

TRABAJO FIN DE GRADO

CRECIDAS HISTÓRICAS Y RECONSTRUCCIÓN DE SUS EFECTOS EN LA DINÁMICA FLUVIAL DEL EBRO DE MEANDROS LIBRES (LOGROÑO – LA ZAIDA)

Autor: Marcos Jiménez Orcajo

Director: Alfredo Ollero Ojeda

Facultad de Filosofía y Letras

Grado de Geografía y Ordenación del Territorio

Año académico 2024/2025



**Universidad
Zaragoza**

**Departamento de Geografía
y Ordenación del Territorio**



Agradecimientos

Antes de entrar al proyecto como tal, me gustaría dar las gracias a todos los compañeros y profesores que me han acompañado durante estos cuatro años en el tan especial grado de Geografía y Ordenación del Territorio; así como a mi familia, que siempre ha apoyado dedicarme a esta disciplina y presumir de lo que hacía, destacando mis virtudes y dándome siempre la confianza necesaria para luchar por aquello a lo que me quiero dedicar, ayudándome a poder ser mejor geógrafo.

Hemos sido pocos los que nos hemos convertido en geógrafos en la promoción 2021-2025, pero esto nos ha servido para aprender más unos de los otros, hacer grandes amigos, y poder aprovechar al máximo el conocimiento de los profesores, cuyo trato ha sido bastante cercano.

Hemos tenido la suerte de tener unos profesores que aman la Geografía, y así nos lo han hecho saber, intentando hacer que nosotros pudiéramos experimentar algo parecido y dar sentido a la razón por la que elegimos esta carrera.

En mi caso, lo han conseguido, empezando desde el primer año de carrera, con Francisco Pellicer, el cual me puso sus famosas gafas de geógrafo, especialmente en la geomorfología que tanto le apasiona, y que, en cierta medida, yo también sentí. Pero también profesoras como María Zúñiga, con su asignatura de Cartografía Temática, en la que nos hizo crear por primera vez un mapa propio, además de sentar la base de las cartografías que actualmente realizamos.

No me olvido tampoco de todos aquellos profesores que me han impartido climatología, hidrogeografía, biogeografía y demás asignaturas de la rama del medio físico, que es la que más me apasiona, y que, me ha llevado en parte, a la elección de la temática de este trabajo.

A su vez, merece especialmente mención Alfredo Ollero, director de este trabajo, responsable en gran parte de la temática elegida. Sus conocimientos en el ámbito de los cursos fluviales, su dinámica y el territorio fluvial, han sido muy necesarios para el proyecto, ya que, seguramente sin ellos, el resultado no sería el mismo. Cabe destacar que ha estado siempre a disposición y proporcionándome la información necesaria, dejándome también libertad para orientar el trabajo a mi parecer, pero siempre con las pautas necesarias para mejorarlo.

Por último, también estoy especialmente agradecido con todos los demás profesores, ya que, aunque no lo supiera, me he dado cuenta que de todos he aprendido algo.

Resumen

El río Ebro es el curso fluvial con mayor tramo de meandros libres de la península ibérica, describiendo durante más de 340 km, desde Logroño hasta la Zaida, un trazado sinuoso sobre una amplia llanura de inundación de escasa pendiente.

Dada su importancia y su amplia cuenca receptora con aportes de caudalosos afluentes, las crecidas extraordinarias han sido a lo largo de la historia sucesos de especial incidencia en sus márgenes, provocando afecciones en el paisaje y en las poblaciones asentadas más cerca de su cauce.

En el presente documento, se van a recopilar estos eventos desde que se tienen registros, disponiendo, siglos atrás, información de ellas a partir de las incidencias datadas por las poblaciones; y desde el siglo XX, por las diferentes estaciones de aforo instaladas a lo largo de su recorrido.

Por otro lado, el grueso del estudio se va a centrar en analizar los efectos hidrogeomorfológicos de estas crecidas en tramos concretos elegidos, dada la gran dinámica y cambios en la morfología del cauce que han provocado en el último siglo, estudiados a través de los vuelos fotogramétricos disponibles.

Por último, se hará un inciso sobre la importancia de este estudio en la futura gestión del espacio ribereño.

Palabras Clave: *crecidas históricas, imágenes aéreas, cambios hidrogeomorfológicos, meandros, poblaciones ribereñas.*

Abstract

The Middle Ebro River is the water course with the longest stretch of free meandering in the Iberian Peninsula, with more than 340 km, from Logroño to La Zaida, a winding course over a wide, gently sloping flood plain.

Given its importance and its wide catchment basin with contributions from large tributaries, throughout history, extraordinary floods have had a special impact on its margins, affecting the landscape and the populations settled closest to its channel.

In this document, these events will be compiled since records have been kept, with information on them being available, centuries ago, from the incidences dated by the populations; and since the 20th century, from the different gauging stations installed along its course.

On the other hand, the bulk of the study will focus on analysing the hydrogeomorphological effects of these floods in specific sections chosen, given the great dynamics and changes in the morphology of the riverbed that they have caused over the last century, studied by means of the available photogrammetric flights.

Finally, the importance of this study in the future management of the riparian space will be mentioned.

Key Words: *historical floods, aerial imagery, hydrogeomorphological changes, meanders, populations near the river.*

Índice

1.	Introducción	pág. 5
1.1.	Justificación	pág. 5
1.2.	Antecedentes	pág. 6
1.3.	Objetivos	pág. 6
2.	Área de estudio	pág. 7
2.1.	Caracterización de la cuenca del Ebro	pág. 8
2.1.1.	Relieve y Geomorfología	pág. 8
2.1.2.	Clima	pág. 10
2.2.	Río Ebro de meandros libres	pág. 11
2.3.	Comportamiento hidrológico	pág. 13
2.3.1.	Régimen	pág. 13
2.3.2.	Irregularidad interanual	pág. 13
2.3.3.	Distribución interanual del caudal punta	pág. 14
3.	Metodología	pág. 15
3.1.	Tablas área de estudio	pág. 15
3.2.	Crecidas históricas	pág. 15
3.3.	Reconstrucción del comportamiento hidrogeomorfológico	pág. 16
4.	Resultados	pág. 18
4.1.	Crecidas en el Ebro medio	pág. 18
4.1.1.	Crecidas anteriores a 1643	pág. 19
4.1.2.	Crecidas entre 1643 y 1775	pág. 20
4.1.3.	Crecidas entre 1875 y 1871	pág. 21
4.1.4.	Crecidas entre 1871 y 1961	pág. 22
4.1.5.	Crecidas de la segunda mitad del siglo XX	pág. 25
4.1.6.	Crecidas del siglo XXI	pág. 27
4.1.7.	Limnimarcas	pág. 29
4.2.	Reconstrucción del comportamiento hidrogeomorfológico del río Ebro en su tramo de meandros libres (Logroño-La Zaida)	pág. 33
4.2.1.	Tramo Logroño – Desembocadura del río Aragón	pág. 33
4.2.2.	Tramo Desembocadura del río Aragón – Confluencia del río Huecha	pág. 46
4.2.3.	Tramo Confluencia del río Huecha – Desembocadura del río Gállego	pág. 54
4.2.4.	Tramo Desembocadura del río Gállego – Presa de Alforque	pág. 65
5.	Discusión	pág. 73
6.	Conclusiones	pág. 75
7.	Bibliografía	pág. 77
7.1.	Enlaces web	pág. 78
8.	Anexo. Índice de figuras, tablas y fotos	pág. 79
8.1.	Índice de figuras	pág. 79
8.2.	Índice de tablas	pág. 80

8.3. Índice de fotos	pág. 81
8.4. Colaboración en el coloquio de Toulouse.....	pág. 82

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos meandriformes de llanura destacan por la intensa capacidad de cambio de sus cauces dentro de la llanura de inundación, por lo que han sido objeto de estudio fundamental de la geomorfología fluvial, siendo bien conocidos sus mecanismos (Amoros y Petts, 1993; Bravard y Petit, 1997; Knighton, 1998; Charlton, 2007).

En España, el río con mayor desarrollo meandriforme y amplitud de la llanura de inundación es el Ebro, en el cuál, se va a centrar el presente trabajo.

Su tramo medio, entre Logroño y La Zaida, presenta a lo largo de 340 km, un cauce libre meandriforme en una extensa llanura de inundación. El motivo del estudio va a ser los cambios producidos en ésta, a partir de la incidencia que tienen las crecidas.

Las crecidas fluviales constituyen uno de los fenómenos naturales más significativos dentro de la dinámica de los sistemas fluviales. En el caso del río Ebro, el más caudaloso de la península ibérica, las avenidas han desempeñado un papel clave en la configuración del paisaje y la evolución de los cauces. Como se detalla en la recopilación de crecidas presente en este trabajo, históricamente, las crecidas del Ebro han sido recurrentes y, en ocasiones, catastróficas, provocando afecciones por la localización de infraestructuras y núcleos de población en el espacio inundable.

El presente trabajo pretende analizar los efectos hidrogeomorfológicos asociados a las crecidas del Ebro, abordando tanto los procesos de erosión y sedimentación como las transformaciones en la morfología del cauce (como cortas de canal) y en la dinámica de las riberas.

El estudio combina un enfoque histórico, a partir de registros documentales y datos hidrológicos, con un análisis geomorfológico apoyado en mediciones de los cambios a través de sistemas de información geográfica (SIG).

1.1. Justificación

La realización de este estudio constituye un campo de investigación de gran interés, tanto para la comprensión de la dinámica fluvial como para la gestión actual del riesgo de inundación.

Desde una perspectiva práctica, el conocimiento de los efectos hidrogeomorfológicos de las crecidas es esencial para la ordenación del territorio, especialmente en la llanura de inundación.

Las crecidas del Ebro han causado históricamente importantes daños materiales y económicos, por lo que las conclusiones de este trabajo pueden servir a mejorar la planificación hidrológica, la ordenación del territorio y la protección de infraestructuras y poblaciones.

A la vez que las crecidas han contribuido decisivamente al modelado del valle del Ebro, generando procesos de erosión, colmatación, migración de cauces y modificación de las llanuras de inundación; han supuesto importantes desafíos para las localidades integradas en esta zona, forzando adaptaciones territoriales, construcciones defensivas y transformaciones en los usos del suelo.

Por ello, combinar el análisis hidrogeomorfológico con el estudio de fuentes históricas y registros de daños permite no solo reconstruir eventos pasados, sino también identificar patrones de recurrencia, áreas vulnerables y respuestas sociales frente al riesgo.

Cabe destacar que esta investigación se enmarca en el proyecto *PID2022-138196OB-C31 Gestión de riesgos y de cambios ambientales en el Ebro medio: restauración fluvial y resiliencia territorial*; sirviendo a su vez, para la presentación de una comunicación en el congreso “*Autour de l’aïgat de juin 1875 dans le Sud-Ouest de la France: quels apports des grandes crues du passé à la gestion actuelle du risque?*” que se celebra en Toulouse entre el 23 y el 25 de junio de 2025.

1.2. Antecedentes

La principal base bibliográfica que se ha tenido en cuenta es la tesis de Ollero (1992), Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos.

Esta tesis recoge los principales apartados desarrollados en este estudio, dado que la temática es muy similar. Sin embargo, en este trabajo se han desarrollado los puntos concretos de las crecidas históricas y los cambios hidrogeomorfológicos del cauce, actualizando dicha información 30 años después, y centrándose en abarcar lo propio para un estudio de estas dimensiones.

Es sin lugar a duda la guía que ha encaminado este estudio, aportando gran información sobre las crecidas históricas, la geomorfología fluvial, las obras de defensa en el Ebro y el estudio detallado tramo por tramo de los principales cambios y efectos hidrogeomorfológicos producidos.

Las otras tres fuentes más relacionadas con las crecidas históricas, los efectos hidrogeomorfológicos y las nuevas tendencias de ordenación del espacio fluvial; siendo las mencionadas como bibliografía en la conferencia de Toulouse, son:

- Ollero A. (2010) Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology*, 117: 247-260.
- Ollero et al. (2021) Updated knowledge on floods and risk management in the Middle Ebro River: the “Anthropocene” context and river resilience. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47: 73-94.
- Ollero et al. (2024) El curso medio del río Ebro: bases preliminares para su diagnóstico hidromorfológico y perspectivas de gestión y restauración. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 112: 131-149.

Desde una perspectiva exclusivamente hidrogeomorfológica, existen otras importantes contribuciones sobre la dinámica fluvial del Ebro y sus respuestas frente a eventos extremos. Ollero (2007, 2010) ha documentado en detalle los cambios morfológicos y sedimentarios inducidos por crecidas recientes en el Ebro medio, subrayando el papel de las actuaciones antrópicas en la alteración del comportamiento fluvial natural.

- Ollero, A. (2010). Dinámica fluvial y gestión del Ebro medio: la necesidad de recuperar espacio fluvial. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 24(1-2), 7–24.

Por último, con la misma dinámica que este trabajo, pero centrados en puntos concretos del Ebro medio, existen las siguientes publicaciones:

- 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 Ojeda, A. (1996). Dinámica de meandros y riesgos hidrogeomorfológicos en Alcalá de Ebro y Cabañas de Ebro (Zaragoza). *IV Reunión de Geomorfología* (pp. [431-440]). Sociedad Española de Geomorfología.
- Ollero Ojeda, A. (1988). Ecogeografía del meandro del Estajao (río Ebro, Alfaro, La Rioja). *Cuaternario y Geomorfología*, 2(1–4), 67–75.
- Najes Pérez, L., Ollero Ojeda, A., & Sánchez Fabre, M. (2019). Evolución y dinámica geomorfológica actual del río Ebro en la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos (Zaragoza). *Cuaternario y Geomorfología*, 33(1–2), 47–63.

Sin embargo, en el Ebro medio no sólo se ha trabajado sobre su dinámica hidrogeomorfológica, sino también sobre:

- La Gestión del riesgo de inundación

Se ha trabajado intensamente en la evaluación, cartografía, historia y gestión de inundaciones (ej. Conde 2010; Galván 2018; Calvo et al. 2020; Díaz Redondo et al. 2018; Espejo 2008; Confederación

Hidrográfica del Ebro 2015, 2023; Sanchez Fabre et al., 2015). También hay estudios sobre la percepción social y participación ciudadana en torno al riesgo (Ballester 2017; Couceiro 2019).

- El impacto humano y la restauración fluvial.

Se ha investigado el efecto de infraestructuras, presas y usos del suelo, así como propuestas de restauración ecológica y medidas basadas en la naturaleza (Cabezas et al. 2009, 2010; Magdaleno et al. 2021; Garrido 2007; González Sargas 2010).

- Ecología de riberas y humedales

Se estudia la estructura, dinámica y estado ecológico de los ecosistemas riparios, incluyendo biodiversidad, calidad del agua y patrones de sedimentación (Atauri et al. 2005; Cabezas et al. 2009; Fernández Cubero 2003; Herrero et al. 2018).

- Cambio climático e hidrología

Algunos trabajos abordan el efecto del cambio climático y de cambios de uso del suelo sobre el régimen hidrológico y los caudales (Batalla et al. 2004; Bejarano et al. 2010; López Moreno et al. 2011).

- Modelización hidrodinámica y teledetección

Estudios que aplican herramientas de simulación y SIG para predecir y analizar procesos fluviales e inundaciones (Echeverría et al. 2018; Carreño & De Mata 2019; Losada et al. 2004).

1.3. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es analizar los cambios de carácter hidrogeomorfológico más relevantes en el tramo inundable y de meandros libres del río Ebro, comprendido entre Logroño y La Zaida; destacando el especial énfasis en aquellos producidos durante el siglo XX.

Para la consecución de este objetivo principal, son necesarios los siguientes objetivos secundarios:

- Recopilar las crecidas históricas en el Ebro medio, desde sus registros más antiguos hasta la actualidad, así como las afecciones provocadas sobre las poblaciones ribereñas.
- Datar las limnimarcas de las que se tenga constancia en el área de estudio.
- Tener en cuenta todas las cartografías históricas y vuelos fotogramétricos disponibles en el área de estudio, con el fin de compararse y ver los cambios de trazado producidos.
- A través del conocimiento de las crecidas y las imágenes aéreas disponibles, establecer hipótesis sobre cuáles han sido las responsables de dichos cambios entre imágenes.
- Analizar la afectación de esta dinámica hidrogeomorfológica a las poblaciones con mayor riesgo de inundación, así como sus estrategias de protección.
- Describir las tendencias por décadas del comportamiento y la dinámica del río Ebro en base a la intervención antrópica.
- Elaborar cartografías por sectores que detallen los efectos hidrogeomorfológicos analizados y demás aspectos de interés.
- Debatir, partiendo de los resultados obtenidos, sobre la correcta gestión del espacio ribereño, las estrategias y proyectos que aparecen y la percepción social existente sobre ello.

2. ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se centra en la cuenca hidrográfica del río Ebro, de forma triangular y al noreste de España, que, con 85.501 km² de superficie, es la segunda más extensa de la península ibérica por

detrás de la del Duero, vertebrando, esta vez sí, el curso fluvial más extenso de la península ibérica (930 km de longitud), cuya dirección principal es NW-SE hasta desembocar en el mar Mediterráneo.

Sin embargo, de toda esta gran cuenca y sus ríos tributarios, este trabajo se va a centrar únicamente en el curso del río Ebro entre Logroño y La Zaida, es decir, su trayecto de meandros libres, constituido por algo menos de 350 km de longitud en los que el índice de sinuosidad medio es moderado (1,505) y la pendiente muy baja (0,00067 m/m) (Ollero,1992).

Esta sinuosidad se debe a que el área de estudio que se abarca es el único tramo en la que el río tiene una llanura de inundación bastante amplia en la que ejercer su dinámica fluvial, constando de una anchura media de 3,21 km y un máximo de 6 en Pedrola-Remolinos (Ollero et al., 2006)

Las comunidades autónomas atravesadas son, en este orden, tres: La Rioja, Navarra y Aragón; constituyendo esta última aproximadamente la mitad del área estudiada, destacando por su mayor sinuosidad (1,608) y pendiente más baja (0,00053) respecto a la media, lo que le confiere una mayor anchura a su llanura de inundación (3,77 km de media). (Ollero et al., 2006).

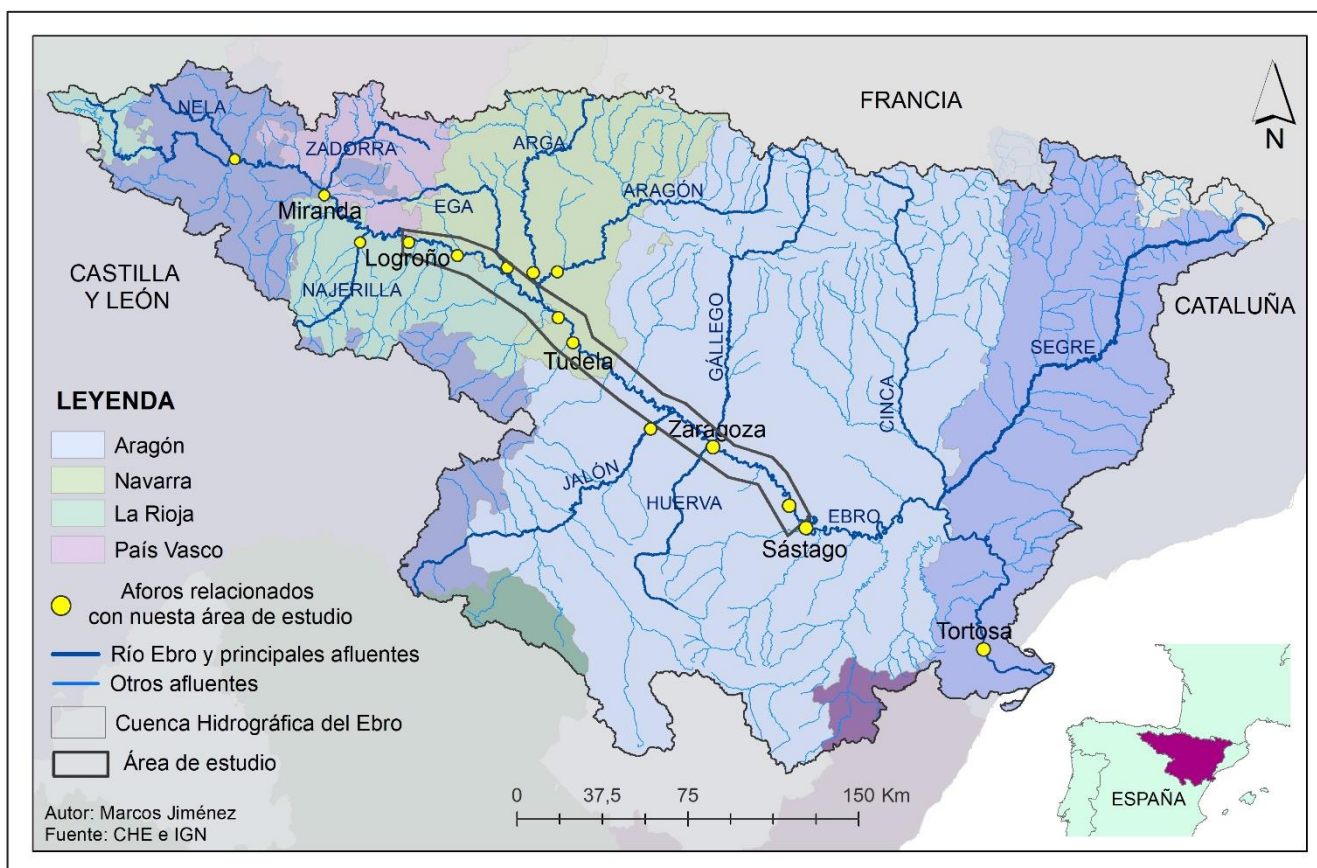


Figura 1. Localización de la cuenca del Ebro y el área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

2.1. Caracterización de la Cuenca del Ebro

Aquí se va a llevar a cabo una descripción de los elementos físicos que constituyen la cuenca y en concreto, el área de estudio, para así comprender y poner en contexto todos los factores que intervienen en la dinámica y procesos resultantes a estudiar.

2.1.1 Relieve y Geomorfología

Poniendo en contexto el relieve, el curso del Ebro se instala en una antifosa o depresión subalpina en el centro de su cuenca, dejando al norte los Pirineos, al sur la Cordillera Ibérica, y al este la Cordillera Costera Catalana, la cual llega a atravesar.

La altitud de la depresión del Ebro en la zona de estudio (ribera del río Ebro) oscila de lo casi 400 metros en Logroño a menos de 160 metros en La Zaida, quedando elevadas superficies tabulares que posteriormente se comentarán a una altitud que puede superar los 750 metros.

Pasando a los sistemas montañosos que la rodean, comenzando por la Cordillera Cantábrica, zona del nacimiento del Ebro, la actitud máxima la alcanza el pico de los Tres Mares (2171 msnm). Sin embargo, esta cordillera se va debilitando hacia el este, alcanzando más de 1700 metros en la cabecera del Nela, pero descendiendo a los 1200-1400 msnm en la zona de los Montes Vascos.

En la divisoria de aguas en Navarra, las altitudes máximas incluso son aún menores, hasta que a partir de la cabecera del Arga se vuelven a recuperar al comenzar los Pirineos, alcanzando los primeros dosmiles en la misma comunidad, pero no es hasta Aragón, cuando el Pirineo Axial supera con facilidad los 2500 msnm y son comunes los tresmiles en su sector central, con el máximo del pico Aneto (3404 msnm), dentro de la cuenca de los ríos Cinca y Segre, que desembocan fuera de nuestra área de estudio.

En la otra margen, la Cordillera Ibérica (NW-SE) enlaza con la Cantábrica con altitudes máximas de 1200 msnm. Sin embargo, es en la Sierra de la Demanda, Cebollera y el Moncayo (techo del Sistema Ibérico con 2313 msnm), donde alcanza sus mayores altitudes por encima de los 2000 msnm, aportando las dos primeras a afluentes riojanos (Oja, Najerilla, Iregua...) y la última al soriano-aragonés Queiles. En el resto de Aragón no se superan los 1500 msnm en sierras cortadas por afluentes como el Jalón y el Huerva.

Por último, la Cordillera Costera Catalana (SW-NE), la más al este, presenta sierras de 700-1000 msnm en las cercanías del Ebro, pero en los Puertos de Beceite supera los 1400 msnm.

Pasando a la descripción geomorfológica, la depresión subalpina está formada por la deposición de sedimentos muy variados desde el Eoceno (principalmente marinos, al tener conexión con el mar) y el Oligoceno (continentales, al constituir esta vez un lago interior), hasta el Mioceno, quedando litologías de areniscas y margas en el interior de la cuenca, y las resultantes de precipitados químicos (yesos y calizas) en el centro de la misma, conformando estas últimas el techo de la ya colmatada cuenca del Ebro en el Mioceno.

Ya en el Plioceno, la apertura del Ebro al Mediterráneo a partir de la Cordillera Costero Catalana generó una erosión remontante enlazando el nivel marino con la cuenca hasta entonces endorreica (Ollero, 1992). Esto supone el inicio de una fase erosiva que conllevará la excavación y el vaciado de la cuenca; siendo fundamental el comportamiento diferencial de la litología ante el modelado fluvial.

Con esto, ya se tiene el origen de la instalación de la red fluvial en la cuenca, para posteriormente comenzar a encajarse y a formar los primeros niveles de terrazas y glacis.

Este cambio en la dinámica evolutiva del relieve en la cuenca se mantiene durante todo el Cuaternario, en el que “se suceden etapas erosivas y acumulativas, predominando las primeras” (Ollero, 1992).

Las formas resultantes de estos procesos son, topográficamente más elevadas que las terrazas, la formación de muelas o planas, así como cerros testigos, resultantes de la excavación del Ebro y sus afluentes y la existencia de una cubierta superior menos deleznable (calizas) que niveles intermedios de yesos y margas.

En cuanto al nivel topográfico más bajo, El Ebro ha aportado carga aluvial, se ha encajado en su cauce, y ha experimentado cambios en su curso, como lo demuestran las terrazas más antiguas del Cuaternario.

Cabe destacar que su curso estaba más al sur de lo que está hoy en día (debido a que esa era la zona de contacto de los sedimentos de ambos márgenes), migrando poco a poco hacia el norte, lo que generó el escarpe yesoso de su margen izquierda y la formación de terrazas únicamente en la margen derecha.

Los conos de deyección (acumulaciones de material en forma de abanico que se forman al desembocar barrancos o cursos de gran pendiente) junto a las terrazas y glacis son también fruto de las sucesivas fases erosivas y acumulativas cuaternarias.

La versión más aceptada es la que respalda que en los momentos fríos y lluviosos predomina la acumulación de material (al aumentar la carga sólida), mientras que en los cálidos y secos la incisión de este material, por el estrechamiento del cauce y repentinas precipitaciones torrenciales.

Con todo esto se conoce que el Ebro en su tramo medio discurre por una superficie de material original yesoso o margoso que ha ido excavando poco a poco, dejando así elevada la antigua superficie del lecho del mar interior que existía en esta zona. El resultado es la existencia de una llanura aluvial delimitada en la margen izquierda por estos materiales; y en la margen derecha y como base, todos los otros materiales posteriores transportados de aguas arriba como resultado de las diferentes pulsaciones climáticas del Cuaternario. A su vez, la escasa pendiente de esta llanura genera una sinuosidad en el río que cambia adaptándose a nuevas condiciones o avenidas.

2.1.2 Clima

Para poder poner en contexto el comportamiento hidrológico del río Ebro en el tramo estudiado, hay que conocer las condiciones climáticas del resto de la cuenca aguas arriba, ya que, no influye tanto lo que ocurre en la ribera del Ebro.

Mientras que, en el centro de la depresión, debido a las cordilleras que la rodean, se da una acusada continentalidad y aridez; en las cabeceras de los ríos, sobre todo de la margen izquierda, se dan condiciones mucho más húmedas y frescas.

Con especial interés del estudio de las precipitaciones, principal entrada de agua al sistema, en la figura 1 se ha querido plasmar su distribución en la cuenca.

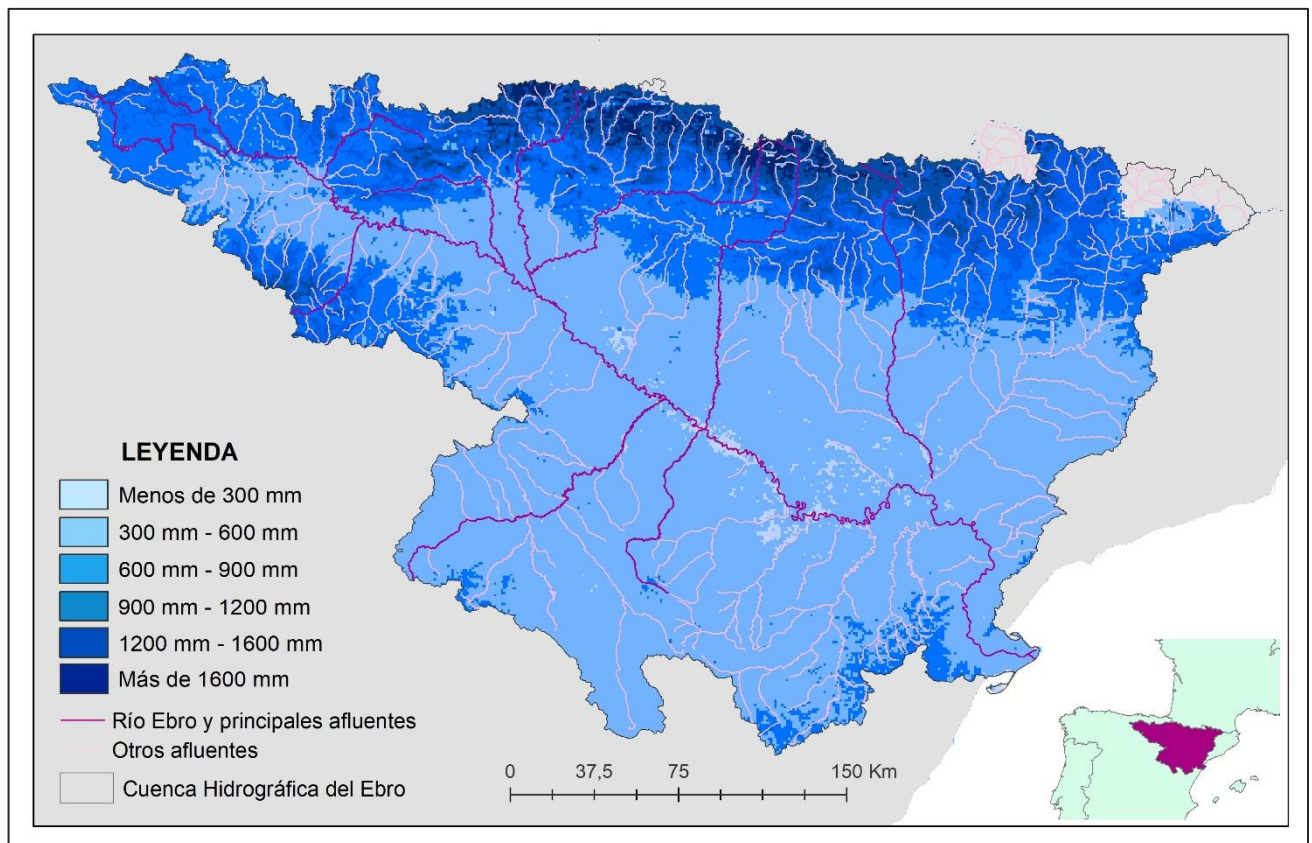


Figura 2. Precipitaciones medias anuales en la cuenca del Ebro entre 1980 y 2006. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del catálogo Metadatos del Gobierno de España.

Desarrollando los acumulados anuales en las cabeceras, de oeste a este, la cabecera del Ebro, enmarcada en la Cordillera Cantábrica, presenta unas precipitaciones anuales por lo general superiores a los 800 mm en las zonas menos elevadas, mientras que, en la cabecera del río Nela, uno de los primeros afluentes principales de la margen izquierda, se pueden superar los 1000-1200 mm.

Continuando por la margen izquierda, antes de llegar al Pirineo aragonés y navarro, las menores altitudes y la vertiente a sotavento de las sierras en el País Vasco hacen que la cuenca del Zadorra (río que pasa por Vitoria), tenga unas precipitaciones inferiores a los 800-1000 mm en buena parte de ella, aunque pueden ser superiores en puntos concretos más elevados.

Llegando a ese Pirineo comentado (mucho más elevado en Aragón), cabecera de la mayoría de los principales ríos de la cuenca, como son en orden, el Ega, Arga (afluente final del Aragón), Aragón y Gállego; registra precipitaciones superiores a los 1000-1200 mm en el fondo de sus valles, mientras que, en las cumbres, se pueden llegar a alcanzar hasta 2000 mm. La cuenca del río Cinca, río de condiciones similares, desemboca ya fuera de la zona de estudio.

En cuanto a la margen derecha de la cuenca del Ebro, su mayor lejanía a una fuente de agua como el Mar Cantábrico y a los frentes del norte, sumado a la menor altitud en ciertas zonas de la Cordillera Ibérica, hace que las condiciones cambien.

De nuevo, de oeste a este, se da similitud de precipitaciones en las partes altas hasta La Rioja, con valores superiores a los 600-700 mm. Sin embargo, en la cuenca del río Najerilla, debido a concentrar las mayores altitudes de esta margen (más de 2000 metros en puntos concretos), se pueden llegar a superar los 1400 mm anuales, mientras que en menores altitudes los 1000-1200 mm.

Ya en Aragón, tras dejar atrás afluentes cortos y de escasa entidad, los afluentes son mucho más largos y complejos, sobre todo el complejo Jalón-Jiloca y en menor medida el río Huerva (desemboca en Zaragoza). Sin embargo, las precipitaciones más elevadas que recogen no superan los 500-600 mm.

Todo esto es de gran importancia para conocer posteriormente la procedencia de las aguas que causan las avenidas en el río Ebro, nuestro principal caso de estudio; ya que, en el centro de la depresión, estos aportes son escasos (entre 450 y 300 mm) y no explicarían el elevado volumen de agua que transporta.

En concreto, según el periodo de referencia 1991-2020, en Logroño-Agoncillo (350 msnm) se dan 433 mm anuales, mientras que en Zaragoza-aeropuerto (240 msnm) 329 mm.

Las temperaturas son también muy elevadas, de 14,2°C y 15,9°C respectivamente, en el mismo periodo, con la alta evapotranspiración que ello conlleva, sobre todo en verano, donde las temperaturas pueden alcanzar los 40° con facilidad.

Esto por comparar, se diferencia con otras ciudades de la cuenca, más alejadas de la depresión, como son Pamplona (700 mm y 13,2°C de media) y Vitoria (750 mm y 12°C), con mayores precipitaciones y temperaturas más bajas.

2.2. El río Ebro de meandros libres

Esta extensa cuenca está vertebrada por multitud de afluentes, alguno de los cuáles se han ido nombrando, que van aportando poco a poco caudal al río principal, el Ebro.

Van a ser los responsables, dado la alta pluviometría que recogen, de que el Ebro sea bastante caudaloso a pesar de desembocar en el Mar Mediterráneo y atravesar zonas muy áridas en prácticamente todo su curso; además de los responsables de su alto caudal en las crecidas.

Para ello, se va a conocer el caudal medio del Ebro en sus diferentes tramos (teniendo en cuenta el área de estudio), así como el de sus principales afluentes al desembocar en éste, incluidos los máximos caudales que pueden llegar a aportar en crecidas,

Antes de atravesar su tramo de meandros libres, el río Ebro, que circula por Cantabria, la provincia de Burgos y la frontera de La Rioja y País Vasco hasta Logroño, se caracteriza por tener una pendiente considerable y encajarse en cañones y estrechos valles. (Morte Grasa, 2018)

Su caudal, de régimen pluvial oceánico (Ollero, 1992), presenta un módulo de 60 m³/s en Miranda de Ebro (1912-2020), tras recibir como afluente más importante el río Nela, en la provincia de Burgos.

Pasado Logroño, en la estación de Mendavia, ya en el Ebro medio, donde todos los datos de los aforos se han cogido de la misma serie (1950-2020), el módulo supera ya los 100 m³/s (104,7), tras recibir como afluentes más importantes el río Zadorra por su margen izquierda (pasado Miranda) y el Najerilla en su margen derecha, pasando su régimen a pluvio-nival manteniéndose en el resto de su curso medio.

El siguiente aforo se encuentra en la localidad de Castejón (Navarra), punto en el que el río Ebro ya ha recibido los aportes de los principales afluentes de su tramo medio, alcanzando un módulo de 223,8 m³/s. Estos afluentes pertenecen a la margen izquierda, siendo el Ega y el Aragón (que antes de desembocar recibe al Arga).

En la ciudad de Zaragoza, aguas abajo, el módulo es muy similar (229,3 m³/s), debido a la escasa entidad de los afluentes en este tramo, con el Arba, como más importante en la margen izquierda y el Jalón en la derecha. Aun así, el caudal aumenta respecto a Castejón, a pesar de las derivaciones de agua para los principales canales de regadío, como el Canal Imperial de Aragón, en el Bocal (23,66 m³/s de media según CEDEX); y en canal de Tauste, pasado Tudela (7,6 m³/s); lo cual en la serie 1950-1985 presentada por Ollero (1992), resultaba que el módulo en Castejón era de 270,5 m³/s mientras que en Zaragoza de 266,8.

En la misma ciudad de Zaragoza, pasado su aforo, el Ebro se nutre del río Huerva (margen derecha) y del Gállego (margen izquierda), este último de cierta entidad al ser pirenaico y el único que puede aumentar el caudal aguas abajo de la ciudad dentro de la zona de estudio.

Por último, justo al acabar nuestro tramo de meandros libres, el Ebro dispuso de un aforo en Sástago, cuyo módulo en el período 1950-1997 fue de 252,9 m³/s. Desde 2006, se cuenta con el aforo de Gelsa, a escasos kilómetros aguas arriba, con un módulo de 232,9 m³/s entre 2006 y 2020, por lo que se estima que, al abandonar la zona de estudio, en el periodo 1950-2020, el Ebro lleva un caudal medio anual de unos 243 m³/s. (teniendo en cuenta también que, entre 1998 y 2006 el caudal fue en torno a 0,8 el módulo en las otras estaciones, resultando en esta estación de 198,8 m³/s. m³/s

Tabla 1. Módulo y principales crecidas de los afluentes más caudalosos del Ebro en su tramo medio. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos

			(m ³ /s)	(m ³ /s)		(m ³ /s)	
Serie	Estación	Río	Módulo	Max. Caudal	Fecha	2º Max. Caudal	Fecha
1963-2020	Trespaderne	Nela	17	780,13	ene-15	671,49	ene-19
1931-2020	Miranda	Zadorra	13,9	586	nov-61	584,3	ene-81
1930-2020	Torremontalvo	Najerilla	12,8	223,6	may-03	220	dic-59
1912-2020	Andosilla	Ega	13,5	487	dic-60	419	nov-66
1912-2020	Funes	Arga	50,8	1005	feb-15	996,6	abr-18
1912-2020	Caparroso	Aragón	63,2	1396,73	abr-07	1221,96	dic-93
1934-2020	Grisén	Jalón	4,7	156,15	jul-88	125,48	abr-07
1976-2020	Zaragoza	Huerva	2,95	140	may-03	70,9	jul-90
1973-2020	Zaragoza	Gállego	12,2	638,51	oct-12	636,6	nov-03
*El caudal de la máxima crecida del Gállego corresponde al aforo de Zuera							

Para entender el progresivo aumento de caudal del Ebro tras el aporte de sus principales afluentes, en esta tabla se aprecia el caudal medio anual (módulo) y las máximas crecidas registradas en la serie del aforo de ellos.

Como se ha comentado, los afluentes de la margen izquierda son mucho más caudalosos, aportando un importante caudal en sus mayores avenidas; siendo los principales responsables de las crecidas del Ebro.

2.3. Comportamiento hidrológico

Vistas las condiciones físicas, climáticas y los ríos existentes, así como la evolución del caudal del Ebro a lo largo de su recorrido, es importante también conocer su comportamiento a lo largo del año. Así, se conocerán, entre otros aspectos, los meses más probables de crecidas, el caudal que puede alcanzar, y la principal procedencia de éste.

2.3.1 Régimen

El régimen está definido por la variación del caudal a lo largo del año.

El Ebro medio presenta, en las cuatro estaciones de aforo, un régimen simple de carácter pluvio-nival con un máximo claro en febrero, un mínimo en agosto y una disimetría en las curvas de ascenso y descenso, prolongándose las aguas altas en primavera y las bajas en otoño (Ollero, 1992) (Figura 3).

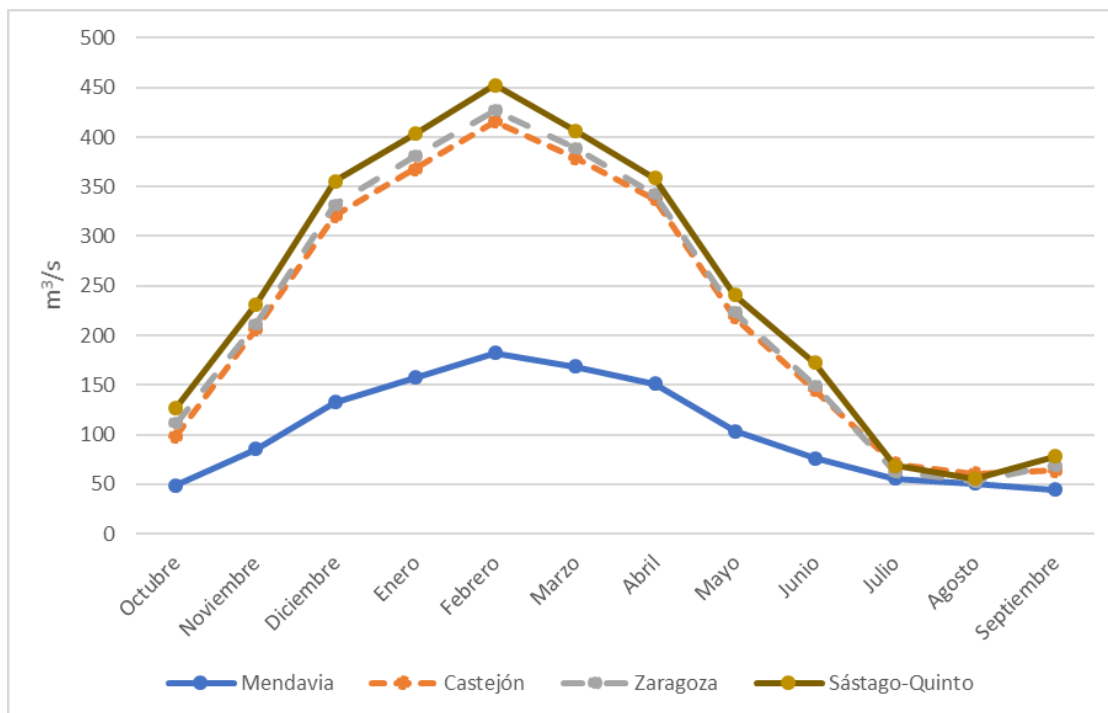


Figura 3. Caudal medio mensual del río Ebro en 4 estaciones de aforo (serie 1950-2020) a lo largo de un año. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

La influencia pluvial oceánica es notable mientras que el componente nival tiene escasa importancia. Esto es así, ya que, aunque las precipitaciones de nieve son destacadas en la zona cantábrica o en el Pirineo occidental, los temporales de lluvias suelen fundir los mayores acumulados y a aportar en estas fechas los mayores caudales, lo que no supone una alteración del régimen entre Mendavia y Castejón (Ollero, 1992). Al contrario, ocurre en el Pirineo oriental, donde la altitud es mayor y la pluviosidad menor, generando mayores acumulados de nieve y, aportando, al Gállego, los principales aportes en primavera, dando ligeros matices al caudal del Ebro en el aforo de Sástago-Gelsa.

A su vez, el incremento de los caudales otoñales es progresivo aguas abajo de Castejón, debido a la creciente influencia mediterránea, lo que hace que en Sástago el estiaje sea menos marcado.

Por último, cabe destacar la acentuación de las condiciones extremas en Zaragoza, ya que en julio y agosto pierde de media unos 8 m³/s respecto al aforo de Castejón; mientras que en Mendavia se traslada a septiembre, con un caudal durante el verano muy parecido al resto del Ebro medio.

3.2. Irregularidad interanual

Para el análisis de la irregularidad interanual se han empleado el cálculo de coeficiente de irregularidad y la gráfica con el caudal medio anual de cada estación en la serie 1950-2020.

El coeficiente de irregularidad es el resultado de dividir el caudal medio del año más caudaloso entre el que menos.

Tabla 2. Cálculo de la irregularidad interanual en el Ebro medio (serie 1950-2020). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

	Mendavia	Castejón	Zaragoza	Sástago-Quinto
Caudal (m ³ /s) año más caudaloso (M)	197	440	434	443
Caudal (m ³ /s) año menos caudaloso (m)	39	70	72	82
Coeficiente de irregularidad anual (M/m)	5,05	6,29	6,03	5,40

La irregularidad interanual del río Ebro en esta serie tan larga es moderada (valores entre 5 y 7) para ser un río mediterráneo, ya que, por ejemplo, los afluentes de la margen derecha pueden tener una irregularidad interanual cercana a 20; y otros grandes ríos como el Tajo o el Guadiana, rondando valores de 10.

Coincidiendo con Ollero (1992), pero esta vez, para la serie 1950-2020, el año hidrológico más caudaloso fue el 1959-60 para las cuatro estaciones de aforo.

Sin embargo, para el año menos caudaloso, no coinciden todos los aforos en un mismo año, aunque sí son todos posteriores a 1990.

En Mendavia fue en el año hidrológico 2016-17, en Castejón en el 1989-90, en Zaragoza en el 2001-02 y en Sástago-Gelsa en 2011-12.

3.3. Distribución interanual del caudal punta

Para conocer en qué meses es más probable la existencia de una crecida, hay que recopilar en qué fechas se ha producido el valor puntual más alto de caudal, representando en la **tabla 3** la suma de toda la serie (1950-2020). Como se ve en ésta, los valores de caudal medio mensual anteriores y el pico anual de caudal varían en su distribución mensual de manera bastante notoria.

Tabla 3. Registro mensual del máximo instantáneo anual (serie 1950-2020). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

	Octubre	Nov.	Dic.	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Mendavia	1	4	12	14	10	10	8	2	5	0	1	1
Castejón	0	5	14	12	10	11	12	3	3	0	0	0
Zaragoza	0	5	12	14	10	11	12	4	3	0	0	0
Sástago-Quinto	0	4	13	13	8	11	8	3	3	0	0	0

En Sástago (1950-97), ante la falta de máximo instantáneo, se trabaja con el máximo medio diario.
En Quinto (2006-2020) se utiliza el máximo instantáneo.

Los máximos instantáneos se registran, salvo en Mendavia, de noviembre a junio, estando mucho menos concentrados en el tiempo que los mínimos. Esto es así, por la probabilidad de episodios de precipitación abundante de origen cantábrico en todos estos meses, siendo la principal alimentación del río Ebro. En principio, debido a estas causas, y como expone Ollero (1992), son más probables las crecidas a comienzo del invierno, siendo enero y diciembre los meses que más máximos concentran (a partir de éstos se produce mayor retención nival). Sin embargo, viendo la **tabla 3**, con una serie más amplia hasta 2020, marzo, y sobre todo abril, ha prácticamente igualado, salvo en las estaciones de Mendavia y Sástago (con 7 años menos), a diciembre y enero en el número de máximos anuales, experimentando actualmente, por tanto, más crecidas en primavera o finales de invierno, como las vistas en abril de 2007 o marzo de 2015.

Cabe destacar en el aforo de Mendavia, situado en un tramo más alto (módulo más reducido), que de vez en cuando, debido a tormentas de verano, puede llegar a incrementar el caudal del Ebro de manera notoria y ser el principal máximo del año, como se ve en dos ocasiones en la serie (agosto y septiembre) y en la recopilación histórica de crecidas que se verá a continuación.

3. METODOLOGÍA

El presente trabajo tiene una relación muy directa con la tesis doctoral de Alfredo Ollero Ojeda de 1992, denominada “Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): Geomorfología fluvial, eco-geografía y riesgos”; por lo que gran parte de los apartados elegidos y la estructura de este trabajo, así como la delimitación del área de estudio, se basa en la tesis.

3.1. Tablas área de estudio

En el apartado de la caracterización del área de estudio se han aportado unos valores de caudal medio anual, cuyos valores de los aforos del río Ebro se han querido igualar a la misma serie de años (1950-2020), ya que, a pesar de contar con más años en Zaragoza, no hay datos continuos en Zaragoza, Castejón y Sástago desde 1950; a la vez que es importante para comparar caudales y sacar conclusiones más verídicas.

En el valor de caudal medio anual creado de Sástago-Gelsa, como referencia de la Ribera Baja, hay un vacío de datos de unos 8 años (1999-2006) desde la inoperatividad del aforo de Sástago hasta la puesta en marcha del de Gelsa. Para contar también esa franja de años, ya que, si no, se alterarían los datos, se ha calculado que caudal medio se dio en las otras estaciones, coincidiendo con un periodo bastante seco, en torno a 0,8 veces sus módulos correspondientes, que para esta estación resultaba ser un valor de 198,8 m³/s, incorporando ese valor a los años sin datos.

Todos los datos se han obtenido del Anuario de Aforos, generando una información bastante actualizada respecto al trabajo de Ollero de 1992, dando caudales bastante distintos.

La **tabla 1** se ha elaborado a partir de datos del Anuario de Aforos. En este caso, dada la variabilidad de sus series, no comprenden los mismos años los valores resultantes de las estaciones de aforo específicas, pero se detalla en todo momento la serie escogida.

Para el río Gállego, se ha escogido el aforo más próximo a Zaragoza debido a su serie más longeva. Sin embargo, la pérdida de recogida de datos durante la crecida de octubre de 2012, la mayor de las últimas décadas, hace que se haya escogido el valor del aforo de Zuera, unos 20 km aguas arriba.

Para las **tablas 2 y 3** se ha utilizado la misma metodología que Ollero (1992), especificando en todo caso en la descripción de sus datos.

3.2. Crecidas históricas

Para la recopilación de crecidas históricas, debido a tener en cuenta hasta las de varios siglos pasados, se ha partido de la base de la gran labor de búsqueda en los archivos históricos que hizo Ollero (1992), sobre todo hasta 1950, año a partir del cual la principal fuente de información ha sido el anuario de aforos, así como el trabajo de Ollero et al. 2021, en el que se muestran corregidos los datos de las crecidas del siglo XXI.

Con la información que pudo recoger Ollero (1992) de las crecidas desde el siglo IX hasta principios del siglo XX, se ha llevado a cabo un tratamiento redactado cambiando la estructura tabular de la que se partía, la cual se ha cambiado también por otras tablas más sintéticas y concretas en ciertos periodos seleccionados. A su vez, se han buscado otras fuentes para poder añadir información adicional a estas crecidas, sobre todo las consideradas más importantes, que son de las que más información se puede encontrar.

Hasta la crecida de finales de 1960-principios de 1961, siguiendo a Galván Plaza, 2018; las otras tres crecidas históricas más importantes son las de 1643, 1775 y 1871.

Éstas han sido elegidas como referencia para separar la redacción de las diferentes crecidas que se van sucediendo a lo largo de los años. A su vez, destacan por el cambio de pensamiento y tendencia que suponían, por lo que considero un acierto esta división.

Son las consideradas las mayores crecidas históricas del Ebro en la ciudad de Zaragoza y provocaron también cambios en la manera de proteger las ciudades.

A medida que estas crecidas se acercan al presente, la manera de registrarlas también ha ido cambiando, siendo cada vez más certeras y cuantitativas; por lo que otro punto de división, más allá de la crecida de 1961, ha sido el cambio al siglo XXI.

En cuanto a las tablas y gráficas de este apartado, se empiezan a partir del año 1871, debido a la mayor cantidad de datos, apareciendo más sintéticos de esta forma.

En la **tabla 4** se muestran primero, ordenadas por el año de la crecida, para después hacerlo en función de la localidad (Gallur, Zaragoza y Tudela), apareciendo todas las restantes del periodo ordenadas en cada localidad.

La **tabla 5** es diferente, siendo totalmente cronológica, y aportando en diferentes columnas paralelas la diferente información de las afecciones que produjeron y en qué localidades. Ocurre lo mismo con la **tabla 6**.

Por último, la **tabla 7**, realizada con datos del Anuario de Aforos y aquellos corregidos en el siglo XXI por recientes trabajos como Ollero et al., 2021; se ha utilizado el caudal máximo instantáneo anual de todos los años en las 4 principales estaciones de aforo del Ebro medio (Mendavia, Castejón (ahora Tudela), Zaragoza y Gelsa (anteriormente Sástago) indicando en gris claro si las fechas de mayor caudal en Zaragoza no coincidían con la estación de aforo correspondiente.

A su vez, en la misma columna de Zaragoza, el color de la celda correspondiente al caudal instantáneo máximo anual en m³/s varía según el valor alcanzado, como se indica en la leyenda de la tabla 7, donde también se indica que los valores del aforo de Sástago corresponden al máximo medio diario, es decir, inferiores al máximo instantáneo, ya que, tiene en cuenta el caudal medio de las 24 horas del día más caudaloso. En el siglo XXI los valores no son de Sástago, sino de Gelsa.

Por último, las gráficas e información de las crecidas del siglo XXI se han obtenido del TFG de María Soguero de 2022.

En cuanto a las limnimarcas, son muy escasas en el área de estudio, indicando aquellas que ha visto Alfredo Ollero en sus diferentes trabajos de campo, siendo casi siempre el titular de las fotografías.

3.3. Reconstrucción del comportamiento hidrogeomorfológico

Para este apartado, el mayor de todo el trabajo, se ha utilizado también como principal fuente la tesis de Ollero, 1992; la cuál ha servido para establecer las principales divisiones a la hora de centrar los cambios hidrogeomorfológicos en el Ebro medio.

La conexión con el anterior apartado, el de las crecidas, es ver cuáles produjeron efectos hidrogeomorfológicos y afectaron al trazado y la dinámica en los diversos puntos que se van a escoger.

Esta selección de los tramos más destacados con mayores cambios no quiere decir que no haya más cambios fuera de éstos, sino que son principalmente los más evidentes y abultados, y este trabajo no se centra más allá de éstos, dado que su dedicación excedería del trabajo que se quiere abarcar.

En cada tramo seleccionado, acompañado de su cartografía correspondiente, se pretende comparar el trazado con las imágenes aéreas más antiguas disponibles, superponiendo éstos para medir los metros que ha migrado, estableciendo una posterior hipótesis de qué crecida lo ha podido provocar, además de redactar los principales cambios y poner en contexto con el área de estudio.

Dado que se dispone, con cierta fiabilidad, del trazado del río Ebro desde finales del siglo XIX, debido al primer mapa topográfico 1:50.000, que se empezó a publicar en 1875 (pero que en la zona de estudio su fecha estará cercana a 1900); se han seleccionado los principales tramos cuyo trazado ha variado notablemente desde estas fechas hasta la actualidad, comparándolo a su vez con las imágenes aéreas intermedias disponibles, como es el caso del vuelo de la Confederación hidrográfica del Ebro de 1927, la fotografía aérea de la Rioja de 1946, el vuelo Americano A de 1945-1946, El vuelo Americano B de 1956, la fotografía aérea de la Rioja de 1977, el vuelo Nacional de 1980-1986, y el Quinquenal de entre 1997 y 2003. En el siglo XXI para cambios muy específicos se han requerido de ciertas ortofotos

del PNOA, que se realizan aproximadamente cada 3 años según las zonas. La que se indica del 2024 es del Satélite Esri.

Para esta comparación, se ha utilizado la web Multimapas (<https://javier.jimenezshaw.com/mapas/>), dado que se puede dibujar de manera georreferenciada el trazado del Ebro sobre la imagen del año que se quiera, comparándolo después con las otras imágenes de otros años, al mantenerse ese trazado dibujado. Esta web ha georreferenciado de manera bastante precisa las diferentes fotografías aéreas disponibles, que también dispone incluso de específicas por comunidades autónomas, como en el caso de la Rioja (disponibles las fotografías aéreas de 1945, 1956, 1977, 1997 y todas las del PNOA hasta 2017); y poder comparar ese mapa antiguo de finales del siglo XIX que nos aporta bastante información.

Debido a esa posibilidad en la Rioja, que no está disponible en Aragón; hasta el tramo de Castejón (incluido) se ha seguido prácticamente un mismo modelo de comparación de imágenes y trazado del río Ebro.

En esta comparación, se han dibujado los trazados de los años que se han considerado más importantes para la comparación, que suele ser el de finales del siglo XIX, debido a su antigüedad, aunque hay que tomarlo como aproximado en ciertos puntos, dado que no tiene la fiabilidad de una fotografía aérea (aunque cabe destacar su alta correspondencia); y también el de 1946 y 1927 (disponible a partir de la desembocadura del río Aragón), que son los más antiguos en función de las zonas y luego el de 1977 para sobre todo ver lo poco que ha cambiado 50 años después hasta nuestros días, y lo mucho que anteriormente.

A través de la web Multimapas, sobre estos trazados se superponen las capas del año que quieres y se realiza captura de las mismas dimensiones en todo caso para cada uno de los años elegidos, para después pasarlas a ArcGIS Pro, de manera que la escala sea la misma y quede todo bien estructurando, detallando posteriormente la toponimia, la leyenda y la escala.

A partir del tramo aragonés, las cartografías varían en algún aspecto, debido al cambio de disponibilidad de imágenes antiguas, sobre todo por no tener en Aragón la misma disponibilidad que La Rioja en la web Multimapas, coincidiendo tan sólo el mapa topográfico 1.50.000 y el vuelo americano B de 1956; además del vuelo de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) de 1927 a partir de la confluencia del río Aragón, pero siendo éste del IGN descargas.

Para el vuelo americano A de 1945, la fuente cambia a la Fototeca Digital del IGN, estando la imagen en formato fotograma, de manera que resulta más difícil su encuadre perfecto con los demás años, además de su tendencia a estar levemente orientada unos pocos grados más allá del norte.

Ocurre lo mismo con la fotografía de 1977, que, ante la falta de disponibilidad en Aragón, como sustitución se intercambia por el fotograma del vuelo Nacional (también del IGN) realizado entre 1980 y 1986, que en el tramo estudiado suele datar de 1984 o 1985.

Ante la imposibilidad de realizar las diversas comparaciones con la web Multimapas, cabe destacar la gran ayuda que se ha tenido al contar con los trazados georreferenciados de 1927, 1956 y 1998 proporcionados por Ollero, claves para importarlos sobre una imagen actual en ArcGIS y compararlos entre ellos y con la actualidad.

De esta manera, en las cartografías del Ebro en Aragón sólo se superponen trazados en la última de sus imágenes, la de 2024; aunque para añadir mayor efecto visual y que las imágenes no aparezcan sin detalles haciendo más difícil ver los cambios; en la fotografía de 1956, procedente de Multimapas, se superpone también el trazado de finales del siglo XIX, muy parecido al de 1927.

Sin embargo, en tres cartografías del tramo aragonés, las tres primeras desde la confluencia del Gállego, ese trazado georreferenciado de 1956 dado por Ollero presenta irregularidades, ya que se corresponde con el de 1985, mucho más parecido al actual.

Ante esto, para poder hacer la típica comparación entre 1927, 1956 y 2024 (realmente el mismo que en 1998), y dado que todos los mapas de las cartografías presentan la misma escala; se ha dibujado en el propio ArcGIS el trazado de 1956, superponiéndolo en el mapa de 2024 en estas tres cartografías, para así seguir la línea de comparación.

Otros enclaves muy concretos y de especial interés por su variación respecto al río a lo largo de los años o por otro motivo, también se han dibujado en el propio ArcGIS, como la población de Alcalá, taludes o El Cáscaro.

Por último, un aspecto muy importante y mencionado en la redacción son las mediciones de los cambios de trazado, realizadas a través de la web Multimapas o en el propio ArcGIS.

Estas se han llevado a cabo principalmente en los meandros, para conocer su migración, midiendo en todo caso siempre los cambios en el lado exterior de éstos. Es decir, se contabilizan los metros desplazados desde la orilla correspondiente a la margen que se ha desplazado. Si un río discurre en dirección norte-sur y se desplaza hacia el este, se medirá la comparación de las orillas izquierdas, que es hacia donde se ha dirigido y lo que realmente ha socavado. En el caso de un meandro, los metros que ha erosionado en la dirección que se ha dirigido desde esa orilla más cercana al desplazamiento.

En la figura 4 se ve un ejemplo sintético de esto.

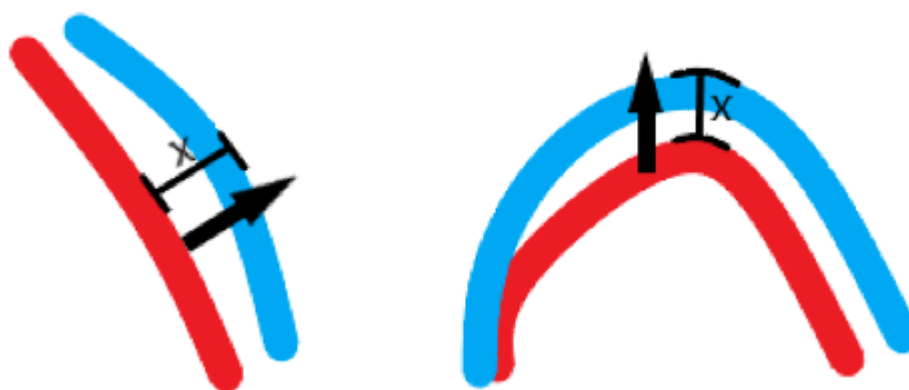


Figura 4. Ejemplo de las orillas en las que se miden los desplazamientos del trazado del río.
Fuente: Elaboración propia.

4. RESULTADOS

Aquí se va a desarrollar toda la información obtenida tanto por las fuentes de partida como la creada en base a las dos principales líneas de investigación que se han seguido, las crecidas en el Ebro medio y la reconstrucción del comportamiento hidromorfológico del río Ebro en su tramo de meandros libres (Logroño-La Zaida).

4.1. Crecidas en el Ebro medio

Una avenida o crecida de un río es un proceso natural causado por un incremento importante y repentino de aportes de agua, provocando un aumento del caudal y la corriente, lo que hace desbordar su *bankfull* o cauce menor para ocupar otras zonas de la llanura de inundación hasta alcanzar su punta de caudal y descender posteriormente (Marín Jaime, 1987; citado en Ollero, 1992). Se considera que dicha punta de caudal debe ser extraordinaria.

Como todos los ríos, el Ebro ha experimentado numerosas crecidas o avenidas desde la instalación de los primeros pobladores en sus orillas. En este río, en concreto, la mayor aglomeración es la ciudad de Zaragoza, aunque también, otras como Logroño y Tudela, aguas arriba, tienen cierta magnitud.

La convivencia de una ciudad con un río tiene el principal inconveniente de la irregularidad de éste, sobre todo en los meses propensos a aumentar el caudal.

Debido a esto, y al alto nivel que pueden alcanzar las aguas en estos episodios, no es un fenómeno ignorado por la población, y desde hace siglos que se tiene un registro detallado con los medios disponibles en cada momento.

En este caso, la referencia más antigua que se ha encontrado sobre una crecida del Ebro, en Zaragoza, es del año 828, cuando destruyó muros y puentes. A partir de este siglo la información aumenta, aunque sólo con importantes sucesos acaecidos. Ya en el siglo XIX se tomarán muestras de la altura alcanzada en diferentes poblaciones y en ocasiones de los m³/s calculados para ese episodio de crecida.

Desarrollando más concretamente el registro de las crecidas recopiladas por Ollero (1992), éstas se van a dividir en 5 grupos, siendo los límites las conocidas como las cuatro mayores crecidas del río Ebro en Zaragoza (1643, 1775, 1871 y 1961).

4.1.1. Crecidas anteriores a 1643

Debido a su antigüedad, seguramente existen referencias de las más importantes, todas ellas a partir del siglo XII, para poco a poco aumentar posteriormente la información.

De las principales crecidas de estos siglos se tiene sobre todo información de la ciudad de Zaragoza, en la que apuntan daños principalmente a sus puentes anteriores al de Piedra, como los de tablas o el de Alcántara, en las crecidas de 1143, 1251, 1261, 1269, 1328, 1372 y 1397, en las que también se registraron importantes daños en las huertas.

A su vez, destaca la crecida de 1380 por ser la primera en la que se tiene registrado un desvío del cauce del Ebro, circulando el río por lo que se conoce como las balsas de Ebro Viejo (actual Actur), donde dibujaba un meandro cuya curva miraba al norte para después girar hacia el sur y chocar contra la actual zona de la Basílica del Pilar.

En otras poblaciones, destaca la crecida de 1259 por arrasar la villa de Pina de Ebro; mientras que, en Tudela, en 1342, las aguas del Ebro inundaron su parte más baja, con todos los daños en edificios y el puente que ello conllevó.

Durante la construcción del puente de Piedra (entre 1401 y 1441 aproximadamente) las riadas de 1405, 1408, 1415, 1420, 1434, 1435 y 1445 retrasaron su culminación por los sucesivos daños sufridos, sobre todo en 1434.

Posteriormente, en 1461 se tienen evidencias de que se culminó la desviación del cauce del Ebro a la zona de la Almozara, ya que la peligrosidad era mayor cuando chocaba directamente con la ciudad de norte a sur.

Ya a finales del siglo XVI, se data una crecida en julio de 1583 en Logroño, llegando hasta la tapia del convento de Franciscanos, y otra en 1596 en Tudela de similares características a la de 1342.

Pasando al siglo XVII, anteriores a la crecida de 1643 destacan en Logroño la de julio de 1626 y febrero de 1636; mientras que, en Zaragoza, se tiene constancia de una en 1641, la cual varió el curso del río en la zona de Zalfonada; y otra en 1642 que afectó al puente de Piedra y supuso la motivación de la idea de construir un muro de defensa.

Además de todo esto, al año siguiente, en febrero de 1643, la ribera del Ebro desde Tudela hasta Pina sufriría una de las primeras crecidas históricas de mayor magnitud y de la que se tienen numerosas referencias.

Conocida por el cuadro “Vista de Zaragoza” de Juan Bautista Martínez del Mazo, en la que se muestra el estado del puente de Piedra de Zaragoza con dos arcadas rotas, tiene como origen una repentina fusión nival de toda la cabecera debido a abundantes precipitaciones junto con elevadas temperaturas, causando numerosos daños y víctimas en el tramo medio del Ebro.

Comenzó el 16 de febrero en la localidad navarra de Tudela, en la que el río sobrepasó 5 metros su nivel normal en el puente, con las consecuencias que ello conllevó.

Aguas abajo, en Gallur, las aguas alcanzaron el casco urbano y algunas viviendas quedaron inhabilitadas por los daños sufridos.

Dos días más tarde, la punta de la crecida llegó a Zaragoza, conociendo muy bien los daños y su evolución por la carta que Don Pablo de Eusa y Escárte escribió al Marqués de Almonacid y Conde de Pavías para contar lo sucedido.

En ésta se comenta que, desde las seis de la mañana de ese miércoles de ceniza, la población ya advertía del repentino aumento del caudal que el Ebro estaba experimentando.

A lo largo de la mañana, la destrucción del puente de madera (o de tablas) advirtió de la importancia de la crecida y se evacuaron todos los conventos e iglesias de la margen izquierda del río (Conventos de Altabás, San Lázaro y Jesús), para posteriormente, tras los daños que se venían produciendo en el puente de Piedra, caer finalmente dos arcos.

A las tres de la tarde, hora cercana a la punta de la crecida, el punto crítico se situaba en la antigua Puerta de Sancho (actual entorno de la Plaza Europa), donde el río solía chocar de frente en las avenidas. Las aguas llegaron a los pies del antiguo convento de Santa Lucía, además del de Carmelita de las Facetas (cuya iglesia aún se conserva en la actual calle Santa Lucía), por lo que el agua alcanzó una altura inimaginable actualmente (supondría alcanzar la Plaza Europa) (Galván Plaza, 2018).

Otras localidades como Pradilla, Sobradriel, Utebo, Monzalbarba o Pina también tienen datos numerosos daños y costes.

4.1.2. Crecidas entre 1643 y 1775

Este periodo comprendido, basándonos en las fuentes existentes, no destaca ni por su número de crecidas ni por su magnitud.

Hasta 1670 no se encuentran referencias de una gran crecida, año que, en la ciudad de Logroño, a fecha 17 de diciembre, su puente quedó en estado ruinoso. En esta ciudad también destaca las crecidas de 1686, 1697 (abril) y 1729 (en la que sufrió daños la presa al pie del puente).

En Tudela se tienen bastantes registros de avenidas en este periodo, destacando las de 1695 (24 enero y ruptura de la presa Molinar), 1701 (26 de febrero y ruptura del último arco del puente), 1739 (diciembre), 1748 (agosto, debido a lluvias torrenciales se desbordó el río Queiles y el barranco Media-villa) y 1755 (2 enero).

En cuanto a Zaragoza, la crecida de 1677 afectó gravemente a las zonas bajas de la población de Alfocea (no se conoce si por la ubicación más oriental del cauce o por si la causante de sus inundaciones fue el barranco que la atraviesa); y en 1722, se tiene constancia de la construcción del muro en la margen derecha del río, ya que, como en la comentada riada de 1643, a pesar de estar más elevada esta parte de la ciudad, el río también tendía a erosionar y discurrir hacia este lado.

Llegados a la crecida de 1775, conocida como “la inesperada” (Galván Plaza, 2018), por las fechas en las que se produjo, es considerada como una de las mayores acaecidas en la ciudad de Zaragoza y en su tramo alto, que también afectó paralelamente al sur de Francia.

Tras una primavera muy seca, no se esperaba que, a finales de junio, ya comenzado el verano astronómico, se diera una crecida tan importante.

El día 22 de junio, el Ebro aumentó considerablemente su caudal, pero no se le dio gran importancia, ante las fechas en las que se encontraban. Sin embargo, la madrugada del 23, ya desbordaba su cauce y empezaba a anegar las huertas de la margen izquierda, hasta que finalmente llegó a las casas del barrio del Arrabal y los conventos antes mencionados.

Muchas personas que vivían en torres o casas de campo quedaron aisladas, y el ancho inundado llegaba hasta la zona de Cogullada. Ese mismo día, las aguas comenzaron ya a descender de nivel, dejando a la vista los daños catastróficos.

Su tardía fecha provocó la pérdida de cosechas y árboles frutales, además de la ruptura de acequias en plena época de riego.

Fue una crecida proveniente de toda la cabecera, pues es una de las avenidas más devastadoras de las que se tienen noticia en Miranda de Ebro entre los días 19 y 21 de junio (Ojeda San Miguel, 1991; citado en Galván Plaza, 2018), que también afectó a Logroño (cubrió el puente) y Tudela (Ministerio del Interior 2008; citado en Galván Plaza, 2018). En Logroño, la muralla evitó males mayores a la ciudad, sirviendo dicha crecida de referencia para la construcción del puente de Hierro de 1982 (especial.la-rioja.com).

4.1.3. Crecidas entre 1775 y 1871

Entre el año 1776 y 1790 tuvo lugar la construcción del Canal Imperial de Aragón, la cual no estuvo exenta de dificultades fruto de las crecidas, sobre todo en su toma en el Ebro. Así, en los términos municipales de Tudela, Fustiñana, Ribaforada y Buñuel, hubo daños por las crecidas de noviembre de 1779 y marzo de 1783, que en Fustiñana motivó a su vez el desvío de su cauce.

Otra de las consideradas mayores crecidas del Ebro, aunque no tanto en Zaragoza, data de octubre de 1787, muy devastadora en el Bajo Ebro, sobre todo en Tortosa, denominándola como la “riuda grossa”, con un periodo extenso de aguas altas y un pico el día 9. No afectó tanto a Zaragoza porque fueron los ríos Gállego y el complejo Cinca-Segre los que tuvieron crecidas extraordinarias

En ese mismo mes, entre los días 24 y 25 de octubre, el río Aragón experimentó una gran crecida que causó numerosas víctimas en Sangüesa.

Continuando en el siglo XIX, del que se empiezan a tener más registros, la primera crecida fue el 10 de junio de 1801, destruyendo el puente de tablas de Zaragoza. Tras otras en 1805 y 1807, en 1829 y 1830 (septiembre) las afecciones en Zaragoza destacaron por el gran aumento de caudal del río Huerva, al igual que en 1855, también en septiembre.

De este año a 1871, la más importante a destacar, ya que se tiene constancia en todo el curso del Ebro, es la de finales de enero (29-30) de 1831, que produjo un nuevo cauce en el río Ega cerca de la confluencia, arrancó el dique de Traslapunte en Tudela y destruyó el puente de tablas en Zaragoza. En este mismo año, el 21 de mayo, otra crecida rompió un arco del puente de Logroño.

Posteriormente, en Zaragoza destacan las crecidas de enero de 1834 y febrero (18) de 1843, en las cuáles se superó en 7 metros el nivel normal, afectando a la confluencia del Gállego si este venía crecido, como en 1834.

En Logroño se datan dos más, una en abril de 1838 y otra en 1850 (afección puente de Juan de Ortega); mientras que, en Tudela, cuatro más, la del 12 de enero de 1841 (afección al puente por el arrastre del molino de Alfaro), la del 27 de febrero de 1844 (nueva destrucción del dique de Traslapunte), y la del 15 de marzo de 1845 y 23 de mayo de 1853, las cuáles produjeron graves daños en la ciudad.

Sin embargo, la crecida de enero (10-13) de 1871 es sin duda la mayor del siglo XIX y de las vistas hasta ahora.

Las causas fueron muy parecidas a otras avenidas de invierno, como es la rápida fusión nival fruto de altas temperaturas e intensas precipitaciones.

El día 11 de enero se vio afectada la ciudad de Logroño, superando el río en 8,5 metros su nivel normal y destruyendo tres arcos del puente de Ortega.

La llegada de la punta el día 13 a Zaragoza no estuvo exenta de numerosos daños en poblaciones anteriores, destacando afecciones en las vías de ferrocarril en Castejón, la ruptura de un dique en El Bocal, el gran nivel a su paso por Gallur (4,5 metros de más) y las graves afecciones en Alcalá de Ebro.

Ya en Zaragoza, el llano inundado llegaba hasta Juslibol y todo el Arrabal en la margen izquierda, pero en la margen derecha, la Almozara quedó cubierta también y las aguas se quedaron a 5 metros del Palacio de la Aljafería.

La marca del nivel más alto registrado en el puente de Piedra se superó en 1,5 metros, quedando afectado su pilar de piedra.

El puente de ferrocarril actuó ligeramente de tapón lo que afectó a los barrios contiguos.

“Para la reclamación de daños por parte de particulares se citan los campos y términos de la Ortila, Zalfonada, Almozara, las Fuentes, Ranillas, Rabal” (Galván Plaza, 2018).

Los daños humanos y materiales fueron catastróficos, ayudando económicamente el rey Amadeo I, pero sobre todo la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País.

4.1.4 Crecidas entre 1871 y 1961

En las inmediaciones del siglo XX, las crecidas se van a comparar con el nivel alcanzado en 1871, dada su gran altura, además de empezar a datar con mayor frecuencia y calcular los primeros caudales en m³/s, sobre todo en Zaragoza.

Al final del siglo XIX el río Ebro presenta numerosas crecidas con un alto nivel y caudal (**tabla 4**), superando años sucesivos la elevada marca de los 3000 m³/s en Zaragoza, lo que llevó, por ejemplo, a proyectar una elevación del puente del ferrocarril en Zaragoza o la construcción de un nuevo puente de Hierro en Logroño. En Tudela se siguieron viendo afectados los diques de Traslapuente y Las Norias; al igual que el Canal Imperial en la zona del Bocal; mientras que en Aragón era común las sucesivas inundaciones de sus huertas.

Tabla 4. Crecidas del río Ebro entre 1871 y 1900. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).

Localidad	Crecidas	Información	Localidad	Crecidas	Información
Zaragoza	1874 (23 septiembre)	78 cm menos que en 1871	Zaragoza	*1888 (12-14 marzo)	3.760 m ³ /s y 75cm menos que en 1871
Cabañas	1877 (enero)	-		*1889 (14 enero)	3.160 m ³ /s
Tudela	1878 (19 de marzo)	-		1889 (18 febrero)	3.880 m ³ /s
Zaragoza		1,34 m menos que en 1871		1891 (25 enero)	3.250 m ³ /s
Logroño	1880 (agosto)	90 soldados fallecidos		1892 (6 febrero)	3.790 m ³ /s
Zaragoza		-		1895 (23 enero)	3.118 m ³ /s
Gallur	1888 (12-14 marzo)	Daños puente y carretera	Tudela	1899 (3-5 enero)	4 metros sobre el nivel normal
	1888 (abril-mayo)	Daños desde Novillas a Alcalá			
	1889 (14 enero)	3,7 metros sobre nivel normal			

Antes de la gran crecida de marzo de 1930, como se aprecia en la **tabla 5**, el comienzo del siglo XX conlleva numerosas crecidas registradas, aunque sólo de entidad fueron la de 1906 y 1926, cuando se superaron los 3000 m³/s en Zaragoza.

También se aprecian las primeras estimaciones de caudal en Tudela, comparando el nivel del río y el posterior caudal en Zaragoza; apreciando que 4,8 metros en son unos 2500 m³/s.

Aunque no se da en Zaragoza, ni el Ebro medio, cabe destacar la crecida de finales de octubre de 1907 en el bajo Ebro. Las intensas precipitaciones en la cabecera del Cinca y el Segre produjeron intensas crecidas en ambos ríos, superando los 10 metros el Segre en Lleida. Esto, sumado a las precipitaciones en las cuencas de posteriores y esporádicos afluentes del Ebro antes de Tortosa, provocó una crecida con valores de caudal impensables hoy en día, superando 4 días la barrera de los 19.000 m³/s en Tortosa, con una punta de caudal el día 23 de octubre de 23.184 m³/s. Se dice que el río comprendía toda la planicie aluvial de sierra a sierra, las cuales hacían efecto de presa. En Xerta se estima que murieron 29 personas, y los daños en Tortosa fueron incalculables.

Con esto, se llega a 1930, probablemente el año, desde que se tienen registros, que mayores crecidas extraordinarias ha habido.

La primera, entre el 13 y el 15 de marzo de 1930, se debió, como otras, a intensas precipitaciones y a la fusión nival de las cabeceras de los principales afluentes.

En Castejón y Tudela la punta de la crecida se produjo el día 13, con un caudal aproximado de 3.800 m³/s (6,25 metros en Tudela), arrasando diques, muros de defensa, árboles y anegando la carretera a Pamplona.

Hasta su llegada a Zaragoza, en el Bocal superó los 6,4 metros y en Gallur los 10; Pradilla quedó totalmente aislada y en Cabañas de Ebro el agua llegó a las casas bajas, temiéndose una corta de meandro por las fuertes excavaciones.

En Zaragoza, el pico fue laminado naturalmente alcanzando unos 3.500 m³/s de caudal, a tan sólo 15 cm de altura de la histórica riada de 1871; y, sin embargo, el ancho inundado fue muy parecido, quedando gruesas capas de limo en las huertas.

Aguas abajo, Pastriz fue inundado y se datan graves daños en Alfajarín, Osera, Gelsa y Velilla.

Tabla 5. Crecidas del río Ebro entre 1900 y 1930. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).

Fecha crecida	Zaragoza	Tudela	Otras localidades
1900 (13 febrero)	-	4,4 m	Logroño (afección en la confluencia del Iregua)
1901 (4 febrero)	-	4,25 m	-
1902 (7 febrero)	-	4,1 m	-
1903 (9 diciembre)	-	Traslapuente	-
1904 (5 enero)	-	4,35 m	-
1904 (20 enero)	-	4 m	-
1905 (7 mayo)	-	3,85 m	-
1906 (17 febrero)	-	4,15 m	Afecciones en la huerta de Utebo
1906 (18 noviembre)	3.030 m ³ /s	5,7 m	-
1906 (16 diciembre)	2.525 m ³ /s	4,8 m	-
*1907 octubre	1.700 m ³ /s	-	Riada histórica en Lérida, Xerta y Tortosa
1908 (10 abril)	-	4,7 m	-
1908 (30 diciembre)	-	4,1 m	Gallur (1,5 metros sobre carretera) y Pina
1910 (6 de febrero)	-	4,9 m	Cortes (destrucción defensas y fincas)
1913 (22-30 octubre)	-	-	-
1915 (13 abril)	1.895 m ³ /s	-	755 m ³ /s en Miranda de Ebro
1916 (19 febrero)	-	4,2 m	-
1916 (mayo y dic.)	1.528 m ³ /s	3,7 m	-
1917, 1919, 1920, 1923	< 2000 m ³ /s	-	Daños huertas y pasos de barcas
1926 (7 diciembre)	3.775 m ³ /s	-	Ruptura azud en Velilla de Ebro
1928 (14 marzo)	7 m	-	-
1929 (16 noviembre)	-	-	Ruptura de un extremo de la presa de Pina
*1930 (13-15 marzo)	3.500 m ³ /s	6,25 m	Gallur, Pradilla, Cabañas, Alagón, Ribera Baja...
*1930 (30 abril)	2.129 m ³ /s	4 m	"rotura del Cáscar" en Pastriz
*1930 (17-19 diciembre)	3.300 m ³ /s	5,95 m	Calahorra, Rincón de Soto y Milagro

Mes y medio después de esta gran avenida, y todavía sin recuperarse de los daños, el 30 de abril se volvieron a unir las condiciones para provocar otra crecida extraordinaria en el Ebro medio, eso sí, de magnitud mucho menor.

Aun así, en San Adrián se produjeron importantes daños en el soto del Marinal, en Castejón se alcanzaron 2150 m³/s de caudal y en Tudela 4 metros de nivel (con daños en el dique de Traslapuente); llegando a Zaragoza, el 1 de mayo, con poco menos que el caudal que en Castejón, lo suficiente para agravar los daños anteriores; y en Pastriz, producirse lo que se conoce como "rotura del Cáscar", creándose un nuevo cauce estrecho, al norte del actual, del que se temía que se convirtiera en principal, no produciéndose finalmente.

En el mismo 1930, y aunque en el año hidrológico posterior a las anteriores inundaciones, de nuevo hubo una crecida extraordinaria del Ebro, de similar caudal a la de marzo, aunque ligeramente menor.

Debido a importantes socavones en Andosilla, el río Ega debió llevar un caudal muy elevado, con afecciones, tras su desembocadura en el Ebro, en la zona de Calahorra, Rincón de Soto y Milagro, produciéndose en estas últimas cortas de meandro.

El aporte del río Aragón aumentó el nivel del Ebro hasta los 6,1 metros en Tudela, aproximadamente 3.660 m³/s, un caudal parecido al que se registró en Zaragoza, con importantes daños en la Almozara.

Tabla 6. Crecidas del río Ebro entre 1930 y 1950. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).

Fecha crecida	Localidades	Información
1931 (17-19 febrero)	Castejón, Tudela y Zaragoza	2.520 (Cast.) y 2.249 (Zar.) m ³ /s no instantáneos
1934 (primavera)	Valtierra, Novillas y Zaragoza	Daños en huertas, obras de defensa, acequias y socavón de 300 m. en Valtierra (1934),
1934 (nov-diciembre)	Pradilla de Ebro	
1935 (5 marzo)	Tudela	
1935 (20 marzo)	Tudela y gallur	
1935 (diciembre)	Villafranca	
1936 (febrero)	Zaragoza	
1936 (24 abril)	Tudela	
*1937 (octubre)	Medio y Bajo Ebro	3.000 (Zar.) y 4.000 (Sást.) m ³ /s
1937 (diciembre)	Novillas y Zaragoza	2.472 m ³ /s en Zaragoza
1939 (7-10 enero)	Tudela, Zaragoza y Pastriz	3.058 m ³ /s (Zar.) y nueva rotura de "El Cáscaro"
1940 (enero)	Azagra y Pina de Ebro	Graves daños a casas y al ganado en Azagra
1940 (marzo y octubre)	Tudela y Azagra	
1941 (26 enero)	Zaragoza y Velilla de Ebro	3.150 m ³ /s (Zar.) y roptura puente de Las Barcas
1946 (13 mayo)	Zaragoza y Pastriz	1.565 m ³ /s (Zar.), 2.400 en Fayón y posible corta que origina los Galachos de la Alfranca
1947 (7-8 marzo)		Zaragoza (2.180 m ³ /s) y Sástago (2.575 m ³ /s)
1948 (31 enero)		Zaragoza (2.197 m ³ /s) y Sástago (2.280 m ³ /s)

El periodo comprendido entre las crecidas de 1930 y la de 1961 (**tabla 6**) no destaca por sus grandes avenidas, con multitud de ellas de escasa entidad, y daños comunes en las huertas próximas. Sin embargo, entre 1937 y 1941 hay 3 muy importantes; la primera la de 1937, es una de las mayores en el Bajo Ebro; y en las de 1939 y 1941 se superan los 3.000 m³/s en Zaragoza, para después esperar casi 20 años para ver otra gran crecida.

Como no, en el mes de octubre, otra vez, es el mes de una gran crecida en el Bajo Ebro (1937), que también alcanzó un alto caudal en Zaragoza (unos 3.000 m³/s), pero que superó los 4.000 en Sástago y Tortosa.

Por otro lado, a pesar del disimulado caudal de la crecida del 16 de mayo de 1946 (< 2.000 m³/s en Zaragoza), parece ser que fue la definitiva para el desvío del cauce en la zona de Pastriz y la creación del Galacho de la Alfranca. Anteriormente, la considerable crecida de enero de 1939 había producido una nueva rotura del Cáscaro.

Llegados a la crecida de 1960-1961, considerada como la de mayor magnitud en la historia reciente, conllevó un gran aumento de caudal del río Ebro desde el día de Nochevieja de 1960 hasta el 7 de enero de 1961.

Comparada con la otra gran crecida del siglo XIX (1871), en Castejón el caudal alcanzó un máximo algo inferior a los 5.000 m³/s (4.950) el mismo día de Nochevieja, viéndose laminada esa punta de la crecida alcanzando los 4.130 m³/s en Zaragoza el 2 de enero.

Dado que Zaragoza se había ido desarrollando en la margen izquierda (aunque todavía escasamente) los barrios más afectados fueron el entorno del Arrabal, Ranillas, la Orilla y Jesús (Galván Plaza, 2018), donde se trataron de levantar diques de contención para evitar la entrada de agua a las casas, que finalmente debieron evacuar. Sin embargo, “la antigua línea del ferrocarril del Norte actuó frenando la corriente en estos barrios” (Ayuntamiento de Zaragoza, 2011; Herald de Aragón, a 5/01/1961; citado en Galván Plaza, 2018).

Gracias a testimonios de afectados, se sabe que el agua llegó hasta las instalaciones del Consorcio Agrícola Industrial Textil Aragón (CAITASA), pero no a las viviendas del Grupo Teniente Polanco. Aun así, tuvieron que rescatar a más de 200 personas que quedaron aisladas.

En cuanto a la margen derecha, como en las grandes crecidas, se inundó el actual barrio de la Almozara hasta lo que en 1961 era la puerta de la Industria Química de Zaragoza (Galván Plaza, 2018), cerca de donde sitúan la ya derribada puerta de Sancho.

Por el momento, desde este episodio de crecida no ha habido otro que iguale o supere estos elevados registros, también en parte influido por la construcción de embalses a partir de esta época y la laminación de las crecidas a través de ellos.

A su vez, con la puesta en marcha del sistema automático de alerta y control, en el Ebro ya no puede haber una crecida inesperada por la población, ya que, se tiene información en tiempo real de sus diferentes aforos y de sus ríos tributarios.

4.1.5. Crecidas de la segunda mitad del siglo XX

Dado que ya se disponen de datos diarios en las principales estaciones de aforo, en la **tabla 7** se muestra el caudal máximo instantáneo de cada año hidrológico (octubre-septiembre) desde 1950 hasta 1999 en las estaciones de aforo de Mendavia (pasado Logroño), Castejón, Zaragoza (puente de Santiago) y Sástago.

El objetivo es mostrar la máxima crecida en cada año en el curso medio del Ebro y observar la diferencia de caudales entre las diferentes estaciones de aforo.

La fecha se corresponde con el día del caudal máximo en el aforo de Zaragoza, que suele tener la misma crecida que Castejón, pero aproximadamente 2 días después. Sin embargo, la diferencia de aportes entre esta última estación y la anterior de Mendavia, hace que no todos los años compartan fechas comunes en su máximo instantáneo anual, es decir, el máximo del Ebro en Mendavia puede deberse a un evento de precipitaciones o deshielo diferente (en otro mes o estación del año) que el del Ebro a partir de Castejón (con gran influencia de los ríos Ega y el complejo Aragón-Arga). Alta relación con esto tiene la **tabla 3**, referida al mes por aforo donde se produce el máximo instantáneo anual cada año.

En la **tabla 7** se ve que en esta segunda mitad del siglo XX hay una progresiva disminución del caudal máximo de las crecidas del Ebro conforme se acercan al siglo XXI.

Hasta los años 70 se superaban con facilidad los 2.000 m³/s cada año en la ciudad de Zaragoza, destacando, además de la ya comentada crecida de 1961, la de febrero de 1952, cuando se superaron los 3.000 m³/s en Castejón y Zaragoza (seguramente también en Sástago), alcanzando sorprendentemente un mayor caudal en la capital aragonesa.

Tras crecidas importantes en mayo de 1955, diciembre de 1959 y noviembre de 1961; a mediados de noviembre de 1966 se registró en Castejón la última crecida que ha superado los 4.000 m³/s, llegando a Zaragoza más de 3.150 m³/s.

A partir de aquí, la menor pluviometría sumado al incremento de presas provoca una disminución en los máximos instantáneos anuales, o lo que es lo mismo, las crecidas se controlan más y son menos caudalosas. Destacan, como embalses que afectan al caudal del Ebro en el tramo de estudio, el Embalse del Ebro en Cantabria (construido en 1952 y con 540 hm³ de capacidad), el de Ullibarri-Gamboa en el

río Zadorra (1956; 146 hm³), el de Yesa en el Aragón (1959; 447 hm³) y los embalses del río Gállego que influyen al aforo de Sástago (Búbal, 1971 y 66 hm³; Sotonera, 1963 y 186 hm³).

Tabla 7. Caudal máximo instantáneo en m³/s de cada año hidrológico (serie 1950-1999). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

Fecha Zarag.	Año Hidrol.	Mendavia	Castejón	Zaragoza	Sástago
19/03/1951	1950-1951	703	1.780,00	1.971,00	2.095,00
05/02/1952	1951-1952	855	3.140,00	3.260,00	2.925,00
20/12/1952	1952-1953	775	1.580,00	1.365,00	1.166,00
13/02/1954	1953-1954	1.282,00	2.310,00	2.470,00	2.315,00
25/01/1955	1954-1955	820	1.610,00	1.480,00	1.270,00
29/05/1956	1955-1956	755	2.960,00	2.744,00	2.150,00
25/06/1957	1956-1957	467	1.350,00	1.229,00	891,00
18/03/1958	1957-1958	775	2.280,00	2.003,00	1.475,00
26/12/1958	1958-1959	792	2.450,00	2.237,00	1.609,00
16/12/1959	1959-1960	1.476,00	2.810,00	2.790,00	2.262,00
02/01/1961	1960-1961	1.307,00	4.950,00	4.130,00	3.982,00
16/11/1961	1961-1962	1.270,00	3.200,00	2.570,00	1.920,00
20/12/1962	1962-1963	1.183,00	2.120,00	2.390,00	1.837,00
05/12/1963	1963-1964	672	1.930,00	1.970,00	1.339,00
23/01/1965	1964-1965	539	2.771,00	2.395,00	1.698,00
14/12/1965	1965-1966	994	2.622,00	2.260,00	1.770,00
12/11/1966	1966-1967	970,8	4.050,00	3.154,00	2.996,00
06/01/1968	1967-1968	1.132,00	3.012,00	2.494,00	2.271,10
30/04/1969	1968-1969	573	2.024,00	1.495,00	1.424,40
13/01/1970	1969-1970	-	2.388,00	2.031,24	1.661,50
25/04/1971	1970-1971	-	1.482,40	1.449,24	1.498,00
14/02/1972	1971-1972	989,8	1.832,20	1.644,12	1.363,00
28/02/1973	1972-1973	970,8	2.097,20	1.945,80	1.550,00
24/03/1974	1973-1974	986	1.374,00	1.422,00	1.559,00
22/04/1975	1974-1975	1.092,40	2.309,20	2.100,00	1.566,00
20/11/1975	1975-1976	784,2	-	1.310,00	1.061,00
16/06/1977	1976-1977	1.476,00	2.628,00	2.436,80	1.843,00
05/02/1978	1977-1978	1.252,00	3.375,00	3.153,60	2.460,00
16/01/1979	1978-1979	1.247,20	2.770,00	2.580,80	1.930,00
23/11/1979	1979-1980	-	2.056,00	1.879,68	1.578,00
19/01/1981	1980-1981	1.903,20	3.250,00	2.939,50	2.283,00
01/03/1982	1981-1982	478,55	1.474,00	1.395,00	1.143,00
28/12/1982	1982-1983	1.406,40	1.950,00	1.909,80	1.622,00
27/05/1984	1983-1984	753,05	1.920,50	1.667,60	1.388,00
24/01/1985	1984-1985	623,2	1.506,00	1.350,00	1.106,00
/02/1986	1985-1986	614,4	1.109,60	957	816,00
/04/1987	1986-1987	509	1.371,60	1.200,00	1.020,00
/04/1988	1987-1988	1.239,20	1.788,00	1.869,25	1.476,00
/04/1989	1988-1989	298,8	757,6	697,1	575,00
/04/1990	1989-1990	847,6	1.087,85	1.007,00	819,00
/04/1991	1990-1991	898,4	1.837,00	1.549,20	1.385,00
/11/1991	1991-1992	887,25	1.740,00	1.253,15	1.108,00
11/12/1992	1992-1993	825,4	2.380,00	2.301,00	2.052,00
29/12/1993	1993-1994	1.659,50	2.595,00	2.140,00	2.114,00
08/03/1995	1994-1995	1.159,20	1.930,00	1.652,00	1.647,00
10/02/1996	1995-1996	494,2	1.296,80	1.270,30	1.300,00
24/01/1997	1996-1997	808,6	2.380,00	2.004,00	2.120,00
21/12/1997	1997-1998	744,2	1.372,00	1.468,50	1.515,00
25/02/1999	1998-1999	449,1	791	845,36	-
*El aforo de Sástago sólo posee datos del máximo medio diario					
	Distinta fecha que en Zaragoza		>4000 m ³ /s		>2500 m ³ /s
			>3000 m ³ /s		>2000 m ³ /s

Así, desde estas infraestructuras, tan sólo en febrero de 1978 se ha registrado una crecida que supere los 3.000 m³/s en Zaragoza, seguida de la de enero de 1981 en la que los rozó. Sí se superaron en Castejón, pero en otra crecida, en la del 21 de diciembre de 1980, rozando en Mendavia los 2.000 m³/s, suponiendo un caudal muy elevado en este aforo, ya que, sus valores extraordinarios de caudal no suelen superar los 1.500 m³/s en los casos más extremos, por lo que, se estaría hablando de un periodo de retorno muy elevado, similar al de los 3.500 - 4.000 m³/s en Castejón.

Los últimos 20 años de este siglo son los menos caudalosos registrados hasta ese momento, viendo como por ejemplo en 1988-1989 no se alcanzan ni los 800 m³/s en Castejón o Zaragoza, ni los 300 en Mendavia; siendo los años 80 muy bajos de caudal.

Sin embargo, en diciembre de 1992 y 1993, así como en enero de 1997, se vuelven a superar los 2.000 m³/s en Castejón y Zaragoza; siendo la crecida del 27 de diciembre de 1993 otra de las mayores registradas en el aforo de Mendavia, superando los 1.650 m³/s, que, junto con la de 1980, la ciudad de Logroño experimentaría unas de sus mayores crecidas de la segunda mitad siglo XX.

4.1.6. Crecidas del siglo XXI

El siglo XXI es bastante irregular en cuanto al máximo instantáneo anual que se viene registrando. Esto es así, ya que, aunque se han experimentado mayores crecidas, y con mayor caudal, que, en los últimos 20 años del siglo XX, también ha habido años de caudales muy bajos.

En este siglo, según los cálculos expuestos por Ollero et al. (2021), el bankfull (capacidad máxima del cauce sin desbordar) del río Ebro en Tudela se situaría en 1.800 m³/s, mientras que en Zaragoza en los 1.500 m³/s.

Tabla 8. Caudal máximo instantáneo en m³/s de cada año hidrológico (serie 2000 - 2022). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos, Ollero et al., 2021 y SAIH Ebro.

Fecha Zarag.	Año Hidrol.	Mendavia	Tudela	Zaragoza	Gelsa
14/04/2000	1999-2000	631	737	769	-
08/03/2001	2000-2001	1.213	1.566	1.488	-
11/05/2002	2001-2002	470	592	571	-
08/02/2003	2002-2003	1.267	2.847	2.237	-
26/01/2004	2003-2004	424	1.111	1.115	-
24/04/2005	2004-2005	424	805	768	-
14/03/2006	2005-2006	672	1.700	1.412	-
05/04/2007	2006-2007	945	2.279	1.952	1.977
04/06/2008	2007-2008	1.213	1.734	1.498	1.510
14/02/2009	2008-2009	939	1.854	1.604	1.566
18/01/2010	2009-2010	968	1.965	1.549	1.557
19/03/2011	2010-2011	634	1.111	990	1.063
01/05/2012	2011-2012	486	1.335	623	753
23/01/2013	2012-2013	963	2.119	1.755	1.818
07/03/2014	2013-2014	727	1.661	1.554	1.622
02/03/2015	2014-2015	1.283	2.582	2.448	2.770
13/03/2016	2015-2016	1.126	1.518	1.357	1.488
19/01/2017	2016-2017	861	1.552	1.236	1.358
15/04/2018	2017-2018	955	2.413	2.037	2.443
28/01/2019	2018-2019	1.317	1.780	1.458	1.466
16/12/2019	2019-2020	776	1.979	1.538	1.575
14/12/2020	2020-2021	495	1.320	1.134	-
12/12/2021	2021-2022	1.366	2.759	2.148	2.182
	Distinta fecha que en Zaragoza		Supera bankfull		

Como se muestra en la **tabla 8**, en la localidad navarra, se ha superado, hasta 2022, en 9 veces, mientras que, en Zaragoza, que es algo más bajo, en 10 veces.

Por tanto, en todas estas ocasiones el Ebro ha causado ciertos daños en sus márgenes al desbordarse en mayor o menor medida.

De todas estas crecidas, destacan, por sus mayores caudales, la de febrero de 2003, la de abril de 2007, la de marzo de 2015, la de abril de 2018 y la de noviembre-diciembre de 2021; dado que todas ellas (menos la de 2007) superan los 2.000 m³/s en la capital aragonesa.

Cabe destacar que muchos valores de caudal se actualizaron, sobre todo los comprendidos entre el año 2000 y 2010, ya que, sobreestimaban valores de caudal en las mayores crecidas, como en la de 2003 y 2007.

- Crecida de febrero de 2003

La crecida de principios de febrero de 2003 se corresponde con el primer pico de caudal de los tres que conformaron un periodo de aguas altas hasta mediados de marzo.

El primero de ellos, el de más elevado caudal, rozó en Mendavia los 1.300 m³/s, para tras, recibir los principales afluentes de la margen izquierda, alcanzar un máximo instantáneo en Castejón de 2.847 m³/s. En Zaragoza, tras la laminación de la crecida, se alcanzó un máximo de 2.237 m³/s el día 8.

El motivo causante fue el elevado acumulado de precipitación debido a una gota fría, sumado al deshielo fruto de un ascenso térmico ligado a estas precipitaciones del suroeste.

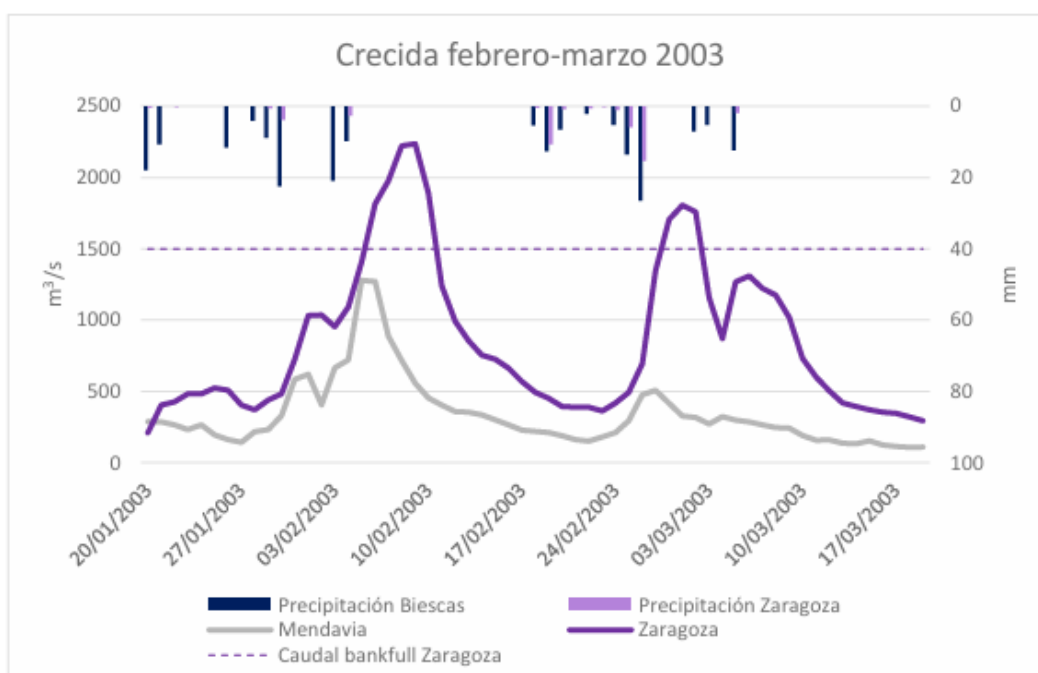


Figura 5. Hidrograma de la crecida de febrero-marzo de 2003 en el Ebro medio. Fuente: Soguero, 2022.

En la **figura 5** se aprecia cómo en marzo hubo un repunte de caudal, superando los 1.800 m³/s en Zaragoza, es decir, otra crecida por encima del bankfull.

- Crecida de abril de 2007

Al contrario que la de 2003, el evento de crecida de abril de 2007 presenta tres picos ascendentes de caudal, es decir, es en el último en el que se alcanza el mayor caudal.

En este caso las principales precipitaciones fueron de frentes del norte, lo que produjo precipitación sólida en cotas moderadamente altas, que, tras un periodo de advección cálida (Soguero 2022) hizo aportar más caudal a los ya crecidos ríos tributarios del Ebro.

Con la entrada en servicio del aforo de Tudela en 2004, en esta crecida se registró un máximo instantáneo de 2.279 m³/s el día 4 de abril, mientras que, en Zaragoza, 1.952 m³/s el día 5; y en Gelsa, 1.830 el 6.

- Crecida de enero-marzo de 2015

Desde finales de enero hasta mediados de marzo de 2015 el río Ebro experimentó una crecida simple y otra compleja, que hicieron que estos meses fueran realmente caudalosos.

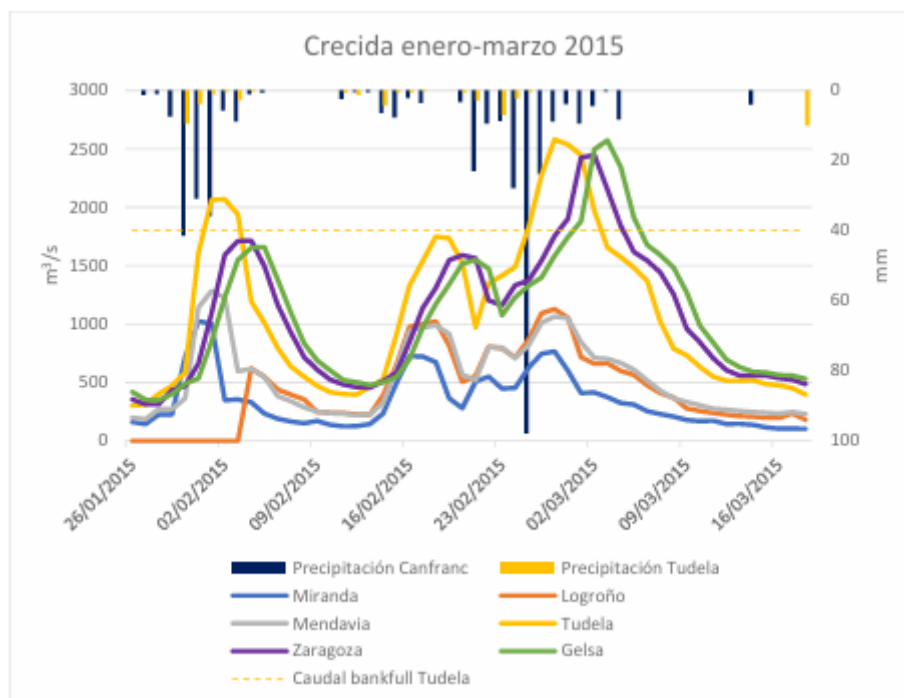


Figura 6. Hidrograma de la crecida de enero-marzo de 2015 en el Ebro medio. Fuente: Soguero, 2022.

La crecida simple superó el 2 de febrero los 2.000 m³/s en Tudela; y los 1.600 m³/s en Zaragoza y Gelsa los días posteriores; fruto de importantes precipitaciones en la cabecera de los ríos de la margen izquierda.

En cuanto a la segunda crecida, es compleja porque tuvo dos picos sin apenas curva de agotamiento entre ambos. El primero, el 18 de febrero en Tudela, rozó su caudal *bankfull*, superándolo en Zaragoza por muy poco.

Sin embargo, el verdadero pico se daría el 27 de ese mismo mes, con 2.582 m³/s en la localidad navarra, 2.448 m³/s en Zaragoza el día 2, y 2.573 m³/s en Gelsa, el día 3.

Cabe destacar, como dato, el acumulado de casi 100 mm de precipitación en Canfranc, cabecera del río Aragón, el día 25 de febrero; y que la diferencia de caudal entre Tudela y Zaragoza es mínima, reforzándose incluso en Gelsa tras los aportes del Gállego.

- Crecidas de abril de 2018 y noviembre-diciembre de 2021

Ambas crecidas fueron de tipología simple y superaron por muy poco la barrera de los 2.000 m³/s en Zaragoza. A su vez, en Mendavia no se llegaron a alcanzar los 1.000 m³/s.

Sin embargo, la crecida del 12 de diciembre de 2021, fue superior en Tudela que la del 14 de abril de 2018, ya que rozó los 2.800 m³/s, mientras que, en 2018, rondó los 2.450 m³/s. Las causas fueron muy parecidas a las de marzo de 2015 (en el caso de la de 2021).

4.1.7. Limnimarcas

Las limnimarcas son marcas físicas que indican el nivel alcanzado por el agua durante una inundación, normalmente mediante placas, inscripciones o líneas en muros y edificios. Estas marcas sirven como testimonio histórico y herramienta para la gestión del riesgo de inundaciones.

Ante la gran altura alcanzada por las aguas en las mayores crecidas, es común encontrar este tipo de marcas en todos los cursos fluviales, generalmente en aquellos de gran entidad, aunque también, en ocasiones, en los efímeros.

En el área de estudio comprendida en este trabajo, el Ebro medio, no abundan especialmente, encontrándose solamente en puntos concretos y muchas veces sin la comparación de crecidas posteriores.

Aun así, en las poblaciones ribereñas con más contacto con el río, dada la inundación de áreas muy próximas al núcleo (incluso sus propias calles), sí cuentan con algún elemento que marca el nivel de las principales avenidas acaecidas, aunque suelen ser las más recientes.

La primera localidad es Novillas, la entrada del río Ebro en Aragón, cuya cercanía al cauce, aunque situada por encima de él a escasos metros en la margen derecha, hace que siempre esté pendiente de las crecidas y de posibles desalojos si éstas son de carácter extraordinario.

La limnimarca se encuentra cerca del puente de la carretera CV-4 que conecta la localidad y Cortes con la margen izquierda del río. Antiguamente, existía en este punto el club de piragüismo de Novillas, donde se iban apuntando las crecidas a ambos lados de la puerta principal.

Sin embargo, su derribo posterior a 2015, hizo que, en este punto, con el fin de conservar su testimonio histórico, se construyera una infraestructura dedicada íntegramente a marcar el nivel que dichas crecidas alcanzaron.



Foto 1. Limnimarca de Novillas. Fuente: Alfredo Ollero.

Se recogen hasta 9 crecidas del siglo XXI, siendo la más antigua la de febrero de 2003 y la más reciente la de febrero-marzo de 2015, siendo estas dos las que mayor altura alcanzaron en este punto.

Aguas abajo, la localidad de Pradilla de Ebro sufre igualmente de manera periódica los efectos de las inundaciones, con una situación similar a Novillas, pero esta vez, en la margen izquierda.

La limnimarca (**foto 2**) se encuentra al final del pueblo, aguas abajo, situándose delante de la mota que han construido. También se trata de una infraestructura dedicada íntegramente a este motivo, contando con escala numérica para medir la altura de la inundación, estando solamente marcado el nivel al que llegaron las aguas en la crecida del 7 de febrero de 2003.

Al otro lado del río, la población de Boquiñeni también es propensa a este tipo de eventos naturales, ya que, por ejemplo, junto con Pradilla de Ebro, fue desalojada en la crecida de marzo de 2015 por quedar incomunicada.

La limnimarca (**foto 3**) encontrada en esta población es más rudimentaria, aunque igual de válida, obteniendo información de la altura que alcanzó el Ebro en este punto entre 1980 y 2015, por lo que la escala temporal es mayor. Las crecidas de 2003 y 2015 también son las más elevadas aquí.

Su ubicación es algo alejada del núcleo, situada a unos 200 metros al este del puente que cruza a Pradilla de Ebro.



Fotos 2 y 3. Limnimarcas de Pradilla de Ebro (izq.) y Boquiñeni (dcha.). Fuente: Alfredo Ollero.

En la misma margen, a escasos dos kilómetros de Boquiñeni en dirección sureste, se encuentra la localidad de Luceni, que, aunque mucho más alejada del río, también sufre inundaciones en sus huertas. Sin embargo, el núcleo está lo suficientemente elevado como para no verse afectado ni en grandes crecidas extraordinarias.

La limnimarca (**foto 4**) se encuentra en una infraestructura en el camino que conecta la localidad con Alcalá de Ebro, mostrando las dos crecidas de mayor altura en las anteriores limnimarcas, las de 2003 y 2015; además de otra reciente en el momento de la foto de 2018.



Fotos 4 y 5. Limnimarcas de Luceni (izq.) y del Galacho de Juslibol (dcha.). Fuente: Alfredo Ollero.

Otros puntos frecuentemente inundados durante las avenidas son los antiguos cauces que han quedado abandonados, también denominados galachos. Justamente, en el Galacho de Juslibol, poseen una infraestructura ubicada en este espacio, su centro de interpretación. La localización, aunque algo más

elevada, de esta caseta, hace que también haya sido inundada en las mayores crecidas desde su puesta en funcionamiento en 1998.

Esta limnimarca (**foto 5**), ubicada a escasa altura del suelo, indica que las crecidas de 2003, 2015, 2018 y 2021 inundaron las partes bajas del centro de interpretación, siendo la más reciente, la de diciembre de 2021, la que mayor nivel de inundación alcanzó.

Otras limnimarcas más antiguas que se ha encontrado en el Ebro medio datan de la famosa crecida de junio de 1775 y de la crecida del 22 de diciembre de 1878.

La primera (**foto 6**) estaba ubicada entre la antigua calle Tenerías o de los Curtidores (actual calle del Norte) de la ciudad de Logroño, desaparecida junto con la limnimarca en posteriores reformas de la ciudad en las que se produjeron derribos de la muralla y de ciertas calles.

Y la segunda (**foto 7**) se encuentra en el molino harinero de Velilla de Ebro, en la ribera baja, mediante una placa que la indica.



Fotos 6 y 7. Limnimarcas de Logroño (izq.) y Velilla de Ebro (dcha.). Fuentes: especial.larioja.com (foto 6) y Joan Costa (foto 7).

En otra localidad cerca de la desembocadura del río Ebro, fuera del tramo de estudio, sí se han conservado una importante limnimarca (**foto 8**). Es el caso de la de Xerta, en la provincia de Tarragona, que cuenta un limnígrafo junto a la iglesia parroquial que reproduce de forma métrica los niveles de agua que el río Ebro alcanzó en diversas inundaciones desde el siglo XVII.

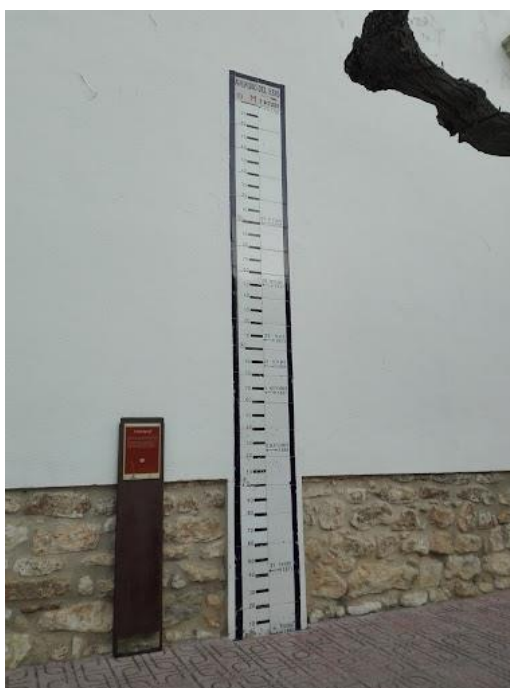


Foto 8. Limnimarca de Xerta. Fuente: Rosendo Sánchez en Maps.

4.2. Reconstrucción del comportamiento hidrogeomorfológico del río Ebro en su tramo de meandros libres (Logroño-La Zaida)

Para entender el comportamiento hidrogeomorfológico del Ebro hay que conocer cuál es la dinámica y el comportamiento de los ríos meandriformes como el Ebro en el área de estudio.

En primer lugar, en la morfología del canal de un río influyen numerosas variables: características climáticas y geomorfología de la cuenca, así como la cubierta vegetal, que influyen en el régimen del caudal, su cantidad y el sedimento transportado.

Este sedimento va a conformar el lecho fluvial, muy influenciado por los otros factores y la pendiente, que condiciona su anchura y profundidad, a la vez que la velocidad de la corriente. Por último, no hay que olvidar el factor antrópico, muy determinante en el último siglo.

En el caso de movimiento o modelado de estos canales, es en las crecidas cuando más sucede, debido a los cambios de potencia del fluido y nivel de la corriente. Estas crecidas no siempre tienen que soportar un caudal extremo ni superar el *bankfull* para ejercer esta función.

En el área de estudio, el río Ebro discurre sobre una llanura de inundación amplia, de pendiente muy baja y sin rupturas importantes. Ante esto, el canal no puede profundizar en el lecho y se ve obligado a aumentar su anchura conforme aumenta el caudal.

En cuanto a la formación de meandros, su origen en una amplia llanura de inundación se debe a su escasa pendiente y a la existencia de obstáculos (terrazza superior, barras laterales, vegetación...), que viran la dirección de las aguas. Cuando esto ocurre, los meandros son sucesivos y el funcionamiento responde a la erosión lateral, sobre todo en las crecidas, cuando existe un sobrante de energía tras el equilibrio entre la capacidad de carga y los volúmenes transportados.

Erosión, transporte y sedimentación resumen la evolución de un meandro, que tiene el siguiente funcionamiento:

La corriente del agua tiende a moverse más rápido en el exterior de las curvas, lo que provoca una mayor erosión y excavación en esa orilla. Al mismo tiempo, en el interior de las curvas, el flujo es más lento, lo que favorece la sedimentación y la acumulación de sedimentos provenientes de la anterior orilla erosionada.

La tendencia de la corriente a recuperar su dirección inicial es la que provoca la formación de otro meandro aguas abajo; siendo los desbordamientos los que originan cortas y meandros abandonados, que se volverán a suceder ante la búsqueda del equilibrio del río.

Este movimiento del cauce, y sobre todo las cortas y meandros abandonados es lo que más interesa en este estudio sobre los cambios hidrogeomorfológicos en el Ebro medio.

Para ello, se van a utilizar imágenes aéreas, cartografía histórica y bibliografía sobre ello. También se tiene conocimiento de las principales crecidas históricas así que también se harán hipótesis.

De todo el curso meandriforme del Ebro (Logroño - La Zaida), se van a ir escogiendo los tramos en los que más cambios ha habido y de los que se tiene constancia con los materiales disponibles.

En cada uno de ellos se comparará la evolución y movimiento del cauce del Ebro a través de una cartografía y las diferentes imágenes aéreas que se disponen, estableciendo hipótesis del rumbo que ha tenido esta migración del cauce, sus causas y su tendencia.

4.2.1 Tramo Logroño – Desembocadura del río Aragón

El tramo riojano-navarro del Ebro medio, desarrollado entre Logroño y la confluencia del Aragón tiene una longitud del valle de 66,5 km y 100,8 km del cauce, generando un índice de sinuosidad de 1,516, en torno a la media del Ebro de meandros libres (1,505) (Ollero, 1992).

Se caracteriza por las dimensiones reducidas del cauce, de la llanura de inundación y de los meandros, debido a una pendiente más elevada (sobre todo al principio, pero la media de este tramo es un 45% superior al Ebro medio, tanto en el valle como en el cauce, 144 cm/km frente 101 en el valle; y 97 cm/km frente a 67 en el cauce) (Ollero, 1992), que hace encontrar más dificultades para la formación de meandros.

A su vez, esto se debe a un menor caudal que en el resto del Ebro medio, con 104 m³/s de módulo en Mendavia, que poco a poco se va aumentando con los aportes moderados de los ríos Iregua, Leza y Cidacos por la margen derecha; y de los ríos Linares y Ega (éste más importante) por la izquierda.

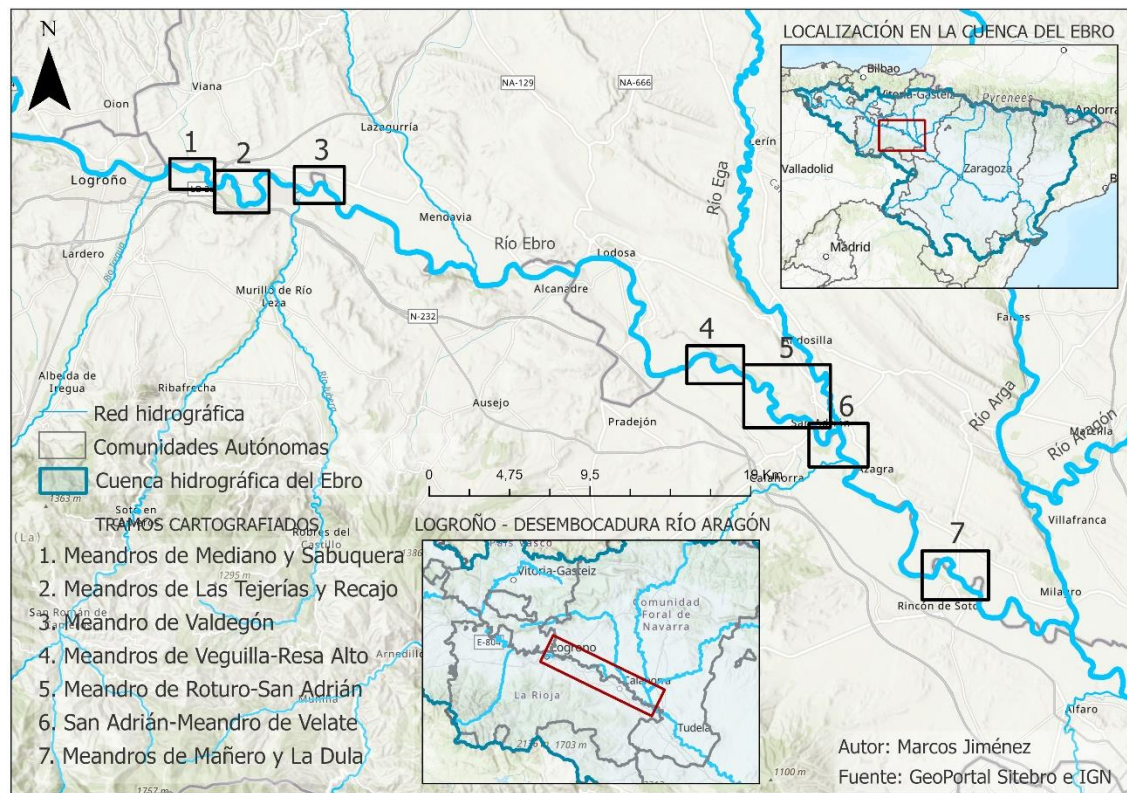


Figura 7. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre Logroño y la Desembocadura del río Aragón (1-7). Fuente: Elaboración propia.

- Meandros de Mediano y Sabuquera (1)

El primer punto de interés aparece tras recorrer 8 kilómetros escasos desde Logroño, denominado actualmente como meandro de la Sabuquera.

Se trata del espacio más interesante por su dinámica desde Logroño, dado que su fisonomía ha variado bastante en el pasado siglo XX.

El mapa topográfico de 1875 deja claro que en este punto el cauce se subdividía dejando una gran isla en el centro. No se sabe con total seguridad cuál era el brazo principal, pero el límite municipal y comunitario (La Rioja y Navarra), creado en 1833, se sitúa en el izquierdo, ante lo que se puede pensar que era ese su único cauce (ya que también hay restos de antiguos cauces hacia el oeste, que hacían dibujar un meandro mucho más amplio) y una crecida posterior (entre 1833 y 1875; siendo la más importante la de 1871, con importantes afecciones en Logroño) creara el brazo derecho.

Sin embargo, la siguiente imagen existente, la de 1946, evidencia el mayor caudal del brazo derecho, convirtiéndose éste en el principal, ante lo que se puede comentar la progresiva formación de un meandro abandonado en ese brazo izquierdo.

En cuanto al brazo derecho, va a experimentar un cambio de rumbo progresivo que se va viendo en las imágenes de 1956 y 1977, cortando la isla por la mitad hasta encontrarse con el cauce secundario en su punto más al este y girar hacia el sur, aumentando su grado de curvatura.

El brazo izquierdo, que describía una curva más aguda, finalmente comienza a sedimentarse y a discurrir menos caudal, hasta desaparecer el caudal continuo en aguas bajas en la imagen aérea de 1977.

Hay que destacar la existencia desde principios del siglo XX, de la existencia de un azud o pequeña presa justo al comienzo del brazo derecho, donde se dividía el cauce. No se sabe su impacto en la dinámica de este sector, que actualmente sirve para alimentar al Canal de Mendavia, que dibuja un recorrido parecido al cauce secundario de 1946.

De esta manera, un segmento del río con dos brazos y una isla en medio se ha convertido en un único meandro que ha roto por la mitad la isla al migrar progresivamente hacia el este el brazo derecho, dividiendo, en dos, el soto de la Sabuquera.

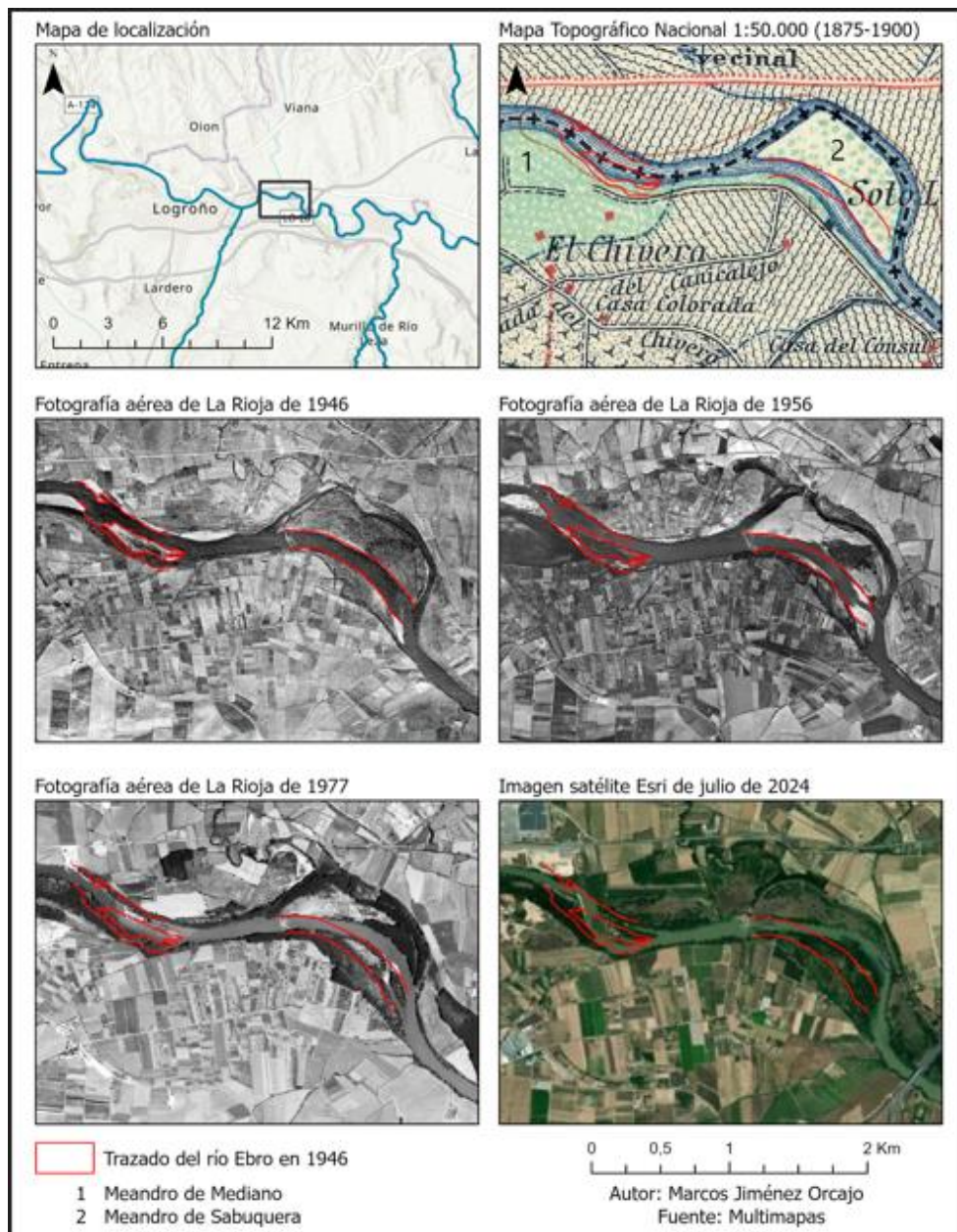


Figura 8. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de Mediano y Sabuquera. (1)
Fuente: Elaboración propia.

Se presupone que, la **crecida de 1960-1961**, tuvo un gran impacto en la dinámica fluvial de este sector, viendo un gran cambio en el meandro entre 1956 y 1977, ya que, es cuando más avanza hacia el este. Además, a escasos kilómetros aguas arriba, en el meandro de Mediano, justo en su curvatura este, el cauce también tenía dos brazos separados por una isla, siendo el izquierdo el principal. Sin embargo, tras 1961, esa isla fue movilizada, convirtiéndose el brazo derecho en el principal, generando un rápido en este punto y quedando restos de una isla con un pequeño brazo izquierdo que, en la actualidad, ya se ha sedimentado, discurriendo el río por la margen contraria a lo que lo hacía antes.

Si se miden los cambios de trazado:

Comenzando por la terminación del meandro de Mediano, ha experimentado una mayor amplitud desde 1946, lo que le ha hecho desplazarse ligeramente al este. Concretamente, tras la desaparición de la isla pegada a la margen derecha, los sedimentos se han acumulado en esta orilla ganando un máximo de 130 metros en el punto de mayor distancia respecto a su antiguo trazado, estrechando el lecho, el cual también se ha desplazado unos 30 metros en la margen izquierda, para después las aguas girar en dirección sur.

En cuanto al meandro de la Sabuquera, su evolución ha sido algo más notable. Tras concentrarse las aguas en un único canal central, este se ha ido desplazando poco a poco al este ganando grado de curvatura hasta encontrarse con el antiguo brazo izquierdo adosado al talud de la margen izquierda, desplazándose 150 metros en dirección noreste en el punto de mayor curvatura de ambos trazados. Entre 1946 y 1977 fue de unos 90 metros. Cabe destacar que la anchura del lecho del río ha disminuido en 50 metros entre 1946 y 2024.

En cuanto al futuro, es probable que se siga erosionando la orilla izquierda del meandro en su parte más superior, aumentando el grado de curvatura, ya que, entre 1997 y 2024 ha aumentado en este punto entre 15 y 20 metros, sobre todo palpable entre 2014 y 2017 (**crecida de febrero de 2015**) y 2024, tras las **crecidas de 2019 y 2021**; tras la eliminación a su vez de una chopera que daba resistencia al suelo (después de 2017).

- Meandros de Las Tejerías y Recajo. (2)

A continuación del meandro de la Sabuquera, el cauce del Ebro es desdoblado artificialmente en dos meandros consecutivos, el de Las Tejerías (que mira hacia el norte) por un azud; y el de Recajo (su curvatura se orienta al sur) como cauce artificial para la central eléctrica que lleva su nombre. La antigüedad de ambos es elevada, ya que, ya aparecen en el mapa de 1875, aunque, el canal de Recajo se ha ido ampliando, viendo un notable aumento en 1946, y luego en 1997 y la actualidad, cuando incluso se subdivide en la central.

Los meandros originales (marcados por el límite de 1833) presentan una amplitud destacada, siendo un tramo de gran pendiente del valle, pero muy modificado por las infraestructuras antrópicas.

En cuanto a la dinámica hidrogeomorfológica, los puntos más interesantes se encuentran en los tramos no represados, en los que, al pie de estas retenciones de agua, se han generado diferentes trenzados y sinuosos cauces que han experimentado cambios recientes.

El Soto de los Americanos o Las Tejerías, el brazo derecho, es el que ha tenido una evolución destacada. Actualmente cuenta con una serie de galachos y brazos abandonados en su margen derecha, a pesar de la aparente linealidad del actual cauce.

En el mapa de 1875 se ve un trazado totalmente diferente al actual, ya que, aunque comenzaba discurriendo en dirección sureste como en la actualidad, a mitad viraba hacia el sur, para luego retomar la dirección desembocando con el otro brazo mucho más al sur que en la actualidad, en pleno meandro de Recajo.

En la imagen de 1946 ya no se desvía a mitad hacia el sur, sino que gira ligeramente para tomar rumbo este y después noreste al desembocar en el brazo izquierdo, de manera que se distancia unos 250 metros al norte al principio de su antiguo trazado, para después ser esa diferencia de 430 en la desembocadura con el otro brazo.

En 1977 la desembocadura se desplazó, en este caso, 100 metros al sur, desplazando 50 metros al este el flujo norte-sur, para después, la curva que choca contra el escarpe de la margen derecha, ser 25 metros más al suroeste. Durante este periodo la **crecida de diciembre de 1960** fue la más importante.

Desde este año, apenas ha cambiado, aunque sí es probable que la **crecida de 2015** cambiara el punto de desembocadura 140 metros más al sur, sin girar hacia el noreste anteriormente.

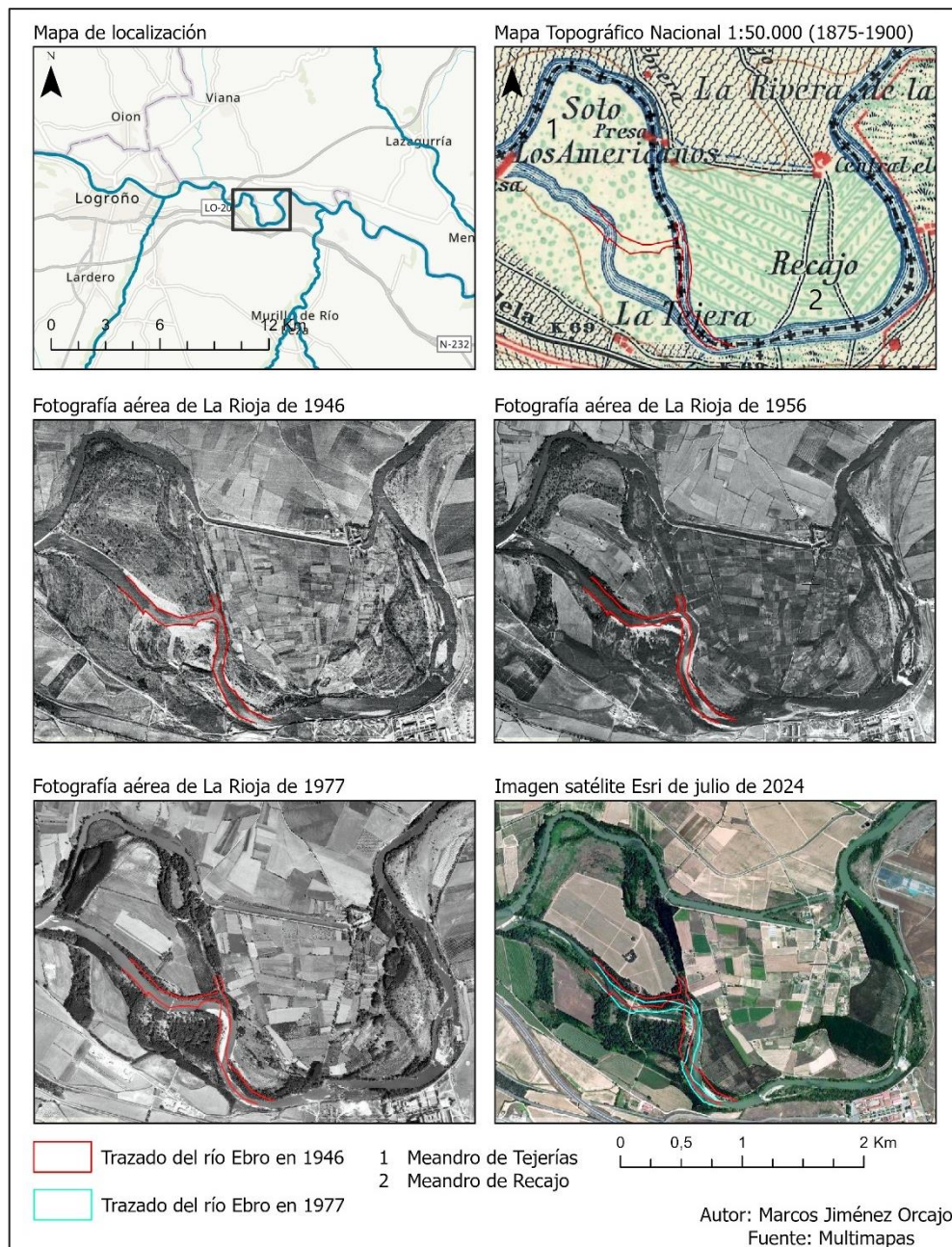


Figura 9. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de las Tejerías y Recajo. (2)
Fuente: Elaboración propia.

También se aprecian los sucesivos meandros abandonados en la imagen de 1945, que finalmente han desplazado poco a poco hacia el norte el cauce, dejando de dibujar esa especie de Z. Parece que no fue una corta puntual, sino progresiva, por las sucesivas barras de sedimentos cada vez más al este. Por ello, pudo ser causa de las crecidas comprendidas entre 1900 y 1946, como son las de **noviembre y diciembre de 1906** (sobre todo en la parte más colonizada), la de **febrero de 1910**, la de diciembre de 1926, las de **marzo y diciembre de 1930** o la de **enero de 1941**, siendo éstas las más destacadas, pero que otras menores también pudieron ser determinantes. Actualmente constituye un interesante soto inundable.

En cuanto al brazo izquierdo, su desviación de caudal cada vez mayor para la central ha provocado su progresiva disminución del cauce y colonización de la vegetación hasta su conexión con el otro brazo, generando un pequeño trezado al principio por los aliviaderos del azul.

En cuanto al meandro de Recajo, en el gran lóbulo que se dibuja más al este, se da su zona más dinámica, evidenciando un canal trezado en 1946, aunque hay localizado otro azul. También se aprecia un antiguo brazo más al oeste, de antigüedad anterior a 1875 ya que no aparece en el mapa de ese año.

- Meandro de Valdegón (3)

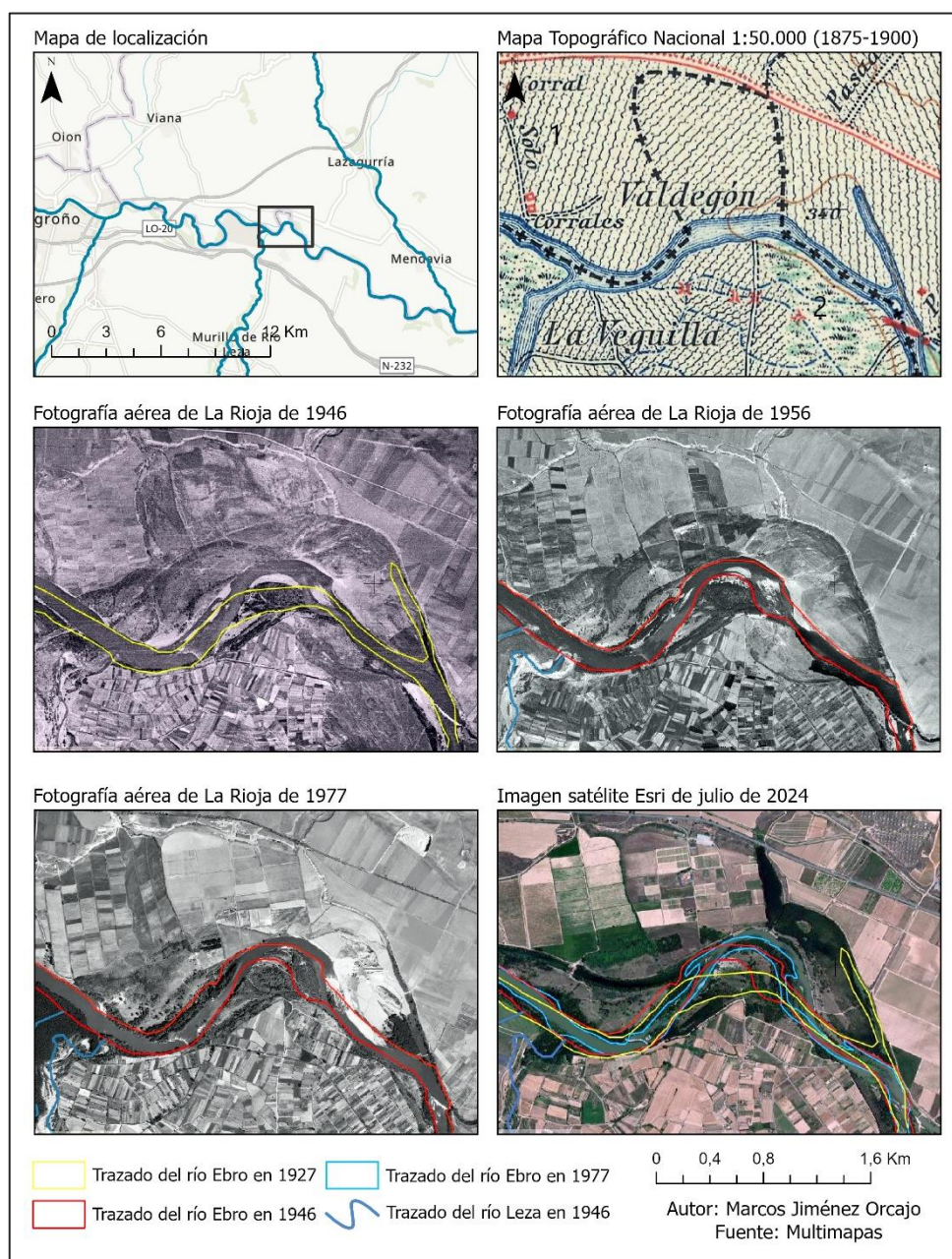


Figura 10. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica del meandro de Valdegón. (3)
Fuente: Elaboración propia.

Separado por apenas otro meandro desde el de Recajo, el meandro de Valdegón ha tenido una importante dinámica en los dos últimos siglos, en este caso natural, y con desplazamientos de cauce incluso mayores que los anteriores. Se trata del último gran cambio observado hasta el término municipal de Calahorra, a más de 40 kilómetros.

El mapa de 1875 nos muestra una realidad muy diferente a la actual, que es la inexistencia de un meandro en este punto, tan sólo una pequeña curvatura para virar la corriente del este al sur. Eso sí, se aprecia, por el límite administrativo entre La Rioja y Navarra, que, en 1833, año de esta división, en este punto había un meandro muy cerrado, prácticamente en cuello de botella, para luego discurrir hacia el sureste y tomar el actual rumbo al siguiente meandro. También se aprecia un antiguo brazo todavía con agua estancada al este del meandro cerrado comentado.

Los restos y el trazado de este brazo también se ven en la imagen aérea de 1946, la cual tiende a confusión sobre el trazado que siguió el Ebro entre 1833 y 1875, ya que, los restos de cauces pertenecientes a este periodo son numerosos y sobrepuestos sobre el teórico de 1833, y no se ha encontrado cartografía perteneciente a estos años. Ollero (1992) comenta que pueden deberse a cortas de canal que

no prosperaron, ya que, en 1875 el río parece que discurre sobre una corta de canal totalmente diferente (este-oeste) que sí prosperó y se mantuvo.

A partir de aquí, la comparación con la fotografía de 1946 parece indicar la tendencia del río a recuperar su sinuosidad, debido a la nueva formación de un meandro, que, cada vez tiende a aumentar su radio de curvatura desplazándose 260 metros al noreste entre 1946 y 2024, acercándose más a ese brazo abandonado, como se va viendo en las fotografías aéreas de 1956, 1977, 1997 y las más actuales. Entre 1977 y 1997 (similar 2024) el cambio hacia el este fue bastante notable para la evolución en estos años, de unos 140 metros, probablemente por las grandes crecidas que registró Mendavia en **enero de 1981** y finales de **diciembre de 1993**, dos de las mayores del siglo XX. Posteriormente, se ha estabilizado por la creación de motas en el siglo XXI, aunque con ligera variación hacia el norte en la primera parte de la curva, más que en el resto, desdibujando el meandro perfecto. Las **crecidas de 2003 y 2015** son las que más han afectado a esta parte, provocando que en el futuro este meandro continúe desplazándose hacia el noreste.

En la terminación del meandro, para recuperar las aguas la dirección noreste-sureste, el río tiende a hacerlo con un mayor grado de curvatura, debido a toda la erosión de la margen izquierda que hace que las aguas cada vez recorran más metros en dirección norte-sur.

Después de recorrer un tramo con mayor pendiente y sin una dirección concreta, atravesando las localidades de Alcanadre, Lodosa y Sartaguda, el Ebro, a partir de la altura de Pradejón (La Rioja), comienza a discurrir a grandes rasgos de noroeste a sureste en torno a una llanura de inundación amplia y sin estrechamientos significativos, con una pendiente con valores más bajos que los sectores precedentes (Ollero, 1992) y limitada en su margen izquierda por el escarpe de yesos, el cuál ha ido erosionando.

Este sector, denominado por Ollero (1992) Presa de Calahorra-Ontañón (**figuras 11, 12 y 13**), tiene una longitud de valle de unos 17 km, y unos 26 de cauce en 1981, con un índice de sinuosidad aproximado de 1,53 (media del Ebro medio: 1,505), siendo más elevado al principio que al final.

El primer meandro que encontramos es el de la Veguilla, a partir del cual comienza una zona muy dinámica en cuanto al trenzado y desplazamiento del cauce del Ebro, con cortas de canal bastante recientes, debido a la amplia llanura y escasa pendiente comentada.

- Meandro de Veguilla – Meandro Resa Alto (4)

La cartografía de finales del siglo XIX muestra un trazado totalmente diferente al actual, cuyos restos se aprecian en la fotografía de 1946, en el que el trazado ha variado, sobre todo en el meandro de Soto Robles, el cual se ha desplazado hacia el este.

El meandro de la Veguilla se ha desplazado, sobre todo, hacia el noreste, haciéndolo en su punto de máxima concavidad y ampliando la longitud del meandro.

Al principio del meandro la tendencia desde 1946 es hacer una S más pronunciada, excavando en la margen derecha hasta 40 metros respecto a ese año; y después, ya casi en la zona superior del lóbulo, 20-25 metros en la margen derecha. En la parte este del lóbulo, donde dibuja una curva más apuntada, aparece una isla en 1946, desaparecida en 1956, presente en 1977, para no estar actualmente; circulando por medio de su antigua isla, en un punto en el que el cauce se estrecha mucho, con un mínimo de 35 metros. Debido a esto, la margen derecha está actualmente 100 metros al noroeste respecto a 1946 (la izquierda 100-150 metros entre finales del siglo XIX y 2024),

En el caso del Meandro Soto Robles, su conexión con el meandro de la Veguilla se mantiene bastante estable, pero con el meandro de Resa Alto ha variado en gran medida. Primero, se comentaba el desplazamiento al este (unos 200 metros en el punto de máxima concavidad de la margen derecha) que cerraba el ángulo del meandro de Resa Alto aguas abajo, haciéndolo chocar directamente contra el escarpe casi en dirección sur-norte, lo cual evidenciaba desprendimientos en él. Pero, en 1977, se aprecia

el desplazamiento del punto de máxima concavidad hacia el este, circulando el río desde Soto Roble en dirección noreste, para reducir su ángulo de curvatura y recuperar la sinuosidad parecida de finales del siglo XIX en el meandro de Resa Alto. Entre 1956 y 2024 (ya en 1977), se ha desplazado 200 metros siguiendo la línea del escarpe aguas abajo.

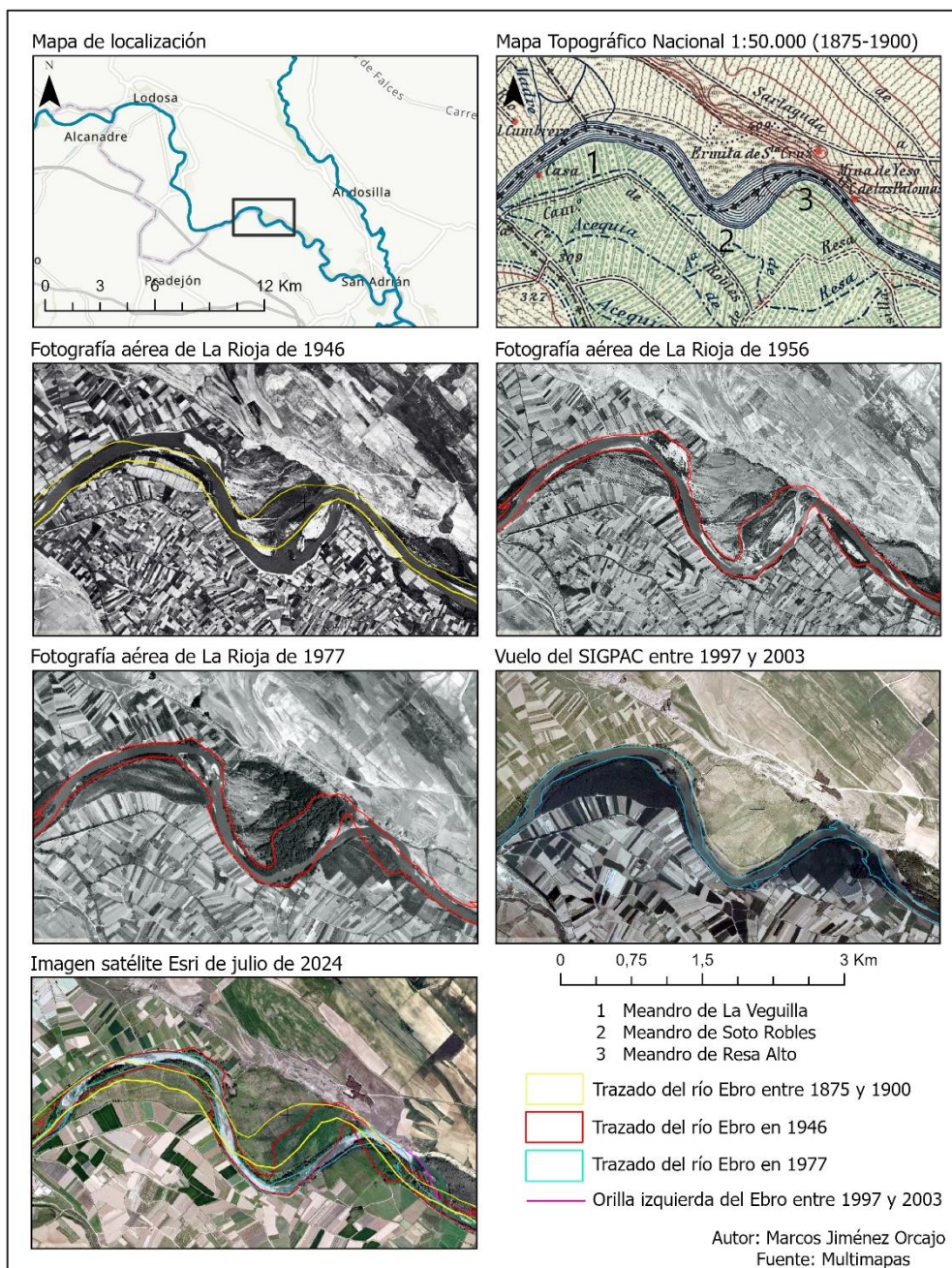


Figura 11. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Veguilla y el de Resa Alto. (4)
Fuente: Elaboración propia.

La anchura del cauce del río entre estos dos meandros era de 300 metros en 1946 y 1956, debido a su forma trenzada con hasta 3 brazos principales. En la actualidad, en este punto, la anchura es de 60 metros. Por destacar otros datos, la orilla izquierda del Ebro, a finales del siglo XIX se distancia de la de 2024 en 430 metros al sureste en este punto.

En el final del meandro de Resa Alto hay una gran dinámica desde finales del siglo XX (muy reciente), ampliándose el meandro hacia el este (aumentando su contacto con el escarpe), para volver a cerrarse y tomar dirección norte sur en su terminación, pero cada vez más al este (aguas abajo) desde 1977, disminuyendo la concavidad del meandro. En 1977 discurría 290 metros en dirección noroeste-sureste antes de girar, en el 2000, 395 metros; y en 2024, 580 metros; lo que hace una diferencia de casi 300 metros entre 1977 y 2024.

Continuando en el mismo sector con la **figura 10**, los cambios son aún mayores, confirmando la gran dinámica de este sector, En este caso son 5 meandros los abarcados, presentando cambios notables cada uno de ellos.

- Meandro de Roturo – San Adrián (5)

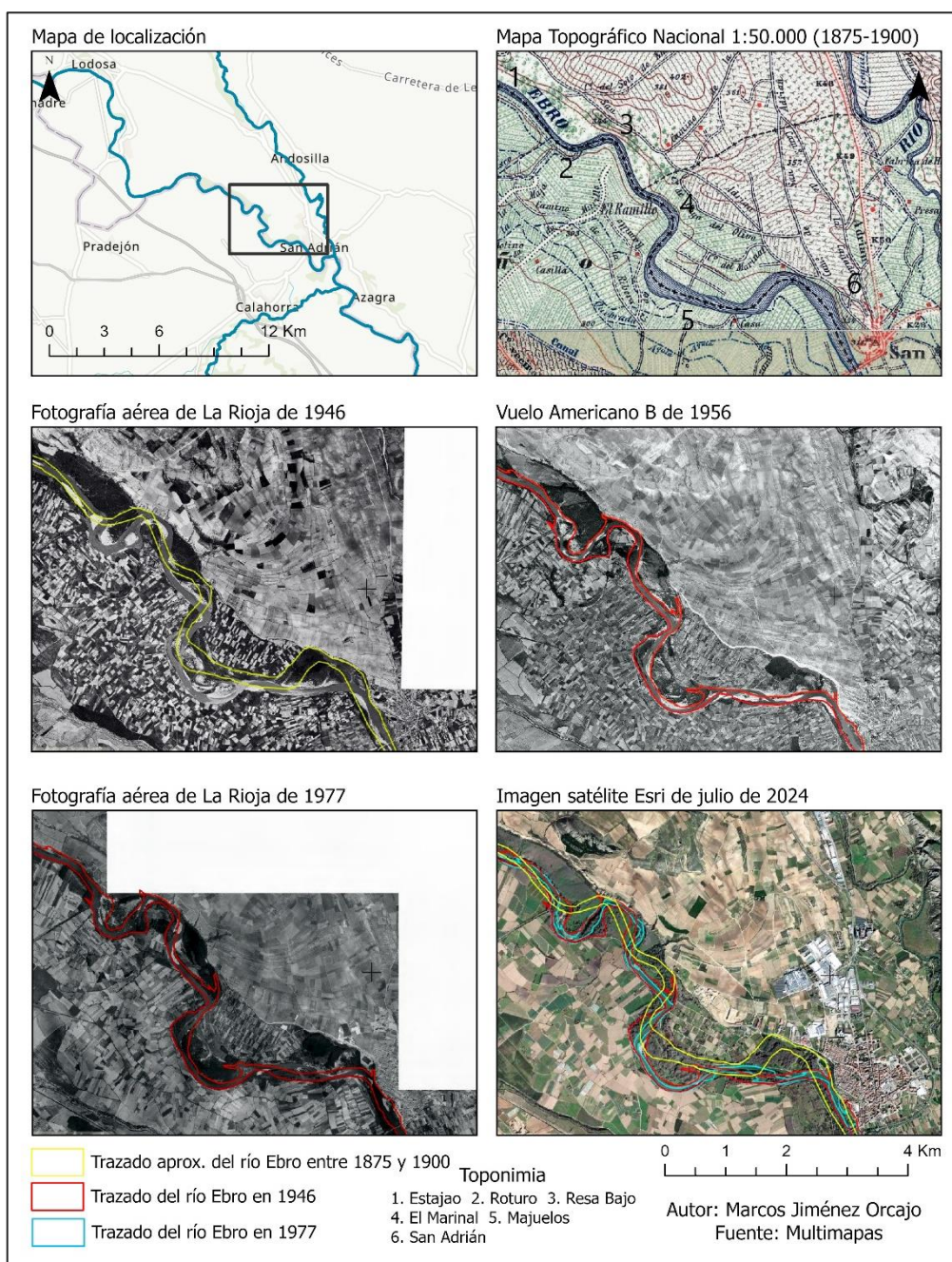


Figura 12. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Roturo y San Adrián. (5)

Fuente: Elaboración propia.

Los meandros de Roturo y Resa Bajo han aumentado su convexidad y concavidad respectivamente, sobre todo entre el mapa de finales del siglo XIX y la fotografía aérea de 1946, cuando pasan a circular con gran sinuosidad. El vértice de Roturo se desplaza al sur unos 370 metros, generando a ambos lados de su curva trazados de dos brazos con una isla en medio. Estas islas, en 1956, ya se aprecia que empiezan a colonizarse de vegetación, a la vez que el río tiende a abandonar uno de sus dos brazos. En la más próxima al Estajao se aprecia el abandono del brazo izquierdo en 1977; pero en la zona más próxima a Resa bajo en 1956 ya sólo discurría por el izquierdo, quedando un meandro bastante cerrado.

También lo es el de Resa Bajo, influenciado por el escarpe, que achata la concavidad de su margen izquierda y está más al este que a finales del siglo XIX, pero que empieza y termina con ángulos muy

cerrados del trazado de sus aguas. En su evolución hacia la actualidad, parece ganar longitud pegado al escarpe, desplazándose hacia el este su giro hacia el sur (70 metros hasta 1977 y en 2024 se superan los 100), siendo este mayor de 90 grados, sobre todo en 1977.

El siguiente meandro, el Marinal, parece que se ha separado en el siglo XX del escarpe al que estaba adosado, migrando hacia el sur en 230 metros y socavando la margen izquierda de las huertas. En 1946 aún se apreciaba su brazo ciego, al igual que un cauce desdoblado a la salida de este meandro.

La curva de El Marinal no ha socavado más desde 1946, manteniéndose este punto bastante estable, separándose en 110 metros respecto finales del siglo XIX en la curva hacia el sur. La salida mencionada sí ha variado, quedando la isla cada vez más pegada a la margen derecha hasta sedimentarse ese brazo ya en 1977, año a partir del cual no se aprecian grandes cambios. El abandono de este brazo ha trasladado en 140 metros al este la orilla entre 1946 y 2024. Respecto a finales del siglo XIX, son casi 100 metros lo que se ha desplazado al suroeste el resto del trazado de la curva.

En la zona de Majuelos, la dirección noreste-suroeste de la salida del anterior meandro convexo ha provocado un gran desplazamiento del río hacia el sur (350 metros entre finales del siglo XIX y 1946), notable sobre todo en la comparación con el mapa más antiguo. Sin embargo, desde 1946 apenas se aprecian cambios, salvo la estrechez del cauce y la colonización masiva de vegetación.

Llegando al meandro que choca contra San Adrián, de nuevo la principal diferencia se da entre finales del siglo XIX y la imagen de 1946. Todo el soto que en la actualidad se ubica en la margen izquierda, fue el cauce existente en el siglo XIX, adosado al escarpe y la terraza de San Adrián, donde incluso actualmente está el campo de fútbol. La máxima separación respecto la actualidad es de 450 metros al sur. El antiguo meandro sufrió una corta, circulando actualmente entre 300 y 400 metros más al sur y encontrándose con el antiguo trazado al pegarse a San Adrián y retomar su dirección sur-sureste.

- San Adrián – Meandro de Velate (6).

Aguas abajo de la población de San Adrián continúa, aunque algo menos cambiante, la tendencia del Ebro a cambiar su trazado manteniéndose activa su dinámica hidrogeomorfológica.

En este caso, los cambios van relacionados con la ampliación del lóbulo de un meandro o la erosión de una margen, por lo que la estructura general de los meandros no ha cambiado casi, sobre todo a partir de 1946.

Anterior a este, si se aprecia un notable cambio, si se compara con el mapa de finales del siglo XIX, cuando los meandros eran más abiertos principalmente. Con estos últimos tres meandros (**figura 13**), termina la zona tan dinámica de Pradejón - Azagra:

Meandro el Plantío: meandro convexo que comienza en la población de San Adrián. En el mapa de finales del siglo XIX se aprecia un meandro más abierto y algo menos al sur que en la actualidad (100 metros de diferencia), pero conectaba con el meandro de La Cocha discurriendo en dirección noreste. Esto cambia en 1946, cuando el meandro el Plantío termina su trazado discurriendo en dirección sur-norte e incluso desplaza algo hacia el oeste su punto de máxima convexidad, ampliando aguas abajo el Meandro de la Cocha. En su salida hacia ese meandro, forma una isla apreciable en 1946, que poco a poco se margina en la margen derecha hasta quedar cegada ya en 1956 (el brazo derecho se separaba hasta 150 metros del actual). En 2024 no se aprecia la antigua isla, y el río ha terminado discurriendo un poco hacia el nor-noroeste a partir de aquí, aumentando la curvatura de la Cocha.

Meandro de La Cocha: se trata de un meandro cóncavo que a finales del siglo XIX apuntaba hacia el nor-noreste. Sin embargo, la dinámica del siglo XX es ganar metros de longitud al ampliarse su parte occidental por lo comentado del cambio del anterior meandro. De esta manera, se ha generado un diseño complejo con varios vértices menores, destacando el primero de ellos (Ollero, 1992), por ser el más pronunciado y su progresiva socavación de la huerta del Plantío (entre finales del siglo XIX y 1946 165 metros de diferencia; y entre 1946 y 2024, 30). La principal diferencia entre finales del siglo XIX y 1946 debió producirse en una **crecida de principios del siglo XX**, siendo probablemente la de **noviembre de 1906** o **diciembre de 1926**, ya que, en 1946, aparece ya cultivado.

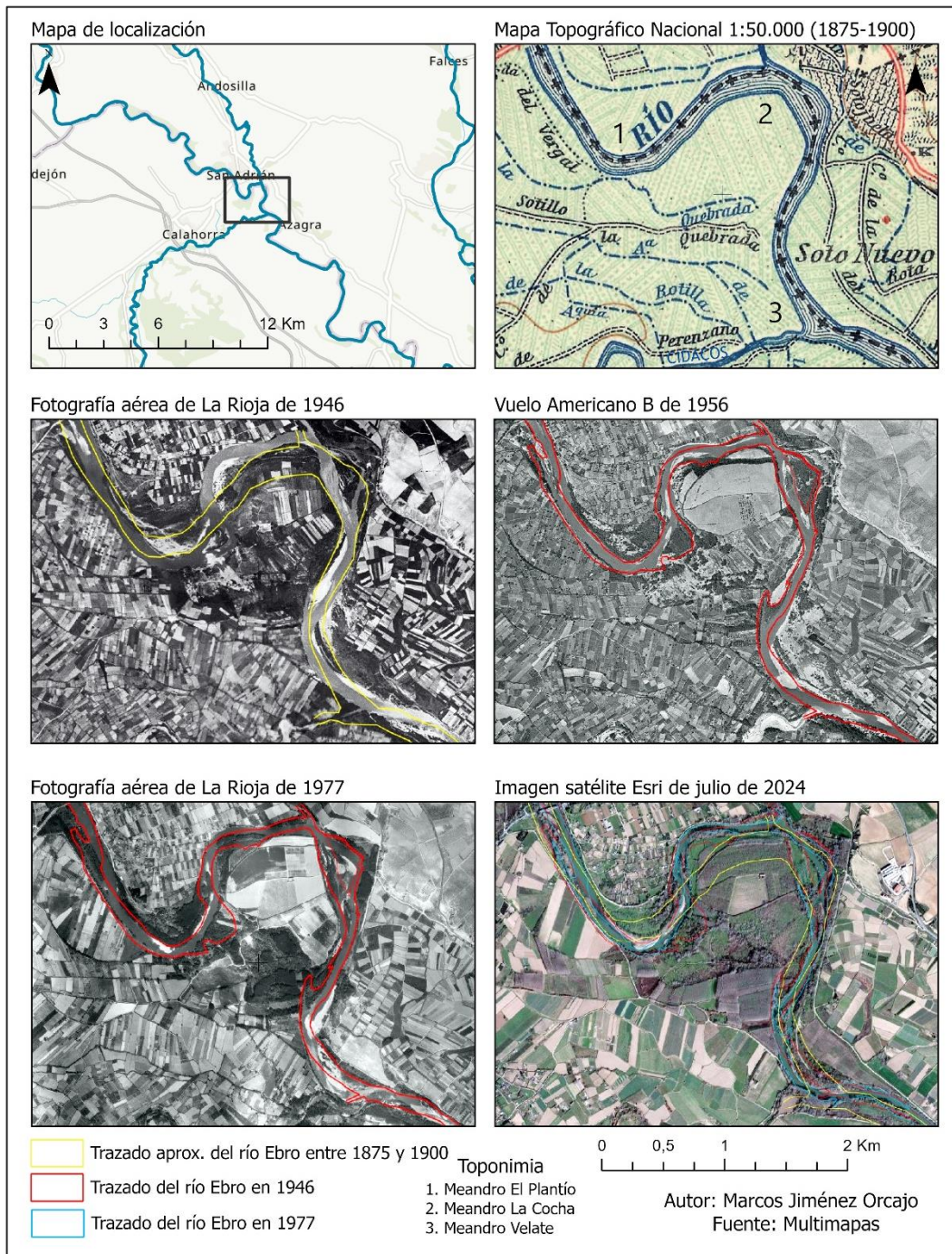


Figura 13. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre San Adrián y el meandro de Velate. (6)
Fuente: Elaboración propia.

El segundo, justo en la desembocadura del Ega, desde 1946, ha experimentado lo contrario que el anterior, retrocediendo hacia el sur (sólo entre 1946 y 2024, siendo la diferencia de 30-40 metros; en el siglo XIX discurría más al sur que en la actualidad) y generando, actualmente un meandro en conjunto mucho más achatado y con menos vértices menores.

Tanto la curva de comienzo como del final han cambiado, pero la oriental, por su antiguo trazado trenzado, ha experimentado más cambios, circulando actualmente más al este, por medio de una antigua gran isla, terminando de ser el cambio que hace que el meandro de La Cocha sea más perfecto. Entre 1981 y 1990 una crecida cambió en este punto el trazado, ya que hay una corta de meandro (Ollero, 1992) de pequeñas dimensiones, como se aprecia en la comparación de imágenes de 1977 y 2024.

Los principales cambios en esta parte oriental del meandro hacen que, la margen derecha, se diferenciara en 155 metros entre 1946 y 1977, para luego entre 1977 y 2024, reducirse esa distancia (por la

corta comentada), siendo de 80 metros al erosionar la isla. Esta parte tiene el trazado más común a finales del siglo XIX, así como la conexión con el posterior meandro de Velate.

Meandro de Velate: mira hacia el suroeste, pero es muy amplio, tanto que en 1875 no parece meandro. Sin embargo, en el siglo XX, la erosión de la margen derecha al principio, de hasta 85 metros hacia el suroeste entre 1946 y 1977 (se mantiene igual en la actualidad); y el aumento de grado de curvatura al final, lo convierten, en otro más, discurriendo actualmente en dirección oeste-este (pegado orilla derecha) en su terminación, tras venir de sur-suroeste. Esta mayor curvatura le hace discurrir, al final, 50-60 metros más al norte que a finales del siglo XIX.

Las desembocaduras de los ríos Ega y Cidacos también han variado, al darse en meandros que han migrado. Aun así, no han cambiado mucho, salvo la del Cidacos, que discurre actualmente paralelo al Ebro sin desembocar por una barra de sedimento notable, proveniente de la excavación de la margen derecha en el punto de máxima curva de Velate, apreciable en 1977 y 1977. En este último año por su trazado algo más al norte aún era mayor la distancia.

Las **crecidas de 1930** fueron las que mayor incidencia tuvieron en los cambios de finales del siglo XIX a 1946 en los sectores 4,5 y 6 (**figuras 11, 12 y 13**), produciendo importantes cortas tanto en abril como diciembre de ese año, dado el alto caudal, que en Zaragoza superó en ambas los 3.000 m³/s. En la **crecida del 30 de abril de 1930** se datan daños en el soto del Marinal en San Adrián y el retroceso de 30 metros en esa concavidad sólo con esta crecida. En la de **diciembre de 1930** son los meandros aguas arriba los más afectados por las pequeñas cortas y socavaciones.

Hasta 1977, fecha en la que los cambios posteriores son ya mucho menores, las crecidas más importantes registradas en el aforo de Mendavia son las de **diciembre de 1959** (1.476 m³/s), **enero de 1961** (1.307 m³/s) y el propio **junio de 1977** (1.476 m³/s), destacando, fuera de este periodo, la de **enero de 1981** (1.903 m³/s) y **diciembre de 1993** (1.660 m³/s).

- Meandros de Mañero y La Dula. (7).

Aproximadamente 11 kilómetros aguas abajo, entre Rincón de Soto (La Rioja) y Murillo de Limas (Navarra), el Ebro, localizado en una amplia llanura de inundación, vuelve a experimentar un trazado muy cambiante en el último siglo, con alta sinuosidad en todo caso, y cuyo caudal se ve casi duplicado por la aportación del río Aragón, lo que también beneficia el aumento de dinámica tras poseer mucho más caudal en las crecidas.

Comenzando por el meandro de Mañero, su cambio se aprecia hasta en la actualidad.

El lóbulo ha migrado aguas abajo unos 400 metros entre 1927 y 1946. El cambio se cree que no fue gradual, sino repentino, en una de las crecidas de este periodo, muy probablemente la de **diciembre de 1930**. Sin embargo, si se aprecia que, en el mapa de finales del siglo XIX y su comparación con la imagen de 1927, que hay un progresivo estrechamiento, principalmente de la margen izquierda, y podía advertirse una corta de meandro, producida posteriormente en dirección suroeste-noreste.

La configuración actual del lóbulo de Mañero es la de 1946 (posterior corta), pero ha ido ganando metros al noreste, ampliando su longitud de lóbulo. Entre 1946 y 1956 fue de 60 metros la diferencia del desplazamiento, pero entre 1956 y 1977, se miden hasta 230 metros de socavamiento de la margen, muy probablemente por la **crecida de finales de 1960-principios de 1961**, que debió ser determinante, pero no definitiva, teniendo también importancia otras menores recurrentes entre las que se pueden destacar la del **10 de noviembre de 1966**, que superó los 4.000 m³/s en Castejón, tras el aporte de unos 420 m³/s del Ega, ya incluido en este tramo, aunque en Mendavia tan sólo rozó los 1.000 m³/s.

Según Ollero (1992), también pudo influir la acción humana al proteger con escolleras la parte occidental del meandro (término de Azagra) y no la oriental (término de Funes) hasta 1980. Esta última protección ha hecho que entre 1977 y 2024 tan sólo haya continuado socavando unos 30 metros.

En 1946 y 1956 este meandro tenía en su parte oriental una gran isla, siendo en 1956 el brazo izquierdo el principal, lo que llevó a la posterior sedimentación del derecho, apreciable en 1977, cuando

se había desplazado el meandro más al noreste, y formaba unas pequeñas islas paralelas a esta gran isla antigua. Cabe destacar que, en 1977, pierde la forma perfecta el meandro, generando otro vértice al este, para luego discurrir las aguas en dirección noreste-suroeste, chocar contra la antigua isla y continuar su antiguo trazado. Este nuevo vértice se ha desplazado 100-120 metros hacia el sur en la actualidad.

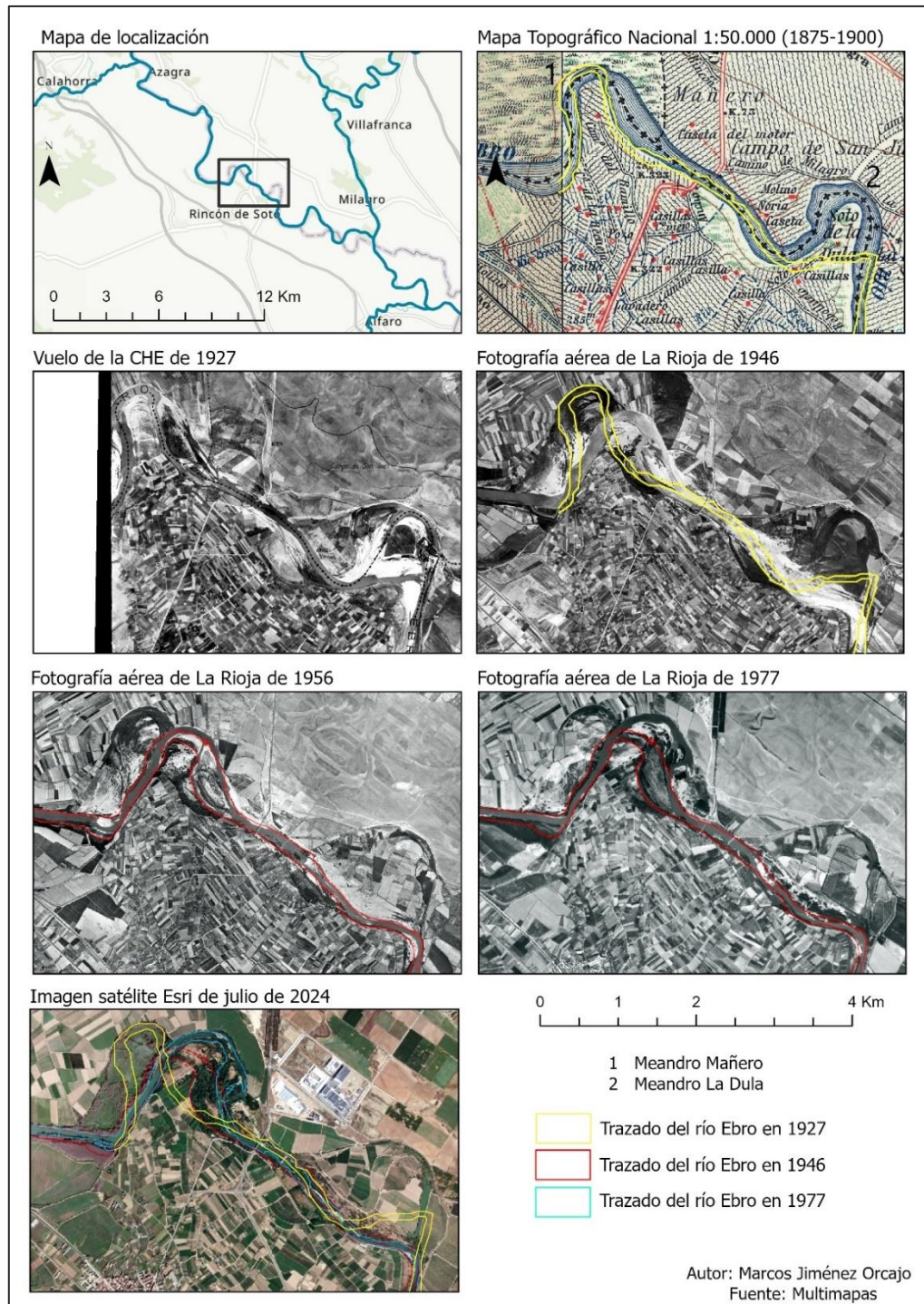


Figura 14. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de Mañero y La Dula. (7)

Fuente: Elaboración propia.

A partir de aquí, comienza un tramo relativamente recto, que es mayor en la actualidad que hace 100 años, cuando existía el denominado viejo meandro de la Dula, cuya corta es muy cercana a 1927, ya que, en ese año muestra todavía casi intacto ese meandro, que a finales del siglo XIX rodeaba el soto que lleva su nombre, describiendo una curva de unos 2 kilómetros, separada en su punto de máxima concavidad unos 800 metros del actual trazado. Con casi total seguridad, se pudo producir en la **crecida de diciembre de 1926**, ya que, por ejemplo, en Zaragoza, es la mayor de principios del siglo XX; y es la más próxima a 1927.

Entre 1927 y 1946 todavía varió esa corta, muy probablemente por las **crecidas de 1930**, ya que, el actual meandro de la Dula, aún estaba más al norte que actualmente (mismo punto que 1946), cuando tiende a ir hacia el sureste.

Pocos kilómetros aguas abajo, con el añadido de los aportes del río Aragón, continúa la tendencia del Ebro a experimentar grandes cambios de su recorrido en los últimos dos siglos, dinámica que se extiende varios kilómetros hasta Murillo de Limas, cuando se encajona ligeramente, y, por tanto, su variación es mucho menor.

4.2.2. Tramo Desembocadura del río Aragón – Confluencia del río Huecha

El tramo riojano-navarro del Ebro medio, desarrollado entre la desembocadura del Aragón y la confluencia del Huecha, justo al atravesar la frontera aragonesa, tiene una longitud del valle de unos 48 kilómetros, que se pueden dividir en dos partes, separadas por Murillo de Limas.

Hasta este punto son 17 km; y en 1981, el cauce discurría en este tramo durante 24,5 km (ollero, 1992), lo que generaba un índice de sinuosidad medio de 1,43, por debajo de la media (1,505), sobre todo por el último tramo hasta Murillo de Limas, que son 4-5 kilómetros rectos.

Este bajo índice de sinuosidad no es nada comparado con el desarrollado entre Murillo de Limas (Navarra) y la confluencia del río Huecha (Aragón), que tiene una longitud del valle de unos 30 km en territorio navarro, y que, en 1981, el cauce discurría en este tramo durante 37,5 km en Navarra (Ollero, 1992), lo que generaba un índice de sinuosidad muy bajo. de 1,25, muy por debajo de la media (1,505), dado el encajonamiento de este tramo, sobre todo anterior a Tudela, siendo el menos sinuoso de todo el Ebro medio en grandes tramos, por lo que no se destaca ningún punto para ver su evolución en el último siglo.

Por tanto, el primer tramo se caracteriza por un aumento de la anchura del cauce, de la llanura de inundación y de los meandros, debido a una pendiente más reducida y al mayor caudal tras el gran aporte del río Aragón; y el segundo por todo lo contrario.

Son 224 m³/s de módulo en Castejón (1950-2020), 120 más que en Mendavia, tras los diferentes aportes que ha recibido (aunque también le restan los canales de regadío) de los que unos 113 m³/s más son del complejo Aragón-Arga (63 m³/s del Aragón y 50 m³/s del Arga).

Los sectores más próximos a esta desembocadura son los que van a sufrir, con mayor intensidad, uno de los puntos más caudalosos en las crecidas del Ebro medio, por la progresiva posterior pérdida aguas abajo en la que influye la laminación de las crecidas que suavizan el caudal punta de éstas.

Tabla 9. Crecidas entre 1900 y 2024 superiores a 2.500 m³/s en Castejón o Tudela. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Aforos y Ollero et al. (2021).

Fecha	m ³ /s	Fecha	m ³ /s
18/11/1906	5,7 m	31/12/1960	4.950
16/12/1906	4,8 m	15/11/1961	3.200
10/04/1908	4,7 m	22/01/1965	2.771
06/02/1910	4,9 m	13/12/1965	2.622
13/03/1930	6,25 m	10/11/1966	4.050
17/12/1930	5,95 m	04/01/1968	3.012
17/02/1931	2.520	15/06/1977	2.628
/10/1937	>3.000	26/01/1978	2.500
/12/1937	> 2.500	03/02/1978	3.375
08/01/1939	>3.000	14/01/1979	2.770
26/01/1941	> 3.000	21/12/1980	2.675
07/03/1947	> 2.500	18/01/1981	3.250
31/01/1948	> 2.500	28/12/1993	2.595
05/02/1952	3.140	06/02/2003	2.847
28/05/1956	2.960	27/02/2015	2.582
14/12/1959	2.810	11/12/2021	2.759
4,5 m en Tudela equivalen a unos 2.500 m ³ /s			
1900-1927		1927-1946	
1946-1956		1956-1977	

Así, en el aforo más cercano, el de Castejón o Tudela, éstas han sido las crecidas que, desde 1900, han superado los 2.500 m³/s (entre 1900 y 1930 equivalente de 4,5 metros en Tudela), influyendo en los cambios de trazado detallados en los siguientes tramos.

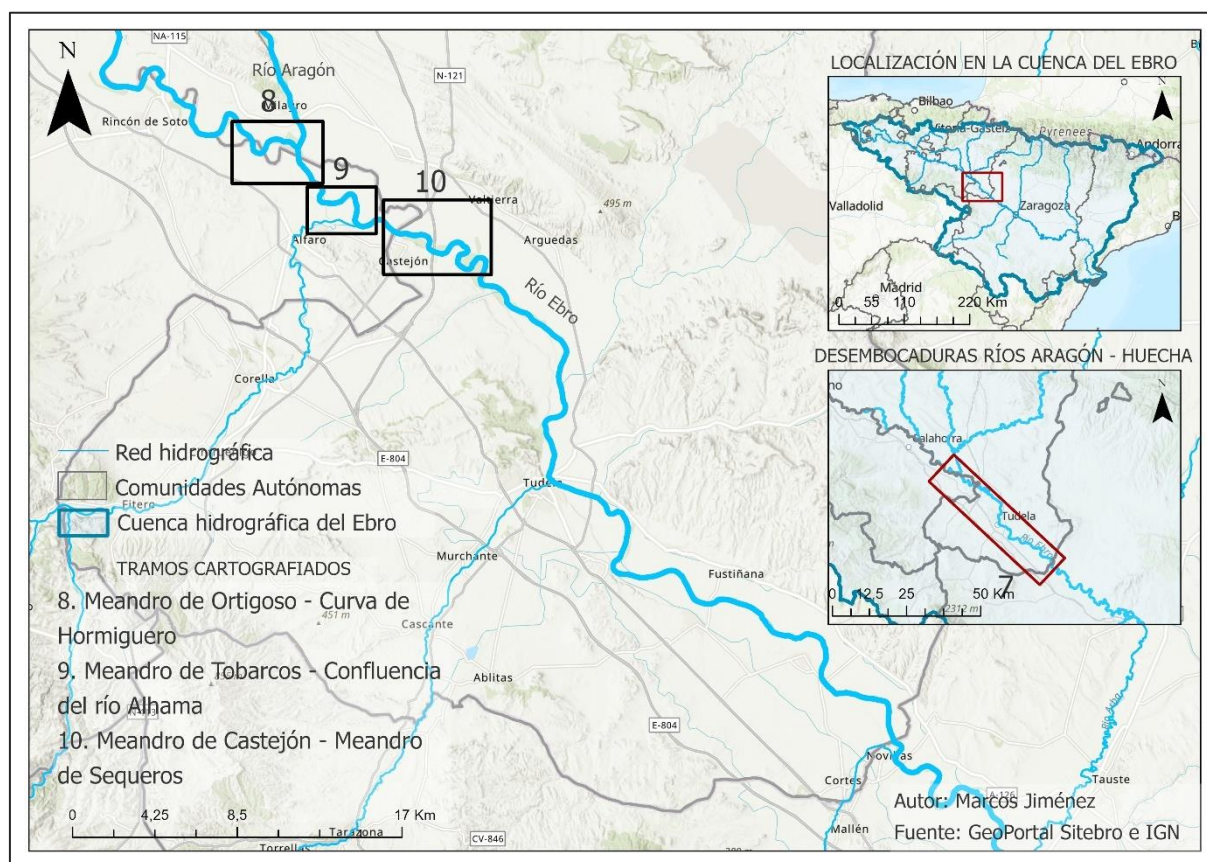


Figura 15. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la Desembocadura del río Aragón y la confluencia del río Huecha (8-10). Fuente: Elaboración propia.

- **Meandro de Ortigoso – Curva de Hormiguero (8)**

Comenzando por las cercanías y la propia desembocadura del río Aragón, la **figura 16** muestra la evolución de este sector.

A grandes rasgos, el mapa de finales del siglo XIX muestra un trazado totalmente diferente al actual, sin coincidir prácticamente en ningún tramo; siendo la fotografía aérea de 1946 la que ya muestra especiales cambios, ya que, en 1927 se mantenía aún el anterior trazado.

En 1927 todavía se mantienen los meandros consecutivos de Ortigoso y Tejada, para después, en 1946, no aparecer el segundo, en una corta relativamente reciente a ese año.

Anteriormente, apreciable en el vuelo de 1927, el meandro de Tejada ya realizó una corta que lo desplazó 1.500 metros (Ollero, 1992) al suroeste, muy probablemente en el último tercio del siglo XIX. En cuanto a la corta más reciente, data de la década de 1930, produciéndose muy probablemente en la **crecida de octubre de 1937** (Ollero, 1992), en la que el Ebro se separó 550 metros de su anterior trazado en el punto de máxima concavidad. En esa imagen de 1946 se aprecia también algo muy curioso, que es la formación de un canal estrecho que conecta el Ebro en Granjafría, durante más de dos kilómetros, con el antiguo cauce de Tejada (donde antes de la corta se formaron varios brazos e islas) hasta desembocar en el Ebro otra vez.

Volviendo al meandro de Ortigoso, su tendencia ha sido desplazarse hacia el este en su zona oeste (160 metros entre 1900 y 1946; y 240 metros entre 1946 y 2024, aunque algo más al sur); para después, en su principal curvatura, dirigirse hacia el sureste y aumentar la longitud de su lóbulo, abarcando prácticamente lo que lo hacían los dos anteriores juntos. Este desplazamiento se produce sobre todo entre 1946 y 1977, haciéndolo en 350 metros, aunque entre 1900 y 1946, ya lo había hecho 70 metros.

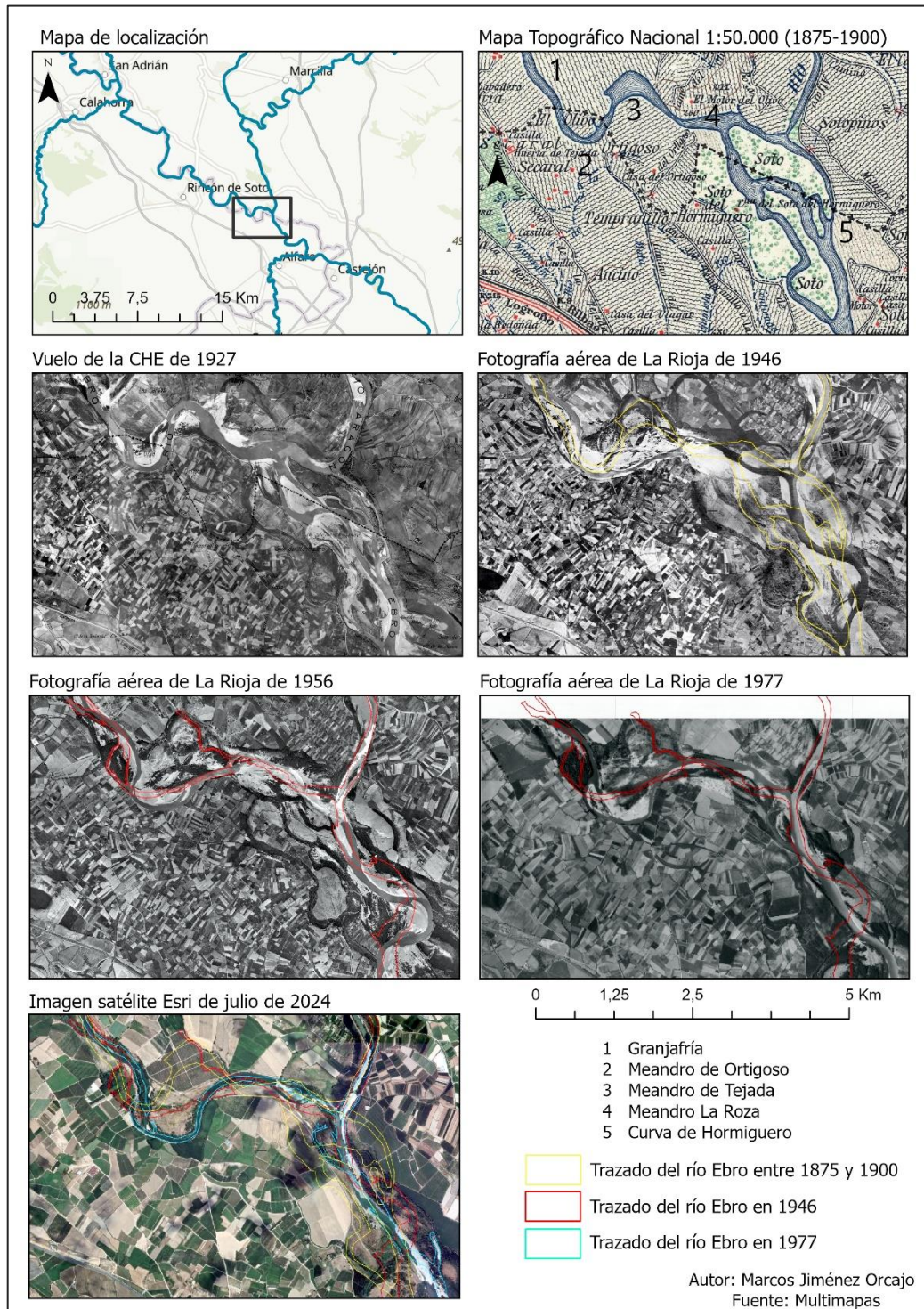


Figura 16. Cartografía de la dinámica hidromorfológica entre el meandro de Ortigos y la curva de Hormiguero. (8) Fuente: Elaboración propia.

Continuando con el meandro La Roza, apenas tiene grado de curvatura, siendo una gran curva muy abierta que enlaza con la desembocadura del río Aragón, pero que hasta 1956 apenas se apreciaba como curvatura.

Esta desembocadura ha presenciado cierta complejidad en los últimos siglos, hasta que las defensas construidas y la regularización de caudales provocaran la desaparición del trazado *braided* del Ebro en este punto, que en 1927 todavía llegaba hasta el meandro de Tabarcos extendiéndose durante 3 kilómetros. Las razones de este trenzado, según Ollero (1992), se deben tanto a un mayor caudal líquido como sólido del río Aragón, de manera que, durante las crecidas, cuando el Aragón era mayor tributario que el Ebro, se favorecía la posterior formación de estos canales (que formaban un cauce de incluso 3

km de ancho en algunos puntos), dinámica que en 1946 parece ya desaparecida, aunque no sin experimentar cambios, sobre todo en la curva del Hormiguero.

Tal era el caudal del Aragón que, en 1927 se aprecia, por el color de las aguas, que durante 600 metros discurre en su desembocadura en dirección contraria en un canal del Ebro.

Volviendo a la curva de Hormiguero, se localiza en la margen izquierda del antiguo complejo braided que el Ebro dibujaba en este sector, que terminaba a escasa distancia al sur de este punto. Tras la formación de un único canal, visible ya en 1946, en este punto, tanto en 1946 como en 1956, se visualiza la formación de este meandro que cada vez tiende más al este aumentando su grado de curvatura. Entre finales del siglo XIX y 1946 el desplazamiento del punto más alejado era de 240 metros, mientras que, en los 10 años posteriores, lo hizo en 220 metros más. El estrechamiento cada vez mayor del cuello del meandro auguraba una corta posterior, muy probablemente durante la **crecida de 1960-61**, apreciándose ya en 1977, cuando el desplazamiento hacia el este, tras la nueva dirección del río, se produce en este caso más al sur, con una gran diferencia de 550 metros más al este entre 1956 y 1977. Así, el río Ebro abandona su gran sinuosidad en este antiguo trazado trenzado, discurriendo de manera bastante recta en dirección noroeste-sureste desde la desembocadura del río Aragón.

Esta dirección termina en el meandro de Tobarcos, a partir del cual, hasta el meandro del Soto (unos 3,5 km aguas abajo en línea recta), se da el hasta ahora sector más cambiante de todo el Ebro medio, sobre todo por su gran dinámica en pleno siglo XXI y en la actualidad, no encontrando en el resto de los tramos vistos apenas migraciones del cauce desde 1977. Este tramo y su continuación hasta el puente de ferrocarril de Castejón se enmarca en las **figuras 17 y 18**.

- Meandro de Tobarcos – Confluencia del río Alhama (9).

El mencionado meandro de Tobarcos presenta un desplazamiento en el inicio de su curva debido a la variación del trazado visto en la zona de Hormiguero, pero también ha reducido su grado de su curvatura desplazándose hacia el sureste. En 1946 ya había socavado, respecto a 1927, unos 300 metros de la huerta occidental del Soto del Estajao, por lo que una de las crecidas de la **tabla 9**, así como varias de ellas han podido ser las causantes en este rango de años.

Con esta ampliación, entre Tobarcos y el Estajao se forma un gran meandro donde hasta 1927 existía un cauce trenzado, cuyo brazo izquierdo estaba ubicado 470 metros más al norte que en 1946.

A partir de 1946, la zona del Estajao es donde mayor erosión de la margen derecha se produce, para después, en 1977 haber supuesto una diferencia de 300 metros al este, cerrando esta zona del meandro a casi 90°. Las **crecidas de enero y noviembre de 1961**, así como la de **noviembre de 1966** son las que más probabilidad tienen de haber producido mayor retroceso hasta 1977; destacando ser un punto sin defensas hasta la fotografía de 1977, año en el que sí se aprecian, provocando una posterior evolución nula.

Como consecuencia, el aumento de sinuosidad en este punto provoca lo mismo en el meandro posterior, el del Soto, cuyo desplazamiento al noreste ha sido de 250 metros entre 1946 y 1977, generando una gran concavidad, con un cuello muy cerrado, y con inicio de corta en su mayor curvatura, donde ya se ha formado una isla. Finalmente, desde 1997, el brazo izquierdo queda sedimentado, circunvalando desde ese momento sólo por la corta.

La continuación hasta la desembocadura del Alhama ha variado por ese desplazamiento de la curva, haciéndolo 330 metros más al este entre 1927 y 1946; y 180 metros entre 1946 y 1977.

Llegando a la confluencia del río Alhama, cabe destacar que, en 1927, el trazado era mucho más al oeste, unos 550 metros respecto a 1946, año en el que todavía la curva era más al norte. En 1977, ésta se ha desplazado 290 metros al sur, manteniendo esa distancia en la actualidad.

La dinámica de estos dos últimos meandros es paralela a la producida por las crecidas mencionadas en la socavación del Soto del Estajao.

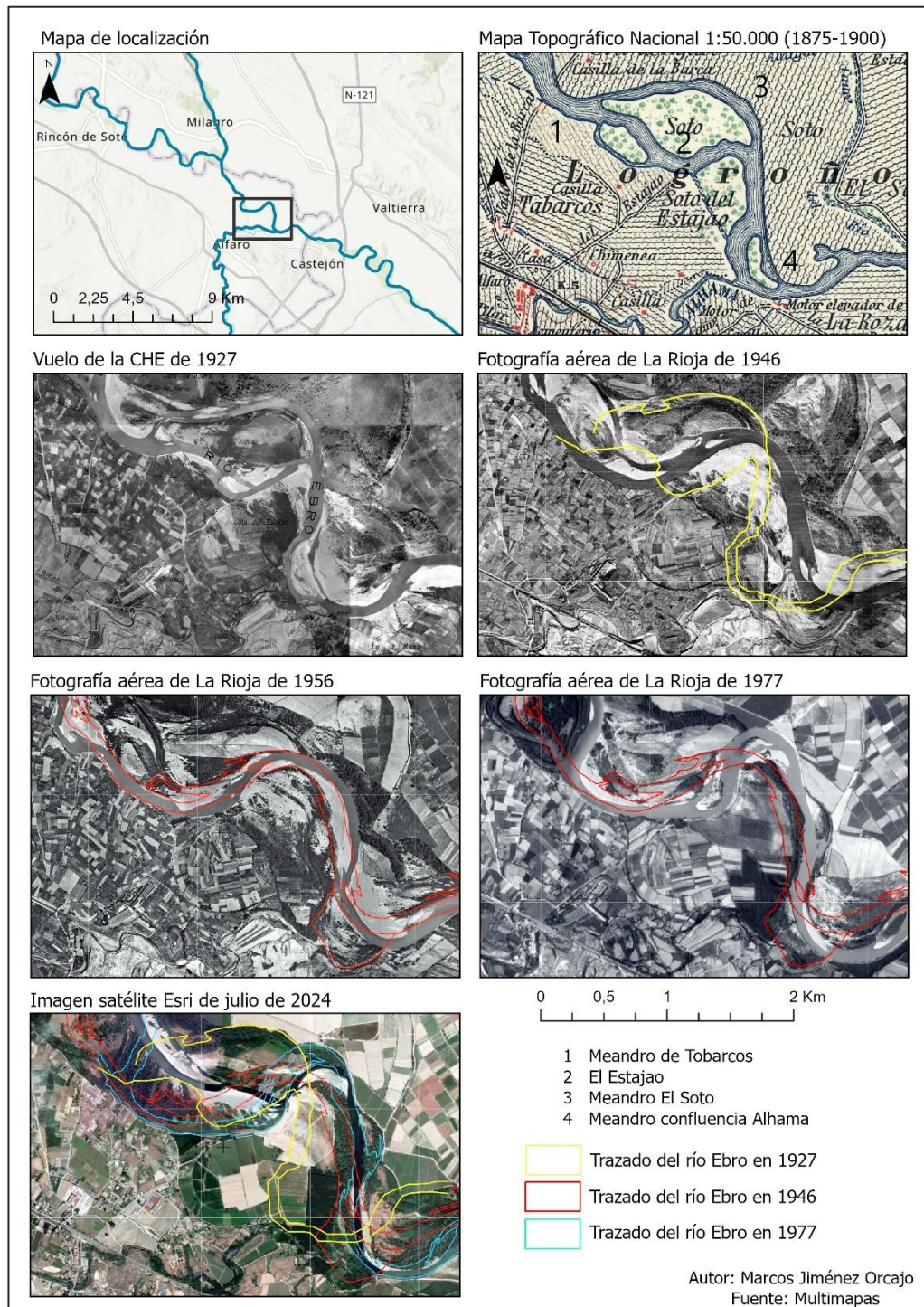


Figura 17. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Tobarcos y la confluencia del río Alhama entre 1900 y 1977. (9) Fuente: Elaboración propia.

Pero lo que más llama la atención, y no se ha recogido en otros trabajos, debido a ser éstos de la década de 1990, es la dinámica tan curiosa que ha experimentado el río Ebro en el siglo XXI, y que cada año sigue presenciando, mostrándose en **la figura 18**.

Entre Tobarcos y El Soto se presencia, como se ha comentado antes, la mayor dinámica y migración del cauce del Ebro en el siglo XXI vista hasta este punto del Ebro medio. La tendencia va a ser la desaparición del meandro de Tobarcos por la progresiva migración hacia el este del cauce que chocaba contra la margen derecha, que, poco a poco va a dejar de hacerlo dirigiéndose directamente al meandro el Soto en una dirección cada vez más oeste-este. El resultado es la formación de un galacho cada vez más alargado que está continuamente encharcado.

En la primera fotografía aérea, se muestra que, a finales del siglo XX (1997), ya había comenzado esta tendencia, debido al desplazamiento de 420 metros al este respecto a 1977 en este tramo anterior a

la curva de Tobarcos (en 1946 discurre todavía 530 más al oeste que en 1977, por lo que puede que ya se iniciaría desde mitad del siglo XX).

Ya en el siglo XXI, lo que va a suceder es el cada vez mayor aplanamiento de este cauce intentando conseguir un trazado oeste-este. Para ello, en su primer tramo desciende al suroeste, y luego se desplaza al este.

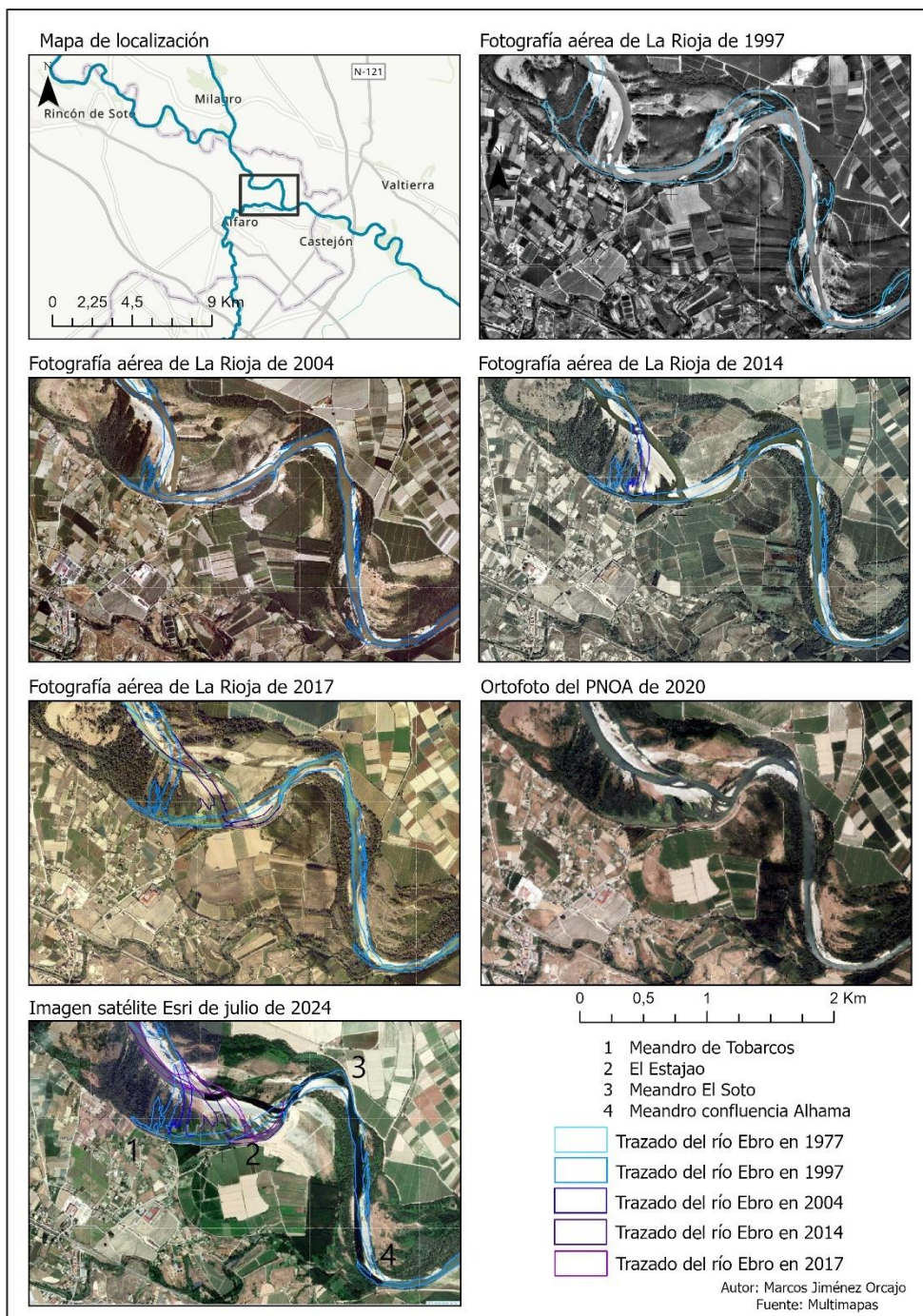


Figura 18. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Tobarcos y la confluencia del río Alhama entre 1977 y 2024. (9) Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 19** y la **tabla 10** se muestra de mejor manera esto comentado, junto con la diferencia en metros de la migración del cauce en las diferentes mediciones realizadas en base a la **figura 18**.

Lo que ha sucedido es el avance prácticamente anual del río, sobre todo en El Estajao, desplazándose cada vez más al este su confluencia con el escape de la margen derecha (3), dejando numerosos restos de barras de sedimentos con la forma de la curva.

La distancia medida para periodos tan cortos es muy elevada, evidenciando la rapidez con la que se han producido estos cambios y poniendo en evidencia lo comentado sobre el dinamismo en este punto tan concreto en pleno siglo XXI.

Es probable que crecidas caudalosas aceleren este proceso, pero, su dinamismo es tan activo, que no tienen tanta influencia, ya que, sólo tres crecidas han superado los 2.500 m³/s en el siglo XXI, las de **2003, 2015 y 2021**; y no muestran grandes diferencias con los cambios entre imágenes que no se incluyen.

Pasando al meandro el Soto, entre 1977 y 1997 ha migrado 240 metros al sureste por la menor inercia del río proveniente del Estajao.

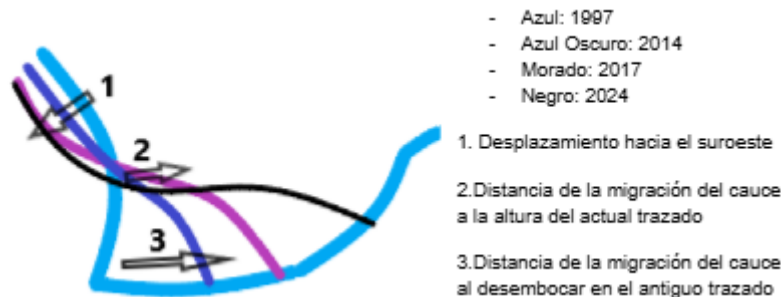


Figura 19. Esquema de la dinámica y el desplazamiento del Ebro en el meandro de Tobarcos entre 1997 y 2024. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Distancia medida en metros en las direcciones indicadas en la figura 19. Fuente: Elaboración propia.

	1	2	3
1997 - 2004	45	85	140
2004 - 2014	100	215	355
2014 - 2017	55	100	230
2017 - 2024	60	60	330
1997-2024 *	200	420	970

Cabe destacar que en el sector 1 varían bastante entre ellas las zonas donde se ha medido el mayor desplazamiento del cauce, siendo cada vez más al sur hacia la actualidad.

*La distancia no es el resultado de la suma de los anteriores años, sino el cálculo en línea recta del mayor cambio entre 1997 y 2024.

- Meandro de Castejón – Meandro de Sequeros (10).

Antes de Murillo de Limas, inmediatamente después de la confluencia del Alhama, la **figura 20** muestra el trazado entre el puente de ferrocarril de Castejón y el meandro de Sequeros (a 4 km aguas arriba de Murillo de Limas).

Antes del puente de ferrocarril de Castejón, y como muestra el límite de 1833, el río Ebro continuaba en dirección oeste-este para después dibujar un gran meandro, denominado la Deja, que se separaba 1,5 km al norte del actual recorrido. A finales del siglo XIX la corta ya se había producido, pero todavía estaba encharcado el antiguo cauce, el cual dibujaba un lóbulo de 3,5 km, dos kilómetros más que el actual trazado. La mayor crecida a la que se puede atribuir la corta es a la de **1871**, aunque, debido a la proximidad a 1900, año probablemente más cercano a la antigüedad del mapa topográfico, también cabe la posibilidad que fuera fruto de alguna de las seis comprendidas entre **1888 y 1895**, que incluso superaron los 3.000 m³/s en Zaragoza.

La imagen aérea más antigua es la de 1927, en la que, donde terminaba el antiguo meandro de La Deja, una pequeña sinuosidad forma el meandro de Soto Alto. Posteriormente, en 1946, han crecido más los meandros de Castejón y Soto Alto. El meandro de Castejón ha avanzado más de 580 metros aguas abajo (entre 1946 y 1977), aumentando la curvatura poco a poco, separándose del trazado de finales del siglo XIX en 340 metros en 1946, y en 600 en 1977. Este continuo avance promovió la colocación de

diques en la margen izquierda, sobre todo. En 2024, sin embargo, ha ocurrido lo contrario, un retroceso de 170 metros respecto a 1977, quedando una situación intermedia entre 1946 y 1977.

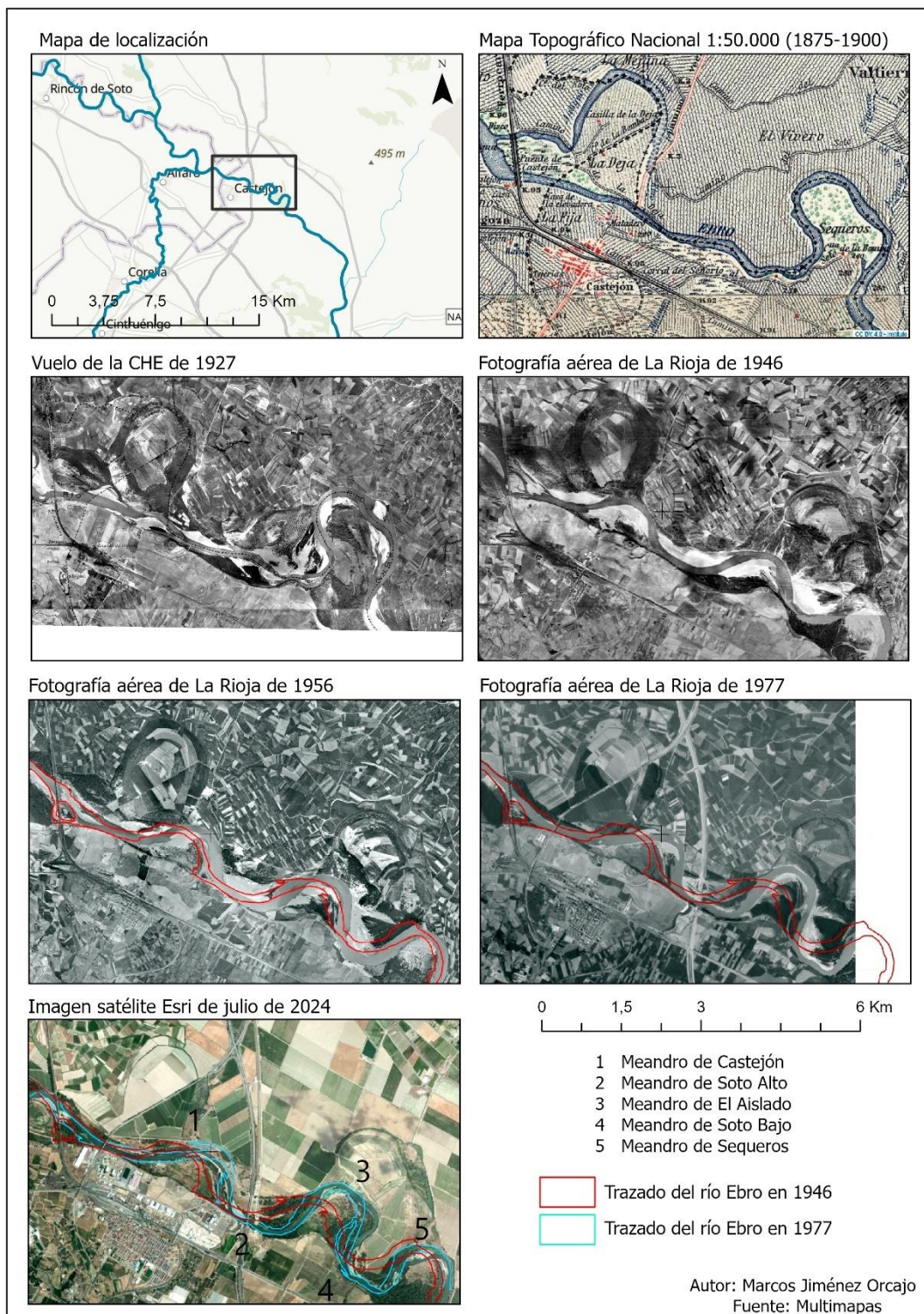


Figura 20. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre los meandros de Castejón y Sequeros. (10)
Fuente: Elaboración propia.

En el caso del de Soto Alto, ha avanzado algo menos, unos 470 metros al sureste el punto de máxima curva, separándose en 100 metros en 1946 y 285 en 1977, respecto al trazado finales del siglo XIX. Desde 1977 destaca el estrechamiento y la canalización del cauce, que ha evitado socavar los cimientos de la autopista en la margen derecha de este meandro, lo que era una tendencia clara. (Ollero,1992).

El meandro del Aislado aparece de gran tamaño en 1927, separado un kilómetro del trazado actual hacia norte y con una longitud cercana a los 3,5 km. Sin embargo, en la fotografía de 1946, ya se ha producido su corta y la formación de dos meandros sucesivos de menores características, el nuevo

Aislado y el de Sequeros más al este, dando el aspecto en 1946 de un tren de meandros similares desde el de Castejón.

La corta producida parecía atribuirse a la gran **crecida de marzo de 1930**, que superó los 3.500 m³/s. Sin embargo, según Ollero (1992), tras indagar en los archivos de la confederación, estableció que fue un proceso progresivo entre 1930 y 1936, destacando la erosión de 300 metros en la **crecida de primavera de 1934**, agravada por la inexistencia de un soto que protegiera el suelo.

Los meandros de Soto Alto y Soto Bajo avanzaron en gran medida hacia el sur y el este entre 1946 y 1956, seguramente por la corta para el cultivo de los densos sotos que se ubicaban en la margen derecha. Han aumentado su longitud de onda y disminuido su radio de curvatura. En el caso del Soto Bajo, se ha producido desplazamiento de 300 metros al sur en la zona de mayor curvatura entre 1946 y 1977. En el anterior, El Aislado, se ha desplazado 500 metros al noreste.

El avance de los meandros producido en 1977 es prácticamente lo que llega hasta 2024, frenando la dinámica por la protección de las márgenes. Sólo varía el meandro El Aislado, que genera un nuevo vértice en su parte este deformando esta parte del meandro, para después retomar su anterior trayectoria. En 1984 ya se apreciaba este desvío, que actualmente es de 210 metros al este, encontrándose estabilizado por muros de hormigón en 1986 (Ollero, 1992)

En el meandro de Sequeros también se ha producido una pequeña corta, pero sólo en la zona de máxima concavidad, deformando también el meandro, cuya curva principal migra 230 metros al sureste. La terminación del meandro se ha separado 100 metros al este entre 1946 y 1956. En el siglo XIX, el trazado norte-sur más cercano era la terminación del antiguo meandro El Aislado, a 500 metros al oeste.

4.2.3. Tramo Confluencia del río Huecha - Desembocadura del río Gállego

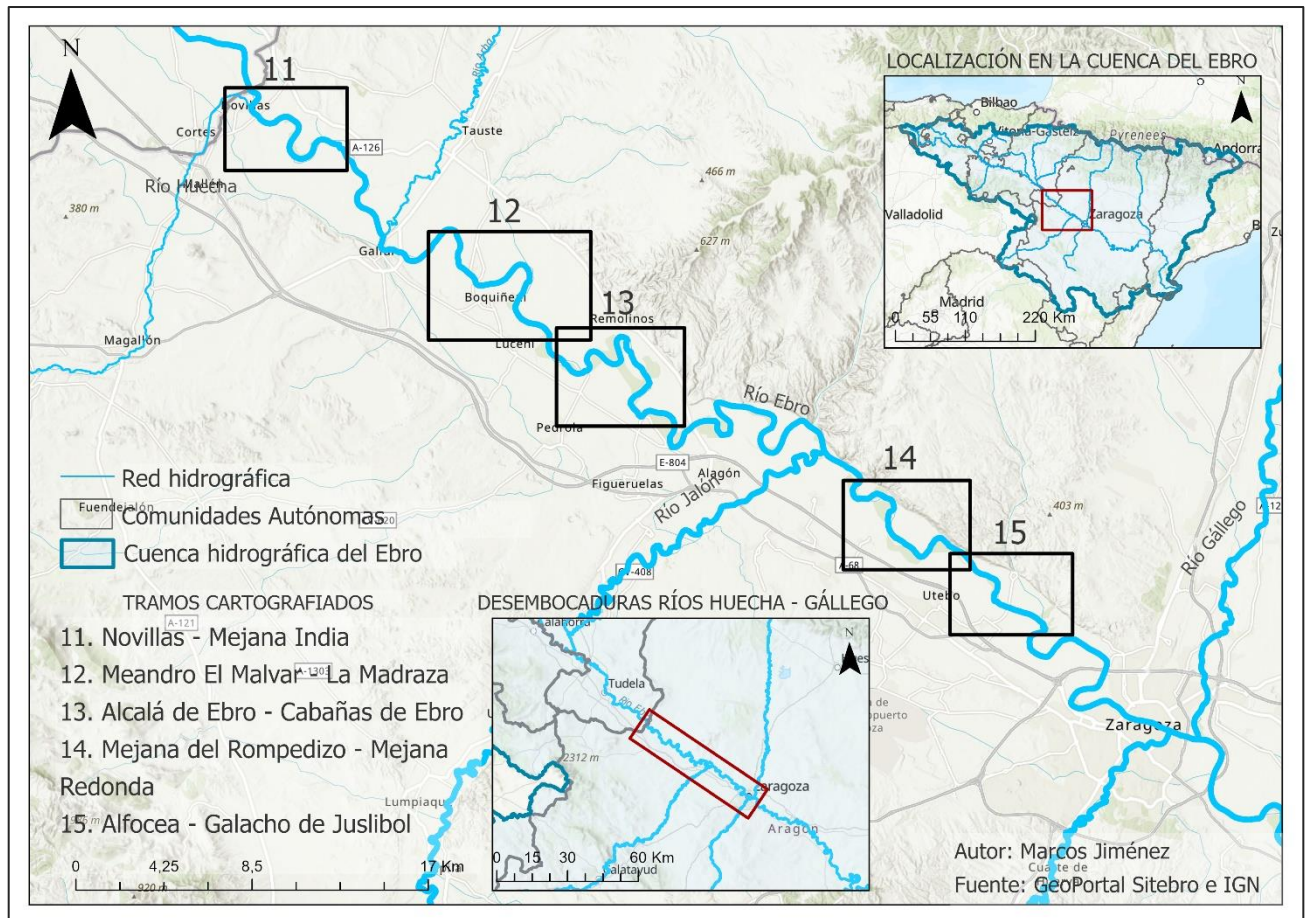


Figura 21. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la confluencia del río Huecha y la Desembocadura del río Gállego. (11-15). Fuente: Elaboración propia.

Este tramo aragonés del Ebro medio, desarrollado entre la confluencia del río Huecha (Novillas) y la confluencia del río Gállego en el Ebro (Zaragoza) tiene una longitud del valle de unos 54 km; y en 1981, el cauce discurría en este tramo durante 95,5 km (Ollero, 1992), lo que generaba un índice de sinuosidad medio bastante elevado. de 1,77 por encima de la media (1,505), dada la amplia llanura de inundación que alcanza su máximo entre Remolinos y Pedrola, siendo el sector más sinuoso de todo el Ebro medio en grandes tramos visto hasta este punto.

Se caracteriza por el destacado desarrollo de meandros, en ocasiones muy seguidos y con amplitudes similares, que han tenido una dinámica reciente muy interesante.

Se empiezan a encontrar cortas de extensas dimensiones, al igual que migraciones del cauce que a partir de Remolinos choca interrumpidamente en su margen izquierda con el escarpe margo-yesífero.

Esta gran sinuosidad y dinámica es en parte causa de la baja pendiente, siendo el tramo Gallur-Sobradiel el de menor pendiente de todo el Ebro medio.

Son 229 m³/s de módulo en Zaragoza (1950-2020), muy similar al de Castejón, debido a los escasos aportes que recibe desde la confluencia del Aragón, siendo el Huecha (1 m³/s), el Arba (7 m³/s) y el Jalón (5 m³/s) los únicos, y hay que contar ciertas derivaciones para regadío, aunque mucho mayores en el anterior tramo, y la pérdida por evaporación en los meses estivales.

En cuanto a las crecidas, se suelen corresponder con las de Castejón, ya que, no hay un afluente importante que pueda variar esto. Sin embargo, el caudal punta de éstas suele ser menor contra más próximo a Zaragoza, por la progresiva pérdida al inundar campos de cultivo, por lo que los valores registrados en Zaragoza serán algo menores, pero con la misma afección que aguas arriba.

Tabla 11. Crecidas entre 1900 y 2024 superiores a 2.250 m³/s en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Afors y Ollero et al. (2021).

Fecha	m ³ /s	Fecha	m ³ /s
18/11/1906	3.030	16/12/1959	2.810
16/12/1906	2.525	16/12/1959	2.790
10/04/1908	<2250	02/01/1961	4.130
06/02/1910	>2500	16/11/1961	2.570
07/12/1926	3.775	20/12/1962	2.390
13/03/1930	3.500	23/01/1965	2.395
17/12/1930	3.300	14/12/1965	2.260
17/02/1931	2.250	12/11/1966	3.154
/10/1937	3.000	06/01/1968	2.494
/12/1937	2.470	16/06/1977	2.437
08/01/1939	3.058	05/02/1978	3.154
26/01/1941	3.150	16/01/1979	2.581
05/02/1952	3.260	19/01/1981	2.940
13/02/1954	2.470	11/12/1992	2.301
29/05/1956	2.744	02/03/2015	2.448
	1900-1927		1927-1946
	1946-1956		1956-1985

- Novillas – Mejana India (11).

Este sector comienza en la Mejana de Santa Isabel, justo en la frontera navarra-aragonesa, donde el Ebro describía un marcado meandro antes de entrar en Novillas, como muestra el trazado de 1927, 460 metros al norte del de 1956, cuya dinámica reciente aún lo ha desplazado 200 metros al sur. Con esto, de manera bastante progresiva y sin hacer una corta brusca alguna de las crecidas más importantes, como podrían ser las de **1930**, la de **octubre de 1937**, la de **enero de 1941** (pudo provocar gran cambio entre 1927 y 1945 ante la ausencia de vegetación en el cauce abandonado en 1946, y ésta es la más cercana), la de **febrero de 1952** o la de **1960-1961**; el río ha ido discurriendo de manera menos directa

contra Novillas, quedando pegado al escarpe de la terraza sobre el que sea sienta la población 225 metros aguas abajo que en 1927, destacando la formación de un cauce trenzado a la altura de Novillas y la desembocadura del modesto río Huecha.

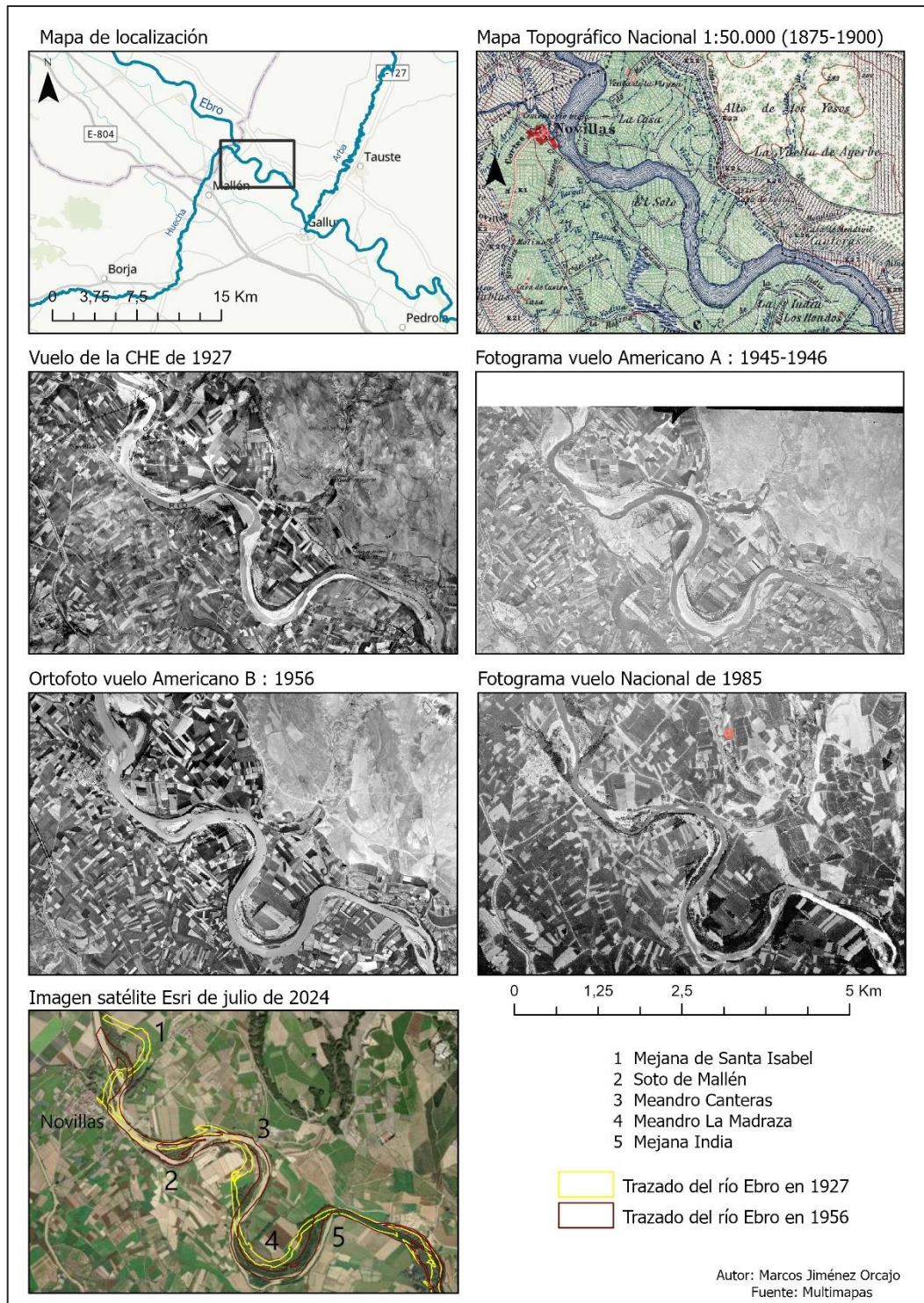


Figura 22. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre Novillas y la Mejana India. (11).

Fuente: Elaboración propia.

En 1946 parece tener una situación intermedia entre 1956 y 1927, que, según Ollero (1990), era similar a la de 1880, aunque en el mapa que data hacia 1900 ya se presupone ese meandro tan al norte como en 1927.

Tras la desembocadura del río Huecha y la salida del río de Novillas, el Ebro discurre hacia el sureste (Soto Mallén), para después iniciar un doble meandro de características muy perfectas de acuerdo a los modelos de meandros, los de Canteras y La Madraza.

El primero mira hacia el noreste y el segundo hacia el sur, experimentando una dinámica entrelazada entre 1927 y 1956. Ambos han aumentado su longitud de cuello, desplazándose 200 metros al noreste en el de las canteras y 190 metros al sur en el de La Madraza, ya que, el desplazamiento del primero conlleva la continuación en el siguiente. En su zona este, el meandro de Canteras se ha llegado a desplazar 270 metros al este, provocando también x metros en el de la Madraza en su misma zona. Cabe destacar, que, en este segundo, su desplazamiento ha continuado desde 1956, aumentando esa distancia a 210 metros al sur en la zona de máxima convexidad y 80 metros al este en el este del lóbulo (en 1985 ya se apreciaban estos desplazamientos).

A la salida del meandro de la Madraza, en la Mejana India, el río choca contra el escarpe de la margen izquierda, iniciando esta vez un recorrido bastante recto hasta girar levemente en una zona trenzada con varios brazos presentes en todas las imágenes e incluso en la actualidad, aunque esta vez, con un soto mucho más maduro y consolidado.

En el choque nombrado de la Mejana India, en 1927 era mucho más suavizado, pero el desplazamiento hacia el este de esta zona del lóbulo de la Madraza ha provocado el aumento del grado de curvatura en este punto, desplazándose también 100 metros. Actualmente también se ha desplazado 125 metros al este desde 1956.

Otras crecidas que Ollero (1992) destaca por sus afecciones a Novillas y este sector, fueron las de **enero de 1871, marzo de 1888, febrero de 1931, primavera de 1934, octubre de 1953, abril de 1975 y diciembre de 1982.**

- Meandro El Malvar – La Madraza (12).

A escasos kilómetros aguas abajo, tras superar la población de Gallur, se vuelve a dar otra zona de destacados meandros, así como otra población, al igual que Novillas, muy expuesta a la subida de nivel del río, como es Pradilla de Ebro.

Comienza en el meandro El Malvar, de cerca de 2 kilómetros de longitud, cuya dinámica en este siglo parece haber sido mínima, aunque, según Ollero (1992), anteriormente sí la tuvo, ampliando el lóbulo hasta las dimensiones actuales, cuando destaca la estrechez del cauce.



Figura 23. Comparación del trazado de 1796 y 2024 entre Pradilla y Cabañas de Ebro. Fuente: Oficina de Planificación Hidrológica

Entre el siguiente meandro de similares características, el de Carladero, se encuentra el meandro de Pradilla, de escaso grado de curvatura, aunque sí de gran amplitud. Anterior a las imágenes más

antiguas disponibles (aunque en ellas ya se intuye), la gran sinuosidad de los meandros de El Malvar y Carladero también tenía entre medio, aunque hacia la margen derecha, el meandro de Los Fornazos, un meandro convexo con gran grado de curvatura, ubicado 1,5 km más al suroeste que al cauce actual, adosado al talud de la margen derecha, y cuyo trazado era de x metros.

Los términos municipales de 1833 intuyen su presencia, aunque no se sabe si ya se habría producido la corta en ese año. Según el mapa del Ebro de 1796 (**figura 23**), debió ser **anterior a finales del siglo XVIII**, ya que, aparece en ese año ya producida, aunque marcada.

Éste debía amenazar la población de Boquiñeni, muy expuesta también a las crecidas del Ebro, y cuyo núcleo está rodeado al sur por un antiguo meandro, muy anterior al de los Fornazos, pero cuyo nivel topográfico más bajo influye en la subida del freático en las crecidas.

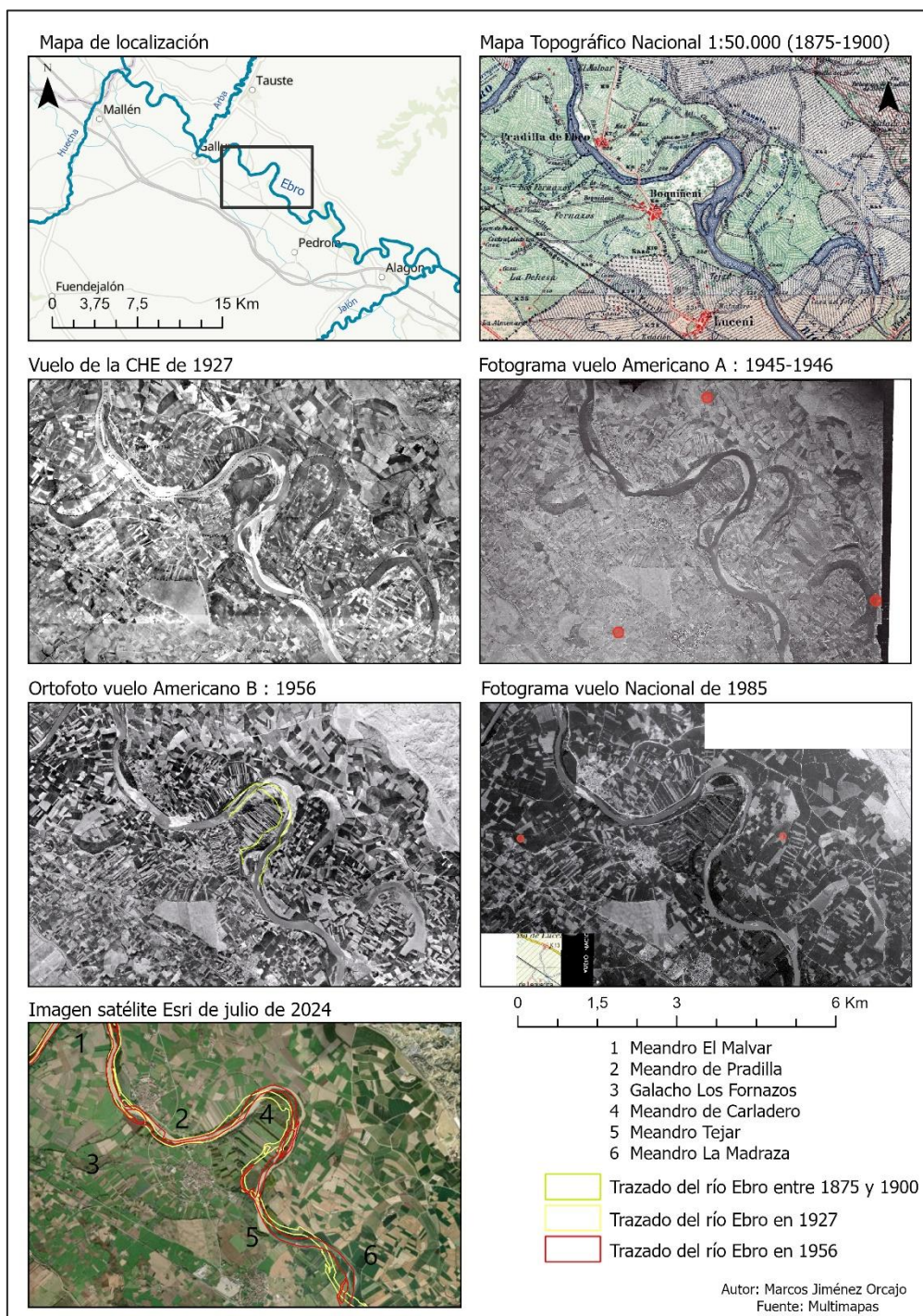


Figura 24. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro El Malvar y La Madraza. (12).

Fuente: Elaboración propia.

Llegados al meandro de Carladero, presenta una mayor dinámica en su zona de mayor concavidad, siendo éste ampliado en el último siglo. Primero, se desplazó 95 metros al este entre 1927 y 1956, para ser 110 metros más hasta 2024. En su punto de curvatura, se ha desplazado 170 metros al noreste, haciéndolo 160 metros entre 1956 y 2024. Los restos al oeste de un meandro similar abandonado, son consecuencia de otro antiguo meandro sin ninguna relación a este, que, a pesar de su simetría, su corta es anterior a 1796, cuando el meandro de Carladero era más pequeño y al oeste.

Pero donde más ha cambiado el meandro, es a la salida de éste, dejando el cauce de 1927, que circulaba hacia el interior, 310 metros al oeste, incluyendo la formación de una isla en este punto.

Su afección al meandro de Tejar es el aumento de su grado de curvatura, desplazándose 150 metros al sur en su punto de mayor curvatura, generando un recorrido más recto que afecta a la siguiente curvatura, desplazando la curva al este, separándose el cauce 160 metros al noreste en el actual meandro de La Madraza.

Sin embargo, a principios del siglo XIX, y como se ve en las diferentes imágenes, sobre todo en el mapa de 1900, el tren de meandros El Malvar, los Fornazos y Carladero, continuaba con gran sinuosidad en el antiguo cauce de La Madraza, separado actualmente 2 km al norte en su punto de mayor curvatura, dibujando un trazado de 4 km respecto a la actualidad. Como se aprecia en el mapa de 1796, al igual que el de Fornazos, ya se había producido la corta en ese año

Ante el abandono de estos cauces a mediados del siglo XVIII, las **crecidas de diciembre de 1739 y junio de 1755** son las más importantes que pudieron ocasionarlos.

Por otro lado, la localidad de Pradilla es un punto de riesgo notable, dada las innumerables ocasiones que el núcleo ha quedado inundado y aislado, destacando las avenidas de **febrero de 1643 y enero de 1871**. Durante el siglo XX, en **marzo de 1930** también se data el aislamiento de la localidad, destruyendo en posteriores crecidas las defensas construidas, que tampoco sirvieron en la gran crecida de **diciembre-enero de 1960-1961**, cuando tuvo que ser evacuado. Además, estas crecidas también han producido erosiones en la margen izquierda donde se sitúa, a pesar de la convexidad del meandro y su tendencia a erosionar más la margen derecha, quedando a tan sólo 14 metros de las casas en la **crecida de marzo de 1978** (Ollero, 1992).

Recientemente, en la **crecida de marzo de 2015**, también se desalojaron Pradilla y Boquiñeni.

- Alcalá de Ebro – Cabañas de Ebro (13).

Continuando con las poblaciones en riesgo de inundación y afectación del río Ebro, la cartografía x recoge dos de las más destacadas del Ebro medio, como son Alcalá y Cabañas de Ebro; la primera de ellas aún más curiosa por como el río ha cambiado su trazado aumentando la cercanía a ésta, es decir, concentra todos los objetivos de este trabajo, agrupando crecidas históricas, cambios de trazado y poblaciones en riesgo.

La mitad del trazado recogido en esta cartografía ha presentado una gran variabilidad, siendo uno de los puntos más cambiantes e interesantes entre 1927 y la actualidad que se han visto hasta ahora, presentando a su vez una sinuosidad muy alta, aunque disminuyendo las dimensiones de los meandros.

Tras la salida del anterior meandro de La Madraza, el meandro de Ladrillo y la Mejana continúan con una dirección noroeste-sureste. Pero a partir del segundo, la pequeña terraza o escarpe donde se sitúa Alcalá y que continua hacia el norte, provoca el cambio de dirección hacia Remolinos.

Todo este tramo es muy cambiante entre 1927 y 1956, provocando la migración del trazado y los meandros aguas abajo manteniendo e incluso aumentando la sinuosidad. El meandro de Ladrillo se ha separado 500 metros aguas abajo, al igual que el de La Mejana, en 960 metros, chocando en este caso contra la población de Alcalá, asentada en un punto alejada en cierta medida del Ebro desde por lo menos mitad del siglo XIX, separada en 540 metros en 1927, pero que, debido a las crecidas entre 1927 y 1956, la tendencia ha sido progresiva a acercarse al núcleo, distanciándose en tan sólo 66 metros en 1946 en el punto más cercano al norte y 50 metros en 1956 en la zona oeste, para ya, en 1985, estar ya totalmente

adosada al dique que actualmente protege la erosión de la margen donde se asienta. En los últimos años se ha creado la estrategia de crear un brazo secundario al norte para desaguar parte del caudal e intentar incidir en este, generándose a escasos metros del antiguo cauce de 1927. Se está intentando una corta forzada a 370 metros.

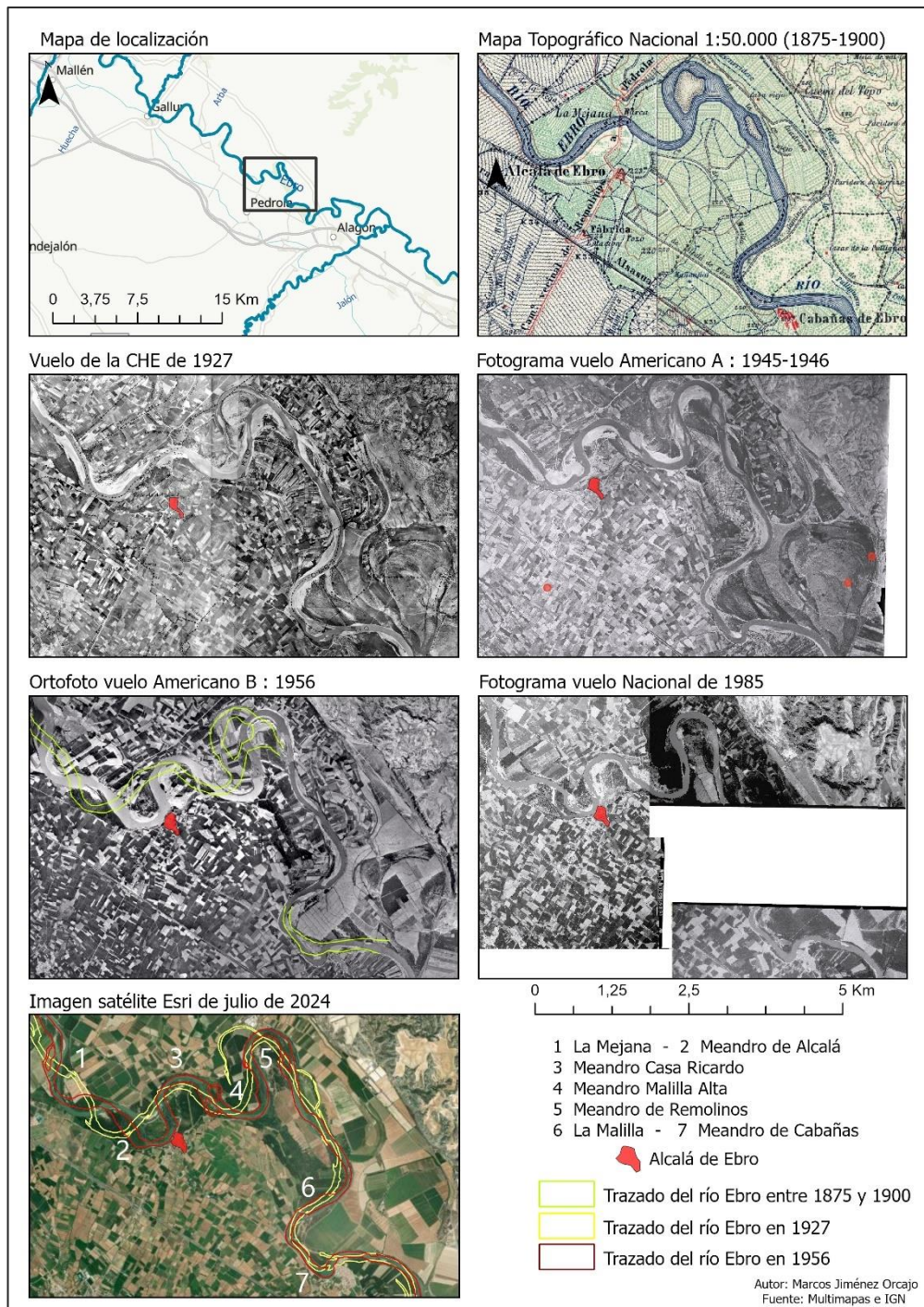


Figura 25. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro Alcalá y Cabañas de Ebro. (13).
Fuente: Elaboración propia.

Este desplazamiento continúa en los siguientes tres continuos meandros, siendo de 150 metros al norte en el de Casa Ricardo, 300 metros al este en el de Malilla Alta; y 560 metros al este en el de Remolinos de 1900 a 1927; y 150 metros al norte de 1927 a 1956. Este último es algo más complejo, disponiendo de su trazado en torno a 1900 con el primer mapa, momento en el que existía un cauce desdoblado con uno de ellos siendo la corta, que evolucionaría al trazado posterior de 1927, amenazando en menor medida a Remolinos, aunque posteriormente avanzó al norte.

Anteriormente, con restos muy antiguos claros en la fotografía de 1927, parecería continuar este tren de meandros con otro ubicado a la salida del de Remolinos, pegado al escarpe a varios kilómetros

al sureste, pero ha sido sustituido por un tramo recto que gira ligeramente en la Malilla, cuya curva ha aumentado 190 metros al este, para generar después la sinuosidad de Cabañas, otra población con un talud en contacto con el río, que al igual que Alcalá, ha aumentado su contacto con él en el último siglo, ya que, hasta 1927, sólo chocaba contra la zona norte del núcleo, para aumentar al oeste también desde 1946, erosionando 130 metros al sur y creándose una gran curva que antes era un tramo recto. A la salida de Cabañas, el río se ha desplazado 100 metros al norte.

A lo largo de este sector el cambio de trazado del Ebro ha sido bastante destacado, dándose en la mayoría de casos en forma de desplazamientos de los meandros. Estos cambios parecen concentrarse, sobre todo, entre 1927 y 1946, siendo a partir de este año mínimos salvo en Alcalá de Ebro. Tales desplazamientos debieron darse de manera prolongada en el tiempo al encontrar el río puntos de debilidad, que seguro fueron ayudados por grandes avenidas que tuvieron lugar en este escaso lapso de tiempo.

La primera gran crecida desde el vuelo de 1927 es la del **13-15 de marzo de 1930**, en la que se datan ciertos daños en la ribera alta del Ebro, como el aislamiento de Pradilla de Ebro o la inundación de las calles bajas de Cabañas de Ebro, en la que también se produjo una socavación cercana al núcleo, temiendo una posible corta que aislara la localidad en una isla.

En ese mismo año, en **diciembre**, otra crecida de similares características produjo daños en las huertas, provocando seguramente socavaciones en el desplazamiento de los meandros, como ya se han datado aguas en otros puntos del Ebro medio.

Las crecidas de **octubre de 1937**, **diciembre de 1937** (se datan daños en Novillas), **enero de 1939** y **enero de 1941**, superaron los 3.000 m³/s (salvo en diciembre de 1937), ayudando a esa progresiva erosión en un periodo muy dinámico.

Por último, las crecidas que probablemente terminaron de adosar el río Ebro al núcleo de Alcalá en los diez años posteriores, fueron las de **febrero de 1952** (ya mencionada como determinante en algunos puntos, siendo la última que superó los 3.000 m³/s hasta la de 1961) y la de **febrero de 1954**; y si todavía no se había producido anterior al verano de 1956, a **finales de mayo** de ese año hubo otra muy caudalosa. Sin embargo, con casi total seguridad, según Ollero (1992), que la causante fue la de 1952, debido a la solicitud urgente del alcalde de proteger la margen en ese mismo año.

Junto con Cabañas, son dos núcleos que tienen un riesgo muy elevado, no tanto de inundación, sólo posible en crecidas extraordinarias debido a situarse 3 metros por encima del cauce en el primer nivel de terraza; sino más por la erosión de la margen en la que comienzan inmediatamente las casas. Numerosas obras de defensa parecen desde 1964 haber frenado esta tendencia.

- Mejana del Rompedizo – Mejana Redonda (14).

Entre los municipios de Torres de Berrellén y Utebo, se ha destacado un tramo de cierta variabilidad en el último siglo, a pesar de la gran amplitud de los meandros que conforman este tramo de río de unos 9 kilómetros.

La Mejana del Rompedizo, a pesar de la simplicidad de su cauce actual, la superposición de trazados antiguos indica una gran complejidad en este punto, con la existencia de varios brazos funcionales que daban una anchura máxima de 470 metros en 1927 y 630 en 1956 (tras desplazarse la margen izquierda 160 metros al este). A partir de 1985, parece existir un único brazo, que, posteriormente, se ha desplazado en una zona más meridional, 180 metros al este.

Este desplazamiento al este ha repercutido en la posterior curva, desplazándose al sur 190 metros entre 1927 y 1956; y 65 entre 1956 y 2024.

La dinámica prosigue en el meandro de Candespina, desplazado 290 metros al noreste en su punta de máxima concavidad entre 1927 y 1956, continuando la erosión a partir de este año, pero con más incisión aguas abajo, donde la diferencia hasta 2024 es de 115 metros.

Terminando este perfecto dinamismo de los desplazamientos de un río, siendo de manual la evolución a lo largo de los años y la influencia en el posterior meandro; se llega al Chopar, donde el río ha

ido incidiendo en esta margen derecha, 250 metros en 1956 respecto a 1927, y 110 adicionales hasta 2024.

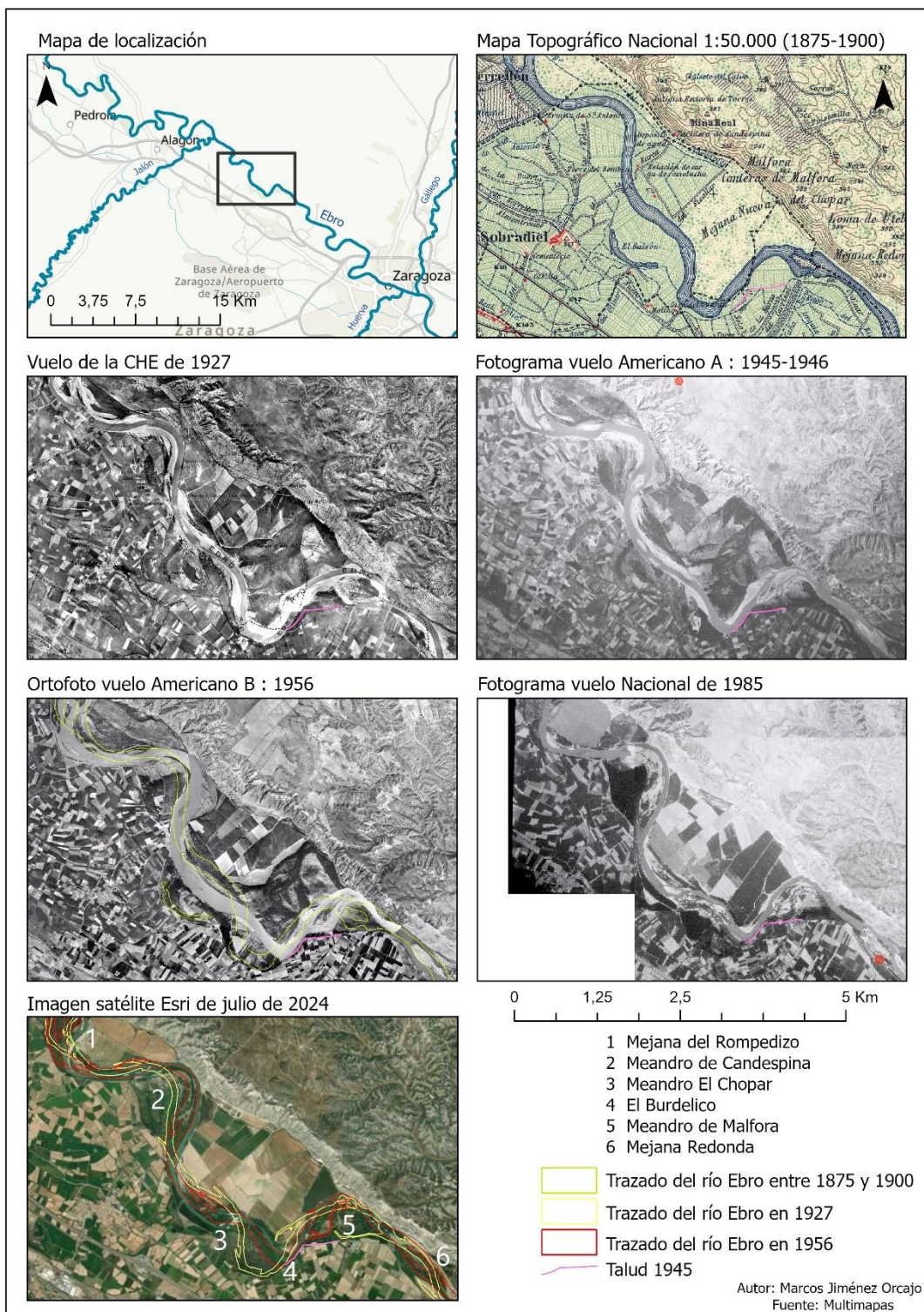


Figura 26. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre la Mejana del Rompedizo y la Mejana Redonda. (14). Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el escarpe reforzado del Burdelico termina esta dinámica, ya que, sin impedimento, el cauce de 1956 le correspondería por la dinámica que llevaba incidir en esa margen más al este, pero se frena ahí, coincidiendo con el cauce de 1927, por la escollera ubicada en la orilla.

En este punto, a principios del siglo XX, el río dibujaba un meandro de cierta convexidad que se acercaba a las poblaciones de Casetas y Utebo, estando 275 metros más al sur que en 1956 y 170 metros más sobre el actual.

Aguas arriba, en la zona del Chopar, el río ha ido creando un trenzado en un punto bastante dinámico en el siglo XXI. Su anchura máxima es de 110 metros y su tendencia es erosionar la margen derecha intentando tomar un trazado recto hacia El Burdelico (aunque lo que provoca es un giro brusco en su brazo derecho), Lo hace dejando islas, habiendo erosionado un máximo de 240 metros hacia el sureste entre el 2003 y 2024.

El talud de 1946 muestra como el río ha llegado hasta El Burdalico en ese año, y ya no ha avanzado más hacia el este, desplazándose eso sí hacia el norte el meandro de este punto, donde dibuja una curva muy cerrada.

En su derivación hacia el norte, el escarpe del Castellar, ha experimentado una gran dinámica reciente en la zona de Malfora. A comienzos de siglo XX los mapas e imágenes disponibles nos describen una curva menos cerrada que la actual, chocando aguas abajo con el escarpe, y formando una gran isla que parece ya adosada al brazo derecho en 1927, perdiendo este su funcionalidad en aguas bajas y su progresivo acercamiento al escarpe del río. En 1945 y 1956, la isla pasa a formarse antes de tomar la curva, con dos brazos bien definidos y activos, siendo finalmente el izquierdo el que en 1985 queda funcional.

Por último, en la Mejana Redonda, destaca la formación de una gran isla, ya intuible en 1946, pero que, hasta 1956, no se aprecia con claridad, siendo el brazo derecho el principal en este año, para progresivamente colmatarse, generarse una gran isla, y ser el izquierdo el principal, ya desde 1985.

Una crecida muy importante en este sector fue la de **1874**, en la que se data el avance hacia el sur del meandro de Chopar, responsable de la gran incidencia mostrada en este punto en 1927, cuya dinámica posterior, probablemente por cortas artificiales, lo desvían hacia el norte, dadas las afecciones que se producían en las huertas de Casetas y Utebo, de las que se tienen referencia como en la crecida del **17 de febrero de 1906**.

Por destacar otras, como en el resto del Ebro medio, las de **enero de 1871, marzo de 1930 y diciembre-enero de 1960-1961**, afectaron gravemente al sector, haciéndolo con especial importancia en El Burdelico, uno de los principales puntos de riesgo en los que el río incidiría en ausencia de defensas.

- Meandro de Alfocea – Galacho de Juslibol (15).

La siguiente cartografía continua al abandonar el río la Mejana Redonda, describiendo actualmente un trazado paralelo al escarpe aunque no adosado a él, mientras que, anterior a 1946 giraba hacia el sur 140 metros para después describir el meandro de Alfocea, pegado al escarpe 450 metros al norte respecto a la actualidad (1,4 km de meandro frente a los 780 de cauce recto) girando hacia el sur 260 metros más al oeste que en 1956 en la curva de Esponera, repercutiendo en el meandro de Monzalbarba, sobre todo por la diferencia actual de 100 metros más al este que en 1956.

La corta parece reciente a 1946, creando a su vez otro brazo en la margen derecha y una extensa superficie de sedimentos todavía sin colonizar. Muy probablemente las **crecidas de 1930** fueran las responsables, datándose en la de **diciembre** daños en Juslibol, pero como se ha comentado y se ve en la **tabla 11**, no se puede saber con seguridad cuál de todas las comprendidas en este periodo, de gran magnitud, fue la causante.

Posteriormente, en la crecida de **diciembre-enero de 1960-1961** se produjo un inicio de corta en su huerta que no prosperó.

A la salida de Monzalbarba, comienza uno de los puntos más destacados y famosos de la dinámica reciente del río Ebro en su tramo medio, el actual Galacho de Juslibol, muy próximo a la ciudad de Zaragoza.

A finales del siglo XIX existía en este punto un meandro con un gran lóbulo que chocaba en su zona cóncava con el escarpe de yesos, dibujando un arco de 3,4 km hasta proseguir por donde lo hace actualmente. La siguiente imagen, la de 1927, evidencia un estrechamiento de este meandro, sobre todo

en su zona oeste, desplazándose un máximo de 500 metros al este en algún punto, sin hacerlo apenas en su terminación noreste-suroeste. La longitud del meandro se ha reducido en 400 metros.

En 1946 el estrechamiento ha continuado, haciéndolo 300 metros más en esa zona oeste, aunque en la zona del escarpe sólo de 190 metros, por lo que la posible corta se evidenciaba que iba a producirse en la mitad del meandro, como se aprecia en el vuelo americano de 1956. En la zona este del meandro destaca la formación de una isla y el leve desplazamiento hacia el este de unos 100 metros (aún sería sino mayor el estrechamiento).

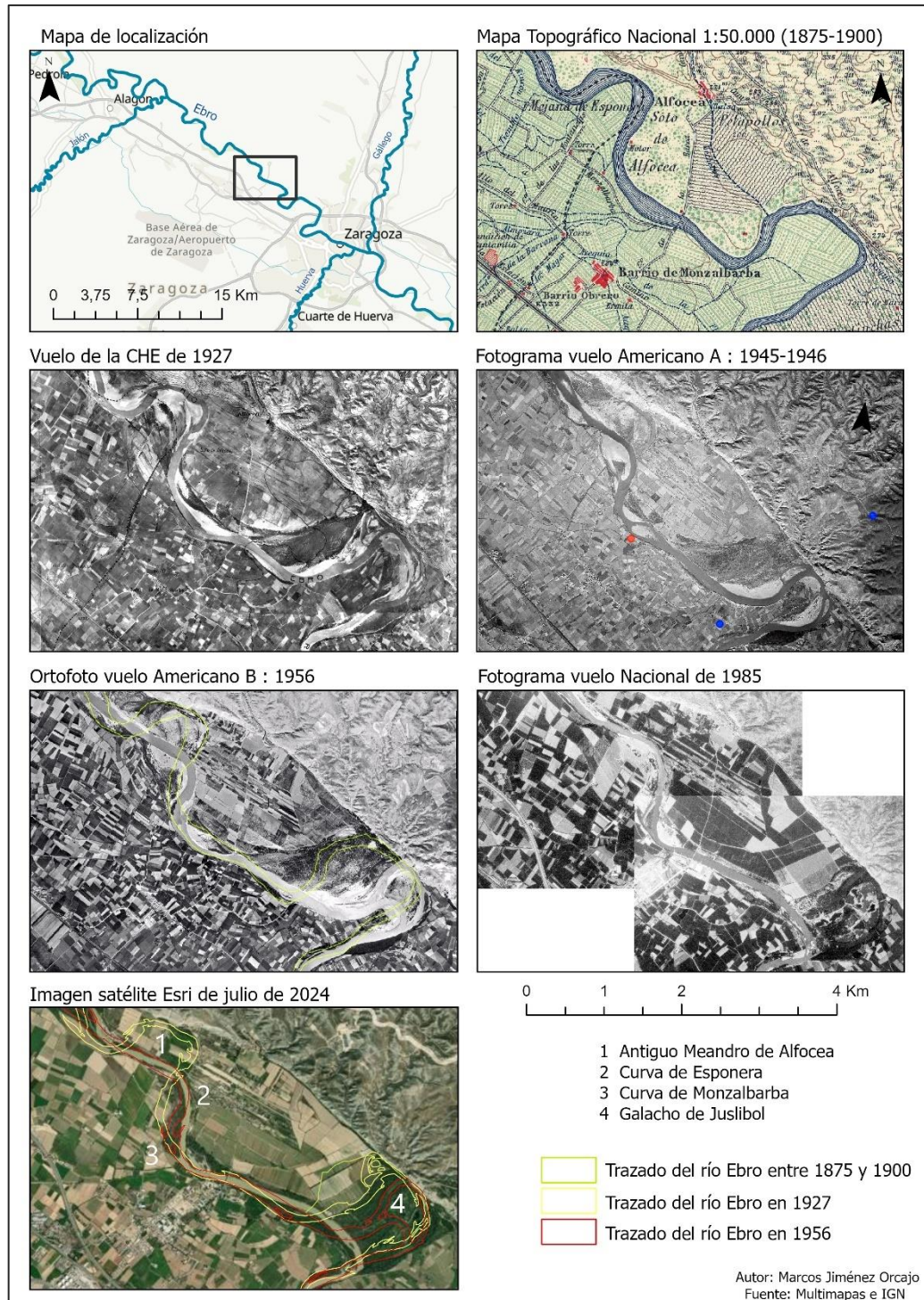


Figura 27. Cartografía de la dinámica hidromorfológica entre el meandro de Alfoccea y el Galacho de Juslibol. (15). Fuente: Elaboración propia.

Como se comentaba, entre 1946 y 1956, muy probablemente por la **crecida de febrero de 1952** (Ollero, 1992), en torno a la mitad del meandro, dada su progresiva estrechez, el río ha formado un cerrado meandro de 1,3 kilómetros al cortar, aunque todavía funcional en este año, el meandro contra el escarpe de aproximadamente 2,8 kilómetros.

Sin embargo, poco duraría este trazado, muy estrangulado, de apenas 400 metros de amplitud de eje (Ollero, 1992), ya que, 5 años más tarde, en la **crecida de enero de 1961**, la última de mayor caudal hasta ahora (más de 4.000 m³/s), el río creara una corta total por el principio de su cuello (*neck cut-off*), dibujando un cauce recto (120 metros más al norte en algún punto) desde la curva de Monzalbarba hasta la terminación del antiguo meandro cuando gira al suroeste.

El resultado es la formación de un conjunto de balsas, tramos encharcados y un soto densamente poblado que se conoce como el Galacho de Juslibol.

4.2.4. Tramo Desembocadura del río Gállego – Presa de Alforque (próxima a La Zaida)

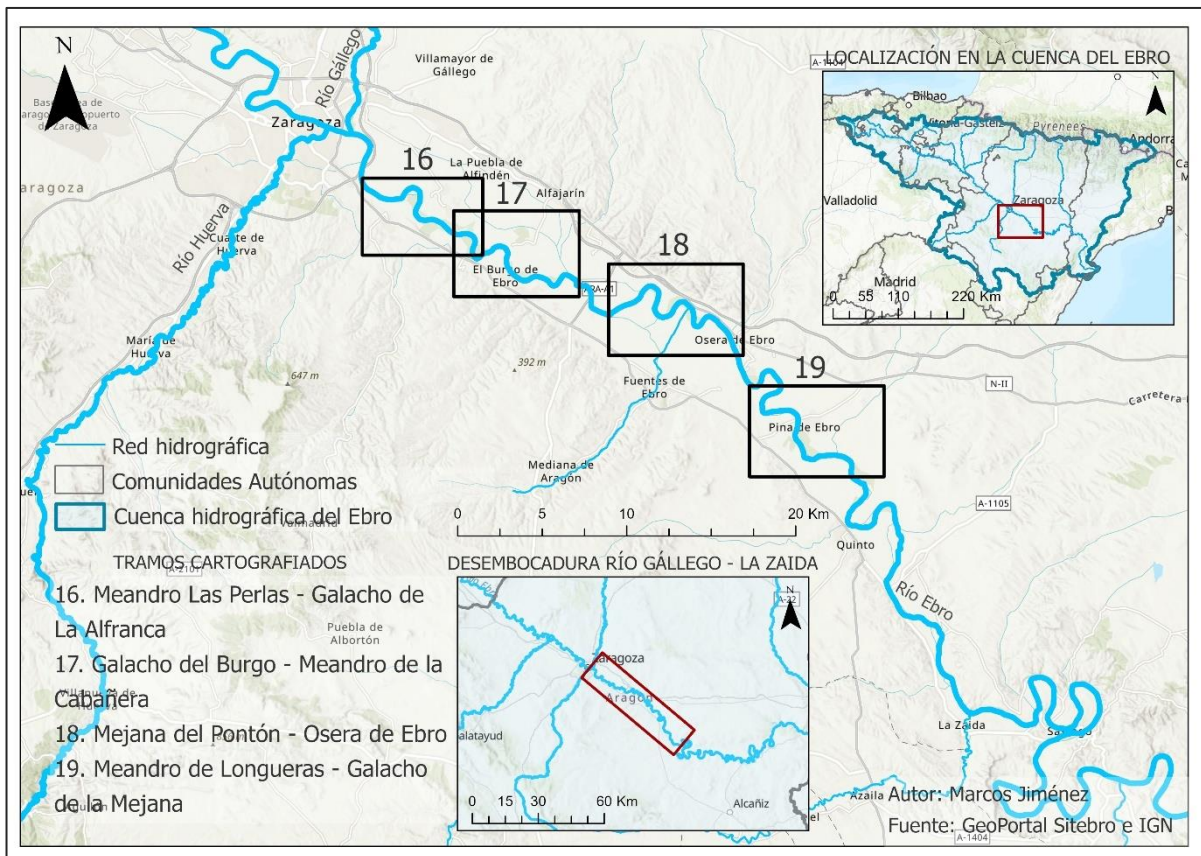


Figura 28. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la desembocadura del río Gállego y la presa de Alforque. (16-19). Fuente: Elaboración propia.

Este tramo aragonés del Ebro medio, desarrollado entre la confluencia del río Gállego (Zaragoza) y la presa de Alforque tiene una longitud del valle de unos 56 km; y en 1981, el cauce discurría en este tramo durante 81,5 km (Ollero, 1992), lo que generaba un índice de sinuosidad medio más moderado, de 1,45, ligeramente por debajo de la media (1,505), sobre todo por los últimos 15 kilómetros de valle, en el que el cauce apenas supera los 16, con sinuosidad casi nula.

Se caracteriza en general por el destacado desarrollo de meandros, como continuación del anterior sector, que han tenido también una dinámica reciente muy interesante, dado también concentrar el mayor caudal de toda el área de estudio.

A partir de Pina y Quinto la llanura se empieza a estrechar, disminuyendo los meandros y su dinamismo, para ya encajonarse definitivamente en la presa de Alforque, aunque curiosamente dibujando meandros de gran lóbulo y amplitud.

Son 243 m³/s de módulo en Sástago (1950-2020), 14 m³/s más que en Zaragoza, principalmente por los aportes del río Gállego, cuyo módulo entre 1970 y 2020 es de unos 13 m³/s, pero que Ollero (1992) le daba en el año de su tesis unos 38 m³/s. El caso contando los 20 años que no entran en la serie, el caudal del Gállego se elevaría, siendo menor que la suma Ebro-Gállego el caudal en Sástago por las

cuantiosas derivaciones para regadío, mucho mayores que en el anterior tramo, y contando la pérdida por evaporación en los meses estivales.

Tabla 12. Mayores crecidas en la Ribera Baja (1900-1947), Sástago (1948-1999) y Gelsa (2006-act.).
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Aforos y Ollero et al. (2021).

Fecha	m³/s	Fecha	m³/s
18/11/1906	3030 (Zar.)	31/01/1948	2.284
16/12/1906	2525 (Zar.)	19/03/1951	2.095,00
oct-07	<2.500	05/02/1952	2.925,00
10/04/1908	>2250	13/02/1954	2.315,00
06/02/1910	>2500	29/05/1956	2.150,00
07/12/1926	3775 (Zar.)	16/12/1959	2.262,00
13/03/1930	3.500 (Zar.)	02/01/1961	3982
17/12/1930	3.300 (Zar.)	12/11/1966	2.996,00
17/02/1931	2.250 (Zar.)	06/01/1968	2.271,10
/10/1937	4.000	05/02/1978	2.460,00
/12/1937	2.470 (Zar.)	19/01/1981	2.283,00
08/01/1939	3.058 (Zar.)	11/12/1992	2.052,00
26/01/1941	3.150 (Zar.)	29/12/1993	2.114,00
13/05/1946	2.400	24/01/1997	2.120,00
08/03/1947	2.575	02/03/2015	2.182
	Dato correspondiente al caudal medio diario		
	1900-1927		1927-1946
	1946-1956		1956-1985

Al otro lado de Zaragoza, tras el aporte de otro gran afluente, el Gállego, el río Ebro también ha presenciado importantes cambios en su trazado, sobre todo anteriores a 1956, dado que son muy marcados, pero también a partir de este año, aunque, en menor medida.

- Meandro Las Perlas – Galacho de La Alfranca (16)

A escasos kilómetros al sureste de Zaragoza, se encuentran otros dos galachos destacados y de gran interés hidrogeomorfológico, los de La Cartuja (Galacho de Lierta) y La Alfranca.

Desde el meandro de Las Perlas hasta el Galacho del Burgo, el cauce del Ebro de finales del siglo XIX y 1927 apenas coincide con el de 1956 y el actual (2024).

Entre finales del siglo XIX y el vuelo de 1927 el río parece haber aumentado su sinuosidad, manteniéndose en general el trazado, pero exagerando los meandros y desplazándose algunos de ellos. Por ejemplo, el meandro de Picatiel se ha desplazado 600 metros al noreste; la curva anterior al Galacho de Lierta ha aumentado su curvatura desplazándose 650 metros al este; y el propio Galacho de Lierta se ha adosado 140 metros al escarpe de la terraza de la margen izquierda amenazando en su día a la vía que conectaba Zaragoza hacia el sureste con Castellón y Barcelona.

- Cambio de trazado entre 1927, 1956 y 2024:

En la imagen de 1927 se aprecia un giro en Las Perlas 270 metros más al este que en 1956, llevando a cabo una curvatura más pronunciada aguas abajo, que, en el siglo XIX, se encontraba más al suroeste, aproximadamente 350 metros, y que, en la imagen de 1927, se muestra su evidencia.

Esta mayor curvatura permitía la existencia del meandro de Picatiel 850 metros aguas arriba, distanciándose 750 metros al norte del cauce de 1956 en el punto en el que existía dicho meandro a principios del siglo XX. Posterior al trazado de 1956, la **crecida de 1961** provocó una corta en este meandro, desplazándose 480 metros al sureste su punto de mayor curvatura.

Aguas abajo, el trazado hacia el sureste presentaba en 1927 pequeñas sinuosidades, circulando aproximadamente 190 metros al noreste en la curva del Soto de Benedicto respecto a 1956, a los que se suman 90 metros más respecto a 2024. En este punto, en 1927 giraba hacia el sur y formaba un meandro

actualmente abandonado (Galacho de Lierta), separado 1,1 km del actual cauce y que formaba un lóbulo de unos 2,8 km. Su corta debió ser cercana a la fotografía de 1946, debido a la todavía presencia de agua en el cauce abandonado.

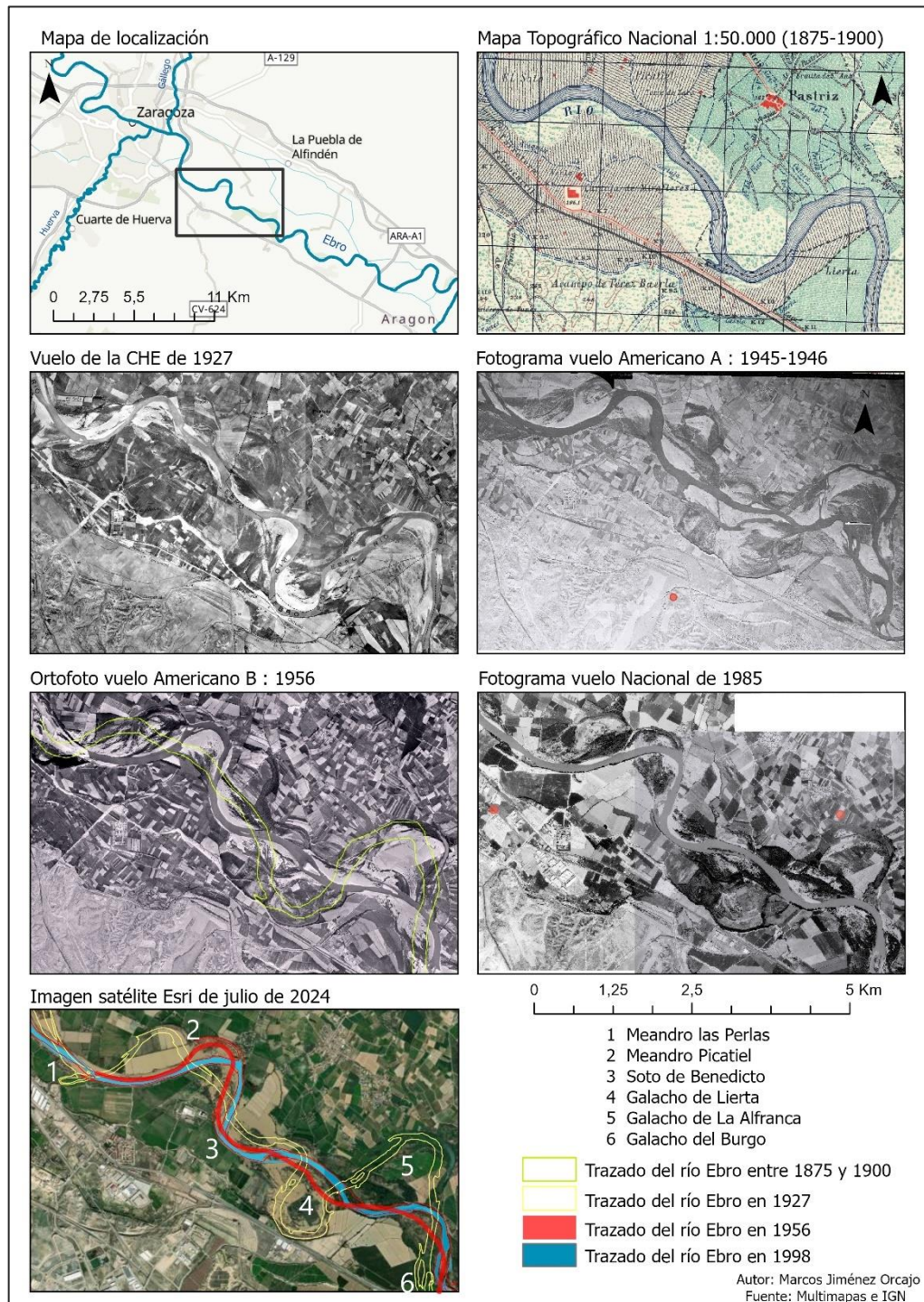


Figura 29. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro Las Perlas y el Galacho de la Alfranca. (16). Fuente: Elaboración propia.

Esta sinuosidad tenía su continuación en el meandro también abandonado de La Alfranca, 1,4 km al noreste del cauce actual y con una antigua longitud de unos 3 km. En este punto se aprecia, en la imagen de 1927, los restos de antiguos brazos que evidencian la inestabilidad de esta curva y cambios constantes cada poco tiempo en todo ese 1,4 km de distancia que le separa del actual cauce.

Entre estos dos galachos el cauce circula actualmente mayoritariamente recto, dejando uno a cada margen. Entre 1956 y 2024 (similar 1998), este trazado recto ha presenciado ligeras modificaciones hasta la curva que se dirige al Galacho del Burgo, distanciándose 150 metros al norte a la altura del Galacho de Lierta y 160 al noreste en la pequeña sinuosidad convexa de La Alfranca.

El giro posterior hacia el sur era algo más al oeste, quedando el Galacho del Burgo 300 metros distanciados en esa dirección respecto a 1927.

Si se observa la fotografía de 1946, la situación parece ser intermedia, sobre todo desde la salida del meandro de Picatiel, siendo el trazado mucho más recto que ya en 1956 y formando una gran isla de 2 km en el punto en que el río giraba hacia Lierta. En la Alfranca, la corta era bastante reciente, datándose según Ollero (1992) entre 1945 y 1946, justo en los años de esta fotografía; manteniéndose todavía sin definir el posterior trazado y quedando con una actividad muy reducida el brazo derecho, que aún había aumentado 210 metros en la parte este de su concavidad. Además, mantenía todavía su trazado en el Galacho del Burgo.

El **26 de enero de 1941** se superaron los 3.100 m³/s en Zaragoza, siendo la mayor crecida anterior a 1946. Sin embargo, Ollero (1992) según diversas fuentes, estima que las cortas de los actuales galachos (salvo el del Burgo) las pudo producir la crecida del **13 mayo 1946**, aun rondando solamente los 1.500 m³/s, por lo que la fotografía será del verano de ese año.

- Galacho del Burgo – Meandro de Cabañera (17).

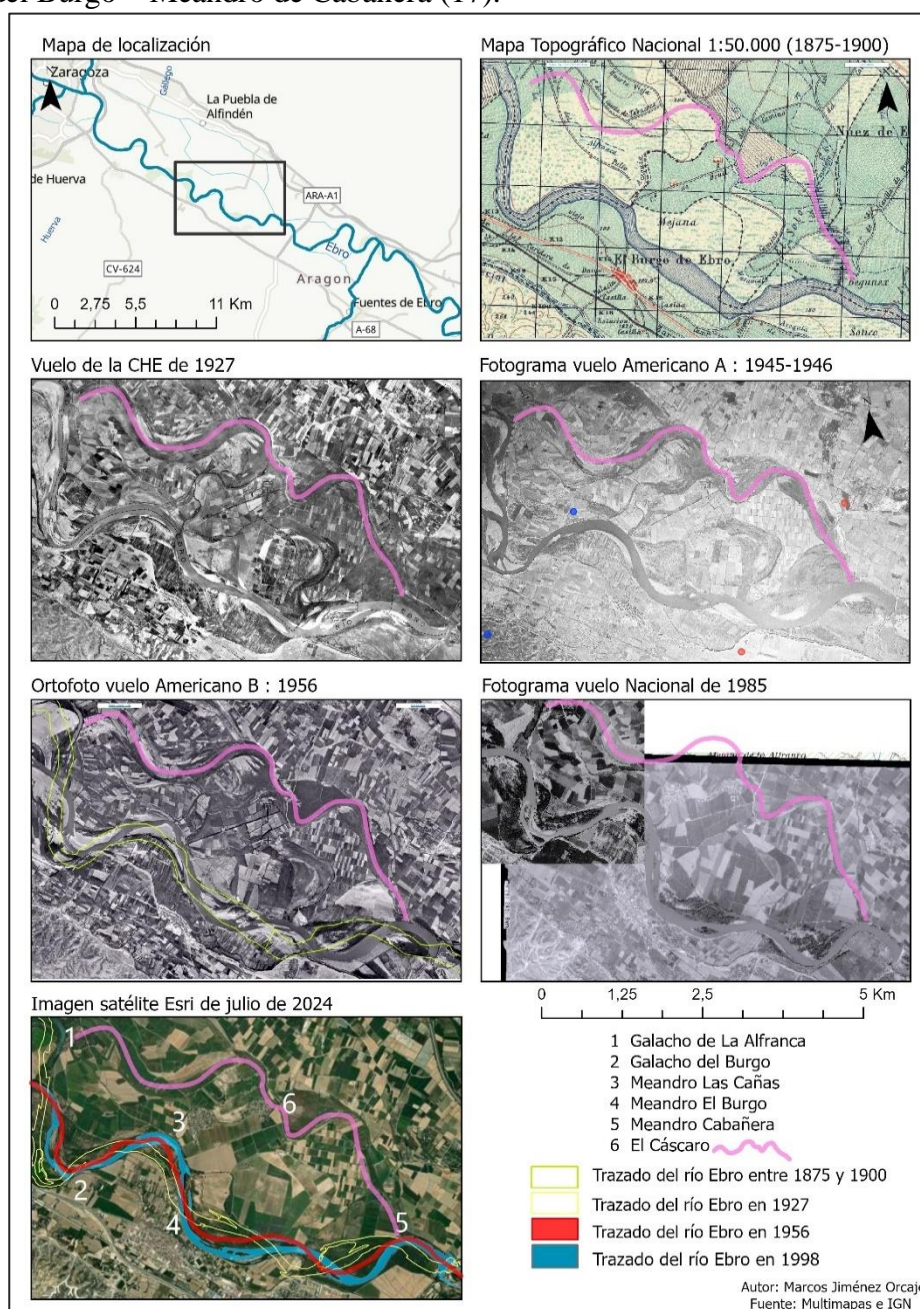


Figura 30. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el Galacho del Burgo y el meandro Cabañera. (17). Fuente: Elaboración propia.

La **figura 30** comienza por el Galacho del Burgo mencionado, cuya corta se ubica entre 1946 y 1956.

La corta parece iniciada en 1946, quedando muy cerrado el meandro, aunque todavía el brazo derecho es claramente el principal. Sin embargo, en 1956, aparece ya totalmente colmatado y con vegetación, situándose el giro mucho más al noreste. En **marzo de 1947** se superaron los 2.500 m³/s en Sástago, mientras que en febrero del año siguiente la crecida fue 250 m³/s menor. Si éstas no fueron las causantes de la corta, lo debió ser con total seguridad la de febrero de 1952, una de las mayores de la segunda mitad del siglo XX, superando los 3.200 m³/s en Zaragoza y alcanzando un caudal medio diario de casi 3.000 en Sástago, lo que quiere decir, que, en este punto, cercano a la confluencia del Gállego, el máximo instantáneo pudo rondar los 3.400 m³/s con seguridad.

A su vez, al este del Galacho de La Alfranca, se aprecia un trazado sinuoso con meandros de mediana amplitud abandonados y rodeados de campos de cultivo, correspondiente al antiguo trazado de mediados del siglo XVIII y cuya corta se data entre 1769 y 1802 (Regato Pajares, 1988 en Ollero, 1992), denominándose “El Cáscaro”. En el mapa del Ebro de 1796 el trazado, aunque intuitivo, se asemeja más al actual que al del Cáscaro, así que también debió ser anterior a este año, con alta probabilidad de serlo en la **crecida de 1775**, por su gran magnitud, proporcional al gran cambio de trazado que supuso, separado 2 kilómetros al sur en algunos puntos y abandonando 8 km de recorrido hasta el meandro Cabañera, donde ya coinciden.

Sin embargo, se conoce de la inercia de un río de poder retomar antiguos meandros en grandes crecidas, dado su nivel topográfico más bajo. Esto mismo ocurrió con la **crecida de abril de 1930**, después de otra mayor en marzo de ese mismo año, que superó los 3.600 m³/s. Sin embargo, aun rondando solamente los 2.120 m³/s, un continuo periodo de aguas altas desde marzo produjo lo que se conoce como “rotura del Cáscaro”, en la que el río rompió las defensas de su comienzo en la zona de La Alfranca, utilizándolo como brazo secundario durante esta crecida, tras los intentos anteriores producidos. De nuevo, en la **crecida de enero de 1939** se produjo esta rotura; y es que, este punto es crítico y constantemente reforzado, ya que, el río tiende a fluir por esta zona en las mayores crecidas.

Aunque en 1927 no se había producido esa rotura, ya se apreciaba el sinuoso trazado antiguo, al igual que en 1946 y 1956, después de la rotura. Tras la construcción de defensas y un periodo algo más tranquilo en cuanto a las crecidas, en 1985 está mayormente cultivado, llegando a la actualidad con la construcción de urbanizaciones casi en el mismo trazado antiguo, siendo un error ya visto en las crecidas extraordinarias del siglo XXI, cuando, ha llegado a haber corriente de agua en este punto.

El actual trazado, más al sur, también ha experimentado ciertas variaciones:

Comenzando por el meandro de Las Cañas, parece bastante similar en 1927 y 1946, con una forma bastante redondeada, desplazándose posteriormente hasta 1956, en unos 200 metros, apuntando su zona oeste de la concavidad. Esta parte se ha vuelto a redondear posteriormente en 1985, desplazándose 100 metros al norte y noreste en algunos puntos, y situándose en todo el meandro más al este.

El posterior meandro, el del Burgo, se ha desplazado 600 metros al sureste (400 hasta 1956), pasando de situarse a 350 metros del núcleo a 150, pero chocando con el nivel de terraza elevado que exime de riesgo a la población, siendo la margen izquierda la inundable en este sector.

Aquí comienzan unas leves sinuosidades hasta el meandro de Cabañera. Estos reducidos meandros han mantenido su forma desde 1927, pero desplazándose aguas abajo de manera notoria (entre 900 y 1100 metros), sustituyendo en el mismo punto el trazado convexo por el cóncavo produciendo diferencias de unos 400-500 metros norte-sur.

Entre estos, en las imágenes más antiguas se aprecia un gran lóbulo abandonado de unos 3,5 km en la margen izquierda. La hipótesis que se saca, es que era el cauce en la imagen de 1796, ya que, hay un gran meandro antes de dirigirse al río a Villafranca; o, sino que fuese un meandro posterior, siendo el de 1796 el de Cabañera, pero mucho más amplio, siendo esta hipótesis más probable, ya que, en 1946, se aprecia este mayor trazado abandonado 700 metros más al norte y con la misma forma que en 1796.

En cuanto al meandro de la Cabañera, entre 1927 y la actualidad, se ha desplazado 310 metros al este, desembocando ya en este punto el antiguo trazado del Cáscaro.

- Mejana del Pontón – Osera de Ebro (18).

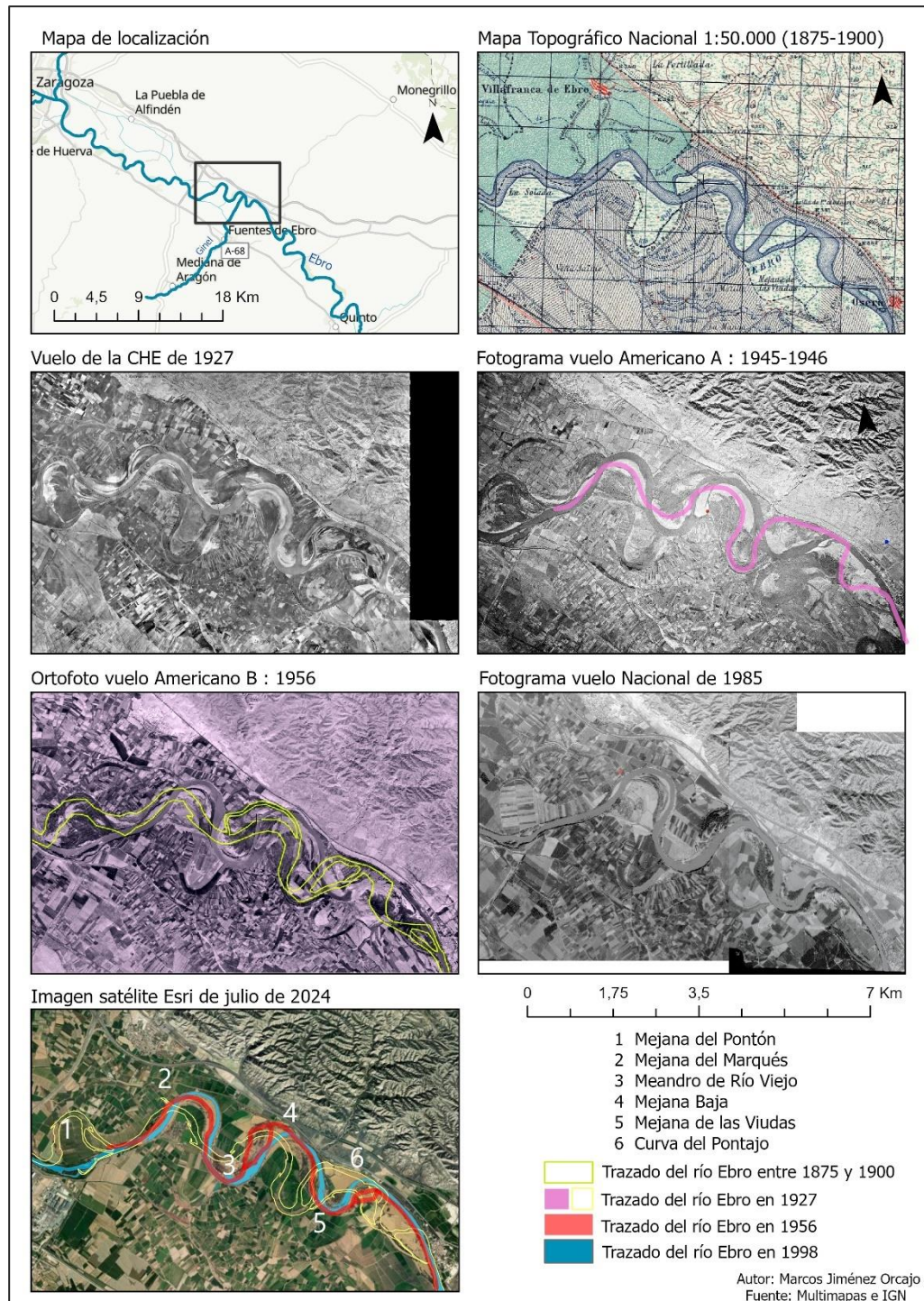


Figura 31. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre la Mejana del Pontón y Osera de Ebro. (18).
Fuente: Elaboración propia.

Este sector vuelve a ser casi tan dinámico en la diferencia entre 1927 y la actualidad que el de los galachos, aunque, en este caso, los cauces abandonados no se han mantenido para vegetación de ribera y zonas encharcadas, sino que quedan cultivados.

En 1927, este tramo contaba con cuatro marcados meandros cóncavos y dos convexas. El primero de ellos, cóncavo, correspondiente a la Mejana del Pontón, ha quedado abandonado por una corta en su cuello, mientras que el resto se mantienen, pero desplazados aguas abajo.

La corta de la Mejana del Pontón (enclave Aladrén) se produjo entre 1927 y 1946, destacando una anterior ampliación del lóbulo desde finales del siglo XIX. En 1927 se distanciaba 1,1 km del cauce actual y describía una curva de 2,4 km; excavando ya la margen derecha hacia el interior en la parte este del meandro, siendo uno de los puntos más débiles por los que se iniciara la corta. Dada la gran caudaloidad de las crecidas en la década de 1930 y principios de los 40, la corta pudo ser inmediata o progresiva, a lo largo de las importantes **crecidas de marzo y diciembre de 1930, octubre de 1937** (4.000 m³/s en Sástago) o **enero de 1939 y 1941**, superando en todas ellas los 3.000 m³/s en Zaragoza, siendo mayor en esta zona, como en **1937**, cuando el Gállego aportaba un gran caudal adicional. Por ello, esta crecida pudo ser definitiva en la corta, pasando casi 10 años para el crecimiento de vegetación apreciable en 1946.

Estas crecidas que se han mencionado son también las causantes del desplazamiento de los posteriores meandros, aunque no las definitivas, ya que, entre 1946, 1956 y 1985 (casi definitivo), los desplazamientos han continuado.

Empezando por el meandro de la Mejana del Marqués, entre finales del siglo XIX y 1927 se desplazó unos 500 metros al este, para después, a partir de ese año, aumentar su lóbulo poco a poco hacia el noreste, haciéndolo progresivamente 400 metros hasta 1956, para hacerlo 140 metros más hasta 1985, desplazamiento que se mantiene actualmente. En las crecidas de **noviembre de 1961 y de 1966** se tienen constancia de fuertes erosiones.

El meandro convexo que le sigue es el del Río Viejo, desplazado 500 metros al sureste respecto a 1927, pero mucho menos que en torno al siglo XIX (por el límite del municipio de 1833), cuando describe una curva separada 1 kilómetro al suroeste.

En torno a 1900, la conexión con el meandro de la Mejana Baja era a través de una gran isla en la que el brazo derecho, 350 metros al sur que el izquierdo, era el principal, muy probablemente por una antigua corta, ya que, en 1927, está totalmente colmatado.

La progresiva erosión de la margen derecha continúa en 1946, iniciando un nuevo brazo derecho al este, que se convertirá en principal en 1985, habiendo desplazado 700 metros al noreste (ya que también se topa con el escarpe) dicho meandro.

Esto tiene su consecuencia en el inmediato y convexo meandro de la Mejana de las Viudas, muy cerrado en 1927, cuya evolución, ha sido intermedia entre corta y migración al este, como se aprecia en el vuelo Americano A, quedando la actual curvatura 1 km al este de 1927.

La vuelta hacia el escarpe en la curva del Pontajo es 900 metros aguas abajo respecto a 1927, viviendo una evolución muy destacada entre este periodo, dado el cauce trenzado y ancho (hasta 600 metros) que llegaba hasta Osera de Ebro. Sin embargo, desde 1985, parece tener cierta estabilidad adosado a la terraza de la margen izquierda.

- Meandro de Longueras – Galacho de la Mejana (19).

Llegados al último tramo a destacar en el Ebro medio, a menos de 20 kilómetros de La Zaida, donde éste termina; se encuentra la población de Pina de Ebro, una de las más susceptibles a sufrir daños en las avenidas del Ebro aguas abajo de Zaragoza, además de varios galachos consecutivos y de cierto interés.

En el primer tramo, los consecutivos meandros de Longares, La Contienda y Pina han experimentado ligeras variaciones desde finales del siglo XIX.

La tendencia es aumentar la curvatura en todos ellos, diferenciándose entre 1927 y 1956 en 300 metros al este en el primero, 285 en el segundo y 800 metros al sureste en el de Pina, siendo el que más ha cambiado acercándose al núcleo urbano.

Estas amplitudes se han aumentado hasta 2024, siendo mínimas desde 1985. El meandro de Longares se ha desplazado 100 metros, en este caso, al sureste; el de La Contienda, no lo ha hecho en su curva, sino en la conexión con el meandro de Pina, formando una isla cuyo brazo derecho está 335

metros más al sur; y el de Pina, apenas ha excavado 40 metros más la margen izquierda, aunque le ha servido para acercarse más al núcleo.

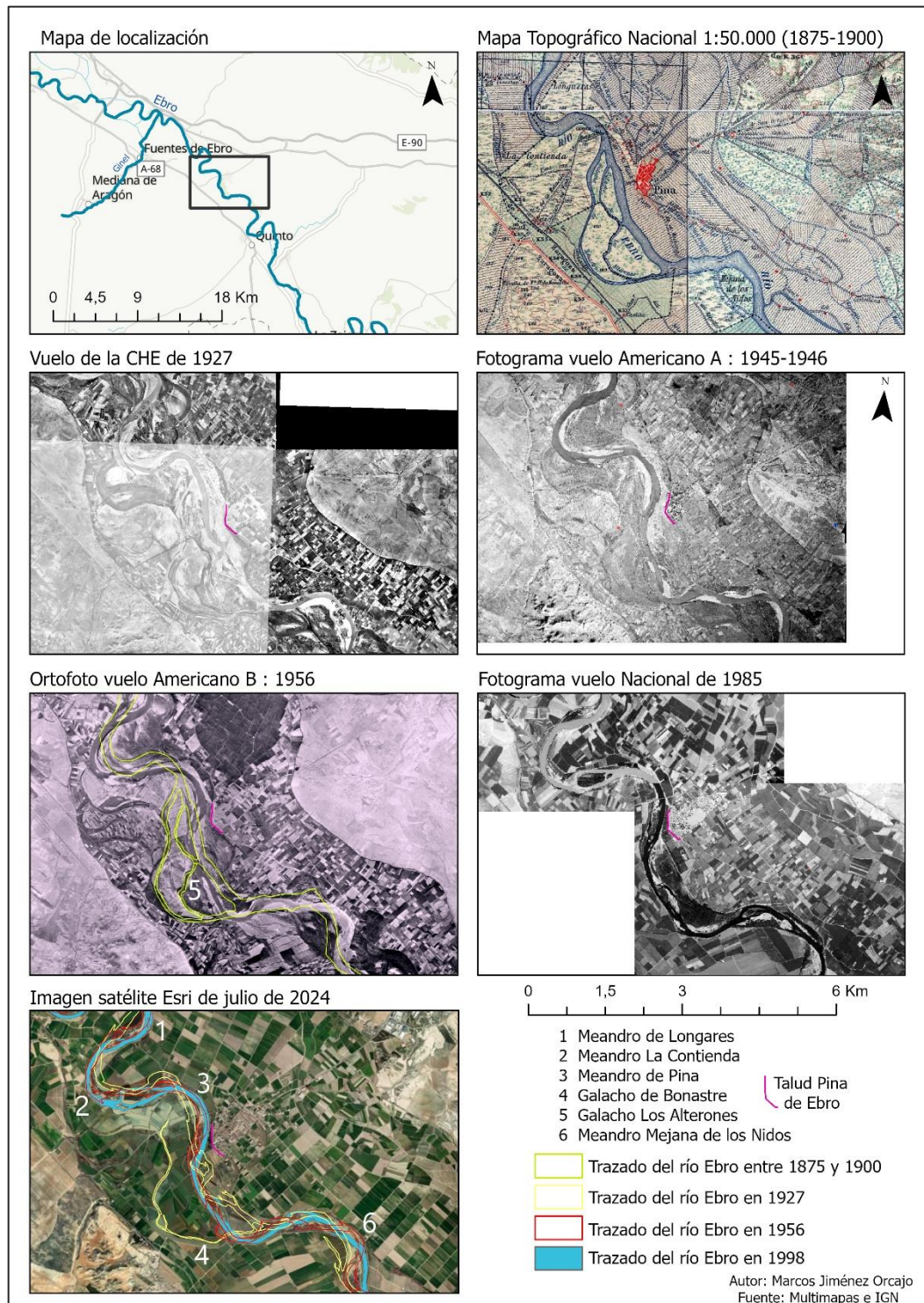


Figura 32. Cartografía de la dinámica hidromorfológica entre el meandro de Longares y el Galacho de la Mejana. (19). Fuente: Elaboración propia.

Este núcleo estaba a 340 metros del río en 1927, para ser esa diferencia de 105 metros en 1956, y 70 en 2024. Ante esto, a pesar de localizarse el núcleo en un nivel superior, protegen con defensas la erosión de esa margen izquierda.

Este progresivo acercamiento del río a la población se aprecia desde el siglo XIX, con el progresivo abandono de cauces mucho más alejados, convirtiendo este punto en una zona muy dinámica de trenzado, brazos ciegos y migración de cauces.

El galacho de Bonastre, todavía con cierta actividad a finales del siglo XIX, estaba separado unos 950 metros al oeste de Pina y un máximo de 1,1 km de su brazo más oriental, que era el principal. En

1927 parece perder su conexión con el cauce principal en su inicio (en aguas bajas), manteniéndose inundado por su nivel topográfico bajo y por el retroceso de las aguas desde su terminación.

Entre el cauce principal y este galacho, todavía existía otro brazo que se conoce como Galacho de los Alterones. Separado 600 metros del núcleo de Pina, en 1875 parecía tener cierta funcionalidad por su conexión con el cauce principal, del que se distanciaba en 600 metros en algunos puntos. A pesar de esto, en 1927 parece estar totalmente colmatado.

En cuanto al brazo más oriental, el principal, muestra en 1927, desde la curva de Pina, un trazado algo sinuoso propio de la inestabilidad que tenía y la extensa zona de gravas sin vegetación a ambos lados que evidencia lo comentado.

La fotografía de 1956, muestra un trazado más recto, pasada la población de Pina, y algo más al oeste, 400 metros más al suroeste en la curva de Bonastre, aprovechando el antiguo cauce adosado a la margen derecha. En 2024, la diferencia es de 220 metros al este.

Esto provoca cambios en el meandro la Mejana de los Nidos, que ha variado su forma desde que se tiene de información de referencia espacial. A finales del siglo XIX, un desplazamiento de hasta 600 metros al noreste amplió este meandro, dejando un galacho en su parte interior, manteniéndose residual en su terminación en 1927.

Entre 1927 y 1956 la concavidad se ha desplazado al sureste, quedando 250 metros más al sur el antiguo apuntalamiento hacia el norte y 280 metros al este la parte oriental del lóbulo.

Entre 1956 y 2024, la situación parece intermedia, pero en su terminación aún se ha desplazado 200 metros más, quedando un soto inundable en la parte occidental.

Dentro de este sector, la localidad de Pina ha datado históricamente graves inundaciones dada su localización cercana al cauce. Ya desde el siglo XIII, se tiene referencia del arrasamiento del núcleo urbano por la **avenida de 1259**, que en **febrero de 1643 y enero de 1871** también sufrió daños. A principios del siglo XX, las **crecidas de diciembre de 1908 y marzo de 1917** pudieron ser responsables del abandono de los meandros occidentales; y en **enero de 1961**, el núcleo volvió a ser inundado.

5. DISCUSIÓN

El presente trabajo busca ser una recopilación de las crecidas históricas y sus efectos hidrogeomorfológicos en el Ebro medio, muy relacionada con la tesis de Ollero (1992) pero ampliando esta recopilación y evolución del río Ebro hasta la actualidad.

Desde esta tesis, no se había realizado un trabajo que abarcara de manera tan exhaustiva la totalidad del Ebro medio. Sí se había analizado la hidrogeomorfología de sectores concretos o llevado a cabo investigaciones sobre las últimas crecidas, pero no ambas a la vez y para todo el Ebro inundable.

A su vez, se ha incorporado la realización de 20 mapas que muestran la evolución del cauce del río Ebro en los últimos 100-150 años en 19 sectores, considerados los más dinámicos recientemente.

Con la información obtenida, uno se sorprende, superando todas las hipótesis de partida, al comprobar la gran dinámica que poseía el río Ebro hasta las décadas de 1960-70, con trazados muy diferentes y distantes a los actuales, además de los efectos que puede provocar una gran crecida, como las de 1930 o la de finales de 1960-principios de 1961.

Por ello, este trabajo puede ayudar a conocer el dinamismo que poseen los ríos en ausencia de regulación y con su espacio natural, hecho bastante ignorado por la gran mayoría de la población actualmente, que debe cambiar para la mejor futura gestión de éstos.

Esto resulta esencial para el tema en el que se va a centrar la discusión, que viene a ser el cómo viven todo esto las poblaciones ribereñas, brevemente nombradas en los diferentes tramos estudiados; y cómo va o debe ser la futura gestión del espacio ribereño.

A lo largo del trabajo se ha detallado, por un lado, las recurrentes crecidas en este tramo medio, que a lo largo de la historia han afectado a poblaciones y han ocupado una extensa zona inundable; y por otro lado, la inestabilidad del trazado de un río, fruto en muchas ocasiones de estas crecidas, que provocan socavamientos de las márgenes, cortas de meandros, y otras veces, acercamientos a las poblaciones ribereñas.

En las últimas décadas, a pesar de la mayor regulación de los caudales a través de los embalses y un ligero descenso de los valores de caudal, las crecidas se siguen sucediendo y siempre puede darse una cuyo periodo de retorno sea muy elevado.

Recientemente, crecidas como la de marzo de 2015 hacen ver el riesgo existente en las poblaciones más cercanas al río, pero también la tendencia a inundar aquellas áreas que en su día fueron cauce, comprobando que las defensas existentes (de gran crecimiento en las décadas de 1960, 1970 y 1980) no son la mejor opción en estos casos, generando incluso el efecto contrario en ocasiones.

Ante esto, recientemente se impulsan iniciativas como “Ebro Resilience”, destinadas a intentar cambiar la tendencia y la forma de gestionar los espacios ribereños, dado que, hoy en día, existe una falsa seguridad al pensar que las defensas existentes son las adecuadas y suficientes, y en verdad, se lleva décadas actuando de forma inadecuada en las márgenes del Ebro, constriñendo su cauce, disminuyendo su dinámica (como se ha visto en el escaso avance de las orillas desde 1970) y ocupando cauces antiguos o sotos inundables vistos en las imágenes más antiguas, por actuales zonas residenciales.

A simple vista, la Estrategia Ebro Resilience pretende ser un marco de colaboración entre las distintas Administraciones, facilitando la gestión del riesgo de inundación del tramo medio del río Ebro.

Para ello, se centran en:

- Promover actuaciones que reduzcan el impacto de las inundaciones en los tramos de mayor riesgo del tramo medio del río Ebro,
- Implementar medidas que a su vez contribuyan a mejorar el estado de las masas de agua y los hábitats fluviales.
- Mejorar la capacidad de respuesta de la población ante estos episodios.

En definitiva, saber adaptarse al riesgo existente en un equilibrio entre el desarrollo económico, la seguridad de las poblaciones y la conservación del medio ambiente.

Sus principales actuaciones, recogidas por García Lagranja (2024); han sido principalmente el derribo de motas muy cercanas al cauce y su sustitución por otras en puntos más alejados, ganando superficie inundable y espacio fluvial activo. En casos extremos como Alcalá o Cabañas de Ebro, se han creado cauces de alivio reduciendo el impacto directo de las aguas contra las poblaciones.

En la misma línea de actuación está el proyecto SEDEXCHARE, que trata de definir cómo es y cómo está el Ebro medio en la actualidad, y en el futuro, investigando cuáles son sus tendencias hacia las próximas décadas, destacando el horizonte 2050, en un contexto de cambio climático y global. (Ollero et al., 2024).

Dado que uno de sus objetivos es conocer con mayor profundidad la evolución reciente del Ebro en sus diferentes tramos, este trabajo, en cierta medida, puede servir como una base de información en los casos que no hayan realizado medidas de los cambios tan precisas.

Pero en general, en relación con la Estrategia Ebro Resilience, considera que el paisaje fluvial debe ser restaurado desde soluciones basadas en la naturaleza. Además, para dejar espacio al río, y que vuelva a recuperar cierto dinamismo perdido desde los años 70-80, consideran que la principal medida debería ser “conseguir un río más ancho y naturalizado, un territorio fluvial del Ebro, con un espacio entre defensas de al menos un kilómetro” (Ollero et al., 2024).

Para poder complementar este trabajo y ligarlo con las estrategias y proyectos recientes, la principal línea de investigación que seguiría en el futuro sería el estudio exhaustivo de la construcción de defensas

y motas en la fase de máxima intervención contra el río (1945-1990), necesario para ver su impacto en la disminución de la dinámica y la migración del cauce, que solamente es mencionado brevemente a lo largo del trabajo.

A su vez, es complementario conocer el impacto de los embalses en el flujo, el transporte de sedimentos y la dinámica fluvial; para ver en qué medida agrava lo anterior o que factor es más condicionante.

Como consecuencia a estos cambios, la vegetación de ribera ha experimentado un avance muy significativo en las últimas décadas, ya que, ante las menores pequeñas crecidas y la estrechez del río, los sotos crecen sin impedimento y las barras de sedimentos son colonizadas por vegetación, por lo que, un estudio de su evolución asociado al periodo estudiado y las imágenes trabajadas también sería una buena línea de investigación a continuar.

6. CONCLUSIONES

El Ebro medio se ha comprobado que es, a lo largo de sus 340 km, uno de los sectores más interesantes en la dinámica fluvial de la península ibérica.

De ello son responsables las innumerables crecidas que se han sucedido a lo largo de la historia, con gran impacto en el paisaje debido a las condiciones específicas de esta área de estudio, caracterizada por su baja pendiente y su amplia llanura de inundación.

Desde que se tienen registros han afectado a las poblaciones ribereñas asentadas en sus márgenes, incluida la ciudad de Zaragoza, que aprovechan la fertilidad de este nivel topográfico más bajo, pero con el principal inconveniente de las avenidas, que antiguamente podían ser inesperadas. Estos daños en las poblaciones han permitido disponer de una recopilación histórica de ellas, así como conocer su grado de magnitud.

En base a esto, y sus mayores efectos hidrogeomorfológicos vistos en el estudio del trazado de los cauces, se puede afirmar que las mayores crecidas que ha vivido el Ebro medio, son las de febrero de 1643, junio de 1775, enero de 1871 y diciembre-enero de 1960-1961. Otras como las de marzo de 1888 y marzo de 1930 también provocaron importantes daños. Recientemente, en el siglo XXI, está en la memoria de los núcleos afectados las crecidas de febrero de 2003 y marzo de 2015, ya que, con caudales inferiores a otras riadas históricas, las afecciones fueron notorias e incluso se desalojaron poblaciones. Esto, en cierta medida, supuso un cambio de pensamiento sobre la manera en la que se debe gestionar el territorio fluvial.

Pero también, estos episodios extremos han modificado cauces, activado brazos secundarios, erosionado márgenes o redistribuido sedimentos, lo que se ha analizado por diferentes sectores elegidos en función de la mayor intensidad de cambio desde la primera referencia espacial del Ebro que se dispone con cierta fiabilidad para todo el territorio, la primera edición del mapa topográfico 1:50.000 de finales del siglo XIX, complementada por otras imágenes procedentes de vuelos posteriores del siglo XX, analizando, por tanto, la evolución en este siglo, sacando diferentes conclusiones:

Entre Logroño y la desembocadura del río Aragón, dado que el caudal transportado se reduce a la mitad respecto al siguiente tramo, la pendiente es mayor y la llanura de inundación más estrecha; los cambios en el cauce también son menores, destacando cortas concretas como las de Sabuquera y Valdegón. Pero, sobre todo, ante la menor pendiente registrada, el tramo comprendido entre Pradejón y Azagra es el más dinámico, por su gran actividad anterior a 1946, con cortas y desplazamientos de cauce muy seguidos más típicos de sectores aguas abajo. Las crecidas de marzo, abril y diciembre de 1930 debieron ser determinantes, acusando una menor dinámica desde mediados del siglo XX.

En el último tramo de este sector, aguas abajo de San Adrián, los aportes del río Ega, que transporta un importante caudal en los episodios invernales de precipitación, de más de 400 m³/s en ocasiones, permiten un aumento de la dinámica hidrogeomorfológica, iniciando cortas de canal más drásticas, como

en los meandros de Mañero, la Dula y Tejada, así como mayores cambios en la crecida de diciembre-enero de 1960-1961.

Estos cambios de carácter hidrogeomorfológico aumentan su frecuencia a partir de los aportes del río Aragón, de similar caudal que el Ebro en su confluencia. Esto también tiene su impacto en las crecidas, que duplican su caudal, e incluso más, siendo este afluente el mayor responsable de las crecidas del Ebro entre Castejón y Zaragoza.

El añadido del aumento de la anchura de la llanura de inundación y el descenso de la pendiente hacen que desde esta desembocadura hasta Murillo de Limas el río Ebro realice un trazado muy sinuoso en el que se han producido importantes cortas de canal (todas han quedado en la margen izquierda) y migración de meandros. Esta dinámica prolongada de manera notoria hasta la década de los 70, no se ve en el resto del Ebro medio, salvo en puntos muy concretos, destacando el impacto que supuso la crecida de diciembre-enero de 1960-1961.

A su vez, a la altura de Alfaro, entre la curva de Tobarco y el Soto del Estajao, se da el único sector que durante el siglo XXI ha presenciado un desplazamiento progresivo de su cauce y la formación de un galacho.

Ya en el tramo aragonés hasta Zaragoza, donde se registra la menor pendiente, también se localizan la mayoría de poblaciones vulnerables a la dinámica del Ebro. Entre estas destacan Alcalá y Cabañas de Ebro, acusadas por la erosión del talud sobre el que se asientan, en una zona de activa migración de meandros hasta la década de los 60, a partir de la cuál la construcción de defensas la ha frenado.

Las cortas de meandro principales parecen remontarse al siglo XVIII, como en los Fornazos o La Madraza; aunque recientemente, es muy destacada la del Galacho de Juslibol, con gran incidencia de la crecida de diciembre-enero de 1960-1961, aunque otras anteriores ya habían estrechado su cuello y formado varios brazos.

Aguas abajo de Zaragoza, los aportes del río Gállego también han reforzado el caudal aportando dinamismo a este sector, muy notable hasta los años 40 y algo menos hasta los 70 del siglo pasado.

Los mayores eventos de carácter hidrogeográfico son anteriores a 1946, destacando los galachos de La Alfranca y de Lierta (**figura 29**), la rotura del Cáscaro (**figura 30**), la corta de Aladrén y la migración de los meandros en Villafranca de Ebro (**figura 31**); o el abandono de cauces en Pina de Ebro (**figura 32**).

Sin embargo, también destaca la corta del galacho del Burgo en 1952 o los efectos en todo el sector de la avenida de 1960-1961, que terminó siendo la responsable de los últimos cambios en el cauce, dinámica que hasta la actualidad ha descendido motivada también por la construcción de diques y defensas.

Aguas abajo de Pina de Ebro, el encajonamiento del río a partir de La Zaida da por concluido el tramo inundable y de meandros libres del Ebro.

Por otro lado, también se han identificado otras tendencias generales para todo el Ebro Medio:

Las fotografías aéreas anteriores a 1956 (incluida) muestran un río Ebro cuyas márgenes están compuestas de amplias barras de sedimento desprovistas de vegetación. Así, estas orillas presentan cortes limpios con el lecho del río, indicando la constante erosión y dinámica ante mayores crecidas periódicas y la ausencia de impedimentos como diques. Los campos de cultivo también estaban más alejados de las orillas, existiendo zonas de prado o vegetación herbácea espontánea entre el río y estos.

A partir de la fotografía de 1977 (hasta Castejón), año en plena transición de la dinámica del río, tras la motivación de la construcción de defensas (entre 1960 y 1990 se da la fase de máxima intervención antrópica del río), todas esas zonas de prado y antiguos cauces se cultivan, reduciendo la anchura del cauce inundable y libre del río. Además, se interviene para proteger esas huertas mediante escolleras en las márgenes erosionables.

El resultado es, desde los años 90, la reducción de la dinámica general del sistema, cuya evolución tiende a unir las islas a la margen cegando y colmatando los brazos secundarios, asentándose cada vez más vegetación en las barras de gravas, formando un número mayor de sotos con abundante vegetación de ribera.

Con esto, en pleno siglo XXI. el cauce del río Ebro es totalmente diferente al de mediados del siglo XX, viendo principalmente estas diferencias:

- encajonamiento del cauce entre defensas, motas, escolleras y diques; reduciendo la capacidad de desbordamiento del mismo y frenando su tendencia natural a migrar los meandros aguas abajo
- incidencia del río en el lecho por el que circulan las aguas, ante la incapacidad de erosionar las márgenes, generando mayor estrechez al río
- desaparición casi por completo de los tramos trenzados o de varios brazos, ante la menor carga de sedimentos transportada por las causas anteriores.
- reducción brusca de la dinámica hidrogeomorfológica
- fuerte colonización de la vegetación de ribera reduciendo las barras de sedimento activas

Antes estos cambios, que tienen una especial incidencia en las poblaciones más próximas al río; en los últimos años se ha entrado en una fase de concienciación y de nacimiento de estrategias como Ebro Resilience y proyectos como SEDEXCHARE.

Éstas buscan mejorar la gestión sostenible del agua y la adaptación al cambio climático en la cuenca del río Ebro. Por ejemplo, Ebro Resilience se centra en la reducción del riesgo de inundaciones mediante soluciones basadas en la naturaleza y una mejor planificación territorial.

Entre sus actuaciones están el retranqueo de motas, los cauces de alivio, las zonas de inundación controlada y la apertura de pasillos en áreas de sedimentación (Ollero et al., 2024).

En conjunto, estas políticas tienen un impacto positivo al favorecer ecosistemas más resilientes, proteger comunidades vulnerables y promover un uso más equilibrado de los recursos hídricos. Su enfoque integrador y participativo también refuerza la cooperación entre administraciones, usuarios y ciudadanos (siempre reticentes por la inundación de sus campos), lo que es clave para una gestión hídrica eficaz y sostenible a largo plazo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Amoros, C., Petts, G.E. (Eds., 1993) *Hydrosystèmes fluviaux*.
- Bravard, J.P., Petit, F. (1997) *Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial*. Armand Colin, Paris.
- Charlton, R. (2007) *Fundamentals of Fluvial Geomorphology*.
- Galván, R. (2018). Cuatro grandes inundaciones históricas del Ebro en la ciudad de Zaragoza: 1643, 1775, 1871 y 1961. *Papeles De Geografía*, 64.
- García Lagranja, J. M. (2024). *Análisis y Recopilación en una base de datos cartográfica de las Actuaciones Propuestas por Ebro Resilience para el Tramo Medio del Ebro*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza.
- Knighton, A.D. (1998) *Fluvial forms and processes. A new perspective*. Arnold, London.
- Magdaleno Mas, F. (2011). *Evolución hidrogeomorfológica del sector central del río Ebro a lo largo del siglo XX. Implicaciones ecológicas para su restauración*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- Morte Grasa, A. (2018). *Restauración fluvial y gestión del riesgo de inundación en el río Ebro: aplicación del modelo Ebro Resilience*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza.

- Najes Pérez, L., Ollero Ojeda, A., & Sánchez Fabre, M. (2019). Evolución y dinámica geomorfológica actual del río Ebro en la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos (Zaragoza). *Cuaternario y Geomorfología*, 33(1–2), 47–63.
- Oficina de Planificación Hidrológica (2011). La evolución del tramo central del Ebro desde 1796. Mapa del Conde de Sástago. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Ollero, A. (1992). *Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, eco-geografía y riesgos*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.
- 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. (2010) Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology*, 117: 247-260.
- Ollero, A., Horacio García, J., Ibisate, A., & Sánchez Fabre, M. (2021) Updated knowledge on floods and risk management in the Middle Ebro River: the “Anthropocene” context and river resilience. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47: 73-94.
- Ollero, A., Ibisate, A., Ferrer-Boix, C., Martín Vide, J. P., Ballarín, D., Castillo Pascual, P., García Lagranja, J. M., García-Rodríguez, S., Melián, Á., Núñez-González, F., Ormaetxea, O., Pirchi, V. N., Sáenz de Olazagoitia, A., & Sánchez Fabre, M. (2024) El curso medio del río Ebro: bases preliminares para su diagnóstico hidro-morfológico y perspectivas de gestión y restauración. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 112: 131-149.
- 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 Ojeda, A. (1996). Dinámica de meandros y riesgos hidrogeomorfológicos en Alcalá de Ebro y Cabañas de Ebro (Zaragoza). *IV Reunión de Geomorfología* (pp. [431-440]). Sociedad Española de Geomorfología.
- Ollero Ojeda, A. (1988). Ecogeografía del meandro del Estajao (río Ebro, Alfaro, La Rioja). *Cuaternario y Geomorfología*, 2(1–4), 67–75.
- Sánchez Fabre, M., Ballarín, D., Mora, D., Ollero, A., Serrano Notivoli, R., Saz, M.A. (2015) Las crecidas del Ebro medio en el comienzo del siglo XXI. En De la Riva, J., Ibarra, P., Montorio, R., Rodrigues, M. (Eds.) *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación, 1853-1862*, Universidad de Zaragoza y Asociación de Geógrafos Españoles.
- Soguero García, M. (2022). *Las crecidas en el tramo medio del río Ebro en el siglo XXI*. Trabajo Fin de Grado, Universidad de Zaragoza.

7.1 Enlaces web

- Aquapro Omnibus. (2016, abril). *Grandes riadas (V): Tortosa 1907*. <https://aquaproomnibus.blogspot.com/2016/04/grandes-riadas-v-tortosa-1907.html>
- Consorcio de Compensación de Seguros. (s.f.). *Prevención, protección, preparación y reparación: Medidas para la disminución del riesgo de inundación en el eje del Ebro* [PDF]. <https://www.consorsegurosdigital.com/almacen/pdf/prevencion-proteccion-preparacion-y-reparacion-medidas-para-la-disminucion-del-riesgo-de-inundacion-en-el-eje-del-ebro.pdf>
- Especial La Rioja. (2020). *Historias de La Rioja: El Ebro, alma de una tierra*. <https://especial.la-rioja.com/2020/historias-rioja/ebro.php>
- Instituto Geográfico Nacional. (s.f.). *Fototeca del CNIG*. <https://fototeca.cnig.es/>
- Jiménez Shaw, J. (s.f.). *Mapas*. <https://javier.jimenezshaw.com/mapas/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s.f.). *Sistema de información del Anuario de Aforos*. <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/sistema-informacion-anuario-aforos.html>

Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. (s.f.). *Metadatos del Servicio de Información Geográfica*. <https://www.mapama.gob.es/ide/metadatos/srv/spa/catalog.search#/metadata/9a17ed9a-6446-485d-92eb-2f00b0c6403>

8. ANEXO. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y FOTOS

8.1 Índice de figuras.

Figura 1. Localización de la cuenca del Ebro y el área de estudio. Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Precipitaciones medias anuales en la cuenca del Ebro entre 1980 y 2006. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del catálogo Metadatos del Gobierno de España.

Figura 3. Caudal medio mensual del río Ebro en 4 estaciones de aforo (serie 1950-2020) a lo largo de un año. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

Figura 4. Ejemplo de las orillas en las que se miden los desplazamientos del trazado del río. Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Hidrograma de la crecida de febrero-marzo de 2003 en el Ebro medio. Fuente: Soguero, 2022.

Figura 6. Hidrograma de la crecida de enero-marzo de 2015 en el Ebro medio. Fuente: Soguero, 2022.

Figura 7. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre Logroño y la Desembocadura del río Aragón (1-7). Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de Mediano y Sabuquera. (1). Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de las Tejerías y Recajo. (2) Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica del meandro de Valdegón. (3) Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Veguilla y el de Resa Alto. (4). Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Roturo y San Adrián. (5). Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre San Adrián y el meandro de Velate. (6) Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica de los meandros de Mañero y La Dula. (7) Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la Desembocadura del río Aragón y la confluencia del río Huecha (8-10). Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Ortigoso y la curva de Hormiguero. (8) Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Tobarco y la confluencia del río Alhama entre 1900 y 1977. (9) Fuente: Elaboración propia.

Figura 18. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Tobarco y la confluencia del río Alhama entre 1977 y 2024. (9) Fuente: Elaboración propia.

- Figura 19. Esquema de la dinámica y el desplazamiento del Ebro en el meandro de Tobarco entre 1997 y 2024. Fuente: Elaboración propia.
- Figura 20. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre los meandros de Castejón y Sequeros. (10) Fuente: Elaboración propia.
- Figura 21. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la confluencia del río Huecha y la Desembocadura del río Gállego. (11-15). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 22. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre Novillas y la Mejana India. (11). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 23. Comparación del trazado de 1796 y 2024 entre Pradilla y Cabañas de Ebro. Fuente: Oficina de Planificación Hidrológica.
- Figura 24. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro El Malvar y La Madraza. (12). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 25. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro Alcalá y Cabañas de Ebro. (13) Fuente: Elaboración propia.
- Figura 26. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre la Mejana del Rompedizo y la Mejana Redonda. (14). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 27. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Alfocea y el Galacho de Juslibol. (15). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 28. Cartografía de la localización de los sectores estudiados entre la desembocadura del río Gállego y la presa de Alforque. (16-19). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 29. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro Las Perlas y el Galacho de la Alfranca. (16). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 30. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el Galacho del Burgo y el meandro Cabañera. (17). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 31. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre la Mejana del Pontón y Osera de Ebro. (18). Fuente: Elaboración propia.
- Figura 32. Cartografía de la dinámica hidrogeomorfológica entre el meandro de Longares y el Galacho de la Mejana. (19). Fuente: Elaboración propia.

8.2. Índice de tablas

- Tabla 1. Módulo y principales crecidas de los afluentes más caudalosos del Ebro en su tramo medio. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos
- Tabla 2. Cálculo de la irregularidad interanual en el Ebro medio (serie 1950-2020). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.
- Tabla 3. Registro mensual del máximo instantáneo anual (serie 1950-2020). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.
- Tabla 4. Crecidas del río Ebro entre 1871 y 1900. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).
- Tabla 5. Crecidas del río Ebro entre 1900 y 1930. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).
- Tabla 6. Crecidas del río Ebro entre 1930 y 1950. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992).
- Tabla 7. Caudal máximo instantáneo en m³/s de cada año hidrológico (serie 1950-1999). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos.

Tabla 8. Caudal máximo instantáneo en m³/s de cada año hidrológico (serie 2000 - 2022). Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario de Aforos, Ollero et al., 2021 y SAIH Ebro.

Tabla 9. Crecidas entre 1900 y 2024 superiores a 2.500 m³/s en Castejón o Tudela. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Aforos y Ollero et al. (2021).

Tabla 10. Distancia medida en metros en las direcciones indicadas en la figura 17. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Crecidas entre 1900 y 2024 superiores a 2.250 m³/s en Zaragoza. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Aforos y Ollero et al. (2021).

Tabla 12. Mayores crecidas en la Ribera Baja (1900-1947), Sástago (1948-1999) y Gelsa (2006-act.). Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Ollero (1992), Anuario de Aforos y Ollero et al. (2021).

8.3. Índice de fotos

Foto 1. Limnimarca de Novillas. Fuente: Alfredo Ollero.

Foto 2. Limnimarca de Pradilla de Ebro. Fuente: Alfredo Ollero.

Foto 3. Limnimarca de Boquiñeni. Fuente: Alfredo Ollero.

Foto 4. Limnimarca de Luceni. Fuente: Alfredo Ollero.

Foto 5. Limnimarca del Galacho de Juslibol. Fuente: Alfredo Ollero.

Foto 6. Limnimarca de Logroño. Fuentes: especial.larioja.com.

Foto 7. Limnimarca de Velilla de Ebro. Fuente: Joan Costa.

Foto 8. Limnimarca de Xerta. Fuente: Rosendo Sánchez en Maps

8.4. Colaboración en el coloquio de Toulouse.

COLLOQUE INTERNATIONAL
Laboratoire GEODE & LISSIT

Autour de l'aigat de Juin 1875

dans le Sud-Ouest de la France :
quels apports des grandes crues du passé à la gestion actuelle du risque ?

23-25 juin 2025
UNIVERSITÉ TOULOUSE - JEAN JAURÈS

UNIVERSITÉ TOULOUSE JEAN JAURÈS

rtm APHG stf CIAUE

23 juin 1875

Mardi 24 juin

8h30-9h accueil des participants

9h-12h20 sessions en parallèle (Présentations 15mn)

– Session 2 – Amphi F417

Que reste-t-il

des crues remarquables aujourd'hui dans les territoires et les sociétés affectées ?

9h RIBAS PALOM Anna, SAURI PUJOL David - Las inundaciones históricas, patrimonio y recurso para el desarrollo territorial en la cuenca del río Ter (Cataluña).

9h15 JIMÉNEZ ORCAJO Marcos, BESCÓS Amaia, IBISATE Askoa, OLLERO Alfredo, PIRCHI Valeria, SÁNCHEZ FABRE Miguel - Las crecidas históricas en el curso medio del Ebro: referencia hidromorfológica y de cultura del riesgo.

9h30 FROMENTAL Anne-Marie, ESCUDIER Aurélie, PIOTTE Olivier, SEMERY Mathieu - La mémoire des aigats et des crues majeures : exploration du recensement national de repères de crues comme patrimoine et outil de gestion du risque.

– Session 3 – Salle E412

Est-il pertinent d'utiliser les crues rares anciennes pour la gestion actuelle et future des risques, l'aménagement et l'urbanisme ?

9h SAVATIER Jérémy, SEUROT Benjamin, VANHECKE Nicolas - Apport des crues anciennes dans les études hydrologiques : estimation de la période de retour de la crue de juin 1875 à Toulouse.

9h15 LANG Michel, LE COZ Jérôme, MENDEZ-RIOS Felipe, GUILLEMIN Perrine, PENOT David, SCOPEL Didier - Utilisation de l'information historique sur les crues de la Garonne pour l'estimation des crues extrêmes à Agen.

9h30 TRAORE Soumaila, MIGAUD Antonin, RICHEL Yann - Etudes d'incertitudes dans la modélisation hydraulique et crues historiques : le cas de la Loire entre Gien et Jargeau.

– Session 4 – Salle F422-423

Pourquoi et comment commémorer les crues exceptionnelles ? Comment vit-on aujourd'hui avec un risque d'inondation exceptionnel ?

9h ASSELIN Sylvie, GACHE Frédéric, THEPOT Régis - Retour sur les commémorations des crues de 1856 et 1866 (Loire) et 1910 (Seine).

9h15 BELIN Thomas, RIVAT Antonin, LE FALHER Laurent, BOUCHON Alexandre, DANIAL Idriss, LACAZE Nathalie, TREILLES Robin, BOUVIER Nicolas, SAVIN Erwan, MARS Nolwenn, BARON Sébastien, DUPONT Nadia - Commémoration du cinquantenaire de la crue de la Vienne de novembre 1974 sur le bassin Rennis.

9h30 MARTIN Brice, HUFSCHEMITT Franck - Commémorer pour mobiliser les acteurs de la prévention des inondations : 100 ans après les inondations de 1919 - 1920.

LAS CRECIDAS HISTÓRICAS EN EL CURSO MEDIO DEL EBRO : REFERENCIA HIDROMORFOLÓGICA Y DE CULTURA DEL RIESGO

Autores : JIMÉNEZ ORCAJO Marcos¹, BESCÓS Amaia², IBISATE Askoa³, OLLERO Alfredo^{1*}, PIRCHI Valeria N.¹, SÁNCHEZ FABRE Miguel¹

* Autor correspondiente

¹ Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna s/n, 50009 Zaragoza, España, aollero@unizar.es

² Dirección General de Ordenación del Territorio, Gobierno de Navarra, calle Alhóndiga nº 1, 31002 Pamplona, España, amaia.bescos.atin@navarra.es

³ Dpto. de Geografía, Prehistoria y Arqueología, Universidad del País Vasco UPV-EHU, calle Tomás y Valiente s/n. 01006 Vitoria-Gasteiz, España, askoa.ibisate@ehu.eus

Elección del tema/sesión :

2.-¿Qué queda hoy de las inundaciones notables en las zonas y sociedades afectadas?

Palabras clave (5) : eventos extremos, geohistoria, cauce, obras de defensa, percepción

1. Objetivo

El curso medio del río Ebro cuenta a lo largo de 340 km con un cauce libre meandriforme en una extensa llanura de inundación [1]. Sus crecidas son frecuentes y hay terrenos agrarios, infraestructuras y núcleos de población en el espacio inundable [2]. Se han recopilado todas las crecidas históricas en el tramo de estudio. El objetivo es comprobar en cuáles de ellas hubo efectos hidrogeomorfológicos, como por ejemplo cortas de meandro, y qué episodios o grupos de eventos justificaron la implantación de defensas para evitar tanto la inundación como la erosión de márgenes. Las fechas de los proyectos de defensa son en este sentido muy relevantes. Con todo ello se construye una geohistoria evolutiva de las crecidas, de las actuaciones humanas en el cauce, de la percepción social y de las formas de enfocar el riesgo y de crear una cultura colectiva en torno al mismo [3].

2. Resultados y discusión

Se clasifican las crecidas históricas por sus dimensiones y por sus efectos. Destacan por sus consecuencias geomorfológicas la de octubre de 1787, la de enero de 1871, la de marzo de 1930 y la de enero de 1961. En la ejecución de acciones de defensa se observa la expansión de las motas después de las crecidas de 1959 y 1961 y de las escolleras en todas las orillas cóncavas de meandro tras las crecidas de 1977, 1978, 1980 y 1981. Las riadas más recientes, ya en el siglo XXI, en 2003, 2015, 2018 y 2021, han ido generando un cambio de paradigma en la gestión del riesgo y en las actuaciones asociadas.

Sin embargo, la percepción social ha cambiado mucho menos que la ciencia y las técnicas, existiendo un conflicto creciente entre el ámbito científico, la administración y los colectivos afectados. La cultura del riesgo es muy limitada, lo que implica pérdida de memoria y problemas de aceptación de las soluciones de adaptación basadas en la naturaleza. Se plantean propuestas para el conocimiento y la puesta en valor de las crecidas históricas como legado de aprendizaje ecosocial y ambiental y garantía para la resolución de los conflictos y para el establecimiento de una cultura sólida del riesgo que aumente la resiliencia territorial.

Esta investigación se enmarca en el proyecto *PID2022-138196OB-C31 Gestión de riesgos y de cambios ambientales en el Ebro medio: restauración fluvial y resiliencia territorial*.

3. Referencias bibliográficas

- [1] Ollero A. (2010) Channel changes and floodplain management in the meandering middle Ebro River, Spain. *Geomorphology*, 117: 247-260.
- [2] Ollero, A., García, J.H., Ibisate, A., Sánchez Fabre, M. (2021) Updated knowledge on floods and risk management in the Middle Ebro River: the “Anthropocene” context and river resilience. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 47: 73-94.
- [3] Ollero, A., Ibisate, A., Ferrer-Boix, C., Martín Vide, J.P., Ballarín, D., Castillo, P., García Lagranja, J.M., García Rodríguez, S., Melián, A., Núñez, F., Ormaetxea, O., Pirchi, V.N., Sáenz de Olazagoitia, A., Sánchez Fabre, M. (2024) El curso medio del río Ebro: bases preliminares para su diagnóstico hidromorfológico y perspectivas de gestión y restauración. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 112: 131-149.