



EBRO RESILIENCE

Estudio de detalle **Tramo 12A**

Ebro en

**Osera de Ebro
y
Fuentes de Ebro**

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICAS DETECTADAS.....	3
2. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS	7
2.1. Análisis de las variaciones morfológicas	7
2.2. Evolución de la superficie de vegetación	10
3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	14
4. TRABAJOS REALIZADOS	15
4.1. Modelo digital del terreno (MDT)	15
4.2. Modelo hidráulico	16
5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS.....	18
5.1. Descripción de la alternativa propuesta	21
6. CONCLUSIÓN.....	24
7. ¿Y AHORA QUÉ?	24

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICAS DETECTADAS

En el ámbito de la Estrategia Ebro Resilience, se están estudiando un total de 260 kilómetros de longitud del río Ebro, divididos en 15 tramos. El tramo 12 comprende el curso del río Ebro a su paso por los términos municipales de Osera de Ebro, Fuentes de Ebro, Pina de Ebro y Quinto. Debido a la gran longitud del tramo (24 kilómetros) y a que existe un punto donde el sistema sufre una modificación en su funcionamiento hidráulico, a la altura del paraje Talavera, se ha decidido subdividir el tramo en dos estudios diferenciados.

En el presente documento se resume el estudio de detalle para el tramo 12A que comprende el río Ebro desde la mejana de las Viudas, en término de Osera de Ebro, hasta el paraje Talavera, en término de Fuentes de Ebro. No se incluye el meandro denominado del Deslinde, en margen izquierda del Ebro y en término de Pina de Ebro, que se englobará en el estudio del tramo 12B, al influir su funcionamiento sobre la localidad de Pina de Ebro.

En el presente apartado se describen las problemáticas detectadas en el tramo de estudio, de acuerdo a lo percibido durante y después de los episodios de inundación, de las experiencias transmitidas por el territorio y de los condicionantes de cualquier tipo que se ubican en el área de análisis.



Figura 1. Tramo de estudio. Señalados en azul y verde los límites de las diferentes terrazas fluviales (elaboración propia).

El comportamiento hidráulico del río en el tramo está condicionado por la existencia de varias terrazas fluviales¹ ubicadas a diferente altura (figura 1). Al inicio del tramo, el río se encaja contra la terraza superior en la que se asienta Osera de Ebro, en margen izquierda. Esta terraza no es inundable incluso para avenidas de alto periodo de retorno. A partir de ese punto, comienza un tramo sensiblemente rectilíneo en el que el río solo puede desbordarse hacia la margen derecha.

El río se encuentra ampliamente canalizado en la práctica totalidad de los límites de sus terrazas inferiores a través de diques longitudinales (denominados localmente motas). La canalización no sigue un patrón o diseño regular y en algunos puntos se generan variaciones en la sección de desagüe, no manteniéndose uniforme en todo el tramo.



Figura 2. Tramo de estudio. Señalados en amarillo los diques longitudinales que delimitan la canalización (elaboración propia).

En episodios de avenida, las aguas desbordan la canalización aguas arriba y se produce un acusado “efecto dique²” que impide que las aguas desbordadas retornen al cauce principal. En esos momentos las aguas que discurren por la zona cultivada alcanzan en algunas zonas velocidades que originan erosiones en las tierras agrícolas y roturas en el sistema de regadío, situado a mayor altura que los campos.

¹ Conformadas por el paso de un río.

² El efecto o paradoja del dique se produce cuando estas estructuras son sobrepasadas por las aguas desbordadas e impiden que las aguas retornen al cauce principal, obteniendo un resultado contrario al perseguido.

A su vez, las zonas estrechas de la canalización (figura 3) originan sobre-elevaciones de la altura de la lámina de agua en los tramos situados inmediatamente aguas arriba, al ser incapaces de absorber el caudal circulante. En los puntos en los que los diques son desbordados, el agua que los sobrepasa discurre por el trasdós³ de la mota y produce la erosión de los materiales térreos que la forman. La erosión avanza hacia la parte interior del dique y suele originar el colapso de la estructura. Las roturas súbitas de los diques en estos casos pueden producir erosiones de más de 10 metros de profundidad en las fincas colindantes, acompañadas de un aporte de sedimentos que se puede extender varias centenas de metros.



Figura 3. Estrechamientos existentes en la actual canalización (elaboración propia).

Las aguas desbordadas que circulan por la zona cultivada provocan roturas en las defensas cuando retornan de forma incontrolada al cauce principal. Estas roturas de retorno al cauce son impredecibles en cuanto a su ubicación espacial y su momento temporal. Este hecho genera incertidumbre durante los episodios de avenida en la población de Pina de Ebro, situada aguas abajo del tramo en estudio. Las roturas de entrada inducen repentinos descensos en la altura de las aguas junto al casco urbano de Pina y en las zonas sensibles para la defensa de la población. De la misma forma, los retornos descontrolados al cauce principal originan subidas bruscas e imprevistas de los niveles de las aguas, que podrían inducir desbordamientos de los diques de defensa de la población.

En resumen, las inundaciones, en el tramo de estudio, generan importantes daños económicos tras cada episodio. En los recientes sufridos en 2015 y 2018 las reparaciones en el

³ Talud no expuesto a las aguas.

sistema de regadío alcanzaron un valor de 1 millón de euros en cada episodio y las reparaciones en los diques de defensa sumaron 3 millones de € también en cada episodio. A estas cifras hay que añadir las indemnizaciones por pérdida de cultivos, las aportaciones realizadas por los particulares y las pérdidas indirectas en la cadena productiva (transportistas, almacenes, conserveras, congeladoras, operarios, etc.). Además, la vuelta a la normalidad se prolonga varios meses en el tiempo.

2. ANÁLISIS DE LAS POSIBLES CAUSAS

Una vez expuestas las afecciones detectadas durante los episodios de avenida, es necesario estudiar las posibles causas de estas problemáticas, de manera que la propuesta de intervención que derive de este estudio se centre sobre la corrección de las causas y no sobre sus consecuencias.

2.1. Análisis de las variaciones morfológicas

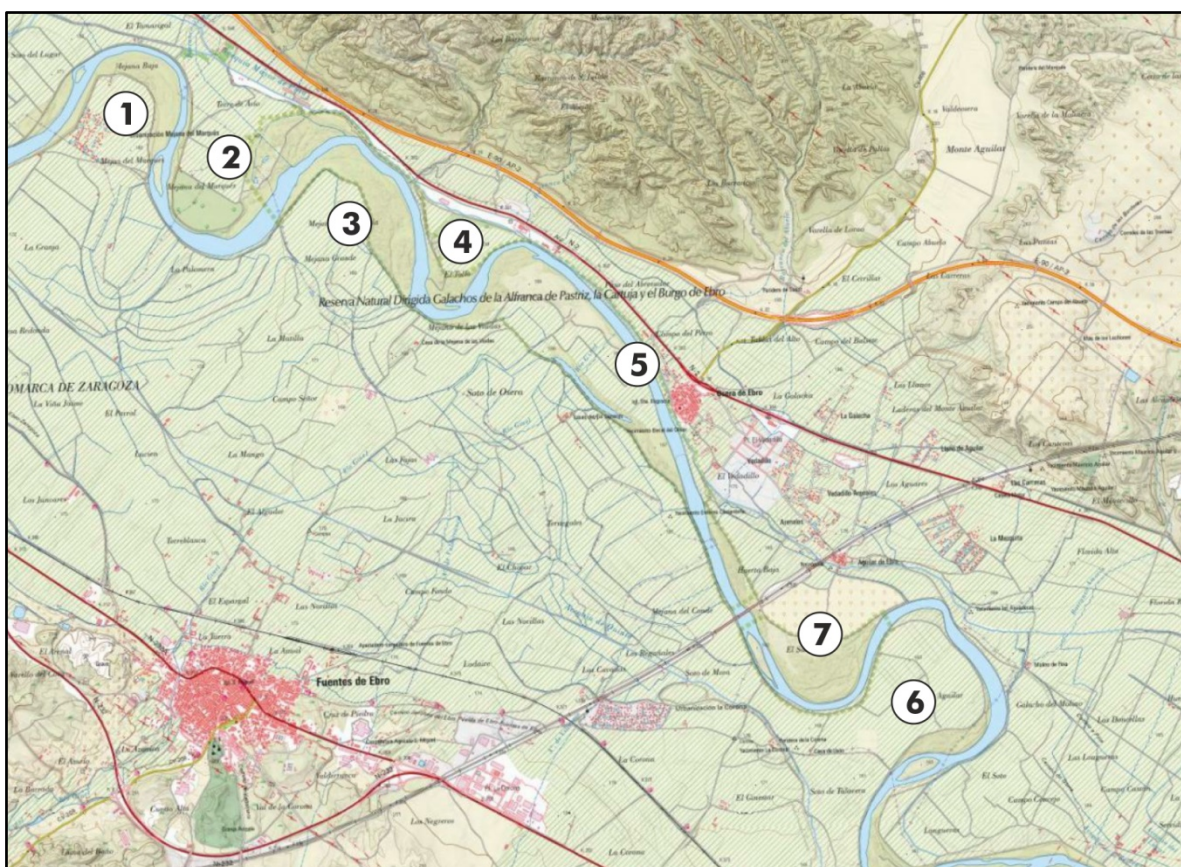


Figura 4. Curso del río Ebro en el tramo de estudio (elaboración propia).

El río Ebro entra en el tramo de estudio tras su paso a través de cuatro meandros: mejana Baja, mejana de El Marqués, mejana de La Sorolla y El Tollo (1 a 4 en figura 4). Tras circunvalar este último, el río se encaja contra la terraza superior en la que se ubica la población de Osera de Ebro, en la margen izquierda, y comienza un gran tramo sensiblemente rectilíneo de 4,7 km (5 en la figura 4) hasta encontrarse con el meandro de Aguilar (6 en la figura 4), en la margen derecha, y el soto del mismo nombre (7 en la figura 4), en la orilla izquierda. A partir de ahí, el cauce vuelve a dibujar grandes meandros y entra en el término municipal de Pina de Ebro, ya fuera del estudio. En su fluir a través del recorrido descrito, el río se aproxima y se aleja de las terrazas fluviales superiores, que quedan a mayor altura.

El comportamiento hidráulico del río viene condicionado por la morfología⁴ de su curso, que pasa de un tramo meandriforme⁵ a uno rectilíneo y retorna a otro tramo meandriforme. En ese proceso el río choca contra la terraza superior en la que se ubica Osera de Ebro, en margen izquierda. En estos casos los ríos se suelen encajar contra la terraza, al suponer un obstáculo más duro y disminuir el rozamiento, aumentan su velocidad y, en ese proceso, se profundizan. Analizando las fotografías aéreas históricas disponibles (figura 5) y comparando el cauce principal del río en esas fechas con el actual se observa, en cuanto a su morfología, que, desde la localidad de Osera hacia aguas arriba, el cauce ha perdido varios de sus meandros, aumentando sucesivamente la longitud del tramo rectilíneo, en un proceso que probablemente todavía se encuentre activo.

Adicionalmente a lo anterior, la pérdida de estos meandros ha acortado la longitud del cauce en 300 metros, aproximadamente. Al disminuir su recorrido aumenta la pendiente y las aguas incrementan la velocidad de circulación y su capacidad de erosión, favoreciendo el proceso de profundización del lecho.

Ambos fenómenos descritos, el encajamiento junto a la terraza y el acortamiento del cauce por la pérdida de los meandros, parecen haberse originado de una forma natural. No obstante, la posterior canalización del cauce potencia los fenómenos descritos al aumentar la altura de las aguas en circulación en el espacio canalizado.

⁴ Formas que adopta el cauce.

⁵ Morfología de un cauce en la que el río fluye a través de meandros de forma sucesiva.

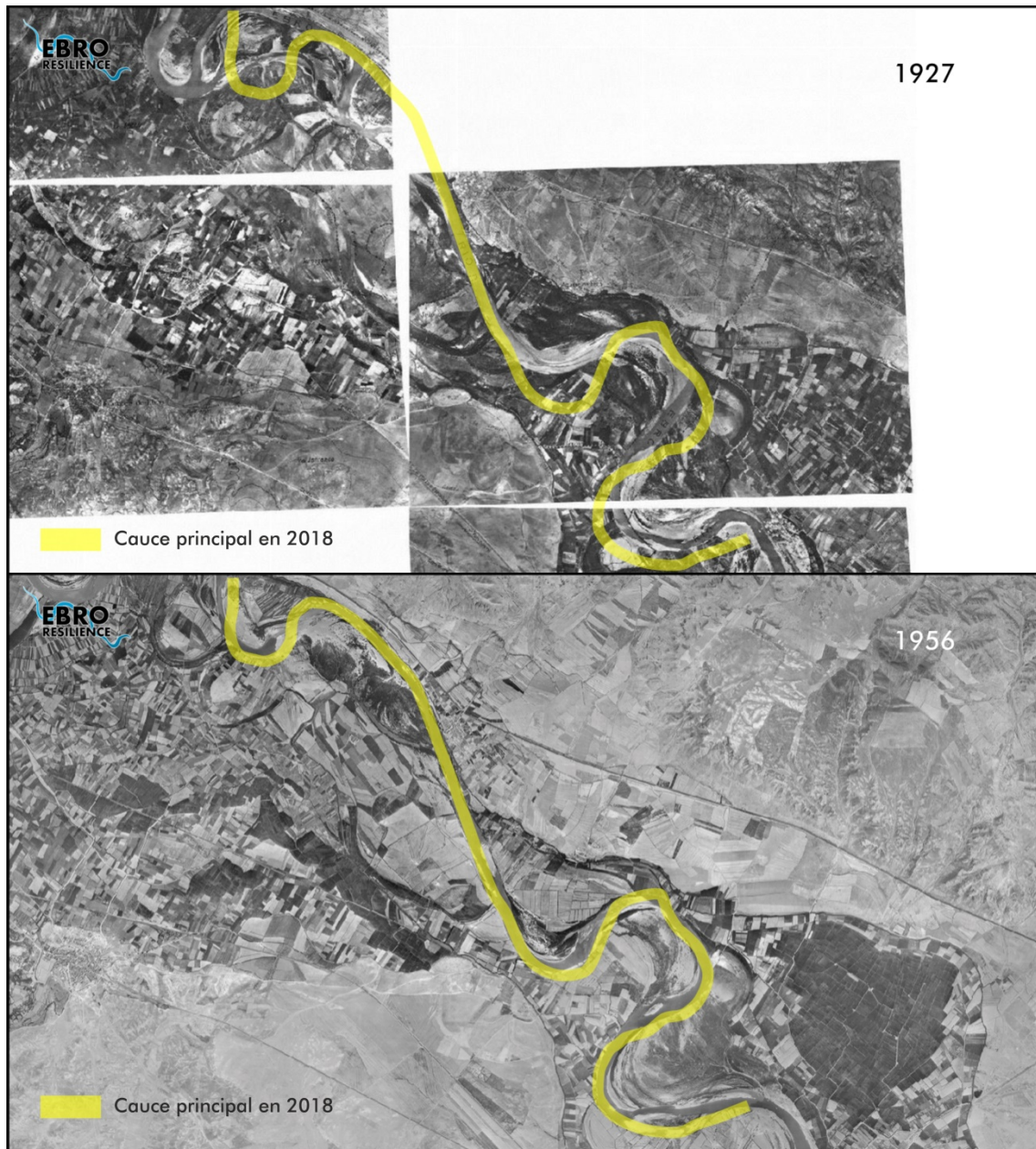


Figura 5. Comparativa de la evolución del cauce del río Ebro entre 1927(arriba) y 1956 (abajo) y la actualidad (elaboración propia).

Los efectos de este proceso son visibles en el meandro de Aguilar. Las aguas aceleradas deben disminuir su velocidad para recorrer el perímetro del meandro. El aumento de la velocidad de las aguas que llegan al meandro y con ello su energía ha inducido un proceso erosivo en la orilla que se opone frontalmente a la corriente, de forma que el cuello del meandro ha visto disminuida su anchura a la mitad. A su vez, el perímetro del lóbulo ha aumentado para absorber ese exceso de energía (figura 6).

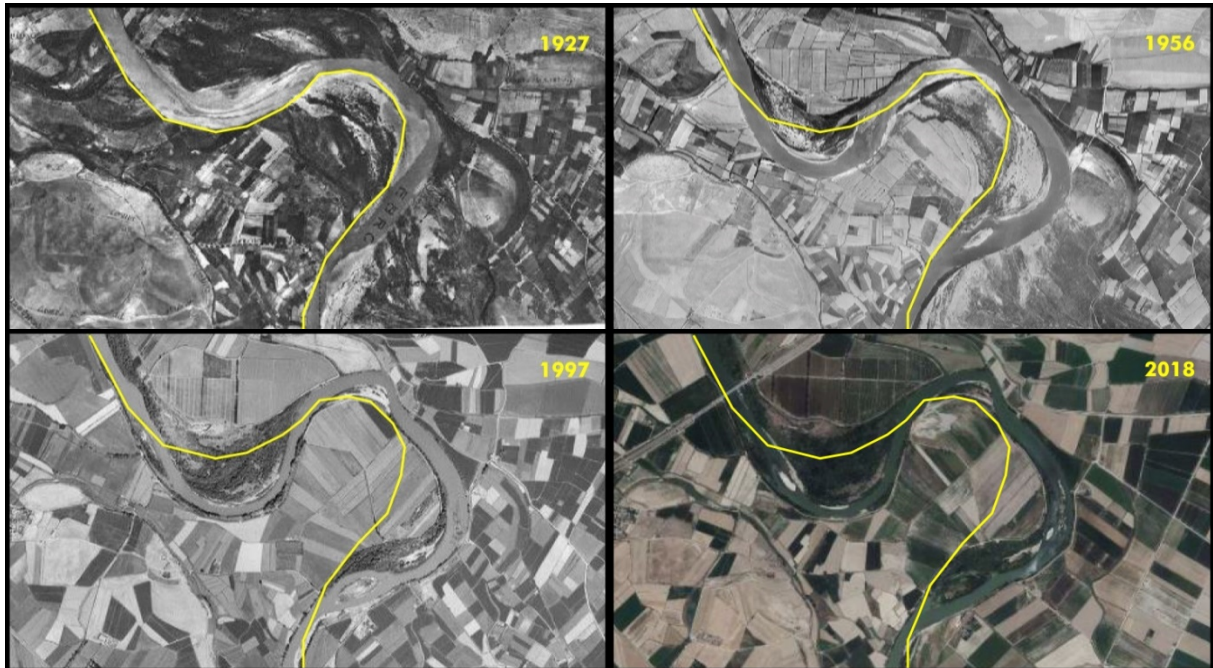


Figura 6. Comparativa de la evolución de las formas del meandro de Aguilar entre 1927 y 2018. La línea amarilla conserva las formas del año 1927 (elaboración propia).

La habitual defensa reforzada con escollera⁶ que se construye en la zona en erosión incrementa la velocidad de paso de las aguas y no absorbe la energía del impacto, trasladando el problema hacia aguas abajo.

2.2. Evolución de la superficie de vegetación

Desde el territorio se ha transmitido en los últimos años una gran preocupación por la evolución que está sufriendo la vegetación que se ubica en el espacio canalizado. En su opinión, el aumento de vegetación que ha sufrido el cauce es debido a la implantación de diversas figuras de protección ambiental (Red Natura 2000, Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de los Sotos y Galachos del Ebro y la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro) suponiendo un obstáculo a la circulación de las aguas y originando desbordamientos.

Para estudiar la evolución que ha sufrido este elemento se han cartografiado las grandes masas de vegetación existentes en tres fases temporales: 1956 con el tramo sin canalizar y el río sin regulación (figura 7); 1997 con el río ya canalizado y regulado pero sin la entrada en vigor de las figuras de protección ambiental (figura 8); y 2018 que refleja el estado actual en el que ya pueden quedar patentes los efectos de las figuras de protección ambiental (figura 9). En esta cartografía se ha excluido la vegetación existente sobre los diques de defensa, al estar conformada, de manera general, por dos o tres hileras de árboles.

⁶ Estructura conformada por bloques de piedra de gran tamaño.



Figura 7. Cartografía de las zonas vegetadas en la fotografía aérea de 1956 (elaboración propia).



Figura 8. Cartografía de las zonas vegetadas en la fotografía aérea de 1997 (elaboración propia).



Figura 9. Cartografía de las zonas vegetadas en la fotografía aérea de 2018 (elaboración propia).

Realizando la comparativa en las situaciones estudiadas se observa que en el año 1956 la superficie vegetada era superior a la existente en la actualidad (figura 10), al estar ocupadas por vegetación de ribera amplias zonas actualmente cultivadas, como el soto de Osera o el meandro del Deslinde.



Figura 10. Comparativa entre las zonas vegetadas en la fotografía aérea de 1956, en blanco, y 2018, en amarillo (elaboración propia).

En la comparativa entre el año 1997 la actualidad (figura 11), que puede reflejar de una forma más clara la evolución sufrida por la vegetación en los últimos años, las superficies vegetadas son sensiblemente similares. Se observa que en algunas zonas esta ha disminuido mientras que en otras ha sufrido un aumento.

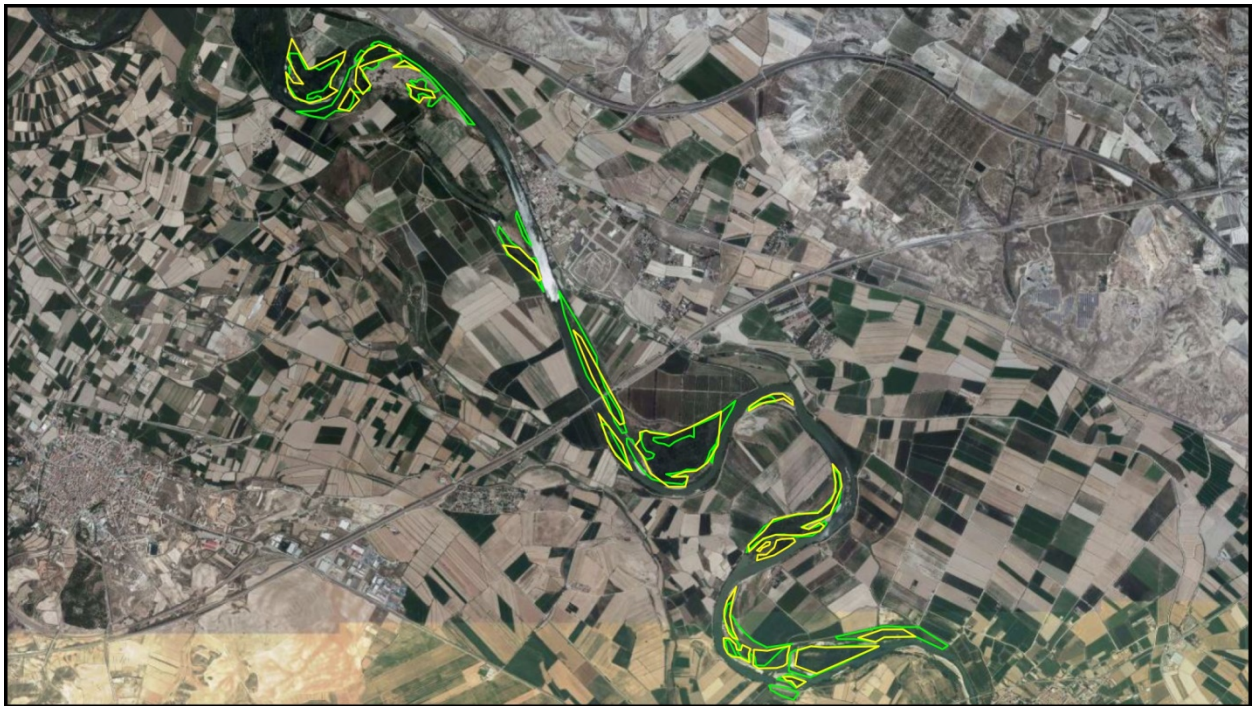


Figura 11. Comparativa entre las zonas vegetadas en la fotografía aérea de 1997, en verde, y 2018, en amarillo (elaboración propia).

En conclusión, la vegetación en el tramo ha evolucionado, pero no parece que exista más superficie vegetada respecto a épocas pasadas, con el territorio ya configurado en la morfología actual. Se ha constatado durante las visitas a campo, una "intensiva" maduración de la vegetación existente, que puede conllevar que visualmente se aprecie como un aumento de la misma.

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

De acuerdo con los planteamientos de la Estrategia Ebro Resilience, los objetivos específicos del estudio realizado han sido:

- Evaluar el nivel de protección de las zonas urbanas de Osera de Ebro, Aguilar de Ebro y Fuentes de Ebro para avenidas de periodo de retorno de 25 años.
- Proponer actuaciones para evitar su inundación, en el caso de que se produzcan.
- Reducir el riesgo de inundación en zonas no urbanas, disminuyendo la velocidad de circulación de las aguas, principalmente, y/o la altura que alcanzan las inundaciones sobre los campos.

4. TRABAJOS REALIZADOS

Para la elaboración del estudio se han realizado una serie de trabajos técnicos con las últimas tecnologías disponibles que han permitido evaluar la situación actual del tramo respecto a los objetivos planteados. Una vez evaluada la situación actual se han estudiado distintas alternativas de actuación, de forma individual y combinada, seleccionando aquellas que han producido los efectos deseados y descartando las menos favorables o contraproducentes.

4.1. Modelo digital del terreno (MDT)

Para comenzar el estudio, se realiza un modelo digital del terreno⁷ (denominado MDT) que reproduzca la situación actual. Es importante que este MDT reproduzca fielmente los condicionantes del tramo de río en análisis, para ello se han realizado los trabajos enumerados a continuación.

Primeramente se reproduce a gran escala el terreno, utilizando topografía LIDAR⁸ que consiste en la realización de un escáner del terreno mediante el uso de medios aéreos (normalmente para grandes superficies se utiliza una avioneta, pero es común el uso de drones).

Seguidamente se obtiene la topografía de los elementos más importantes para el estudio como son: la coronación de los diques, muros, espigones, puentes, drenajes, cauces de alivio, perímetros de seguridad, etc. Este trabajo ha sido realizado mediante métodos clásicos de topografía, aumentando la precisión de los datos en estos elementos clave.

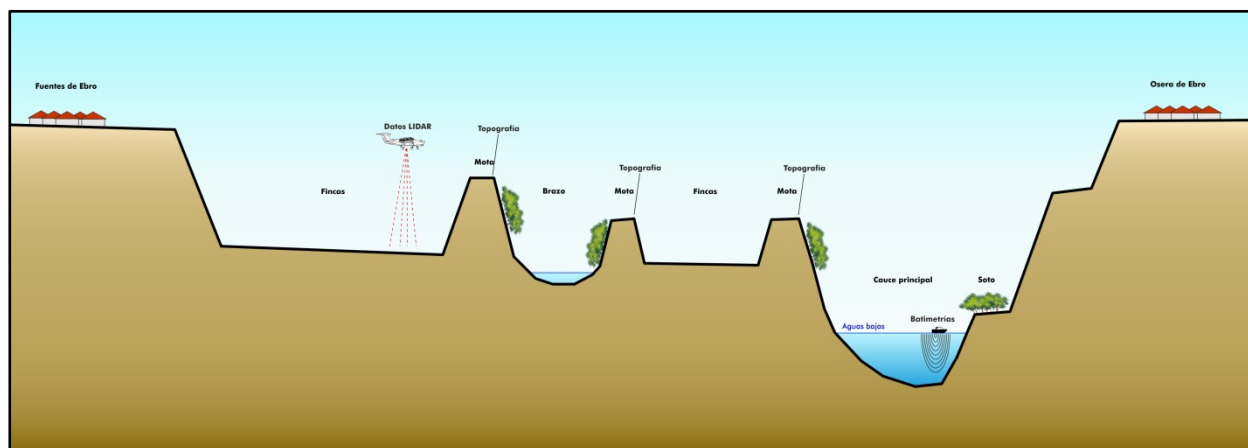


Figura 12. Esquema de la toma de datos realizada (elaboración propia).

Los métodos anteriores tienen el inconveniente de que no son capaces de obtener datos del terreno que se encuentra debajo del agua. Este ha sido el principal inconveniente que se han encontrado estudios de inundación realizados con anterioridad. Actualmente existe tecnología que permite obtener la topografía del lecho del río de manera continua. Como novedad para

⁷ El equivalente a una maqueta del terreno pero en un entorno digital.

⁸ Acrónimo del inglés Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging.

estos estudios realizados en el marco de la Estrategia Ebro Resilience, se han utilizado medios acuáticos dotados de un sonar⁹ para la toma de datos batimétricos¹⁰ del lecho del cauce, incorporando estos datos al estudio.

Los datos obtenidos se combinan para la elaboración del modelo digital del terreno.

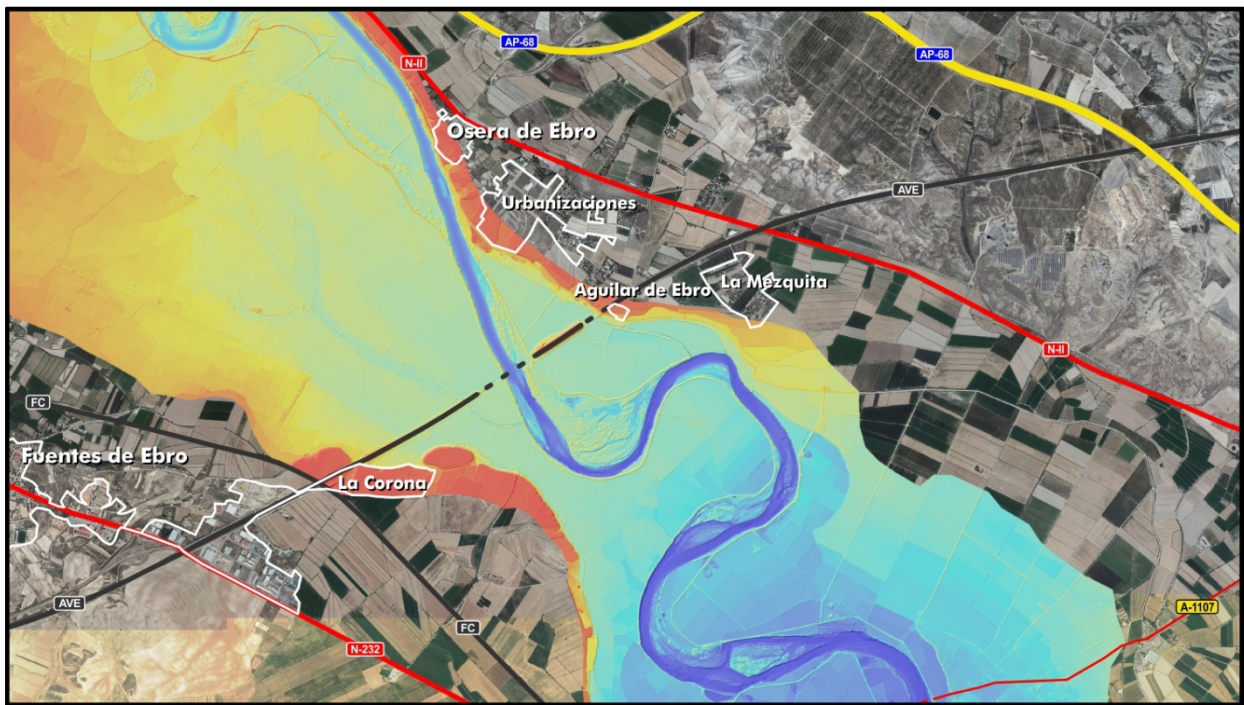


Figura 13. Fragmento del modelo digital del terreno. Colores rojizos indican las zonas más elevadas y los tonos azules las zonas más profundas (elaboración propia).

El análisis del MDT ha corroborado que, en el caso de las zonas urbanas, estas se ubican sobre las terrazas superiores del río (en color rojizo en la figura 13).

Por otra parte, la batimetría ha confirmado los procesos erosivos en el lecho del cauce que se deducían del análisis morfológico realizado.

4.2. Modelo hidráulico

El siguiente paso del estudio es el análisis de los episodios de inundación. Para realizar este trabajo se utilizan modelos hidráulicos, que consisten en una herramienta informática que aplica sobre el MDT un caudal determinado y reproduce los efectos de la inundación¹¹.

Estas herramientas informáticas necesitan de un proceso denominado calibración para ajustar los resultados obtenidos a las características del tramo en estudio. En este caso, se han

⁹ Elemento que obtiene la profundidad del fondo del mar o un río mediante la emisión de sonidos y la medición de su reflexión.

¹⁰ Topografía realizada debajo del agua.

¹¹ El equivalente a verter agua en la maqueta.

utilizando las fotos aéreas de la avenida de abril de 2018 y de diciembre de 2019, consiguiendo una buena calibración.

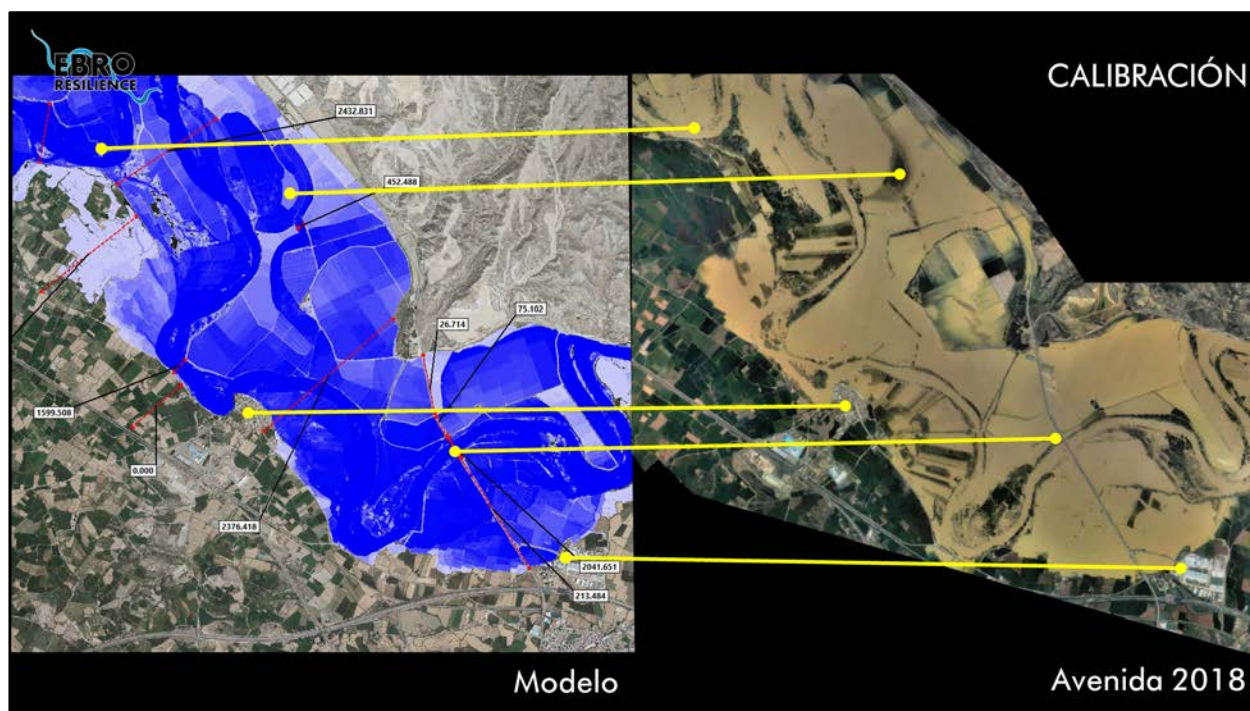


Figura 14. Ejemplo de calibración de un modelo hidráulico con la avenida de 2018 (elaboración propia).

Una vez configurado y calibrado el modelo hidráulico se reproduce la avenida objetivo, en este caso la correspondiente a un periodo de retorno de 25 años, que en este tramo equivale a un caudal de $2.800 \text{ m}^3/\text{s}$, y se analizan los efectos producidos sobre las zonas urbanas.

Respecto a los problemas que puedan originar los posibles desbordamientos hay que tener en cuenta que el modelo hidráulico considera el terreno rígido, es decir, las motas no colapsan en ningún momento aunque sean desbordadas. Para compensar esta circunstancia, la punta de la avenida en la simulación se prolongará en el tiempo, consiguiendo efectos análogos a los producidos en un suceso real.

5. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

En el análisis de la simulación de la avenida objetivo para un periodo de retorno de 25 años ($2.800 \text{ m}^3/\text{s}$ en este tramo) se concluye que no existen afecciones a ninguna de las zonas urbanas del tramo (figura 15). En la cartografía del Sistema Nacional de Zonas Inundables se ha constatado que incluso para avenidas de periodo de retorno de hasta 500 años las zonas urbanas estarían resguardadas.

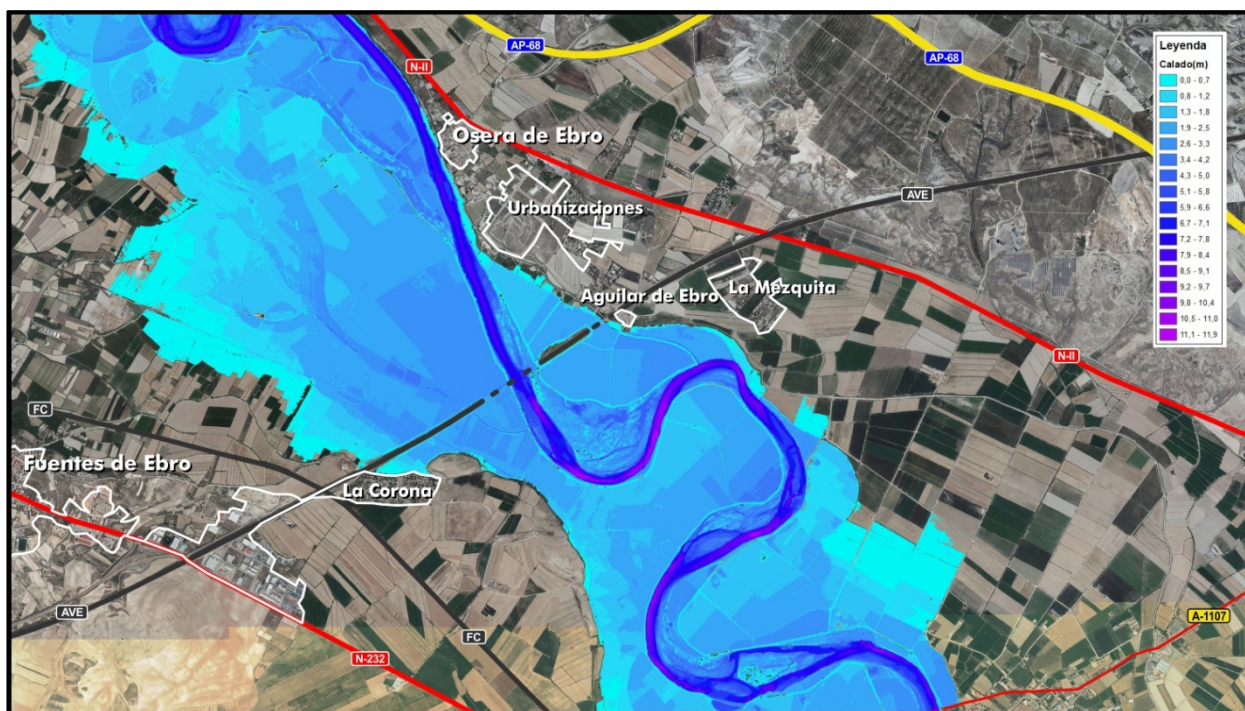


Figura 15. Resultados del modelo hidráulico para la avenida de periodo de retorno de 25 años (elaboración propia).

Procede, en consecuencia, continuar el análisis para el siguiente objetivo que consistirá en estudiar alternativas que reduzcan el riesgo de inundación en las zonas no urbanas, disminuyendo la velocidad de circulación de las aguas, principalmente, y/o la altura que alcanzan las inundaciones sobre los campos. En este caso, el caudal de estudio se corresponde con un periodo de retorno de 10 años y un caudal de $2.300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para ello y con el objetivo de obtener dos análisis comparativos extremos, se ha realizado una primera modelización en la que se ha conformado el modelo hidráulico de forma que toda la vegetación existente en el tramo sea suprimida y sustituida por lechos de gravas desnudas. Con ello se ha querido comprobar la eficacia que la disminución de la vegetación existente tendría sobre las actuales afecciones por inundación. Es decir, si esta medida fuera realmente eficaz aplicada localmente, la supresión completa de la vegetación debería mostrar una mejora sustancial en las condiciones de inundación a nivel de tramo.

La segunda alternativa analizada es una retirada total de las motas existentes en la margen derecha, zona de estudio. Efectuando una analogía a la alternativa anterior, si la retirada de las defensas de manera local tuviera efectos positivos sobre el riesgo de inundación, una supresión completa de las mismas debería mostrar efectos positivos evidentes a nivel de tramo.

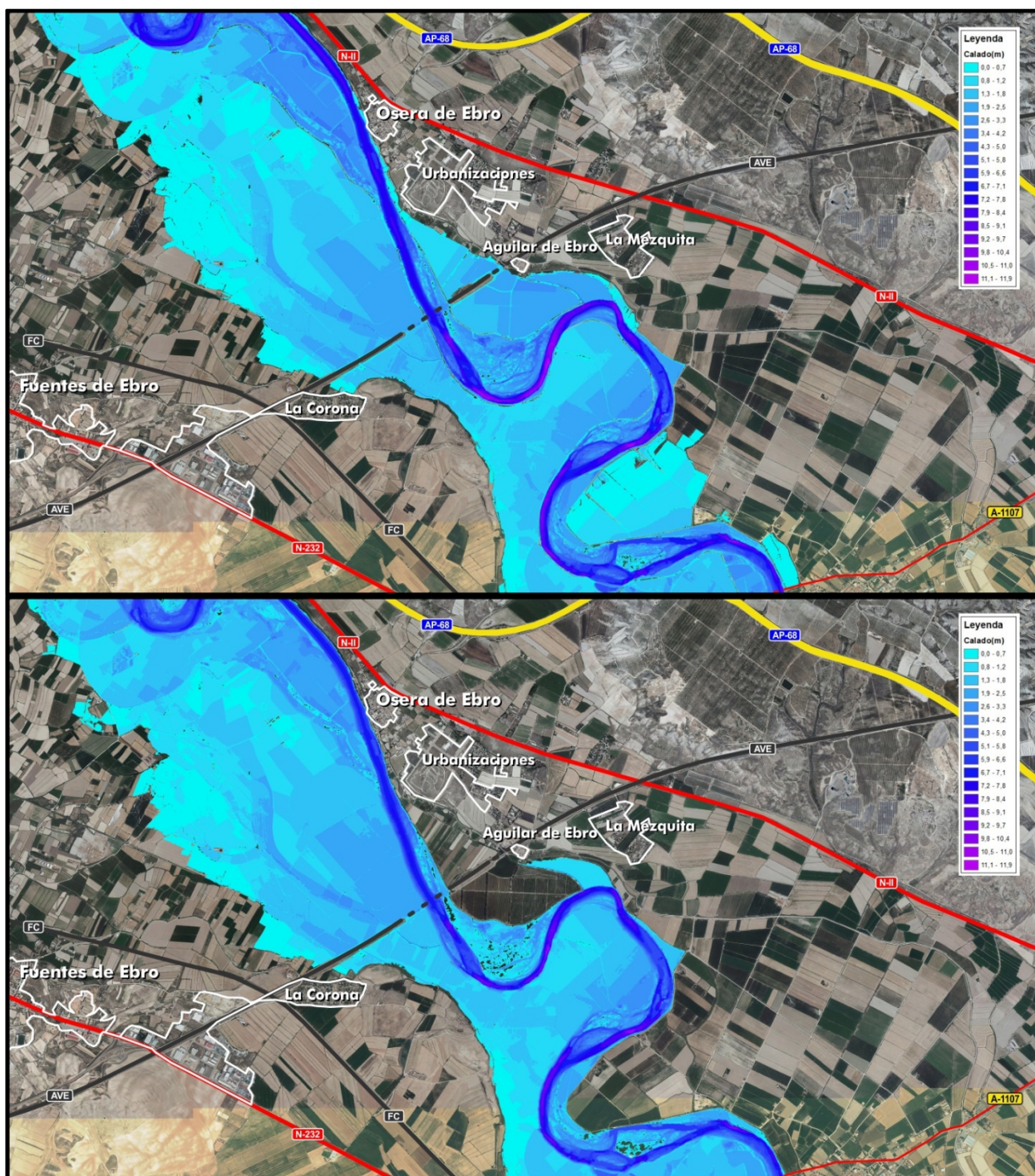


Figura 16. Resultados para la avenida de periodo de retorno de 10 años con una supresión total de la vegetación, arriba, y con una retirada total de los diques de defensa en margen derecha, abajo (elaboración propia).

La comparativa de ambas soluciones (figura 16) muestra pocas diferencias. Ambas soluciones consiguen una reducción de la altura de las aguas sobre las fincas, mayor sin defensas, pero en el caso de la supresión de vegetación no se consiguen efectos positivos en cuanto a la minoración de la velocidad y en la segunda alternativa se produce incluso un aumento de la velocidad de circulación sobre los campos.

Teniendo en cuenta que **no es posible evitar la inundación de la zona cultivable**, procede estudiar alternativas para la adaptación y reducción de los daños.

Para el planteamiento de la alternativa de adaptación se han seguido las siguientes premisas:

1. **Optimizar la capacidad del cauce principal**, de manera que pueda funcionar a sección llena.
2. **Retrasar al máximo posible el desbordamiento inicial**, que se produce al comienzo del tramo.
3. **Disminuir la velocidad de circulación de las aguas sobre los campos**, reduciendo de esta forma el arrastre de las tierras de labor y limitando las erosiones que originan los saltos entre bancales.
4. **Reducir los daños en el sistema de riego**, que se producen en mayor medida por el enterramiento de las acequias existentes con las tierras arrastradas.
5. **Minimizar el riesgo de rotura de las defensas**, tanto de entrada como de retorno al cauce.
6. **Permitir un desagüe eficiente, rápido y sin daños, de las aguas acumuladas** una vez finalice el episodio de avenida.
7. **Limitar las variables aleatorias en el funcionamiento del sistema**, así como la necesidad de intervención humana.

Los objetivos enumerados anteriormente se resumen en uno: **QUE LA VUELTA A LA NORMALIDAD TRAS UN EPISODIO DE AVENIDA PUEDA REALIZARSE LO MÁS RÁPIDAMENTE Y CON EL MENOR COSTE POSIBLE.**

5.1. Descripción de la alternativa propuesta

En diversas zonas similares a la estudiada se ha constatado que una pre-inundación de las fincas de forma controlada y con el agua circulando a contrapendiente, es decir, desde las zonas más bajas hacia las más altas crea un “colchón” de agua que reduce las erosiones generadas por el paso de las aguas desbordadas.

A su vez, la existencia de una presión hidráulica en el trasdós de las defensas las estabiliza y reduce la posibilidad de rotura de las mismas, incluso en el caso de que se produzca el desbordamiento de las aguas sobre las motas.

Por otra parte, la instalación de elementos que permitan un desagüe efectivo y sin roturas de las defensas una vez que disminuyan los caudales fluyentes por el cauce, permitiría un retorno más rápido a la actividad ordinaria.

Los actuales estrechamientos en la canalización deben ser corregidos, para evitar desbordamientos prematuros en zonas no controladas que puedan arruinar el comportamiento del sistema, generando roturas incontroladas de las defensas.

Adicionalmente a lo anterior, el sistema de regadío debería ser adaptado para reducir los daños originados por las aguas circulantes, mediante el soterramiento de las acequias, el empleo de sifones o la disposición de elementos que limiten los efectos que produce el salto de las aguas sobre las mismas.

Considerando estas cinco cuestiones, se propone la implantación de elementos que permitan una pre-inundación controlada de la superficie cultivable en compartimentos adaptados a esta circunstancia y que han sido denominados **zonas de amortiguación de flujos laterales**. La implementación de estas zonas debe ir acompañada de la construcción de un cordón de cierre en el punto original por el que comienza el desbordamiento, de forma que se controlen los caudales que determinan la entrada de las aguas.

El esquema de funcionamiento sería el siguiente (figura17):

- El cordón de cierre inicial servirá de limitante de la entrada prematura de aguas y estará adaptado al paso de la corriente sobre su coronación.
- Entre cada zona de amortiguación se construirá un camino como cierre transversal a baja altura que controlará el nivel de llenado de cada zona de amortiguación. Este cierre estará preparado para soportar el paso de las aguas y las dirigirá a las zonas determinadas.
- Cada zona de amortiguación contará con una sección rebajada en la mota de defensa que facilitará la entrada de agua a la cota determinada durante el proceso de llenado y

la salida de las agua en superficie durante el proceso de vaciado. También estarán dotadas de unos tubos de desagüe que permitan evacuar el agua acumulada en las zonas más bajas. Estos tubos estarán equipados con válvulas de clapeta que impidan la entrada de las aguas desde el río a la finca.

- El sistema de riego deberá ser adaptado al funcionamiento de las zonas de amortiguación.
- Se corregirán los estrechamientos existentes en la canalización frente a las urbanizaciones de Osera de Ebro y en el lóbulo del meandro de Aguilar. Para ello se retirará la actual defensa de la zona estrecha y se construirá retranqueada para dotar al cauce principal de una anchura suficiente.
- Durante el paso de una avenida las zonas de amortiguación contarán con un colchón de agua que reducirá las erosiones y arrastres sobre las fincas (figura 18).

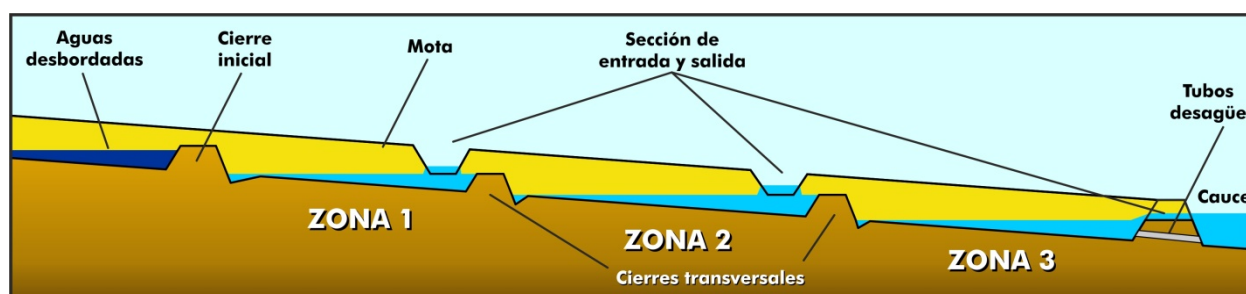


Figura 17. Esquema de llenado de zonas de amortiguación de flujos laterales (elaboración propia).

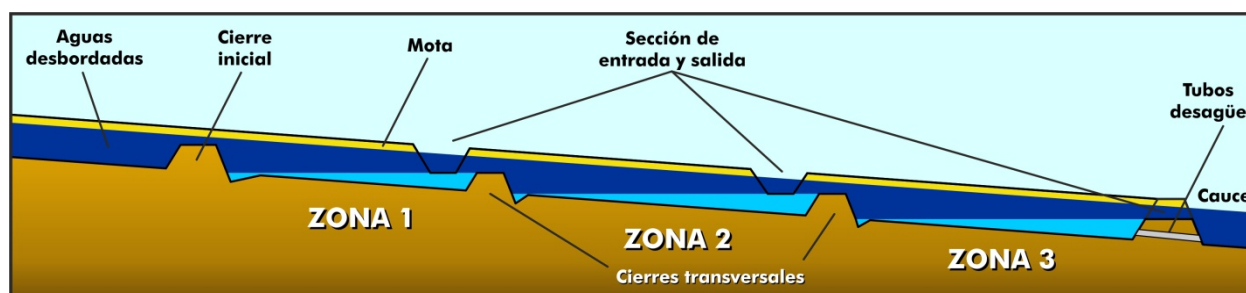


Figura 18. Paso de una avenida sobre zonas de amortiguación de flujos laterales (elaboración propia).

Se ha realizado una serie de tanteos, a nivel de anteproyecto, para comprobar la posibilidad de implantación de la solución descrita en el tramo de estudio, comprobando la viabilidad de la misma y la reducción en la velocidad de circulación que se conseguiría. En la figura 19 se muestra el tanteo final modelizado, conformado por cuatro zonas de amortiguación de las cuales la 2 y la 4 ya poseen un comportamiento adecuado. La zonificación final de la margen y la disposición y diseño de los elementos que permitan su correcto funcionamiento deberán ser realizados durante la redacción del proyecto constructivo.

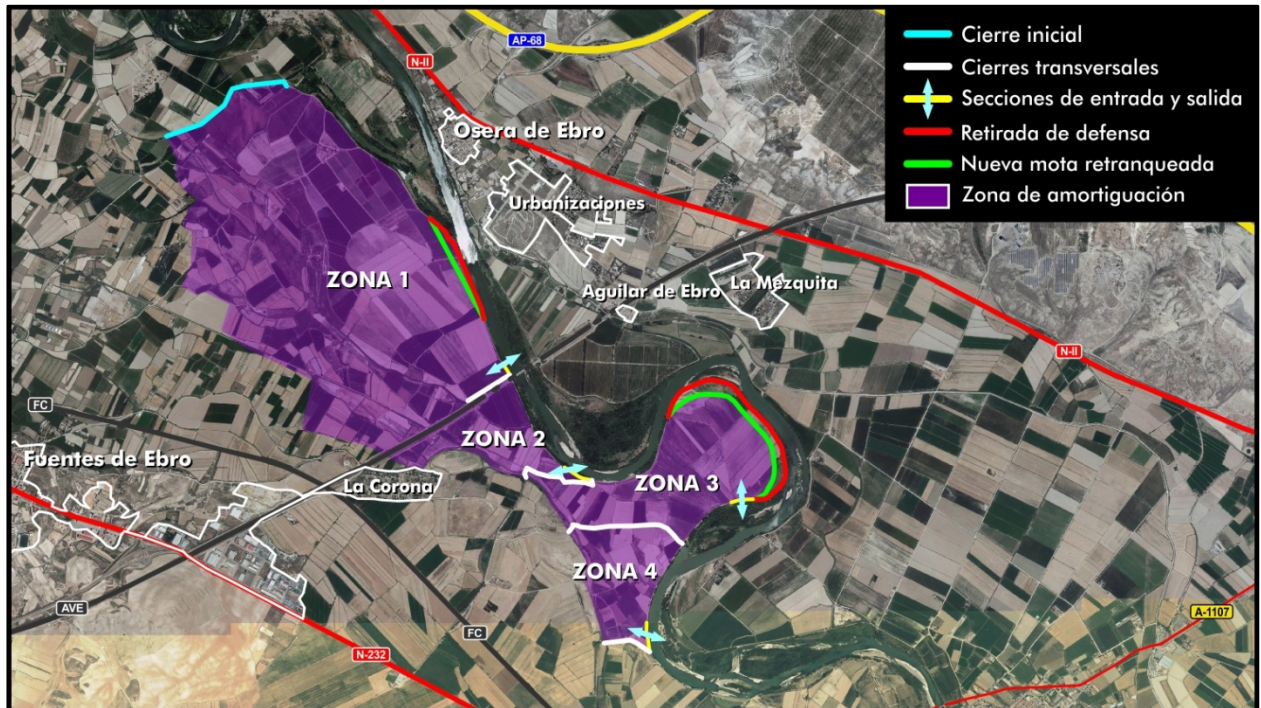


Figura 19. Alternativa propuesta (elaboración propia).

Los efectos conseguidos tras este primer tanteo son los siguientes:

1. Se ha optimizado la capacidad del cauce principal, en las zonas más estrechas el caudal circulante aumenta más de 200 m³/s.
2. Se consigue retrasar el desbordamiento inicial, que pasa de producirse en el entorno de los 1.600 m³/s a 1.800 m³/s.
3. En las zonas de amortiguación más ajustadas tras este primer tanteo, se produce una disminución generalizada en la velocidad de circulación de las aguas sobre los campos.
4. Con la adaptación del sistema de riego propuesta se reducirán los enterramientos de las acequias.
5. Las defensas son más estables equilibrando el empuje de las aguas en uno y otro lado de la misma.
6. La implantación de los secciones de salida más los tubos de desagüe permitirá un desagüe eficiente, rápido y sin daños, de las aguas acumuladas una vez finalice el episodio de avenida.
7. Las variables aleatorias en el funcionamiento del sistema quedan limitadas, lo que redunda en la seguridad de la localidad de Pina de Ebro, situada aguas abajo.

6. CONCLUSIÓN

Las zonas urbanas presentes en el tramo no tienen afecciones para avenidas con un periodo de retorno de 25 años, alcanzando los objetivos planteados en la Estrategia Ebro Resilience.

Teniendo en cuenta que no puede evitarse el desbordamiento por margen derecha, para la reducción de daños en la zona no urbana se propone efectuar medidas de adaptación.

En este caso, la propuesta realizada es la implantación de zonas de amortiguación de flujos laterales. Esta propuesta se plantea con el objetivo exclusivo de mejorar la situación respecto a los daños por inundación de los campos de cultivo.

7. ¿Y AHORA QUÉ?

Una vez concluido el estudio de detalle del tramo se realizarán encuentros participativos abiertos al público para conocer la opinión de la población.

Seguidamente se realizarán los correspondientes ajustes a la propuesta, si fuese necesario, y comenzará la tramitación ambiental de las intervenciones.

Finalmente, se redactarán los proyectos constructivos y cada Administración pondrá en marcha, en el ámbito de sus competencias, las actuaciones para una mejor gestión del riesgo de inundación del tramo que corresponda.