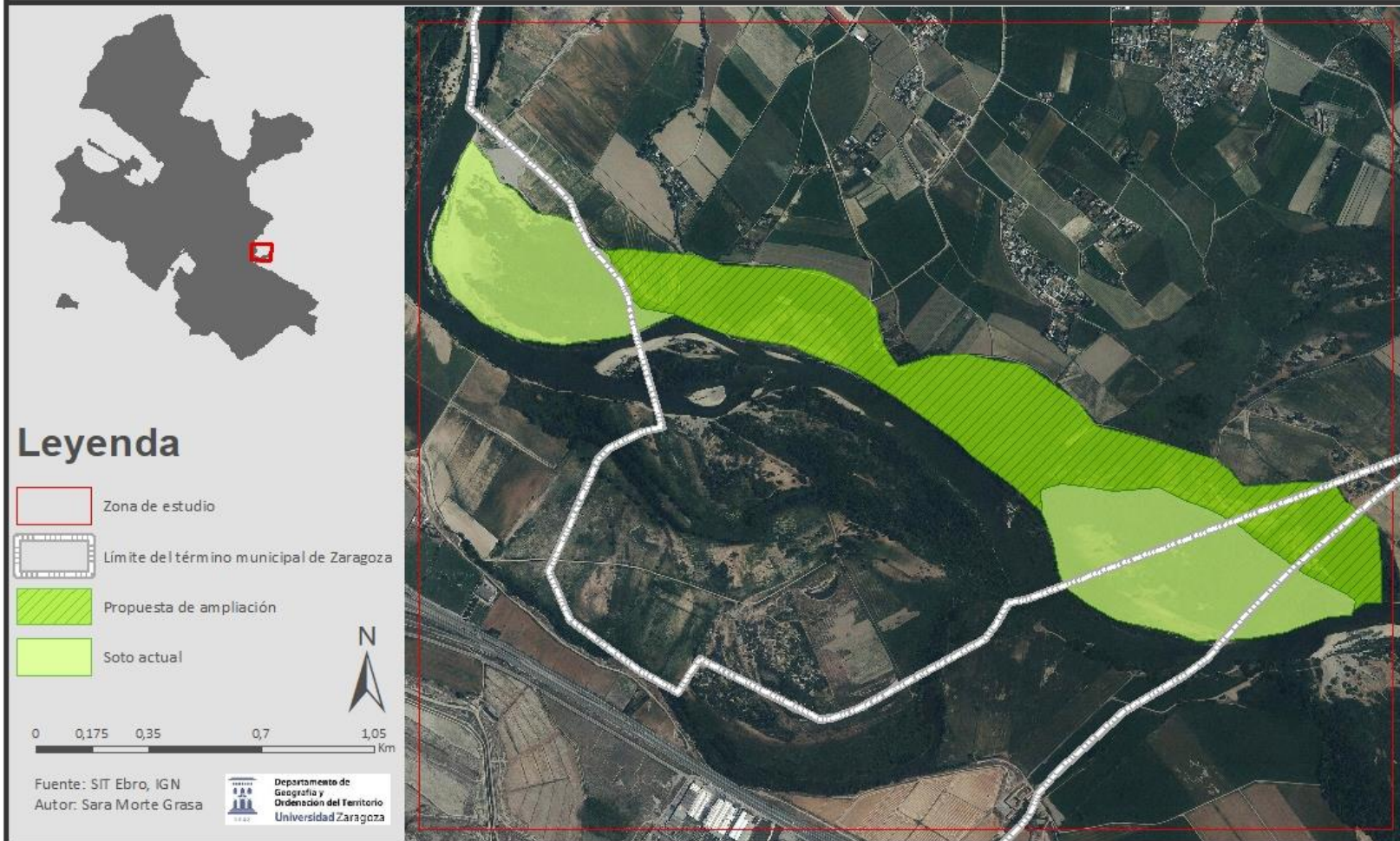


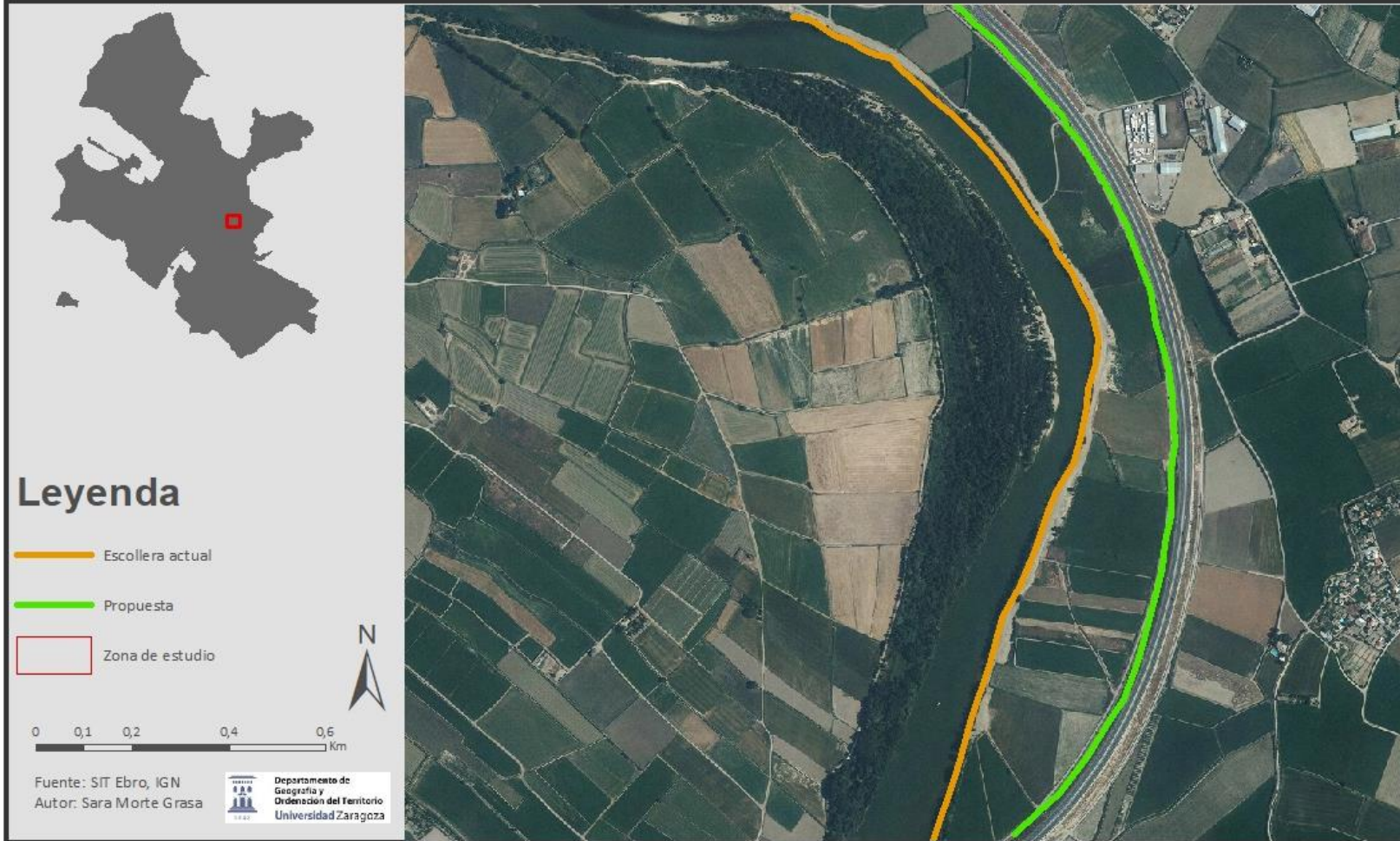
LÁMINA DE AGUA EN LAS CRECIDAS DE 2003, 2007 Y 2015 TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA



CONEXIÓN DE LOS SOTOS DE BENEDICTO Y DE LA MEJANA DE PASTRIZ



RETIRADA DE LA ESCOLLERA DESDE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO GÁLLEGO HASTA EL PUENTE DE LA Z-40



EJEMPLO DE RUTA SOTO DE LA CARTUJA



Leyenda

- 1 Parada 1. Introducción. Llanura de inundación.
- 2 Parada 2. Crecidas e inundaciones.
- 3 Parada 3. Depósitos de gravas.
- 4 Parada 4. Morfología fluvial.
- 5 Parada 5. Vegetación natural (bosques de ribera).

 Zona de estudio

0 0,075 0,15 0,3 0,45 Km

Fuente: SIT Ebro, IGN
Autor: Sara Morte Grasa

 Departamento de
Geografía y
Ordenación del Territorio
Universidad Zaragoza



LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES GANADERAS CON RIESGO DE INUNDACIÓN DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE ZARAGOZA

