



**Universidad
Zaragoza**

Trabajo Fin de Máster

Análisis sectorial de los obstáculos fluviales en la cuenca alta del río Ésera (Huesca) para la elaboración de propuestas de buenas prácticas en restauración fluvial.

Sectoral analysis of the fluvial obstacles in the Ésera River upper basin (Huesca) for the elaboration of good practices proposals in fluvial restoration.

Autor

Pedro Javier Valverde Ferrer

Director

Daniel Ballarín Ferrer

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

2019

Resumen:

Este documento presenta un análisis de la cuenca del río Ésera desde su cabecera hasta el municipio de Campo. Este río es afluente del Cinca y también uno de los más visitados de manera turística debido, en parte, al Parque Natural Posets-Maladeta ubicado en la cabecera del valle. Así mismo, también se encuentra regulado por distintos represamientos que, junto con otros obstáculos que se pueden encontrar a lo largo del río, producen impactos negativos alterando la naturalidad de los ecosistemas fluviales. Es por ello que en este trabajo se van a estudiar esos obstáculos fluviales existentes, los cuales perjudican en mayor o menor medida al sistema fluvial, para posteriormente elaborar una serie de propuestas de buenas prácticas con la finalidad de llegar a una restauración fluvial. Para lograr este objetivo general va a realizarse una cartografía general y otra a gran escala para que así el análisis también se haga a mayor detalle. Además, también se van a comparar los trabajos previos realizados en la zona respecto a la aplicación de índices de calidad fluvial.

Palabras clave: restauración fluvial, río Ésera, obstáculos fluviales, cartografía, propuestas de buenas prácticas.

Abstract:

This document presents an analysis of the Ésera River basin from the headwaters to the municipality of campo. This river is a tributary of the Cinca River and it's one of the most visited by tourists due to, in part, the Posets-Maladeta Natural Park located in the head of the valley. Also, the river is regulated by some dams that, with other obstacles which can be found along the river, create negative impacts by altering the fluvial ecosystems natural condition. That is why in this work all those obstacles, whom affect the fluvial system to a greater or lesser extent, will be examined in order to elaborate some proposals of good practices with the objective of reach the fluvial restoration. To achieve this general goal general maps and large-scale maps will be created in order to the analysis be in greater detail. Also, previous works will be compared in respect to the application of fluvial quality indices.

Key words: fluvial restoration, Ésera River, fluvial obstacles, mapping, good practices proposals.

ÍNDICE

A. INTRODUCCIÓN	4
A.1. La restauración fluvial	4
A.2. Justificación	4
A.3. Objetivos	5
B. ÁREA DE ESTUDIO	6
C. METODOLOGÍA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN	9
C.1. Material y métodos	9
C.1.1. Fuentes de datos espaciales:.....	9
C.1.2. Metodología general:.....	9
C.2. Localización de impactos ambientales	10
C.3. Aplicaciones previas de índices de calidad fluvial	14
D. ANÁLISIS Y RESULTADOS	18
D.1. Análisis de los impactos fluviales en cada zona	18
D.1.1. Tramo Campo-Castejón de Sos.....	18
D.1.2. Tramo Castejón de Sos-Benasque.....	20
D.1.3. Tramo Benasque-cabecera	23
D.1.4. Barranco de las Aigüelas	26
D.1.5. Subcuenca del Rialbo	28
D.1.6. Barranco de Gabás	30
D.1.7. Barranco de Barbaruens.....	32
D.1.8. Barranco de Urmella.....	33
D.1.9. Barranco de Liri	35
D.1.10. Barranco de Surri.....	36
D.1.11. Barranco Remáscaro	38
D.1.12. Subcuenca de Eriste	40
D.1.13. Valle de Estós.....	42
D.1.14. Valle de Vallibierna.....	43
D.2. Evaluación final del IHG	45
E. PROPUESTAS	47
E.1. Propuestas de restauración o mejora	47
E.1.1. Devolución de espacio al río	47
E.1.2. Demolición de presas y azudes	51
E.1.3. Eliminación o permeabilización de vados y obstáculos	52
E.1.4. Desprotección de orillas y descanalizaciones.....	53
E.1.5. Aportación de sedimentos y recuperación de zonas de extracción.....	54
E.2. Propuestas de gestión	56

E.2.1. Educación ambiental.....	56
E.2.2. Gestiones post-crecida razonables y respetuosas.....	56
E.2.3. Reubicación de campings.....	58
E.3. Propuestas de conservación	60
E.3.1. Escalas para peces	60
E.3.2. Recuperación de caudales funcionales y geomórficos.....	61
E.4. Seguimiento.....	63
E.5. Prioridades según el coste-viabilidad.....	63
F. CONCLUSIONES	65
G. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	66
ANEXO 1. Índice de figuras.....	68
ANEXO 2. Índice de tablas	70
ANEXO 3. Cartografía realizada.....	71

A. INTRODUCCIÓN

A.1. La restauración fluvial

“Society has a moral obligation to protect species and restore environments following the damage inflicted on the riverine environment from a history of insensitive engineering works.”

Philip J. Soar & Colin R. Thorne (2001): *Channel restoration design for meandering rivers*.

La restauración fluvial se puede definir como el conjunto de distintos procesos que devuelven la estructura, función, territorio y dinámica natural a un sistema. Así, la verdadera restauración es la restauración pasiva o auto-restauración, que consiste en simplemente eliminar los impactos dejando que el sistema natural se acabe recuperando solo (Ollero, 2015).

Sin embargo, la completa restauración de un sistema natural cuando éste ya ha sufrido varios impactos, que pueden ser tanto positivos como negativos, que han alterado en gran medida todos sus elementos es enormemente difícil e, incluso, totalmente imposible la transformación de un espacio a su estadio original.

En estos casos, las actuaciones a realizar en el sistema serían de mejora o de rehabilitación, siendo la mejora de un sistema el aumento del valor del mismo, ya sea de acuerdo a su recuperación integral como sistema o como una simple mejora estética o de alguna de sus cualidades, mientras que la rehabilitación sería la recuperación de un funcionamiento más natural pero sin la posibilidad de alcanzar una total restauración debido a los impactos y presiones generados.

Con esos dos conceptos sobre la mesa es posible lograr que una zona en un estado de mayor o menor degradación pueda ver restablecidas algún elemento o alguna función importante pero sin que se consiga que el sistema vuelva a ser verdaderamente natural.

Al final, si verdaderamente existe una preocupación sobre el medio ambiente tal y como se está viendo desde hace ya algún tiempo y cada vez más en los medios de comunicación, el ser humano no solamente tiene el deber de reciclar o de proteger a las especies que cohabitan con nosotros sino que, recuperando la cita del principio del texto, la restauración es un deber moral y siempre que sea posible se debería de buscar la total recuperación de los sistemas naturales, de los cuales desde el inicio de las civilizaciones el ser humano se ha visto necesitado.

A.2. Justificación

Existen dos motivos principales para la realización de este trabajo en concreto, que trata sobre el análisis de impactos medioambientales en cursos fluviales y las posibles medidas de restauración y/o mejora. En primer lugar se encuentra el gran interés que personalmente tiene el medio físico, su estudio desde una perspectiva de conjunto así como su estudio individual de los diferentes elementos que se encuentran interconectados y que conforman el medio físico tal y como lo conocemos. De todos esos elementos del medio físico, los sistemas fluviales tienen una gran importancia pues son los grandes escultores del relieve actual, erosionando y creando morfologías de gran interés. Así, los sistemas fluviales también funcionan como cinta transportadora de sedimentos, los cuales se van quedando por el camino o acaban llegando en última instancia a los océanos, renovando los suelos de nutrientes y creando ecosistemas y gran biodiversidad desde la cabecera de los ríos hasta la desembocadura.

En segundo lugar se encuentra el propio conocimiento personal de gran parte de la zona de estudio, habiendo visitado en numerosas ocasiones el entorno desde la localidad de Campo hasta Llanos del Hospital y habiendo realizado excursiones en algunos de los valles laterales. De esta manera, el

conocimiento e interés personal en la zona de estudio, que quedaría limitada por la localidad de Campo al sur y la frontera con Francia al norte y de la cual ya se hablará en el apartado correspondiente, sirven como segundo motivo que justifica la realización del presente trabajo.

A.3. Objetivos

El objetivo principal es la redacción de unas propuestas de conservación, mejora y gestión fluvial de la cuenca alta del río Ésera y afluentes. Para ello, se ha realizado un estudio detallado de la ordenación territorial de los sistemas fluviales del área de estudio.

Así, para lograr el objetivo principal se han llevado a cabo una serie de objetivos secundarios, como son los siguientes:

- Localizar los impactos ambientales que afecten a los sistemas fluviales.
- Cartografiar los cursos fluviales en detalle para ver espacialmente la distribución de los impactos.
- Realizar una propuesta de Dominio Público Hidráulico (DPH) en los cursos fluviales que no lo tienen cartografiado.
- Analizar la importancia de los impactos detectados.
- Comparar estudios los estudios previos de la zona con los nuevos análisis de calidad fluvial (índice IHG).
- Diagnosticar el grado de alteración que generan en el medio natural.

B. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio elegida para la elaboración de este Trabajo de Fin de Máster se circunscribe a la cuenca del río Ésera en su tramo medio y superior. Así, el área de estudio abarca desde el nacimiento hasta el Término Municipal de Campo (Huesca), específicamente en la localidad de Morillo de Liena. Se ha seleccionado esta localidad como punto que delimita al sur debido a que así se incluye una parte de las subcuencas del Rialbo y del barranco de las Aigüelas. En la imagen de a continuación se puede observar la delimitación exacta del área de estudio. Además, la cartografía realizada se podrá ver a mayor tamaño en el anexo correspondiente.

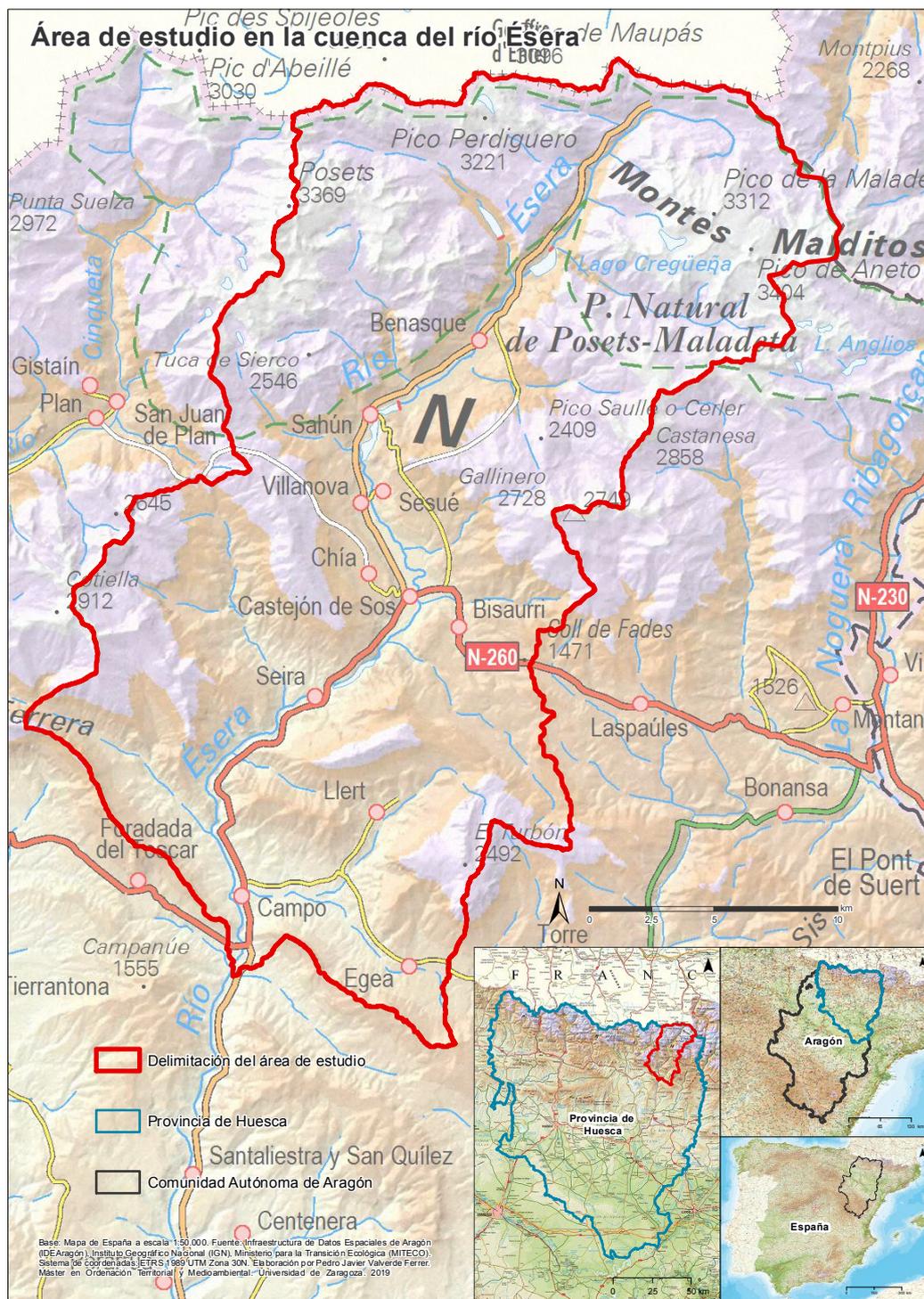


Figura 1. Mapa del área de estudio

Este río pirenaico, afluente del Cinca y éste último del Ebro por su margen izquierda, se localiza en el noreste de la provincia de Huesca, en la comunidad autónoma de Aragón. A lo largo de su recorrido atraviesa los municipios de Benasque, Castejón de Sos o Graus dentro de la comarca de la Ribagorza, adoptando una orientación clara N-S. La superficie total de la cuenca es de 1.535 km² con una aportación media de caudal de 812 Hm³ a lo largo de sus 98 km hasta su desembocadura en el río Cinca (CHE, 2007). Si bien la cuenca se caracteriza por ser latitudinalmente larga, longitudinalmente es estrecha debido a las características topográficas de la zona en la que nos encontramos, donde la disposición N-S de las sierras interiores pirenaicas y el gran desnivel respecto al fondo del valle condiciona la disposición latitudinal de los cauces fluviales, los escasos afluentes existentes que aprovechan la presencia de valles menores perpendiculares y los cursos fluviales de muy corta longitud que proceden de las altas cumbres pirenaicas.

En su cabecera el caudal del río Ésera se nutre de manera importante de la fusión del glaciar del Aneto y de la Maladeta y de las precipitaciones en forma de nieve invernales debido a su localización en el sector con mayores altitudes de la cordillera pirenaica, destacando los propios picos del Aneto (3.404 msnm) y de la Maladeta (3.308 msnm). En este tramo inicial, el río atraviesa el Pirineo Axial donde se encuentran rocas volcánicas y batolitos graníticos rodeados por una orla de materiales metamórficos de edad paleozoica que se elevaron durante la orogenia alpina como consecuencia de la dureza de sus materiales. El modelado de este sector es fundamentalmente glaciar, consecuencia de las glaciaciones pleistocenas que cubrieron una gran extensión de la cordillera hasta su retroceso en el Holoceno, dejando tras de sí morfologías como circos glaciares, canchales, ibones, morrenas y valles en artesa que dan lugar a relieves abruptos, grandes pendientes e importantes desniveles. Así pues, el cauce del Ésera fluye de manera encajonada por el valle de Benasque desembocando en él numerosos cursos fluviales de escasa longitud y gran pendiente que se ubican a ambos lados del río, y otros de mayor longitud que aprovechan los valles perpendiculares que conectan con el valle principal.

La zona de estudio se caracteriza por su vegetación de coníferas, claramente influenciado por la cercanía del Mediterráneo aunque biogeográficamente esté localizada en la región eurosiberiana, si bien también se da la presencia de bosques de frondosas, localizándose ambos tipos de vegetación en las laderas a ambos lados del río Ésera y en sus orillas, así como en los valles perpendiculares. A mayores altitudes dominan los matorrales esclerófilos, extensiones de pastizales en el piso subalpino y roquedo desnudo en las zonas más altas. La escasa presencia de población en la zona, concentrada casi en su totalidad en los núcleos de mayor tamaño poblacional como Benasque, ha permitido una menor alteración humana del medio natural si bien la importancia del turismo rural y del de nieve puede suponer una mayor antropización del medio. Así mismo, existen diversos elementos antrópicos que afectan al río Ésera como los embalses de Paso Nuevo y de Linsoles destinados para su aprovechamiento agrícola e hidroeléctrico, diversos represamientos que también tienen un uso agrícola y, en general, alteraciones e infraestructuras de los que se hablarán más adelante.

Por último, dado que la zona elegida para su estudio es bastante extensa, se ha decidido que sea analizada por sectores. De esta manera, todas las subcuencas laterales que confluyen en el río Ésera serían una unidad de análisis individualizada para posteriormente poder realizar un estudio general de la zona con la información de cada unidad individual. Así mismo, el valle del Ésera también ha sido delimitado en tres sectores de superficie semejante debido a su gran extensión, siendo estos tramos los siguientes: de Campo a Castejón de Sos, de Castejón de Sos a Benasque y de Benasque hasta la cabecera de la cuenca. Estas unidades de análisis son un total de 14, de las cuales 11 se corresponden con barrancos y valles laterales que confluyen en el río Ésera.

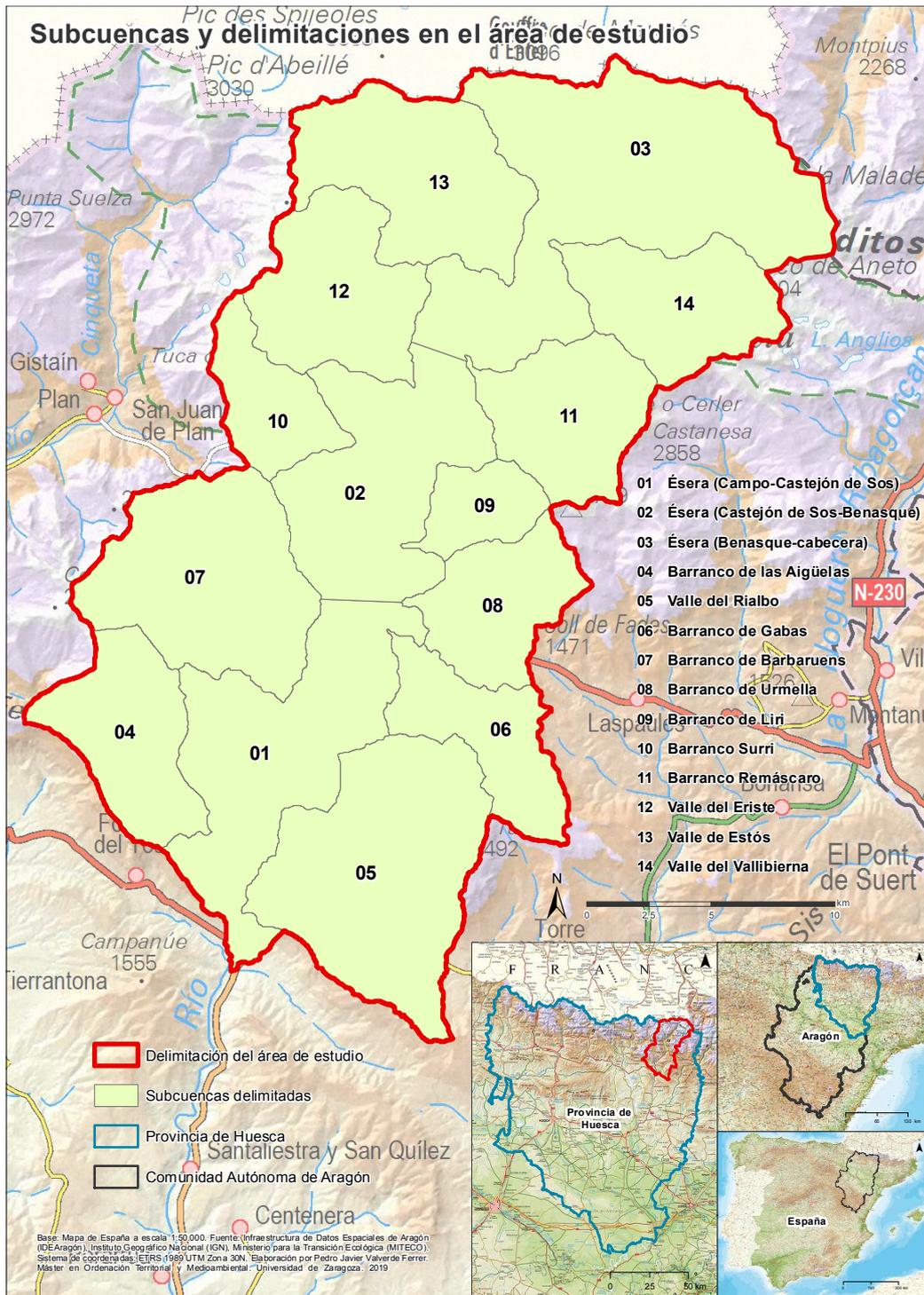


Figura 2. Mapa de las subcuencas y delimitaciones en el área de estudio

C. METODOLOGÍA Y ESTADO DE LA CUESTIÓN

C.1. Material y métodos

C.1.1. Fuentes de datos espaciales:

La fuente principal de datos de archivos en formato *shapefile* ha sido el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a través de su Centro de descargas¹. De aquí se ha obtenido información espacial de las Bases Topográficas Nacionales a escala 1:25.000 (BTN25) tales como las capas de carreteras, presas, postes eléctricos, etc. Del mismo sitio se ha obtenido el Mapa de España a escala 1:50.000, el cual ha sido utilizado como base para toda la cartografía realizada.

La información espacial de las delimitaciones administrativas se ha obtenido de la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón² (IDEAragón) mientras que todos los datos sobre la red hidrográfica o la delimitación de las cuencas y subcuencas hidrográficas tienen su origen en el Área de actividad del Agua de la IDE del Ministerio para la Transición Ecológica³ (MITECO).

La realización de toda la cartografía se ha hecho de manera personal gracias al programa ArcMap 10.5 de ESRI.

C.1.2. Metodología general:

Para realizar este trabajo, en primer lugar tras haber elegido el tema y el área de estudio hay una fase de documentación sobre la misma y de descarga de información espacial para después decidir qué información va a ser utilizada finalmente o no.

Posteriormente se realiza el estudio y análisis a mayor y menor escala de los impactos ambientales y de los elementos que generan dichos impactos en los sistemas fluviales. Para este punto se utiliza tanto la información espacial descargada como la documentación de estudios previos en la zona, así como el conocimiento personal del entorno.

Haciendo uso de la ofimática y de las herramientas SIG se ha realizado un tratamiento de datos espaciales y se han elaborado varias cartografías que complementan las explicaciones que se dan en cada apartado.

Finalmente, basándose en la *Guía metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial* redactada por Alfredo Ollero Ojeda (Ollero, 2015), profesor de Geografía Física del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Zaragoza, se han establecido unos ejemplos de buenas prácticas para la mejora, rehabilitación o restauración de los sistemas fluviales del área de estudio tras haber analizado los elementos que mayores impactos negativos generan.

El siguiente esquema muestra de forma general los pasos seguidos en la elaboración completa de este documento.

¹ <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

² <https://idearagon.aragon.es/descargas>

³ <https://www.miteco.gob.es/va/cartografia-y-sig/ide/descargas/agua/default.aspx>

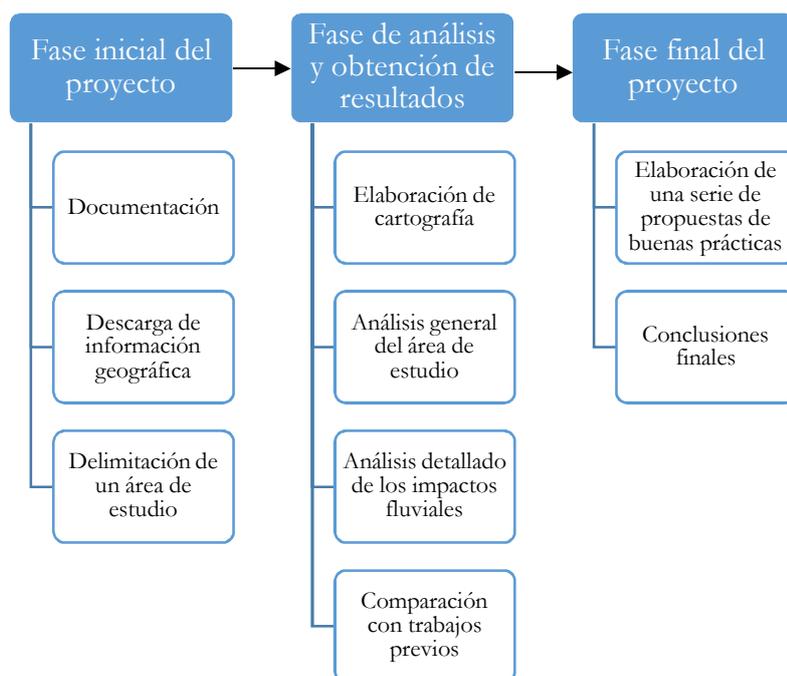


Figura 3. Esquema metodológico seguido en el proyecto

C.2. Localización de impactos ambientales

De acuerdo con Arturo Elosegui, catedrático de Ecología del Departamento de Biología Vegetal y Ecología de la facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU), “la actividad humana tiene un gran impacto en los ecosistemas fluviales” (Sabater et al., 2018). Multitud de expertos y diversos estudios sobre este tema parecen confirmar dicha afirmación y es que resulta obvio, mediante la simple observación, que las actividades humanas generan impactos tanto positivos como negativos en los diferentes elementos del medio físico.

Respecto a los impactos negativos generados y en el caso de los sistemas fluviales, que es el elemento en el que se centra el presente trabajo, actividades como el mero uso de los recursos hídricos puede inducir un estrés hídrico en los ecosistemas. La continua extracción y regulación hídrica, iniciada hace ya varios siglos con la intensificación de la agricultura, causa que los ecosistemas fluviales vean modificado su régimen hidrológico natural, lo que tiene implicaciones en la calidad del agua, la estructura biológica ligada al sistema fluvial y, en general, en el propio funcionamiento hidrológico (Sabater et al., 2018).

De esta manera, además de la propia extracción de agua de los sistemas fluviales, un elemento que también genera graves impactos son los obstáculos antrópicos. Hay multitud de tipos de obstáculos que puede tener un sistema fluvial o un río pero en este trabajo se van a clasificar en tres tipos: obstáculos transversales (presas, azudes, puentes,...), obstáculos longitudinales (obstáculos en las riberas, canalizaciones,...) y obstáculos puntuales.

Estos últimos son aquellos elementos antrópicos que, aunque podrían incluirse dentro de los dos tipos de obstáculos anteriores, debido a que aparecen de manera irregular en los sistemas fluviales en comparación a los elementos transversales o longitudinales se ha decidido hacer otro grupo aparte. Así, los obstáculos puntuales que se pueden encontrar generalmente son infraestructuras antrópicas (edificaciones) que no están diseñadas para regular un río como las presas o las canalizaciones pero que se encuentran dentro del espacio fluvial. También se podría hablar de obstáculos puntuales a las basuras, escombros o zonas de extracción de áridos, entre otros.

Con todo esto, en el apartado actual se van a localizar a pequeña escala los obstáculos que generan impactos negativos en el sistema fluvial para así ver dónde se concentran dichos impactos y, posteriormente, realizar un diagnóstico a mayor detalle en cada una de las 14 zonas que se habían delimitado.

Para ello, lo primero que se ha realizado es la superposición de las capas de las carreteras y de la red hidrográfica, las cuales ya se habían descargado con antelación tal y como se ha explicado anteriormente, para poder obtener los puntos donde se localizan puentes o pasos por encima de los ríos o los barrancos de la zona de estudio.

A continuación, para determinar qué infraestructuras antrópicas sirven de obstáculo para la red hidrográfica se ha utilizado la capa del Dominio Público Hidráulico (DPH). Sin embargo, dado que dicho DPH no se encuentra cartografiado de manera oficial en toda la zona de estudio y únicamente en zonas puntuales, se ha decidido realizar una nueva capa para establecer un posible DPH teórico teniendo en cuenta los 250 metros de anchura media del DPH oficial que sí que está cartografiado en la zona. Decir que estos 250 metros de anchura es la medición manual que se ha hecho exclusivamente en esta zona, pues en ríos más caudalosos y/o anchos, el DPH será, obviamente, mayor. Así, esta anchura se ha utilizado para establecer una zona de DPH en el río Ésera y en los principales ríos y barrancos de las subcuencas vertientes. Esto se puede observar en la figura siguiente.

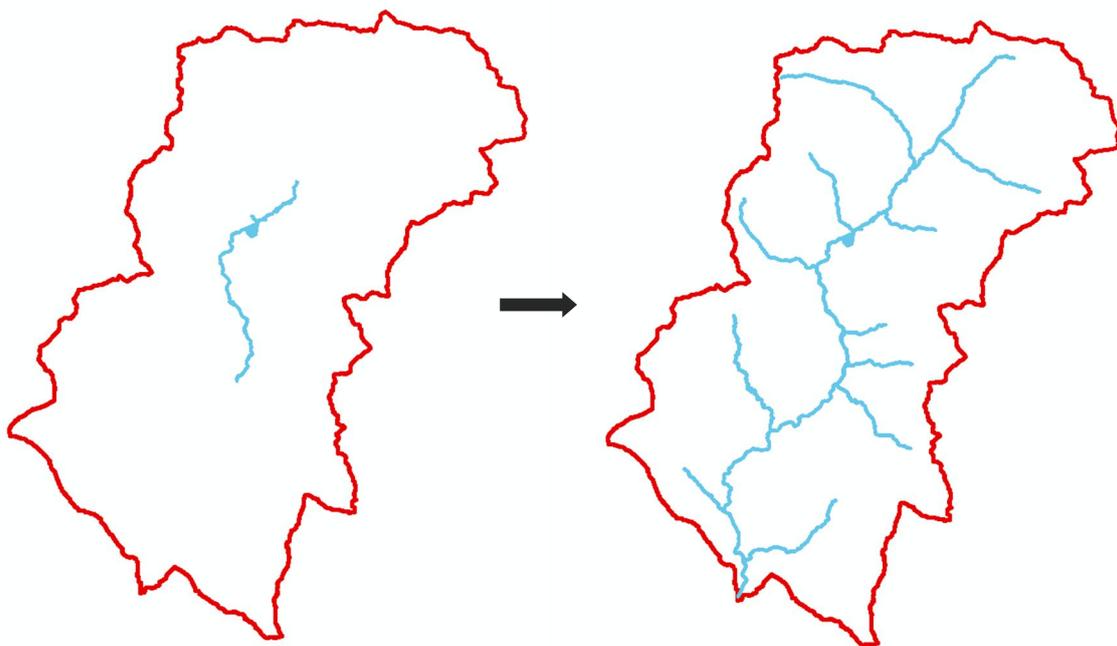


Figura 4. Comparación entre el DPH cartográfico actual y el propuesto

Este nuevo esbozo del que podría ser el DPH cartográfico en más zonas del área de estudio se utiliza ahora para ser superpuesto a varias capas de infraestructuras diferentes como las edificaciones, carreteras o postes eléctricos. De esta manera, se pueden mostrar tanto aquellas infraestructuras antrópicas que funcionan como obstáculo para la red hidrográfica como aquellas que se encuentran en riesgo de inundación en caso de crecida. También, en caso de que el DPH se deslindase en la zona, esto serviría para determinar qué infraestructuras incumplen la normativa actual de la Ley de Aguas (RDL 1/2001, de 20 de julio).

A continuación se pueden observar varios mapas que muestran la distribución de algunos elementos antrópicos que, estando directamente dentro del DPH, funcionan de alguna manera como obstáculo para el funcionamiento natural de la red hidrográfica.

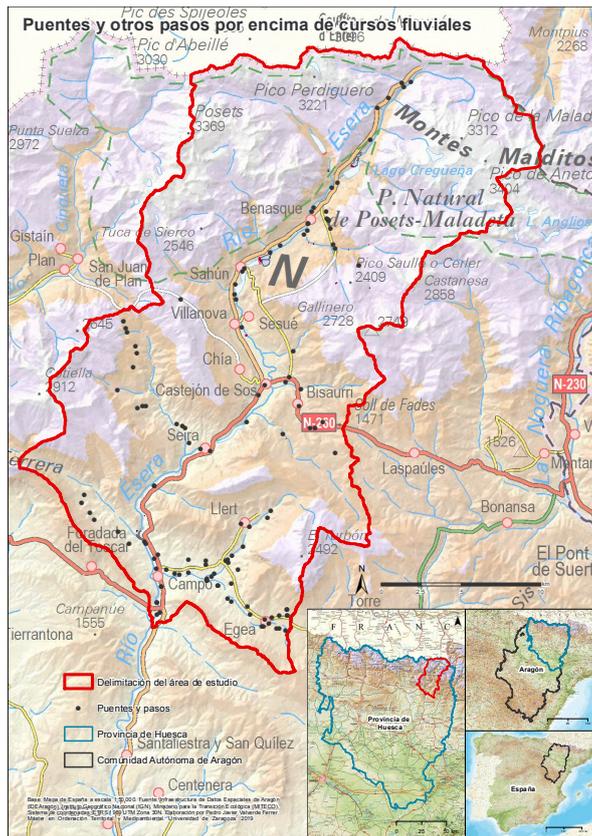


Figura 5. Mapa de la distribución de pasos sobre cursos fluviales

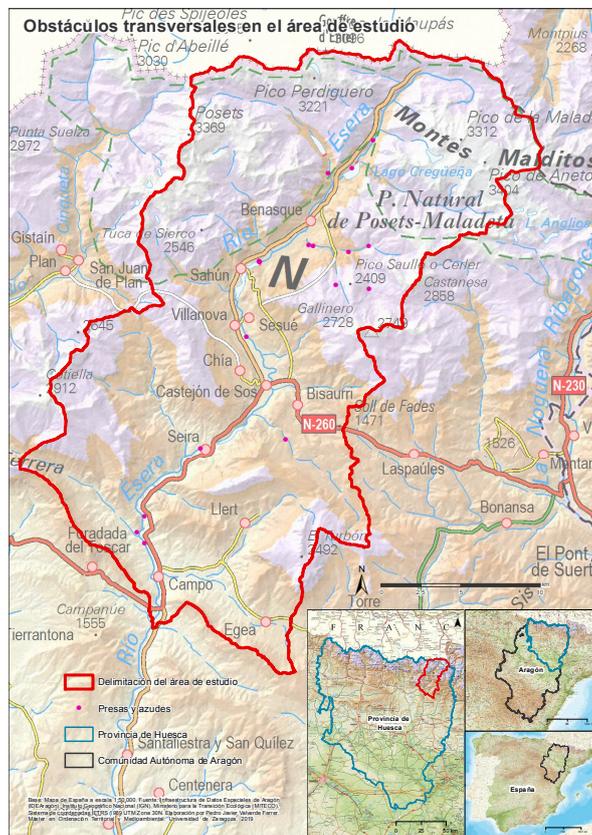


Figura 6. Mapa de la distribución de obstáculos transversales en cursos fluviales

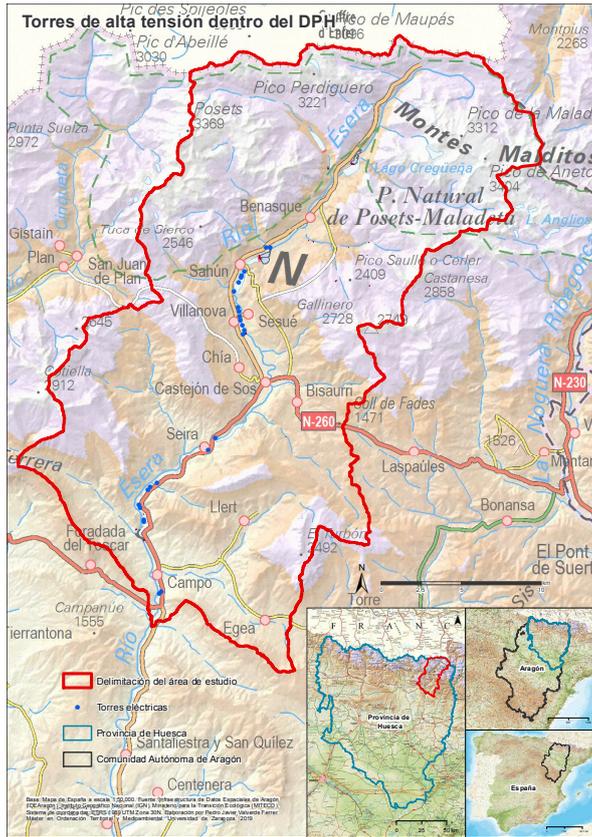


Figura 7. Mapa de la distribución de torres eléctricas dentro del DPH

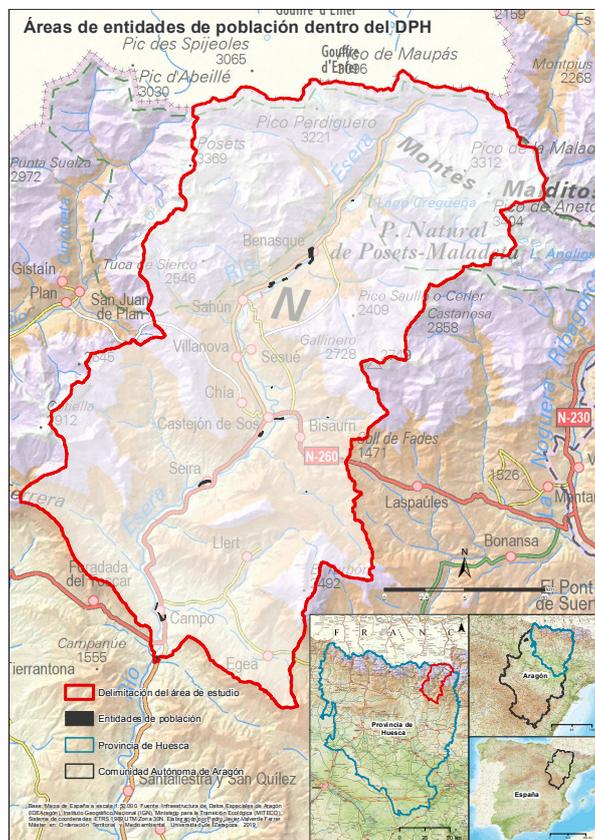


Figura 8. Mapa de las áreas de las entidades de población dentro del DPH

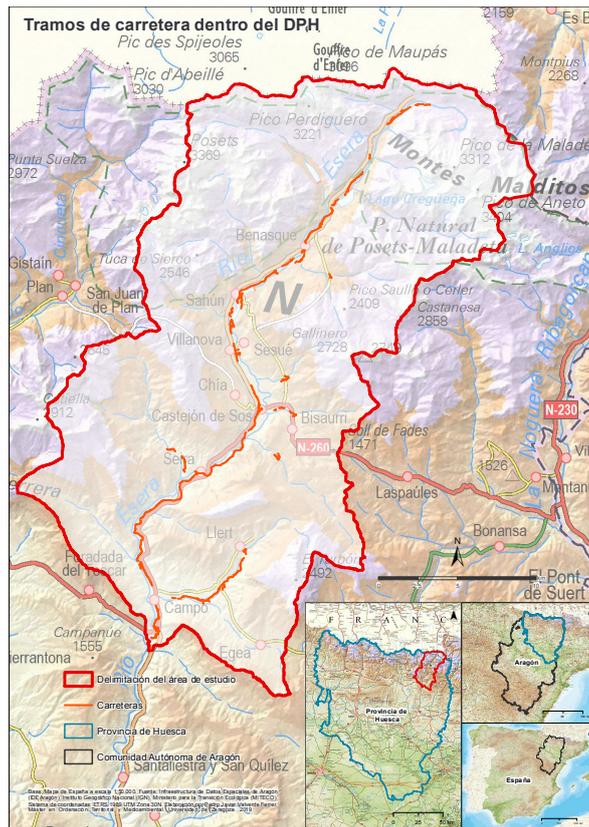


Figura 9. Mapa de los tramos de carretera dentro del DPH

Como ya se ha mencionado, los mapas representan aquellas infraestructuras que funcionan como obstáculos, ya sean longitudinales, transversales o puntuales. Así mismo, algunos elementos, al encontrarse dentro de la posible zona del DPH podrían ser ilegales en caso de que dicha figura se deslindase en la zona por la administración competente y, además, también podrían estar en riesgo de inundación ante grandes crecidas, especialmente las edificaciones.

Echando un vistazo general a toda la cartografía anterior, se observa que los elementos antrópicos que obstaculizan la red hidrográfica se concentran en el río Ésera, que es el más importante de la zona de estudio, y mayormente en dos ubicaciones: la zona más meridional del área de estudio y el tramo entre Sesué y Benasque.

Por tanto, será en esos dos puntos donde a priori debería de haber más impactos y alteraciones en el comportamiento natural del sistema fluvial.

C.3. Aplicaciones previas de índices de calidad fluvial

A partir de la información de los obstáculos que hay en un sistema fluvial se pueden aplicar una serie de índices para determinar la calidad y el estado ecológico que tiene una masa de agua. Para este caso, se han utilizado unos índices que ya se habían aplicado en algunos tramos del río Ésera entre los años 2010 y 2011. Estos índices son el índice hidrogeomorfológico (IHG) (Ollero, 2007) y el índice *River Habitat Survey* (RHS) (Durán, 2011), el cual se puede derivar en otros dos índices que se explicarán más adelante.

En el caso del IHG, se trata de una herramienta que evalúa los diferentes tipos de presiones e impactos antrópicos, directos e indirectos, que afectan al sistema fluvial, ya que todos cuentan con una respuesta en el funcionamiento hidrogeomorfológico funcional del sistema, de los cauces y de las riberas.

Para aplicar el IHG se han de evaluar tres agrupaciones que son la calidad funcional del sistema fluvial, la calidad del cauce y la calidad de las riberas. Dentro de cada agrupación se evalúan tres parámetros distintos por lo que en total hay nueve parámetros a valorar y al principio todos tienen una puntuación de 10, valor que se va restando en función de los criterios establecidos para cada parámetro.

Dentro de la calidad funcional del sistema fluvial, que se basa en el funcionamiento del caudal hidrológico y sedimentario y el espacio inundable, el primer parámetro es la naturalidad del régimen de caudal y se ha de valorar si el río lleva la cantidad de agua que debería normalmente y presenta una estacionalidad natural o si, por el contrario, presenta modificaciones en el régimen hidrológico. A continuación se valora el parámetro de la disponibilidad y movilidad de los sedimentos donde hay que mirar si el río lleva todos los sedimentos que es capaz de transportar y si puede desarrollar dicha tarea. Por último, se valora la funcionalidad de la llanura de inundación, observándose si en dicha llanura existen obstáculos o usos del suelo que impiden que el río pueda desbordarse sin problemas.

En segundo lugar, para evaluar la calidad del cauce se han de valorar otros tres parámetros. El de la naturalidad del trazado y de la morfología en planta consiste en observar si el río tiene un trazado natural o si éste ha sido alterado antrópicamente. A continuación se valora la continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales analizando si el río posee o no barreras que rompan la continuidad o alteren el fondo del lecho tales como azudes, vados o puentes. Y para valorar la naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral simplemente se ha de mirar si las orillas del río son naturales y si el cauce puede moverse lateralmente sin que esté canalizado o encauzado.

En cuanto a la calidad de las riberas lo primero a valorar es la continuidad longitudinal viendo si el corredor ribereño es continuo en ambas márgenes o si presenta algún tipo de discontinuidad. El segundo parámetro es la anchura del corredor ribereño, para el que se ha de observar si las riberas supervivientes conservan toda su anchura potencial sin que ésta haya sido reducida por actividades antrópicas. Para finalizar, se evalúa la estructura, naturalidad y conectividad transversal, valorando si las riberas tienen una buena estructura interna, naturalidad en sus especies vegetales y conexiones naturales con el cauce y entre todos los hábitats.

Todos esos parámetros son los que se utilizan para aplicar el IHG en una masa de agua, sector o tramo fluvial, la cual puede llegar a tener una puntuación máxima de 90 lo que supondría un estado muy bueno en su calidad, como así se representa en la Tabla 1.

Tabla 1. Relación puntuación-calidad del IHG

Calidad	Puntuación IHG
Muy mala	0 -20
Deficiente	21 - 41
Moderada	42 - 59
Buena	60 - 74
Muy buena	75 - 90

En cuanto a índice RHS, éste es un protocolo de toma de datos que, a partir del tratamiento de los datos de campo se pueden derivar dos índices que analizan el estado ecológico de las masas de agua: el índice *Habitat Quality Assessment* (HQA) y el índice *Habitat Modification Score* (HMS).

El índice HQA es un sistema basado en las características o rasgos de los diferentes hábitats observados en el trabajo de campo y en su aparición durante los muestreos (Raven et al., 1998). Se han de establecer unas zonas test que servirán como tramos de referencia sobre los que se compararán los resultados. Además, este índice se ha de utilizar con ríos con características semejantes, por lo que comparan un río pirenaico con otro puramente mediterráneo daría lugar a resultados no comparables entre sí. Los resultados del índice HQA dan valores entre 10 y 80, resultando en ríos con escasa o elevada diversidad en el número de hábitats, respectivamente.

Por otro lado, el índice HMS sirve para cuantificar las afecciones que se dan en los cursos fluviales analizados. Así, cada obstáculo (vado, presa, mota, etc.) lleva asociada una puntuación que se recopila y contabiliza. Sumando todas las puntuaciones se crea una clasificación según el grado de modificación que tengan los hábitats de cada masa de agua.

Tabla 2. Relación puntuación-estado del hábitat. Índice HMS

Descripción del hábitat	Puntuación HMS
Semi-natural	0 - 16
Mayormente sin modificaciones	17 - 199
Obviamente modificado	200 - 499
Significativamente modificado	500 - 1399
Severamente modificado	Más de 1400

Así, en este apartado se van a comparar los resultados obtenidos tras la aplicación de estos índices mencionados en unos trabajos de campo que se realizaron por la empresa Medio Ambiente, Territorio y Geografía, S.L. (MASTERGEO, S.L.) entre 2010 y 2011 en coordinación con la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) en unas masas de agua concretas.

Estas masas de agua están representadas por los códigos 764, 766 y 768, correspondiéndose con los tramos del río Ésera de la cabecera hasta el embalse de Paso Nuevo (no incluido), desde dicho embalse hasta la confluencia con el río Estós y desde dicha confluencia hasta la desembocadura del barranco de Barbaruens, respectivamente. Hay que mencionar que el tramo entre Barbaruens y Campo no tiene punto de muestreo por lo que en este apartado no va a quedar representado, así como el resto del área de estudio. Aun así, dado que en el apartado siguiente se van a analizar cada subcuenca por separado, se realizará una aplicación aproximada del IHG para los tramos faltantes.

De esta manera, en la Figura 10 se puede observar la disposición exacta de los tres tramos mencionados y que tienen un punto de muestreo, por lo menos para el IHG, pues la masa de agua 766 no tiene valoración en los índices HQA y HMS.

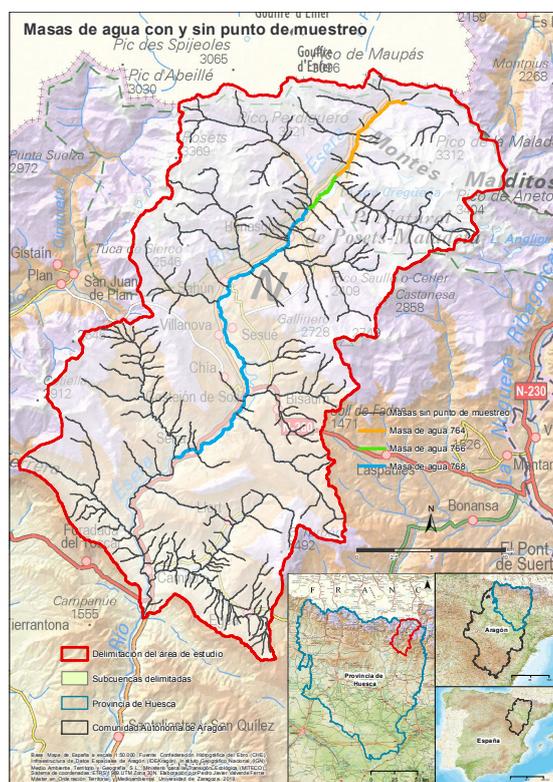


Figura 10. Mapa de las masas de agua con y sin punto de muestreo

A continuación se van a mostrar los resultados que se obtuvieron para esas masas de agua y se van a comparar los índices HQA y HMS con el IHG para así determinar si las distintas metodologías de valoración del estado ecológico de un río dan resultados parecidos.

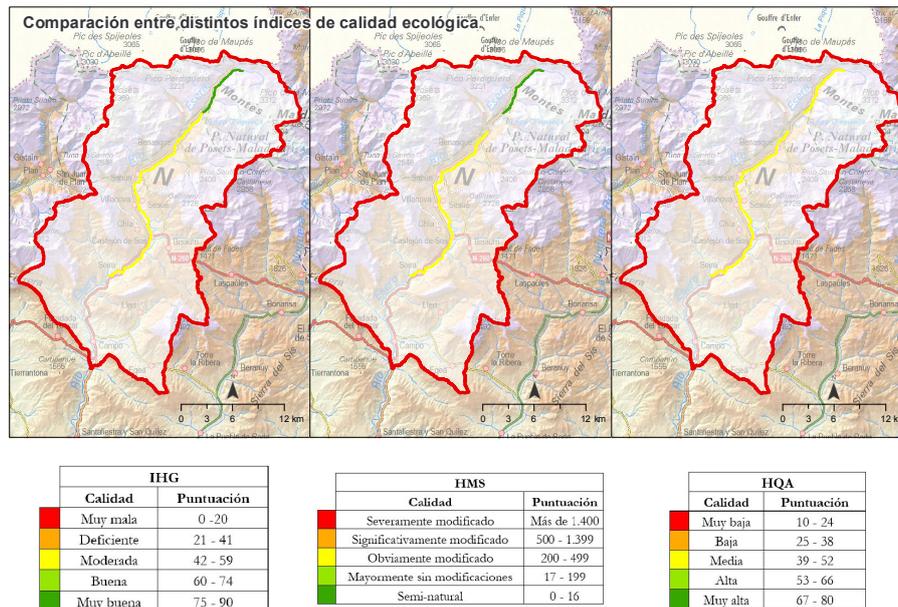


Figura 11. Comparación entre los índices IHG, HMS y HQA

Dado que estos índices trabajan con unas cifras de puntuación distintas se han clasificado todos en los mismos intervalos que, además, por lo menos para el IHG y el índice HMS dicha clasificación es la que se recomienda por los autores mientras que del índice HQA no se ha encontrado ninguna clasificación propuesta por lo que se han realizado intervalos iguales.

Así, se puede observar que los índices dan una valoración parecida a las masas de agua evaluadas siendo la única diferencia, además de que la masa 766 sólo se encuentra evaluada en el IHG, la valoración del tramo de cabecera (masa 764) en el índice HQA que en comparación a los otros dos índices es la que peor calidad da a dicho tramo.

D. ANÁLISIS Y RESULTADOS

D.1. Análisis de los impactos fluviales en cada zona

Como se venía diciendo anteriormente, en este apartado se van a estudiar los elementos antrópicos que pueden generar impactos negativos en los sistemas fluviales pero a mayor escala que como se ha hecho antes, es decir, con más detalle.

Aquellos elementos antrópicos que sirven como obstáculos y que se van a estudiar son los que han podido ser cartografiados con facilidad en un mapa gracias a las fuentes de información espacial oficiales mientras que otros obstáculos, como pequeños vados, diques u otros elementos que no están georeferenciados de manera previa y/o que en la ortofoto no son visibles, no han podido cartografiarse debido a que se necesitaría un demasiado trabajo de campo para las características de este trabajo. Aun así, en la medida de lo posible se intentará tener en cuenta dichos elementos si se conoce su ubicación.

Así mismo, también se va a realizar una evaluación del IHG para cada una de las 14 zonas delimitadas para posteriormente ver en dónde sería más adecuado realizar actuaciones de restauración, mejora o rehabilitación ambiental.

D.1.1. Tramo Campo-Castejón de Sos

En este primer tramo se pueden observar varios elementos que se sitúan dentro de lo que sería el DPH de estar oficialmente cartografiado. Estos obstáculos se resumen en varios puentes y pasos por encima del río Ésera, algunos de los cuales cuentan con un azud incorporado, y algunas antenas de alta tensión que, además de encontrarse dentro del DPH, correrían riesgo en caso de crecida extraordinaria. Luego, también se pueden encontrar algunas edificaciones dentro de este territorio y, salvo unas pocas en la localidad de Campo, la mayoría de estas edificaciones se corresponden con la localidad de Seira, al norte de esta zona.

Aunque no se ha cartografiado, el río Ésera antes de pasar al lado de la localidad de Campo cuenta con una zona de escollera cuya función es proteger la carretera pero que genera un impacto negativo ya que es una forma de canalizar un tramo del río. Dicha escollera se puede apreciar en esta imagen, donde llama la atención la morfología recta de la defensa. Debido a esta forma totalmente recta de dicha escollera, en caso de crecida el río aumentaría su velocidad en ese punto, pudiendo tanto erosionar esa defensa como desbordar abruptamente una vez acabe la escollera en vez de tener una mejor laminación.



Figura 12. Escollera aguas arriba de Campo. Vista aérea de Google Maps

Por otra parte, este tramo cuenta con una presa aguas arriba de Campo que se encarga de proveer de energía eléctrica a dicha localidad. Esta presa, además de que no se ha observado que tenga una escala para peces, lo que resulta en un grave impacto sobre las especies de peces de la zona, genera un impacto negativo directo sobre el río aguas arriba, donde va a haber una acumulación de sedimentos y limos en el fondo del embalse que deberían de ser lavados continuamente, y especialmente aguas abajo, donde la dinámica natural del río se modifica por completo resultando en alteraciones en los procesos sedimentarios y erosivos, en la morfología longitudinal del cauce e incluso en los ecosistemas ligados al río.

En definitiva, junto con algún azud que hay en la zona, la presa de Argoné (conocida como presa de Campo en las cercanías del municipio), aunque de poca entidad, es el elemento que mayor impacto negativo genera en el sistema fluvial de esta zona en concreto.

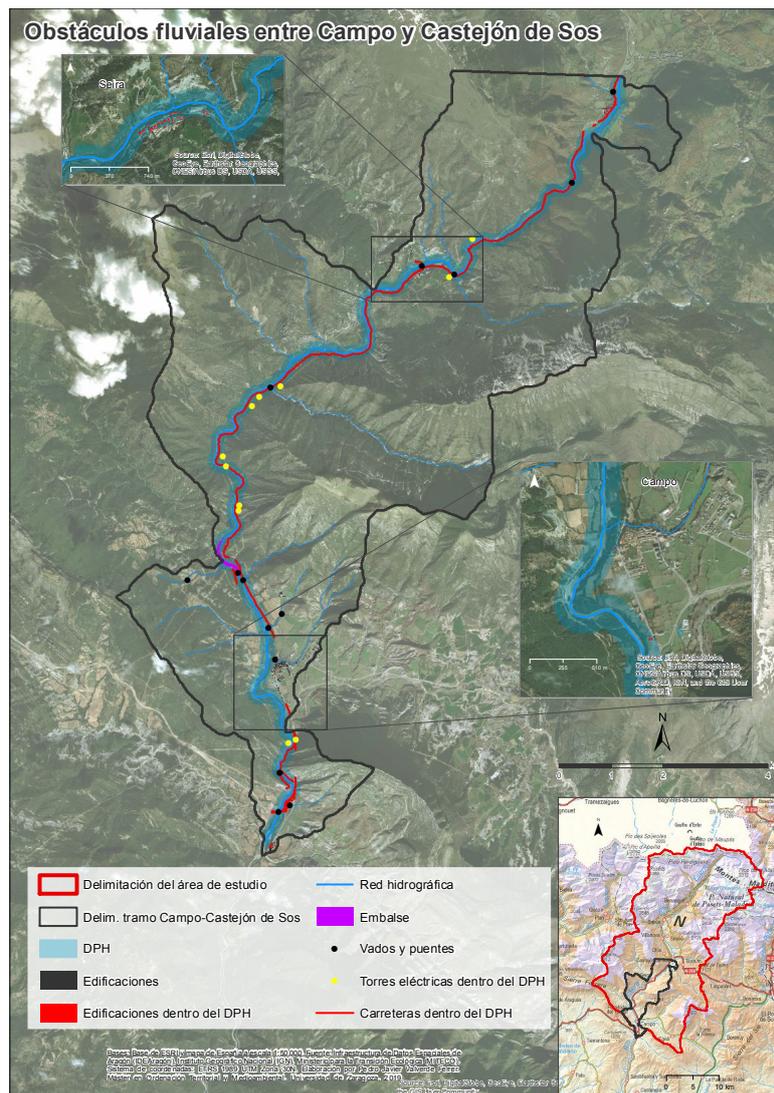


Figura 13. Mapa de los obstáculos fluviales en el tramo Campo-Castejón de Sos

edificaciones, de las cuales destacan varios edificios pertenecientes a las localidades de Eriste y Linsoles tal y como se puede observar en la Figura 13.

También se ha localizado un punto de riesgo en este tramo del río y, aunque no ha sido cartografiado, se ha tomado una captura de pantalla desde Google Maps. En la siguiente imagen se pueden observar varios elementos que funcionan como obstáculo, como son una edificación y extracción de áridos así como una escollera que funciona como defensa para el camping 'La Borda d'Arnaldet', el cual está situado directamente en la orilla del río y supone un gran riesgo en caso de crecida, pues una simple escollera no sería suficiente para detener el agua en caso de intensas precipitaciones y un aumento elevado del caudal. Además, de acuerdo a la normativa actualmente vigente sobre campings (Decreto 125/2004, de 11 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de Alojamientos Turísticos al aire libre) este camping se encuentra en zona no apta para su ubicación, dado que no se permite que ésta sea en "terrenos próximos a cauces de cursos de agua de todo tipo, ni en zonas cercanas a emplazamientos que presenten un riesgo inaceptable de inundaciones" (Art. 8 del Decreto mencionado).



Figura 15. Camping 'La Borda d'Arnaldet'. Vista aérea de Google Maps

En general, será el embalse de Linsoles el obstáculo que más impactos negativos generará sobre el sistema fluvial, al igual que pasaba con el primer tramo y como también pasará con aquellos tramos donde se localice otro embalse pues resulta en una alteración extremadamente notoria en el régimen hidrológico natural.

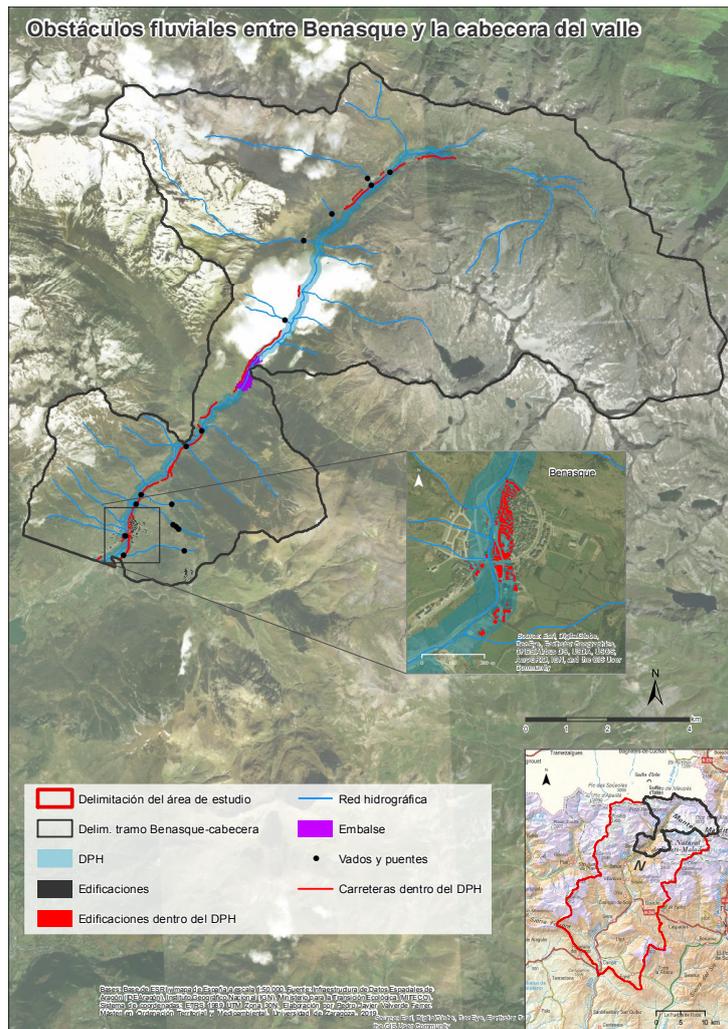


Figura 18. Mapa de los obstáculos fluviales en el tramo Benasque-cabecera

Dichas inundaciones también provocaron que desde las administraciones se promovieran actuaciones que han acabado por modificar el cauce del Ésera en las proximidades de la localidad, instalando barreras de defensa como escolleras o creando un cauce con más meandros para así intentar disminuir la velocidad del agua en caso de crecida.



Figura 19. Defensas laterales aguas arriba de Benasque. Vista aérea de Google Maps

D.1.5. Subcuenca del Rialbo

El Rialbo es un río afluente del Ésera por su margen izquierda que nace directamente en el macizo del Turbón, un anticlinal calcáreo donde se ha formado una combe abierta hacia el norte, el cual, junto con el resto de relieves de la subcuenca, se encarga de distribuir el agua a este río y al barranco de la Espluga, barranco que a su vez desemboca en el propio Rialbo.

Esta subcuenca, al contrario que ocurre con la del barranco de las Aigüelas, posee una gran cantidad de obstáculos fluviales pero de escasa entidad, pues se tratan de obstáculos puntuales como puentes o vados. Aun así, también se encuentran varios tramos de carretera dentro de la zona del DPH elaborado que funcionan como obstáculos longitudinales.

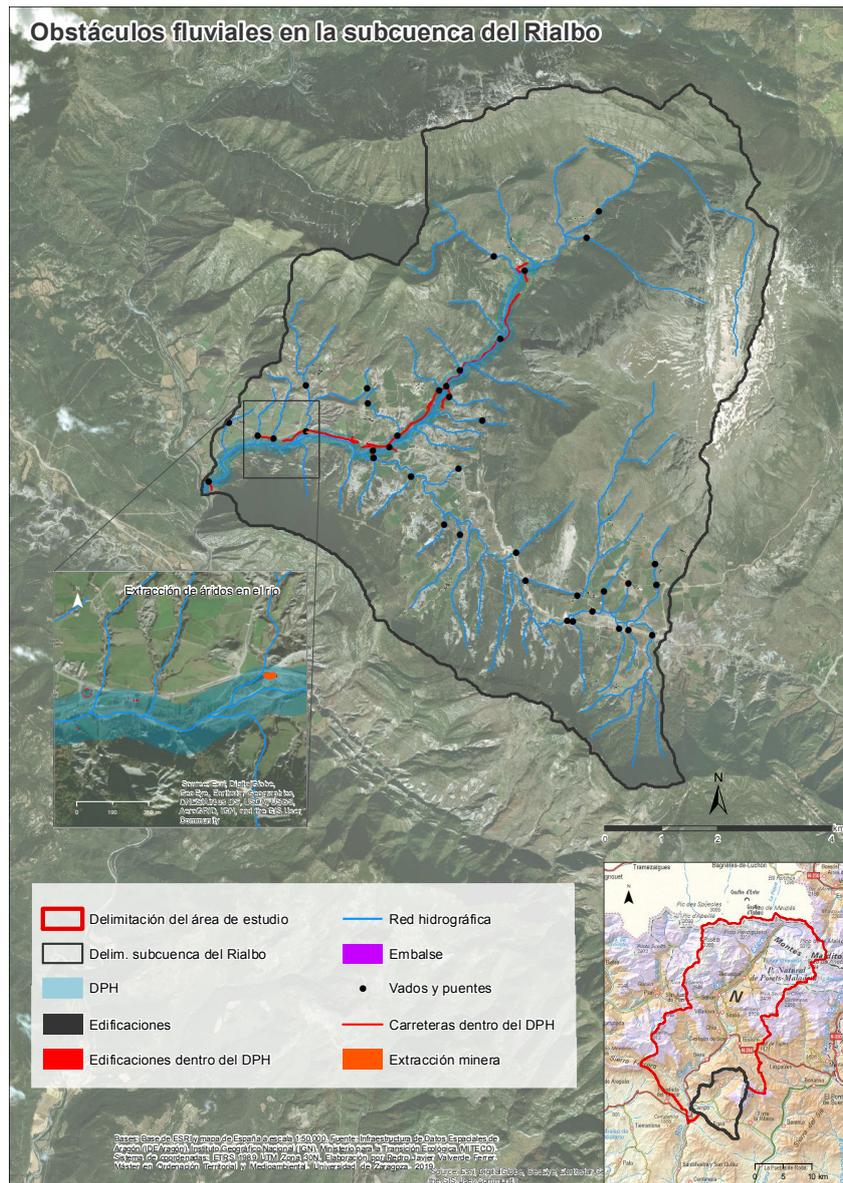


Figura 25. Mapa de los obstáculos fluviales en la cuenca del Rialbo

En el mapa anterior también se ha señalado otro impacto negativo puntual que se corresponde con una extracción de áridos situada en el lecho fluvial. Este impacto puede observarse con mayor detalle en la imagen de a continuación.



Figura 26. Zona de extracción de áridos en la orilla del río. Vista aérea de Google Maps

Esta zona, al menos, no cuenta con infraestructuras de gran entidad como pueden ser las presas que tienen un gran impacto sobre el medio físico pero, aun así, no puede negarse el hecho de que la gran cantidad de pasos por encima de los cursos fluviales (vados y azudes) acaba generando problemas de mayor o menor repercusión. Otros ejemplos de estos obstáculos puntuales son los siguientes, en el barranco de la Espluga:



Figura 27. Ejemplo de vado y de azud en el barranco de la Espluga. Vista aérea de Google Maps

INDICE PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLOGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)			
Sistema fluvial: Río Esera		Sector o masa de agua: Subcuenca del Rialbo	
Fecha: Julio de 2019			
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA		CALIDAD DEL CAUCE	
Naturalidad del régimen de caudal [6]		Naturalidad del trazado y de la morfología en planta [6]	
<p>Tanto la cantidad de caudal circulante por el sector como su distribución temporal y sus procesos cíclicos responden a la dinámica natural, por lo que el sistema fluvial cumple perfectamente su función de transporte hidrológico.</p> <p>El régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal estable.</p> <p>Si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal estable.</p> <p>Si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal estable.</p> <p>Si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal estable.</p> <p>Si hay alteraciones muy importantes de caudal, de manera que se invierte el régimen estacional natural, o bien circula de forma permanente un caudal estable.</p>		<p>El trazado del cauce se mantiene natural, inalterado, y la morfología en planta presenta las características y dimensiones acordes con las características de la cuenca y del valle, así como con el funcionamiento natural del sistema.</p> <p>Se han registrado cambios de trazado artificialmente y modificaciones puntuales de la morfología en planta del cauce.</p> <p>Si no ha habido cambios drásticos (desvíos, cortes, rellenos de cauces abandonados, simplificación de trazado...).</p> <p>Si no ha habido cambios drásticos, si se registran cambios menores (retiradas de márgenes, pequeñas reconfiguraciones...).</p> <p>Si no ha habido cambios drásticos o menores, si hay cambios angulosos que el sistema fluvial ha naturalizado parcialmente.</p>	
Disponibilidad y movilidad de sedimentos [4]		Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales [5]	
<p>El caudal sólo llega al sector funcional en retención alguna de origen antropico y el sistema fluvial ejerce en consecuencia la función de movilización y transporte de los sedimentos.</p> <p>Hay presión con capacidad de retener sedimentos en la cuenca vertiente y en los sectores superiores del sistema fluvial.</p> <p>Si entre un 25% y un 50% de la cuenca vertiente hasta el sector cuenta con retención de sedimentos.</p> <p>Si hay presas que retienen sedimentos, aunque afectan a menos de un 25% de la cuenca vertiente hasta el sector.</p>		<p>El cauce es natural y continuo y sus procesos hidrogeomorfológicos longitudinales y verticales son funcionales, naturales y acordes con las características de la cuenca y del valle, del sustrato, de la pendiente y del funcionamiento hidrológico.</p> <p>El sector funcional hay infraestructuras transversales al cauce que rompan la continuidad longitudinal del cauce.</p> <p>Si hay al menos una presa de más de 10 m de altura y sin bypass para sedimentos.</p> <p>Si hay ríos y arroyos o si tienen una presa de más de 10 m de altura con bypass.</p> <p>Si hay un solo azud.</p> <p>Hay presas, vados u otros obstáculos menores que alteren la continuidad longitudinal del cauce.</p> <p>La topografía del fondo del lecho, la sucesión de resalles y remanentes, la granulometría-morfometría de los materiales o la vegetación puntual o pionera del lecho muestran síntomas de haber sido alterados por dragados, excavaciones, espolos o limpias.</p>	
Funcionalidad de la llanura de inundación [6]		Naturalidad de las márgenes y de la movilidad lateral [4]	
<p>La llanura de inundación puede ejercer sin retención alguna de origen antropico sus funciones de dispersión de energía en crecida, laminación de caudales y/o desdoblamiento y decantación de sedimentos.</p> <p>La llanura de inundación cuenta con defensas longitudinales que restringen sus funciones naturales de laminación, decantación y dispersión de energía.</p> <p>Si se presentan defensas adosadas al cauce menor.</p> <p>Si están separadas del cauce pero restringen más del 50% de la anchura de la llanura de inundación.</p> <p>Si sólo hay defensas adosadas que restringen menos del 50% de la anchura de la llanura de inundación.</p>		<p>El cauce es natural y tiene capacidad de movilizarse lateralmente sin cortapisas, ya que sus márgenes naturales presentan una morfología acorde con los procesos hidrogeomorfológicos de erosión y sedimentación.</p> <p>en más del 75% de la longitud del sector.</p> <p>entre un 50% y un 75% de la longitud del sector.</p> <p>entre un 25% y un 50% de la longitud del sector.</p> <p>entre un 10% y un 25% de la longitud del sector.</p> <p>entre un 5% y un 10% de la longitud del sector.</p> <p>en menos del 5% de la longitud del sector.</p>	
VALORACIÓN DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA [16]		VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL CAUCE [15]	
VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLOGICA [47]		VALORACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS [16]	

Figura 28. Aplicación del IHG en la cuenca del Rialbo

Tras la aplicación del IHG en esta subcuenca se puede determinar que la calidad hidrogeomorfológica es moderada y, como acaba de mencionar, es debido a la alta cantidad de obstáculos puntuales así como a los tramos de carretera dentro del DPH. Como se ha mencionado en el párrafo anterior, la inexistencia de elementos de gran calibre como presas en esta zona hace que la valoración final no sea más baja pudiendo, en dicho caso, contar con una valoración de la calidad funcional del sistema significativamente inferior.

D.1.6. Barranco de Gabás

Esta subcuenca, al igual que otras más que se analizarán en adelante, cuenta con un número extremadamente bajo de elementos que obstaculizan el sistema fluvial del lugar. Lo único que es algo significativo es un tramo de carretera situado en el DPH elaborado y que pasa por encima del cauce. Por lo demás, el sistema fluvial de esta zona se encuentra, en principio, totalmente naturalizado y, a simple vista, en el medio físico sólo se puede observar el cambio de usos de suelo para la agricultura.

Así, la valoración hidrogeomorfológica de la subcuenca del barranco de Gabás va a ser muy alta y se necesitaría de un estudio en campo muy detallado para mejorar la evaluación, ya fuera ésta hacia arriba o hacia abajo.

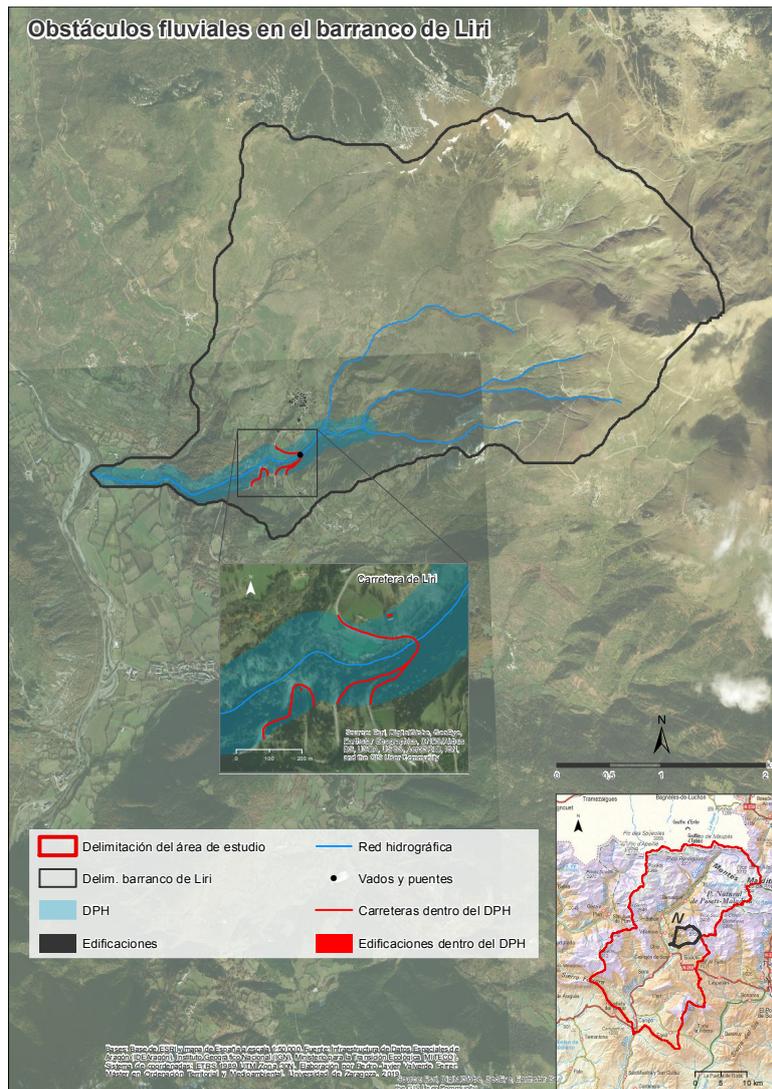


Figura 37. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Liri

D.1.10. Barranco de Surri

Esta subcuenca es, junto con la del valle del Vallibierna que se verá más adelante, la zona con menor alteración antrópica de toda el área de estudio del presente trabajo. Los obstáculos fluviales que se pueden encontrar aquí no son en absoluto significativos para que la calidad hidrogeomorfológica del sitio disminuya por debajo de una calidad muy buena pues se resumen en pasos a través de barrancos efímeros que tampoco generan un impacto notable.

D.1.11. Barranco Remáscaro

Esta subcuenca, donde además se encuentra situada la estación de esquí de Cerler, cuenta con pocas obstaculizaciones para el sistema fluvial que en el mapa siguiente se concentran en la localidad de Cerler. Ahí se pueden observar algunas edificaciones situadas dentro del DPH elaborado así como un pequeño tramo de carretera que también pasa por encima del cauce principal de esta subcuenca.

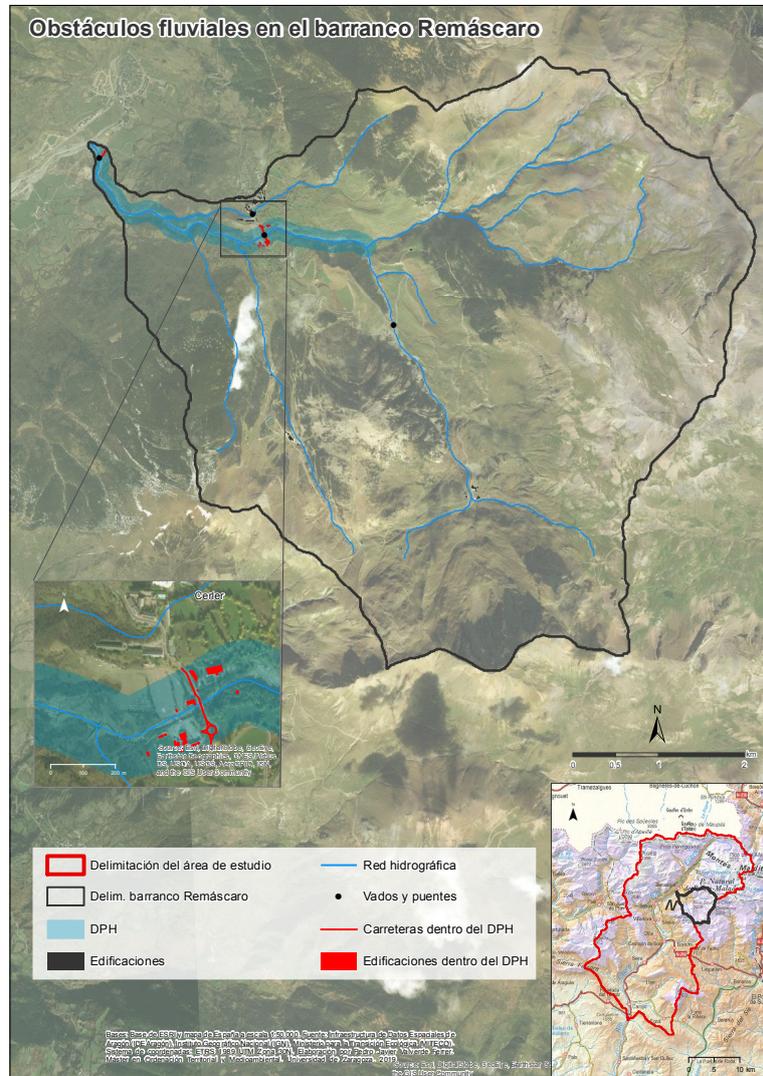


Figura 40. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco Remáscaro

Así mismo, en esta zona también hay otros obstáculos fluviales como una serie de diques en el barranco Remáscaro aguas debajo de Cerler tal y como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 41. Diques aguas abajo de Cerler. Vista aérea de Google Maps

Además de eso, también existen varias canalizaciones en el barranco Remáscaro en las cercanías de la localidad de Cerler y en la zona del Ampriu, donde para favorecer a la estación en época de esquí también hay algunas zonas de cauce cubiertas.



Figura 42. Encauzamientos en el Ampriu. Vista aérea de Google Maps

Por todas estas cosas que se han comentado, tras la aplicación del IHG a esta subcuenca la calidad hidrogeomorfológica ha resultado ser moderada y principalmente se debe a esos represamientos transversales y a las defensas longitudinales que canalizan y alteran el comportamiento natural de estos barrancos.

INDICE PARA LA EVALUACION DE LA CALIDAD HIDROGEOMORFOLOGICA DE SISTEMAS FLUVIALES (IHG)			
Sistema fluvial: Río Esera		Sector o masa de agua: Barranco Remáscaro	
Fecha: Julio de 2019			
CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA		CALIDAD DEL CAUCE	
Naturalidad del régimen de caudal [6]		Naturalidad del trazado y de la morfología en planta [6]	
Disponibilidad y movilidad de sedimentos [4]		Continuidad longitudinal [5]	
Funcionalidad de la llanura de inundación [5]		Continuidad y naturalidad del lecho y de los procesos longitudinales y verticales [5]	
		ANCHURA DEL CORREDOR RIBEREÑO [6]	
		Estructura, naturalidad y conectividad transversal [5]	
VALORACION DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA [15]		VALORACION DE LA CALIDAD DEL CAUCE [16]	
		VALOR FINAL: CALIDAD HIDROGEOMORFOLOGICA [47]	
		VALORACION DE LA CALIDAD DE LAS RIBERAS [16]	

Figura 43. Aplicación del IHG en el barranco Remáscaro

D.1.12. Subcuenca de Eriste

En esta zona, aunque sí que existen un número algo elevado de obstáculos fluviales, éstos se localizan básicamente en la desembocadura del valle en la confluencia con el río Ésera. Es, por tanto, en este punto donde se van a dar los principales impactos negativos pues se acumulan los efectos del embalsamiento de las aguas por la influencia de la presa de Linsoles, a escasa distancia, y los efectos de canalización y urbanización.

De todas formas, dado que la aplicación del IHG a todas estas zonas de la cuenca del río Ésera no se está haciendo por pequeños tramos o masas de agua sino por subcuencas, en este caso la evaluación del IHG no va a ser totalmente certera al existir mucha superficie de cuenca sin impactos fluviales aparentes.

Toda esta superficie que se encuentra escasamente antropizada y donde, por eso mismo, no habrá impactos fluviales notables se localiza ya dentro del Parque Natural Posets-Maladeta, donde las actuaciones humanas tienen mayores restricciones para así mantener lo máximo posible la naturalidad de estos enclaves pirenaicos.

Por ello, para posteriores estudios y/o análisis se deberían de realizar evaluaciones a mucha mayor escala para obtener un detalle de análisis mejor.

D.2. Evaluación final del IHG

Una vez finalizado el análisis detallado de cada sector del área de estudio se puede comentar de forma general los resultados ligados a la evaluación realizada del índice hidrogeomorfológico (IHG). En la siguiente tabla se puede observar un resumen de las puntuaciones otorgadas a cada sector una vez hecha la aplicación del IHG.

Tabla 3. Evaluación del IHG en cada zona del área de estudio

Sectores y zonas del área de estudio	Puntuación	Calidad	Longitud (km)
Tramo Campo-Castejón de Sos	48	Moderada	22'2
Tramo Castejón de Sos-Benasque	44	Moderada	13'1
Tramo Benasque-cabecera	45	Moderada	15,6
Barranco de las Aigüelas	72	Buena	4'5
Cuenca del Rialbo	47	Moderada	8'7
Barranco de Gabás	79	Muy buena	7'5
Barranco de Barbaruens	80	Muy buena	10'3
Barranco de Urmella	60	Buena	4'7
Barranco de Liri	79	Muy buena	5'3
Barranco de Surri	84	Muy buena	8
Barranco Remáscaro	47	Moderada	7
Valle de Eriste	70	Buena	6'4
Valle de Estós	68	Buena	12'5
Valle de Vallibierna	83	Muy buena	8

Como ya se había mencionado anteriormente, el sector con mayor calidad hidrogeomorfológica es la cuenca del barranco de Surri seguida de la del valle del Vallibierna, pues apenas cuentan con alguna modificación antrópica y, por tanto, han obtenido una puntuación casi perfecta respecto a los 90 máximos que se pueden obtener en la evaluación del IHG.

Por otro lado, en el mapa siguiente se puede observar una comparación directa de los trabajos previos que había habido en la cuenca del Ésera y que ya habían evaluado ciertas masas de agua. En general no hay mucho que contar de la comparación ya que la mayoría de los tramos fluviales no están valorados en los trabajos previos. Sin embargo, el sector de la cabecera del río Ésera sí que tiene diferencias con respecto a la evaluación del IHG aplicada en este trabajo.

Resulta que en los trabajos previos, dicha cabecera cuenta con una valoración muy buena mientras que aquí la calidad hidrogeomorfológica de ese tramo se ha valorado como “moderada”. Esto se debe a que, como ya se mencionó en su momento, los trabajos previos han evaluado las distintas masas de agua consideradas por separado a diferencia de que en el presente trabajo se ha valorado un tramo de río más largo y que, debido a eso, la supuesta muy buena calidad hidrogeomorfológica de la cabecera (masa 764, ver Figura 10) se ha visto menguada al tener en cuenta, también, la calidad moderada existente en el entorno cercano a Benasque a causa de todos esos impactos que ya se han comentado. Hablando de longitudes para este mismo ejemplo, se tiene que la masa 764 evaluada en esos trabajos previos mide casi 8 kilómetros, mientras que el tramo evaluado en este trabajo donde está incluido el tramo correspondiente a la masa 764 mide 15'6 kilómetros, como se puede observar en la tabla anterior.

Por último, llama la atención la baja calidad de todo el tramo del río Ésera en comparación a la buena y muy buena calidad con la que cuentan la mayoría de las subcuencas laterales vertientes. Con eso visto, de forma general parece que sería aconsejable elaborar una serie de actuaciones de conservación en esos sectores de buena calidad y otras actuaciones de restauración o mejora en el resto del área de estudio.

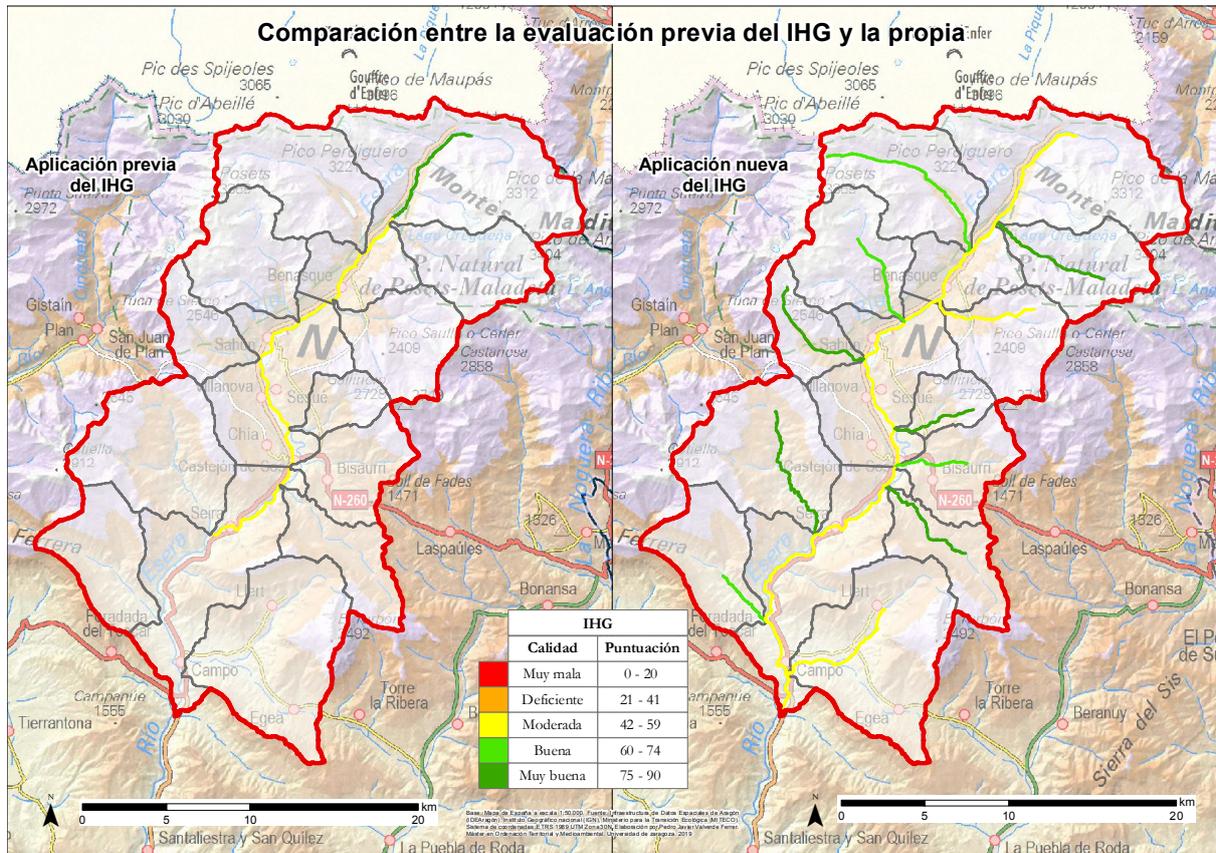


Figura 50. Mapa de la comparación entre las aplicaciones previas del IHG y la actual en el área de estudio

E. PROPUESTAS

Una vez estudiada por completo el área de estudio se procede a elaborar una serie de propuestas de actuaciones cuya finalidad es la de mejorar y/o restaurar los sistemas fluviales de la cuenca del Ésera. Estas actuaciones están basadas, tal y como se menciona anteriormente, en el documento “Guía metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial” escrita por Alfredo Ollero (Ollero, 2015).

Las propuestas siguientes se han distribuido en función del tipo de actuación, siendo éstas de restauración o mejora, gestión y conservación.

E.1. Propuestas de restauración o mejora

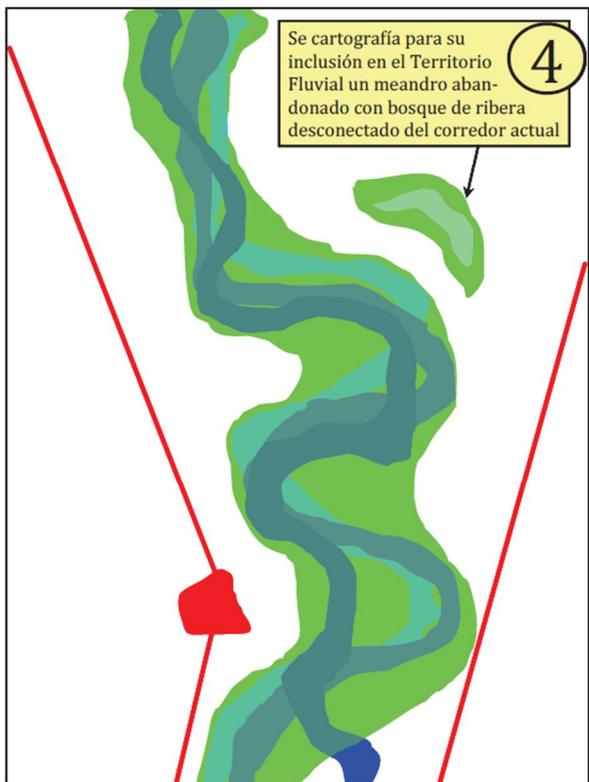
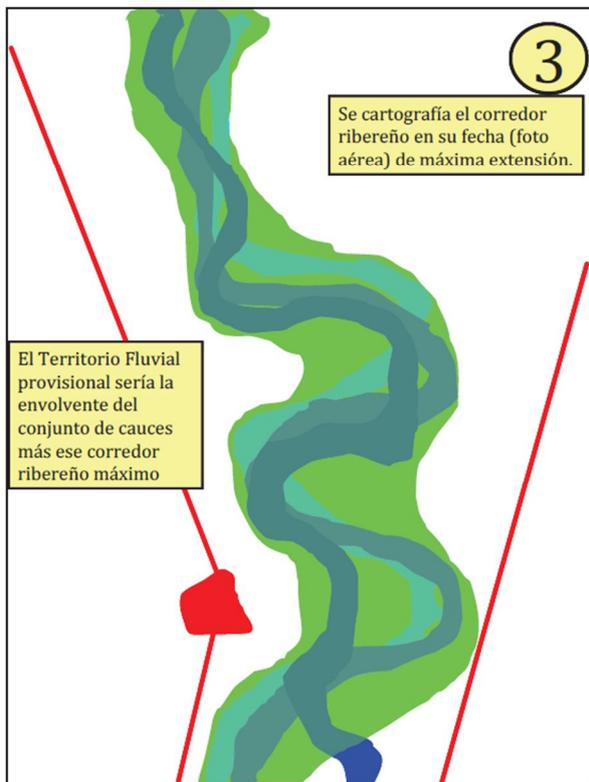
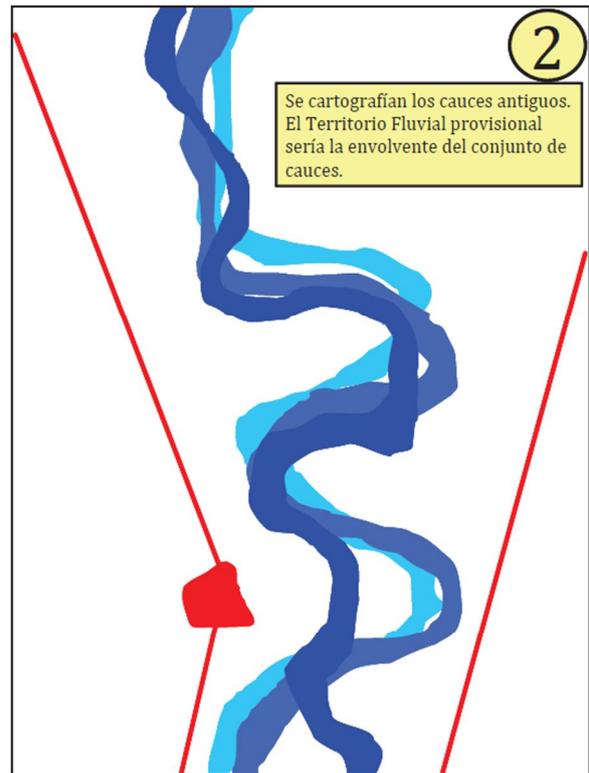
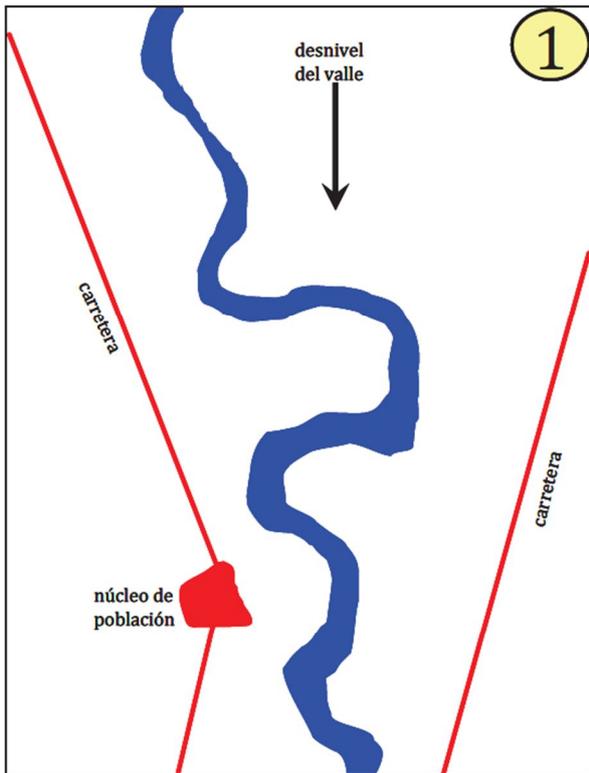
E.1.1. Devolución de espacio al río

Esta actuación sería una de las que más ayuda a los sistemas fluviales a restaurar su naturalidad pues se le da libertad al río y se le aporta el territorio que éste necesita para desarrollar sus funciones correctamente. Los ríos en entornos urbanos usualmente se encuentran constreñidos por defensas y/o estructuras que acaban canalizando el curso fluvial en mayor o menor medida, generando impactos negativos para el medio natural como el deterioro general del sistema fluvial y también para el medio humano, aumentando el riesgo de inundación ante eventos extremos de crecidas.

Esto último se debe a que, aunque en un principio un río durante una crecida esté canalizado y toda el agua circule por un sitio concreto, la imposibilidad de laminación hace que el agua aumente significativamente su velocidad y con ello su capacidad erosiva, pudiendo acabar atravesando o rompiendo las defensas que lo constreñían e inundando áreas previamente defendidas. También se pueden acabar inundando áreas no debido a la rotura de defensas sino a la subida de la capa freática.

Por eso mismo, dándole a un río el espacio que necesita para el desarrollo de sus funciones no sólo le da al río más naturalidad sino que también acaba siendo beneficioso para las personas evitando, por ejemplo, grandes daños materiales.

Para darle espacio a un río se puede establecer un Territorio Fluvial, que sería todo aquel espacio que se encuentra geomorfológica y ecológicamente activo y que exigiría la eliminación de cualquier obstáculo longitudinal como son las motas y demás defensas. El proceso de delimitación de un Territorio Fluvial puede observarse en el esquema siguiente.



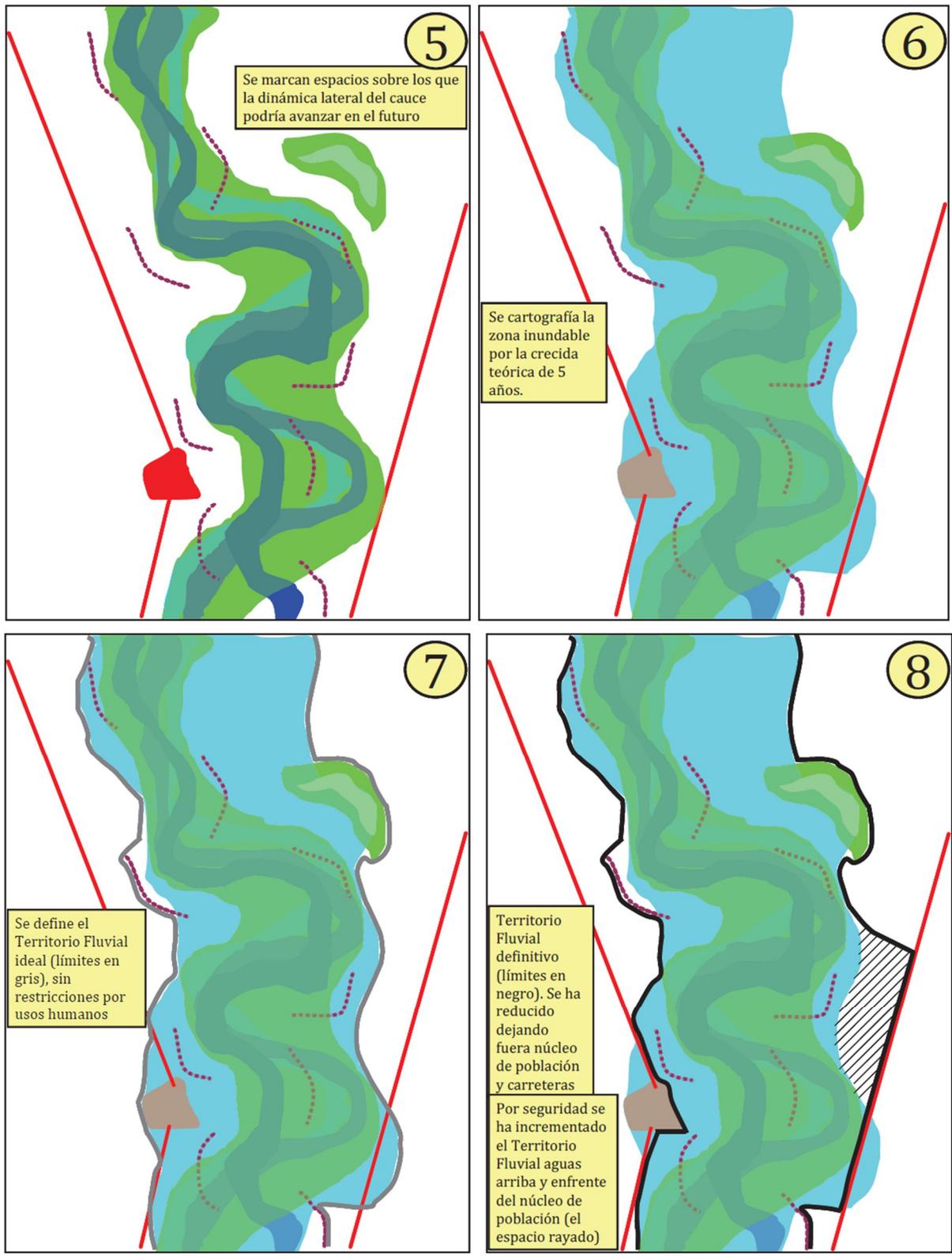


Figura 51. Proceso de delimitación de un Territorio Fluvial. Esquemas de Alfredo Ollero

En el entorno del área de estudio, como ya se ha visto, hay varias zonas urbanas que cuentan con edificaciones dentro o en las cercanías del DPH como es el caso de las localidades de Benasque, Castejón de Sos o Eriste, donde sería necesario eliminar y/o retranquear las motas e incluso realizar una desurbanización en lugares totalmente necesarios. Eliminar edificaciones es, aunque una actuación que acaba generando un impacto positivo en el río, un foco de problemas legales así como de altos costes económicos debido a las compensaciones e indemnizaciones. Por ello, se propone realizar una delimitación del Territorio Fluvial especialmente en aquellas zonas con edificaciones en riesgo y así devolverle espacio al río y, de ser necesario, desurbanizar lo mínimo posible para evitar problemas legales y mayores costos.

Tabla 4. Propuesta 1 de restauración fluvial

Propuesta	Devolución de espacio al río mediante la delimitación de Territorios Fluviales		
Tipo	Restauración		
Objetivo			
Restaurar las dinámicas hidrológicas laterales de los sistemas fluviales mediante la aportación del territorio fluvial natural necesario para ello.			
Justificación			
Este tipo de actuaciones son las principales de cara a la restauración fluvial pues permite conservar o recuperar la dinámica hidrogeomorfológica, obtener un corredor ribereño continuo garantizando la diversidad ecológica o laminar de manera natural las crecidas, entre otras cosas.			
Ubicación	Principalmente los entornos de las áreas urbanas.		
Coste	Alto	Viabilidad	A largo plazo

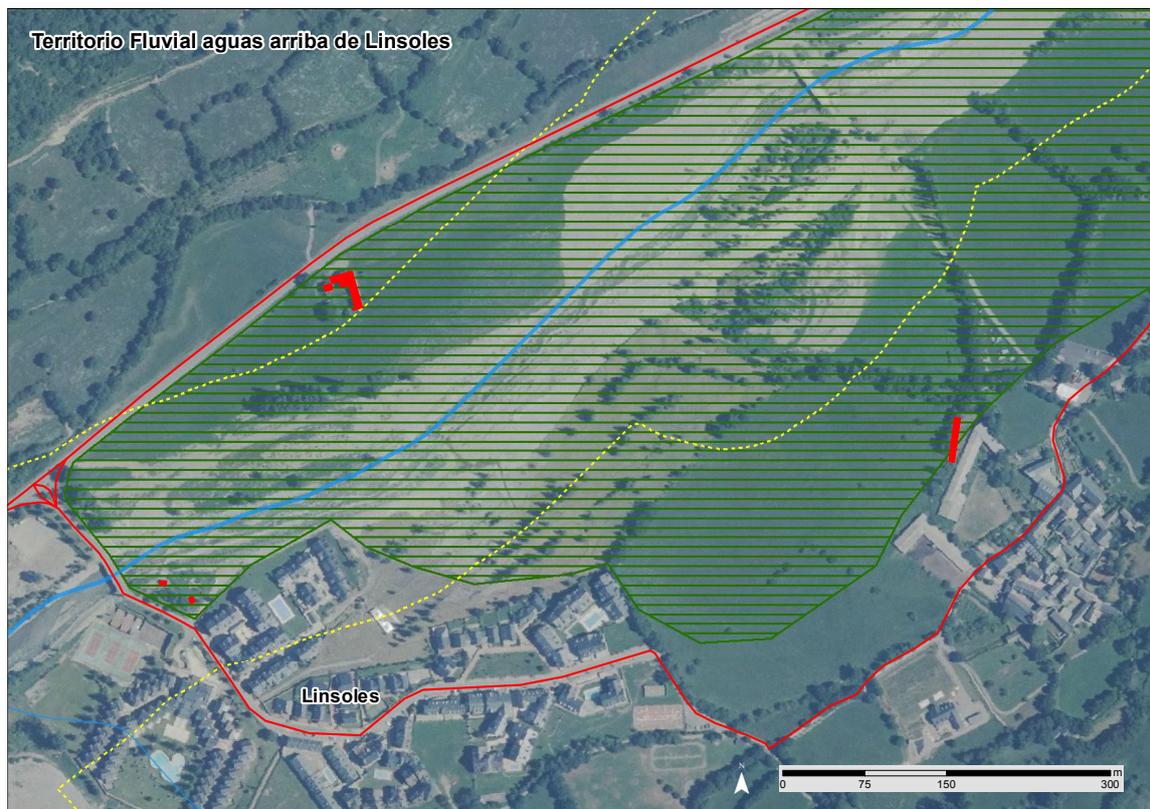


Figura 52. Ejemplo de Territorio Fluvial aguas arriba de Linsoles

Zona del Territorio Fluvial en verde, carreteras y edificaciones a eliminar en rojo, zona del DPH en amarillo y río Ésera en azul.

E.1.2. Demolición de presas y azudes

Este punto es posible que sea uno de los temas más polémicos a existir en el mundo de la restauración fluvial pues, si bien la eliminación directa de obstáculos transversales de gran calibre como son las presas y algunos azudes favorecería enormemente a la restauración de los sistemas fluviales, estas infraestructuras tienen utilidades muy importantes para los seres humanos como pueden ser el almacenamiento de agua para regadío y usos domésticos o la regulación hidrológica para minimizar los daños en caso de crecidas.

Desde algunas asociaciones u organizaciones ecológicas se suele pedir la eliminación de presas y azudes cuando finaliza la concesión de la obra hidráulica y, por tanto, no cuentan con ningún uso aparente. Además, se calcula que la demolición de una presa es unas tres veces menos costoso que la reparación de la misma o de las obras de adaptación a los requisitos medioambientales (Brufao, 2001).

La realidad es que en muchos casos estas infraestructuras no se eliminan porque sigue teniendo sus usos y es que varias centrales, una vez haber acabado la concesión administrativa concedida a las hidroeléctricas que las gestionaban, revierten al Estado, es decir, al Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO).

Un par de ejemplos de esto son las centrales de Lafortunada en el río Cinca o, en el área de estudio, la de Argoné en Campo⁴, ambas habiendo visto sus concesiones acabadas hace poco tiempo y habiendo revertido al Estado, asumiendo la CHE sus explotaciones.

También, los ayuntamientos en cuyos territorios se encuentran situadas estas infraestructuras intentan obtener beneficios por la servidumbre que ello supone, ya sea con la creación de vías verdes o cualquier otro tipo de actuación. En el caso de Campo, existe un acuerdo con la CHE y las empresas locales de rafting para soltar agua antes de iniciar con las actividades deportivas, lo que acaba suponiendo un beneficio económico para estas empresas, aunque en años hidrológicos más secos dicho acuerdo tiene sus restricciones dado que la prioridad es el regadío.

Con este ejemplo y lo mencionado anteriormente se quiere dar a entender lo complicado que puede llegar a ser el hecho de querer eliminar una presa u obstáculo semejante. Así, a continuación se propone la eliminación de aquellas infraestructuras que ya no cuentan con ningún tipo de uso realmente necesario y que, en el área de estudio, serán gran parte de los azudes localizados en el curso del río Ésera.

⁴ Fuente: Heraldo de Aragón

Tabla 5. Propuesta 2 de restauración fluvial

Propuesta	Demolición de presas y azudes		
Tipo	Restauración		
Objetivo			
Recuperar la conectividad ecológica longitudinal de los sistemas fluviales, las dinámicas verticales y laterales de erosión y sedimentación y hacer que el río gane naturalidad.			
Justificación			
La eliminación de obstáculos transversales de gran calibre como son las presas y muchos azudes favorece enormemente a la restauración de los sistemas fluviales ya que éstos pueden ser capaces de restaurarse solos hasta cierto punto una vez que se han eliminado los elementos que obstaculizan la normal circulación del agua y de los sedimentos fluviales. Por tanto, aquellas infraestructuras a las que se le acabe la concesión pueden ser demolidas con, además, menor coste económico que si fueran a ser reparadas y/o adaptadas a requisitos ambientales.			
Ubicación	Toda la cuenca		
Coste	Bajo-Medio	Viabilidad	A medio-largo plazo
			
<p>Figura 53. Ejemplo de presa demolida. Presa de Robledo de Chavela.⁵</p>			

E.1.3. Eliminación o permeabilización de vados y obstáculos

A lo largo del trabajo se ha visto que hay numerosos pasos por encima de cursos fluviales en todo el área de estudio. Estos pasos suelen ser vados y puentes de distintas tipologías y dimensiones, lo que a su vez genera impactos negativos distintos.

El principal problema que se genera por este tipo de obstáculos es que, debido al mal dimensionamiento de vados, puentes y demás y generalmente en procesos de crecida, se dificulta la evacuación del agua y hay retenciones de sedimentos y restos leñosos aguas arriba. Así mismo, puede haber una incisión del fondo del cauce que llega a alterar los procesos hidrogeomorfológicos, que también acaban alterando la morfología del cauce y los procesos de erosión y sedimentación.

De esta manera, algunas posibles soluciones a todas estas problemáticas son las siguientes. Primero, la completa eliminación de aquellos obstáculos sin uso y/o que el impacto que generan sea intolerable y

⁵ Fuente: RTVE.

dejar solamente aquellos que sean totalmente imprescindibles. Luego, con aquellos obstáculos que se mantuviesen, éstos deberían de estar bien dimensionados para que en caso de grandes avenidas, fueran éstas ordinarias o no, se facilitase la evacuación de grandes caudales de agua y sedimentos, evitando así problemas aguas arriba del obstáculo.

Tabla 6. Propuesta 3 de restauración fluvial

Propuesta	Eliminar o permeabilizar los vados y obstáculos en la cuenca del río Ésera		
Tipo	Restauración o mejora		
Objetivo			
Facilitar la circulación y evacuación de agua y de sedimentos fluviales, así como recuperar la dinámica hidrogeomorfológica natural.			
Justificación			
El mal dimensionamiento de pasos por encima de los cursos fluviales, como vados o puentes, y la presencia de diversos obstáculos en el propio cauce o en sus orillas generan alteraciones en la circulación del agua y de los sedimentos por lo que se dificulta la evacuación de los mismos. Esto también puede acabar suponiendo problemas durante eventos de crecida y que, debido a la poca capacidad de evacuación, se inunden zonas que no tendrían por qué estar en riesgo.			
Ubicación	Toda la cuenca		
Coste	Bajo-medio	Viabilidad	A corto-medio plazo
			
<p>Figura 54. Vado en Llanos del Hospital. Imagen de Google Street View</p>			

E.1.4. Desprotección de orillas y descanalizaciones

Cualquier tipo de obstáculo longitudinal elimina la movilidad fluvial así como también reducen la erosión lateral que produce el río ya que defensas como las escolleras existen para esa finalidad, reduciendo a su vez el proceso de sedimentación y generando incisiones y otras perturbaciones en el fondo del curso fluvial. Además, ya se ha mencionado que las canalizaciones o encauzamientos también tienen otras repercusiones como el aumento de la velocidad del agua durante eventos de crecida y lo que ello supone para el riesgo e inundaciones.

Lógicamente, este tipo de obstáculo suele localizarse en las áreas urbanas para así proteger las edificaciones y a las personas aunque también es normal que defensas como las escolleras se encuentren protegiendo las vías de comunicación cercanas a los cursos fluviales ya que la movilización lateral de un

río acabaría llegando a carreteras que se encuentren muy cercanas a los ríos y, por tanto, estarían en peligro de colapso.

De esta manera, en este trabajo se propone, siempre que sea posible, la eliminación de protecciones longitudinales o el retranqueo de las mismas en el caso de que las defensas se encuentren construyendo el propio cauce fluvial, como por ejemplo ocurre en una zona cercana a la localidad de Campo, donde se puede encontrar una escollera en el propio cauce.

Tabla 7. Propuesta 4 de restauración fluvial

Propuesta	Desprotección de orillas y descanalizaciones eliminando o retranqueando las defensas		
Tipo	Restauración		
Objetivo			
Restaurar la movilidad lateral y las dinámicas hidrológicas naturales de los sistemas fluviales.			
Justificación			
Las defensas antrópicas que se sitúan en los márgenes de los cursos fluviales eliminan directamente la movilidad lateral y alteran los procesos de erosión y sedimentación de las orillas y riberas. Esto, además, hace que en el fondo de los ríos se generen incisiones y otras perturbaciones del lecho. También, las canalizaciones pueden generar riesgos durante un evento de crecida tanto por el aumento de la velocidad del agua como por la imposibilidad de una fácil evacuación del caudal líquido y sólido.			
Ubicación	Áreas urbanas y cercanías.		
Coste	Medio	Viabilidad	A medio-largo plazo
 <p>Figura 55. Ejemplo de escollera junto al río Ésera en Campo. Foto por Pedro Valverde Ferrer</p>		 <p>Figura 56. Ejemplo de defensa en el río Ésera. Foto por Daniel Ballarín</p>	

E.1.5. Aportación de sedimentos y recuperación de zonas de extracción

Las extracciones de gravas y arenas pueden generar graves daños e impactos negativos en los sistemas fluviales. Por un lado se crea un déficit de sedimentos y se daña la geomorfología dando lugar a alteraciones del paisaje. También, dichas extracciones pueden acabar generando riesgos de contaminación de los acuíferos.

También hay extracciones o dragados que no tienen como finalidad la actividad minera sino que la excavación del lecho se trata como supuesta medida para así evitar las inundaciones de ciertas áreas durante un evento de crecida. Estas actuaciones no sólo no son viables pues, además del gran coste económico que supone el río va a recuperarse en mayor o menor medida en la siguiente crecida, sino que también se daña gravemente la geomorfología del cauce eliminando barras de sedimentos, la vegetación de ribera puede verse afectada y, ligado a todo esto, la fauna que habita en el ecosistema fluvial.

Es por ello que la aportación de sedimentos en ríos con déficit de los mismos va a ser algo positivo para el sistema fluvial ya que le permitirá recuperarse con mayor rapidez, siendo esto una mejora para el ecosistema. Aun así, este tipo de actuación tiene elevados costes de transporte y, además, puede haber problemas para la obtención de sedimentos adecuados para un río. Lo ideal es obtener los sedimentos del propio río en zonas donde exista retención de los mismos o en canteras situadas en terrazas fluviales elevadas. Estos sedimentos deberían de ser lavados para evitar contaminaciones y posteriormente ser distribuidos en tamaños y características acordes al tramo del río en cuestión e imitando las morfologías naturales.

Tabla 8. Propuesta 5 de restauración fluvial

Propuesta	Aportación de sedimentos para recuperar zonas de extracciones y dragados		
Tipo	Mejora		
Objetivo			
Mejorar la calidad hidrogeomorfológica de los sistemas fluviales mediante la aportación de sedimentos en tramos con déficit sedimentario.			
Justificación			
En áreas donde existan extracciones o dragados se crean impactos negativos que perjudican gravemente al sistema fluvial dañando la geomorfología, flora y fauna de un curso fluvial. Es por ello que la aportación de sedimentos en esas áreas deficitarias permite a un río recuperarse con mayor facilidad de las actuaciones antrópicas que lo han modificado. Además, la aportación de sedimentos, junto con otras actuaciones de restauración fluvial, resulta ser mucho más viable económicamente que las actuaciones continuas de dragados anuales que acaban perjudicando al sistema natural y resultan ser muy costosas.			
Ubicación	Toda la cuenca		
Coste	Medio-alto		Viabilidad
			A medio plazo
			
<p>Figura 57. Ejemplo de dragado y posterior encauzamiento del río Ésera. Foto por Alfredo Ollero⁶</p>		<p>Figura 58. Ejemplo de actuación en el Ésera. Foto por Daniel Ballarín</p>	

⁶ Fuente: <http://river-keeper.blogspot.com>

E.2. Propuestas de gestión

E.2.1. Educación ambiental

Es esencial e indispensable que exista una educación ambiental objetiva y coherente con los fines de la restauración ambiental para así sensibilizar a la población sobre los temas fluviales y su importancia en todo el conjunto del medio físico.

Actualmente es un hecho que cada vez la población se encuentra más sensible ante los temas medioambientales. Aun así, el conocimiento general fuera de estudios académicos avanzados y concretos sobre los sistemas fluviales suele resumirse en que el ciclo del agua se basa en que parte del agua de los mares y océanos se evapora y va a parar a las montañas, donde precipita y forma los ríos, los cuales a su vez llevan el agua de vuelta a los mares; y que los ríos tienen un curso alto, medio y bajo donde dominan la erosión, transporte y sedimentación, respectivamente.

Sin embargo, también es necesario un conocimiento más preciso sobre el verdadero funcionamiento de los sistemas fluviales y de la gran importancia que éstos tienen sobre el resto del medio físico, así como también para los seres humanos, como motor del funcionamiento de muchos otros sistemas.

Por ese motivo, se propone que en las Jornadas o Semanas Culturales de los pueblos de la zona, como Campo, Castejón de Sos o Benasque, se realicen talleres o cursos de educación ambiental, principalmente para niños y familias, con temáticas fluviales donde se diesen a conocer los impactos, tanto positivos como negativos, que tienen las actividades antrópicas en los sistemas fluviales y qué se debería de hacer para la conservación del medio natural.

Tabla 9. Propuesta 1 de gestión fluvial

Propuesta	Jornadas y cursos de educación ambiental sobre temas fluviales		
Tipo	Gestión		
Objetivo			
Dar a conocer las problemáticas existentes en los sistemas fluviales de la cuenca alta del río Ésera y concienciar, especialmente, a niños y familias sobre los impactos positivos y negativos que tienen las infraestructuras humanas en los ríos.			
Justificación			
Es necesario que exista un conocimiento más amplio y detallado sobre los sistemas fluviales ya que fuera de estudios avanzados y específicos la educación sobre esta temática es escasa. Además, el hecho de enfocar estos cursos de educación ambiental a familias con niños es que éstos últimos cuentan con una mayor capacidad de absorción de conocimiento y de generación de ideas que, en un futuro, pueden acabar ayudando a los elementos del medio natural.			
Ubicación	En primer lugar las localidades más pobladas como Benasque y en segundo lugar el resto de localidades si fuera posible.		
Coste	Bajo	Viabilidad	A corto plazo

E.2.2. Gestiones post-crecida razonables y respetuosas

En la mayoría de las ocasiones, tras ocurrir un evento de crecida ordinaria o extraordinaria se suelen realizar actuaciones de emergencia muy costosas que tienen como objetivo acelerar la velocidad de desagüe, reconduciendo el cauce fluvial y extrayendo sedimentos del fondo y de las márgenes del río. Esto, como ya se ha mencionado, habitualmente es contraproducente e inefectivo pues un río, en su siguiente crecida ordinaria, va a intentar dejar las cosas en su sitio.

Además, actuaciones de este tipo suelen generar daños en ocasiones irreparables en los sistemas fluviales o que tardan mucho tiempo en ser revertidas de forma natural.

Cuando se ha hablado de los territorios fluviales ya se ha mencionado que unas de las mejores cosas que se pueden hacer es dejarle al río espacio suficiente para que éste desarrolle sus procesos con libertad. Esto, llevado al momento post-crecida significaría dejar al río que actué con total libertad, inundando las áreas que sean necesarias para así laminar y disminuir la velocidad del agua.

Por supuesto, en entornos urbanizados o en las cercanías dar una libertad total a un curso fluvial es algo impensable que puede tener grandes problemas. Es por ello que en estas situaciones se necesita hacer una gestión post-crecida respetuosa con el medio natural y que siga los procedimientos de evaluación ambiental. Para este tipo de casos también es muy importante que exista una buena educación ambiental que haga entender que el medio natural y el medio humano pueden convivir juntos pero que, en caso contrario, las consecuencias pueden ser dañinas para ambos lados.

Tabla 10. Propuesta 2 de gestión fluvial

Propuesta	Gestiones post-crecida respetuosas con el medio natural		
Tipo	Gestión		
Objetivo			
Dar libertad al sistema fluvial tras una crecida lo máximo posible y realizar gestiones respetuosas que sigan los criterios ambientales.			
Justificación			
Normalmente las actuaciones que se realizan en un curso fluvial tras un evento de crecida acaban generando más problemas que beneficios y resultan en perjudicar gravemente a los ecosistemas fluviales, siendo en ocasiones daños irreversibles. Es por ello que actuaciones en las que prevalezca la libertad fluvial o la gestión respetuosa con el medio ambiente son las que mejores resultados van a acabar obteniendo, evitando o minimizando así los impactos fluviales y los daños materiales que puedan ocasionarse.			
Ubicación	Toda la cuenca		
Coste	Alto	Viabilidad	A medio-largo plazo



Figura 59. Ejemplo de actuación no respetuosa con el río en el entorno de Llanos del Hospital. Foto por Daniel Mora⁷

⁷ Fuente: <http://la-meteo-benasque.blogspot.com>

E.2.3. Reubicación de campings

A lo largo del trabajo se ha visto que existen algunos campings que se encuentran localizados a escasa distancia del río Ésera o en la propia orilla del mismo. Esto, de acuerdo a la normativa vigente que regula este tipo de instalación, el “Decreto 125/2004, de 11 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de Alojamientos Turísticos al aire libre“, contempla en el artículo 8 del ‘Capítulo III. Prohibiciones y limitaciones de ubicación y zonas de riesgo’ que no se permite la ubicación de campings en terrenos próximos a cauces de cursos de agua de todo tipo, ni en zonas cercanas a emplazamientos que presenten un riesgo inaceptable de inundaciones.

Tal y como se puede observar en las imágenes de a continuación, donde se ven las localizaciones de los campings con respecto al río Ésera, las tres instalaciones no cumplirían con el punto anteriormente citado de la normativa vigente reguladora de los campings.

Debido a esto, se propone la reubicación de dichas instalaciones a zonas aptas para ello que cumplan con toda la normativa al completo la cual no solamente refleja la cercanía a cursos fluviales sino que existen otras limitaciones ligadas a elementos como las líneas eléctricas, las sendas y caminos o la red de carreteras.



Figura 60. Situación del camping La Borda D'Arnaldet. Vista aérea de Google Maps



Figura 61. Situación de los campings Aneto e Ixeia. Vista aérea de Google Maps

Tabla 11. Propuesta 3 de gestión fluvial

Propuesta	Reubicación de campings en zonas no aptas de acuerdo a la normativa vigente		
Tipo	Gestión		
Objetivo			
Reubicar las instalaciones de alojamientos turísticos al aire libre que incumplan la normativa vigente.			
Justificación			
Tres de los campings localizados en la cuenca alta del río Ésera se encuentran ubicados en la orilla del río por lo que no solamente son un obstáculo puntual para el sistema fluvial sino que, además, se encuentran en riesgo por inundaciones al encontrarse a tan poca distancia de un curso fluvial. Así, con la reubicación se matarían dos pájaros de un tiro pues se eliminarían unos obstáculos del río, siendo una mejora para éste, y se eliminaría el riesgo por inundaciones que actualmente tienen esas instalaciones.			
Ubicación	Campings Aneto, Borda D'Arnaldet e Ixeia, los tres en el río Ésera.		
Coste	Bajo	Viabilidad	A medio plazo

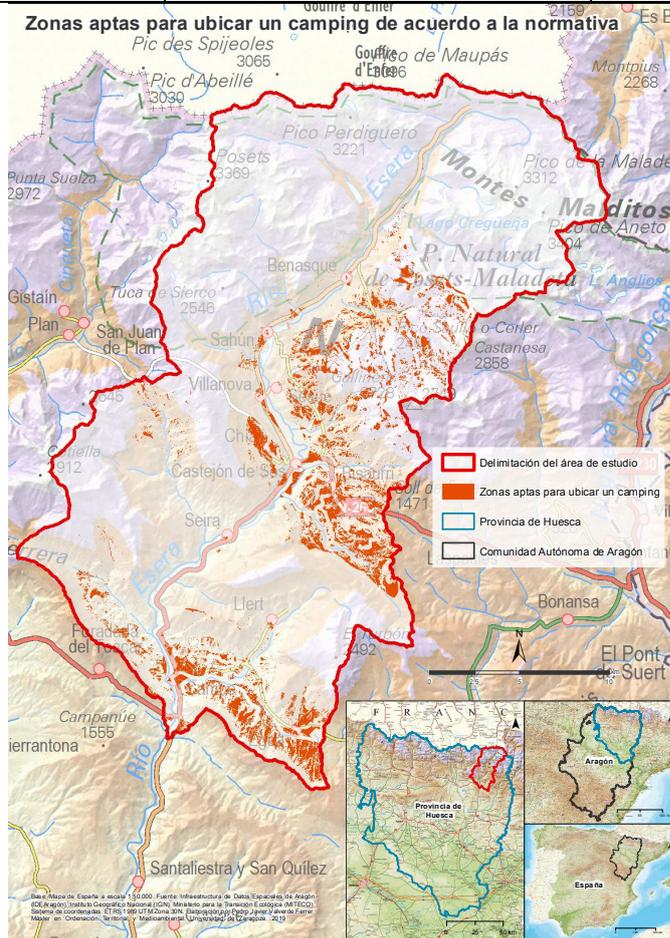


Figura 62. Mapa de las zonas aptas para ubicar un camping en el área de estudio

En el mapa adjunto se pueden observar todas las zonas aptas para la ubicación de un camping, mapa que se ha elaborado de acuerdo a la Directiva 125/2004, del Gobierno de Aragón.

Además de que se han elegido terrenos con una pendiente no superior a 15°, a continuación se enumeran algunas de las zonas no aptas contempladas en la normativa y que se han seguido para la elaboración de este mapa:

- Zona de prohibición de 5 metros a cada lado de las líneas eléctricas.
- Zona de prohibición en el DPH.
- Ubicación no permitida sobre caminos, sendas, itinerarios o vías pecuarias.
- Prohibida la ubicación en zonas cercanas a carreteras (100 metros a cada lado).
- Zona de prohibición en áreas con algún tipo de riesgo directo para las personas.

E.3. Propuestas de conservación

E.3.1. Escalas para peces

Los peces son un tipo de ser vivo especialmente vulnerable a las alteraciones hidrológicas que puede sufrir un río y cualquier cosa que obstaculiza la circulación del agua también va a obstaculizar el paso libre de la fauna piscícola.

Para evitar o minimizar el efecto de los obstáculos transversales en las poblaciones de peces hay diversos tipos de pasos o escalas, estructuras franqueables para los peces, que pueden instalarse como accesorio a una infraestructura transversal (azudes o presas). Estas escalas son diferentes según las características de los peces existentes en la zona, así como su especie, y todas pueden contar con áreas donde la corriente del agua se frene y puedan servir de descanso y refugio.

Las presas localizadas en el área de estudio de este trabajo, de acuerdo a las fichas de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE), no cuentan con este tipo de estructura para los peces. De esta manera, en este trabajo se propone la instalación de pasos o escalas para peces en todos aquellos obstáculos transversales que existen en la zona a no ser que éstos fueran a ser eliminados en cuyo caso, obviamente, no sería necesaria la presencia de escalas.

Tabla 12. Propuesta 1 de conservación fluvial

Propuesta	Instalación de escalas para peces en las presas y azudes que no se eliminen		
Tipo	Conservación		
Objetivo			
Conservar y recuperar la conectividad biológica en la cuenca alta del río Ésera.			
Justificación			
En el entorno del área de estudio y en el propio río Ésera hay tipos de peces como la trucha que, buscando zonas adecuadas para su reproducción, migran desplazándose siempre dentro de la misma cuenca fluvial. Es por ello que cualquier obstáculo en el río y especialmente aquellos que son transversales hace que las especies piscícolas vean reducida su área de distribución y poblaciones.			
Coste	Medio	Viabilidad	A medio plazo
Ubicación	Presas de Paso Nuevo, Argoné y Linsoles, así como los azudes que no se eliminasen		
Imágenes			
			
Figura 63. Ejemplo 1 de escala para peces ⁸		Figura 64. Ejemplo 2 de escala para peces ⁹ . CHE	

⁸ Fuente: www.flickr.com

⁹ Fuente: www.iagua.es

E.3.2. Recuperación de caudales funcionales y geomórficos

La presencia de obstáculos transversales como son las presas y azudes siempre genera una alteración en el régimen hidrológico natural de los sistemas fluviales, por lo que la cantidad de caudal disponible disminuye de manera significativa debido a detracciones, trasvases o derivaciones, por ejemplo.

Un caudal funcional es necesario para que, valga la redundancia, el río funcione correctamente y se permita la supervivencia de los ecosistemas fluviales y, por tanto, de los seres vivos que allí habitan. Estos caudales funcionales serían unos caudales mínimos que reproducirían las variaciones estacionales y que mejorarían el funcionamiento ecológico.

Pero la recuperación de caudales funcionales no sería suficiente para hablar realmente de recuperación o restauración fluvial sino que también se necesitarían los caudales geomórficos, que son aquellos que de manera natural van diseñando la morfología del cauce durante los eventos de crecidas ordinarias. Son, por tanto, imprescindibles para el correcto funcionamiento de los procesos hidrogeomorfológicos de un sistema fluvial y es por ello que sería conveniente que mediante una buena gestión de las infraestructuras hidráulicas se reprodujesen dichos caudales de la forma más cercana a la natural.

Tabla 13. Propuesta 2 de conservación fluvial

Propuesta	Recuperación de caudales funcionales y geomórficos		
Tipo	Conservación		
Objetivo			
Establecer unos caudales mínimos funcionales para el buen desarrollo ecológico así como reproducir unos caudales geomórficos imprescindibles para el correcto funcionamiento del sistema fluvial.			
Justificación			
Los obstáculos transversales como las presas y azudes siempre generan disminuciones en la cantidad de caudal en los cursos fluviales, por lo que la recuperación de los caudales funcionales y geomórficos mediante una buena gestión de las infraestructuras hidráulicas presentes en la zona ayudaría enormemente a mantener un buen estado ecológico e hidrogeomorfológico en el sistema fluvial, estado que posteriormente debería conservarse e incluso mejorarse.			
Ubicación	Presas de Paso Nuevo, Linsoles y Argoné.		
Coste	Bajo	Viabilidad	A corto plazo
			
<p>Figura 65. Crecida en caudal geomórfico en el congosto de las Devotas (río Cinca). Foto por Alfredo Ollero¹⁰.</p>			

¹⁰ Fuente: Ollero, 2015

E.4. Seguimiento

Por último, aunque no menos importante, para garantizar la consecución de los objetivos de las actuaciones que se hicieran, es indispensable que exista un buen seguimiento de las mismas, el cual debería de ser llevado a cabo por equipos de gente experta en distintas temáticas.

El seguimiento es lo que normalmente en cualquier tipo de actuación o Plan Estratégico ya está valorado su realización y publicación pero, al menos esto último, es algo que no se acaba haciendo por un motivo u otro.

Así, debe de garantizarse ese seguimiento, que debería basarse en el monitoreo periódico de las actuaciones mediante diferentes indicadores. Además, también ha de garantizarse que los resultados de los seguimientos periódicos sean publicados para que la población interesada pueda informarse correctamente de las actuaciones realizadas.

E.5. Prioridades según el coste-viabilidad

Al margen de esto último, en las fichas de las propuestas elaboradas en este trabajo se ha querido estimar grosso modo el coste y la viabilidad de las actuaciones planteadas para así determinar cuáles tendrían preferencia por encima de las otras respecto a la celeridad de las mismas. Así, en la tabla de a continuación se han ordenado las actuaciones planteadas en función del coste y de su viabilidad estimadas.

Tabla 14. Tabla resumen de las actuaciones planteadas y su prioridad respecto al coste-viabilidad

Prioridad	Actuación planteada	Coste	Viabilidad
1º	Jornadas y cursos de educación ambiental	Bajo	Corto plazo
2º	Recuperación de caudales funcionales y geomórficos	Bajo	Corto plazo
3º	Reubicación de campings	Bajo	Medio plazo
4º	Eliminar o permeabilizar vados y obstáculos	Bajo-medio	Corto-medio plazo
5º	Demolición de presas y azudes	Bajo-medio	Medio-largo plazo
6º	Instalación de escalas para peces	Medio	Medio plazo
7º	Desprotección de orillas y descanalizaciones	Medio	Medio-largo plazo
8º	Aportación de sedimentos para recuperar zonas de extracciones y dragados	Medio-alto	Medio plazo
9º	Gestiones post-crecida respetuosas	Alto	Medio-largo plazo
10º	Devolución de espacio al río mediante la delimitación de Territorios Fluviales	Alto	Largo plazo

Por tanto, las propuestas que según sus costes y viabilidad estimados tendrían preferencia sobre las demás son las de establecer unos cursos de educación ambiental sobre prácticas fluviales y la recuperación de caudales funcionales y geomórficos. Estas actuaciones se plantean de bajo coste y con la posibilidad de que se ejecuten a corto plazo. De acuerdo al criterio seguido para establecer estas prioridades, la devolución de espacio al río está en último lugar debido a los elevados costes que supondrían tener que contratar a varios grupos de expertos que analizaran detalladamente los sistemas fluviales de todo el área de estudio para finalmente establecer unas delimitaciones de Territorios Fluviales acordes a cada uno de los tramos de la cuenca.

Por supuesto, si el criterio escogido para establecer estas prioridades fuese la mejora sustancial de los sistemas fluviales, esta última propuesta estaría en primer lugar ya que es, casi sin ninguna duda, la actuación que más beneficiaría a los cursos fluviales. Sin embargo, dado que no es habitual que las administraciones competentes prioricen la mejora ambiental antes que la viabilidad económica y temporal de una actuación, la tabla anterior se ha realizado finalmente de esa manera.

F. CONCLUSIONES

En primer lugar, se puede decir que se ha cumplido con todos los objetivos propuestos al inicio de este trabajo tras la elaboración final de unas propuestas de buenas prácticas fluviales. De esta manera, se puede comprobar que las problemáticas de, al menos, la cuenca del río Ésera y los impactos fluviales existentes en el área de estudio tienen soluciones o alternativas válidas que acabarían por suponer una mejora sustancial de la calidad hidrogeomorfológica y ecológica de los sistemas fluviales.

Obviamente, dado que el área de estudio es muy extensa y no se han realizado tareas de trabajo en campo, las propuestas elaboradas pueden no ser las únicas para una posible restauración fluvial. Por ello mismo, para futuros trabajos en la misma zona de estudio se deberían de realizar numerosos trabajos en campo para análisis aún más detallados y, por supuesto, el seguimiento de las posibles actuaciones a realizar. Para esto podría ser aconsejable la formación de un equipo de expertos en distintas temáticas que pudiesen formular una serie de propuestas y estudios válidos para una futura mejora y/o restauración fluvial.

Respecto a la prioridad establecida según el coste-viabilidad para las propuestas comentadas que se ha resumido en la tabla vista en el apartado anterior, como ya se ha mencionado se ha pretendido ponerse en el lugar de las administraciones, las cuales suelen priorizar el rendimiento económico sobre otros tipos de factores. Obviamente no siempre es así y, de priorizar la restauración medioambiental ante el rendimiento económico la devolución de espacio al río mediante la delimitación de Territorios Fluviales sería la actuación prioritaria. De todas formas, algo positivo a mencionar es que, de seguir el orden de la tabla, con actuaciones como la demolición de obstáculos transversales y la eliminación de defensas laterales ya se estaría dando mayor libertad al río poco a poco.

Para finalizar estas conclusiones, no se puede dejar de comentar la escasez de trabajos previos en la zona, así como la supuesta pasividad por las administraciones competentes para la creación de estudios avanzados y la delimitación de figuras de protección oficiales como el Dominio Público Hidráulico (DPH) que en el área de estudio sólo se encuentra delimitado en el entorno cercano de Benasque.

La delimitación de figuras como el DPH o de las láminas de inundación de distintos periodos de crecida es algo de suma importancia, especialmente en entornos pirenaicos y donde habitualmente hay problemas de inundaciones, tanto para el estudio correcto de la zona como para minimizar e incluso evitar riesgos mayores con posibles daños materiales y personales mediante una buena ordenación territorial.

G. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

Documentación consultada:

- CHE, (1996). *Diagnóstico y Gestión Ambiental de Embalses*. Comisaría de aguas.
- Ballarín, D., Rodríguez, I. (2013). *Hidromorfología fluvial. Algunos apuntes aplicados a la restauración fluvial en la cuenca del Duero*. Confederación Hidrográfica del Duero, Valladolid.
- Brufao, P. (2001). Demolición de presas: una herramienta para la restauración integral de los ríos. *Quercus*, nº 185.
- Durán, C. (Coord.) (2011). *Aplicación del índice RHS (River Habitat Survey) a la cuenca del Ebro*. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- España. Decreto 125 /2004, de 11 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Reglamento de Alojamientos turísticos al aire libre. Boletín Oficial de Aragón, 11 de mayo de 2004, núm. 61.
- España. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado, 24 de julio de 2001, núm. 176.
- Hart, D. D. (2002). A special section on dam removal and river restoration. *Bioscience*. Vol. 52, (8), 653-655.
- Ollero, A. (2015). *Guía metodológica sobre buenas prácticas en restauración fluvial*. Universidad de Zaragoza.
- Ollero, A., Ballarín, D., Díaz Bea, E., Mora, D., Sánchez Fabre, M., Acín, V., Echeverría, M.T., Granado, D., Ibisate, A., Sánchez Gil, L., Sánchez Gil, N. (2007): Un índice hidrogeomorfológico (IHG) para la evaluación del estado ecológico de sistemas fluviales. *Geographicalia*, 52: 113-141.
- Ollero, A., Ballarín, D., Mora, D. (2009). *Aplicación del índice hidrogeomorfológico IHG en la cuenca del Ebro. Guía metodológica*. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Dawson, F.H., Fox, P.J.A., Everard, M., Fozzard, I.R. y Rouen, K.J. (1998). *River Habitat Quality – the physical character of rivers and streams in the UK and the Isle of Man*. Environment Agency, Bristol.
- Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Dawson, P.J.A. y Everard, M. (1998). *Quality assessment using River Habitat Survey data*. Aquatic conservation: Marine and freshwater ecosystems, 8.
- Sabater, S., Bregoli, F., Acuña, V., Barceló, D., Elosegi, A., Ginebreda, A., Marcé, R., Muñoz, I., Sabater-Liesa, L., Ferreira, V. (2018). Effects of human-driven water stress on river ecosystems: a metaanalysis. *Scientific Reports*, 8 (11462).
- Soar, P., Thorne, C. (2001). *Channel restoration design for meandering rivers*. Engineer Research and Development Center. 454.

Sitios web consultados:

- Confederación Hidrográfica del Ebro. [online] Disponible en: <http://www.chebro.es/>
- Cuaderno de Cultura Científica. [online] Disponible en: <https://culturacientifica.com/>
- Cuidando ríos. Blog. [online] Disponible en: <http://river-keeper.blogspot.com/>
- Datos meteo de Benasque. Blog Meteobenás. [online] Disponible en: <http://la-meteo-benasque.blogspot.com/>
- Infraestructura de Datos espaciales de Aragón. [online] Disponible en: <https://idearagon.aragon.es>
- Instituto Geográfico Nacional. Centro de descargas. [online] Disponible en: <http://centrodedescargas.cnig.es/>
- Heraldo de Aragón. [online] Disponible en: <https://www.heraldo.es/>
- Ministerio para la Transición Ecológica. [online]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/>
- Radiotelevisión Española (RTVE). [online] Disponible en: <https://www.rtve.es/>

ANEXO 1. Índice de figuras

Figura 1. Mapa del área de estudio.....	6
Figura 2. Mapa de las subcuencas y delimitaciones en el área de estudio.....	8
Figura 3. Esquema metodológico seguido en el proyecto.....	10
Figura 4. Comparación entre el DPH cartográfico actual y el propuesto.....	11
Figura 5. Mapa de la distribución de pasos sobre cursos fluviales.....	12
Figura 6. Mapa de la distribución de obstáculos transversales en cursos fluviales.....	12
Figura 7. Mapa de la distribución de torres eléctricas dentro del DPH.....	13
Figura 8. Mapa de las áreas de las entidades de población dentro del DPH.....	13
Figura 9. Mapa de los tramos de carretera dentro del DPH.....	14
Figura 10. Mapa de las masas de agua con y sin punto de muestreo.....	16
Figura 11. Comparación entre los índices IHG, HMS y HQA.....	17
Figura 12. Escollera aguas arriba de Campo. Vista aérea de Google Maps.....	18
Figura 13. Mapa de los obstáculos fluviales en el tramo Campo-Castejón de Sos.....	19
Figura 14. Aplicación del IHG en el tramo Campo-Castejón de Sos.....	20
Figura 15. Camping 'La Borda d'Arnaldet'. Vista aérea de Google Maps.....	21
Figura 16. Mapa de los obstáculos fluviales en el tramo Castejón de Sos-Benasque.....	22
Figura 17. Aplicación del IHG en el tramo Castejón de Sos-Benasque.....	23
Figura 18. Mapa de los obstáculos fluviales en el tramo Benasque-cabecera.....	24
Figura 19. Defensas laterales aguas arriba de Benasque. Vista aérea de Google Maps.....	24
Figura 20. Camping 'Aneto' y defensa lateral. Vista aérea de Google Maps.....	25
Figura 21. Aplicación del IHG en el tramo Benasque-cabecera.....	25
Figura 22. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de las Aigüelas.....	26
Figura 23. Salto hidráulico de Argoné. Vista aérea de Google Maps.....	27
Figura 24. Aplicación del IHG en el barranco de las Aigüelas.....	27
Figura 25. Mapa de los obstáculos fluviales en la cuenca del Rialbo.....	28
Figura 26. Zona de extracción de áridos en la orilla del río. Vista aérea de Google Maps.....	29
Figura 27. Ejemplo de vado y de azud en el barranco de la Espluga. Vista aérea de Google Maps.....	29
Figura 28. Aplicación del IHG en la cuenca del Rialbo.....	30
Figura 29. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Gabás.....	31
Figura 30. Aplicación del IHG en el barranco de Gabás.....	31
Figura 31. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Barbaruens.....	32
Figura 32. Ejemplos de obstáculos fluviales en el barranco de Barbaruens. Vista aérea de Google Maps.....	33
Figura 33. Aplicación del IHG en el barranco de Barbaruens.....	33
Figura 34. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Urmella.....	34
Figura 35. Aplicación del IHG en el barranco de Urmella.....	35
Figura 36. Aplicación del IHG en el barranco de Liri.....	35
Figura 37. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Liri.....	36
Figura 38. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco de Surri.....	37
Figura 39. Aplicación del IHG en el barranco de Surri.....	37
Figura 40. Mapa de los obstáculos fluviales en el barranco Remáscaro.....	38
Figura 41. Diques aguas abajo de Cerler. Vista aérea de Google Maps.....	39
Figura 42. Encauzamientos en el Ampriu. Vista aérea de Google Maps.....	39
Figura 43. Aplicación del IHG en el barranco Remáscaro.....	40
Figura 44. Mapa de los obstáculos fluviales en la cuenca de Eriste.....	41
Figura 45. Aplicación del IHG en la cuenca de Eriste.....	41
Figura 46. Mapa de los obstáculos fluviales en el valle de Estós.....	42
Figura 47. Aplicación del IHG en el valle de Estós.....	43
Figura 48. Mapa de los obstáculos fluviales en el valle del Vallibierna.....	44
Figura 49. Aplicación del IHG en el valle del Vallibierna.....	44

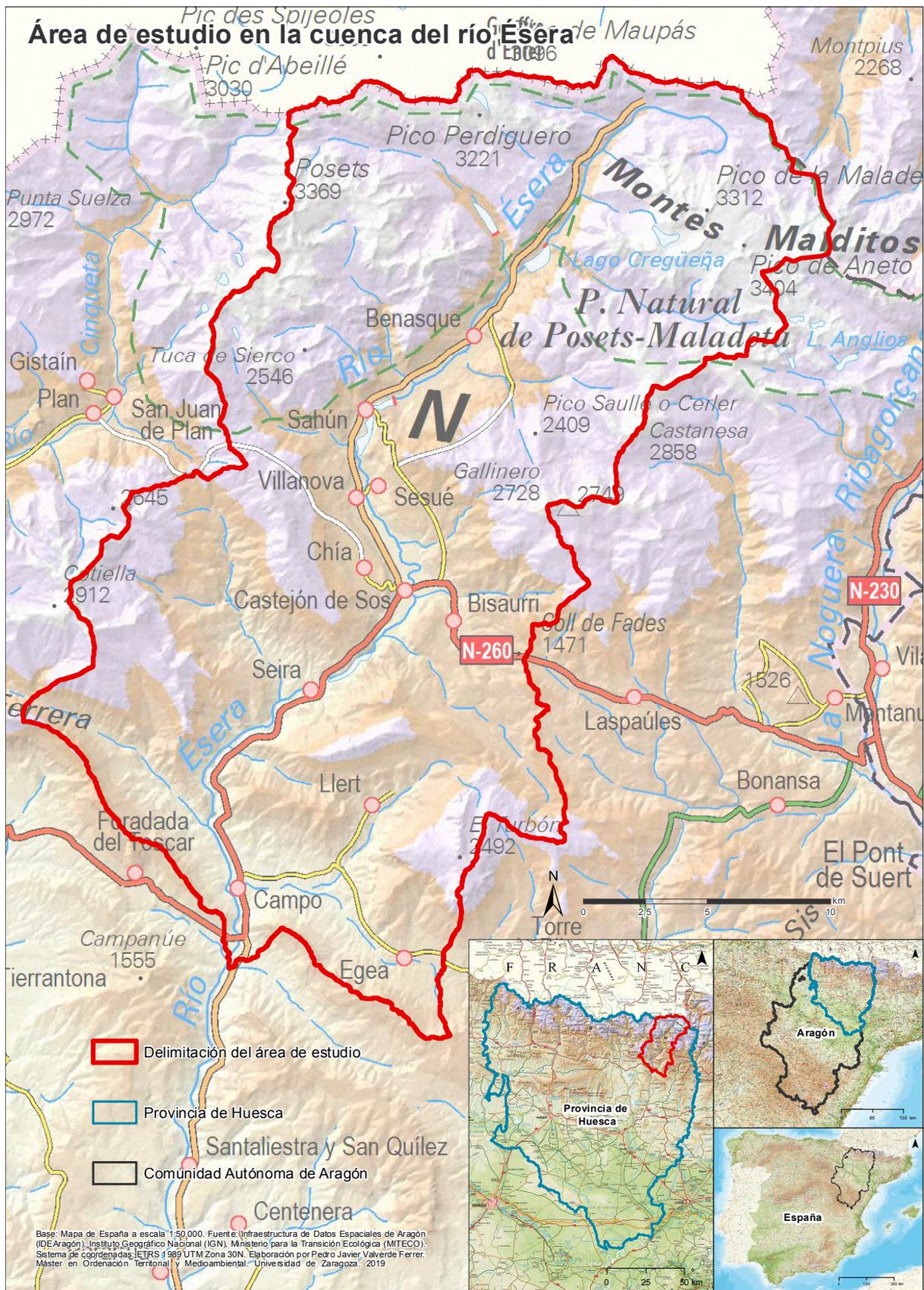
Figura 50. Mapa de la comparación entre las aplicaciones previas del IHG y la actual en el área de estudio	46
Figura 51. Proceso de delimitación de un Territorio Fluvial. Esquemas de Alfredo Ollero	49
Figura 52. Ejemplo de Territorio Fluvial aguas arriba de Linsoles	50
Figura 53. Ejemplo de presa demolida. Presa de Robledo de Chavela.	52
Figura 54. Vado en Llanos del Hospital. Imagen de Google Street View	53
Figura 55. Ejemplo de escollera junto al río Ésera en Campo. Foto por Pedro Valverde Ferrer.....	54
Figura 56. Ejemplo de dragado y posterior encauzamiento del río Ésera. Foto por Alfredo Ollero.....	55
Figura 57. Ejemplo de actuación en el Arba de Luesia. Foto por Alfredo Ollero	55
Figura 58. Ejemplo de actuación no respetuosa con el río en el entorno de Llanos del Hospital. Foto por Daniel Mora	57
Figura 59. Situación del camping La Borda D'Arnaldet. Vista aérea de Google Maps	58
Figura 60. Situación de los campings Aneto e Ixeia. Vista aérea de Google Maps	58
Figura 61. Mapa de las zonas aptas para ubicar un camping en el área de estudio	59
Figura 62. Ejemplo 1 de escala para peces.....	60
Figura 63. Ejemplo 2 de escala para peces. CHE.....	60
Figura 64. Crecida en caudal geomórfico en el congosto de las Devotas (río Cinca). Foto por Alfredo Ollero.	62

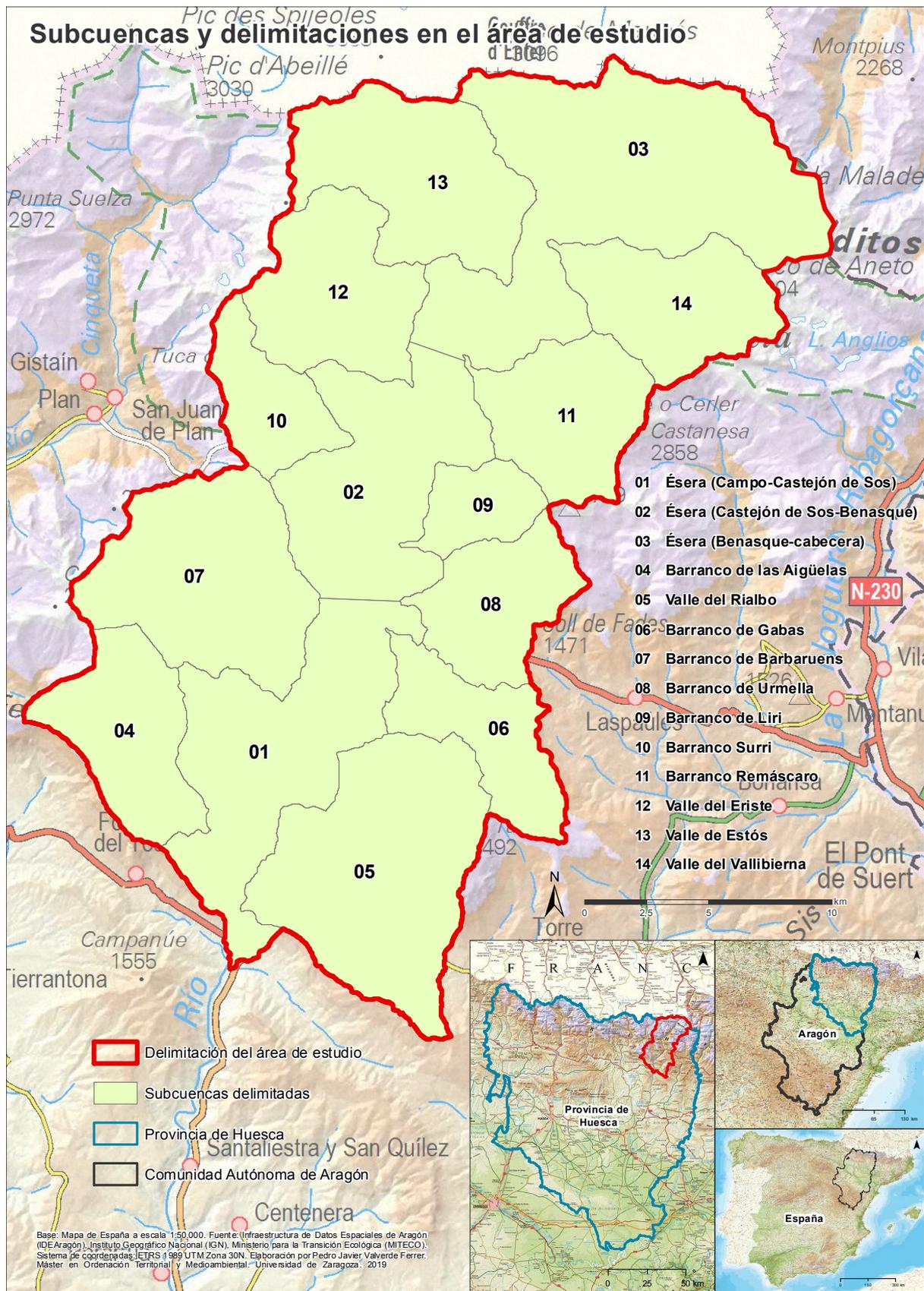
ANEXO 2. Índice de tablas

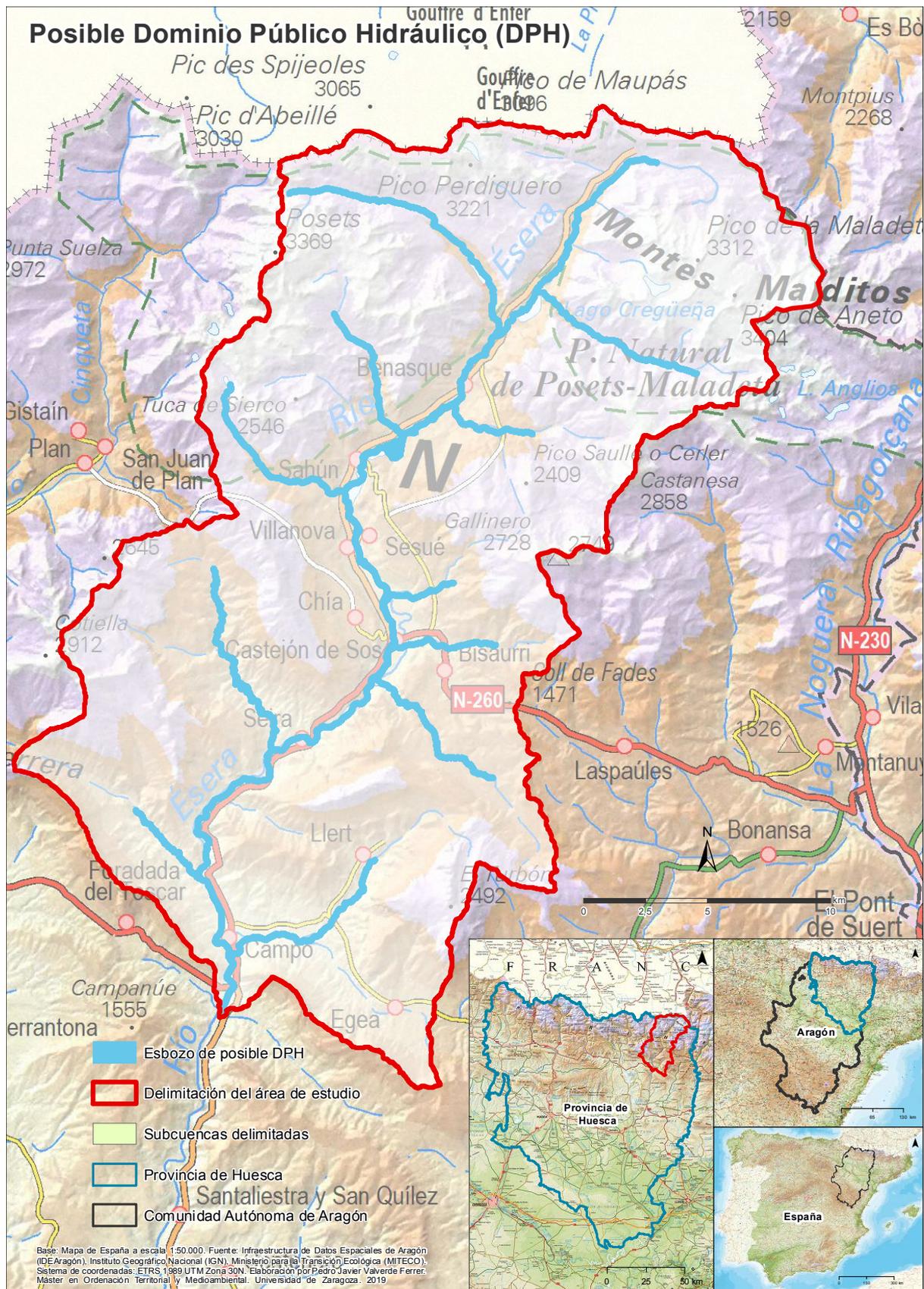
Tabla 1. Relación puntuación-calidad del IHG.....	15
Tabla 2. Relación puntuación-estado del hábitat. Índice HMS	16
Tabla 3. Evaluación del IHG en cada zona del área de estudio	45
Tabla 4. Propuesta 1 de restauración fluvial.....	50
Tabla 5. Propuesta 2 de restauración fluvial.....	52
Tabla 6. Propuesta 3 de restauración fluvial.....	53
Tabla 7. Propuesta 4 de restauración fluvial.....	54
Tabla 8. Propuesta 5 de restauración fluvial.....	55
Tabla 9. Propuesta 1 de gestión fluvial.....	56
Tabla 10. Propuesta 2 de gestión fluvial.....	57
Tabla 11. Propuesta 3 de gestión fluvial.....	59
Tabla 12. Propuesta 1 de conservación fluvial.....	60
Tabla 13. Propuesta 2 de conservación fluvial.....	62
Tabla 14. Tabla resumen de las actuaciones planteadas y su prioridad respecto al coste-viabilidad	¡Error!

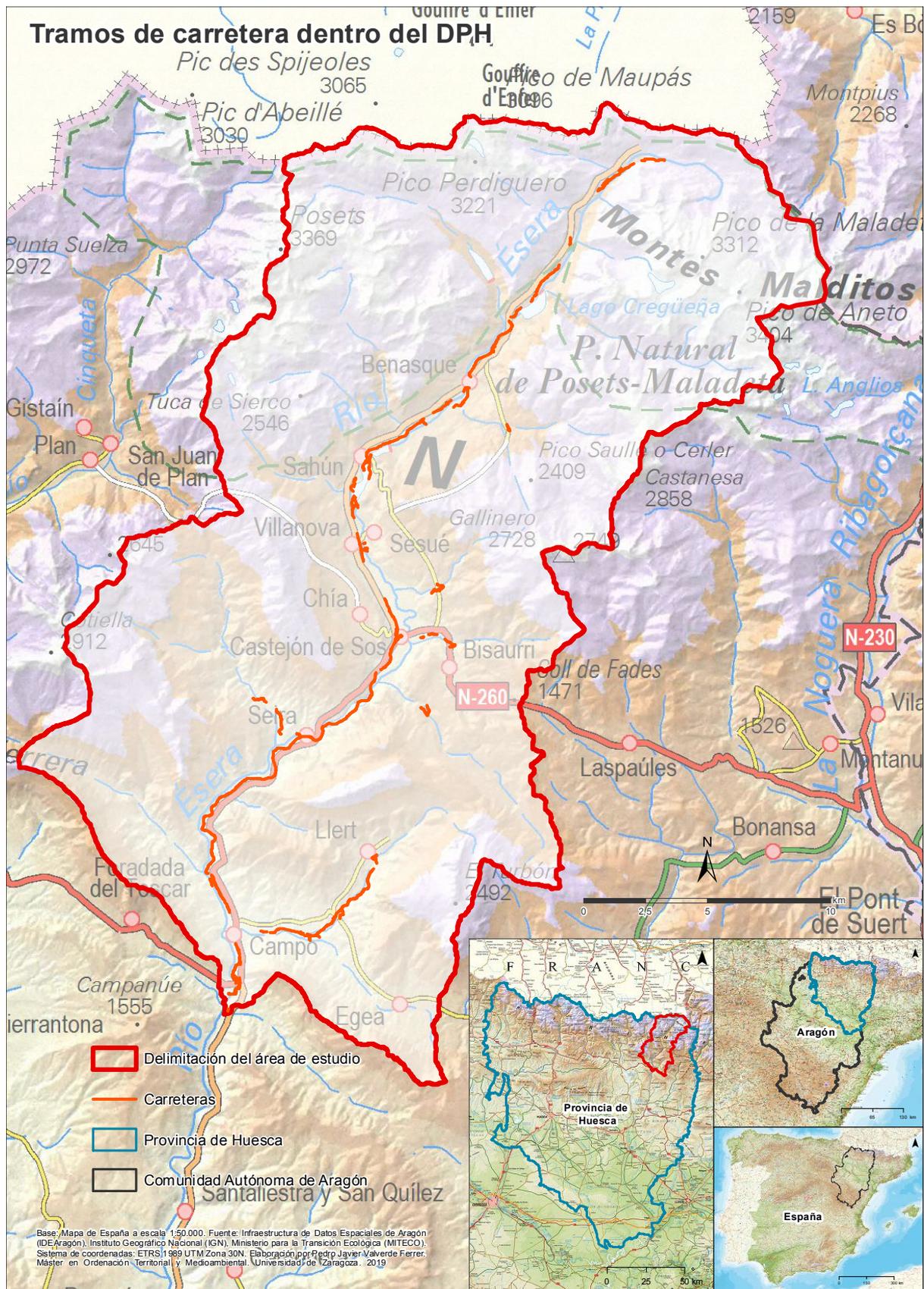
Marcador no definido.

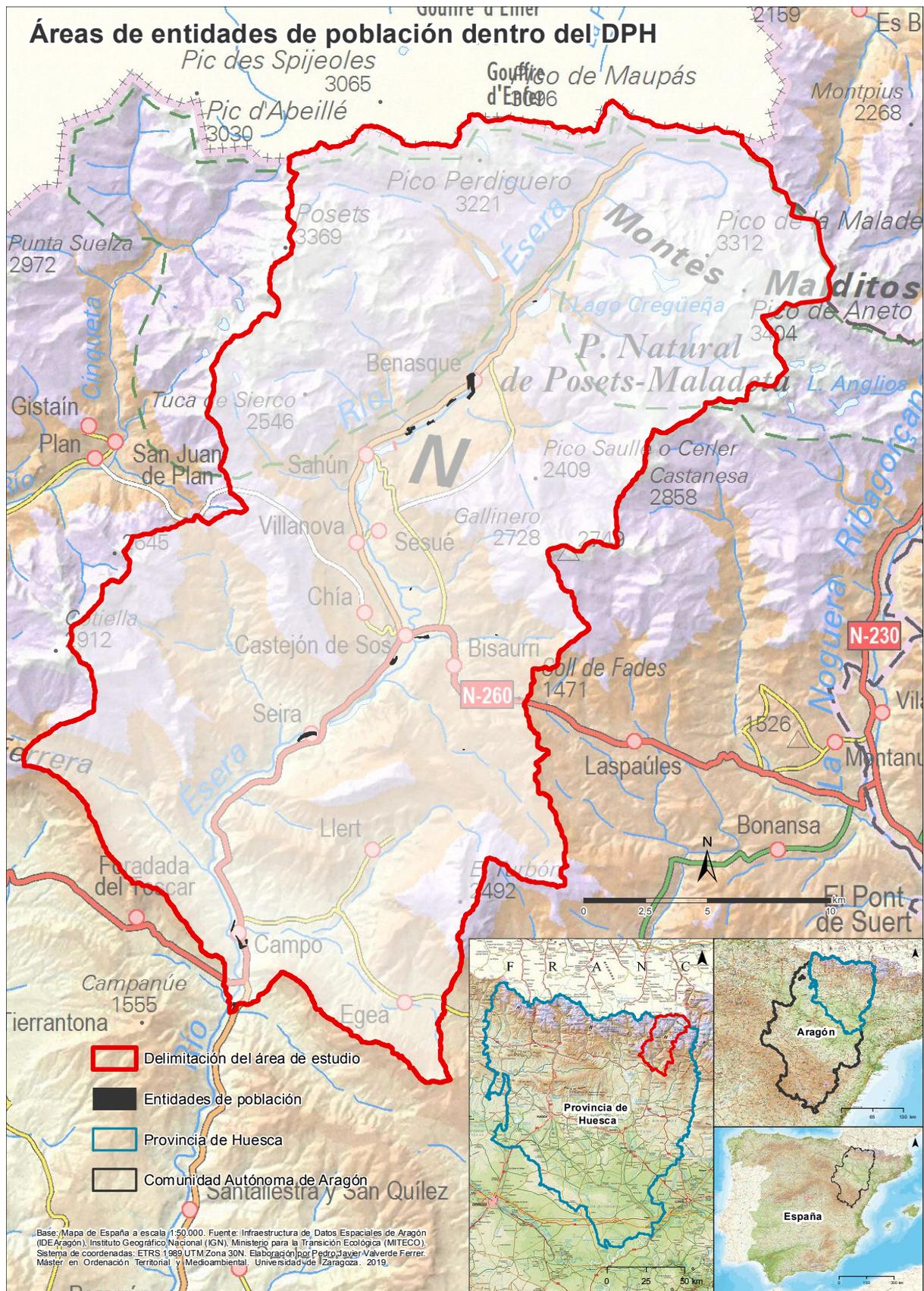
ANEXO 3. Cartografía realizada

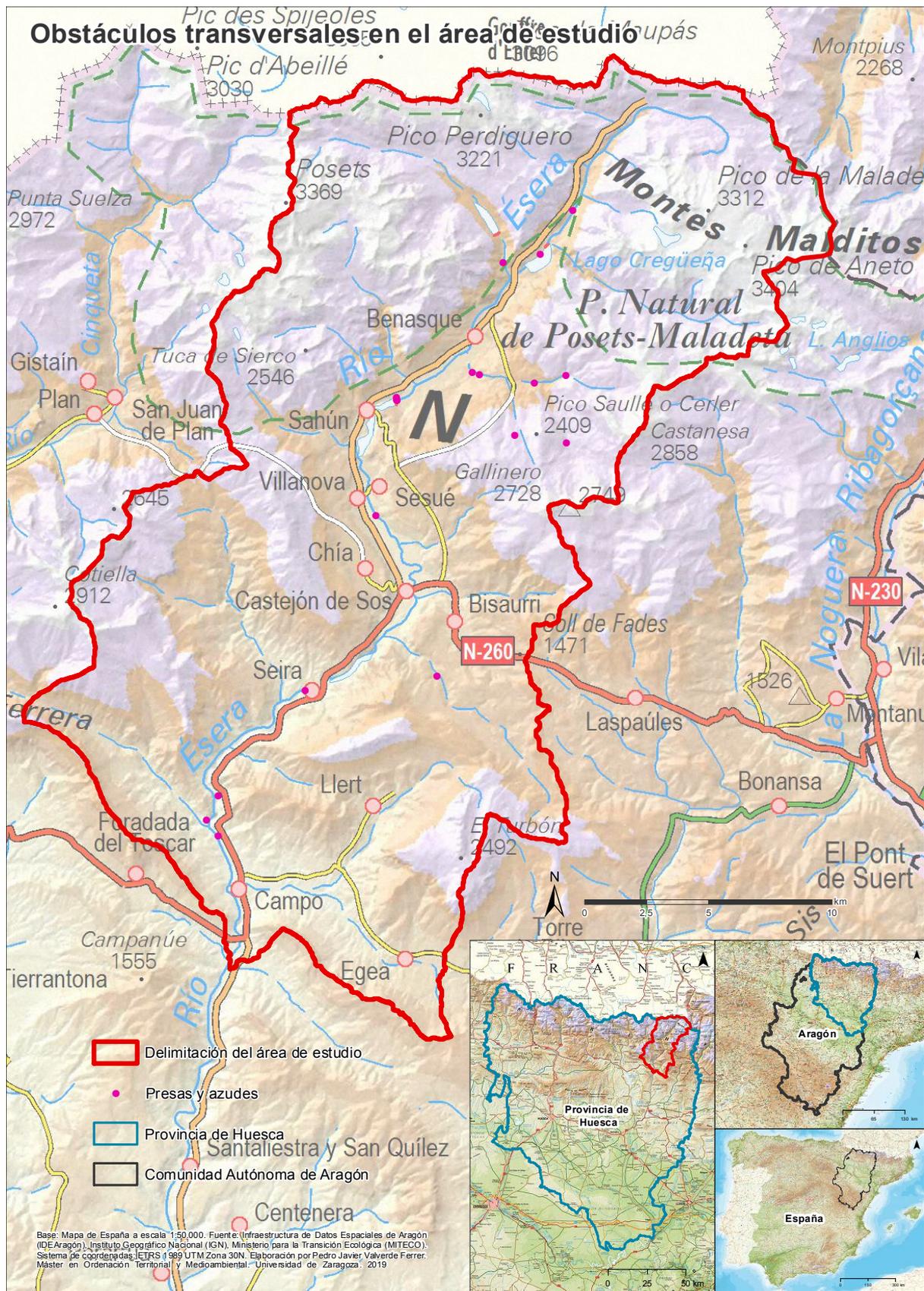


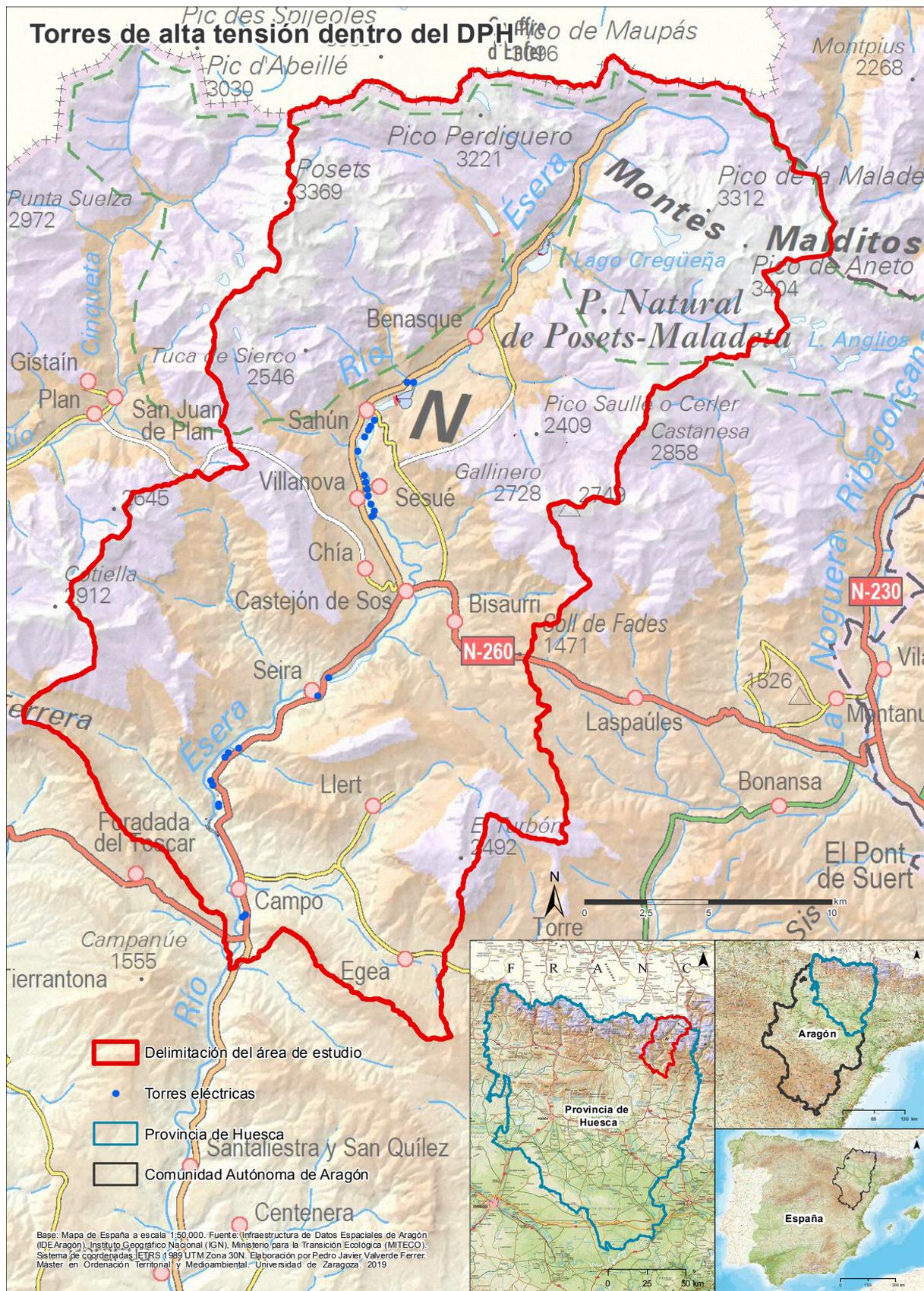


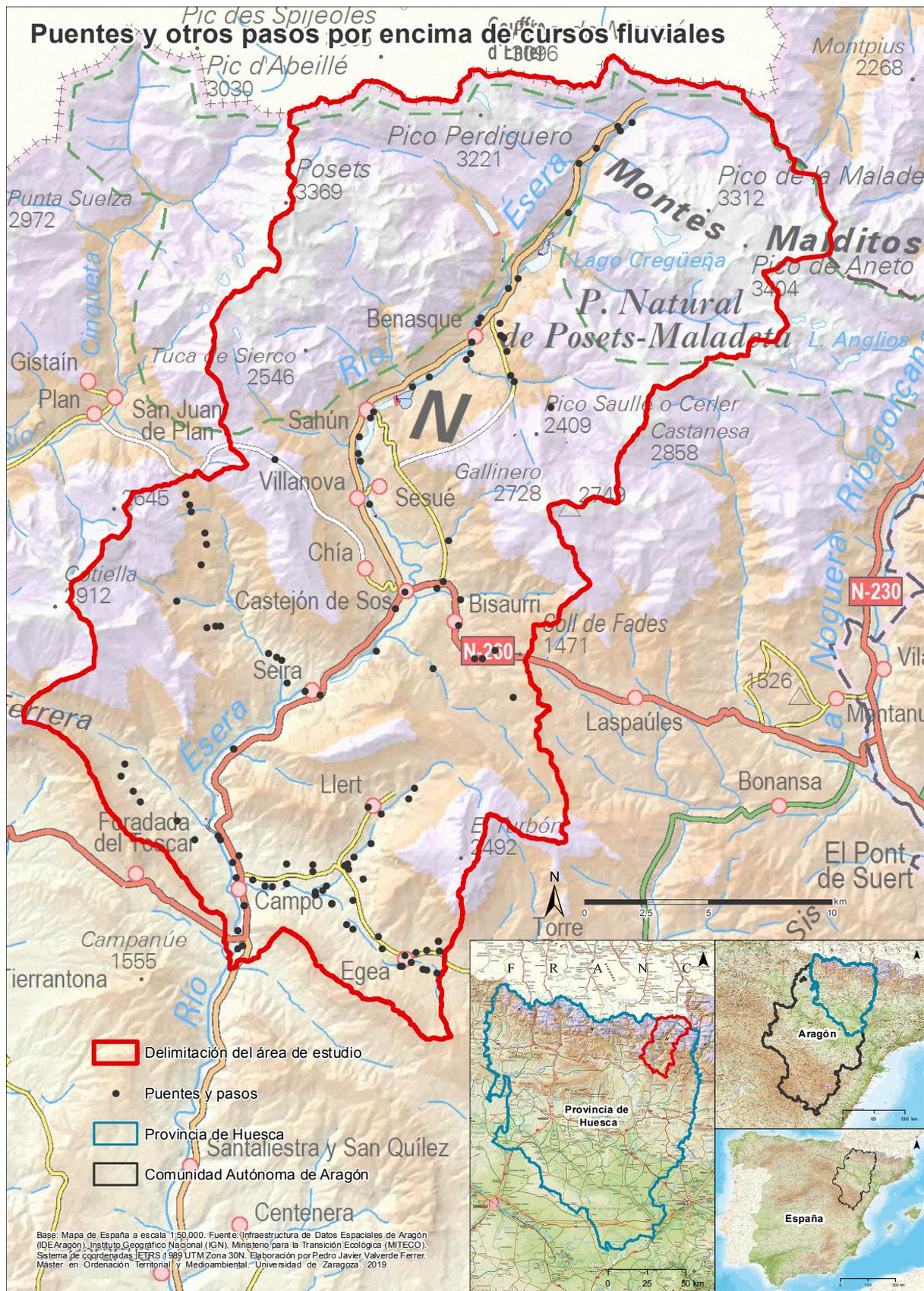


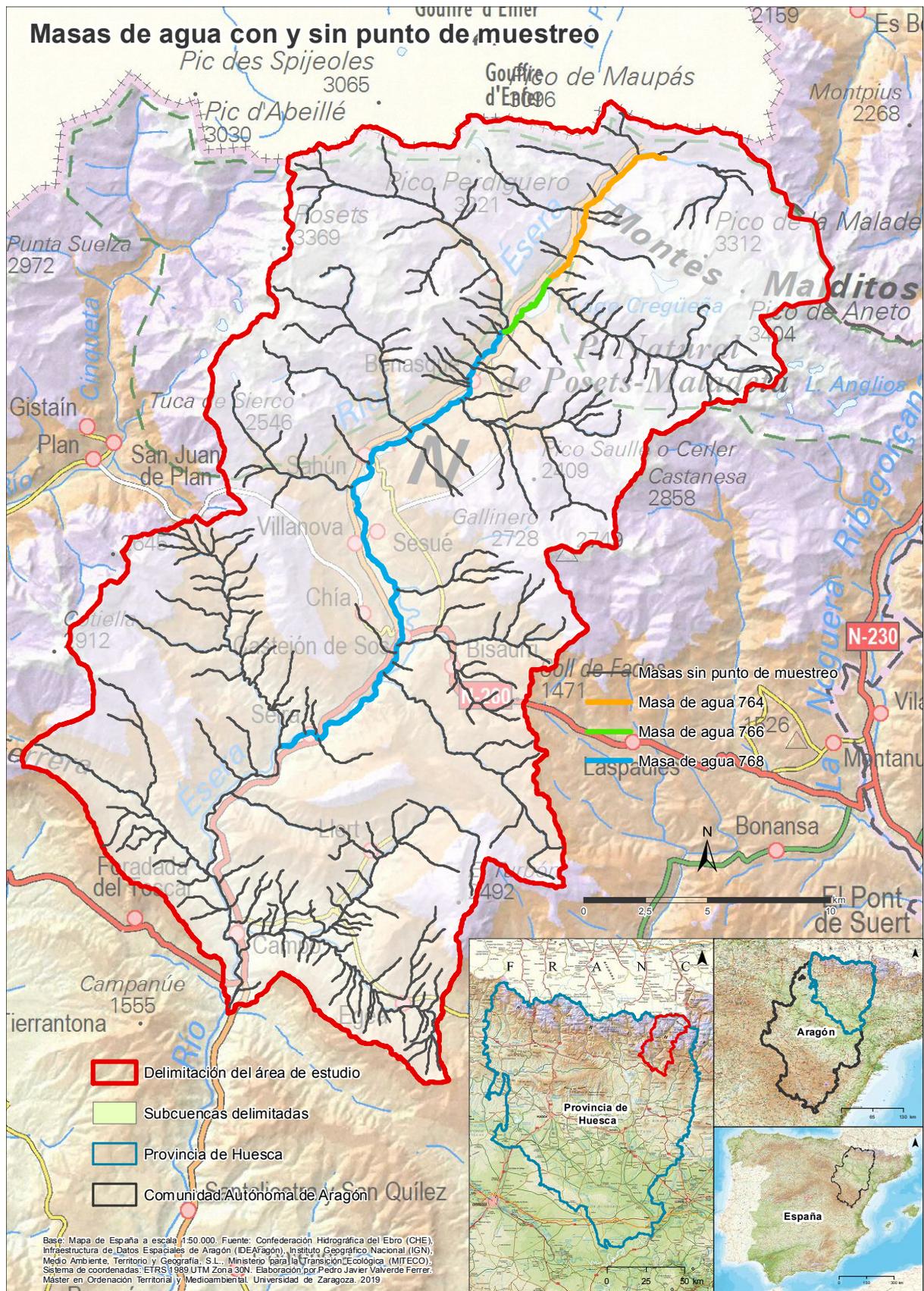




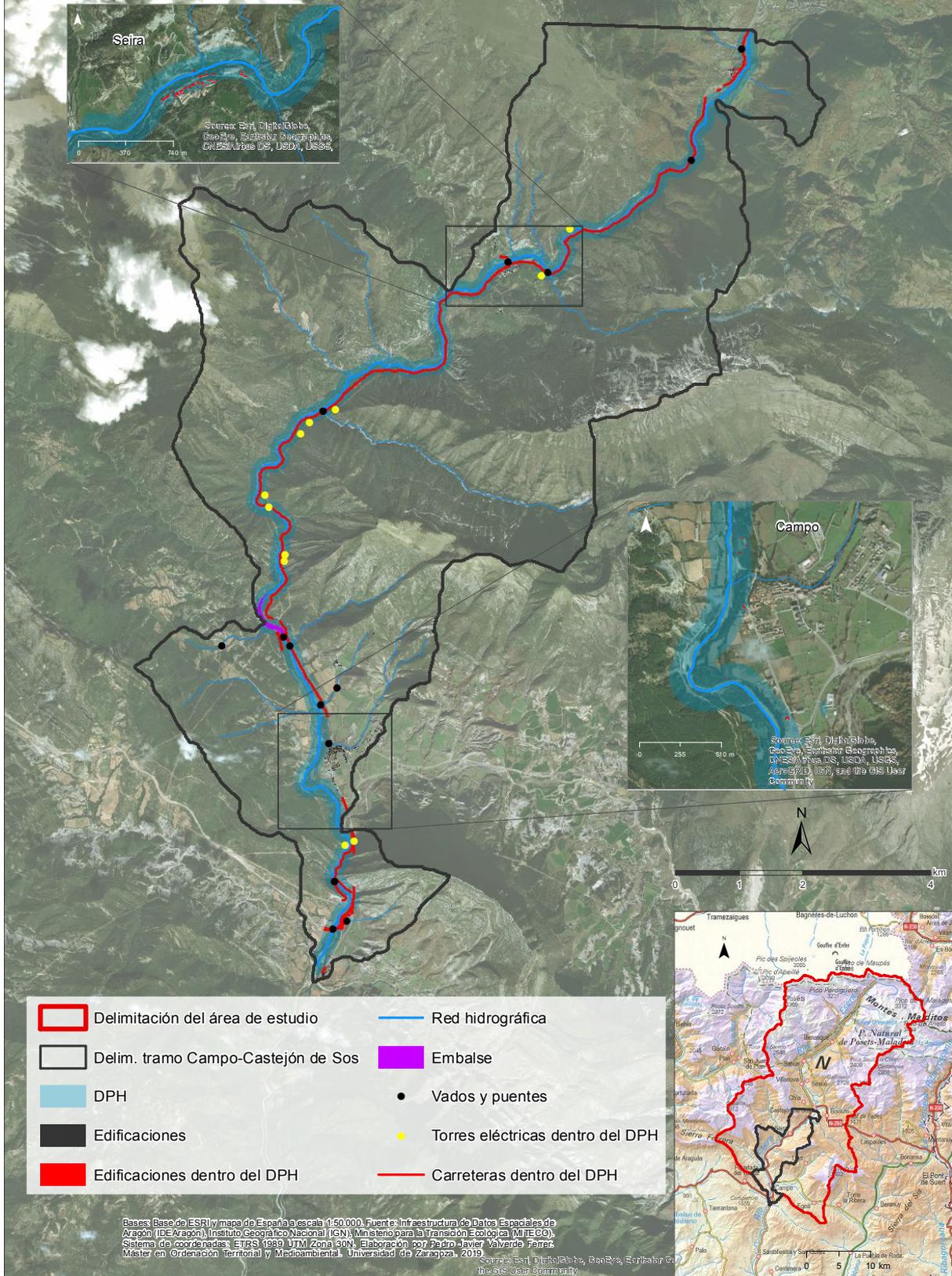




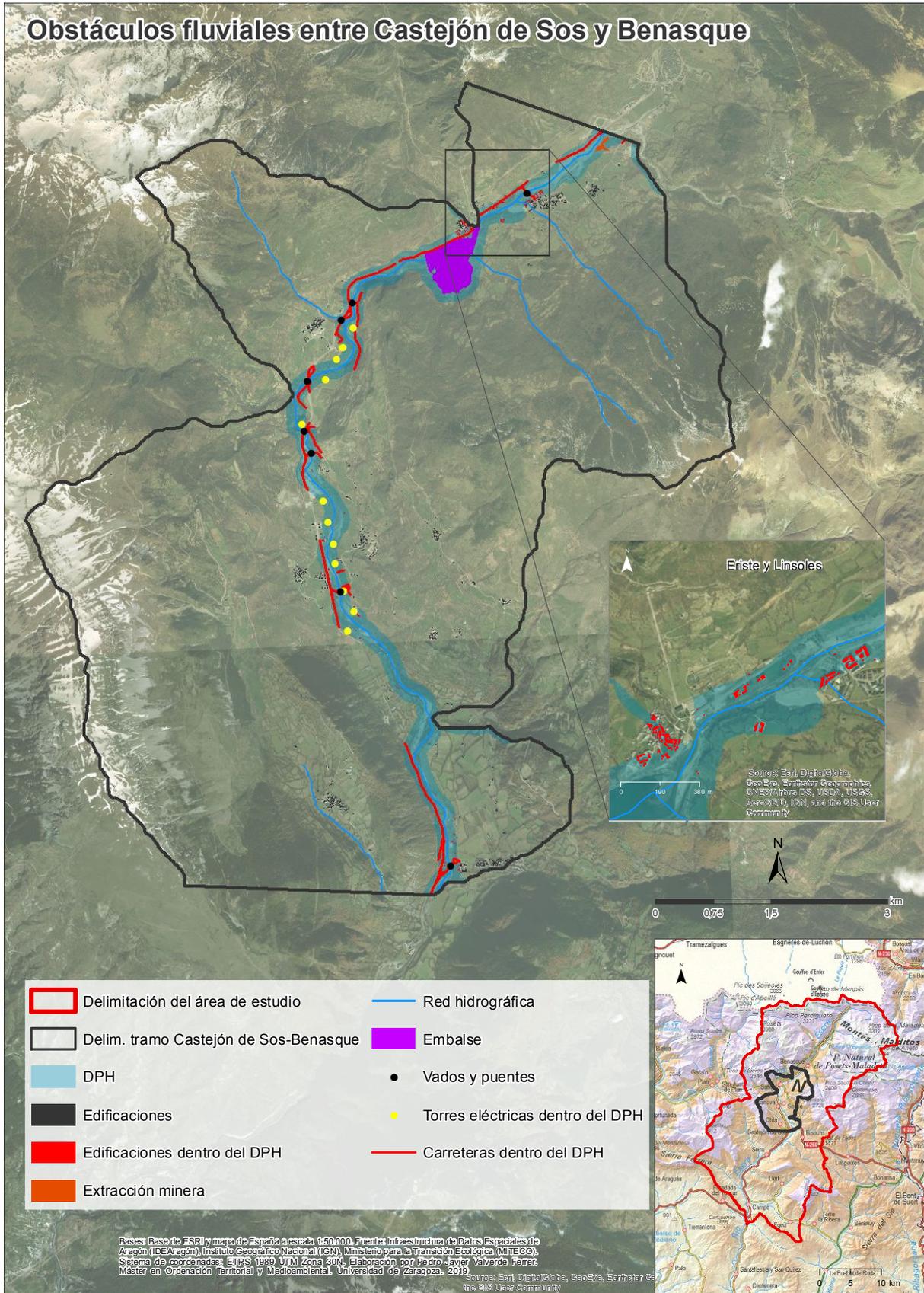




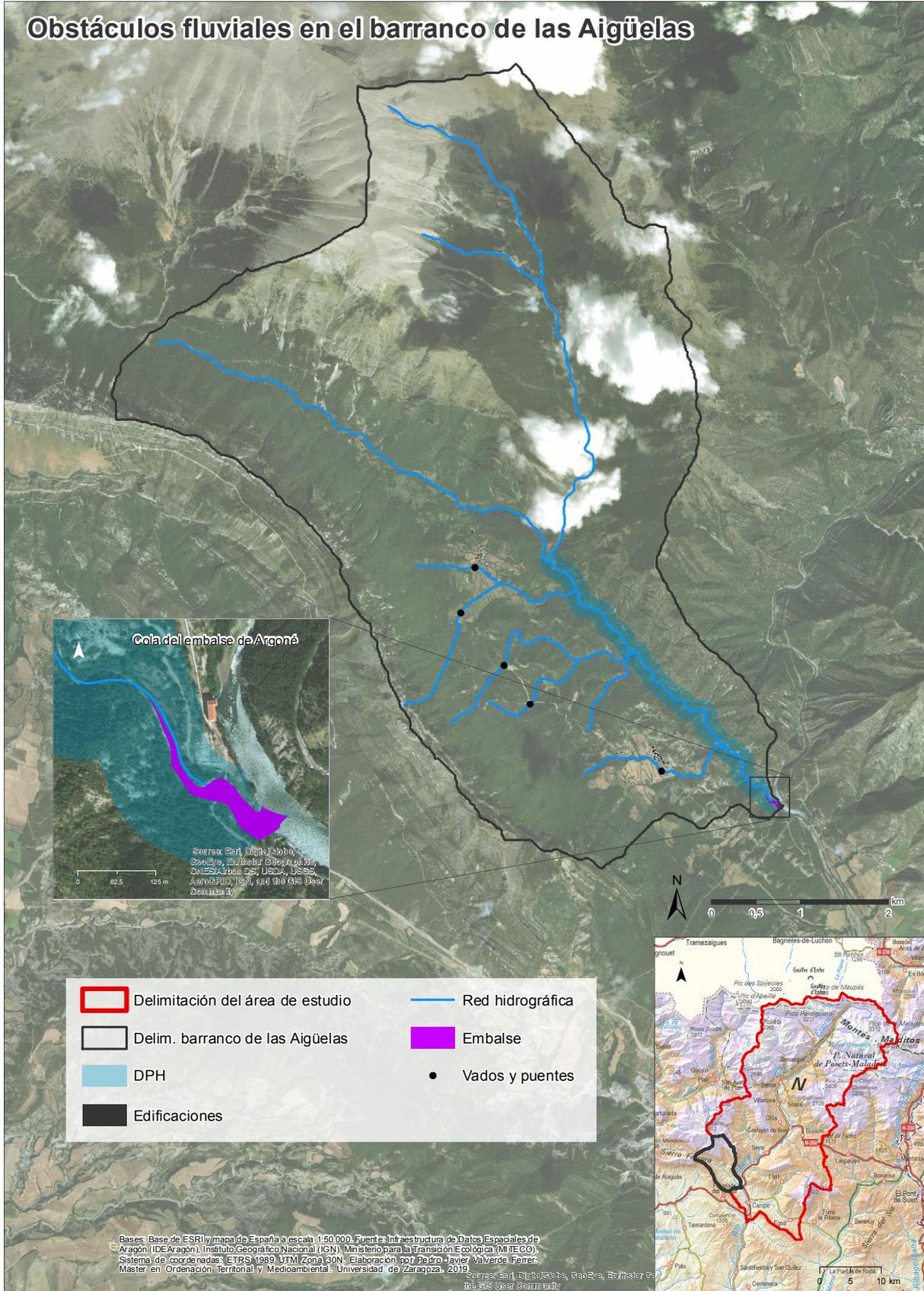
Obstáculos fluviales entre Campo y Castejón de Sos



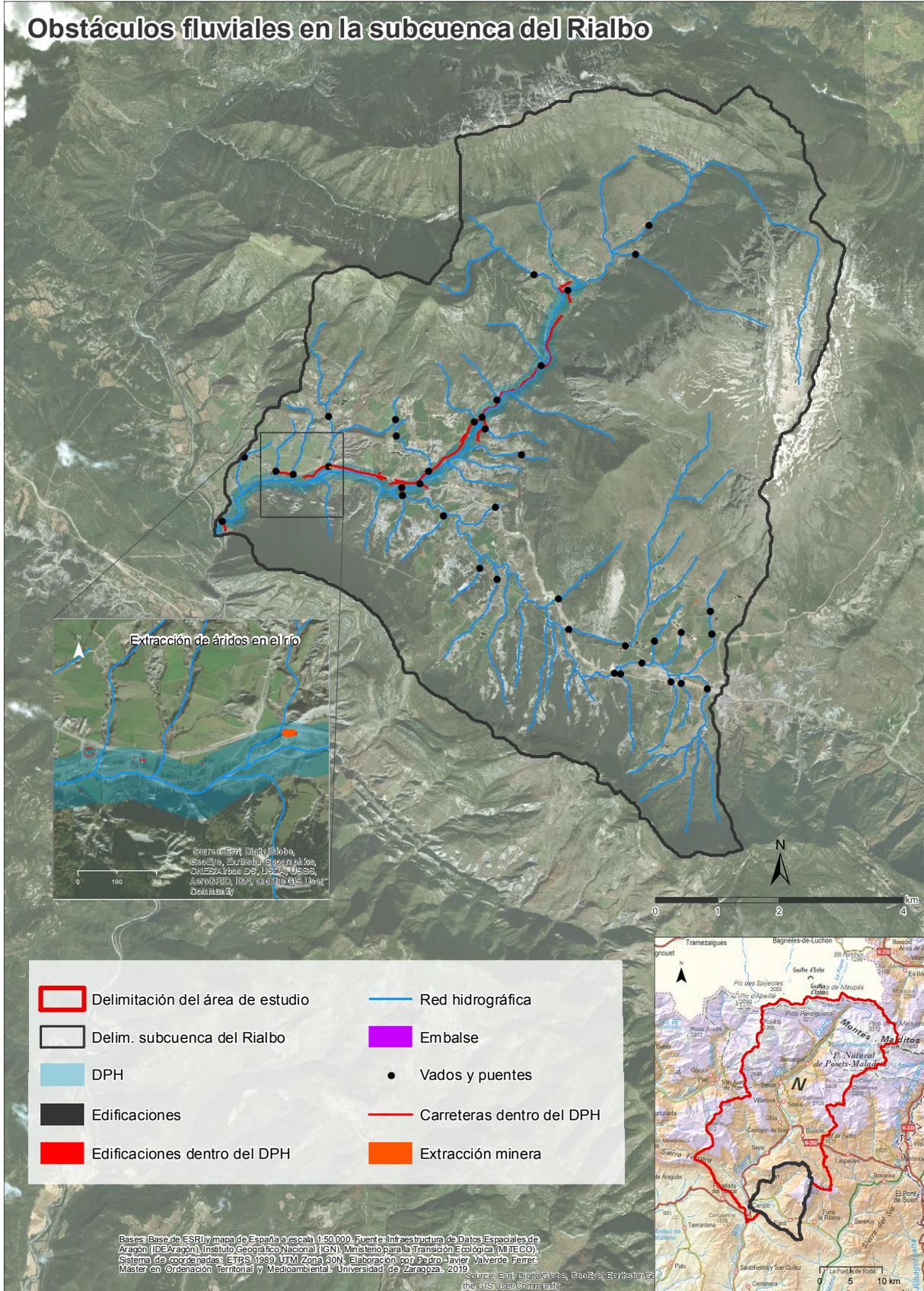
Obstáculos fluviales entre Castejón de Sos y Benasque



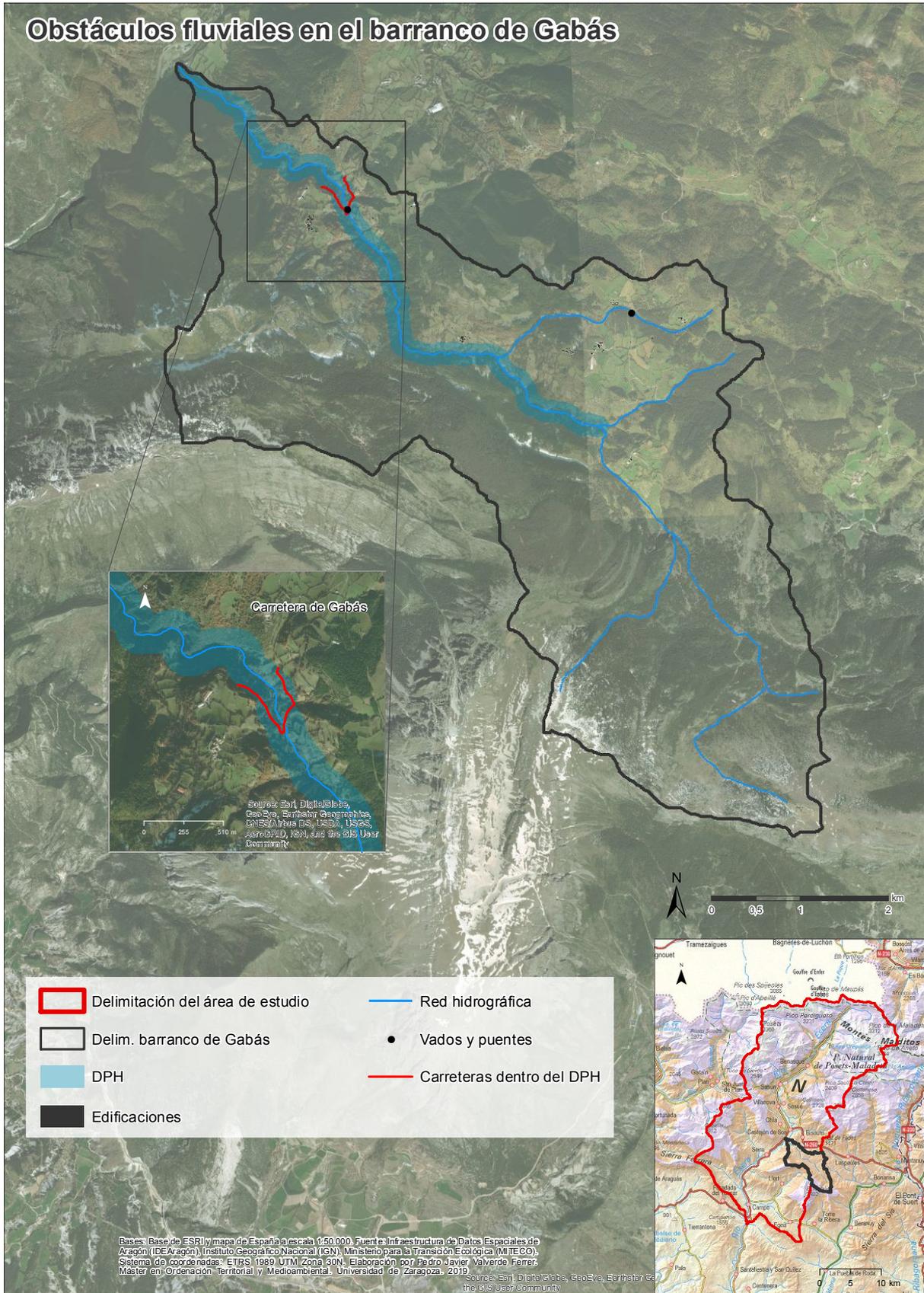
Obstáculos fluviales en el barranco de las Aigüelas



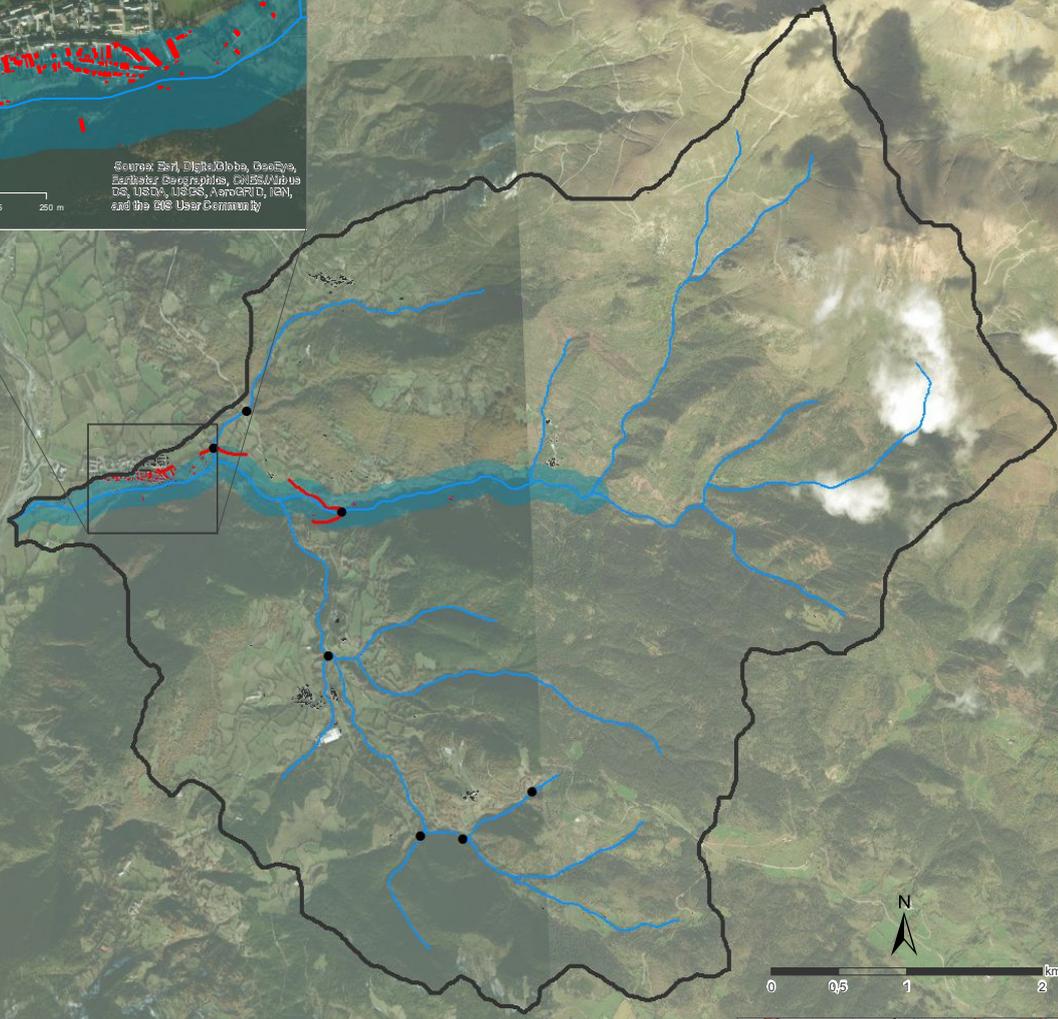
Obstáculos fluviales en la subcuenca del Rialbo



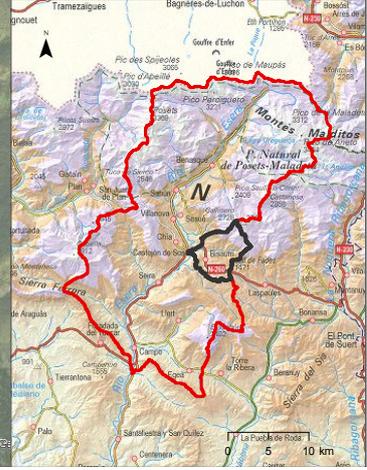
Obstáculos fluviales en el barranco de Gabás



Obstáculos fluviales en el barranco de Urmella

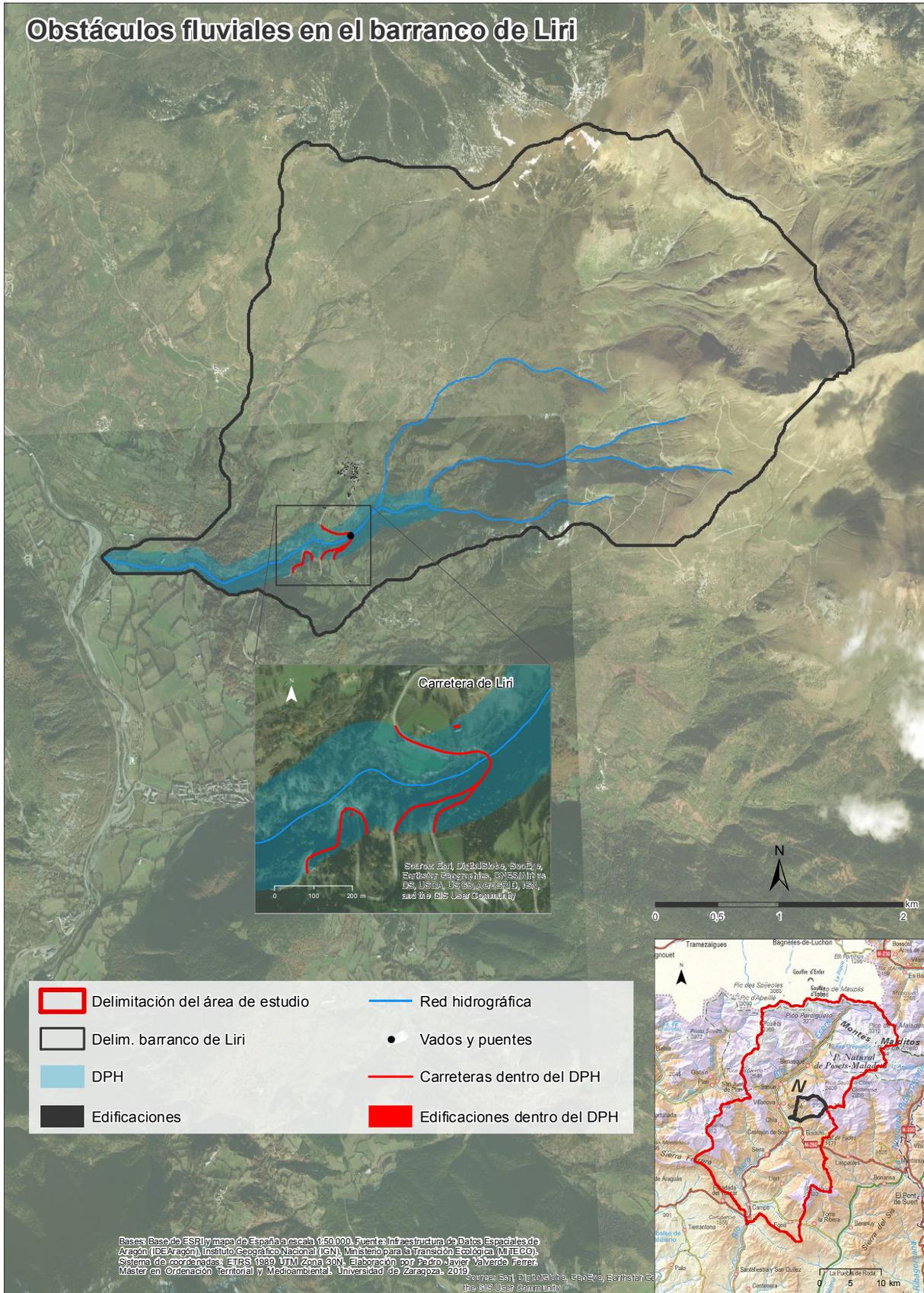


	Delimitación del área de estudio		Red hidrográfica
	Delim. barranco de Urmella		Vados y puentes
	DPH		Carreteras dentro del DPH
	Edificaciones		Edificaciones dentro del DPH

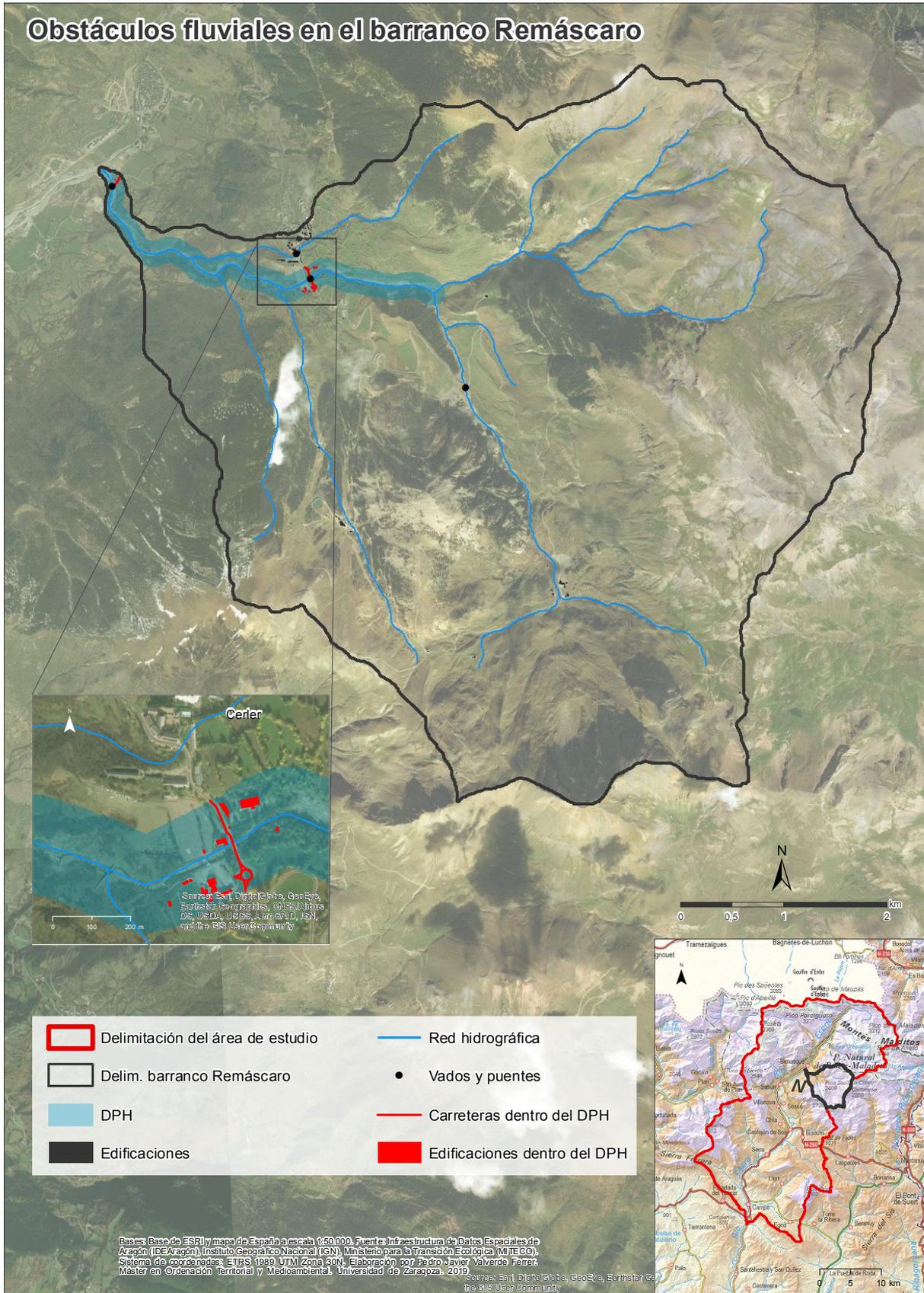


Bases: Base de ESRI y mapa de España a escala 1:50.000. Fuente: Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDE Aragón), Instituto Geográfico Nacional (IGN), Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), Sistema de coordenadas: ETRS 1989 UTM Zona 30N. Elaboración por Pedro Javier Valverde Ferrer, Máster en Ordenación territorial y Medioambiental, Universidad de Zaragoza, 2019. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

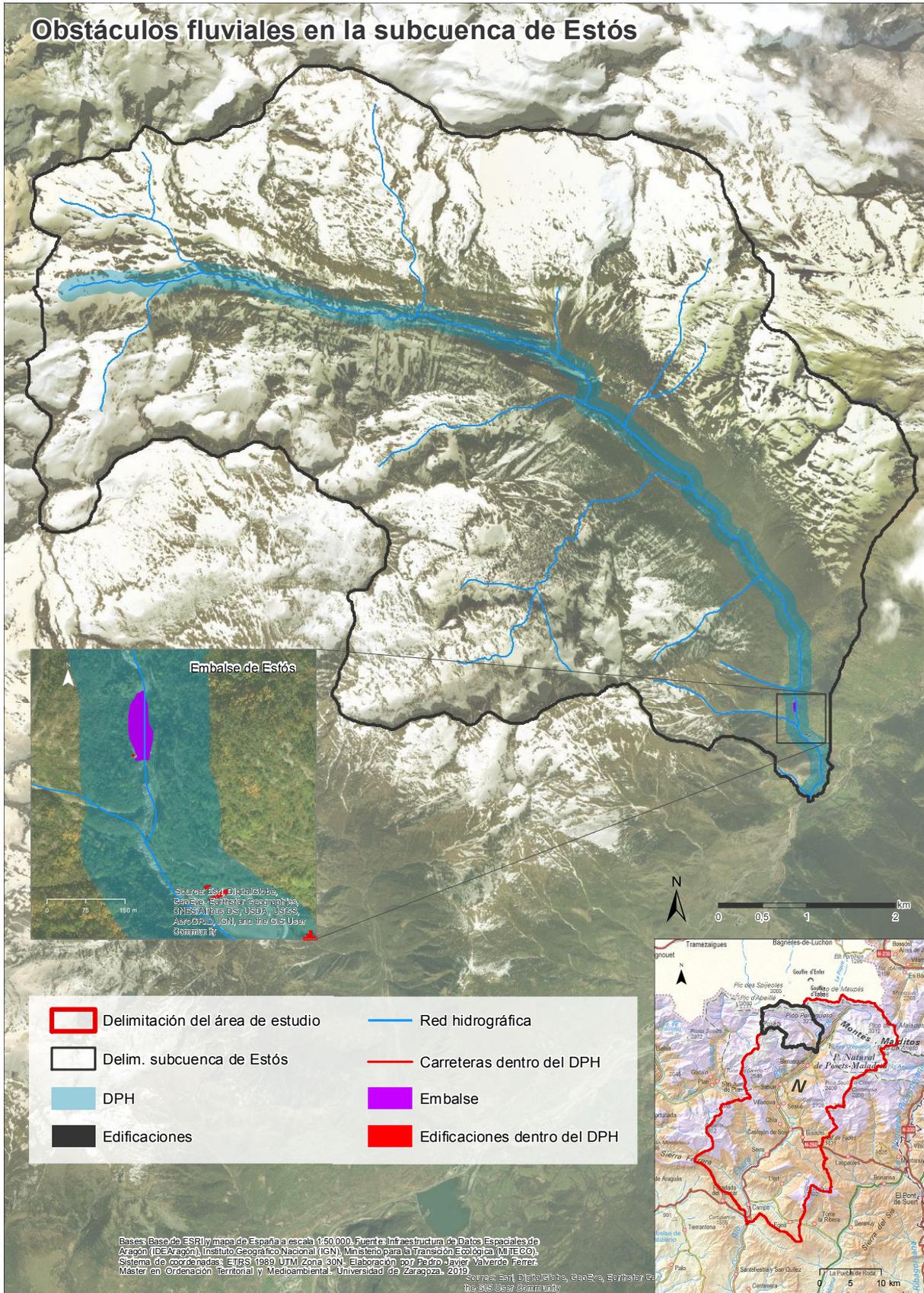
Obstáculos fluviales en el barranco de Liri



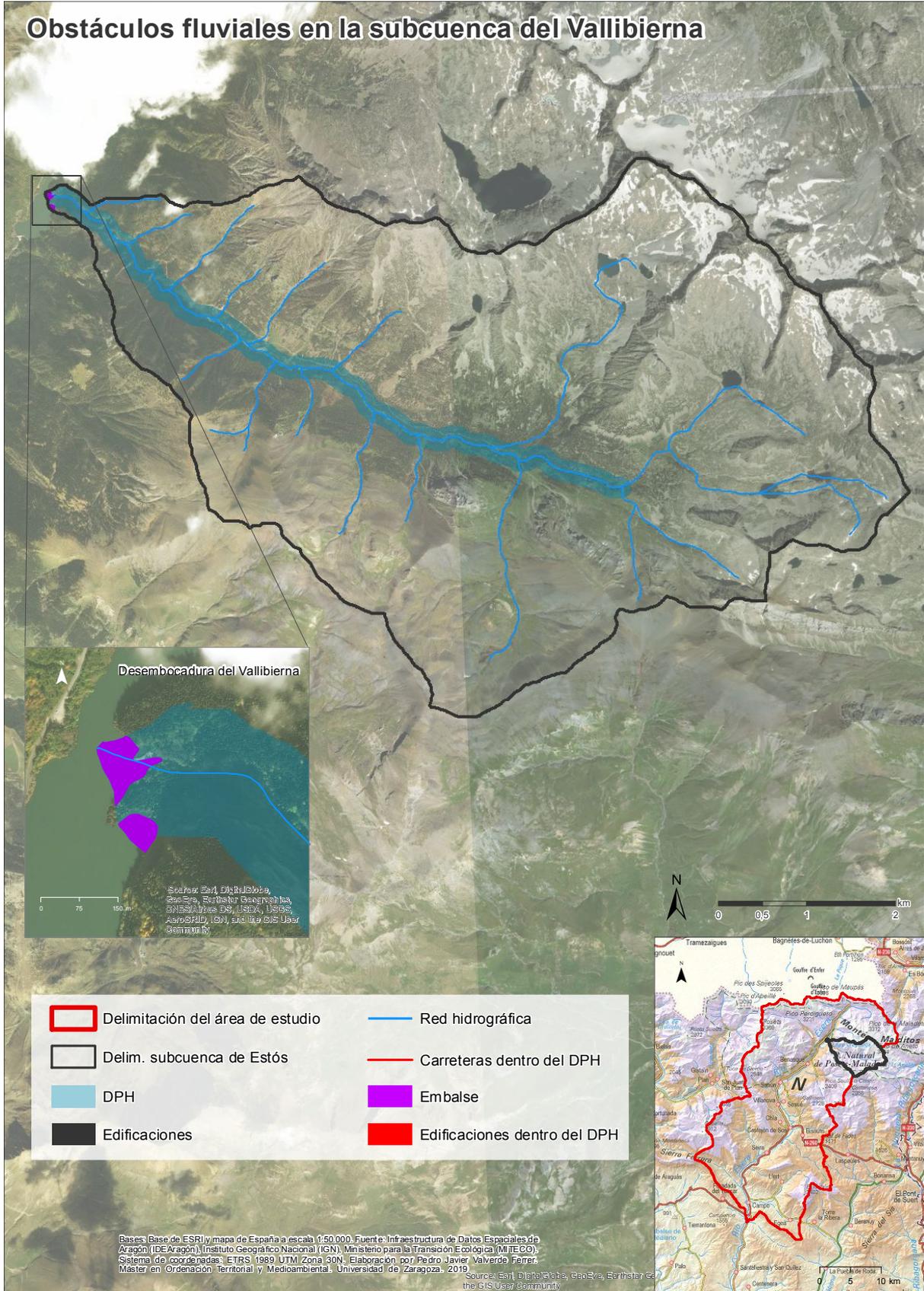
Obstáculos fluviales en el barranco Remáscaro



Obstáculos fluviales en la subcuenca de Estós



Obstáculos fluviales en la subcuenca del Vallibierna



Zonas aptas para ubicar un camping de acuerdo a la normativa

