

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## CARTOGRAFÍA, ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LOS "CURAGES" DEL TRAMO MEDIO DEL EBRO

***Autora: Noelia Cuartero Latorre***

***Director: Alfredo Ollero Ojeda***

**Máster Universitario en  
Tecnologías de la información geográfica para la ordenación del  
territorio: sistemas de información geográfica y teledetección**

**Noviembre de 2022**



**Universidad  
Zaragoza**

**Departamento de Geografía  
y Ordenación del Territorio**



## Resumen

*El presente trabajo pretende analizar y evaluar si los objetivos que se planteaban con la técnica "curage", la cual ha sido llevada a cabo en el curso medio del Ebro durante los últimos años, han sido alcanzados. Se proponen alternativas a estas acciones que favorezcan la capacidad de desagüe para disminuir el riesgo de inundación de las poblaciones ribereñas, y se ha generado una cartografía que muestra la realidad de estas actuaciones en el contexto de evolución del cauce durante el pasado siglo y el inicio de este. A partir de la cartografía se pueden crear propuestas de actuación sin perjudicar el ecosistema fluvial. Finalmente, la aplicación del Índice de Evaluación de "Curages" concluye que las actuaciones realizadas sobre barras y el de la confluencia del Gállego son las que han provocado un mayor impacto por lo que se han valorado con las más bajas puntuaciones, al contrario que su aplicación en sotos de forma puntual, con escasa densidad, con interés en la gestión y baja deforestación.*

**Palabras Clave:** cartografía, evolución, río, medidas de mitigación.

## Abstract

CARTOGRAPHY, ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE "CURAGES" AT THE EBRO MIDDLE RIVER.

*The present work intends to analyze and evaluate until what extend the goals proposed through the use of the "curage" technique, which has been applied in the middle course of the Ebro River for the past few years, were achieved. Alternatives to these actions that favour the drainage capacity to reduce flooding risk of the riverside populations are suggested, and a cartography showing the reality of these actions in the context of the riverbed evolution during the past century and the beginning of the current one has been generated. Based on this cartography, actions that will not perturb the river ecosystem can be proposed. Finally, the application of the "Curages" Evaluation Index concludes that the actions undertaken in the bars and riverbed of Gállego confluence are the ones that have caused the biggest impact, reason why they have received the lowest scores, in contrast to their timely application on riparian forest, through the use of low-density curages, and interest in management and low-deforestation.*

**Key Words:** cartography, evolution, river, mitigation step.

## Índice

1.	Introducción, contexto y justificación.....	pág. 01
2.	Hipótesis y objetivos .....	pág. 03
3.	Metodología.....	pág. 04
4.	Resultados .....	pág. 13
	4.1 Cartografía de localización .....	pág. 13
	4.2 Cartografía de evolución.....	pág. 26
	4.3 Aplicación del Índice de Evaluación de <i>Curages</i> .....	pág. 38
5.	Discusión .....	pág. 39
6.	Conclusiones y reflexiones finales .....	pág. 45
7.	Bibliografía .....	pág. 47

---

## 1. INTRODUCCIÓN, CONTEXTO Y JUSTIFICACIÓN

Este trabajo fin de máster se ha desarrollado con base en el trabajo encomendado por la Confederación Hidrográfica del Ebro al equipo formado por N. Cuartero (coordinadora del trabajo de campo y autora de la cartografía), R. Moral, A. Ollero (director) y V. Pirchi titulado “Evaluación hidromorfológica tras la aplicación de la técnica *curage* en el curso medio del Ebro”, que trató de evaluar, entre agosto de 2021 y julio de 2022, las diferentes aplicaciones de la técnica *curage* desde un punto de vista hidromorfológico, realizando para ello minuciosos trabajos de campo, estudios de la evolución del cauce desde 1927 hasta la actualidad e incluso la creación de un Índice de Evaluación de *Curage* (IEC) y un resumen de la vegetación de ribera localizada en estos enclaves. Todo ello desembocó en un cómputo de reflexiones, propuestas de mejora y cartografía de dichas actuaciones hasta el momento sin precedentes (Ollero et al., 2022).

La palabra *curage* procede de la lengua francesa y se define como la limpieza del barro o de la basura acumulada en un lugar hueco (una zanja, un pozo, un cauce). En lenguaje médico como legrado, raspado o ablación de elementos patológicos (Diccionario de la Academia Francesa). Cuando se aplica a los ríos se refiere directamente a dragado. Así, en la tesis doctoral de Panfili (2004) se habla del *curage* como dragado realizado para “mantenimiento” y navegación. Una de las fuentes que utiliza este autor es una memoria de actuaciones de *curage* recopilada por el ministerio (Assié y Hardy, 2002). En esos mismos años también se desarrolló un trabajo de síntesis sobre las actuaciones de *curage* (Armengaud et al., 2003) y Le Lay y Permingeat (2008) expusieron la evolución histórica de estas prácticas. Sin duda los estudios más completos sobre la técnica *curage*, sus características y su evolución son la síntesis de Schneider (2001) y la tesis de Le Lay (2007).

En los últimos años del siglo XX se publicaron diferentes trabajos sobre las consecuencias de los *curages* en la incisión de los cauces (Blanc et al., 1989) y en la fauna bentónica (Harper et al., 1991), así como sobre la contaminación química de los sedimentos extraídos (Berteau et al., 1993). En la actualidad se sigue asociando *curage* con dragado en Francia (Piton et al., 2019), considerándose que era mucho más frecuente en el pasado (siglos XVIII al XX) y que en la actualidad es muy escasa o anecdótica su aplicación (Duquesne, 2021). Sobre dragados y sus consecuencias hay abundantísima bibliografía internacional en la que no se va a entrar, ya que no es dragado lo que en el Ebro medio se denomina *curage*.

En efecto, los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Ebro importaron el término *curage*, pero no lo aplicaron directamente al dragado, sino a “una técnica más cuidadosa consistente en abrir y labrar pasillos en masas de sedimentos vegetadas”, según han expuesto en comunicaciones personales. Ellos decidieron el término y lo han dado a conocer en diferentes foros de la gestión fluvial, como el último congreso de restauración de ríos celebrado en Murcia en 2019, o en los documentos y publicidad de la estrategia “Ebro Resilience”. A raíz de esta importación, el término aparece en el manual ministerial de buenas prácticas de conservación, mantenimiento y mejora de cauces (Aparicio et al., 2019), donde se define como *el labrado de sedimentos para favorecer su movilidad en crecida y conseguir mayor capacidad de desagüe*. En la página 46 del citado manual se señala que “en el labrado de los sedimentos en la técnica del *curage* se procederá primeramente a un marcaje de las zonas a labrar, intentando crear cauces secundarios recuperando cauces antiguos o trazas de cauces de avenidas. Una vez retirada la vegetación que fija los sedimentos, se realizará una remoción de los mismos mediante el ripado.” También se publicó una actualización de aplicaciones realizadas en el Ebro medio (Calvo et al., 2020), en la que confirma la definición como “*permeabilización de grandes masas de sedimentos vegetados mediante la apertura de ramales de libre circulación aplicando la técnica del curage*”. En el artículo de Ollero et al. (2021) se identificaron 35 áreas de *curages* entre 2018 y 2020 en el curso medio del Ebro, afectando a un total de 87 hectáreas (las propias aperturas más su zona de influencia).

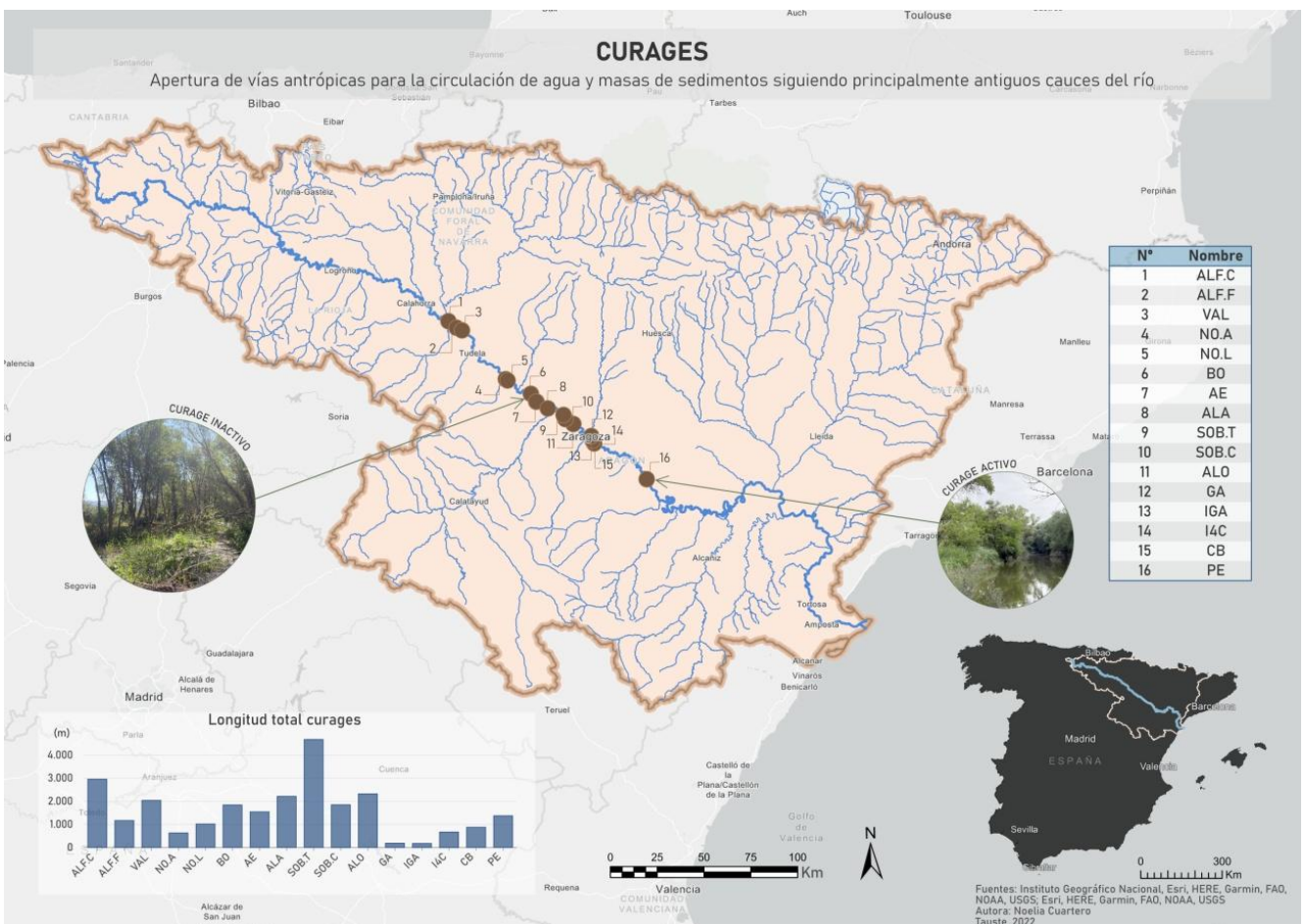
Otro antecedente claro del presente estudio es el trabajo fin de grado de Moral (2021), que caracterizó y evaluó algunas actuaciones de *curage* aguas arriba de Zaragoza.

Conociendo el concepto de *curage* es importante entender cuáles son los objetivos que se pretenden con estas actuaciones. De acuerdo con las personas que llevan a cabo dichas prácticas junto con el trabajo realizado en equipo, se puede concluir que los fines son los siguientes (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2020; Ollero et al., 2022):

- Objetivo hidráulico: conservar y mejorar la capacidad de desagüe en el cauce activo del Ebro.
- Objetivo geomorfológico: recuperar la complejidad del cauce y algunos de sus paleocauces.
- Objetivo ecológico: incrementar la entrada de flujo hídrico superficial en los sotos y brazos ciegos o “madres”.
- Objetivo ambiental: Mejorar la circulación del agua y la movilidad del sedimento a través del sistema en aguas altas y crecidas favoreciendo la autolimpieza.
- Objetivo preventivo: Mitigar el riesgo de inundación a escala de tramo incrementando seguridad en poblaciones ribereñas.

En total, se han estudiado y recorrido en campo 25,56 kilómetros de *curages* (incluyendo zonas de apertura y de articulación), que suponen 34,40 hectáreas de superficie y se enmarcan en un total 17,78 km de cauce del río Ebro.

El área geográfica donde se han efectuado las actuaciones *curage* corresponde al curso medio del río Ebro en las Comunidades Autónomas de La Rioja, Comunidad Foral de Navarra y Aragón. En total se han estudiado 16 áreas de actuación (figura 1) en los términos municipales de Alfaro (ALF), Valtierra (VAL), Novillas (NO), Boquiñeni (BO), Alcalá de Ebro (AE), Alagón (ALA), Sobradiel (SO), Zaragoza (ALO, GA, I4C, CB) y Pina de Ebro (PE).



**Figura 1.** Mapa de localización de los *curages*.

El Ebro no solo es un gran río peninsular por sus dimensiones (85.000 km<sup>2</sup> de cuenca y 930 km de longitud). También es relevante por su ubicación en una encrucijada climática y geocológica, de manera que su cuenca es un resumen de todos los ambientes del sur de Europa. Como respuesta a esta cuenca diversa, el cauce principal del río Ebro presenta una sucesión de tramos de variadas morfologías y estilos fluviales. Entre estos, surcando el centro de la cuenca y una amplia depresión semiárida, el curso del Ebro entre Logroño y La Zaida muestra una destacable homogeneidad y personalidad a lo largo de 345 km, con un cauce de meandros libres en una extensa llanura de inundación. Este curso es un espacio fluvial único en la Península Ibérica, y uno de los más destacables de Europa, por sus dimensiones, por su activa dinámica hidrogeomorfológica y por su significativo riesgo de inundación. La gestión de las crecidas e inundaciones del Ebro en su curso medio es un tema relevante de ordenación del territorio y gestión ambiental, y sigue generando conflictos entre diferentes enfoques científicos, técnicos y sociales (Ollero et al., 2022).

Las crecidas son uno de los elementos que caracterizan el comportamiento de los cursos fluviales (Sánchez Fabre y Ollero, 2017, p. 2). Son fenómenos extremos en los que las láminas de agua aumentan de forma rápida y acentuada el caudal. La naturaleza de estas es variada, ya sea por causas naturales, como precipitaciones de gran intensidad, deshielos; o antrópicas, en zonas urbanizadas, por deforestaciones y prácticas agrícolas, canalización de cauces, rotura de presas... El río posee un inmenso potencial como garante de una protección difusa de los ecosistemas adyacentes, suministrándoles refugio, nichos, vías de penetración, nexo y establecimiento de competencia (comunicando, en definitiva), conectando la vega con el acuífero, y manteniendo lo más alto posible el nivel freático (León, J. 2020). Además de esta función comunicadora, el río cumple una función reguladora por medio de sus crecidas y estiajes, mientras el caudal (líquido y sólido) provoca cambios en el ecosistema. Son precisamente las crecidas fluviales los mecanismos que tiene el río para limpiar su cauce siendo el gran motor de la dinámica fluvial. Un río no transporta únicamente agua, es necesario tener en cuenta los sedimentos, restos orgánicos y seres vivos que este alberga (componentes sólidos). Las crecidas distribuyen y clasifican los sedimentos y especies vegetales, ordenan la vegetación de ribera y limpian la llanura de inundación (Ollero Ojeda, 2014). Hasta este punto las crecidas parecen resultar beneficiosas en todos sus aspectos, y lo son, pero es necesario conocer por qué la población vive atemorizada ante ellas. Siendo este temor y las consecuencias que traen sus desbordamientos los que inducen a las administraciones a implementar estrategias de regulación como es el caso de los *curages*.

En este contexto el presente trabajo quiere contribuir analizando y evaluando, para seguir construyendo de cara al futuro.

## 2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La hipótesis de partida que trata de resolver este estudio es conocer si son realmente efectivas estas técnicas de permeabilización de masas de sedimentos para el caso concreto de la cuenca media del Ebro. Para confirmar o rechazar esa cuestión se plantea el siguiente objetivo general: analizar y evaluar las actuaciones llevadas a cabo para clarificar la oportunidad de estas, o en su caso establecer alternativas eficaces.

A continuación se incluyen unos propósitos parciales u objetivos específicos con el fin de alcanzar el objetivo principal que se ha mencionado.

- Confirmar la ubicación, o no, de estos *curages* sobre antiguos cauces ya abandonados.
- Realizar una cartografía actualizada (inexistente hasta el momento) de las actuaciones que han sido llevadas a cabo.
- Diagnosticar a través de un índice el estado de cada *curage* y valorarlos de forma conjunta.
- Proponer alternativas más eficaces o mejoras a estas obras.

### 3. METODOLOGÍA

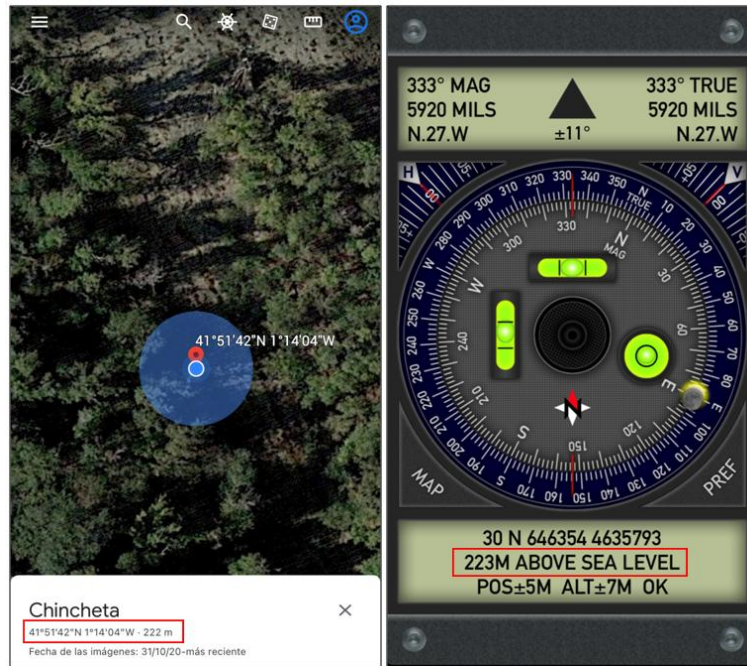


**Figura 2.** Metodología de la evolución del trabajo.

Se ha llevado a cabo una búsqueda y recopilación bibliográfica, constatándose que los antecedentes recogidos en bibliografía científica y técnica sobre esta técnica son muy escasos y que las referencias al término *curage* no están asociadas directamente a la técnica que se evalúa en el presente estudio.

El trabajo de campo comenzó en los *curages* realizados en Boquiñeni en el verano de 2021. En este momento todavía no estaba clara la metodología para tomar los datos en el campo. Con ayuda de una cinta métrica, un topómetro, cuaderno, bolígrafo, un destornillador y un martillo una única persona fue tomando las primeras medidas del ancho (cada 100 m de *curage* se tomaba una medida), longitud y tamaño del sedimento, así como de la altura de los escarpes. La poca distancia entre medidas y la falta de ayuda para mantener en uno de los extremos la cinta métrica supuso que para cada kilómetro de *curage* fuesen necesarias destinar 2 horas de trabajo. Cabe destacar que los *curages* que se localizan en el término de Boquiñeni tienen una gran longitud, así como diversos ramales que se entrelazan entre sí dando lugar a confusión. Poco a poco la técnica se fue mejorando y se establecieron unos criterios de toma de datos en campo.

Tras la recogida de información fue necesario un trabajo de gabinete de recopilación, disposición de los apuntes de campo, paso de la información manuscrita al soporte digital y búsqueda de evidencias con imágenes antiguas de vuelos históricos, y más recientemente del PNOA. El primero de los problemas a los que hubo que hacer frente fue cómo localizar la información tomada en campo sobre un mapa. Puesto que los datos habían sido tomados a mano se desconocía la posición exacta de la toma de las medidas, por lo que en la próxima visita al campo surgió la idea de tomar las coordenadas de cada punto del que se tomaba una medida (figura 3). Este método resultaba muy costoso, por lo que al poco tiempo se observó que cada imagen tomada en campo disponía de georreferenciación. Gracias a esta posibilidad se comenzaron a realizar los cuadernos de campo en el teléfono móvil y se añadía una imagen cada vez que se databa un punto (figura 4).







**Figura 3.** Ejemplo toma de coordenadas.



**Figura 4.** Cuaderno de campo, Boquiñeni.

Toda la información recogida en el trabajo de campo fue muy útil para realizar la cartografía, así como para cumplimentar el índice (IEC) una vez fue creado y para caracterizar cada una de las zonas de estudio y sintetizar esta información en forma de tabla de los aspectos morfométricos de los *cargas* de cada localización. Uno de los apartados más importantes de esa tabla fue el dedicado a los sedimentos los cuales fueron datados en el trabajo de campo y clasificados según su tamaño (Tabla 1). El registro de sedimentos fue útil para determinar la dirección de entrada y salida de agua gracias a la imbricación (figura 5) en aquellas zonas que no habían sido alteradas por el paso de animales o vehículos.

**Tabla 1.** Ejemplo clasificación sustrato *curages*

Muestreo: sustrato BO		Fecha de muestreo: 4, 6 y 7/08/2021		
Curage	Anchura curage	Coraza superficial		Cuadrante Dimensión 20 x 20 cm
		Granulometría	Diámetro □	
BO.C1	8,22 metros	1. Gravas medias	20 mm	
		2. Limos	-	
BO.C2	9,8 metros	1. Gravas gruesas	50 mm	
		2. Gravas medias	20 mm	
		3. Gravas finas	10 mm	
BO. Ap	10,7 metros	1. Gravas gruesas	50 mm	
		2. Gravas medias	20 mm	
		3. Gravas finas	10 mm	
BO. Ar	7 metros	1. Gravas finas	10 mm	



**Figura 5.** Imbricación del sedimento

En este momento se tomó la decisión final de la nomenclatura para cada localización: *curages*, zonas de apertura y de articulación, con el objetivo de dar uniformidad al conjunto de la cartografía, de forma que:

- El orden de denominación y numeración de los *curages* está fijado en función de la distancia al cauce principal del río, por lo que el pasillo más cercano al cauce será el *curage* 1 y conforme se aleje de este se irán sucediendo los siguientes.
- Cada *curage* puede tener varias zonas de apertura (polígonos con trama lineal) que partirán del cauce del río y cesarán en el *curage* o viceversa. Las zonas de apertura se caracterizan por tener una longitud menor que el *curage* al que dan entrada o salida adicional y una conexión directa con el cauce.
- Las zonas de articulación (polígonos marrón oscuro) comprenden espacios entre *curages*, o entre *curages* y brazos ciegos que los unen creando conexiones de menor longitud que los *curages* ya definidos pero de la misma morfología. Para su definición se establecieron ciertos criterios que se comentan a continuación:
  - Unen *curages* o brazos ciegos.
  - Su longitud no puede superar los 200 m, en caso de que lo haga se considerará *curage* (véase SOB.T.C2 mapa “Localización “*curages*” en Sobradiel (Soto del Tambor)”).
  - Misma morfología que los *curages* y las zonas de apertura.

Siguiendo estos criterios las nomenclaturas resultantes para cada zona se muestran a continuación:

**Tabla 2.** Nomenclaturas de identificación de los *curages* estudiados.

CURAGE		Ubicación geográfica (UTM)	Nomenclaturas	
Nomenclaturas	Significado		Nº Curage	Nº Zonas curage
ALF.C	Alfaro en la confluencia con Aragón	Este: 603863.00 m Norte: 4673831.00 m	ALF.C.C.1	• 5 curage de apertura
			ALF.C.C.2	
ALF.F	Alfaro – La Roza Puente del ferrocarril	Este: 607254.00 m Norte: 4670963.00 m	ALF.F.C1	• 2 curage de articulación
			ALF.F.C2	
			ALF.F.C3	
			ALF.F.C4	
VAL	Valtierra	Este: 609916.00 m Norte: 4669781.00 m	VAL.C1 VAL.C2 VAL.C3	
NO	Novillas	Este: 634518.00 m Norte: 4642906.00 m	NO.A.C1	• 1 curage apertura • 1 curage articulación
			NO.A.C2	
BO	Boquiñeni	Este: 646583.00 m Norte: 4635952.00 m	NO.L.C1	• 5 curage apertura • 3 curage articulación
			NO.L.C2	
AE	Alcalá de Ebro	Este: 649910.00 m Norte: 4631666.00 m	AE.C1 AE.C2	• 1 curage apertura • 1 curage articulación
ALA	Alagón	Este: 655994.00 m Norte: 4628036.00 m	ALA.C1 ALA.C2 ALA.C3	• 2 curage apertura • 1 curage articulación
SOB.T	Sobradiel Mejana Tambor	Este: 664366.00 m Norte: 4624543.00 m	SOB.T.C1 SOB.T.C2 SOB.T.C3	• 3 curage apertura • 4 curage articulación

CURAGE		Ubicación geográfica (UTM)	Nomenclaturas	
Nomenclaturas	Significado		Nº Curage	Nº Zonas curage
<b>SOB.C</b>	Sobradiel Carrizal	Este: 665337.00 m Norte: 4622340.00 m	SOB.C.C1 SOB.C.C2 SOB.C.C3	• 2 <i>curage</i> apertura • 3 <i>curage</i> articulación
<b>ALO</b>	Alfocea	Este: 669655.00 m Norte: 4619730.00 m	ALO.C1 ALO.C2 ALO.C3 ALO.C4	• 4 <i>curage</i> de articulación
<b>GA – I.GA</b>	• Desembocadura del río Gállego	Este: 679208.00 m Norte: 4613281.00 m	GA.C1	
	• Desembocadura - Isla	Este: 679139.00 m Norte: 4613135.00 m	I.GA.C1	
<b>I.4C</b>	Isla 4º Cinturón	Este: 679924.00 m Norte: 4610980.00 m	I.4C	
<b>CB</b>	Cartuja Baja	Este: 680746.00 m Norte: 4609427.00 m	CB.C1 CB.C2	
<b>PE</b>	Pina de Ebro	Este: 708777.00 m Norte: 4590437.00 m	PE.C1 PE.C2	

La metodología utilizada para la realización de la cartografía de *curages* parte de una síntesis del trabajo de campo. Las anotaciones tomadas a lo largo de los *curages*, así como las acometidas de forma general, unidas a la geolocalización de las imágenes tomadas con sistema GNSS, fueron esenciales para poder ser representadas en el software *ArcGIS* gracias a la herramienta *Geo Tagged Photos to Point* que permite, tras la selección de unas imágenes georreferenciadas, añadir dicha localización sobre una base cartográfica con una implantación puntual. La geolocalización de puntos concretos del inicio, final, transectos (principio, final y parte central), cuadrantes de sedimentos, vegetación, así como zonas particulares de cada *curage*, fue imprescindible para generar una cartografía precisa y detallada de cada zona. La base cartográfica utilizada para todos los mapas se corresponde con la ortofotografía más reciente oficial (PNOA MA, Plan Nacional de Ortofotografía Aérea Máxima Actualidad) disponible tanto en el IGN (Instituto Geográfico Nacional), como en las fuentes de datos oficiales de las Comunidades Autónomas de La Rioja (IDERioja), Comunidad Foral Navarra (SITNA) y Aragón (IDEAragón). Para los casos en los que la imagen vigente en *Google Earth* mostraba con gran precisión el recorrido de los *curages* fue utilizada como base cartográfica tras su georreferenciación con el fin de facilitar al lector la visualización de estos *curages*, tal y como se muestra en la cartografía de: AE, CB, GA, SOB.C y SOB.T.

Tras el paso de imágenes a información puntual comenzó la digitalización de los pasillos para cada zona de estudio dando como resultado la cartografía de los *curages* de cada localización sobre una proyección UTM (Universal Transverse Mercator) y un sistema de referencia ETRS89 Huso 30N. Para la representación final de la cartografía, a todos los polígonos se les aplicó una transparencia del 30% con el objetivo de que pudiese ser apreciada la imagen de fondo, también un suavizado de entre 0,5 y 2% para eliminar ángulos del trazado. La paleta de colores asignada a los *curage* se compone de tonos cálidos/castaños desde el más claro para el primer *curage*, hasta el más oscuro para las zonas de articulación, tal y como se muestra a continuación:



**Figura 6.** Simbología cartografía localización. Elaboración propia.

Los brazos ciegos, activos o no, han sido resaltados con un contorno discontinuo en tonos verdes o azules. A pesar de no ser *curages* se ha considerado importante destacar estas zonas naturales porque funcionan de conexión entre estas actuaciones y el cauce principal del Ebro. En la mayoría de los casos son prolongaciones naturales de los *curages*. Cada cartografía lleva incluida un mapa de localización o área de estudio en la que se muestra el río Ebro y sus afluentes, así como las capitales de pro-

vincia o, en su defecto, las delimitaciones de las CCAA correspondientes con su denominación y el punto de localización de la zona de estudio en granate.

Cuando la cartografía de cada localización ya estaba finalizada, se procedió a la comprobación de la ubicación de estos *curages* sobre antiguos cauces del río Ebro, tal y como afirmó CHE que habían sido realizados. Esto fue posible gracias a la descarga de imágenes antiguas de cada una de las zonas de estudio. Para cada ubicación se tomaron entre 4 y 6 imágenes en función de la disponibilidad y de la evidencia de cambios en el cauce. Se han tomado como referencia los fotogramas del vuelo histórico de 1927 de la CSHE (Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro), las imágenes del vuelo americano AMS (*Army Map Service*) de 1956-1957, otra imagen de finales del S.XX o inicios del S. XXI (PNOA histórico) y 2 o 3 imágenes de mayor actualidad.

Los fotoplanos del año 1927 carecían de georreferenciación previa por lo que teniendo como base la imagen de 1956 se buscaron puntos en común para poder situarla en el mapa, tras una posterior digitalización de los cauces activos en cada imagen para cada zona se obtuvo una cartografía de evolución del cauce en la zona de actuación de cada localidad. En su representación, se optó por situar en la zona inferior el cauce más antiguo y sobre este el resto de cauces hasta llegar a la superior con el cauce de la imagen más reciente, todos ellos con una transparencia del 30% sobre la ortofoto del PNOA MA. La gama de colores en esta ocasión parte de un tono amarillo claro hasta un azul oscuro:



**Figura 7.** Simbología cartografía evolutiva. Elaboración propia.

A finales del mes de agosto de 2021 se creó la primera versión del *Índice de Evaluación de Curages*, en adelante IEC, el cual trata de realizar un diagnóstico del estado o situación ambiental de aquellos tramos del Ebro medio y Gállego intervenidos por actuaciones de tipo *curage*. Conforme se iba realizando el trabajo de campo y aparecían condicionantes nuevos fue modificado hasta la versión actual que es la que se muestra a continuación. Se ha diseñado a partir de criterios que valoran los *curage* de manera individual (tabla 3) y al conjunto de todos ellos en un espacio de ribera (tabla 4). El índice se compone de dos partes con indicadores que evalúan la eficacia de los *curage* en el mantenimiento hidromorfológico y ecológico del río y sus riberas. Y se combina con diferentes indicadores que evalúan su impacto al sistema natural mediante perturbaciones y/o modificaciones inducidas por este tipo de acciones humanas.

**Tabla 3.** Indicadores de evaluación de cada *curage* (C) y criterios (Ollero et al., 2022)

Evaluación de cada <i>curage</i>		Criterios de valoración	
INDICADOR DE CURAGE (C)	EFICACIA	<i>Eficacia hidromorfológica (H)</i>	El caudal circula por el <i>curage</i> con frecuencia y se registran procesos geomorfológicos de erosión, transporte y sedimentación.
		<i>Eficacia ecológica (E)</i>	El <i>curage</i> contribuye a crear nuevos ambientes y a reconectar los preexistentes, consiguiendo mayor biodiversidad.
		<i>Coincidencia con paleocauces (P)</i>	El <i>curage</i> se instala aprovechando cauces de crecida del río, aún activos o bien antiguos.
	IMPACTO	<i>Impacto en la vegetación (V)</i>	La realización del <i>curage</i> y su mantenimiento han implicado más o menos destrucción de ejemplares de vegetación autóctona.
		<i>Sobredimensionamiento (S)</i>	El <i>curage</i> cuenta con una anchura superior a la necesaria o eficaz.

**Tabla 4.** Indicadores de evaluación del conjunto de *curage* en un espacio de Ribera (R) y criterios (Ollero et al., 2022)

Evaluación grupal de <i>curage</i>		Criterios de valoración	
INDICADOR DE CURAGE (R)	EFICACIA	Interés de gestión (G)	Los <i>curages</i> del soto reducen la peligrosidad del flujo en crecida resultando beneficiosos para núcleos de población en la orilla opuesta o aguas abajo.
		Densidad de <i>curage</i> (D)	Con baja densidad, es decir, pocos <i>curages</i> o uno solo, se consigue eficacia y se evitan impactos.
	IMPACTO	Accesibilidad (A)	El valor es menor si los <i>curages</i> practicados permiten acceder en exceso a personas o vehículos.
		Necesidad de mantenimiento (M)	El valor es menor si el <i>curage</i> requiere mantenimiento muy frecuente, pues además de suponer mayor impacto por entrada de maquinaria implica que el <i>curage</i> es poco efectivo.

La puntuación en el índice IEC no es igual en el resultado final de las dos partes por estar ponderados según la importancia asignada a cada uno de los indicadores en *C* y en *R*. El rango de la escala cuantitativa es entre 0 y 2, donde los valores de puntuación mínimos fijan una eficacia insuficiente de los *curage* y mayor impacto al río y sus riberas. De igual forma, el rango de escala cualitativa está en interacción directa al rango numérico con colores según su valoración: alta, media o baja (Tabla 4). De la suma de los indicadores de eficacia e impacto de cada uno de los *curage* se obtiene (*C*) y su valor medio  $\bar{C}$  sirve para calcular la escala de valoración final (*R*) de las evaluaciones del conjunto de todos los *curage* en un espacio de ribera.

Para su mejor comprensión final, y por sugerencia de los técnicos de la Confederación Hidrográfica del Ebro en una presentación parcial del trabajo, se han convertido los valores finales en una escala equivalente de 0 a 10, siendo estos los valores que aparezcan en la tabla de síntesis. En la segunda parte del IEC, se obtiene la media  $\bar{C}$  de las evaluaciones de los diferentes *curage* (con la escala básica, no la de 0 a 10) y al aplicar la ecuación (Tabla 6) se valora el conjunto de todos los *curage* en un espacio de ribera (*R*). También en este caso los resultados de *R* se convierten a una escala de 1 a 10 para mejorar su visibilidad y comprensión.

**Tabla 5.** Valoración cuantitativa y cualitativa de los indicadores *C* (Ollero et al., 2022)

C = H + E + P + V + S					
INDICADOR DE CURAGE (C)	Indicadores		Valoración		
			Alta	Media	Baja o Nula
EFICACIA	Eficacia hidromorfológica (H)		2	1	0
	Eficacia ecológica (E)		2	1	0
	Coincidencia con paleocauces (P)		2	1	0
IMPACTO	Impacto en la vegetación (V)		-2	-1	0
	Sobredimensionamiento (S)		-2	-1	0

Escala de valoración final (C)										
6	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4
ALTA		MEDIA				BAJA				
Conversión a escala de 0 a 10										
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
ALTA		MEDIA				BAJA				

**Tabla 6.** Valoración cuantitativa y cualitativa de los indicadores *R* (Ollero et al., 2022)

C = H + E + P + V + S					
INDICADOR DE CURAGE (C)	Indicadores		Valoración		
			Alta	Media	Baja o Nula
EFICACIA	Interés en la gestión (G)		2	1	0
	Densidad de <i>curage</i> (D)		-1	0	1
	Accesibilidad (A)		-1	0	1

IMPACTO		Necesidad de mantenimiento (M)	-1	0	1
<b>Escala de valoración final (R)</b>					
R > 15,99	15,99 > R > 13,99	13,99 > R > 11,99	11,99 > R > 9,99	9,99 > R > 7,99	7,99 > R > 5,99
<b>ALTA</b>			<b>MEDIA</b>		<b>BAJA</b>
<b>Conversión a escala de 0 a 10</b>					
10	9	8	7	6	5
<b>ALTA</b>			<b>MEDIA</b>		<b>BAJA</b>

En el transcurso de los meses de septiembre y noviembre de 2021 y tratando de obtener una gran variedad de opiniones sobre estas actuaciones se realizaron 3 entrevistas a distintos colectivos: la primera de ellas se celebró el 6 de septiembre del 2021 con los promotores del estudio, Confederación Hidrográfica del Ebro (Tabla 7); la segunda tuvo lugar el 27 de septiembre de forma telemática con varios miembros de asociaciones ecologistas (Tabla 8); por último, la tercera también telemática, se realizó el día 25 de noviembre con científicos expertos en sistemas fluviales desde perspectivas hidrogeomorfológicas y ecológicas (Tabla 9). A modo de resumen las principales conclusiones extraídas de estas entrevistas fueron las siguientes:

**Tabla 7.** Conclusiones de la entrevista a agentes promotores de la técnica *curage*.

Ventajas y aspectos positivos	Desventajas e impactos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aumentan la capacidad de desagüe en crecida.</li> <li>▪ Movilizan sedimentos.</li> <li>▪ Activan antiguos cauces del río.</li> <li>▪ Favorecen el ingreso de agua en los sotos.</li> <li>▪ Retirada de basura durante la ejecución.</li> <li>▪ Reducción del tamaño y colonización vegetal de islas por la reconexión de sedimentos de estas con el lecho.</li> <li>▪ Reducción de la peligrosidad de inundación y mejora del estado del río y su dinámica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Perturbación temporal de la fauna.</li> <li>▪ Desaparición de vegetación arbórea entre un 5 y un 7%.</li> <li>▪ Ejecución costosa en tiempo.</li> </ul>

**Tabla 8.** Conclusiones de la entrevista a asociaciones ecologistas.

Ventajas y aspectos positivos	Desventajas e impactos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se observan a primera vista impactos con esta actuación.</li> <li>▪ La técnica podría ser óptima para el ecosistema del soto.</li> <li>▪ Se desarrolla sobre las bandas intermedias del soto evitando las frágiles.</li> <li>▪ Favorece la conexión de corredores ecológicos de fauna.</li> <li>▪ Generación de nuevos ecotonos → diversidad.</li> <li>▪ El ingreso de luz solar por la apertura de estos pasillos puede favorecer la recuperación de praderas.</li> <li>▪ La madera muerta que cae y no es retirada favorece la regeneración de biodiversidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Afecciones a hábitats de interés comunitario.</li> <li>▪ En sotos e islas son verdaderos dragados.</li> <li>▪ La apertura de estos pasillos contribuye a una mejor accesibilidad de vehículos y personas.</li> <li>▪ Si se realiza un mantenimiento constante no habrá recuperación de la vegetación.</li> <li>▪ La eliminación de las gravas no beneficia a la vegetación del soto, se favorece el exterminio de este.</li> </ul>

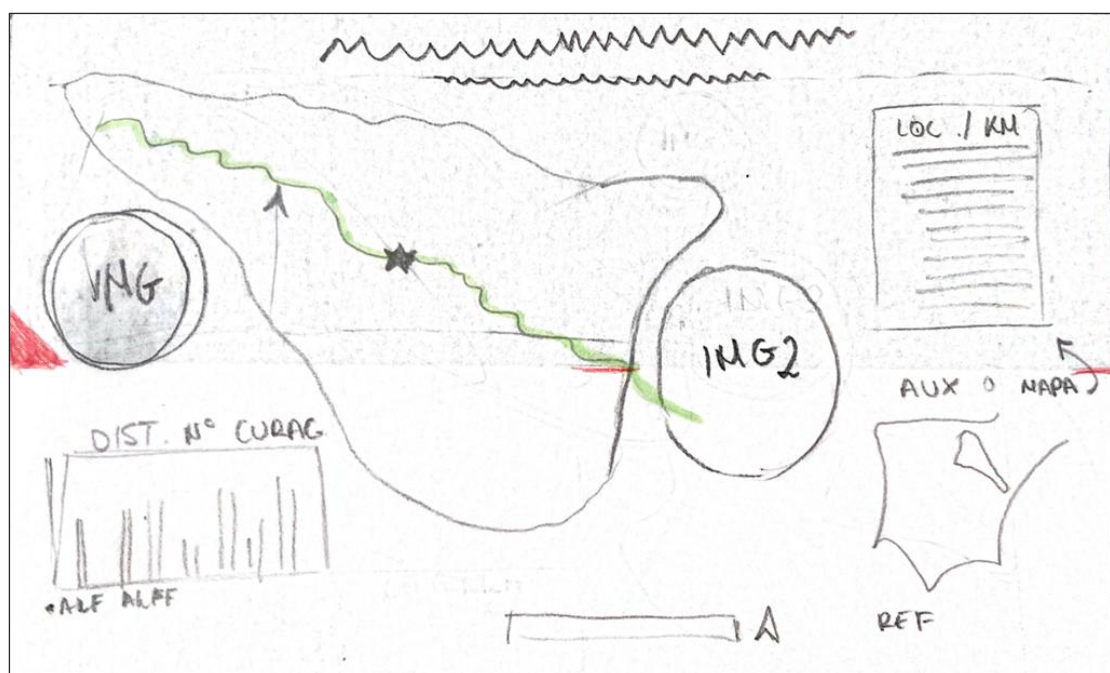
**Tabla 9.** Conclusiones de la entrevista a especialistas fluviales

Ventajas y aspectos positivos	Desventajas e impactos
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pueden facilitar y mejorar la recarga del acuífero.</li> <li>▪ Pueden ser beneficiosos para diferentes estados vegetativos del soto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Carencia de cuantificación o modelización que determine que aumenta la capacidad de desagüe y si reduce la peligrosidad y el riesgo.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es una alternativa de menor impacto que los dragados y limpiezas.</li> <li>▪ La realización sobre paleocauces recupera trazados y se diversifica la geoeología fluvial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se han estudiado los efectos reales en crecida.</li> <li>▪ No hay plan de seguimiento.</li> <li>▪ Ausencia de proyecto, de evaluación de impacto y definición de los trazados previa.</li> <li>▪ Alteraciones notables en funciones hidrogeomorfológicas, morfologías y vegetación.</li> <li>▪ Los sotos se inundan igual con o sin <i>curage</i> en la mayoría de los casos.</li> <li>▪ En las imágenes aéreas se observan cicatrices (<i>curages</i>).</li> <li>▪ En crecidas el río lleva una mayor velocidad en las zonas donde no hay vegetación, estos pasillos pueden causar mayor erosión aguas abajo y no frenar la inundación.</li> <li>▪ La densidad de estos es muy alta en algunos sotos.</li> <li>▪ La madera muerta no tendría que ser triturada y eliminada.</li> <li>▪ Se requerirá un mantenimiento continuo de algunos paleocauces, por lo que los daños serán mayores.</li> </ul>
---	---

Para finalizar, y con el propósito de integrar la información de manera concisa, visual y completa, gracias a las instrucciones de manejo del *software ArcGIS Pro* impartidas durante la asignatura “Diseño y creación de mapas temáticos y otros documentos” durante la realización del máster al que se debe este proyecto, se creó el mapa general que se muestra en el apartado 1. *Introducción, contexto y justificación* como figura 1.

Fueron varias las versiones “finales” que se generaron de este mapa general para concluir con la que se muestra en la figura 1, todas ellas siguieron la referencia del boceto creado a mano alzada que se muestra a continuación:



**Figura 8.** Boceto mapa general.

Para la realización de esta cartografía fue necesaria la red hidrográfica y la delimitación de la cuenca, ambas disponibles en el Centro de descargas del IGN; la localización de todas las áreas de estudio, así como datos sobre la longitud total de los *curages* y algunas imágenes que muestran la diferencia entre un *curage* activo e inactivo. Las bases cartográficas tanto del mapa principal como del auxiliar fueron tomadas de *ArcGis Online*. Nuevamente, para esta cartografía se usó la proyección UTM y un sistema de referencia ETRS89 Huso 30N. Se puede observar una notable diferencia en la

estética entre esta cartografía y las propias de cada zona, algunos de los cambios más destacables se mencionan a continuación:

- Posibilidad de añadir varios contornos a una simbología. Esto da la sensación de volumen. Puede observarse en la cuenca del mapa principal.
- Inserción de imágenes y modificación de la forma de estas.
- Disposición del texto conforme a una forma adyacente.
- Posibilidad de crear tablas y gráficos en el mismo software o añadirlas desde un archivo externo.
- Creación de transparencias en marcos de texto.
- Gran cantidad de tipologías de letra.
- Inserción de fuente automática.
- Definición de la composición de color previa a la realización del mapa.
- Multitud de tamaños disponibles para la exportación.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Cartografía de localización

A continuación, se procede a mostrar los resultados obtenidos de la cartografía del enclave de cada conjunto de *curages* siguiendo la dirección de la corriente. Así pues, se comenzará con los ubicados en La Rioja (2), seguido de la Comunidad Foral de Navarra (1), para finalizar en Aragón (13).

Todos y cada uno de los mapas cuentan con una leyenda informativa que, tal y como se ha comentado en el apartado *Metodología*, sigue una sucesión cromática que aumenta de intensidad conforme el número de *curage* aumenta. La adición de tramas a esta leyenda se incorpora con el fin de destacar las zonas de apertura del *curage* con el que tienen conexión. Las zonas de articulación se representan con la tonalidad más oscura con el fin de destacar las brechas que generan en el territorio. Por último, los brazos ciegos son puntualizados para destacar su existencia y brindar de continuidad a los trazados de los *curages*. De la misma forma, se muestran dos o más flechas en el centro del cauce que simbolizan la dirección de la corriente. Por último, la orientación de estos depende de la disposición del cauce, así como de las obras realizadas en este o en sus inmediaciones.

Destaca el mapa “Localización *curages* en Alfaro (confluencia río Aragón)” (figura 9), que se muestra a continuación, por el *zoom* creado a sus zonas de apertura. Se ha considerado realizar esta modificación respecto al resto de cartografía para destacar la existencia de estas 5 entradas como un lugar particular. Otra de las peculiaridades de estos *curages* es la gran rectilineidad en sus dos pasillos principales y la convergencia de estos en un brazo ciego.

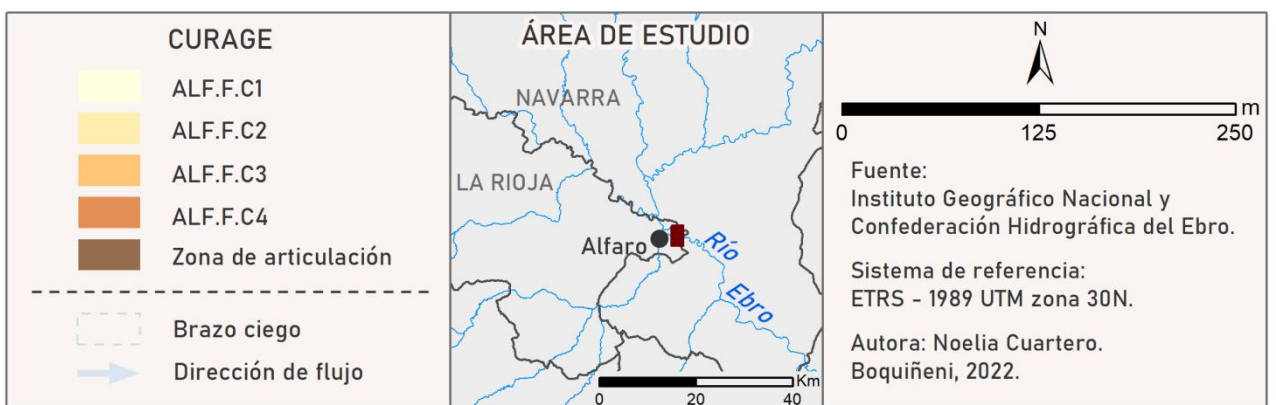
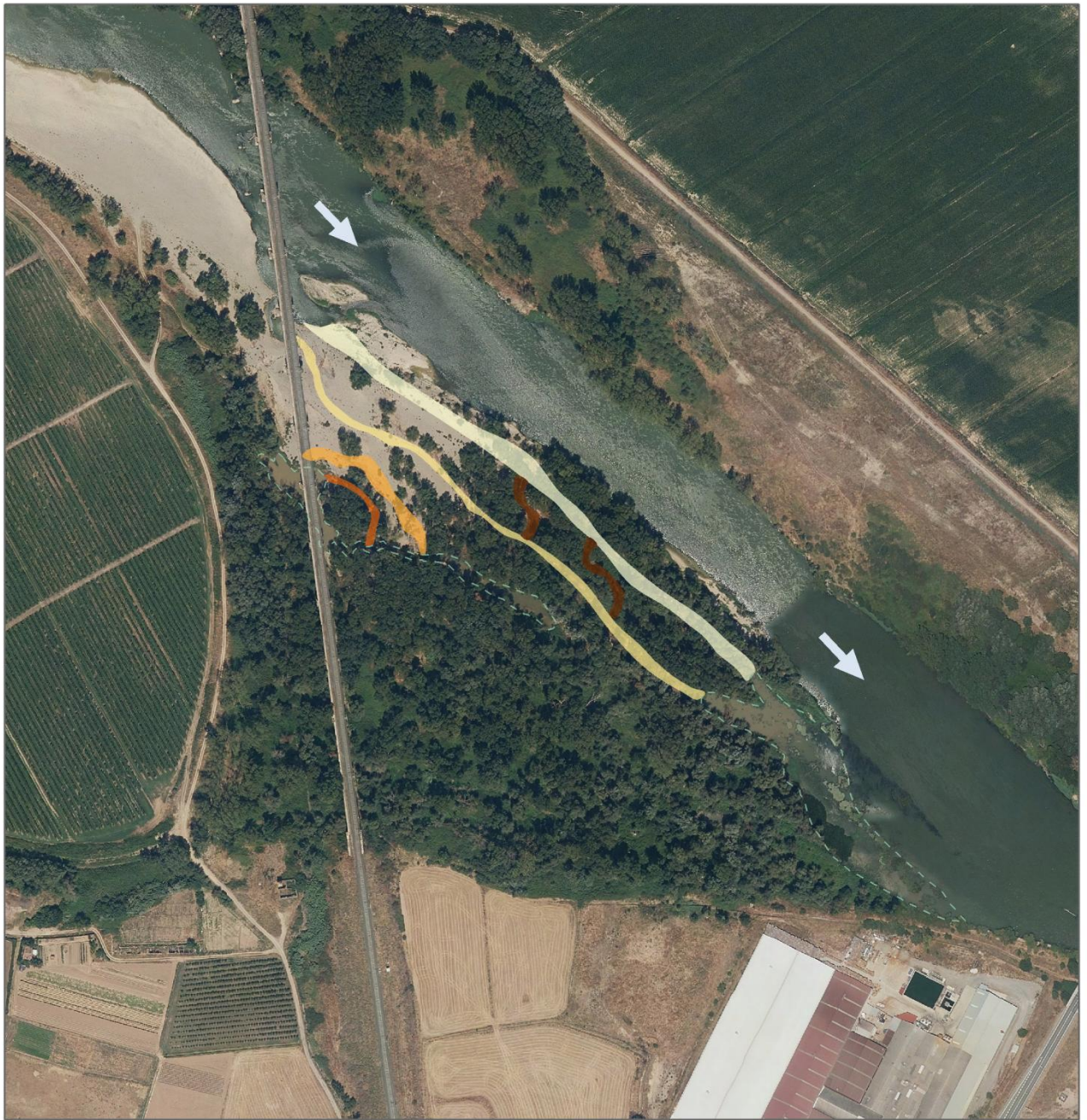
En el siguiente mapa, figura 10, se repiten los transectos más o menos rectos de la cartografía anterior en el primero y segundo *curage* así como la convergencia de estos en brazos ciegos. A diferencia del anterior, en este surgen dos zonas de articulación entre el ALF.F. C1 y C2. Destaca en esta disposición de pasillos el ALF.F.C3 y C4 por servir de nexo entre dos zonas distanciadas del brazo ciego.

La cartografía de los *curages* navarros en el municipio de Valtierra (figura 11) tiene la característica de que todos ellos se inician bajo el puente de la autovía, siguen aproximadamente la misma trayectoria hacia un brazo ciego todavía activo y conectado a excepción de un ramal del VAL.C1 que trata de alcanzar el cauce del río aguas arriba del brazo ciego.

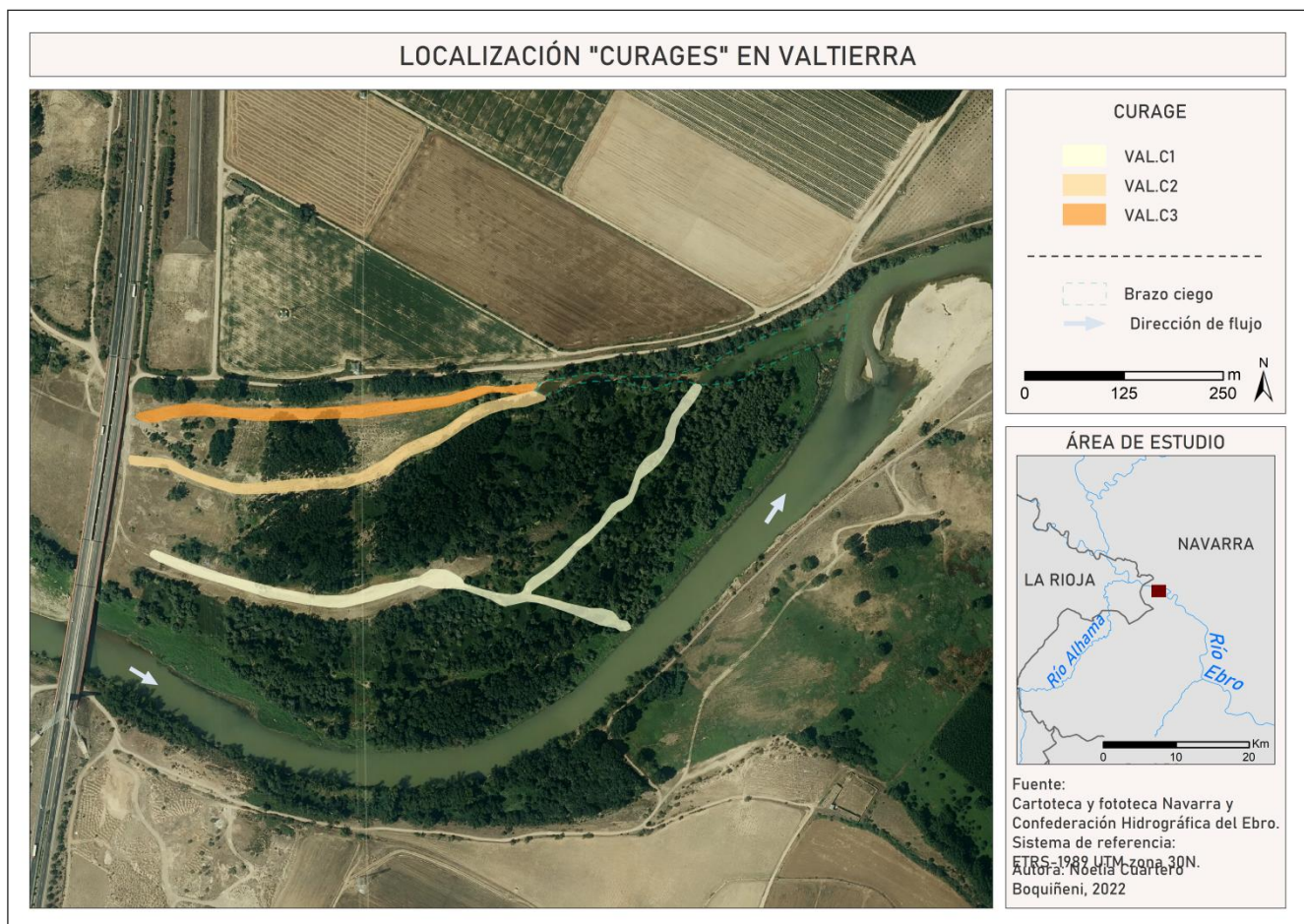


**Figura 9.** Mapa de localización de los *curages* en Alfaro, confluencia con el río Aragón.

## LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN ALFARO (FERROCARRIL)



**Figura 10.** Mapa de localización de los *curages* en Alfaro, puente del ferrocarril.



**Figura 11.** Mapa de localización de los *curages* en Valtierra.

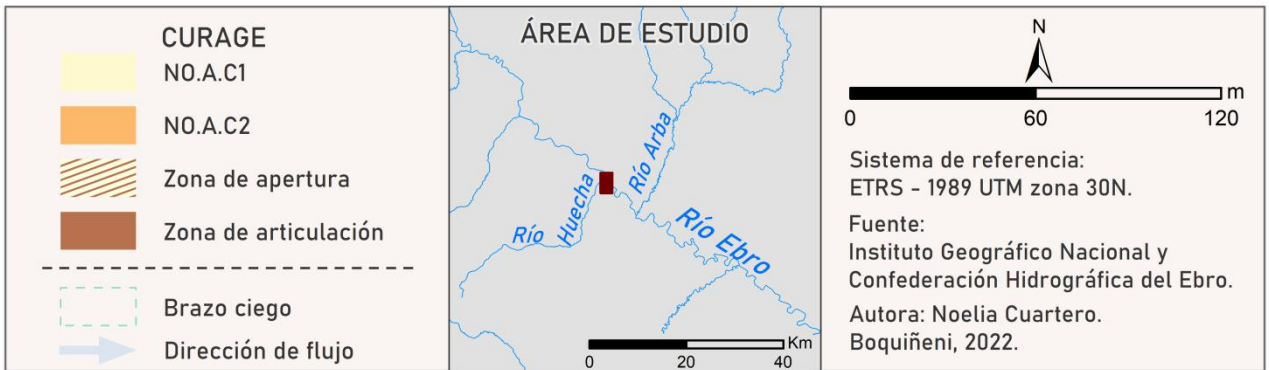
A su entrada en Aragón las orillas del Ebro soportan nuevas cicatrices: es el caso de los *curages* de Novillas. En el primer caso los localizados en Los Anchos, figura 12, resultan difíciles de identificar ya que se entrelazan con antiguos caminos. Todos ellos se realizaron sobre un cauce secundario ya abandonado por el Ebro del cual solo permanece el brazo ciego.

Respecto a los *curages* de la Mejana del Lobo (figura 13), cabe destacar que se combinan con un cauce de alivio más antiguo como medios de disgregación del caudal principal. A los pocos meses de la realización de estas obras el NO.L.C1 quedó completamente cegado por la vegetación, por lo que se considera que actualmente no es un *curage* efectivo.

En el municipio de Boquiñeni se encuentra uno de los *curages* con más tramos de los que han sido estudiados (junto con la Mejana del Tormo en Alagón y el Soto del Tambor en Sobradiel): tan solo dos pasillos principales, 5 zonas de apertura y 4 de articulación componen este gran conjunto que finaliza en dos brazos ciegos, de los cuales uno todavía sigue activo (figura 14).

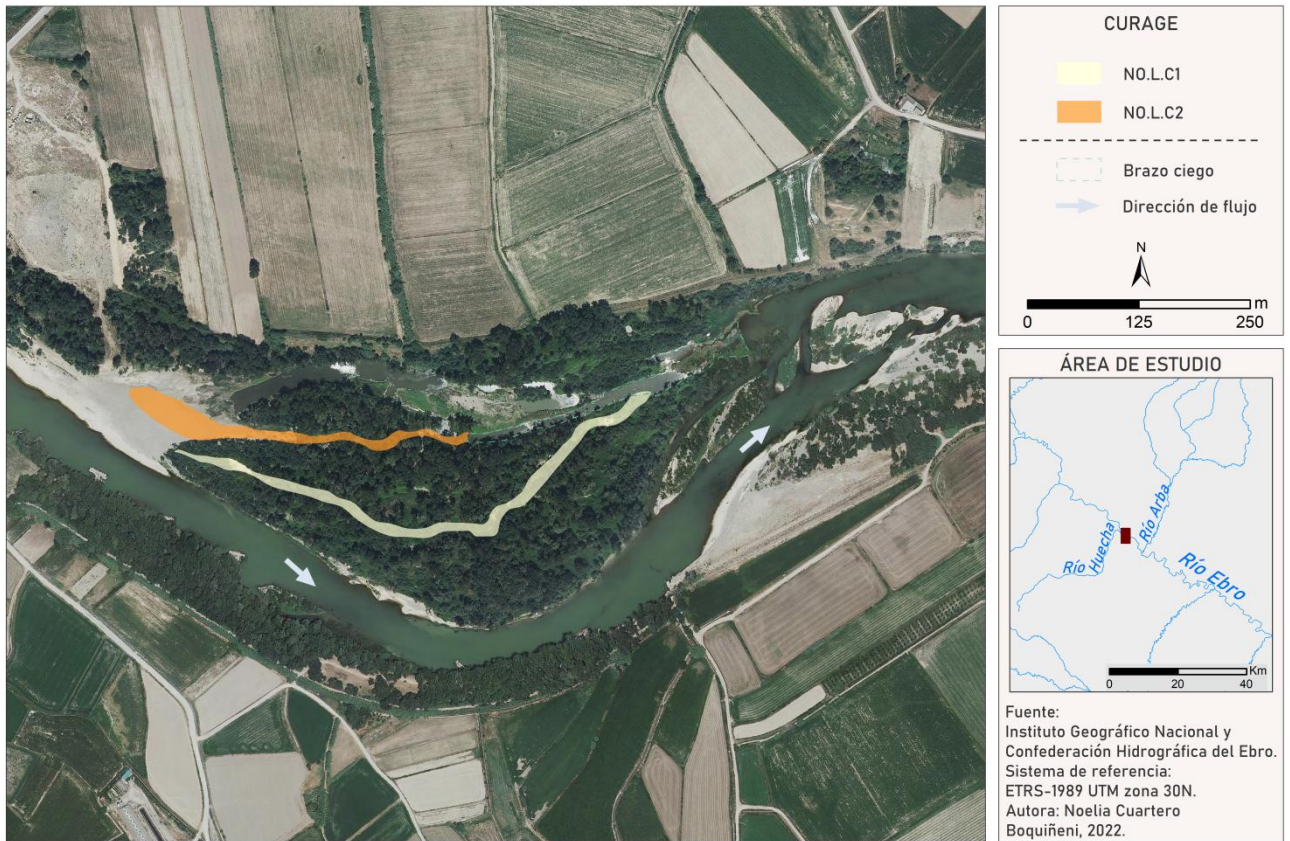
Otra zona destacable es la que corresponde a los *curages* del término de Alcalá de Ebro (figura 15), en los cuales todavía puede apreciarse el labrado de sus sedimentos. Lo más reseñable en estos es que, a diferencia del resto, el AE.C1 comienza con una entrada en forma de abanico invertido de grandes dimensiones.

## LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN NOVILLAS (LOS ANCHOS)



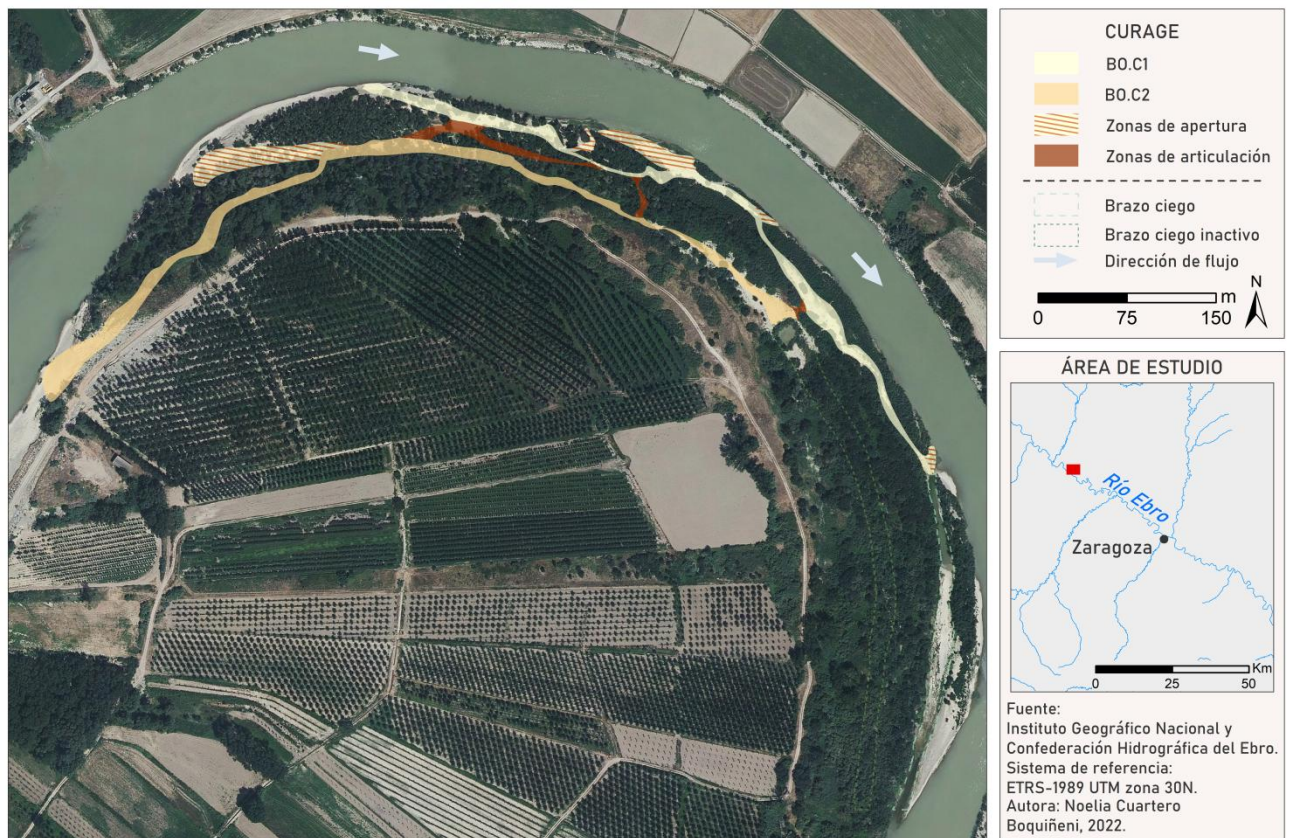
**Figura 12.** Mapa de localización de los *curages* en Novillas, Los Anchos.

### LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN NOVILLAS (MEJANA DEL LOBO)



**Figura 13.** Mapa de localización de los *curages* en Novillas, Mejana del Lobo.

### LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN BOQUIÑENI



**Figura 14.** Mapa de localización de los *curages* en Boquiñeni, El Puntal.

## LOCALIZACIÓN "CURAGE" EN ALCALÁ DE EBRO

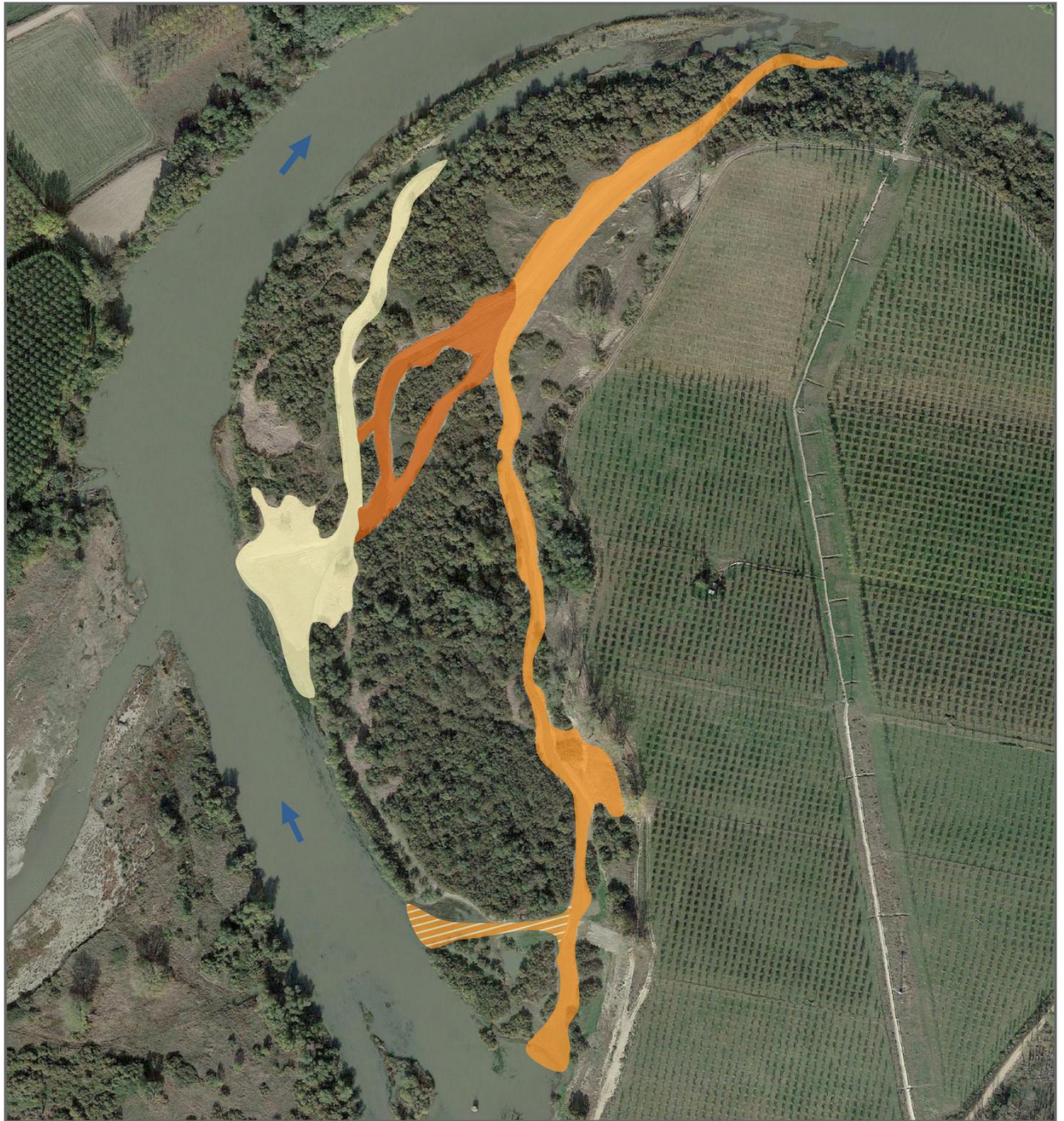
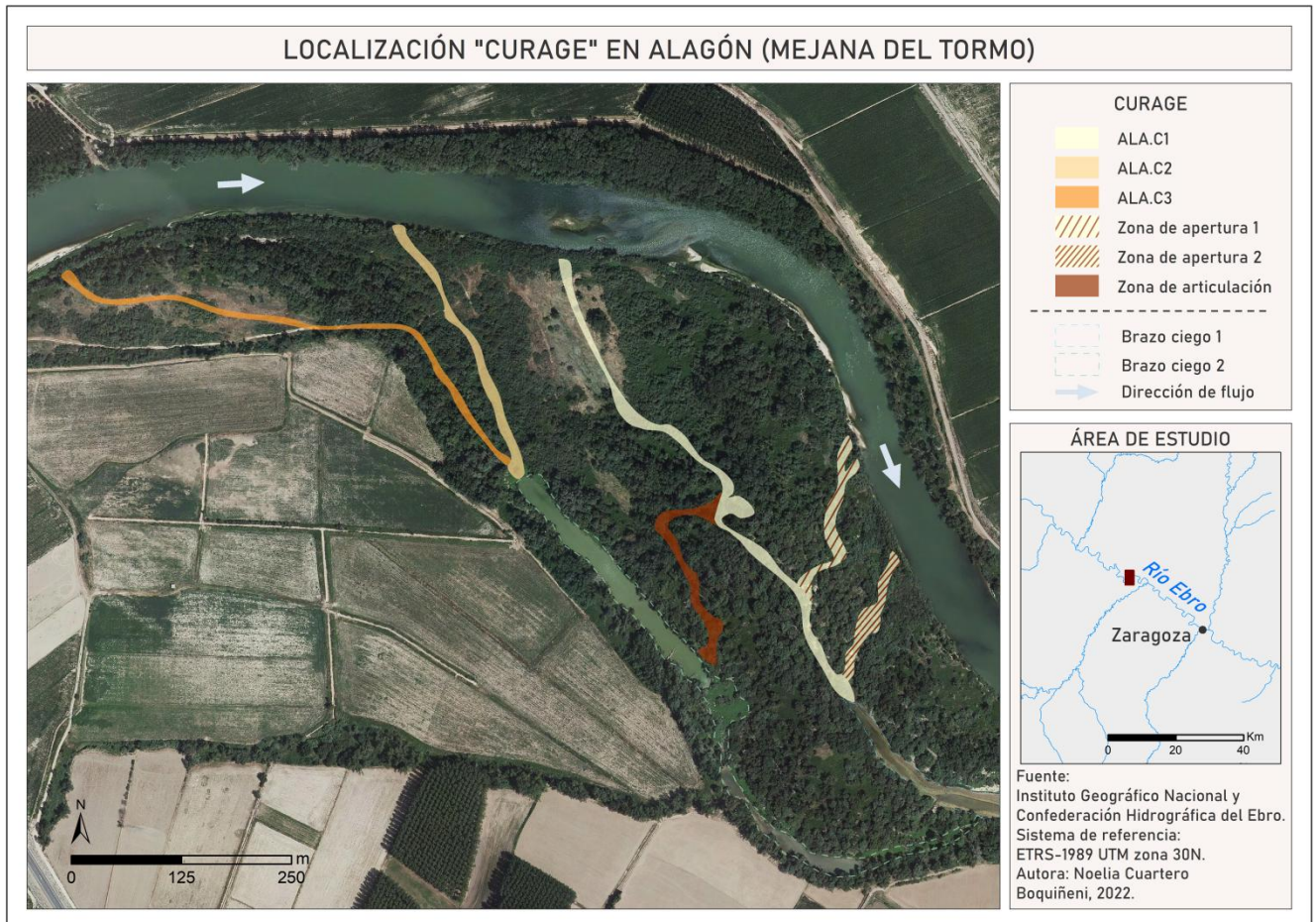


Figura 15. Mapa de localización de los *curages* en Alcalá de Ebro.

De nuevo otro de los *curages* más complejos del estudio es el localizado en la Mejana del Tormo en Alagón (figura 16). En este caso el conjunto de pasillos se compone de 3 *curages* principales dos zonas de apertura con ALA.C1 y una zona de articulación desde este hasta el segundo brazo ciego sin conexión con el cauce principal en los periodos de aguas bajas.

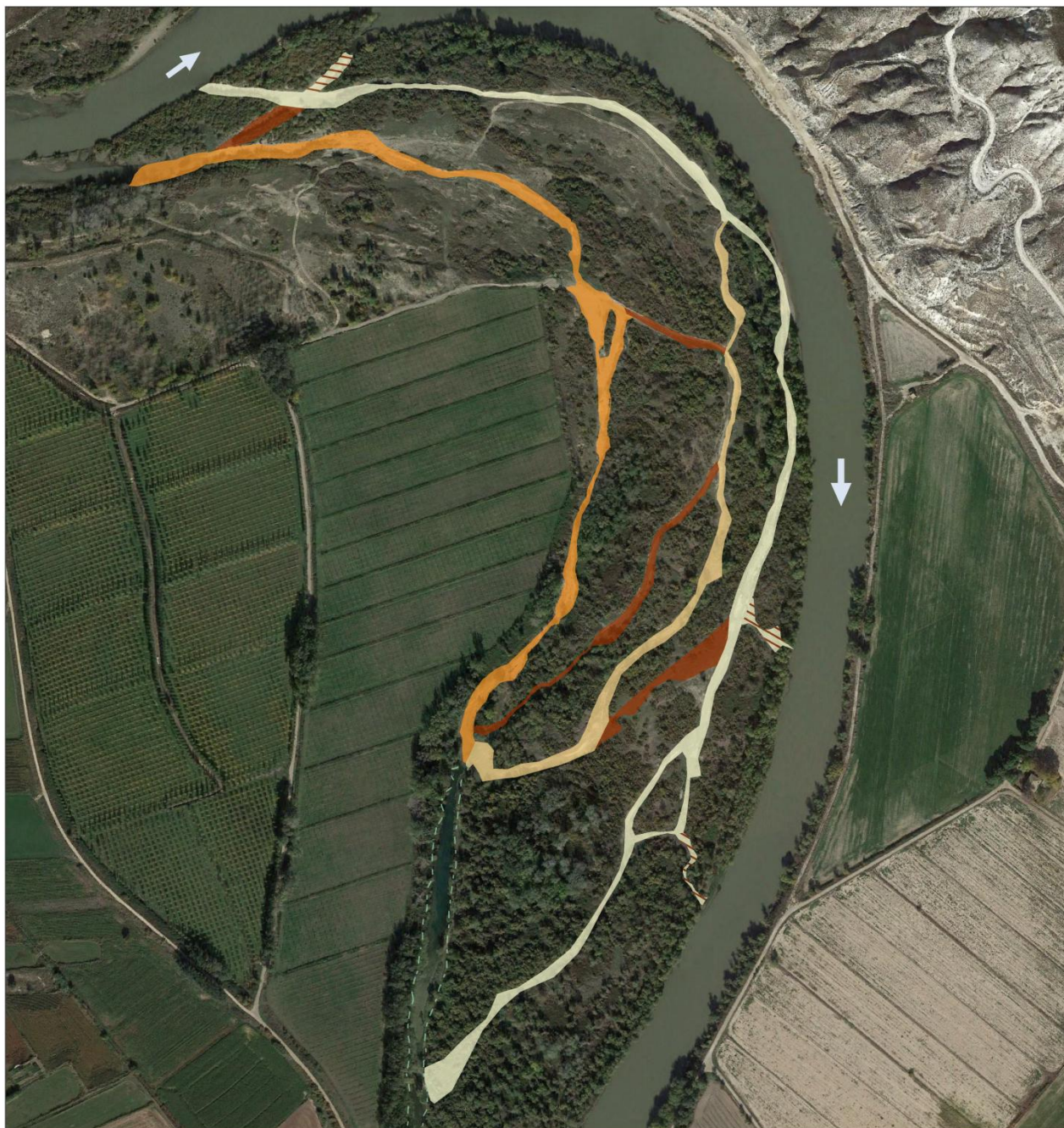
El Soto del Tambor (figura 17) alberga el *curage* (como conjunto) de mayor longitud que ha sido estudiado y hasta el momento con más de 4 kilómetros y medio. Estas obras atraviesan el soto en todas las direcciones entrelazándose y creando diversas conexiones con el cauce principal, así como con el brazo ciego.

La siguiente cartografía (figura 18) correspondiente a los *curages* del Carrizal de Sobradiel, que destaca por la interconexión existente entre los pasillos principales, además de un gran número de zonas de apertura.



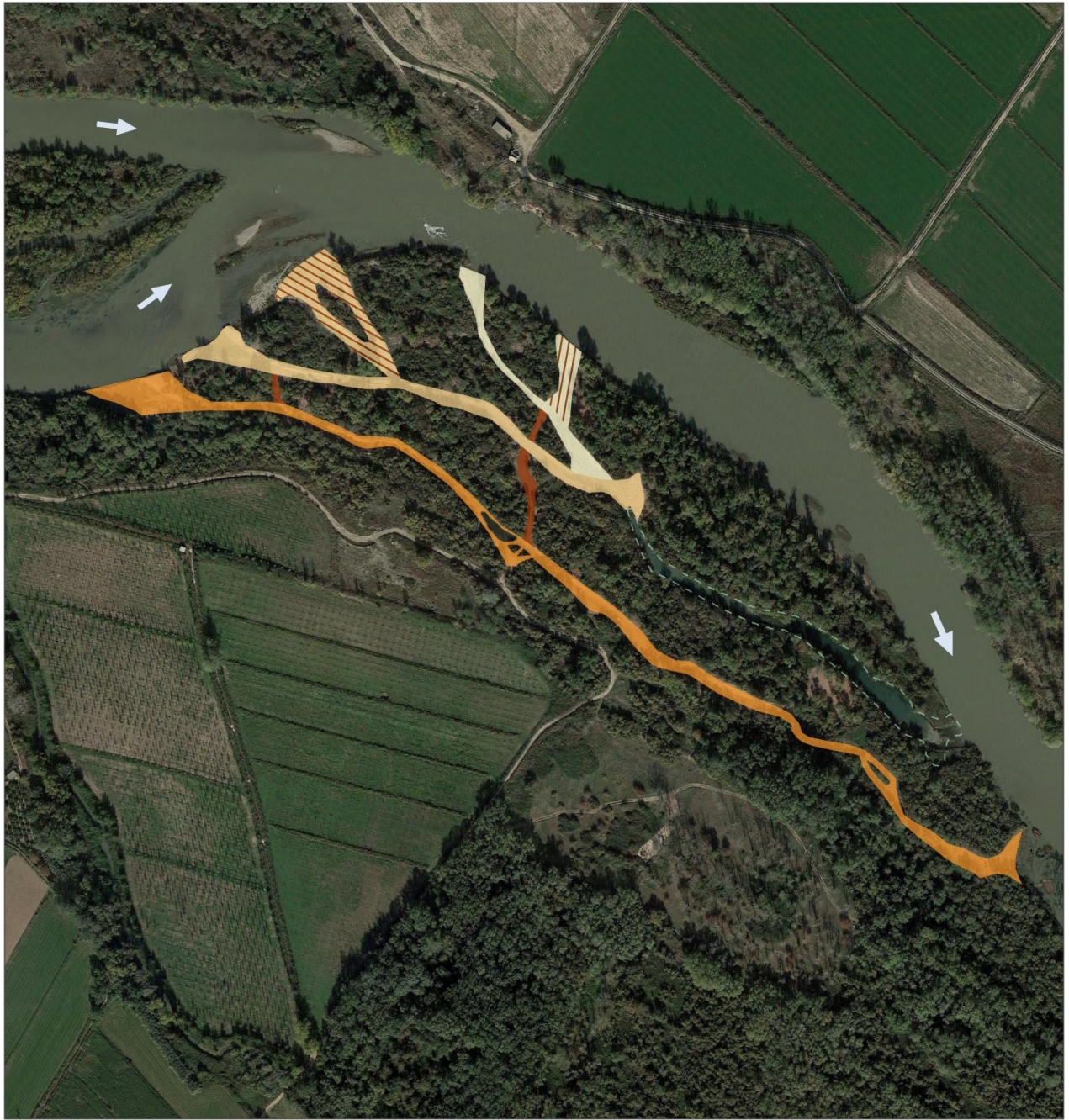
**Figura 16.** Mapa de localización de los *curages* en Alagón, Mejana del Tormo.

## LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN SOBRADIEL (SOTO DEL TAMBOR)



**Figura 17.** Mapa de localización de los *curages* en Sobradriel, Soto del Tambor.

## LOCALIZACIÓN "CURAGES" EN SOBRADIEL (EL CARRIZAL)



**Figura 18.** Mapa de localización de los *curages* en Sobradiel, el Carrizal.

Las cuatro secciones principales del *curage* de Alfocea (figura 19) destacan por su sinuosidad del ALO.C2, C3 y C4, así como por su longitud total de más de 2 kilómetros.

Las dos tipologías de *curage* que se muestran en la figura 20 se corresponden con *curage* en cauce y en barra o isla. En el primer caso se abre sobre el propio cauce una cata para que actúe de cauce secundario tanto en periodos de aguas altas como en bajas. El segundo caso, destaca por el arrasamiento completo de la vegetación y su transformación a *curage* del total de la isla del Ebro junto a la desembocadura del Gállego.

Otro caso de *curage* en barra es el efectuado sobre la isla bajo la Z-40 o cuarto cinturón con una superficie algo inferior a las 5 ha.

Los dos *curages* de la Cartuja Baja (figura 22) se estructuran de la misma forma dejando en la parte central del pasillo una isla de vegetación al inicio (CB.C2) o al final del *curage* (CB.C1).

Los *curages* de Pina de Ebro (figura 23) se emplazan en las orillas de lo que fue un cauce secundario. Ambos son más o menos rectilíneos siguiendo parte del brazo ciego ya inactivo.

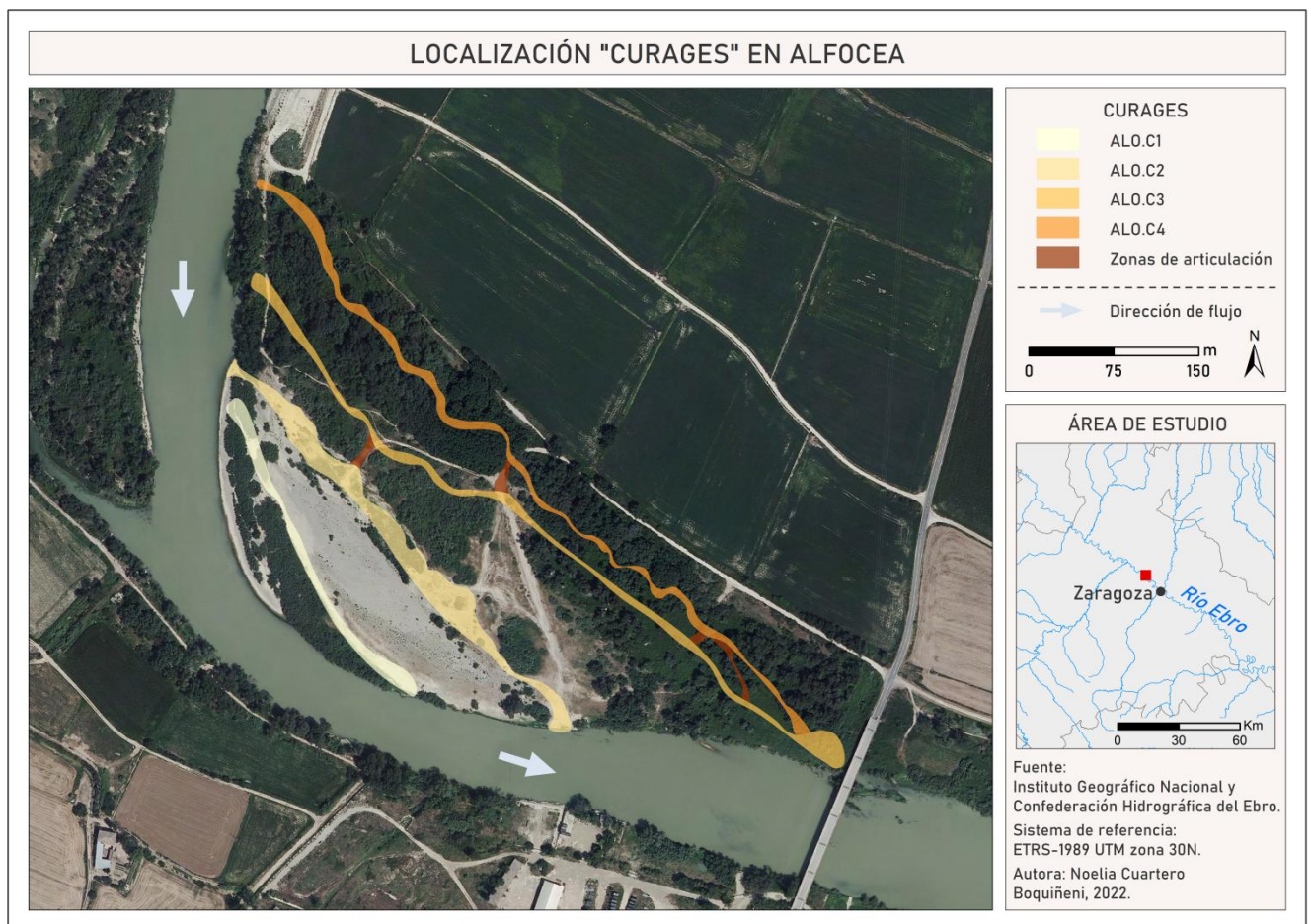
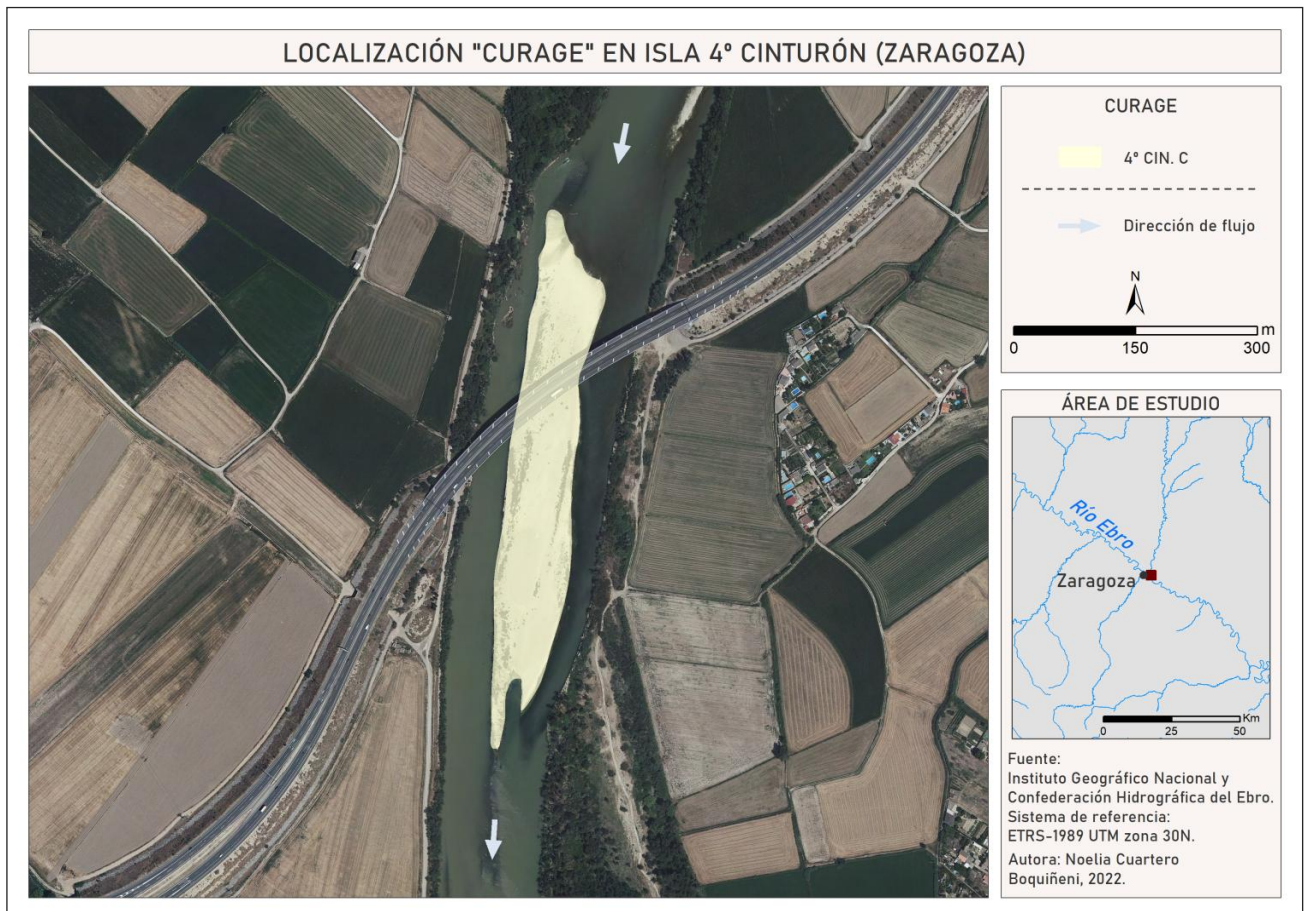


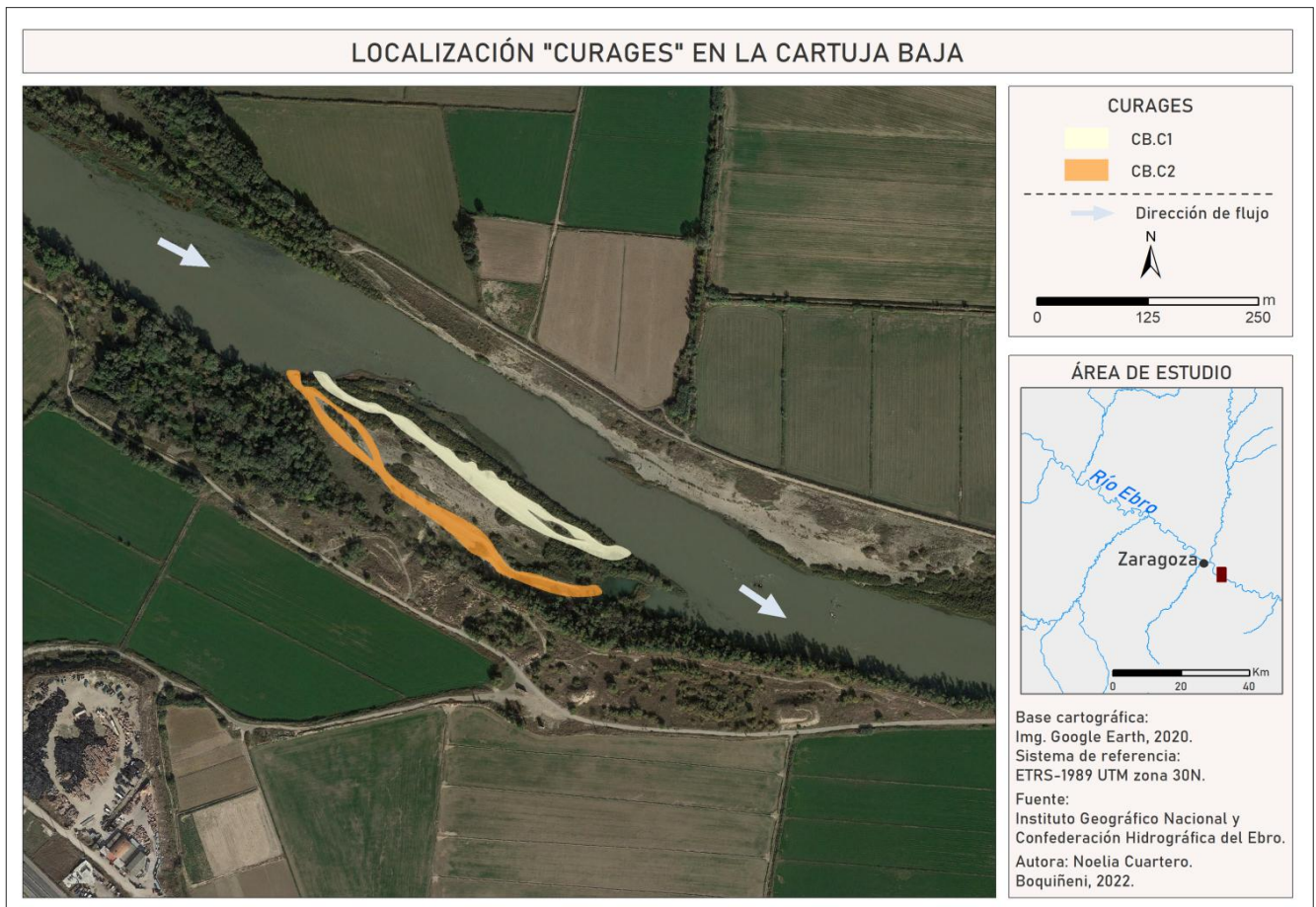
Figura 19. Mapa de localización de los *curages* en Alfocea.



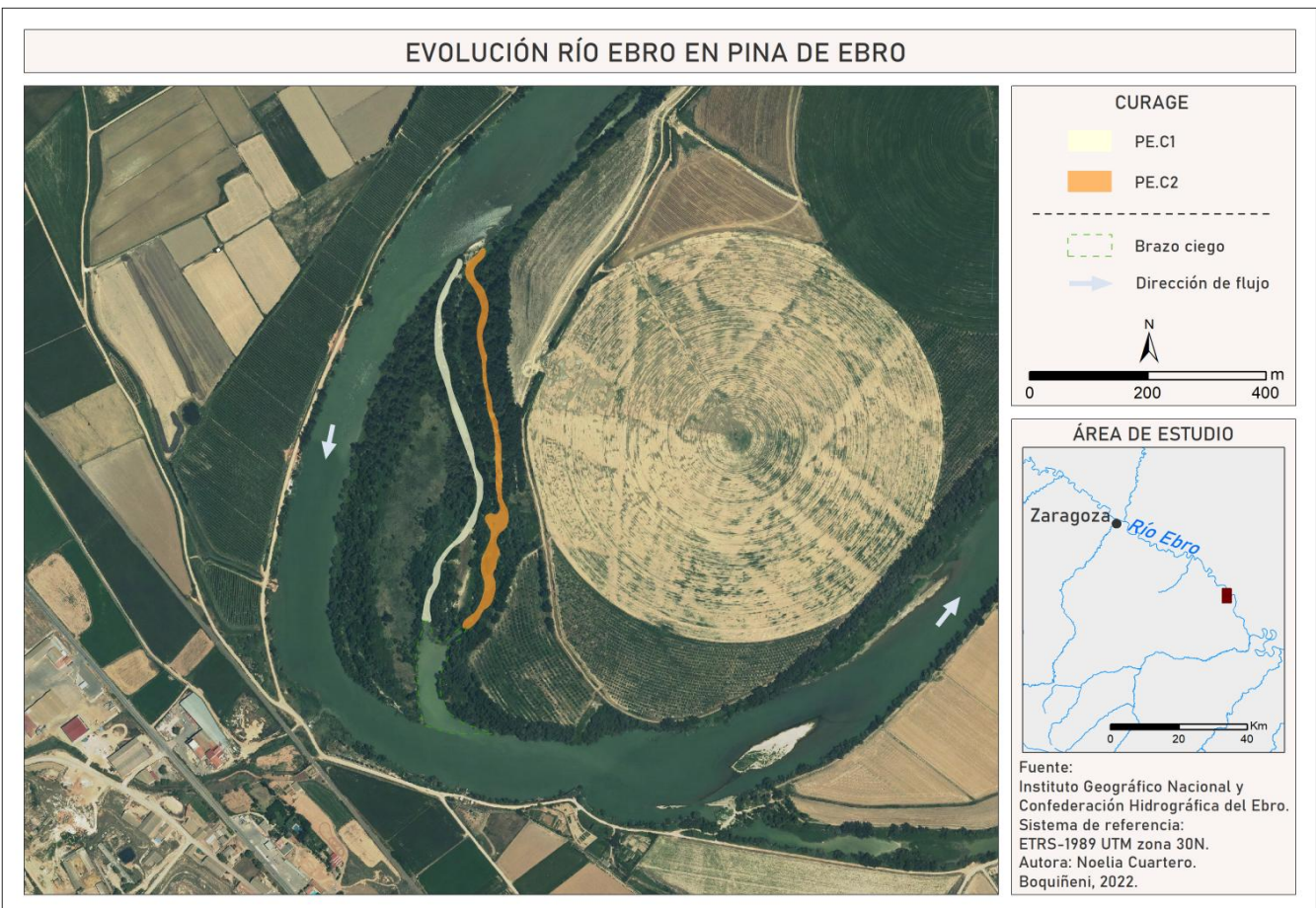
**Figura 20.** Mapa de localización de los *curages* en la desembocadura del río Gállego.



**Figura 21.** Mapa de localización de los *curages* en la isla del 4º cinturón de Zaragoza.



**Figura 22.** Mapa de localización de los *curages* en la Cartuja Baja.



**Figura 23.** Mapa de localización de los *curages* en Pina de Ebro.

## 4.2 Cartografía evolutiva

Tras la exposición de la cartografía de localización se muestra el resultado de la cartografía de evolución. Estas cartografías difieren en el mapa principal y consecuentemente en su leyenda, así como en la escala (ya que en algunos casos no se ha mantenido la escala del mapa unísono de localización con el objetivo de mostrar mejor la amplitud de cauces antiguos). La disposición de los elementos es igual tanto en una como en otra cartografía.

El trabajo de gabinete necesario para la realización de esta fue más extenso en el tiempo, ya que, tal y como se ha comentado en el apartado de *Metodología*, fue necesaria la georreferenciación de muchas de las imágenes, así como la unión de varias de ellas en caso de que el punto de estudio fuese entre varias hojas. A diferencia de la anterior, en esta cartografía se pueden observar los cambios que ha ido sufriendo el cauce, por lo que resulta llamativa.

Para esta representación los elementos de la leyenda se reducen a los años de toma de las imágenes de referencia, de las cuales se ha extraído el cauce por medio de la digitalización.

Como se puede observar, existe un número menor de cartografías en este apartado respecto al anterior. Esto es debido a los *curages* que se encuentran en barras dentro del cauce, ya que para estos casos en los que en la actualidad son parte del cauce no es necesario constatar si formaban parte de este en el pasado.

La evolución del río Ebro en la confluencia con el río Aragón en Alfaro (figura 24) quizá sea de las zonas en las que el cauce ha experimentado mayores cambios desde 1927, destacando especialmente la evolución entre los años 1927, 1956 y 1973. Desde este último año (1973) los cambios experimentados son principalmente síntomas de incisión.

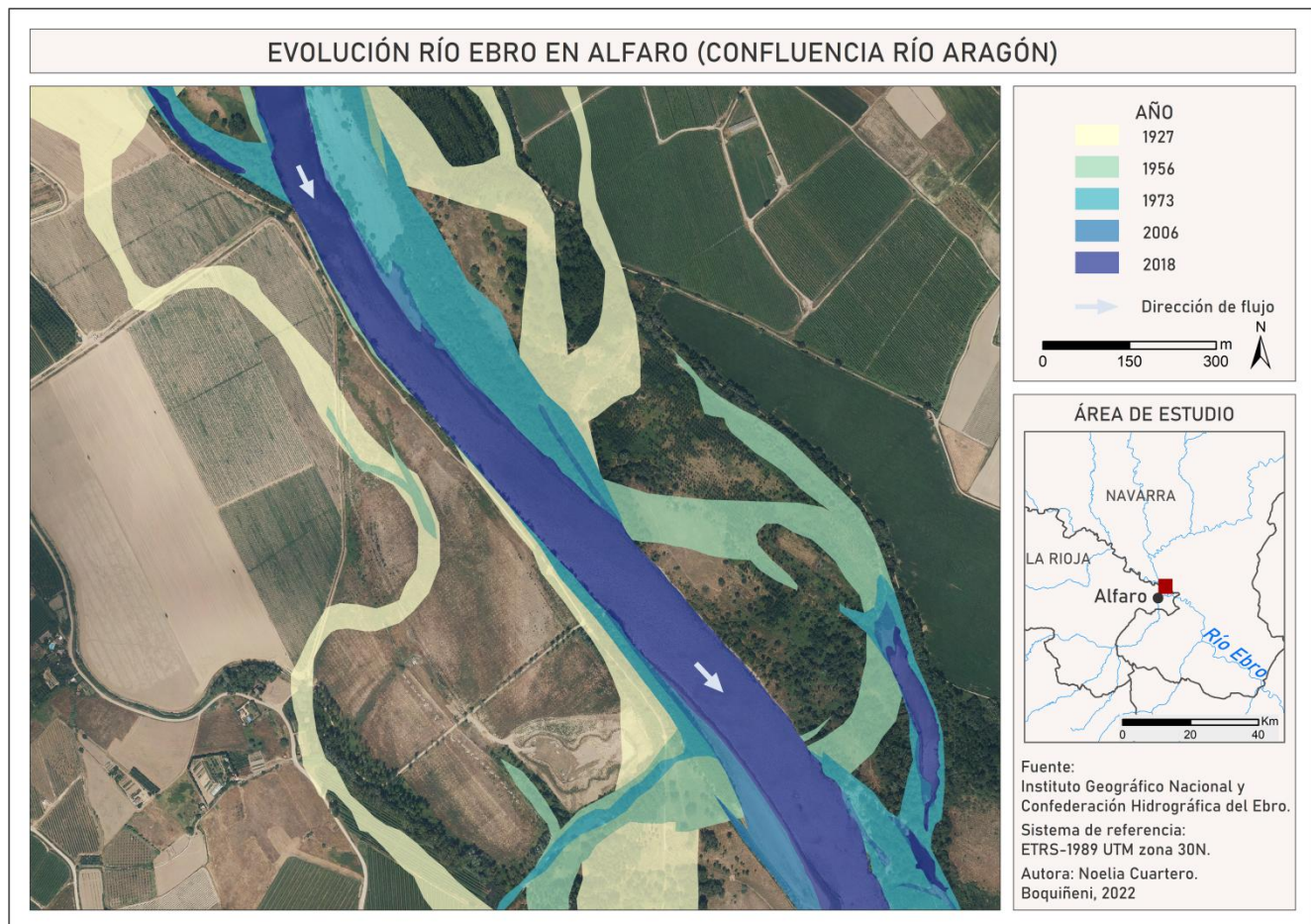
Independientemente de la escala, el proceso principal de movimiento del Ebro para el caso del puente del ferrocarril ha sido la erosión provocando nuevamente una incisión del cauce que resulta alarmante (Figura 25).

Otra zona en la que se observa una gran incisión es en el área de estudio de Valtierra destacando el cambio durante el periodo de 1956 al 2006, figura 26.

La cartografía evolutiva del Ebro en los Anchos de Novillas (figura 27) muestra significativas diferencias de anchura del cauce en la parte superior respecto de la inferior, además de un cambio de trayectoria entre el año 1927 y el 1956.

A diferencia de los anteriores, los cambios que se observan en la mejana del Lobo en Novillas no son tan reseñables, a partir del año 1956 el cauce ha experimentado solo ligeras modificaciones (figura 28).

El cauce que se observa del año 1927 en la cartografía evolutiva de Boquiñeni (figura 29) puede imaginarse siguiendo los márgenes de los campos de cultivo actuales tal y como muestra el PNOA (2018). Posteriormente, el Ebro ha ido trasladándose en dirección N-NE acentuando más el meandro.



**Figura 24.** Mapa de evolución del Ebro en Alfaro (confluencia con el río Aragón).

## EVOLUCIÓN RÍO EBRO EN ALFARO (FERROCARRIL)

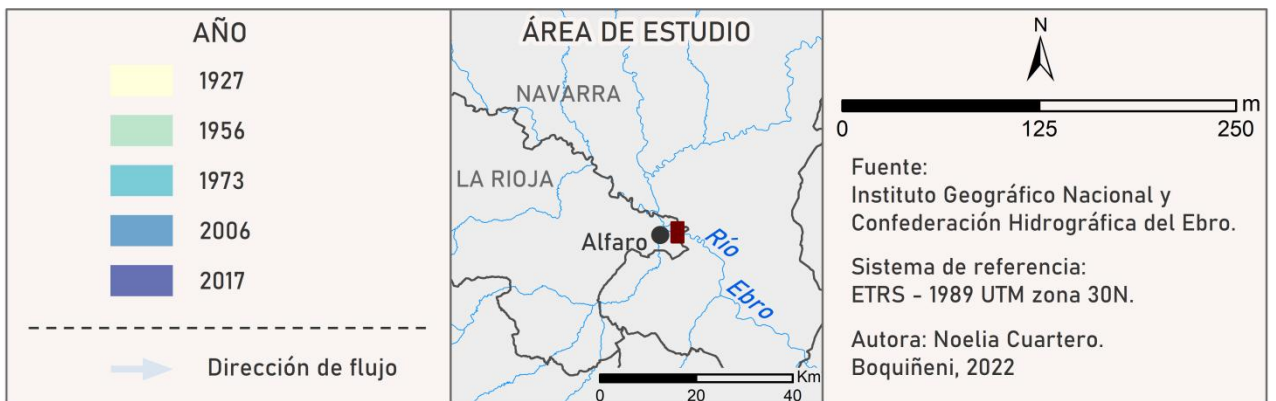
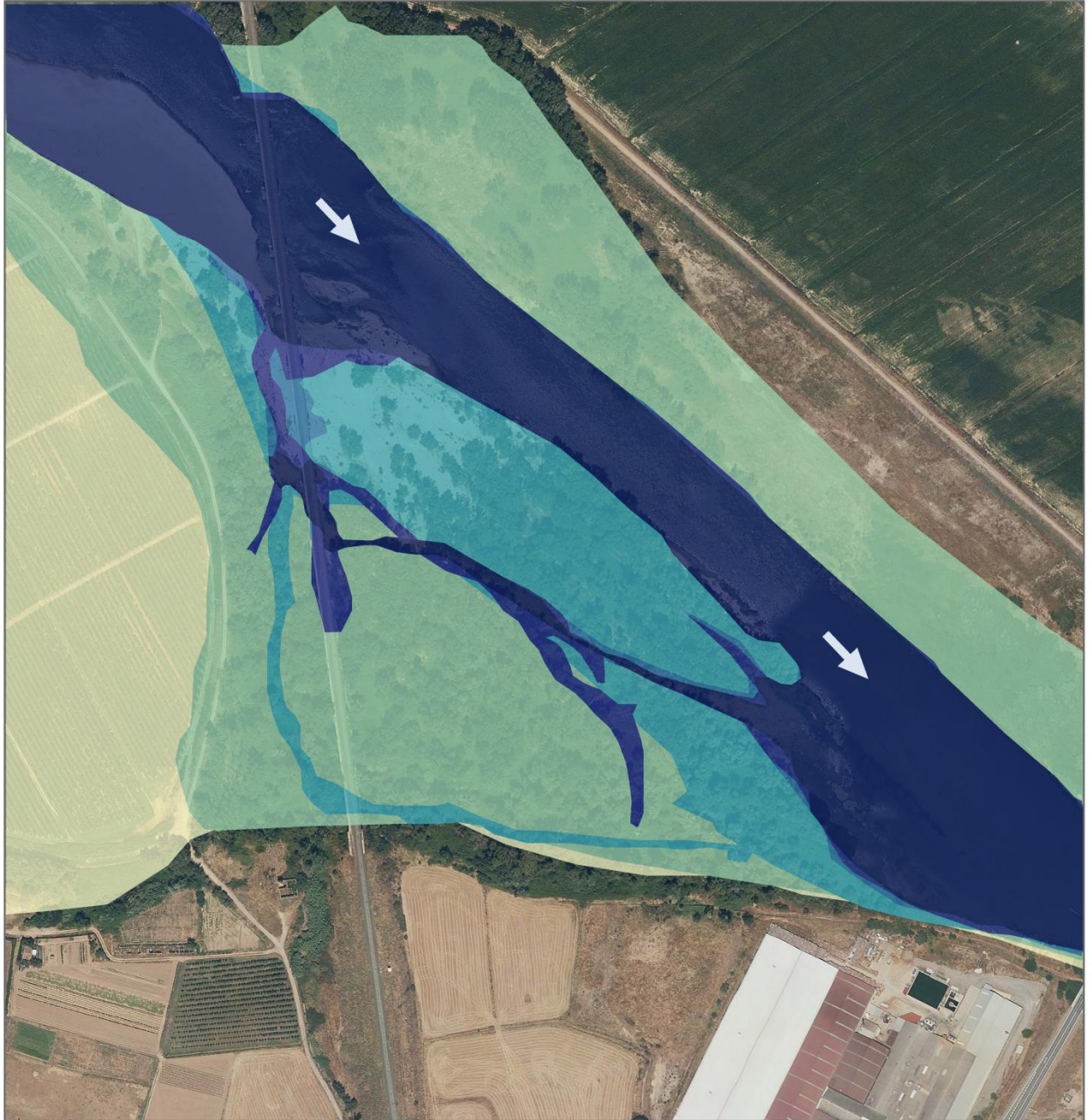
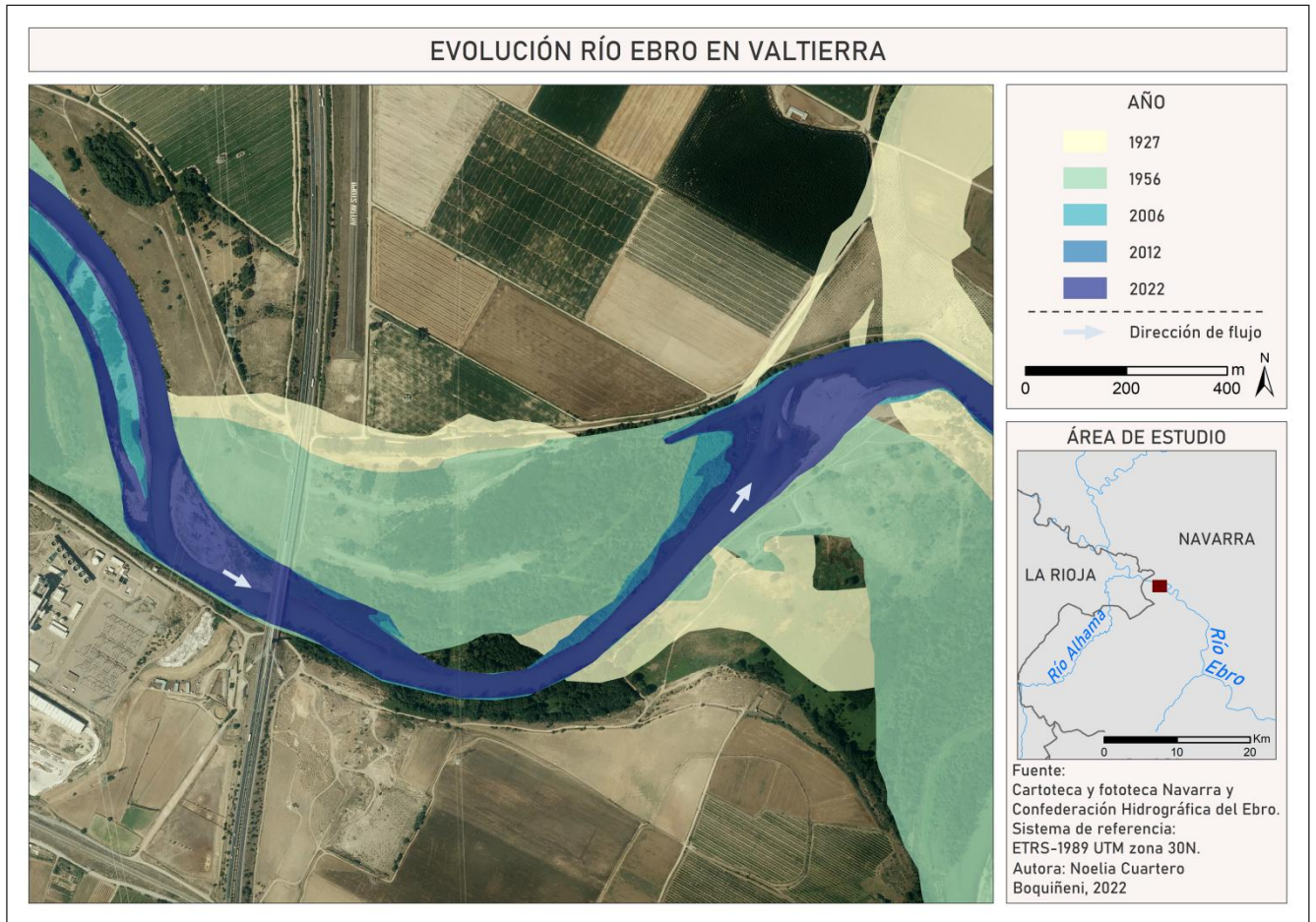
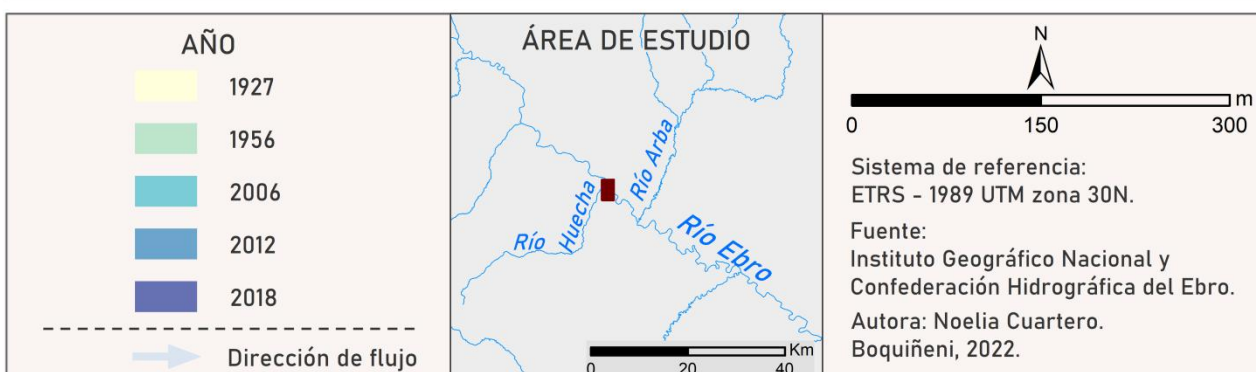


Figura 25. Mapa de evolución del Ebro en Alfaro (puente del ferrocarril).

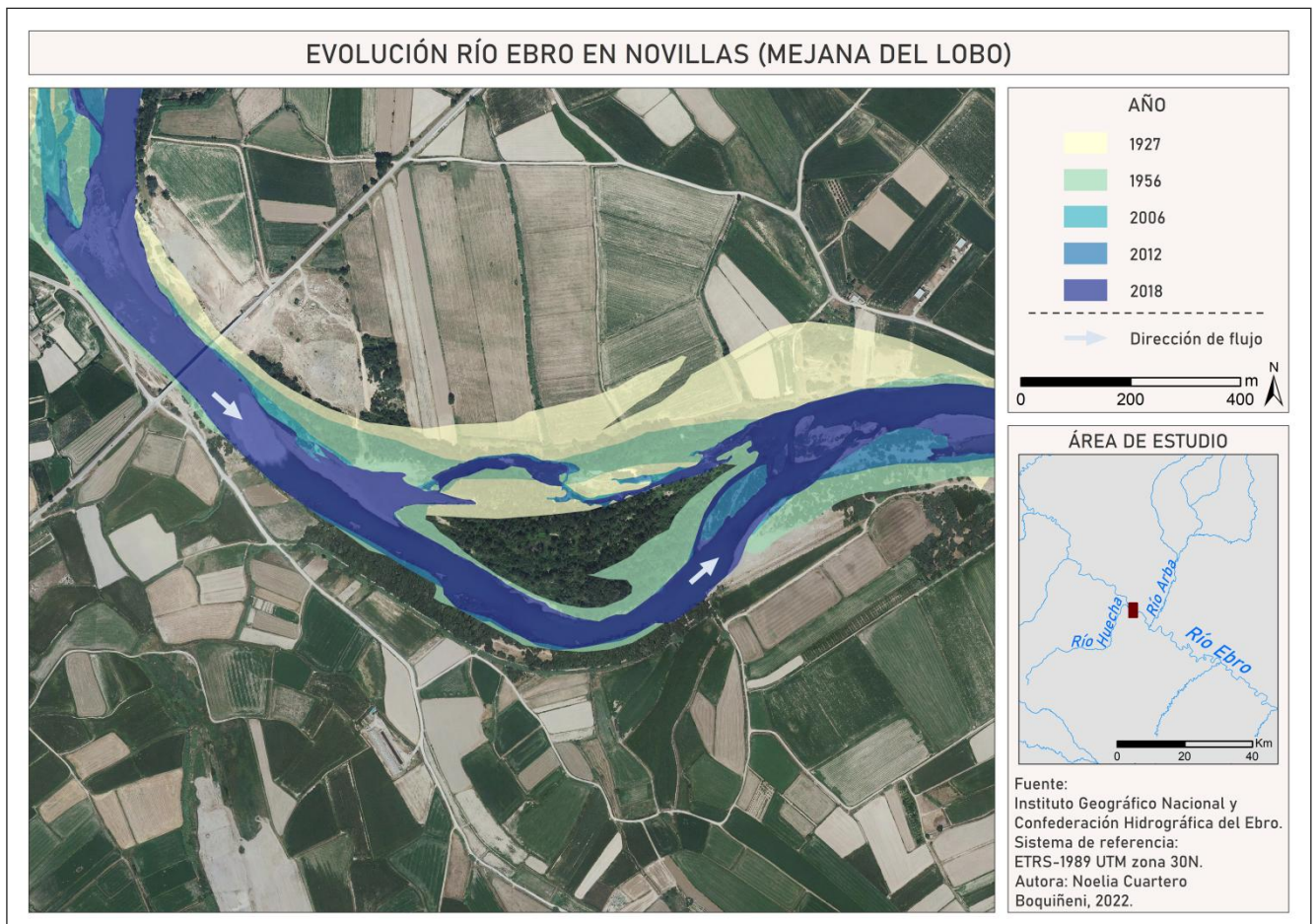


**Figura 26.** Mapa de evolución del Ebro en Valtierra.

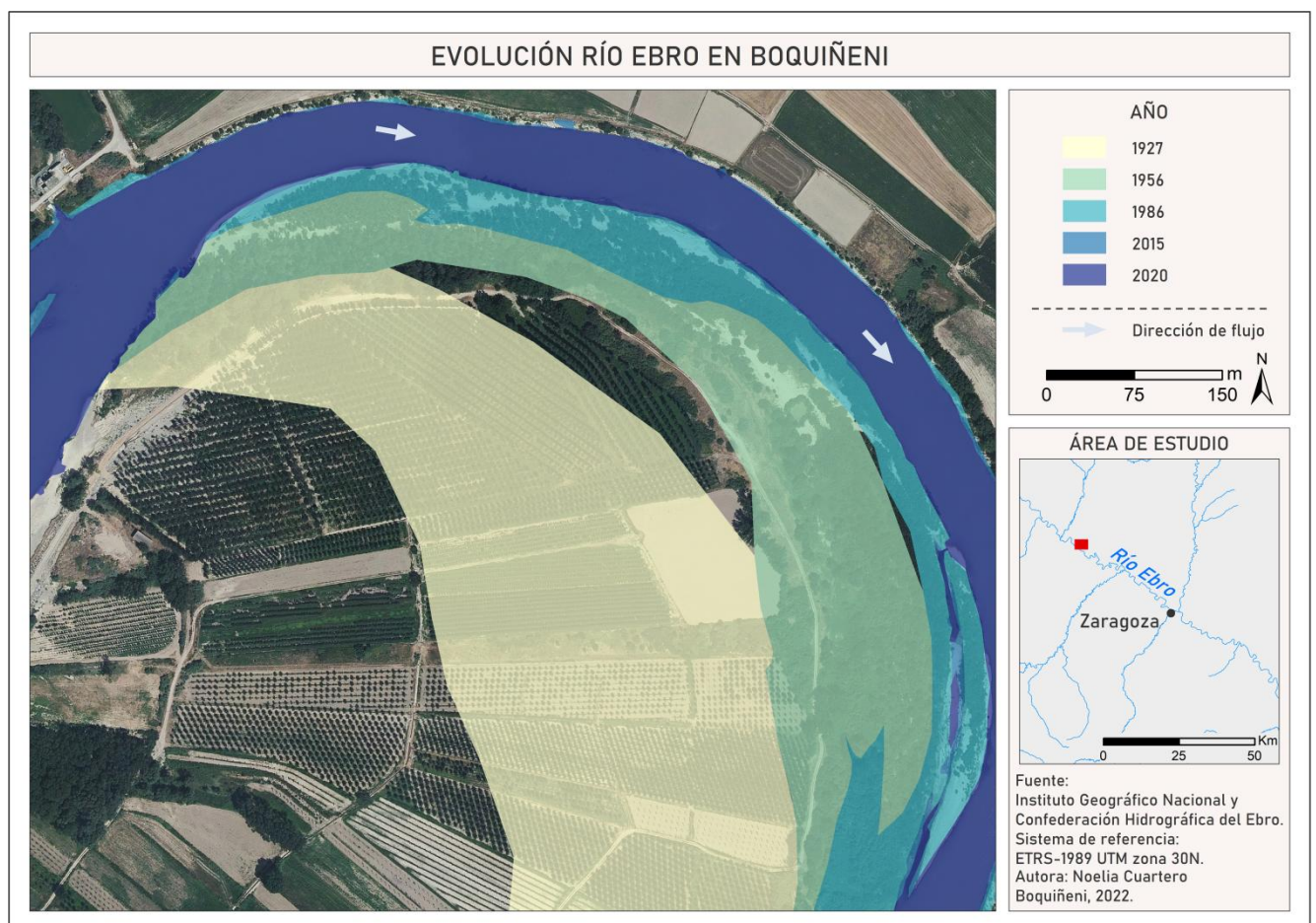
## EVOLUCIÓN RÍO EBRO EN NOVILLAS (LOS ANCHOS)



**Figura 27.** Mapa de evolución del Ebro en Novillas (los Anchos)



**Figura 28.** Mapa de evolución del Ebro en Novillas (mejana del Lobo)



**Figura 29.** Mapa de evolución del Ebro en Boquiñeni.

## EVOLUCIÓN RÍO EBRO EN ALCALÁ DE EBRO



Figura 30. Mapa de evolución del Ebro en Alcalá de Ebro.

De la misma forma que para el caso de Boquiñeni, en Alcalá de Ebro el río ha ido estrechando el meandro con el paso de los años. La incisión más marcada es la que se produce entre 1956 y 2006, tal y como sucede en Valtierra (figura 30).

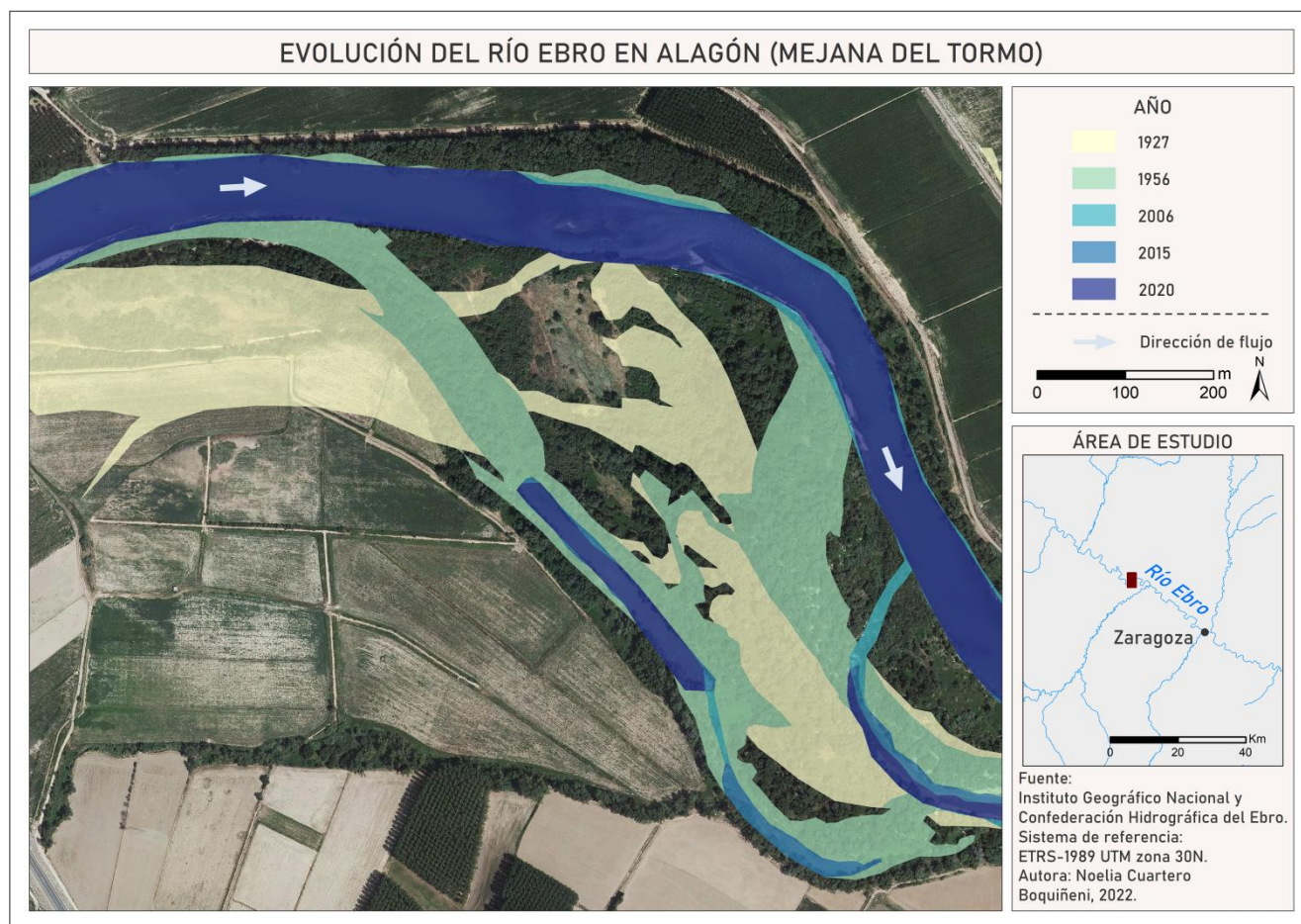
El río en Sobradriel vuelve a actuar como peregrino en dirección Noreste acercándose con el paso de los años cada vez más al campo de maniobras de San Gregorio. Destaca la poca anchura del cauce en el Soto del Tambor (figura 32) en el año 1927 a diferencia del 1956, algo que todavía no había sido observado. En lo que respecta al carrizal (figura 33), la división del cauce en la parte superior que se ha producido en los últimos años a consecuencia de una acumulación de sedimento en la zona central (barra) es lo más característico de la zona.

El Ebro no ha experimentado grandes cambios a su paso por Alfocea, de manera que el estrechamiento del cauce ha sido el cambio más significativo (figura 34).

A diferencia del anterior, el último tramo del río Gállego (figura 35) ha sufrido grandes alteraciones en el cauce, así como un descenso significativo del caudal y del espacio ribereño. Como se puede observar, con el paso de los años su desplazamiento ha sido, y continúa siendo, en dirección Este, erosionando la margen izquierda. Cabe destacar que en estos últimos años ha adquirido una tendencia más meandriforme que la que tenía en el año 2015.

En la Cartuja Baja (figura 36) la tendencia ha sido opuesta a la meandriforme, como puede observarse en la dirección del cauce en el año 1927, que mostraba en el área de estudio la zona de cambio de dirección del meandro, algo que en la actualidad no sucede.

La ubicación del Ebro en Pina desde 1927 no ha cambiado (figura 37); la única apreciación que puede hacerse es la disminución de anchura en el cauce desde 1927 hasta la actualidad.



**Figura 31.** Mapa de evolución del Ebro en Alagón.

## EVOLUCIÓN RÍO EBRO EN SOBRADIEL (SOTO DEL TAMBOR)

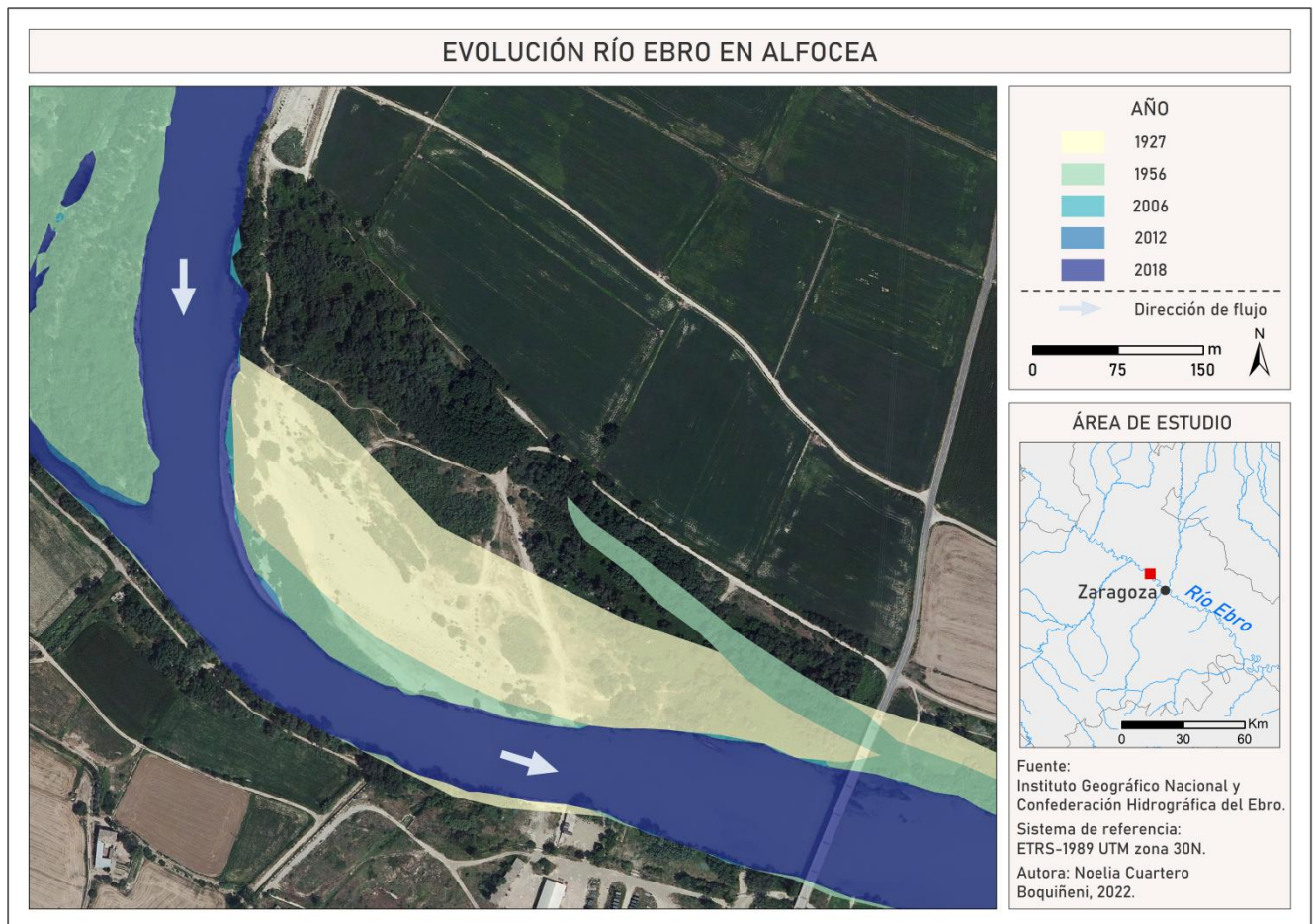


**Figura 32.** Mapa de evolución del Ebro en Sobradiel (Soto del Tambor).

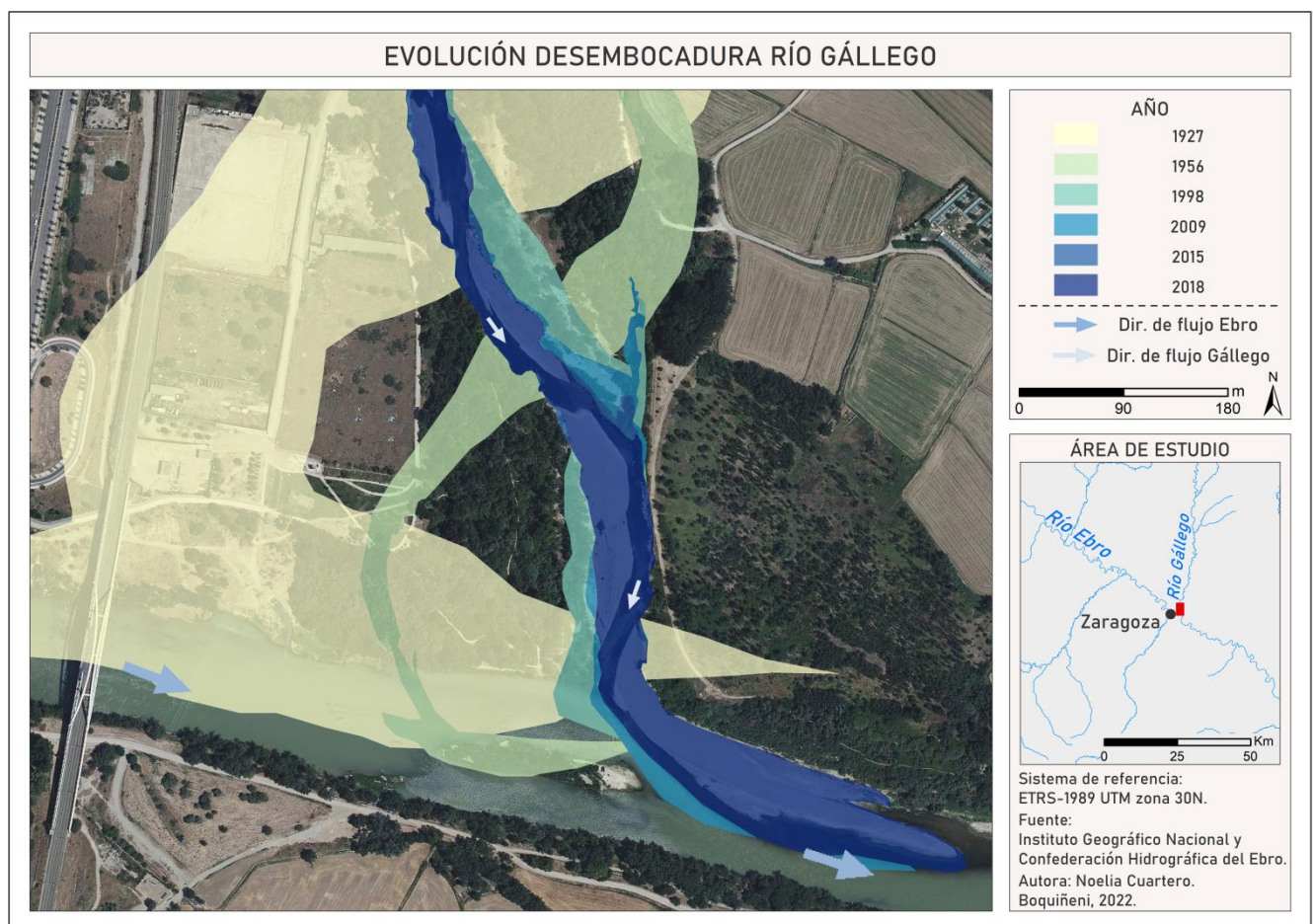
## EVOLUCIÓN RÍO EBRO EN SOBRADIEL (EL CARRIZAL)



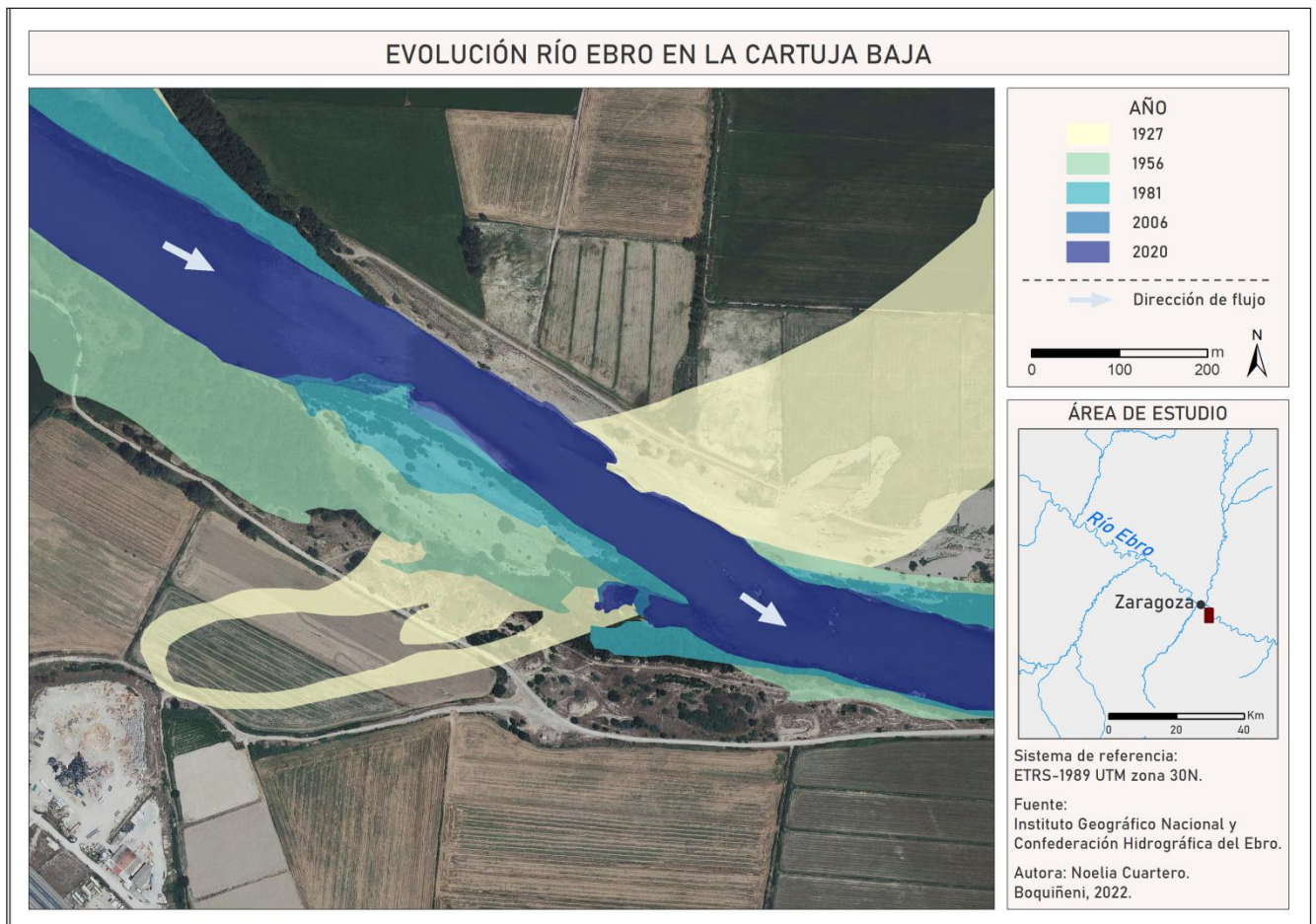
**Figura 33.** Mapa de evolución del Ebro en Sobradiel (el Carrizal).



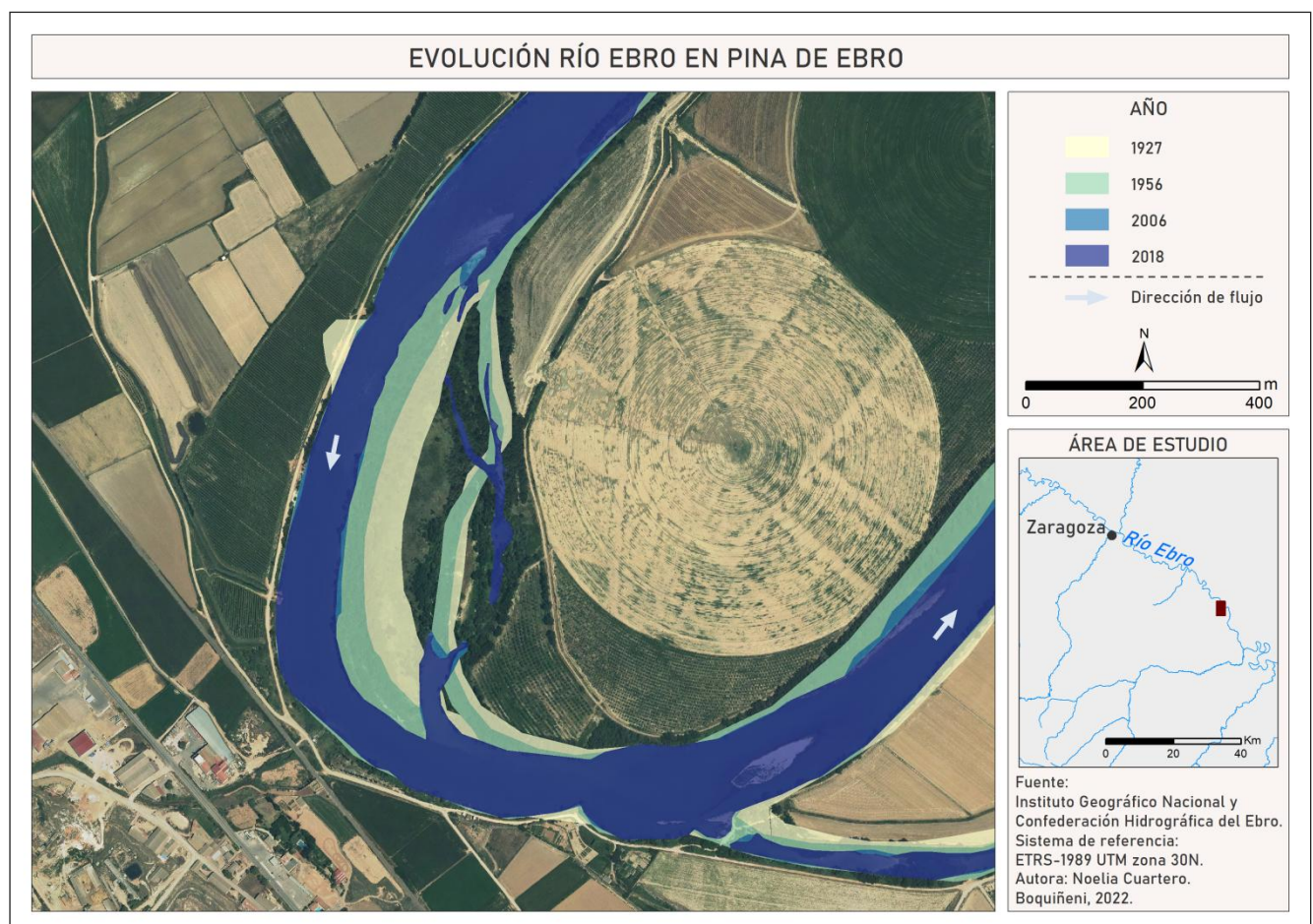
**Figura 34.** Mapa de evolución del Ebro en Alfoceda.



**Figura 35.** Mapa de evolución del Gállego.



**Figura 36.** Mapa de evolución del Ebro en la Cartuja Baja.



**Figura 37.** Mapa de evolución del Ebro en Pina de Ebro.

### 4.3 Aplicación del Índice de Evaluación de Curages

A continuación, se muestra la tabla resumen con los resultados de todos los índices para cada *curage* de cada localización, la evaluación general y la evaluación final en escala de 0 a 10. Como se ha mostrado en el apartado *metodología* en las tablas 5 y 6 los colores se corresponden con la valoración cualitativa de los *curages*, siendo el color verde una calificación buena, el amarillo media y el rojo baja.

Destacan positivamente los *curages* de Novillas, en los Anchos, Cartuja Baja y Pina de Ebro por su interés en la gestión, la baja densidad, eficacia hidromorfológica, ubicación en sotos, complicada accesibilidad y un impacto en la vegetación, así como un sobredimensionamiento bajo.

Por el contrario, los *curages* de Alagón y Sobradiel, cuentan con puntuaciones bajas por su gran densidad de pasillos con la deforestación que esto implica, así como por la facilidad de acceso y circulación por estos. Un caso particular es el *curage* de la desembocadura del Gállego que adquiere una puntuación de 0, junto con el *curage* de la isla de su desembocadura por la particularidad de alteración sobre el propio cauce, destrozo de vegetación, labrado de sedimentos y su bajo interés de gestión. Por último, los enclaves de *curage* en barras de sedimentos vegetadas han sido los peores valorados por el enorme impacto que ha supuesto en estas la práctica de esta técnica; densidad alta (total), interés nulo, necesidad de mantenimiento recurrente, eficacia ecológica negativa, así como por el impacto en la vegetación.

**Tabla 10.** Resumen IEC de todos los casos de estudio

CASOS DE ESTUDIO		CURAGE	Evaluación de curage			Evaluación final escala 0-10	
Nº	Enclave		C	$\bar{C}$	R	$\bar{C}$	R
1	ALFARO (CONFLUENCIA DEL ARAGÓN, SOTO MORALES)	ALF.C.C1	ND				
		ALF.C.C2	4	4	10	8	7
2	ALFARO (PUENTE FERROCARRIL, LA ROZA)	ALF.F.C1	5	5	10	9	7
		ALF.F.C2	5				
		ALF.F.C3	6				
		ALF.F.C4	5				
		ALF.F.AR	4				
3	VALTIERRA (SOTO ALTO)	VAL.C1	3	3.6	6.4	7.5	5
		VAL.C2	4				
		VAL.C3	4				
4	NOVILLAS (LOS ANCHOS)	NO.A.C1	5	5.75	13.5	9.75	8
		NO.A.C2	6				
		NO.A.Ap	6				
		NO.A.Ar	6				
5	NOVILLASN (MEJANA DEL LOBO)	NO.L.C1	ND				
		NO.L.C2	2	2	7	6	5
6	BOQUIÑENI	BO.C1	5	4	6	8	5
		BO.C2	3				
		BO.Ap	3				
		BO.Ar	5				
7	ALCALÁ DE EBRO	AE.C1	2	2.25	6.5	6.25	5
		AE.C2	2				
		AE.Ar	1				

CASOS DE ESTUDIO		CURAGE	Evaluación de curage			Evaluación final escala 0-10	
Nº	Enclave		C	$\bar{C}$	R	$\bar{R}$	R
8	ALAGÓN (MEJANA DEL TORMO)	ALA.C1	2	3	4	7	3
		ALA.C2	4				
		ALA.C3	4				
		ALA.Ar	2				
		ALA.Ap	ND				
9	SOBRADIEL (MEJANA DEL TAMBOR)	SOB.T.C1	3	1.8	3.6	5.8	3
		SOB.T.C2	2				
		SOB.T.C3	3				
		SOB.T.Ap	0				
		SOB.T.Ar	1				
10	SOBRADIEL (EL CARRIZAL)	SOB.C.C1	1	1.4	2.8	5.4	3
		SOB.C.C2	4				
		SOB.C.C3	2				
		SOB.C.Ap	1				
		SOB.C.Ar	-1				
11	ALFOCEA	ALO.C1	6	2.4	4.8	6.4	4
		ALO.C2	5				
		ALO.C3	0				
		ALO.C4	0				
		ALO.Ar	1				
12	CONFLUENCIA DE LOS RÍOS GÁLLEGO Y EBRO	GA.C1	-1	-2.5	-5	1.5	0
13		I.GA	-4				
14	ISLA Z40	I.4C.C1	-1	-1	-3	3	1
15	CARTUJA BAJA	CB.C1	6	6	12	10	8
		CB.C2	6				
16	PINA DE EBRO (BELLOQUE)	P.E.C1	6	6	17	10	10
		P.E.C2	6				

## 5. DISCUSIÓN

El presente trabajo se contextualiza en la necesidad que tiene la administración de realizar actuaciones de cualquier envergadura con el fin de dar “soluciones” parciales y a corto plazo a una problemática generada por el ser humano de grandes dimensiones, tales como las inundaciones en el curso medio del Ebro, y de esta forma acallar y generar sensación de (falsa) seguridad a la población que desconoce la realidad de la efectividad de este tipo de obras.

Desde nuestra experiencia a partir de la investigación realizada, se considera imprescindible la realización de un estudio PREVIO a la práctica de una obra, más aún si esta trae consigo distintos emplazamientos, morfologías (pendientes, sustrato), medios (vegetación, fauna), caudales... Realmente son varios los estudios que se consideran imprescindibles ante unos cambios como estos ya que como se ha mencionado son muchos los ámbitos que se ven afectados. Y esos estudios no se hicieron, sino que se actuó desde la Confederación Hidrográfica del Ebro de forma muy experimental y sin valorar del todo las posibles consecuencias de las acciones. La realización A POSTERIORI de la evaluación hidromorfológica a la que sucede este trabajo engloba parte del gran estudio que tendría que haberse elaborado en su día. Dicha evaluación calificó cada una de estas actuaciones, siendo algunas de ellas a juicio del equipo innecesarias, difíciles de mantener e ineficaces como forma de mitigación de daños producidos por las crecidas del río. Con un estudio previo sobre la forma, localización e impacto de estas obras se habría podido evitar la proliferación de los *curages* innecesarios en el territorio, así co-

mo la mejora y adaptación al medio de los que han sido calificados como buenos. La dedicación de tiempo y dinero a la información, análisis y evaluación anterior a la efectuación de estas obras eliminarían gran parte del tiempo y dinero que ha sido necesario posteriormente para llegar a las conclusiones que se han mencionado.

Partiendo de este pequeño análisis, el cual pudo conocerse casi en su totalidad antes de la visita al campo observando únicamente las imágenes de satélite, así como contrastando la información aportada por la CHE en su página web y en la reunión de septiembre de 2021, las tareas en el campo no resultaron sencillas. Comenzando por la inexistencia de cartografía real y exacta de las acciones, en algunos casos resultó complicado reconocer la localización exacta de estas, así como el mejor acceso, por lo que en la mayoría de los casos se accedía a pie y se comenzaba a buscar señas que pudiesen ser *curage*. Otro de los impedimentos fue la distancia entre una zona de estudio y la siguiente, y de estas con Zaragoza, pudiendo examinar tan solo tramos de *curage* a lo largo de una jornada condicionada por la actividad laboral o académica del equipo de trabajo, así como de la disponibilidad de un vehículo a motor.

Con el fin de cartografiar al inicio del estudio cada transecto, árbol singular, escarpe, y por supuesto la trayectoria de los *curages* de forma precisa, una de las primeras cuestiones fue cómo geolocalizar los puntos exactos en campo, para lo que se halló solución a través del uso de la geolocalización propia de cada captura de imagen con el teléfono móvil, tal y como se ha comentado en el apartado *Metodología*. Fueron otras las opciones previas que se barajaron, como tomar las coordenadas y posteriormente crear una base de datos con las imágenes, descripción y la ubicación, usar *QField*, algo que no pudo llevarse a cabo por el sistema operativo, comprar un GPS para el proyecto... finalmente, la mejor opción en ese momento fue la que se ha citado.

El uso de imágenes aéreas de distintas CCAA y la escasa actualización de la que se dispone en el Centro de Descargas del Instituto Geográfico Nacional (CNIG) supuso la necesidad de extraer de otras fuentes como *Google Earth* imágenes más recientes y georreferenciarlas sobre las últimas disponibles en el CNIG. Además, gracias al conocimiento de uno de los componentes de la existencia de fuentes como SITNA, que cuentan con un periodo de actualización muy corto en comparación con el que dispone el resto del país, pudieron comprobarse los trazados exactos de los pasillos antes de salir a campo en una revisión previa de gabinete y después cartografiar sobre estos con el apoyo del trabajo de campo consiguiendo una cartografía realista.

Durante el trabajo de campo hubo zonas que, debido a la cercanía al cauce activo del río y su baja altitud relativa, así como por la proliferación de vegetación de gran altura generalmente de tipo *Rubus ulmifolius* y *Urtica dioica*, fue imposible acceder. Se plantearon varias opciones para conseguir tomar datos de estas zonas, como visitar unos meses después para dar tiempo a CHE para que realizase las tareas de mantenimiento, esperar una inundación fuerte que arrasase con las plantas e incluso despejar la vegetación con desbrozadoras a motor. Se llevó a cabo la primera, pero al no hacerse tareas de mantenimiento resultó inútil. Otro de los impedimentos para el trabajo de campo fue el periodo de aguas altas del Ebro, que pospuso durante algunas semanas la visita a los *curages* debido a la entrada de agua en estos o en los accesos.

En lo que respecta a las actuaciones tipo *curage* y a su idoneidad, es posible que estando enmarcadas en el proyecto *Ebro Resilience* y funcionando junto con otro tipo de actuaciones supongan beneficios o no sean perjudiciales para los ríos y las poblaciones más cercanas a estos. Pero actualmente, con la experiencia del trabajo realizado y teniendo en cuenta únicamente las acciones que ya se han efectuado y las conclusiones obtenidas de las reuniones con expertos, no considero que tengan un efecto positivo frente a aumentos de caudal, impliquen o no desbordamientos, debido a diversas razones:

1. A excepción de los *curages* realizados sobre barras y en el cauce del Gállego, el resto se han raspado sobre los sotos de ribera. Pero la entrada de agua en los sotos se produce de forma natural con las avenidas de los ríos, esta vegetación no necesita “canales de irrigación” para subsistir, es más, la existencia de estos puede suponer una mayor facilidad de evacuación del agua y por consiguiente un descenso en la humedad del sustrato más rápido que si no existiesen estas cicatrices, así como un aumento de la erosión de los suelos al aumentar la velocidad de circulación de agua debido a la eliminación de especies vegetales.



**Figura 38.** Deforestación en *Curage* en Boquiñeni

1. El riesgo en las poblaciones ribereñas aumenta de forma exponencial de una crecida ordinaria a otra extraordinaria, pero durante el periodo de aguas altas de una crecida extraordinaria los sotos se encuentran inundados por el agua que ha accedido a estos por su propio nivel por lo que no precisan de canales de entrada, es decir, los *curages* no son válidos en los momentos en los que el riesgo es mayor, siendo entonces necesarias medidas que atenúen los efectos que puedan tener los desbordamientos.
2. La ubicación de algunos *curages* aguas abajo de las poblaciones (Novillas, Mejana del Lobo, Boquiñeni, La Cartuja...) que sienten una mayor amenaza por las inundaciones de los ríos son, a efectos de disuasión del caudal, ineficaces.
3. El objetivo de reconectar brazos ciegos con el cauce principal y activar antiguos cauces del Ebro resulta ser otra práctica intrusiva y violenta a un medio natural, el cual como su nombre indica debe de comportarse de forma natural modificado por su propia dinámica. Es cierto que favorecen la entrada de caudal en brazos totalmente desconectados del cauce (p. ej. Brazo ciego 2, Alagón) permitiendo la supervivencia de las especies que los forman y retrasando la desaparición temprana de estos lugares con alto valor ambiental. Pero los brazos ciegos constituyen una morfología y un ecosistema de gran valor y singularidad en el Ebro medio, tal como estudió Ollero (1992), y su conexión mediante *curages* los reconvierte en canales secundarios en aguas altas, perdiéndose sus características y funcionalidad originales.
4. El uso de esta técnica para eliminar la vegetación en barras de sedimentos naturales del cauce con dos objetivos: crear la sensación de que sirve para algo y creer que eso facilitará el movimiento de los sedimentos en futuras avenidas eliminando o trasladando la barra a otra zona, son ideas erróneas; lo que se hace nuevamente es alterar un medio natural que tarde o temprano volverá a reforestarse.



**Figura 39.** Desbroce de vegetación en la isla junto a la desembocadura del río Gállego

5. La eliminación de vegetación arbórea desarrollada y su posterior descomposición mecánica mediante la disgregación de los troncos formando montones de serrín genera un impacto evidente en el ecosistema, además de que no facilita la creación de materia orgánica con el paso del tiempo.



**Figura 40.** Trituración madera en la desembocadura del Gállego.

6. La entrada y deposición de sedimentos en avenidas produce grandes acumulaciones de gravas y finos que imposibilitan la entrada de agua en avenidas posteriores si no se efectúan mantenimientos constantes; es decir, los sedimentos entran de forma fácil a los *curages*, pero si el caudal va disminuyendo progresivamente se impide la salida de estos y se produce acumulación, de manera que el *curage* se convierte en una trampa de sedimentos. Otra parte de las actuaciones que se engloba en los *curages* es el labrado de sedimentos posterior a la retirada de vegetación, que produce una descompactación de la capa más superficial del suelo, la coraza, con el fin de favorecer el transporte de gravas, produciendo en la mayoría de los casos erosiones diferenciales que generan escarpes en los que los restos vegetales quedan descubiertos frente a los fenómenos climáticos. En algunos casos el labrado es tal que puede apreciarse a través de las imágenes satelitales.



**Figura 41.** Acumulación de sedimentos en el *curage* BO. C2.



**Figura 42.** Labrado de sedimentos *Curage* en Alcalá de Ebro. Fuente: *Google Earth*

7. La apertura de estos pasillos ha favorecido el acceso de personas, quienes han utilizado estos nuevos espacios para practicar pesca y acceder a ellas con vehículos, por lo que se genera de nuevo un impacto negativo en la mayoría de los casos.
8. El aumento de paso de personas ha supuesto un incremento de depósitos de basuras en casi la totalidad de *curages* que se acumula con el paso del tiempo. La Confederación Hidrográfica del Ebro ha confirmado en repetidas publicaciones que durante las actuaciones de tipo *curage* se han recogido y reciclado todos los residuos que iban apareciendo a su paso como se muestra en la figura 43. A pesar de esto, se incluyen imágenes que demuestran la “nueva” basura que ha ido acumulándose (figura 44).



**Figura 43.** Ebro Resilience: curage-permeabilización de masas de sedimentos para reducir riesgo de inundación. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=F\\_-3uVGwpsg](https://www.youtube.com/watch?v=F_-3uVGwpsg)



**Figura 44.** Basuras encontradas durante el trabajo de campo

En contraposición a estas razones es cierto que la existencia de *curages* da lugar a la creación de nuevos ambientes, pequeños ecosistemas de diferentes composiciones debido a la ausencia o permanencia de agua en la mayor parte del año (p. ej. Alfocea y Valtierra). La formación de pequeños remansos de agua se debe a 4 motivos:

- La creación de *curages*.
- La entrada de agua en estos tras su creación.
- A la erosión por la fuerza de la corriente dando lugar a pequeñas depresiones.
- Al alto nivel freático en caso de no producirse avenidas frecuentemente.

Estos pequeños ambientes dan lugar a la formación y establecimiento de pequeños invertebrados y estos a la concurrencia de fauna de mayor porte.

Considero que no existe una alternativa como tal a los *curages*, porque no creo que sean realmente eficaces. Si el objetivo es transformar el río Ebro (principalmente, y algunos afluentes en los que se

está comenzando a actuar) desde una tipología meandriforme, con su abandono de meandros y creación de galachos, a otro tipo de cauce como el divagante o el trenzado, tal y como propone Confederación, creo que no hay una alternativa mejor que los *curages*, siendo esta práctica con este objetivo una alteración atroz desde mi punto de vista.

Si el objetivo es disminuir el riesgo de inundación en caso de avenida, desde luego que los *curages* no son la solución. Considero que la mejor alternativa (Alternativa 1) para reducir esa posibilidad pasaría por varias iniciativas que tienen que desarrollarse a lo largo de todo el curso medio del Ebro, comenzando con la eliminación de barreras como los diques o motas que salvaguardan campos de cultivo y otro tipo de espacios que no incluya las poblaciones más próximas a los cauces. Continuaría por la eliminación de todo tipo de usos económicos (campos de cultivo, polígonos industriales), así como de instalaciones (granjas, naves, parques infantiles, campos de fútbol...) dentro del DPH (Dominio Público Hidráulico) y el establecimiento en estas zonas de bosque de ribera, sendas, GR, PR, lugares de reconocimiento de fauna, carteles informativos... No intervenir en la vegetación, en sus depósitos de gravas ni en los progresivos movimientos del cauce, dejarles el espacio que requieren y no constreñirlos durante más tiempo. Darles la posibilidad de que sí sean elementos NATURALES y dejar la generación de impactos para lo construido por el ser humano. Esta es mi alternativa idílica, la cual dudo mucho que llegue a implantarse en algún momento más o menos cercano, por lo que propongo una variación a esta.

Alternativa 2. Se basa principalmente en el primer cambio propuesto en la alternativa 1: reducir los diques de defensa al máximo para ganar el mayor espacio posible en los periodos de aguas altas y de esta forma reducir la presión de los diques que resguardan las localidades. Tras observar la efectividad de esta eliminación de motas y no ser suficiente se podría añadir a esta alternativa la realización un estudio profundo de las zonas en las que existen posibilidades de crear cauces de alivio, siempre y cuando reduzcan el riesgo de inundación de pueblos. Por supuesto, tanto la alternativa 1 como la 2 incluyen el abandono de la creación de más actuaciones tipo *curage*.

## 6. CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

Este estudio combina en su enfoque y forma de trabajo las tres ramas de la geografía, es decir, la geografía física, la humana y la regional y trata de aunar todas ellas contribuyendo con propuestas de mejora en la actuación en el territorio, estudiando el curso medio del Ebro como una unidad (regional) con sus diversas características (físicas y humanas) con un mismo objetivo: que la población pueda mirar al río sin temor a lo que pueda suceder, que puedan disfrutar de los beneficios que supone vivir en una margen de este y que, a la vez, la naturaleza no se vea comprometida.

Los resultados obtenidos de cartografía e índices son valiosos por su carácter pionero, ya que antes del estudio realizado no existía ninguna cartografía de los *curages* (ni siquiera por parte de quienes los habían llevado a cabo) ni se había procedido a su evaluación. La cartografía y la evaluación realizadas han permitido clasificar los 16 casos de estudio y analizar y diagnosticar, tanto de forma concreta como global, un tipo de actuación de esta envergadura. Y en perspectiva de futuro permitirá hacer un seguimiento de su evolución, contar con avenidas y ver su funcionamiento, observar los cambios en la trayectoria del Ebro en distintos tramos a lo largo del último siglo, así como poder realizar trabajo de investigación en el campo. Todo ello ha resultado el mejor aprendizaje y el mayor logro alcanzado, que trata de resumirse en este dossier.

Creo que la crítica, la cual ha tratado de ser en todo momento constructiva, que se ha realizado de estas obras puede servir para pensar cuál va a ser el futuro de las actuaciones en los ríos y en los espacios naturales en general, a los que se ha hecho mención reiteradamente. Queda constancia de que los *curages* no se consideran una medida efectiva que ayude a paliar los efectos de las inundaciones, pero existen alternativas con estudios que constatan su eficacia que pueden ser valoradas y llevadas a cabo progresivamente.

En suma, el río Ebro es un sistema de transporte continuo, como se puede comprobar en su funcionamiento crecida a crecida. La movilización eficiente del sedimento transportado es una función

fundamental del sistema fluvial, sin olvidar que ese sedimento está conformado por material sólido, carga. Los almacenes y trampas de sedimentos son propios de un sistema de transporte escalonado. Que los sedimentos queden retenidos más o menos tiempo en las áreas de depósito forma parte del propio funcionamiento del sistema, aunque la creación artificial de espacios donde esto se produzca supone una alteración significativa que no resulta positiva. Además, es necesario plantearse qué hacer con ese sedimento entrampado, ya que la nueva entrada de maquinaria podría generar más daños.

Se ha hablado en repetidas ocasiones de la incisión, siendo esta un peligro que se va generalizando en todos los ríos, y hay que intentar evitar o al menos frenar. El labrado profundo y el mantenimiento excesivo de los *curages* pueden provocar incisión en los pasillos, lo cual puede perjudicar a medio plazo al soto ribereño, por descenso del nivel freático.

El sedimento de las islas se renueva de forma natural, como ha ocurrido en la isla de la Z-40 en la crecida de diciembre de 2021. Aquí el transporte de sedimento es eficaz y estos espacios no deberían ser objeto de *curages* en el futuro, tal y como se ha comentado en el apartado *discusión*.

La reconexión de brazos ciegos también presenta sus pros y sus contras como se ha mencionado anteriormente. Por un lado, es evidente que esta práctica aumenta la eficacia hidráulica en aguas altas, aunque los brazos ciegos ya funcionan como secundarios en crecida. A nivel ecológico se mejora la circulación del agua y se mejora el ambiente en buena medida anóxico del brazo ciego. Pero también es cierto que constituyen ecosistemas singulares precisamente por su carácter cerrado aguas arriba en aguas medias y bajas, y en ocasiones aguas abajo también. Es una morfología singular, abundante en el Ebro y muy escasa en otros ríos, que cuenta con valor como patrimonio natural por su carácter relicto. En este sentido, se rompería su existencia si se completara de forma continua su conexión con este tipo de actuaciones.

En lo que respecta a la accesibilidad humana a estos espacios, debería de restringirse utilizando elementos naturales como troncos de árboles que han sido talados durante la apertura de pasillos o de otros que haya ido depositando el río a su paso. Desde luego que las acumulaciones de basuras deben de ser retiradas de manera puntual tras cada crecida con el fin de mantener un ecosistema más limpio y que no sean devueltas al río.

Con la cartografía se ha logrado, además de confirmar que en la mayoría de los casos los *curages* se emplazan sobre antiguos cauces, o lo que CHE llama “paleocauces”, para poder mostrar la envergadura de estas obras en general, y la destrucción de algunos sotos o islas en particular, así como para recoger en cifras las dimensiones de estos.

La creación del índice IEC, así como su aplicación han sido útiles para poder discriminar lo mejor posible entre lo más positivo y lo negativo, para obtener una visión valorada general y comparativa que pueda ser tenida en cuenta en el futuro y en este trabajo en concreto para plantear otras opciones de actuación.

Las reuniones con científicos y técnicos conocedores de esta práctica deberían de mantenerse y generar debates públicos sobre estos aspectos en los que se incluya a los habitantes de las poblaciones con un mayor riesgo de inundación.

Sirva también este trabajo como iniciación a nuevos estudios relacionados con los *curages*. Algunas ideas de nuevas investigaciones pueden ser:

- Estudiar la generación de porcentajes de disminución de la masa foliar tras la apertura de estos pasillos a través de imágenes aéreas o satélites de alta y muy alta resolución espacial (ya que en algunos la anchura media del pasillo era de 8 m y es necesario tener en cuenta la superficie de las copas de los árboles) con el fin de comparar la pérdida de masa forestal tras estas prácticas.

- El seguimiento de los *curages* y de otros nuevos con diferencias singulares que puedan completar tipologías.
- El estudio de la vegetación existente de todos los portes y de la generada tras la acomodación de estas obras.
- La afección a la fauna y el establecimiento de posibles nuevas especies en estos espacios.
- La comprobación de si, en determinados espacios, cambia el estilo geomorfológico del cauce del Ebro, a raíz de los *curages* y de las otras acciones que se van implementando en el río.

## 7. BIBLIOGRAFÍA:

Aparicio, M., Garijo, E., Román, E., Sánchez Martínez, F.J. (Dirs., 2019) *Buenas prácticas en actuaciones de conservación, mantenimiento y mejora de cauces*. Ministerio para la Transición Ecológica, Madrid.

Armengaud, J., Balland, P., Badré, M. (2003) *Le curage d'entretien des cours d'eau "vieux fonds, vieux bords"*. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris

Assié, M., Hardy, D. (2002) *Historique national des opérations de curage et perspectives. Rapport*. Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, Paris.

Blanc, X., Pinteur, F., Sanchis, T. (1989) *Conséquences de l'enfoncement du lit de l'Arve sur les berges et les ouvrages. Bilan général des transports solides sur le cours d'eau*. La Houille Blanche, 3-4: 226-230.

Calvo, A., Gargantilla, D., Polanco, L., Moreno, M.L., Pardos, M., San Román, J., Gómez, R. (2020) *Prevención, protección, preparación y reparación: medidas para la disminución del riesgo de inundación en el eje del Ebro*. Consorseguros, 12.

Confederación Hidrográfica del Ebro (2020): *Actuaciones en cauce en el tramo medio del Ebro – técnica del “curage”*. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=FZcn87DQdM0&t=153s>

Confederación Hidrográfica del Ebro (2021): *Ebro Resilience: curage-permeabilización de masas de sedimentos para reducir riesgo de inundación*. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=F\\_-3uVGwpsg](https://www.youtube.com/watch?v=F_-3uVGwpsg)

Duquesne, A. (2021) *Trajectoire d'évolution d'un cours d'eau à faible énergie au cours du second Holocène: la Charente entre Angoulême et Saintes. Thèse de Doctorat*, La Rochelle Université.

Harper, P.P., Cloutier, L. (1991) *Effets de travaux de curage sur la faune benthique d'un cours d'eau d'une région agricole du Québec*. Revue des Sciences de l'Eau, 4(2): 143-168.

Le Lay, Y.F. (2007) *Les hommes et le bois en rivière. Représentations, pratiques et stratégies de gestion dans le cadre de l'entretien des cours d'eau*. PhD Thesis, Université Jean Moulin Lyon III.

Le Lay, Y.F., Permingeat, F. (2008) *Spécificité territoriale et petits arrangements avec la loi: la place des usages locaux dans l'entretien de la rivière (XIXe-XXe siècles)*. Géocarrefour, 83: 45-55.

León, J., Ascaso, J. (2020). *Epilobium brachycarpum c. Presl y Oenothera rosea l'Hér. ex Aiton, dos nuevas onagraceas para la provincia de Huesca (España)*. Flora Montiberica, 76: 133-134.

Moral, R. (2021) *Caracterización y evaluación de actuaciones “curage” en los sotos de Alfocea, Utebo y Sobradriel (curso medio del Ebro)*. Trabajo fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza.

Morehouse, S. (1995): *GIS-based map base compilation and generalization. En J.C. Müller, J.P. Lagrange & R. Weibel (Eds.), GIS and Generalization. Methodology and Practice, Taylor & Francis, London, pp. 21-30.*

Ollero, A. (1992) *Los meandros libres del río Ebro (Logroño-La Zaida): geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza.

Ollero, A. (2014) *Guía metodológica sobre buenas prácticas en gestión de inundaciones. Manual para gestores*. Contrato de río del Matarraña, ECODES, Zaragoza.

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, doi 10.18172/cig.4730

Ollero, A., Cuartero, N., Moral, R., Pirchi, V. (2022) *Evaluación hidromorfológica tras la aplicación de la técnica "curage" en el curso medio del Ebro*. Informe inédito. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Panfili, F. (2004) *Étude de l'évolution de la spéciation du zinc dans la phase solide d'un sédiment de curage contaminé, induit par phytostabilisation*. Thèse de Doctorat, Université de Provence - Aix-Marseille I.

Piton, G., Carlados, S., Marco, O., Richard, D., Liébault, F., Recking, A., Quefféléan, Y., Tacnet, J.M. (2019) *Usage des ouvrages de correction torrentielle et plages de dépôt: origine, état des lieux, perspectives*. La Houille Blanche, 2019-1: 56-67.

Sánchez Fabre, M., Ollero, A., Moreno, M.L., Losada, J.A., Sánchez, J.R., Serrano Notivoli, R. (2017) *Évolution hydrologique et inondations récentes dans l'Èbre moyen*. Sud-Ouest Européen, 44: 97-116.

Schneider G. (2001) *Le curage des sédiments des cours d'eau*. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, 43, 25 p.