

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## APORTACIÓN AL PLAN DE CONSERVACIÓN DE LA RESERVA NATURAL DIRIGIDA DE LOS SOTOS Y GALACHOS DEL EBRO: ASPECTOS CATASTRALES Y DE INUNDABILIDAD.

*Autor: Daniel Pastor Legua*

*Director: Alfredo Ollero Ojeda*

Máster Universitario en  
Ordenación Territorial y Medioambiental

Noviembre de 2012



**Universidad**  
Zaragoza

Departamento de Geografía  
y Ordenación del Territorio



## Resumen

La Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro necesita la realización de una serie de informes que determinen cual es el estado en el que se encuentra. En esta memoria se abordan dos temas que pueden ser incluidos en dichos informes. El primero de ellos se centra en el análisis de la Reserva Natural desde el punto de vista del parcelario. Se ha elaborado un estudio de la distribución del catastro de la Reserva con el fin de mejorar su gestión, además se han elaborado una serie de propuestas que podrían ayudar a mejorar el estado de esta zona protegida. El segundo tema que se trata en esta memoria es el referente a las defensas que tiene el río Ebro a su paso por la Reserva Natural. En este caso se ha realizado un análisis de cómo afectan las crecidas del río, con el objetivo de analizar un posible cambio en la ubicación de algunas defensas para renaturalizar el río y que además ayude a mitigar los efectos negativos de las inundaciones que producen estas avenidas.

**Palabras Clave:** Reserva Natural Dirigida, galachos, catastro, defensas, inundaciones.

## Abstract

The "Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro", requires the realization of a series of reports to determine the status of this. This memory deals with two themes that can be included in these reports. The first focuses on the analysis of the nature reserve from the point of view of the parceling. It has been elaborated a study of the distribution of the cadastre of the Reserve in order to improve their management, also has been developed a number of proposals that could help improve the state of this protected area. The second issue discussed in this report is the reference to the levees that have the Ebro river as it passes through the Natura Reserve. In this case we have performed an analysis of how they affect the river and also help mitigate the negative effects of flooding that produce these floods.

**Key Words:** Directed Nature Reserve, oxbow lake, cadastre, levees, floods.

## AGRADECIMIENTOS

Quería agradecer la ayuda recibida para la realización de estas prácticas, en primer lugar, a la gente de la Universidad de Zaragoza, como son Alberto García, por la ayuda prestada para solucionar algunos problemas de SIG; a Sergio Domenech, quien ha mostrado un gran interés en la resolución de dudas, ofreciendo numerosas e interesantes aportaciones; También, quería agradecer a Jorge Bielsa todas las molestias que se ha tomado para resolver cuestiones del tema económico, perdiendo parte de su tiempo desinteresadamente. A Miguel Sánchez Fabre, coordinador del Máster por su ayuda en las gestiones y fundamentalmente a Alfredo Ollero Ojeda, tutor de estas prácticas, por el tiempo dedicado y la gran ayuda ofrecida.

En segundo lugar, a la gente del Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza, a Jesús Urbón, por todo el tiempo dedicado a la resolución de dudas durante el trabajo de campo, a M<sup>a</sup> Ángeles Pintor, por su gran ayuda tanto en el trabajo de gabinete como en el de campo y a Enrique Arrechea, tutor de las prácticas en el Servicio Provincial, por el gran interés mostrado tanto para que se realizara este trabajo como por la ayuda mostrada en todo el tiempo que han durado estas prácticas.

Por último, agradecer a mi compañera de prácticas, Irene Santana, la ayuda ofrecida en todo momento durante la realización de esta tarea y por su compañía durante las horas de campo y de gabinete.

## Índice

1. Introducción .....	pág. 1
1.1. Justificación.....	pág. 1
1.2. Estado de la cuestión.....	pág. 2
1.2.1. Situación actual .....	pág. 2
1.2.2. Gestión de la Reserva .....	pág. 2
1.2.3. Antecedentes.....	pág. 3
1.2.4. Marco legal y figuras de protección de legislación.....	pág. 4
1.3. Objetivos .....	pág. 5
1.3.1. Objetivos “parcelario” .....	pág. 5
1.3.2. Objetivos “defensas”.....	pág. 5
1.4. Metodología aplicada .....	pág. 5
2. Área de estudio .....	pág. 6
3. Parcelario .....	pág. 9
3.1. Metodología.....	pág. 9
3.2. Resultados .....	pág.12
3.3. Propuestas .....	pág.13
4. Defensas.....	pág. 16
4.1. Metodología.....	pág. 16
4.2. Resultados .....	pág.17
4.2.1. Defensa número 25 .....	pág.20
4.2.2. Defensa número 32 .....	pág.20
4.2.3. Defensa número 36 .....	pág.22
4.3. Propuestas .....	pág. 22
5. Otras tareas .....	pág. 26
6. Diagnóstico final y Conclusiones .....	pág. 28
7. Bibliografía .....	pág. 29
Anexo I .....	Mapas tipo propiedad escala 1:30.000.
Anexo II.....	Mapas tipo de propiedad escala 1:5.000.
Anexo III .....	Mapas propuesta de adquisición.
Anexo IV .....	Mapas propuesta de adquisición.
Anexo V .....	Mapas estudio de inundaciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo es el resultado de la realización de las prácticas fin de máster, unas prácticas que se realizan como una parte del Máster Universitario “Ordenación territorial y medio ambiental” de la Universidad de Zaragoza. Se llevaron a cabo en el Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza, perteneciente al Gobierno de Aragón, con la intermediación de Universa.

La posibilidad de realizar estas prácticas surge debido a que el Servicio Provincial de Medio Ambiente tiene que presentar un informe llamado “Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro”, un informe que está siendo elaborando por medio de M<sup>a</sup> Ángeles Pintor, bajo la supervisión de Enrique Arrechea. En este informe hay varios apartados en los que podemos participar mediante la realización de proyectos y de cartografías que pueden ser utilizadas por el Servicio Provincial en la elaboración final del informe “Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro”.

El proyecto aquí presentado consta de dos partes diferenciadas, una de ellas tiene como temática el parcelario de la Reserva Natural. Esta parte responde a la necesidad, expuesta por M<sup>a</sup> Ángeles Pintor, de tener toda la Reserva Natural con el catastro bien ordenado y analizado para poder hacer diferentes cartografías relacionadas, como por ejemplo la distribución del tipo de propiedad, o también para poder calcular las superficies ocupadas por los distintos usos del suelo.

La otra parte de este proyecto trata el tema de las defensas que tiene el río Ebro en la Reserva Natural. La realización de este apartado fue propuesto por nuestra parte al Servicio Provincial de Medio Ambiente, quienes dieron el visto bueno a su realización.

### 1.1. Justificación

Uno de los mayores problemas en la gestión de una zona catalogada como Reserva Natural Dirigida es el de compatibilizar los usos que tiene el suelo en la reserva con las nuevas normas y restricciones que vienen impuestas por la propia catalogación.

La zona de estudio, debido a la alta densidad de población que hay, ha estado siempre ligada a usos agropecuarios, lo que ha supuesto que la mayor parte de la reserva se divida en parcelas de usos particulares. Antiguamente, estos usos se limitaban a la ganadería y la agricultura extensiva, lo que no perjudica el Medio Ambiente. Sin embargo, en las últimas décadas, la actividad en estas parcelas ha pasado a ser la de ganadería intensiva y sobre todo la de agricultura intensiva, lo que puede producir un deterioro en la naturaleza. Estos cambios, unidos a la catalogación de la zona como Reserva Natural Dirigida, hacen que resulte imprescindible la elaboración de una cartografía en la que se represente cómo se distribuye el tipo de propiedad en la Reserva, con el fin de conocer las zonas que pertenecen a particulares y controlar que no se realicen actividades ilegales, además también nos permite conocer qué zonas son de dominio público para poder actuar sobre ellas y mejorar el entorno natural.

Otro problema que se puede apreciar, ya no sólo en la zona de la Reserva si no en todo el curso del Río Ebro, es el del constreñimiento de su cauce como consecuencia de las numerosas defensas que se han construido. Según Ollero (1995), la profusión de defensas constriñe el paso de las aguas de crecida, lo que hace que se aumente el grado de desbordamiento en puntos donde no hay defensas.

Además de este constreñimiento del cauce, la construcción de defensas produce una disminución considerable en la dinámica fluvial del río. Esto hace que el río pierda la libertad de sus meandros para desplazarse a lo largo de la llanura de inundación y por lo tanto, imposibilita la formación de nuevos galachos (Ollero, 1995). Teniendo en cuenta que los Galachos tienen una vida media de varias décadas, y que cada vez hay menos posibles zonas de formación de estos meandros abandonados, nos encontramos ante el fin de estos humedales que atesoran grandes valores ambientales. Por otra parte, al construir determinadas defensas se evita que se inunden con regularidad algunas zonas que podrían ser ocupadas por los sotos ribereños y ampliar así estas formaciones de ribera.

Por todos estos motivos expuestos, creemos que es imprescindible hacer un análisis sobre la idoneidad de la ubicación de las defensas del Río Ebro en función de las zonas que evitan que se inunden, ya que en muchos casos sería interesante que se inundaran periódicamente.

## 1.2. Estado de la cuestión.

### 1.2.1. Situación actual.

Las Reservas Naturales Dirigidas de espacios protegidos de Aragón son espacios naturales cuya declaración tiene como finalidad la conservación de hábitats singulares, especies concretas o procesos ecológicos naturales de interés especial.

La Reserva Natural Dirigida de los galachos de La Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro, goza de dicha protección desde 1991. Previamente, en 1976, se había prohibido la caza y diez años después, la pesca. Hasta que en 1991, tras una iniciativa popular zaragozana, se declara la Reserva Natural Dirigida. En el año 2007 se aprueba el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales, que establece la necesidad de ampliar su superficie, ampliación que se produce en 2011, por la cual la zona pasa a denominarse Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro.

La declaración de la Reserva Natural Dirigida de los sotos y galachos del Ebro se centra en la conservación, mantenimiento y mejora de los sistemas naturales ligados a bosques de ribera y a vegetación dulceacuícola. También se pretende favorecer la dinámica natural del río y la evolución natural de los galachos, prestando especial atención a las poblaciones de fauna asociadas.

### 1.2.2. Gestión de la Reserva.

La gestión de la Reserva Natural corresponde al Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, a través del Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza. La estructura organizativa se compone de:

- El director de la Reserva Natural.
- El patronato, como órgano de participación y de consulta.
- El comité Científico, con labores de apoyo técnico y científico al Director de la Reserva Natural.
- Equipo técnico y administrativo, a través de la Asesoría Técnica de Espacios Naturales Protegidos del Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza.
- Agentes para la Protección de la Naturaleza (APN), con labores de gestión y vigilancia, adscritos al Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza.

En materia de gestión preventiva, el Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA) es el órgano ambiental competente en materia de tramitación y resolución de los procedimientos administrativos (autorizaciones e informes).

Así mismo, a través de la empresa pública SODEMASA se contrata personal técnico de apoyo, monitores para el centro de Interpretación y cuadrilla de mantenimiento.

La ley de declaración de la Reserva Natural define los criterios y objetivos generales que han de guiar su gestión.

La finalidad de declaración de la Reserva Natural es:

- Garantizar la pervivencia de los ecosistemas que integra, evitando cualquier acción que pueda suponer su destrucción, deterioro, transformación o desfiguración de su fauna, flora o sus biotopos, distinta a la sucesión natural, atendiendo especialmente a aquellas que se encuentren en peligro de desaparición.
- Regular los usos y actividades de carácter educativo, científico, recreativo o de aprovechamiento, haciéndolos compatibles con las finalidades de protección y conservación del medio natural.
- Eliminar, modificar o exigir la modificación de los usos y actividades que pudieran desarrollarse en la zona afectada y resultaran incompatibles o perjudiciales para la consecución de los objetivos enunciados con anterioridad.

- Procurar que el empleo del suelo con fines agrícolas, forestales o ganaderos se oriente al mantenimiento del potencial biológico y capacidad productiva del mismo, respetando los ecosistemas del entorno.

De igual manera, el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales (PORN) constituye el marco de referencia para la planificación del espacio natural protegido. En él se establece el régimen de protección y las normas generales de usos y aprovechamientos que han de regir la gestión del espacio natural protegido y el resto de área incluida. Entre sus objetivos, destaca la conservación y recuperación de funciones ecológicas generales, la conservación de especies y hábitats o la compatibilidad de usos. De una manera más concreta:

- Garantizar el mantenimiento de la estructura y funcionalidad del ecosistema fluvial original y sus elementos asociados.
- Recuperar activamente las áreas de dominio público hidráulico que han perdido su funcionalidad ecológica, fomentando la recuperación de la vegetación natural de ribera en aquellos tramos en los que ha desaparecido sustituida por cultivos.
- Potenciar la contribución del área al proceso de la migración de la fauna como enclave de apoyo trófico y de refugio. Recuperar las especies migratorias propias de los ambientes fluviales asociados al río Ebro.
- De acuerdo con la Directiva Marco del Agua y la Ley de aguas, se fomentarán las medidas para proteger y mejorar el estado ecológico de las aguas y de los ecosistemas acuáticos y humedales.
- Conservar las especies de flora y fauna de mayor valor que existan de forma residente o temporal.
- Contribuir a la conservación de las especies catalogadas y de sus hábitats, que deberán tener las dimensiones adecuadas para mantener las poblaciones viables de dichas especies.
- Servir de base para las especies catalogadas en peligro de extinción como son *Margaritifera auricularia*, *Salaria fluviatilis* y *Botaurus stellaris*.
- Servir de base para la eventual reintroducción de especies extintas como *Acipenser studio* y *Anguilla anguilla*.
- Velar y fomentar el uso ordenado de los recursos naturales, de manera que, en general, se garantice el uso sostenible del medio y que, en particular, éste resulte compatible con los objetivos de conservación.
- Evaluar la situación socioeconómica de la población asentada y sus perspectivas de futuro.
- Fomento del desarrollo sostenible en los ámbitos cultural, social y económico de las poblaciones del área de influencia socioeconómica.
- Señalar y fomentar las actividades económicas compatibles con la conservación de los recursos que puedan suponer una mejora de la calidad de vida de las poblaciones.
- Proponer orientaciones para el establecimiento de planes y programas que concreten la actuación pública en la ejecución de las diversas políticas sectoriales con incidencia en el territorio.
- Proponer las ayudas técnicas y económicas que procedan para lograr los fines del Plan.
- Fomento de los usos educativos, científicos y recreativos, favoreciendo el conocimiento y disfrute del medio natural del río Ebro y sus riberas.
- Dar cumplimiento a los compromisos con la Unión Europea, en especial en lo relativo a la contribución española a la Lista de Lugares de Interés Comunitario en aplicación de las directivas comunitarias vigentes.

De esta manera, todas las acciones que se llevan a cabo en la gestión de la Reserva Natural atienden a la planificación existente y son incluidas en una programación anual que establece la metodología de ejecución, presupuesto, responsables, seguimiento, etc. Dicha programación es informada en la sesión correspondiente del órgano consultivo, el Patronato.

#### 1.2.3. Antecedentes.

El área de estudio que abarca esta memoria ha sido objeto de numerosos trabajos sobre el medio natural, sobre todo desde que se declarara como una zona protegida. Dentro de esos trabajos, tenemos que destacar una serie de publicaciones precedentes que son importantes para poder comprender mejor el territorio que compone la Reserva Natural y su zona de influencia.

El primer trabajo que hay que destacar se trata de la tesis Doctoral de Alfredo Ollero Ojeda (1992): “*Los meandros libres del Río Ebro (Logroño-La Zaida): Geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgo*”. En ella se recoge gran información sobre las características del tramo medio del Río Ebro y analiza su evolución y estado actual, además, hace un estudio muy completo de las diferentes defensas que tiene el río en este tramo estudiado, analizando su ubicación y estado en el que se encuentran.

Otro de los trabajos que merece la pena destacar es “*Aproximación a la Calidad Ambiental del Río Ebro (El Bocal-Presa de Pina)*”, realizado por GINCA (2003). En él se exponen y analizan los distintos ecosistemas que se encuentran en la zona, además se señalan los principales problemas ambientales que tienen estos ecosistemas desde el punto de vista de los autores. Por último, se señalan una serie de acciones que deberían llevarse a cabo para corregir o mitigar estos problemas.

En la tesis doctoral de Fernando Magdaleno “Evolución hidrogeomorfológica del sector central del río Ebro a lo largo del siglo XX. Implicaciones ecológicas para su restauración”, se caracteriza la evolución hidrogeomorfológica del río en ese sector con el objetivo final de proponer una restauración fluvial integral. Es muy interesante para conocer cómo actuar en algunas zonas de las riberas para que se naturalice el río.

También es muy interesante el trabajo realizado por Álvaro Cabezas: “*Restoring the Middle Ebro Floodplains*”, en el que se hace un estudio analizando el curso medio del Ebro con el fin de plantear una restauración de las llanuras aluviales.

Luego cabe destacar trabajos realizados únicamente sobre la Reserva Natural Dirigida, dentro de los mismos, tenemos el informe final IPE-CSIC, realizado por el Grupo de Investigación en Restauración Ecológica en 2008, denominado “*Estudio ecológico de los medios acuáticos e inundables de la reserva natural de los Galachos de la Alfranca, El Burgo y Pastriz. Establecimiento de propuestas de gestión y restauración*”. En este informe se describe la situación de la reserva en temas como calidad del agua, sedimentación, suelos, comunidades acuáticas, comunidades vegetales, etc. Además, se señalan también los puntos en los que se podría mejorar el estado de la Reserva Dirigida.

Por último, caben destacar los trabajos realizados por el propio Servicio Provincial de Medio Ambiente de Zaragoza, como son la “*memoria anual de conservación de la Reserva Dirigida de los Galachos de la Alfranca, La cartuja y El Burgo de Ebro*” y la “*memoria de gestión 2010*”. Ambos se refieren a todo lo relacionado con la gestión de la Reserva Natural, desde una descripción general de la Reserva hasta una descripción detallada de las distintas actuaciones a realizar.

#### 1.2.4. Marco legal y figuras de protección de legislación.

El marco legal en materia de conservación de la naturaleza de aplicación en la Reserva Natural es:

- Ámbito Europeo:
  - Directiva 1992/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.
  - Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
  - Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Ámbito estatal:
  - Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
  - Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes (y modificaciones posteriores).
  - Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
  - Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Espacios Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Espacios Amenazadas.
- Ámbito autonómico:
  - Ley 5/1991, de 8 de abril, de declaración de la Reserva Natural de los Galachos de La Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro.

- Decreto 49/1995, de 28 de marzo, por el que se regula el Catálogo de Especies Amenazadas de Aragón (y modificaciones posteriores).
- Ley 6/1998, de 19 de mayo, de espacios naturales protegidos.
- Ley 8/2004, de 20 de diciembre, de medidas urgentes en materia de medio ambiente.
- Ley 12/2004, de 20 de diciembre, de medias tributarias y administrativas.
- Ley 15/2006, de 28 de diciembre, de montes.
- Decreto 89/2007, de 8 de mayo, por el que se aprueba definitivamente el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de los Sotos y Galachos del río Ebro (Tramo Zaragoza-Escatrón).

En cuanto a las figuras de protección tenemos:

- Reserva Natural Dirigida de los sotos y de los galachos del Ebro.
- Lugar de Importancia Comunitaria LIC ES2430152 Galachos de la Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro.
- Zona de Especial Protección para las Aves ZEPA 0000138 Galachos de la Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro.

### **1.3. Objetivos.**

Estas prácticas de fin de máster se componen de dos partes muy diferenciadas, por lo que cada una de las partes persigue unos objetivos diferentes.

#### **1.3.1. Objetivos “Parcelario”.**

El objetivo principal de esta parte es el de conocer, con el mayor detalle posible, la distribución del tipo de propiedad que hay dentro de la Reserva Natural Dirigida para la elaboración de una cartografía de detalle, es decir, se persigue el conocer cómo se distribuye la propiedad pública y privada dentro de la Reserva.

Para la consecución de este objetivo principal hay que alcanzar antes otros objetivos secundarios:

- Digitalizar todas las parcelas de la zona de estudio que tienen una identificación catastral individual, ya sean pistas, carreteras, acequias, casetas o campos.
- Conocer los propietarios de cada una de dichas parcelas y agruparlos en función de si son entidades públicas, privadas o de otra índole.

#### **1.3.2. Objetivos “Defensas”.**

Al realizar este apartado, el objetivo final que se busca es el de eliminar las defensas del río que no cumplen con la función de protección de poblaciones o de bienes, para naturalizar tanto el propio cauce del río como el entorno de éste. En algunos casos no es posible la eliminación de estas defensas pero sí que se podría modificar su ubicación actual para que cumpla con estos requisitos.

Para llegar a cumplir este objetivo hay que alcanzar otros anteriormente:

- Analizar cómo se inunda el terreno con la situación actual de las defensas y para los distintos caudales que podría llevar el río a su paso por la Reserva.
- Localizar las defensas que pueden ser modificadas o eliminadas.
- Modelizar la topografía del terreno con las nuevas características topográficas, es decir, con las defensas ya modificadas o eliminadas.
- Realizar el análisis sobre cómo se inundaría el terreno con la nueva situación de las defensas.

### **1.4. Metodología aplicada.**

La metodología general utilizada para la realización de las prácticas, consta de varias fases. La primera de ellas es la de recopilación de información de interés para la elaboración del trabajo, esta recopilación se ha llevado a cabo mediante trabajo de campo y trabajo de archivo.

El segundo paso es el de tratamiento de dicha información, esto se ha realizado, fundamentalmente, a través del manejo de SIG, lo que ha servido para el análisis y la obtención de resultados. El tercer y último paso es el de ordenar los resultados y preparar la memoria de las prácticas.

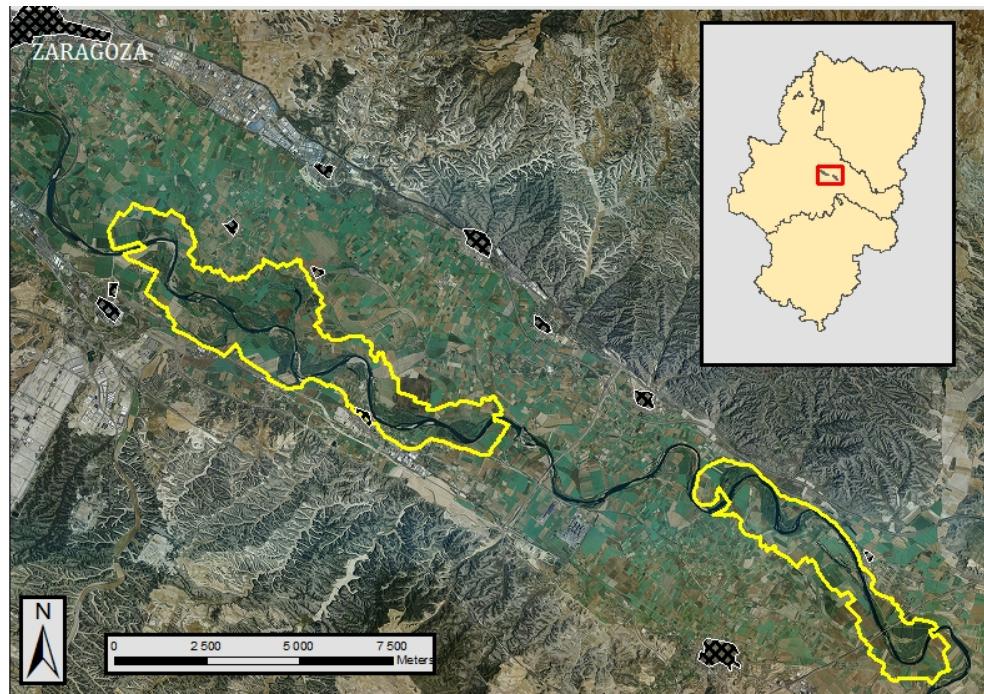
En cuanto al tiempo destinado a cada una de estas etapas, se puede sintetizar mediante la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Tiempo dedicado a cada tarea de las prácticas.

Parte del trabajo	Tarea realizada	Porcentaje de tiempo destinado dentro de su parte	Porcentaje de tiempo destinado del total de prácticas
Parcelario	Bibliográfica	10	60
	Organización parcelaria	40	
	Digitalización	30	
	Elaboración cartográfica	15	
	Campo	5	
Defensas	Bibliográfica	10	35
	Digitalización defensas	5	
	Modelizar y analizar	50	
	Elaboración cartográfica	30	
	Campo	5	
Otras tareas	Campo	100	5

## 2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se centra en la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro. Esta zona se ubica en el tramo medio del río Ebro (figura 1), a unos 12 kilómetros aguas abajo de Zaragoza. Comprende parcialmente los municipios de Zaragoza, El Burgo de Ebro, Pastriz, La Puebla de Alfindén, Alfajarín, Nuez de Ebro, Villafranca de Ebro, Fuentes de Ebro y Osera de Ebro, todos ellos en la provincia de Zaragoza.



**Figura 1.** Vista de la zona de estudio. En amarillo el límite de la reserva.

Se sitúa en la parte central de la Cuenca terciaria del Ebro. Los materiales dominantes en la zona de estudio son los yesos y las margas yesíferas de la formación Zaragoza, sobre estos, el río se ha ido encajando hacia el norte dejando distintos niveles de depósitos de terraza compuestos mayormente por materiales calizos y silíceos, los cuales son arrastrados por el río desde distintas áreas fuente.

La disposición estructural de la cuenca, cerrada al Norte por los Pirineos, al Sur por el Sistema Ibérico y al Este por la Cordillera Costero Catalana, matiza el clima mediterráneo templado de tipo continental, que se caracteriza por un fuerte contraste de temperaturas entre verano e invierno, precipitaciones escasas e irregulares y vientos fuertes y frecuentes de dirección predominante NW-SE.

Las temperaturas medias oscilan entre los 25°C en el mes de julio y unos 5°C en el mes de enero. En cuanto a las precipitaciones, son de tipo semiárido, es decir, unas precipitaciones anuales entre los 200 y los 350 mm. Estas precipitaciones presentan una distribución mensual que muestra máximos destacados en primavera, siendo mayo el mes más lluvioso; el mínimo es estival, época en la que se suceden períodos secos extraordinariamente largos que agravan la situación creada por las altas temperaturas observadas. La evapotranspiración en la zona ribereña está en torno a los 1.200 mm/año lo que supone casi el cuádruple del volumen de las precipitaciones, con lo que el balance hídrico anual es claramente deficitario. Debido a la localización del área de estudio el balance está más equilibrado por los aportes hídricos permanentes del sistema fluvial.

El río Ebro en el tramo aragonés es un río muy ponderado, con un régimen pluvionival simple, caracterizado por unos máximos invernales, febrero-marzo, y unos mínimos estivales, julio-agosto. El régimen refleja la amplitud de la cuenca y la diferencia de ambientes, la importancia de la cabecera con influencia oceánica (alto Ebro, afluentes navarros y complejo Arga-Aragón), el modesto papel de la retención nival, limitada a esta altura de la cuenca a las cabeceras del Gállego y Aragón, y los reducidos aportes de carácter continental y mediterráneo de los cauces de la margen derecha (Ollero, 1996).

En cuanto al caudal circulante está muy modificado por la regulación y detacciones de la cuenca, con reducciones notables en los caudales medios anuales y modificaciones del régimen natural, así pues, en la estación de aforo de Zaragoza, el caudal medio es de 247 m<sup>3</sup>/s y de 12 m<sup>3</sup>/s para el Gállego y 2 m<sup>3</sup>/s para el Huerva. El caudal de venida ordinaria se ha establecido en 1630 m<sup>3</sup>/s, por lo que se producen 2 avenidas anuales de media (Ollero, 1996), mientras que el límite de la avenida extraordinaria, situado para la avenida con periodo de retorno de 5 años se ha establecido en 2700 m<sup>3</sup>/s.

La Reserva Natural consta de dos sectores separados, el primero va desde el Soto de La Cartuja hasta la presa de Pina (figura 2). Es un sector con una notable homogeneidad interna. Su característica más reseñable es que, desde 1927, se han producido una sucesión de cortas naturales o provocadas que han originado un cauce de baja sinuosity y una serie de cuatro galachos considerablemente alejados de la corriente actual: el de La Alfranca en la margen izquierda y los de Lierta, El Burgo y la Mejana de la Noria en la Derecha (Ollero, 1992). Desde el punto de vista ecogeomorfológico, podemos destacar que la longitud del cauce es de unos 15.000 metros, con una pendiente media de 74 cm/km. El índice de sinuosity es de 1,339 (Ollero, 1992).



Figura 2. Primer sector de la Reserva Natural con los nombres de sus zonas.

El segundo sector que forma la Reserva Natural va desde la Mejana del Marqués hasta el Soto del Aguilar (figura 3). Si el sector anterior se caracterizaba por su homogeneidad, en este caso se suceden las rupturas, con desplazamientos del cauce de una margen a la otra de la llanura de inundación y frecuentes discontinuidades en el trazado meandriforme del curso fluvial. En este sector se produce un progresivo estrechamiento de la llanura de inundación que coincide con una progresiva reducción de la banda activa de meandros hasta un último fragmento recto en Osera (Ollero, 1992). La longitud del cauce es de unos 10.500 metros, con una pendiente media de unos 102 cm/km.

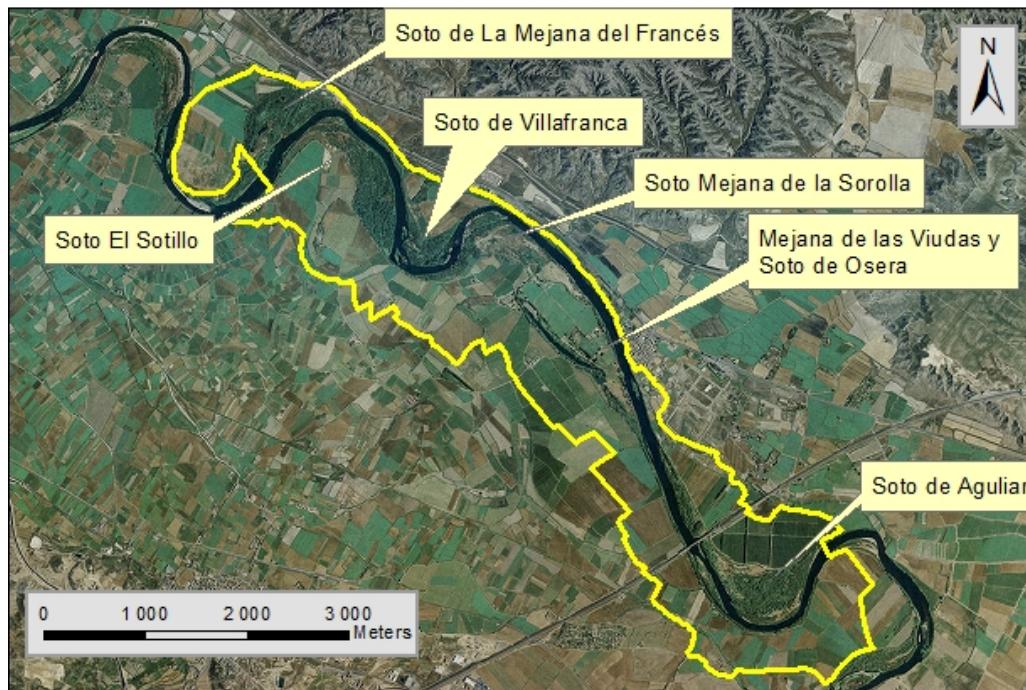


Figura 3. Segundo sector de la Reserva Natural con los nombres de sus zonas.

### 3. PARCELARIO

#### 3.1. Metodología

Para la realización de este estudio, ha sido necesario, por un lado, la recopilación de información relativa a todo el sistema parcelario de la reserva y por otro lado el tratamiento de esa información mediante sistemas de información geográfica (SIG) y tablas de datos para su análisis y para la obtención de resultados.

La recopilación de información para la realización de este estudio ha consistido en buscar entre los distintos trabajos que han sido realizados para la DGA por distintas empresas. Estos trabajos nos han sido proporcionados por nuestro tutor de prácticas, Enrique Arrechea, así como por el tutor de la Universidad de Zaragoza, Alfredo Ollero.

En cuanto al tratamiento de la información, se han manejado tablas de datos con el programa Microsoft Excel, donde se introducía información adicional a la recopilada en la primera etapa. Para realizar la manipulación de los SIG, se ha utilizado el software “ArcGis 10” (ESRI ArcGIS ®) en el que se han empleado fundamentalmente los nódulos de “ArcMap” y “ArcCatalog”, así como otras extensiones del programa como “Arctoolbox”.

El estudio del parcelario de la reserva se ha hecho a partir de dos zonas distintas, por un lado, la zona que corresponde a la Reserva Natural dirigida (RND), que se compone de la antigua zona de protección (RA) más la ampliación de la reserva, y por otro lado, la zona correspondiente a la zona de protección periférica (ZPP) (figura 4).

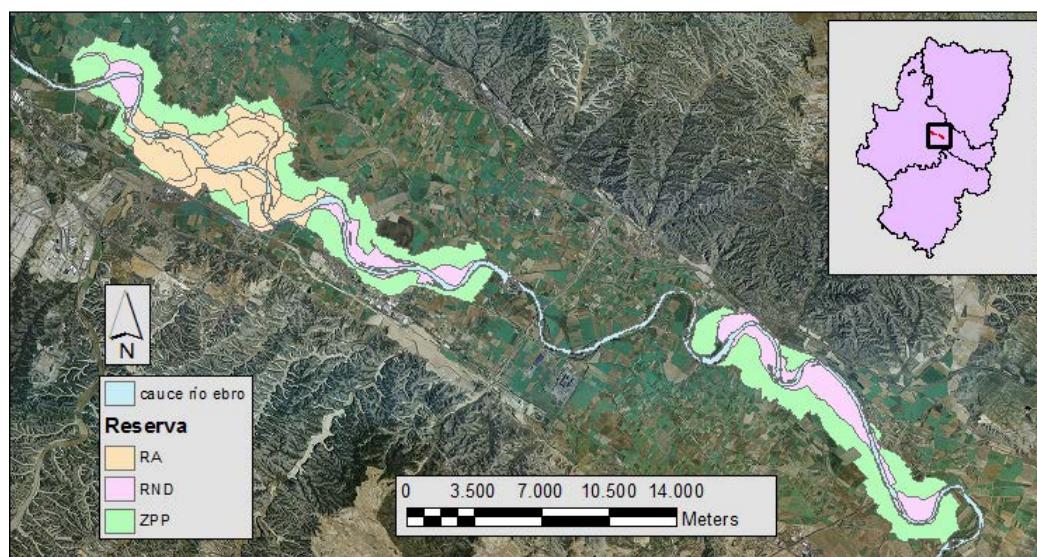


Figura 4: vista de las distintas divisorias de la Reserva.

En primer lugar se ha trabajado con la zona RND y la zona RA. Se nos proporcionó una “geodatabase” en la que aparecía un “shapefile” con todas las parcelas de esta zona digitalizadas. Esta capa tenía una tabla de atributos en la que se podían ver campos con la información referente al número de polígono, el número de parcela, la superficie que ocupa dicha parcela, el término municipal al que pertenece, el tipo de cultivo que contiene e información sobre el propietario.

Una vez que tuvimos estos datos, hubo que añadir un nuevo campo en la tabla de atributos en el que se especificara si la parcela es de dominio público, privado o de propiedad público-privada (“mixto”). Para conseguir esto hay que seguir los siguientes pasos:

Primero abrimos con “ArcMap” el “shapefile” en el que tenemos la información de las parcelas de la parte de la reserva (“GALACHO-ALFRANCA”), después clicamos el botón derecho sobre este “shapefile” y le damos a “open attribute table”. En esa tabla es donde necesitamos agregar el campo que nos indique qué tipo de propiedad tiene cada una de las parcelas. Para ello, le damos a “table options” y a continuación, “add field”. Nos aparece una ventana en la que tenemos que poner el nombre

del nuevo campo (*tipo\_prop*), en el tipo pondremos “*text*” y le damos a *ok*. Ya tenemos agregado el nuevo campo en nuestra tabla de atributos de la capa de parcelas, ahora tenemos que editar esa columna recién agregada. Vamos a la barra de herramientas “*editor*”, le damos a “*start Editing*”, seleccionamos el “*shapefile*” de las parcelas y le damos a “*ok*”. Ahora ya podemos modificar la tabla de atributos, por lo que vamos a escribir en cada casilla de la columna recién creada el tipo de propietario que corresponde (público, privado o mixto). Ya tenemos la tabla editada como la necesitábamos.

Una vez que tenemos el tipo de propiedad de la primera zona de trabajo (RND), tenemos que empezar a trabajar con la información de la zona periférica de protección (ZPP) (Figura 4). El tratamiento de la información de esta parte de la zona de estudio es mucho más laboriosa porque disponemos de un “*shapefile*” con las parcelas que pertenecen a la Reserva para cada término municipal, pero en esa capa no nos aparece información sobre la propiedad, por lo que hay que combinarla con unas tablas de datos en las que sí aparecen los titulares de las parcelas. Sin embargo, en esas tablas aparecen todas las parcelas del término municipal al que pertenecen y a nosotros sólo nos interesan las que están dentro de la zona de estudio, así que hay que seleccionar las válidas. Otro problema es que necesitamos un campo que nos relacione las tablas de datos donde está la información de la titularidad de las parcelas, con la tabla de atributos de la capa, para poder unirlas en el “*ArcGis*” y hacer un tratamiento apropiado de la información. Todo esto se ha realizado de la siguiente forma:

Tenemos varias tablas para cada municipio, cada una de ellas contiene la información de las parcelas de cada polígono, por lo tanto hay que unir estas tablas para quedarnos con una tabla por municipio.

Una vez que hemos copiado los campos de cada tabla en una sola, tenemos que extraer las parcelas que necesitamos, es decir, las que están dentro de la zona de estudio. Para poder reconocer las parcelas a extraer, abrimos la capa del municipio correspondiente en el “*ArcMap*” y exploramos su “*tabla de atributos*”. En esta tabla de atributos aparecen únicamente las parcelas que nos interesan, con sus respectivos códigos<sup>1</sup> para reconocerlas (polígono y número de parcela); tenemos que buscar cada una de ellas en la tabla de datos (por sus códigos), copiarlas y llevarlas a una hoja nueva en la que solamente introduciremos las parcelas extraídas. Al hacer este paso, podemos encontrar algunas parcelas que aparecen dos veces en la “*tabla de atributos*” y una sola vez en la tabla Excel, en este caso tenemos que duplicar toda la fila de la tabla Excel para que aparezcan dos veces en ambas tablas (para que luego al unir ambas tablas en el “*ArcGis*” no haya problemas). Este paso hay que repetirlo con cada uno de los municipios que componen la reserva.

Llegados a este punto tenemos una hoja Excel, por municipio, en la que únicamente nos aparecen las parcelas que están dentro de la Reserva, y esas mismas parcelas son las que aparecen en la “*tabla de atributos*” del “*shapefile*” de cada municipio.

En las tablas de datos de formato Excel, tenemos información sobre el propietario de cada parcela, pero para este trabajo sólo nos interesa discriminar tres tipos de niveles: público, privado o mixto. Esta información la vamos a insertar en una nueva columna dentro de cada hoja Excel. Para hacerlo tenemos que crear una nueva columna, con el nombre “*prop\_tipo*”, y en cada fila escribir el tipo de nivel discriminado (por ejemplo, si el propietario es “*confederación hidrográfica del Ebro*”, en la nueva columna “*prop\_tipo*” escribiremos “*público*”; si el propietario es una empresa, en la nueva columna escribiremos “*privado*”). Esto lo realizaremos para cada municipio. Al analizar las tablas donde aparecen los propietarios vemos que hay casos en los que no podemos discernir entre público, privado o mixto, ya que hay algunas parcelas cuya propiedad está siendo investigada y en alguna otra parcela no se tienen los datos de propiedad. En estas parcelas pondremos “*investiga*” y “*nodata*” respectivamente.

El siguiente paso a realizar es crear un nexo de unión entre la “*tabla de atributos*” y la hoja Excel. Si nos fijamos en la “*tabla de atributos*” se puede ver una columna denominada “*FID*”, ese va a ser nuestro nexo de unión. Abrimos la hoja Excel correspondiente al municipio con el que vamos a trabajar, creamos una columna nueva con el título “*FID*” y tenemos que poner, en cada fila, el mismo número “*FID*” que tiene esa parcela en la “*tabla de atributos*” (para realizar esto de una forma más rápida se puede ordenar ambas tablas en función del número de parcela).

Una vez que tenemos, tanto en las tablas Excel de los municipios como en la tabla de atributos, las parcelas identificadas con el mismo “*FID*” tenemos que unirlas. Para ello, en el ArcMap, abrimos el municipio que vamos a unir con la tabla Excel que le corresponde, clicamos botón derecho sobre el “*Shapefile*” del municipio y le damos a “*joins and relates*” y dentro de esto, a “*join...*”; en la pestaña que aparece ponemos como nexo de unión el campo “*FID*”. Esto hay que repetirlo con cada municipio de la reserva.

Ahora hay que asegurarse de que todos los “*shapefiles*” se encuentran en la misma proyección para que encajen perfectamente, si no es así hay que cambiar la proyección de las capas mediante la herramienta “*project*”, que se encuentra dentro de “*Data Management Tools*”, “*Projections and Transformations*”, “*Feature*”. Es conveniente que todo se encuentre en la proyección “*ETRS\_1989\_UTM\_Zone\_30N*”, ya que en un futuro próximo será obligatorio que las capas estén en dicha proyección.

Cuando hemos hecho este último paso con cada municipio ya podemos unir las capas de todos los municipios en un único “*shapefile*”. Por lo tanto, tendremos dos “*shapefiles*” distintos, uno para la zona periférica de la reserva (ZPP) y otro para la zona de la reserva dirigida (RND), los tenemos que unir, mediante la herramienta “*Merge*” para obtener un único “*shapefile*” en el que aparezca la información de toda la zona de la reserva de los galachos.

El siguiente paso a seguir es el de depurar esa tabla de atributos. Si abrimos la tabla podemos observar que hay algunas parcelas que están subdivididas en varias subparcelas, pero que pertenecen al mismo propietario. Como a nosotros nos interesa el tipo de propiedad, vamos a integrar esas subparcelas en la misma parcela, para que sea más sencillo su manejo. Para llevar a cabo esta acción, tenemos que iniciar una edición de la capa, para lo cual le damos a “*start editing*” en la herramienta “*Editor*”, después seleccionar los campos que queremos que se unifiquen en uno sólo y clicar, dentro de “*Editor*”, en “*merge*”.

Otro paso importante y laborioso es el de depurar los errores que hay en la digitalización de las parcelas. Si hacemos zoom en las parcelas podemos observar que hay muchas zonas en las que las parcelas se solapan o quedan huecos entre ellas, esto es un error en la digitalización que nos puede acarrear problemas en la posterior manipulación de la capa, por lo que hay que hacer que los límites de las distintas parcelas coincidan perfectamente. Esto lo haremos abriendo una edición (“*start editing*”) del “*shapefile*” donde aparecen las parcelas y modificando manualmente los vértices de los polígonos para que coincidan.

Tras haber depurado la digitalización, vamos a crear un “*shapefile*” en el que estén agrupados los seis tipos de propiedad que hay en la zona, es decir, una capa en la que aparezca toda la reserva dividida en función de si son de propiedad “*Urbano*”, “*público*”, “*privado*”, “*mixto*”, “*investigando*” o “*nodata*”. Para conseguirlo abrimos la “*tabla de atributos*” y le damos a “*select by attributes*”, dentro de “*table options*”, y en la pestaña que aparece tenemos que poner lo siguiente: “*prop\_tipo*” = “*PUBLICO*”, de esta manera se nos seleccionan todas las parcelas que son de ese dominio, una vez seleccionadas tenemos que clicar botón derecho sobre el “*shapefile*” y le damos a “*Save As Layer file...*” y guardamos la nueva capa como “*público*”. Esto lo repetimos con cada uno de los seis tipos de propiedad que hay. Al final obtenemos seis capas diferentes que vamos a unir mediante la herramienta “*merge*”, de tal forma que ya tenemos un “*shapefile*” en el que están agrupados los seis tipos de propiedad que hay en la zona de estudio.

Un dato importante para el trabajo es el de la superficie que ocupa cada tipo de propiedad, para calcularlo tenemos que agregar un campo nuevo (igual que en el paso explicado en la página 2) en la tabla de atributos del último “*shapefile*” que hemos obtenido, tras crear el campo que podemos llamar “*superficie*” clicamos botón derecho sobre el nombre de ese campo y luego le damos a “*Calculate Geometry*”, nos aparece una pestaña en la que seleccionamos las unidades que queremos que tenga esa superficie y al darle en “*OK*” nos calcula automáticamente la superficie que ocupa cada campo.

Una vez realizados todos estos pasos ya tenemos una capa que utilizar para generar los distintos mapas que necesitemos relativos al tipo de propiedad que hay en la reserva natural de los galachos.

### 3.2 Resultados

Tras realizar el trabajo previo de elaboración de la información, se ha obtenido una capa que recoge los distintos tipos de propiedad que hay en la Reserva. Estos tipos de propiedad son los siguientes:

**Tabla 2.** Tipo de propiedad

Tipo de propiedad	Área (Ha)	Espacio ocupado (%)
Público	1242,582	40,08
Privado	1673,535	53,97
Público / Privado	68,687	2.22
Investigándose	8,411	0.28
Urbano	5,803	0.18
Sin datos	101,536	3.27

Estos datos se han reflejado en una cartografía que expresa la distribución de estas entidades dentro de los terrenos que forman la Reserva Natural (ver anexos I y II)

- **Público:**

En este tipo se recogen las parcelas que pertenecen a entidades públicas, como son los ayuntamientos de los distintos términos municipales en los que se sitúa la Reserva, la Confederación Hidrográfica del Ebro, el Gobierno de Aragón o el Ministerio de Medio Ambiente. Dentro del límite de la Reserva, pertenecen a esta catalogación un total de 1242,582 Hectáreas.

Como se puede observar en la cartografía elaborada (ver anexos I y II), las parcelas que corresponden a estos organismos públicos (color verde) se disponen en el curso del río, en los Galachos de La Alfranca, La cartuja y del Burgo y en la mayoría de sotos que se sitúan cerca del Ebro. Si se observa el mapa obtenido, destaca que, de los dos sectores que componen la Reserva, en el de más al Oeste, todos los sotos son de dominio público; mientras que en el sector del Este, el Soto de la Viudas, el Soto de Aguilar y parte del Soto de La Sorolla son de propiedad privada. Además de estas zonas, también son de dominio público algunas parcelas dedicadas a la agricultura y numerosos caminos que conducen a las distintas zonas de la Reserva.

- **Privado:**

Gran parte de la extensión de la zona de estudio pertenece a este tipo de propiedad, siendo un total de 1673,5354 Hectáreas. La mayor parte de esta zona es de personas individuales, pero también hay parcelas pertenecientes a empresas y a distintos colectivos privados.

Si se analiza la cartografía obtenida, se aprecia que estas parcelas de propiedad privada son grandes zonas de campos de cultivos o pequeñas parcelas de huertas, sin embargo, en la parte final del segundo sector de la Reserva destaca que, a excepción del curso del río, todo el terreno pertenece a particulares, incluido el Soto de Aguilar. También son de propiedad privada algunas acequias que permiten regar los campos y las huertas.

- **Público/Privado:**

Dentro de la Reserva, algunas parcelas están registradas a nombre de “varios” propietarios, en el caso de que haya, como mínimo un propietario privado y un propietario público (entidad pública), esa parcela se ha denominado como “público/privado”, ya que no se puede delimitar, dentro de la parcela, qué parte o porcentaje pertenece a la entidad pública y qué parte es de propiedad privada. Hay un total de 68,6878 hectáreas que reúnen estas características.

Estas hectáreas se concentran principalmente en la zona del Galacho de la Alfranca y en el Soto de la Mejana, además hay una pequeña parte del Soto de la Cartuja que también es de dominio público/privado y dos pequeñas parcelas más.

- **Investigándose:**

Algunas parcelas de la zona de estudio se encuentran actualmente en los tribunales para determinar quién es su legítimo dueño, concretamente son 8,4111 hectáreas las que se encuentran en este conflicto.

En este apartado destacan los caminos que hay en la margen izquierda del río en la parte final de la Reserva y el resto de hectáreas en investigación se distribuyen en varias parcelas de la zona de estudio.

- **Urbano:**

Otro tipo de propiedad que se ha podido distinguir en la cartografía es el de “urbano”, en la información de catastro aportada para la realización de este trabajo había una serie de parcelas que se consideraban como zonas urbanizadas pero en la que no se identificaba ningún otro aspecto sobre su pertenencia, por lo que se ha creído oportuno hacer un apartado específico para estas parcelas, pese a que lo más probable, es que se trate de propiedades privadas. Las parcelas con esta catalogación suman un total de 5,8031 hectáreas.

Estas parcelas se concentran en la margen izquierda del río, en la parte más cercana de Pastriz.

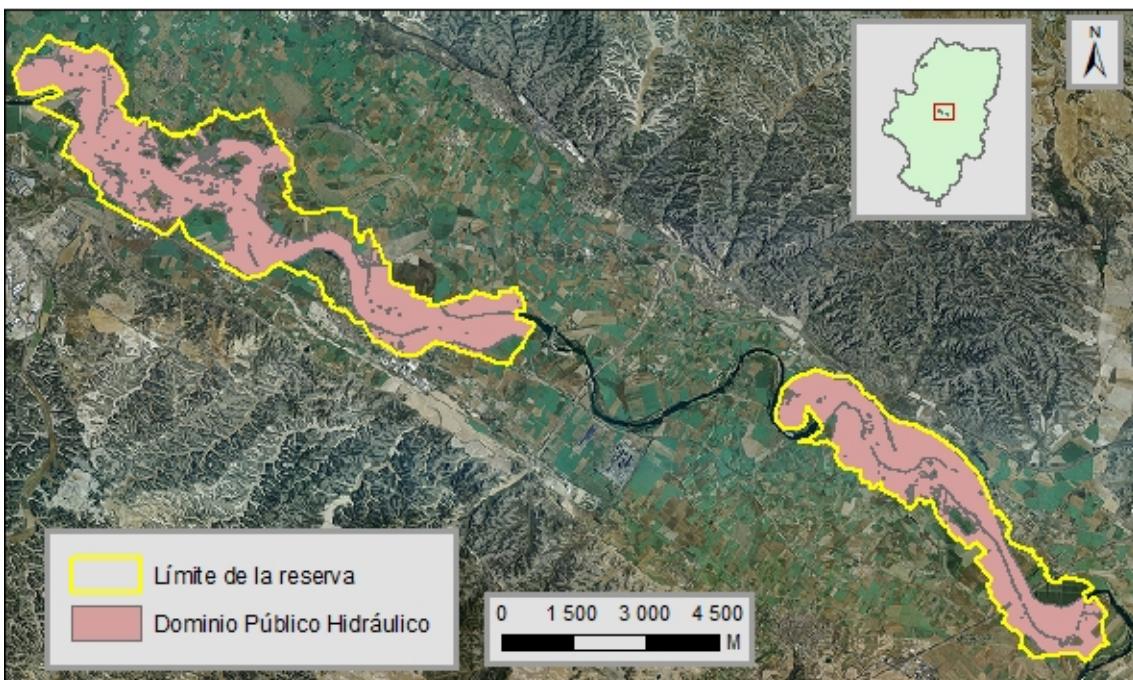
- **Sin datos:**

En los datos de catastro que se han trabajado había parcelas en las que no constaba ningún tipo de propiedad, por lo que se han cartografiado como un apartado más. Son 101,5366 hectáreas las que han quedado integradas en este campo.

Estas hectáreas se agrupan mayormente en tres zonas de la Reserva, en el primer sector, hay dos de estas tres. La primera corresponde a una zona con urbanizaciones muy cercana al río y en la zona de Pastriz y la segunda son unas parcelas agrícolas situadas junto al Centro de Interpretación de los Galachos, cerca del Galacho de la Alfranca. La tercera zona con estas características la encontramos al principio del segundo sector de la Reserva y son campos de cultivo.

### **3.3 Propuestas**

Según la Ley de Aguas de 1985, en los Planes Hidrológicos de Cuenca, en el Plan Hidrológico Nacional y en el Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Ebro (aprobado por la Dirección General de Aragón), las actividades antrópicas que se realicen en el Dominio Público Hidráulico (DPH) deben estar ordenadas por el Gobierno de Aragón. Si se observan las zonas de la Reserva que pertenecen a dicho Dominio Público Hidráulico (figura 5), se puede ver que la mayoría del terreno queda dentro de ese límite. Por lo tanto, todo ese terreno puede ser objeto de una ordenación de las actividades antrópicas.



**Figura 5.** Vista de la reserva y la zona que ocupa el Dominio Público Hidráulico (zona afectada por avenidas con un periodo de retorno de 5 años).

Dicho esto, la primera propuesta que se hace y en concordancia con las conclusiones de la FNCA (2003), es que se ordene el uso agrícola de la zona de la Reserva Natural. Toda parcela agraria privada que esté dentro de la Reserva y del DPH debería dedicarse a una agricultura tradicional. Esto se podría favorecer con medidas como subvenciones eco-condicionadas, seguros agrarios, creando marcas de calidad, etc. Las parcelas públicas, deben de gestionarse para crear corredores verdes, ya sea de forma natural o antrópicamente, como sotos o choperas, que contribuyen a la depuración de las aguas subterráneas del acuífero aluvial y que aumenta el patrimonio natural de los aragoneses.

Cuando se declara una zona con el nivel de protección de “Reserva Natural Dirigida”, lo lógico e ideal sería que todo el territorio que compone esa reserva fuera de propiedad pública, ya sea a nivel estatal o a nivel autonómico. De hecho, en el artículo 21 (Adquisición de bienes en la Reserva Natural) del Decreto 89-2007 del PORN de los Sotos y Galachos del Ebro se dice textualmente: “Para la mejor gestión de la Reserva, el Departamento de Medio Ambiente podrá instar el inicio del expediente administrativo para efectuar la permuta de terrenos situados fuera de la Reserva Natural por aquellos que quedan comprendidos dentro de sus límites, o bien proceder a su adquisición. Así mismo, podrá proponer la expropiación de terrenos y derechos cuando existan riesgos para la conservación del espacio natural.”

Por lo tanto, la segunda propuesta es la de adquirir todo el espacio privado que está dentro de los límites de la Reserva Natural, esto sería, 1673,5 hectáreas (ver apartado 3.2) a expensas de lo que sucediera con las hectáreas que se están investigando, con las que no tenemos datos y con las que son público/privadas.

Según el Real Decreto 1492/2011, de 24 de octubre, el valor que tiene un terreno se calcula con la fórmula: Valor (V) es igual a Beneficio Anual (R) partido por Tipo de actualización (r).

$$V = \frac{R}{r}$$

Los tipos de actualización (r) están también en la Disposición adicional séptima del texto refundido de la Ley de Suelo, donde dice: “Para la capitalización de la renta anual o real potencial de la explotación a que se refiere el apartado 1 del artículo 23, se utilizará como tipo capitalización la última referencia publicada por el Banco de España del rendimiento interno en el mercado secundario de la

deuda pública de plazo entre dos y seis años". En el BOE número 37 de 13 de febrero de 2012, nos aparece el Rendimiento interno en el mercado secundario de la Deuda Pública entre dos y seis años (Deuda Pública): del 4,445 por 100; Sin embargo, tras consultar al economista Jorge Bielsa (comunicación personal), nos dice que para actualizar el futuro, económicamente habría que descontar la inflación esperada, un 2% en la zona Euro (esto es el interés real de la deuda a largo plazo).

Dicho esto, la fórmula quedaría: Valor es igual al Beneficio medio anual del regadío de la zona dividido por 0,02. El beneficio medio por hectárea está entre 350-400 euros (Bielsa et al. 2011). Esto es  $375/0.02 = 18750$  euros/hectárea.

Así pues, el valor de la compra de la zona que pertenece a propietarios privados (ver mapa del apartado 3.2) sería de 1673,5 hectáreas por 18750 euros, lo que nos da un total de 31.378.125 euros. Este valor sería aproximado, para saber con certeza el precio habría que analizar cuantos propietarios permutarían sus tierras de dentro de la reserva por otras que estuvieran fuera, además de conocer las hectáreas totales a comprar (añadiendo las que están investigadas y las que no tenemos datos). Además según PORN expuesto con anterioridad, si en alguna zona se está poniendo en riesgo la conservación de la Reserva Natural, se podrían expropiar dichos terrenos, lo cual supondría un coste menor de esos 18750 euros por hectárea.

A primera vista puede parecer un precio muy elevado por la adquisición de estos terrenos, sin embargo, creemos que a largo plazo resultaría mucho más rentable hacer ese desembolso para la adquisición de terreno que el tener que pagar indemnizaciones cada vez que haya una crecida del río. Esto es una hipótesis que dejamos abierta para posibles estudios posteriores ya que en el marco de este proyecto no se puede avanzar más para corroborarla.

La propuesta de adquirir, por parte de la administración pública, todo el terreno privado que hay en la Reserva natural, debería plantearse a largo plazo, puesto que sería un objetivo bastante complicado de llevar a cabo debido a la cantidad de gente que habría implicada y a la burocracia que haría falta. Por este motivo, pensamos que sería interesante plantearse un objetivo más modesto, lo cual sería más fácil de conseguir y se podría realizar en un espacio de tiempo más reducido.

Si observamos el mapa de las zonas que se inundan en la Reserva Natural con un periodo de retorno de 5 años (figura 5), podemos llegar a la conclusión de que cada 5 años se producen inundaciones que afectan a muchas zonas y, por consiguiente, a muchas personas, lo que supone elevadas pérdidas económicas tanto para los agricultores como para la administración que concede indemnizaciones a los afectados. Por esto, nos parece muy interesante proponer la compra de los terrenos privados que se ven afectados por las inundaciones cada 5 años (figura 5), ya que, como se ha dicho con anterioridad, pensamos que puede ser más rentable para la administración adquirir esos terrenos que el pagar indemnizaciones cada 5 años. Estos terrenos propuestos para una compra por parte de la administración (ver mapas adjuntos en anexos III "propuesta de adquisición" mapas 1 y 2), suman un total de 1023,1 hectáreas, si utilizamos el mismo procedimiento que para el cálculo realizado anteriormente, obtenemos un operación de 1023,1 hectáreas por 18750 euros la hectárea hacen un total de 19.183.125 euros.

Dentro de la Reserva Natural hay varias zonas de propiedad privada que se considera que habría que darles una mayor prioridad a la hora de que la administración las adquiriese (ver mapas adjuntos en anexos IV "propuesta de adquisición" mapas 1 y 2). Estas zonas son terrenos que se sitúan muy cerca del río y en las cuales se desarrolla una vegetación importante que con una protección apropiada pueden albergar importantes masas de sotos. Las zonas propuestas suman un total de 180,5 hectáreas a las que si se le aplica el precio calculado, costarían a la administración un total de 3.384.375 euros.

## 4. DEFENSAS

### 4.1 Metodología

A la hora de llevar a cabo un estudio de las defensas del río que hay en la zona de estudio se han seguido varios pasos. En primer lugar se ha buscado bibliografía en la que apareciera información sobre la localización de las defensas así como de qué están formadas y cuál es su estado actual. Una vez conseguida la mayor información, el siguiente paso fue la realización de varias jornadas de trabajo de campo para comprobar *in situ* cómo estaban las defensas.

Después de recopilar toda la información necesaria, el siguiente paso que se siguió fue el de digitalizar las defensas. Para ello se utilizó una fotografía de la zona con la máxima resolución posible (fotografía del PNOA, descargada del CNIG) como base, además se manejó un Modelo de Elevación Terrestre (resolución de 0,2 metros) para verificar los desniveles del terreno que pertenecen a las defensas y con la información de campo y la bibliográfica se consiguió realizar una capa en la que aparecían todas las defensas de la zona de estudio.

Una vez digitalizadas todas las defensas, hay que analizar cómo responden ante las crecidas que se producen en el río, con el fin de verificar si su emplazamiento es el idóneo o por el contrario no aportan ningún beneficio. Para realizar este análisis, en primer lugar se ha utilizado el ArcGis 10 junto con su extensión HecGeo-Ras 10 para seleccionar las distintas zonas donde realizar dicho análisis así como para introducir las características del terreno que después se utilizarán para la modelización. Después de introducir el área y las características del terreno se exportan los datos al programa Hec-Ras 4.1.0 para realizar el modelo de las avenidas. El modelo se ha realizado en todos los casos para un flujo constante y para unos caudales de 250 m<sup>3</sup>/s, 500 m<sup>3</sup>/s, 750 m<sup>3</sup>/s, 1000 m<sup>3</sup>/s, 1250 m<sup>3</sup>/s, 1500 m<sup>3</sup>/s, 1786 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 2 años según Ollero *et al.* (2004)), 2000 m<sup>3</sup>/s, 2250 m<sup>3</sup>/s, 2451 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 5 años según Ollero *et al.* (2004)), 2891 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 10 años según Ollero *et al.* (2004)), 3000 m<sup>3</sup>/s, 3450 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 25 años según Ollero *et al.* (2004)), 3864 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 50 años según Ollero *et al.* (2004)), 4104 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 75 años según Ollero *et al.* (2004)), 4274 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 100 años según Ollero *et al.* (2004)) y 5222 m<sup>3</sup>/s (periodo de retorno de 500 años según Ollero *et al.* (2004)), sin embargo sólo se han incluido en el trabajo aquellos caudales que realmente reflejaran algún aspecto reseñable para el posterior análisis de crecidas. Por último, estos modelos se vuelven a exportar al programa ArcGis 10, donde se visualizarán con mayor detalle y donde se pueden conjugar estos modelos con otras capas de interés.

Llegados a este punto de trabajo disponemos de una serie de modelos en los que se puede observar cómo se inunda actualmente el terreno a distintos caudales de agua, sin embargo, uno de nuestros objetivos es el de analizar cómo se inundarían determinadas zonas si se modifican o se eliminan las defensas del río en determinados puntos.

Para ello, lo primero que se hizo fue elegir aquellas defensas que deseamos mover o quitar, esto se hizo en base a unas consideraciones que se nos hicieron desde la directiva de gestión de la Reserva que se explican en el apartado de “propuestas” (4.3). Tras elegir las defensas a modificar, el siguiente paso fue el de modelizar el terreno con la nueva distribución de estas, para lo cual utilizamos el software ArcGis 10. Esto se hizo a partir del MDE del terreno, primero se extraen las curvas de nivel (separación de 0,5 metros) de dicho modelo, una vez que se tienen las curvas hay que modificarlas para quitar la elevación que suponen las defensas y trasladar esa elevación a la nueva ubicación de la defensa. Cuando se tiene el nuevo “mapa topográfico” modelizado con las nuevas curvas de nivel hay que hacer un nuevo MDE a partir de esas curvas, lo que nos dará el nuevo Modelo Digital Terrestre con el que realizar el análisis.

En el momento en el que se dispone de este modelo, los pasos a seguir son los mismos que para el caso inicial. Se seleccionan las mismas zonas y las mismas características del terreno que ya se utilizaron en el primer análisis, con la única diferencia que hay introducir el nuevo MDE, luego exportamos

al Hec-Ras, ejecutamos el mismo modelo, con las mismas condiciones (flujo, caudales, etc.) y llevamos estos modelos al ArcGis 10.

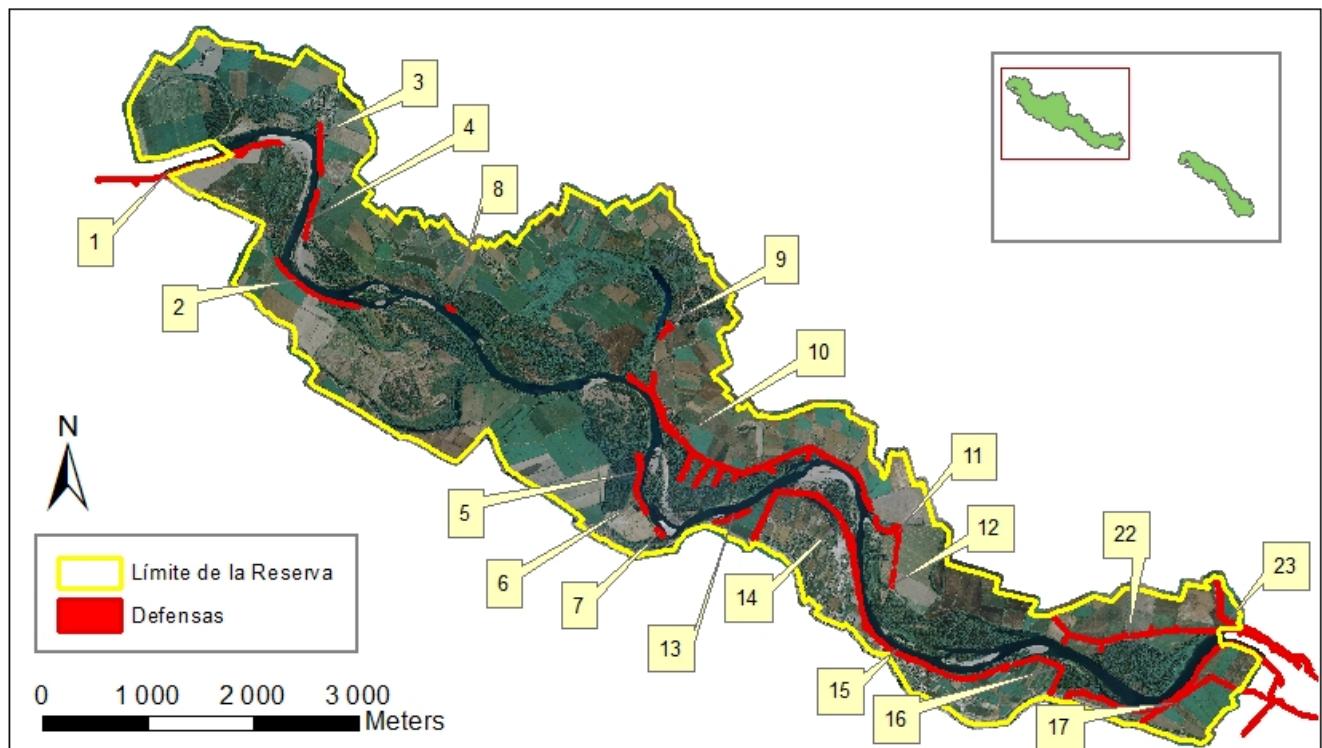
Una vez que se han llevado a cabo estas acciones ya tenemos las capas de cómo se inundará el terreno con las defensas en su ubicación actual y cómo se inundarían con su nueva situación, en función del caudal que circule por el río.

## 4.2 Resultados

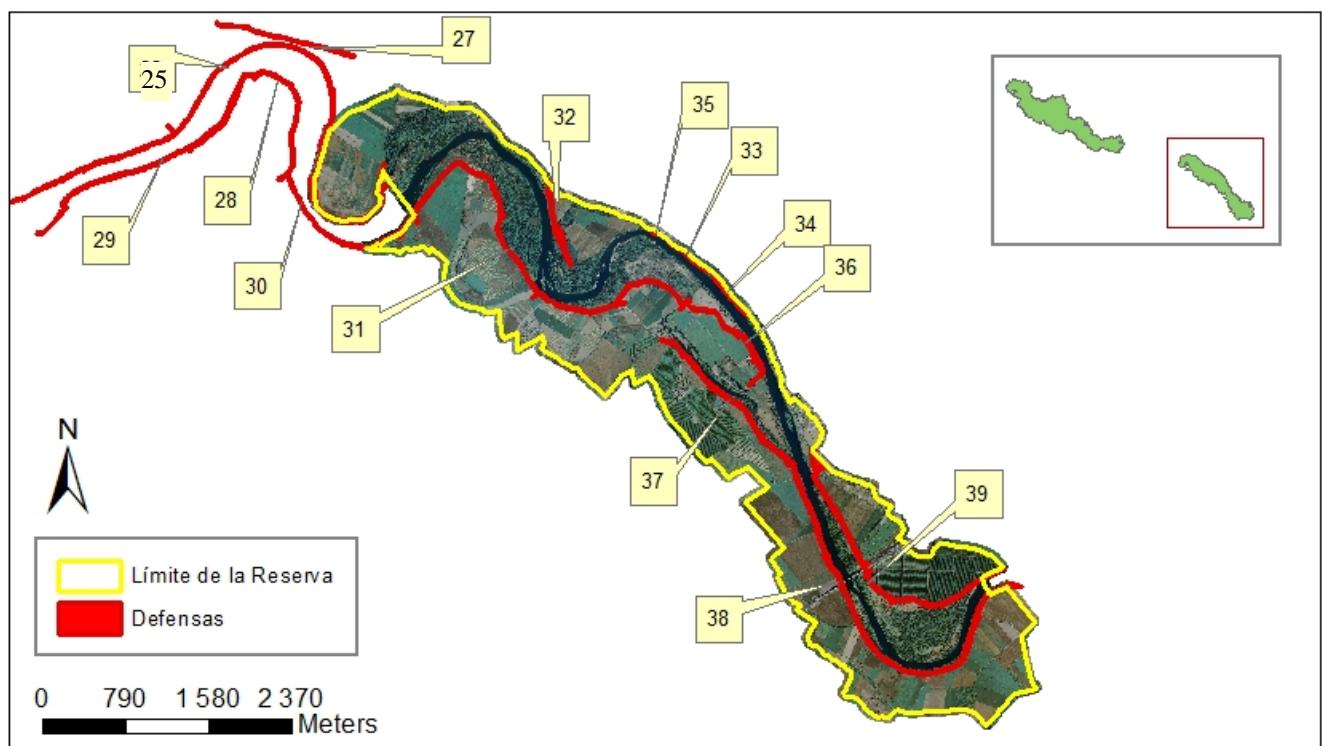
Para este estudio se eligió analizar únicamente el segundo sector de la Reserva Natural debido a la falta de tiempo para realizar un análisis completo de toda la zona de estudio, se consideró que en esta parte de la Reserva era donde más posibilidades reales había para plantear cambios en las defensas del río, ya que se identificaron varios puntos en los que el hecho de que estén las defensas no supone ninguna protección para los campos que defienden ya que se inundan igual, esto es debido a que se encuentran a una altitud muy similar al río y por filtraciones el agua los anega igualmente. En otros casos, estas defensas evitan que se desarrolleen los sotos de ribera.

Los primeros resultados de esta parte del estudio son los relativos al inventario de las defensas. Tras realizar una recopilación de bibliografía y un trabajo de campo se han elaborado los siguientes mapas con la distribución de las defensas que se encuentran en la Reserva Natural (figuras 6 y 7). También se ha elaborado una tabla (tabla 3) con las principales características de estas defensas. En algunos casos no se han podido corroborar los datos consultados en la bibliografía mediante trabajo de campo por motivos de tiempo. Estos datos son anteriores a la gran crecida que tuvo el río en 2003, así que las defensas podrían haber sufrido algunos daños como roturas en algunas zonas o han podido ser recrecidas por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro. Sin embargo, las defensas que han sido analizadas en este trabajo han sido estudiadas y revisadas exhaustivamente con trabajo de campo.

Las defensas objeto de análisis son la número 25 (figura 7 y tabla 3). En este caso se ha modelizado el terreno para ver cómo respondería la zona a distintos caudales de crecida si se modifica la ubicación de la parte final de esa defensa. La número 32 (figura 7 y tabla 3), que se hace el modelo para un supuesto caso de que fuera eliminada. La número 36 (figura 7 y tabla 3), el modelo planteado en este caso es el de eliminar dicha defensa y unir la parte final de la número 31 con el inicio de la defensa número 37 (figura 7 y tabla 3).



**Figura 6.** Primer sector de la Reserva Natural. Las defensas están numeradas según la tabla X.



**Figura 7.** Segundo sector de la Reserva Natural. Las defensas están numeradas según la tabla X.

**Tabla 3.** Tabla con el inventario de las defensas del río en la zona de estudio.

Nº	Término Municipal	Longitud (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Tipo	Margen
1	Zaragoza	4100	1.5	9	Dique de tierra compactada y escombros	Derecha
2	Zaragoza	1600	5	3	Dique de tierra compactada	Derecha
3	Pastriz	1050	2.5	3	Dique de tierra y gravas	Izquierda
4	Pastriz	482	2.5	3	Dique de tierra y gravas	Izquierda
5	El Burgo de Ebro	300	3	2.5	Dique de tierra y gravas	Derecha
6	El Burgo de Ebro	250	2	2.5	Dique de tierra y gravas	Derecha
7	El Burgo de Ebro	103	2	2	Dique de tierra y gravas	Derecha
8	Pastriz	1300	4	2.5	Escombros	Izquierda
9	Pastriz	350	2	2	Muro	Izquierda
10	Pastriz	5550	2	4	Dique de tierra y gravas	Izquierda
11	Pastriz	1200	3.5	3	Espigones	Izquierda
12	Pastriz	1500	4	3	Espigones	Izquierda
13	El Burgo de Ebro	100	2	2	Espigones	Derecha
14	El Burgo de Ebro	1900	2	5	Dique de tierra compactada	Derecha
15	El Burgo de Ebro	2700	2	3	Dique de tierra compactada	Derecha
16	El Burgo de Ebro	765			Dique de tierra y escombro	Derecha
17	El Burgo de Ebro	4050	1.5	2	Dique de tierra compactada	Derecha
18	El Burgo de Ebro	650	2	5	Camino recrecido	Derecha
19	El Burgo de Ebro	1450	-	-	Dique de tierra no compactado	Derecha
20	El Burgo de Ebro	-	-	-	Dique de tierra no compactado	Derecha
21	El Burgo de Ebro	-	-	-	Espigones	Derecha
22	Nuez de Ebro	1700	2	3	Dique de tierra mal compactada	Izquierda
23	Nuez de Ebro	1812	-	-	Muro de hormigón	Izquierda
24	Nuez de Ebro	610	-	-	escollera natural	Izquierda
25	Villafranca de Ebro	8500	2.5	4	Dique de tierra compactada	Izquierda
26	Villafranca de Ebro	495	-	-	Losas	Izquierda
27	Villafranca de Ebro	1330	-	-	escorredero	Izquierda
28	Villafranca de Ebro	1600	3	5	Dique de tierra compactada	Derecha
29	Fuentes de Ebro	1400	2	2.5	Dique de tierra compactada	Derecha
30	Fuentes de Ebro	530	-	-	Muro de hormigón	Derecha
31	Fuentes de Ebro	4100	3	4	Dique de tierra compactada	Derecha
32	Fuentes de Ebro	817	-	-	Dique de tierra y gravas compactadas	Izquierda
33	Osera	456	-	-	Espigones	Izquierda
34	Osera	500	2	4	Dique de tierra y gravas compactadas	Izquierda
35	Osera	100	-	-	Muro	Izquierda
36	Osera	1900	1.5	2	Dique de tierra mal compactada (bajo)	Derecha
37	Osera	1450	2.5	4	Dique de tierra compactada	Derecha
38	Osera	7600	2.5	3	Dique de tierra y grava compactada	Derecha
39	Osera	2750	1.5	3	Dique de tierra compactada	Izquierda

#### 4.2.1. Defensa N° 25.

En primer lugar se ha realizado una modelización de las zonas que se inundan a distintos caudales con la defensa sin modificar (ver mapa de defensas número 1 adjunto en anexos V).

Como se puede apreciar en el mapa adjunto, en una avenida ordinaria de  $750 \text{ m}^3/\text{s}$ , que viene a ser un periodo de retorno de un año, el río ocupa su cauce al completo, inundando zonas que corresponden a antiguas madres que se sitúan muy cerca del propio cauce. Con este caudal, la defensa no tiene ninguna función puesto que el agua no llega a desbordar.

Si el caudal aumenta a  $1786 \text{ m}^3/\text{s}$ , que es un periodo de retorno de 2 años, podemos observar como el agua empieza a anegar el soto que hay inmediatamente aguas abajo de la defensa y ya ocupa totalmente el espacio que tiene entre las defensas de ambos márgenes del río. En esta situación, el agua no desbordaría gracias a las defensas, sin embargo hay que tener en cuenta que en la realidad es muy probable que el agua se filtre a través de las defensas y pase algo al otro lado.

Cuando realizamos la simulación para un caudal de  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$ , podemos apreciar cómo el agua ya superaría la defensa actual por ambos lados. El agua desbordaría por la zona en la que el río está más constreñido por las defensas. En el momento en el que el agua sobrepase la defensa número 25 se empezarían a inundar todos los campos que hay detrás.

A partir de esos  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$ , a medida que aumentamos los caudales se puede ver cómo el agua va inundando cada vez más los campos, tanto los de una margen como los de la otra. Por lo tanto, esta defensa dejaría de ser efectiva a un caudal de  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ahora vamos a ver los resultados de la modelización con la ubicación de la defensa modificada (ver mapa de defensas número 2 adjunto en anexos V).

Cuando tenemos unas avenidas de hasta  $1786 \text{ m}^3/\text{s}$ , el río ocupa su cauce, con algunas pequeñas inundaciones del soto que hay aguas abajo. Es posible que el agua empiece a inundar la parte que hemos dejado fuera de la nueva ubicación de la defensa, sin embargo, en el modelo no se refleja esta inundación.

Si se hace discurrir un caudal de  $2450 \text{ m}^3/\text{s}$  se puede ver cómo el agua ya entra a la nueva parte que queda sin defender, sin embargo no desbordaría la nueva defensa. Además, al darle más amplitud al río, el agua tampoco desbordaría la defensa situada en el margen contrario.

En el momento en que se hace correr el modelo con una crecida de  $2891 \text{ m}^3/\text{s}$ , el río ya saltaría por encima de la defensa modificada, además el agua también entraría a la zona defendida por el soto contiguo al remontar las aguas debido a que, aguas abajo se vuelve a constreñir el cauce del río, lo que represa la masa de agua.

A partir de una avenida con un periodo de retorno de 10 años ( $2891 \text{ m}^3/\text{s}$ ), toda la zona quedaría anegada por las aguas, con la diferencia de que a más caudal, más altura alcanzará el río y más velocidad llevarán esas aguas.

De esta forma, podemos decir que esta nueva ubicación de la defensa sería superada por las avenidas con un caudal no menor de  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$ , es decir, se vería desbordado cada 3 o 4 años.

Al analizar ambos resultados en conjunto se pueden extraer varias conclusiones. En primer lugar, con la nueva ubicación de la defensa, para las crecidas de  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$  los campos defendidos no se inundarían mientras que tal y como está ahora sí que les entraría el agua. Por otro lado, al ampliar la zona de desbordamiento que tiene el río, el agua dispone de más espacio, lo que hace que no se desborde tampoco por la margen contraria y que baje su energía, mitigando los efectos de la crecida.

#### 4.2.2. Defensa N° 32

Al ver los resultados del estudio de inundaciones con la defensa tal y como está en la actualidad (ver mapa de defensas número 3 adjunto en anexos V), podemos decir lo siguiente.

En el caso de que se produzca una avenida de  $750 \text{ m}^3/\text{s}$  el río no desborda por ningún sitio, ocuparía la totalidad de su cauce y las zonas más bajas y próximas al cauce. Si el cauce que discurriera fuera de  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ , vemos cómo el río inundaría algo más las zonas de ribera, especialmente el soto que se encuentra al final de la defensa.

En el momento en el que el río circulara con un caudal de  $1786 \text{ m}^3/\text{s}$ , es decir, un periodo de retorno de 2 años, el agua ya salvaría la defensa que estamos estudiando e inundaría parte de los campos que allí se encuentran, además sólo la parte más alta del soto quedaría libre de aguas. También se puede apreciar cómo el río se desbordaría por su margen derecha.

Cuando subimos el caudal hasta los  $2450 \text{ m}^3/\text{s}$  (periodo de retorno de 5 años), se ve como el agua ha abierto un nuevo camino y únicamente deja una isla en medio de los campos que protegía esta defensa. El soto ya está completamente inundado y en la margen derecha el agua ocupa mucho más espacio.

En el modelo resultante para un periodo de retorno de la crecida de 10 años, es decir,  $2891 \text{ m}^3/\text{s}$ , vemos que el agua ha reducido la “isla” que queda en los campos y el agua ocupa una gran parte de la zona de estudio.

En el momento en el que aumentamos el caudal hasta los  $3450 \text{ m}^3/\text{s}$ , el agua anega todos los campos de cultivo, dejando al descubierto únicamente las zonas más altas. A partir de este caudal el agua coge más velocidad y más altura, pero ya ocupa prácticamente todo el espacio de la llanura de inundación.

En el momento en el que ponemos en marcha el modelo con la nueva topografía, es decir, eliminando la barrera que supone la defensa (ver mapa de defensas número 4), se pueden apreciar las diferencias que habría. Para un caudal de  $750 \text{ m}^3/\text{s}$ , el modelo refleja que no varía el comportamiento del agua, cosa que es lógica porque el agua aún no ha llegado a la altura a la que se encontraba la defensa. Si aumentamos el caudal a  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$  el agua ya empezaría a entrar a los campos pero estaría justo en el límite de desbordamiento, por lo que la afección a éstos sería muy baja. A partir del los  $1786 \text{ m}^3/\text{s}$  el agua entraría de una forma más abúndante, con este caudal, aparte de inundar el soto de una forma bastante extensa, la zona que estaba protegida por la defensa empezaría a sufrir inundaciones más importantes, sobre todo las zonas más bajas.

El siguiente caudal utilizado para la modelización es el correspondiente a un periodo de retorno de 5 años, es decir,  $2450 \text{ m}^3/\text{s}$ . Si observamos los resultados podemos destacar que ya se ha formado la “isla” en los campos que estaban defendidos, además, el soto ya está prácticamente anegado por el agua.

Si aumentamos el caudal hasta los  $2891 \text{ m}^3/\text{s}$ , se puede apreciar que la zona ya se encuentra inundada en casi toda su totalidad, por lo tanto, a partir de este caudal, se produce un aumento en la velocidad de las aguas pero no aumenta considerablemente el área afecta.

Una vez que se han realizado ambos modelos, hay que compararlos. En esta ocasión, la primera diferencia en el comportamiento del agua se produce cuando modelizamos un caudal de  $1250 \text{ m}^3/\text{s}$ . Con la situación actual, el agua no llega a los campos que están al otro lado de la defensa, mientras que con el modelo en el que no hay defensa, el agua empieza a inundar esos campos a partir de dicho caudal.

En el siguiente caudal analizado,  $1786 \text{ m}^3/\text{s}$ , vemos como el agua entra en los dos modelos. Cabe destacar que hasta se inunda un poco más estando la defensa que en el caso de eliminarla. Pensamos que esto se puede deber a que si está la defensa, el río está más constreñido, el agua tiene menos espacio para ocupar y se produce una acumulación de agua mayor en la zona de cauce, lo cual provoca que para un mismo caudal, el agua alcance una altura mayor y por consiguiente entre más agua a la zona defendida. A partir de estos caudales, se puede ver cómo la defensa hace que se necesite algo más de caudal para inundarse completamente la zona, de tal forma que para el modelo sin defensa, a los  $2891 \text{ m}^3/\text{s}$ , tenemos prácticamente toda la zona inundada, mientras que el terreno defendido necesita superar los  $3000 \text{ m}^3/\text{s}$  para inundarse totalmente.

La conclusión final que obtenemos es que la defensa consigue retrasar que el agua entre a los campos cuando las crecidas son pequeñas, pero que en el momento en el que tenemos una crecida con un periodo de retorno de dos años, la defensa no evita que esas tierras queden inundadas.

#### 4.2.3. Defensa N° 36.

Los resultados del estudio de inundaciones para la defensa número 36 (ver figura 7) en la ubicación actual, se pueden ver en el mapa que se adjunta en los anexos V, denominado “mapa de defensas número 5”.

Como en todos los casos anteriores, el estudio refleja que si el río baja con un caudal de unos 750 m<sup>3</sup>/s discurre ocupando totalmente por su cauce, sin llegar a desbordarse por ningún sitio. Es para el siguiente caudal estudiado, 1250 m<sup>3</sup>/s, cuando vemos algunas zonas en las que el agua ocupa espacios externos a dicho cauce, concretamente se ve una franja casi paralela al río y una pequeña parcela. La franja que vemos que se inunda, realmente es un canal del propio río, que conecta aguas abajo con el mismo. El modelo ha reflejado que se inunda pero realmente esa zona es una superficie de agua libre. En el caso de la parcela contigua que aparece como anegada, es porque se encuentra más baja que el terreno adyacente y al aumentar el nivel en el canal, el agua desbordaría éste por algún punto y saldría en cantidades muy pequeñas que formarían pequeños charcos en esa parcela.

Cuando ejecutamos el modelo para un caudal de 1786 m<sup>3</sup>/s, el agua empezaría a meterse por la parte en la que termina la defensa, remontando ligeramente el terreno y afectando a unas pocas parcelas. En el momento en el que se modeliza para un caudal de 2450 m<sup>3</sup>/s, se puede ver cómo el agua ya sobrepasa la defensa e inunda toda la zona comprendida entre la defensa estudiada y la defensa que está más externa, la número 37 (ver figura 7), la cual, vemos que el agua no supera. Para que el agua salte por encima de la defensa número 37, y sólo por algunas zonas, necesitamos una crecida con un periodo de retorno de 10 años (2891 m<sup>3</sup>/s). A partir de ahí, cuanta más agua circule más zonas se verán afectadas, siendo en la crecida de los 100 años cuando toda la zona se inundaría.

A continuación analizamos los resultados que nos daría la misma zona de estudio pero quitando la defensa número 36 (figura 7) y enlazando la parte final de la defensa número 31 con la defensa número 37 (ver figura 7). Estos resultados se adjuntan en el mapa de defensas número 6, en anexos V.

Los resultados obtenidos para la ejecución del modelo con unos caudales de 750 m<sup>3</sup>/s y de 1250 m<sup>3</sup>/s son los mismos que en el modelo en el que están las defensas sin modificar. Las primeras diferencias se observan cuando hacemos circular un caudal de 1786 m<sup>3</sup>/s. En este caso, vemos como el agua ocuparía gran parte del espacio que hay entre el cauce del río y la nueva ubicación de las defensas, aunque no alcanzaría una elevada altura ni gran velocidad. Para un caudal de 2450 m<sup>3</sup>/s el agua ya ocuparía toda la zona hasta la defensa 37 y se saldría el agua en varios puntos por encima de esta. Como es lógico, el modelo da unos resultados casi idénticos para otros caudales más elevados como 2891 m<sup>3</sup>/s, 3450 m<sup>3</sup>/s y 4247 m<sup>3</sup>/s, ya que es estos casos la defensa que afectaría no se ha modificado.

En el caso de esta defensa, la diferencia entre la nueva ubicación estudiada y la ubicación actual, sería que para unos caudales que estuvieran entre los 1300 m<sup>3</sup>/s y los 2000 m<sup>3</sup>/s, aproximadamente, el agua ocuparía un mayor espacio con la nueva situación de las defensas, sin embargo, en el momento en el que los caudales que circularan por el río superaran esos 2000 m<sup>3</sup>/s, las inundaciones que se producirían serían prácticamente similares.

### 4.3. Propuestas

Según el estudio realizado por el Instituto Pirenaico de Ecología (IPE) en febrero de 2008, la dinámica fluvial se ha visto reducida como consecuencia de la construcción de escolleras y de motas en los márgenes del río. Por ello, proponen la eliminación o reubicación de las motas a fin de eliminar su efecto de frenado y facilitar la regeneración natural del bosque de ribera a través de inundaciones periódicas.

Realizando un análisis en conjunto de los mapas: “*Defensas*”, “*Tipo de propiedad*” e “*Hidromorfología, vegetación y usos del suelo*”, elaborados para el Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro, se han planteado una serie de propuestas específicas de gestión encaminadas a la resolución de los problemas expuestos por el IPE.

Para elaborar las propuestas se han tenido en cuenta una serie de condiciones asignadas por parte de la directiva que gestiona la Reserva Natural Dirigida de los Galachos de La Alfranca de Pastriz, La Cartuja y El Burgo de Ebro, como son:

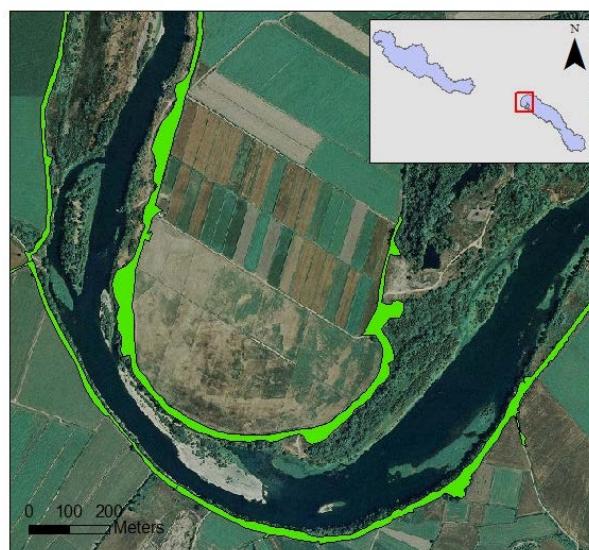
- Tipos de propiedad:
  - Evitar que se inunden zonas de propiedad privada, por lo tanto, sólo se pueden proponer actuaciones que afecten a terrenos de uso público, con el fin de evitar conflictos con los propietarios particulares.
  - Dentro de las zonas de propiedad pública, hay que evitar, en la medida de lo posible, inundar parcelas de uso agrícola, salvo que sea una medida excepcionalmente necesaria para la restauración de los hábitats de la Reserva.
- Defensas:
  - Evitar que se quiten o desplacen defensas como espigones, ya que supondría un costo económico demasiado elevado.
- Hidromorfología, vegetación y usos del suelo:
  - Facilitar la inundación de sotos, principalmente aquellos que se encuentren en una situación de degradación o en condiciones de poder ampliarse su superficie en un futuro.
  - Quedan excluidas aquellas actuaciones que afecten negativamente a los núcleos poblacionales.

Las zonas que cumplen el conjunto de estos requisitos se han localizado fundamentalmente en el sector recientemente ampliado de la Reserva.

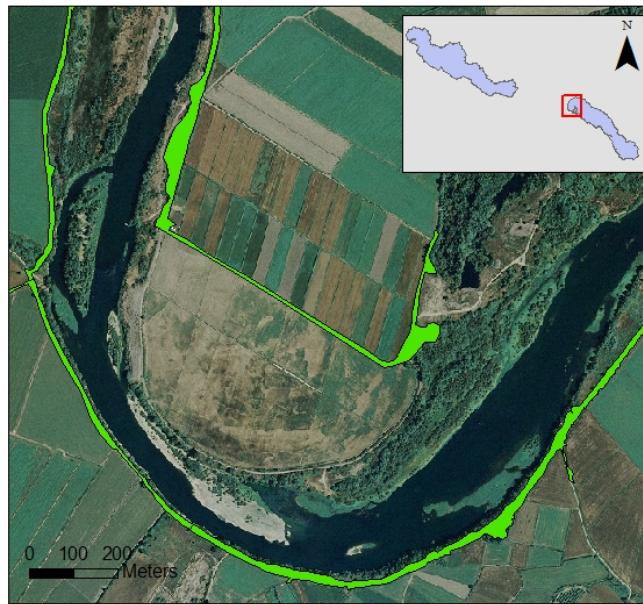
Una vez analizado estos condicionantes, se exponen las siguientes propuestas de actuación:

- Propuesta 1:

Modificar la parte final de la defensa número 25 (figura 8 y figura 9), a partir de la zona que bordea el meandro en la margen izquierda. La defensa pasaría de bordear el cauce del río a proteger la zona de parcelas agrícolas, dejando como zona inundable la actual plantación de chopos. Esta nueva zona se inundaría con un caudal aproximado de  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , esto es un periodo de retorno de 2,5 años aproximadamente (ver mapa de defensas número 2 de anexo V).



**Figura 8:** vista de la defensa con su ubicación actual.

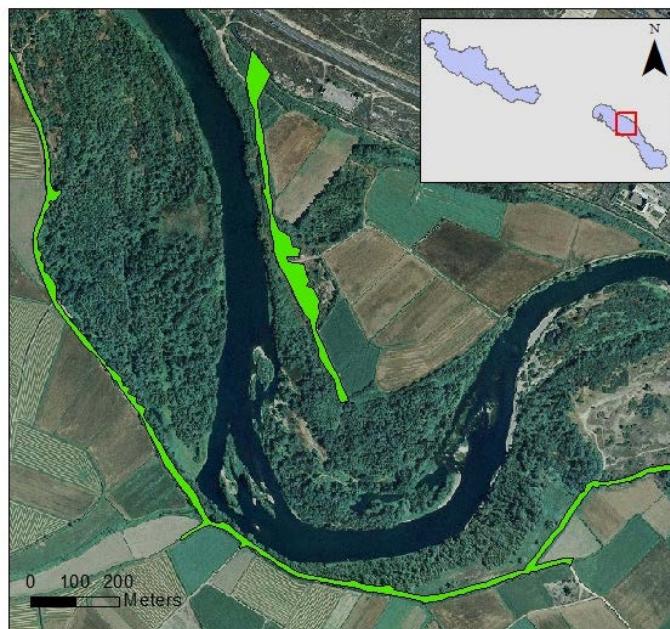


**Figura 9:** vista de la defensa con la nueva ubicación propuesta.

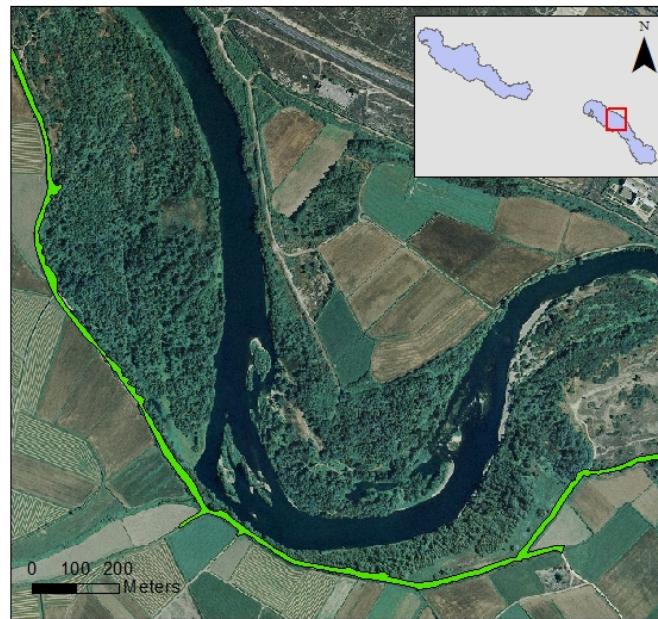
Con esta actuación se pretende, en primer lugar, favorecer la regeneración natural de este espacio, con el fin de ampliar el soto de la Mejana del Marqués. En segundo lugar, se aliviaría la descarga de energía en este tramo del río, evitando un desbordamiento que afectaría a zonas urbanizadas y superficies agrícolas. Según el modelo realizado con Hec Ras, a un caudal de  $2450 \text{ m}^3/\text{s}$  esta zona se desbordaría y a un caudal de  $2250 \text{ m}^3/\text{s}$  no se desborda.

Propuesta 2:

Eliminar la defensa número 32 situada en el Soto de Villafranca (figura 10 y 11). De esta forma, el soto se inundaría progresivamente a partir de los  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  hasta inundarse totalmente a los  $2450 \text{ m}^3/\text{s}$ , que se traduce en un periodo de retorno de unos 5 años.



**Figura 10.** vista de la posición actual de la mota.

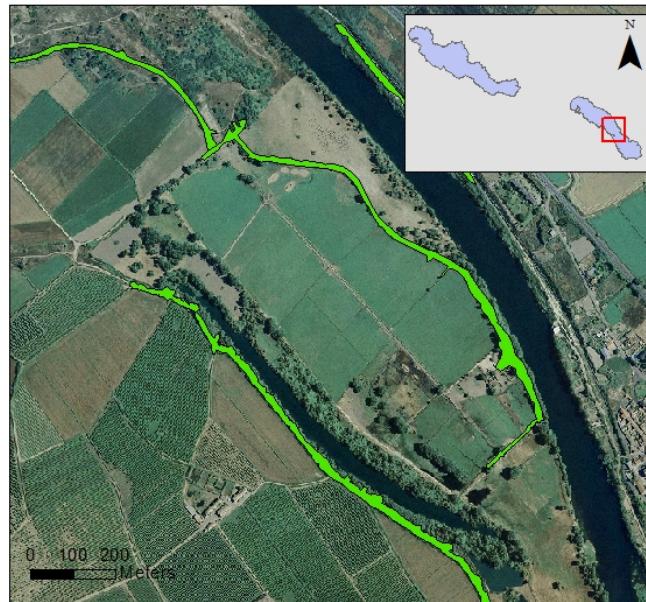


**Figura 11:** Vista de la zona sin defensa.

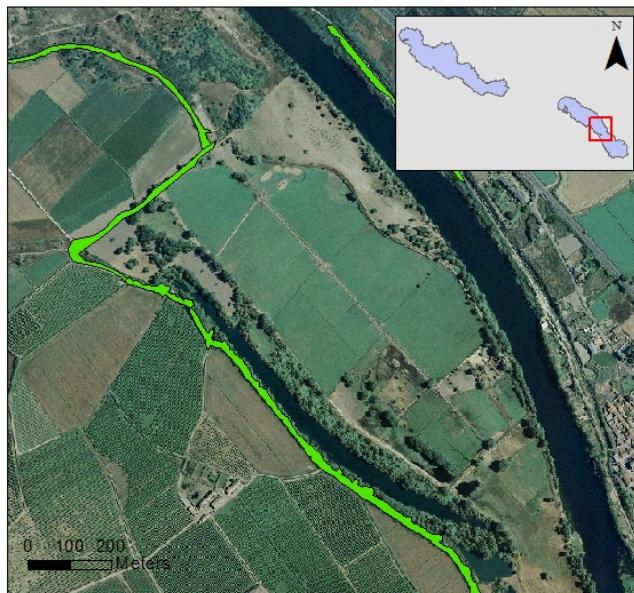
Con ello se pretende ampliar el soto, ya que se encuentra muy constreñido por la actividad agrícola, así como, por la intrusión de cañas dentro del mismo.

- Propuesta 3:

Modificar la ubicación de la defensa 36, situada en la Mejana de las Viudas y soto de Osera, para unir las defensas 31 y 37 (figuras 12 y 13). El nuevo espacio sin defender pasaría a ser una zona que se inundaría a partir de avenidas con un periodo de retorno de menos de dos años, es decir,  $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ .



**Figura 12:** Vista de la mota tal y como está en la actualidad.



**Figura 13:** vista del resultado de eliminar parte de la defensa y unirla con las otras dos.

Con esta nueva ubicación de la defensa se pretende conseguir una nueva zona de ampliación del soto, que actualmente se encuentra muy degradado debido al sobrepastoreo y a la actividad agrícola. Además, esto facilitaría una conectividad hídrica del Galacho con el río, que aparece protegido por las defensas en sus alrededores, imposibilitando la entrada de agua proveniente de las avenidas. Por otra parte, esto favorecería también el ensanchamiento del río en esta zona, minimizando los efectos de las avenidas aguas abajo.

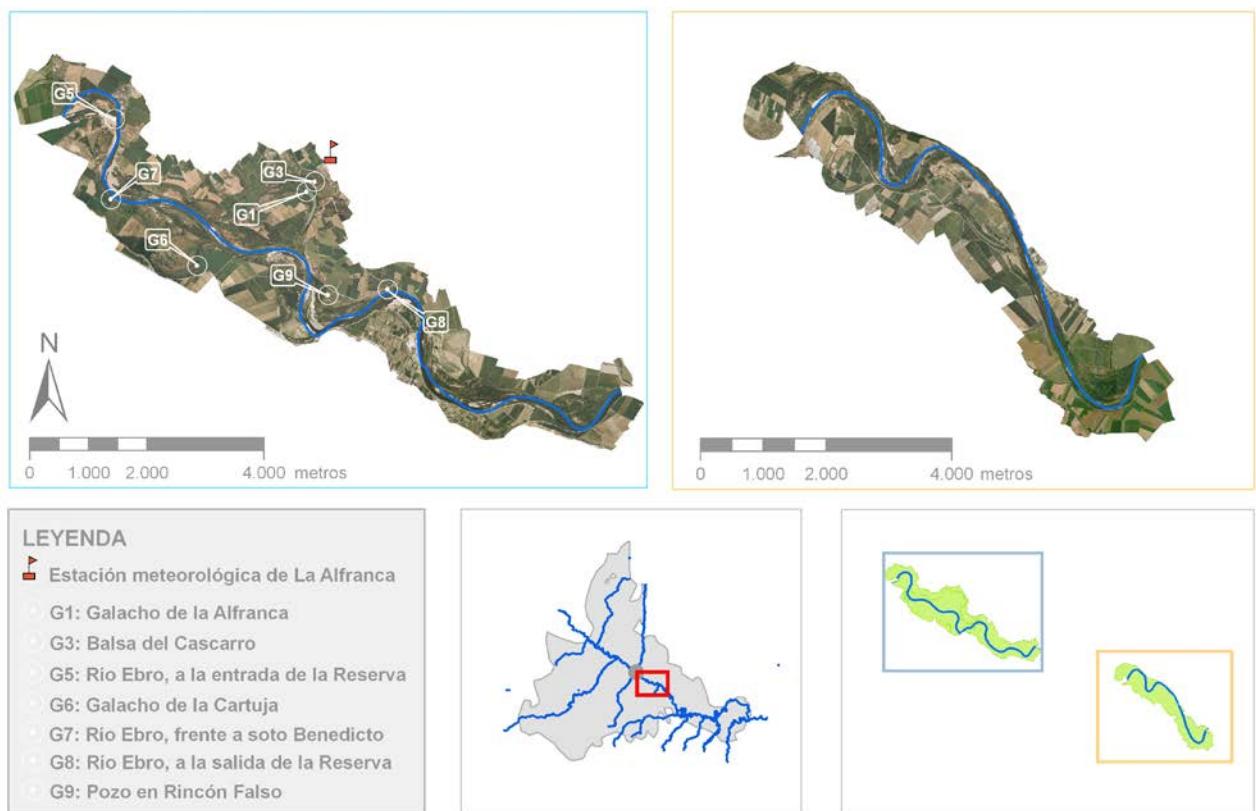
La permeabilización, el retranqueamiento y la eliminación de defensas ayudarían, por una parte, a mantener un espacio con un mayor grado de heterogeneidad del paisaje por su mayor diversidad de vegetación, y, por otra parte, paliaría las tendencias futuras que se esperan en cuanto al comportamiento de la dinámica del río.

## 5. OTRAS TAREAS

Durante la realización de las prácticas, también se han llevado a cabo otras actividades ajenas a los temas de “defensas” y “parcelario.

La primera tarea fue la de recoger una serie de muestras para realizar el informe anual del “plan de seguimiento ecológico de la Reserva Natural Dirigida de los sotos y galachos del Ebro (Zaragoza)”. Estas muestras se recogen en once puntos, nueve de ellos son los que aparecen en la figura 14.

## PUNTOS DE MUESTREO DE LOS PROGRAMAS METEOROLÓGICO E HIDROLÓGICO



Fuentes de datos: Sistema de Información Territorial de Aragón, 2009; CHE, 2009; elaboración propia.

**Figura 14.** Zonas de muestreo dentro de la Reserva Natural.

La finalidad de estas muestras es la de hacer un seguimiento de distintos indicadores que sirven para ver cómo evoluciona la calidad de aguas de la reserva. Estos indicadores son los establecidos por la Directiva Marco del Agua y son los siguientes:

- Temperatura del agua.
- Temperatura del agua máxima y mínima.
- pH.
- Conductividad.
- Óxido disuelto.
- Total sales disueltas.
- Cationes y aniones.
- Alcalinidad.
- Nitratos, nitritos, amonio y fosfatos.
- DBO y DQO.
- Materia en suspensión.
- Metales y metaloides.
- Plaguicidas.
- Fenoles e hidrocarburos.

Otra tarea que se llevó a cabo durante estas prácticas fue la de hacer un recorrido en barca por el galacho de la Alfranca. Este recorrido se hizo con la finalidad de conocer mejor este tipo de humedales que tienen tantísima variedad de especies de fauna y de flora. Durante el recorrido, estuvimos observando cómo se controla la población de galápagos, pudiendo ver las trampas que se utilizan para su captura. También pudimos observar cómo se buscan los rastros de posibles especies invasoras, en este caso concreto, estuvimos siguiendo el rastro de un castor que se ha instalado en la Reserva. Otra de las cosas que vimos fue la instalación de una cámara fotográfica que se instala en una zona de paso de los

animales para que ésta se dispare automáticamente y se puedan observar todos los animales que pasan por ese punto. Por último, pudimos ver una colonia de murciélagos que habita en la Reserva Natural, se les ha habilitado una antigua estación de bombeo para que tengan allí un espacio apropiado para su cría.

## 6. DIAGNÓSTICO FINAL Y CONCLUSIONES

Al revisar el mapa obtenido de la representación del tipo de propiedad que hay en la Reserva Natural, llama la atención la cantidad de espacio privado que hay en todo el área protegida, pero además, en zonas muy próximas al cauce del río (Dominio Público Hidráulico). Esto es algo que está regulado por ley y que no se está prestando la atención necesaria. Analizando todos los datos y resultados obtenidos llegamos a la conclusión de que la zona que se ha declarado como Reserva Natural tiene unos condicionantes importantes para llevar a cabo todas las medidas que deberían tomarse en un área protegida con el rango de Reserva Natural Dirigida. Por lo tanto, pensamos que sería más lógico catalogar esta zona como área protegida pero con un rango menor, esto implicaría ciertas limitaciones que garantizarían una conservación medioambiental pero serían perfectamente aplicables. Con la catalogación que tiene actualmente esta zona deberían tomarse muchas medidas para respetar totalmente las leyes que la protegen, cosa que además de difícil sería objeto de numerosas quejas por parte de los afectados.

En cuanto al tema de las defensas del río, la primera conclusión que se obtiene, con un simple vistazo a la ubicación de éstas a lo largo de toda la ribera es que el río se encuentra completamente limitado para poder seguir su evolución natural. Esta evolución es típica de un río meandriforme, es decir, la de formar meandros nuevos y abandonar los actuales. Esto supone una gran pérdida desde el punto de vista ambiental, ya que si el río no puede variar su curso, no se pueden formar nuevos galachos. Si tenemos en cuenta que la vida de un galacho es de varias décadas, se puede deducir que los galachos son un hábitat en peligro de extinción.

Después de haber realizado varias modelizaciones del terreno eliminando alguna defensa, podemos concluir que hay numerosas defensas que no cumplen una función relevante a la hora de evitar inundaciones, si no que cuando las crecidas del río son extraordinarias, estas defensas actúan de barreras que provocan que en las zonas en las que no hay defensas el agua inunde el territorio de una forma más importante.

Habría que realizar un exhaustivo análisis de todas las defensas que hay en el río Ebro y ver cuales de ellas tienen una función real de minimizar los riesgos derivados de las inundaciones y cuales no, con el objetivo final de reubicar o eliminar las que no sean efectivas para devolver al río su espacio natural.

Por último, queremos hacer constatar que con la realización de este trabajo se han conseguido los objetivos planteados inicialmente. En el tema del parcelario, los resultados han alcanzado todas las expectativas creadas, mientras que en el caso de las defensas, los resultados obtenidos también han sido satisfactorios y acordes con los objetivos planteados, si bien es verdad, que la zona analizada no ha podido abarcar todo el terreno de la Reserva Natural debido a la falta de tiempo.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Bielsa J., Cazcarro, I. y Sancho, Y. (2011). "Integration of hydrological and economic approaches to water and land management in Mediterranean climates: an initial case study in agriculture". Spanish journal of agricultural research, 9(4):1076-1088.
- Cabezas, A. (2010): "*Restoring the Middle Ebro Floodplains*", Environmental Remediation Technologies, Regulations and Safety Series. Nivinka eds. pp. 65.
- España. Real Decreto 1492/2011, de 24 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de valoraciones de la Ley de Suelo. Boletín Oficial del Estado, 9 de noviembre de 2011, nº 270.
- España. Boletín Oficial del Estado, núm. 37 de 13 de febrero de 2012, páginas 6224 a 6225 (2 págs.).
- Grupo de Investigación en Restauración Ecológica (2008): "Estudio ecológico de los medios acuáticos e inundables de la reserva natural de los Galachos de la Alfranca, El Burgo y Pastriz. Establecimiento de propuestas de gestión y restauración". Informe final IPE-CSIC.
- Magdaleno, F. (2011): "*Evolución hidrogeomorfológica del sector central del río Ebro a lo largo del Siglo XX. Implicaciones ecológicas para su restauración.*". Director: José Anastasio Fernández Yuste. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. pp. 91.
- Ollero, A. (1992): "Los meandros libres del Río Ebro (Logroño-La Zaida): Geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos". Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, pp. 1138.
- Ollero, A.; Sánchez, M.; Losada, J.A.; y Hernández, C. (2004): "El comportamiento hídrico del río Ebro en su recorrido por Aragón", Peña, J. L., Longares, L. A.; Sánchez, M. (eds). Geografía física de Aragón. Universidad de Zaragoza.
- Ollero, A. (1995): "*Dinámica reciente del cauce del Ebro en la Reserva Natural de los Galachos (Zaragoza)*". Cuaternario y Geomorfología, 9 (3-4), pág. 85-93.
- Ollero, A. (1996): "El curso medio del Ebro: geomorfología fluvial, ecogeografía y riesgos." Ed. Consejo de protección de la naturaleza de Aragón. Colección CPNA. Serie investigación. Pp. 311.
- GINCA (2003): "Aproximación a la Calidad Ambiental del Río Ebro (El Bocal-Presa de Pina)", CD interactivo dentro de *Estudio para la gestión ambiental del tramo aragonés del Ebro, 1ª Fase*, Alfredo Ollero (Coord.), Universidad de Zaragoza.

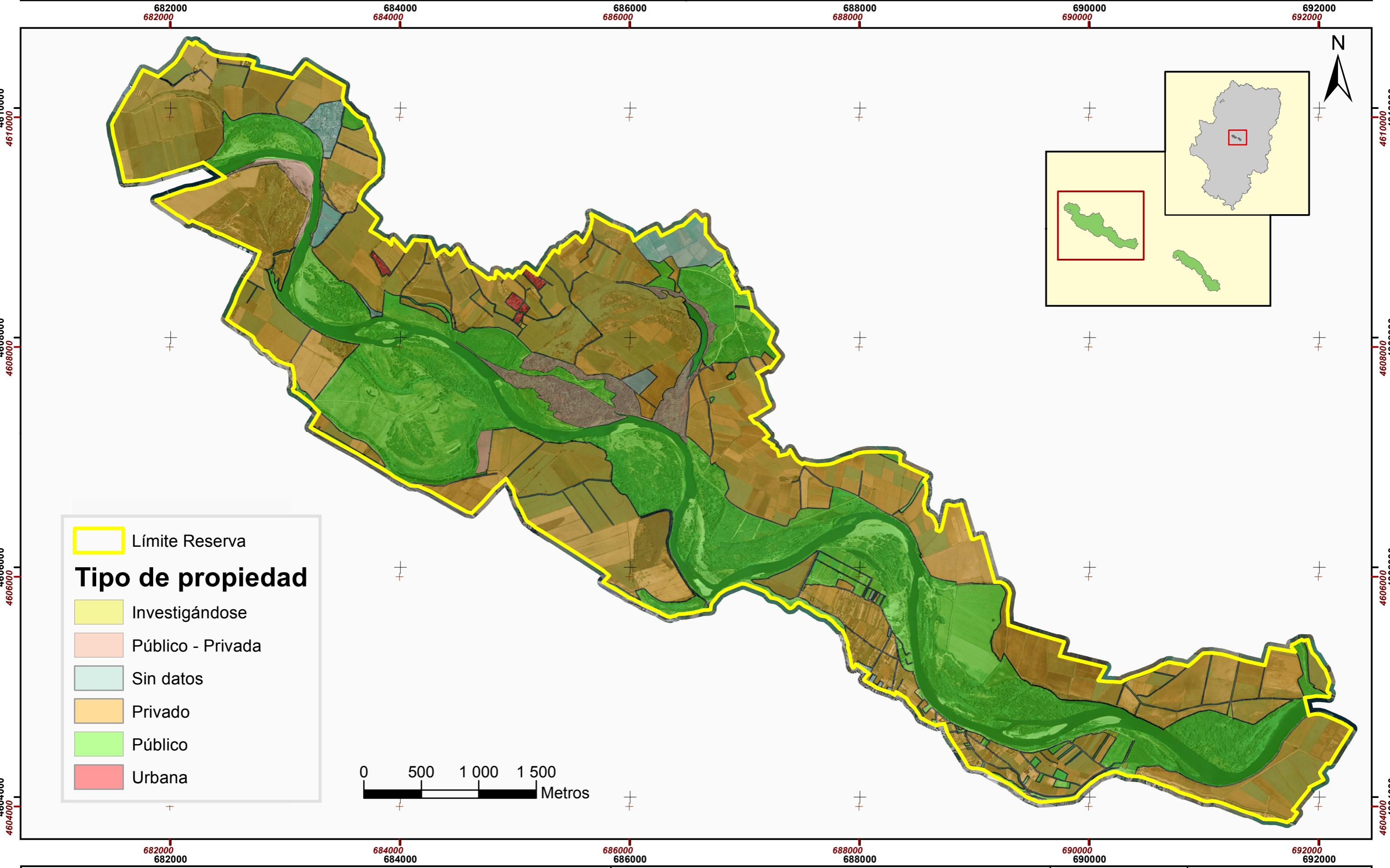
**ANEXOS I**

**MAPAS TIPO DE PROPIEDAD**

**ESCALA 1:30.000**

# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



**ANEXOS II**

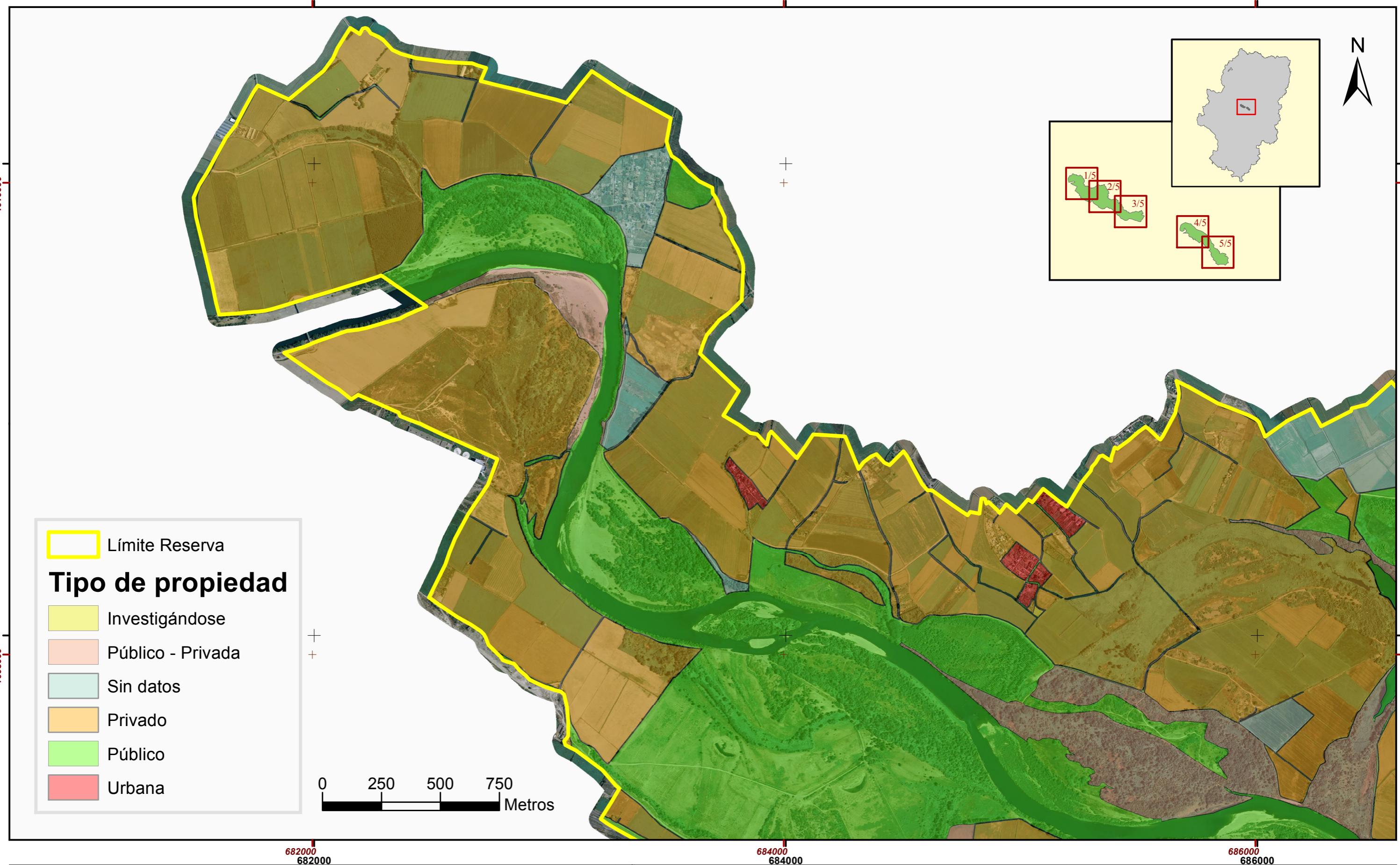
**MAPAS**

**TIPO DE PROPIEDAD**

**ESCALA 1:5.000**

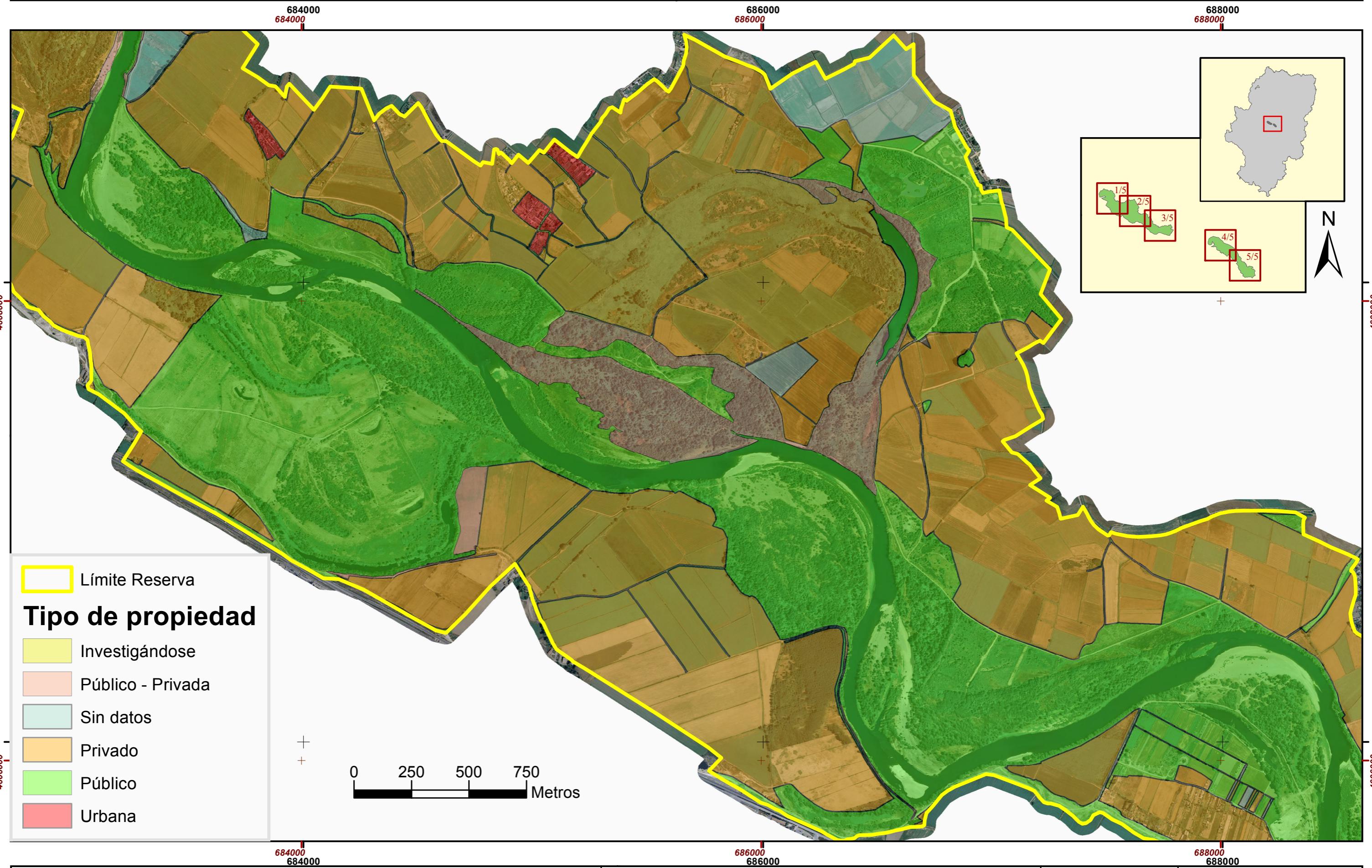
# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Tipo de propiedad

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Tipo de propiedad

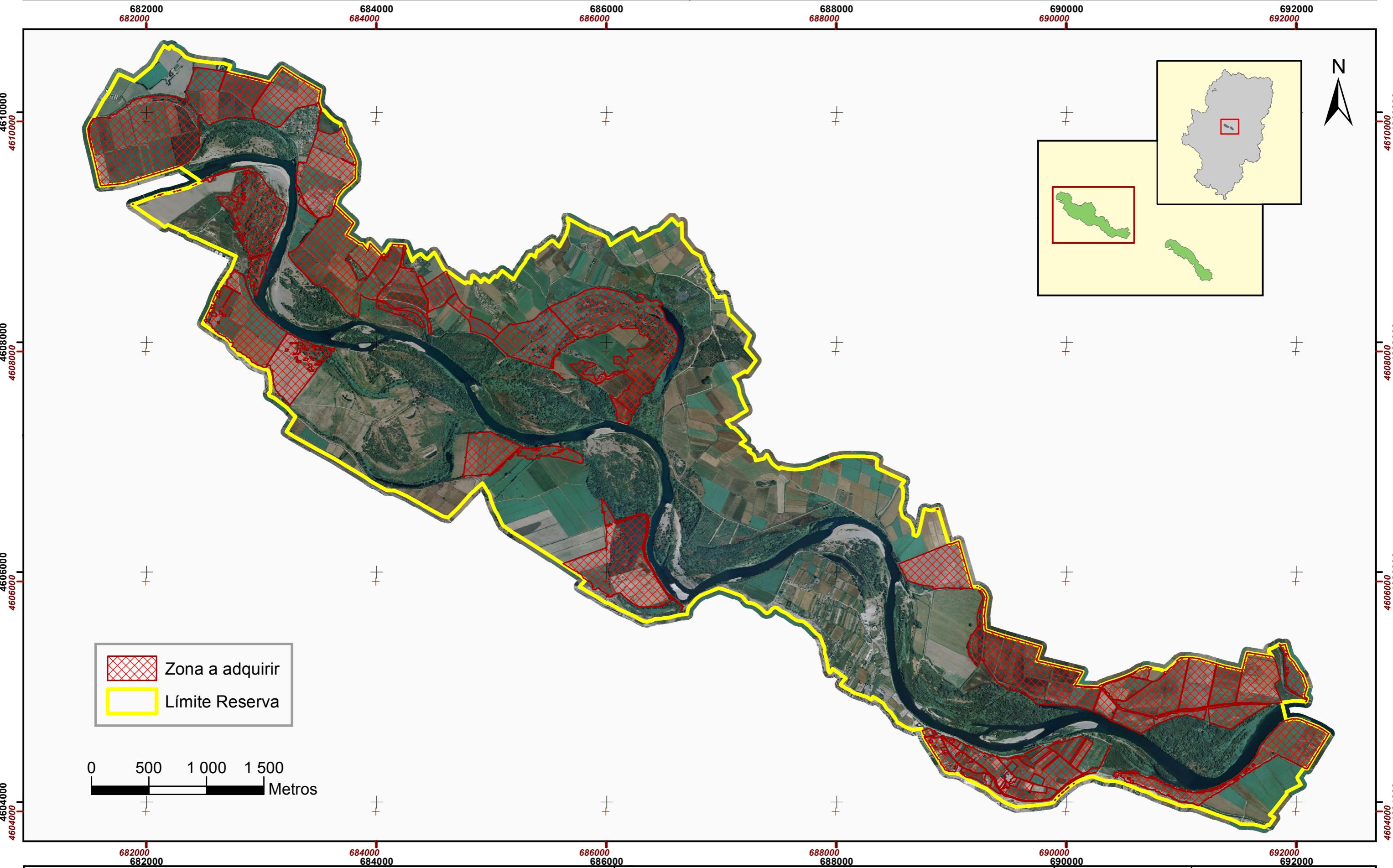
# *Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro*



**ANEXOS III**  
**MAPAS**  
**PROPUESTA DE ADQUISICIÓN**

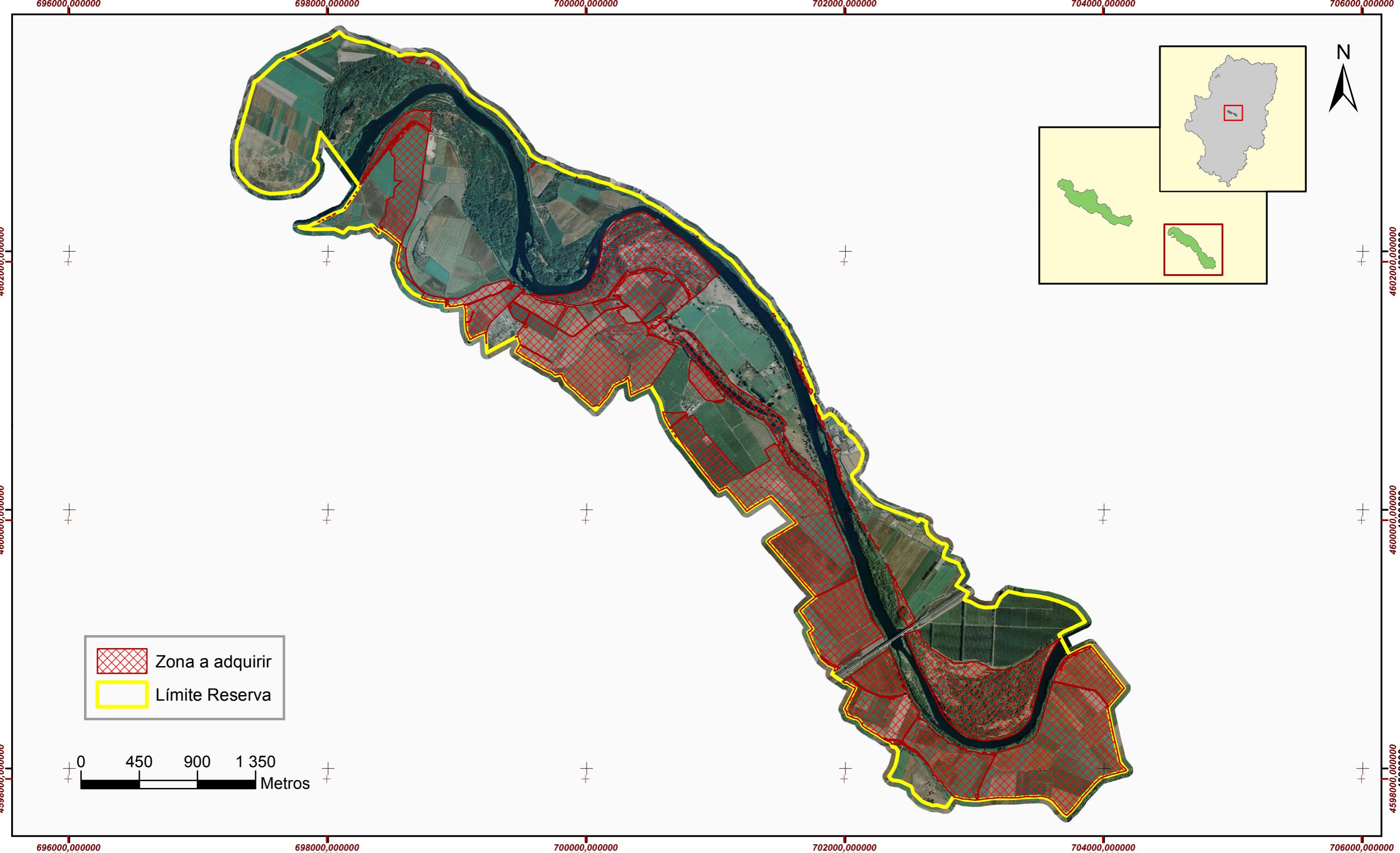
# Propuesta de adquisición

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Propuesta de adquisición

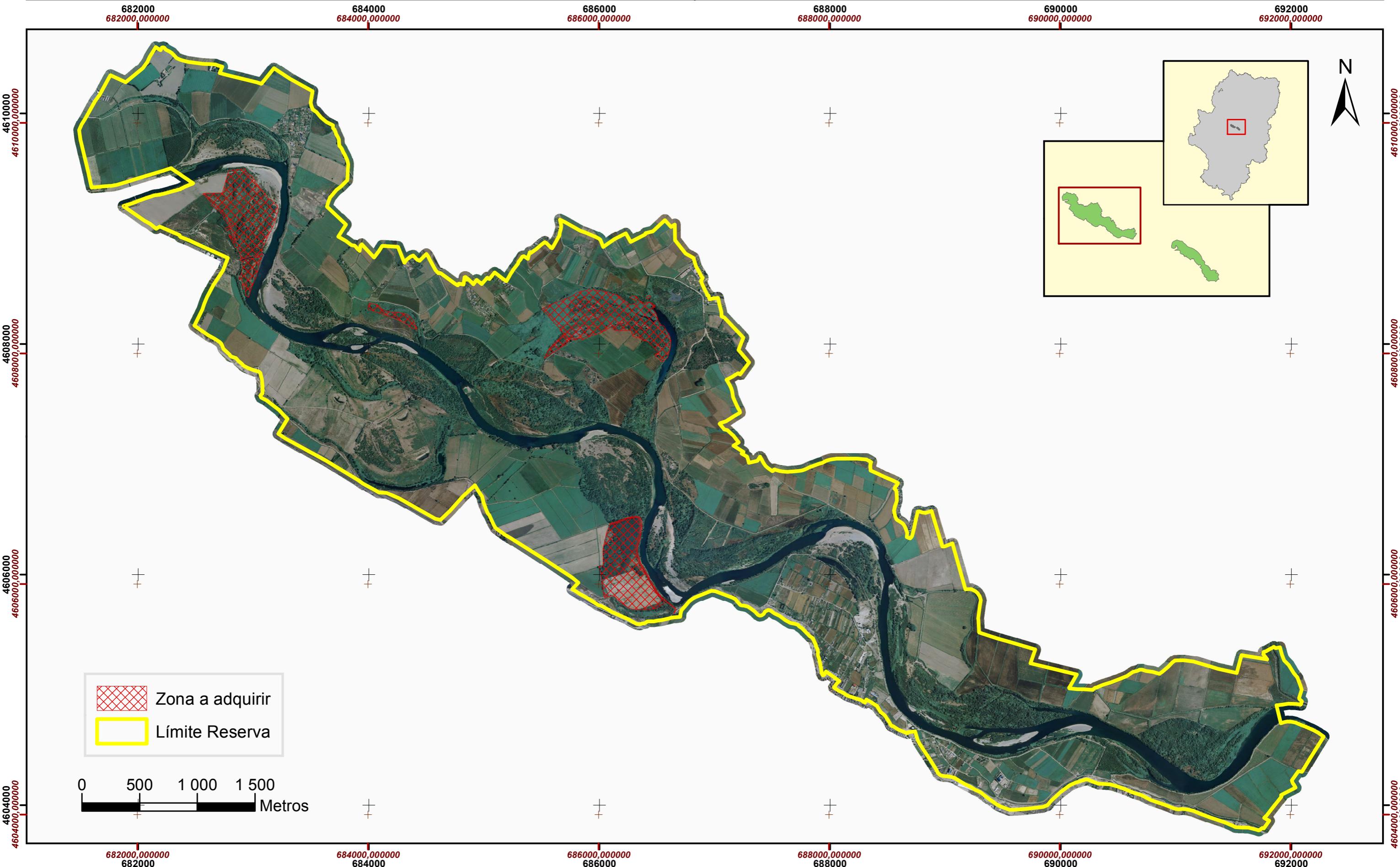
Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



**ANEXOS IV**  
**MAPAS**  
**PROPUESTA DE ADQUISICIÓN**

# Propuesta de adquisición

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Propuesta de adquisición

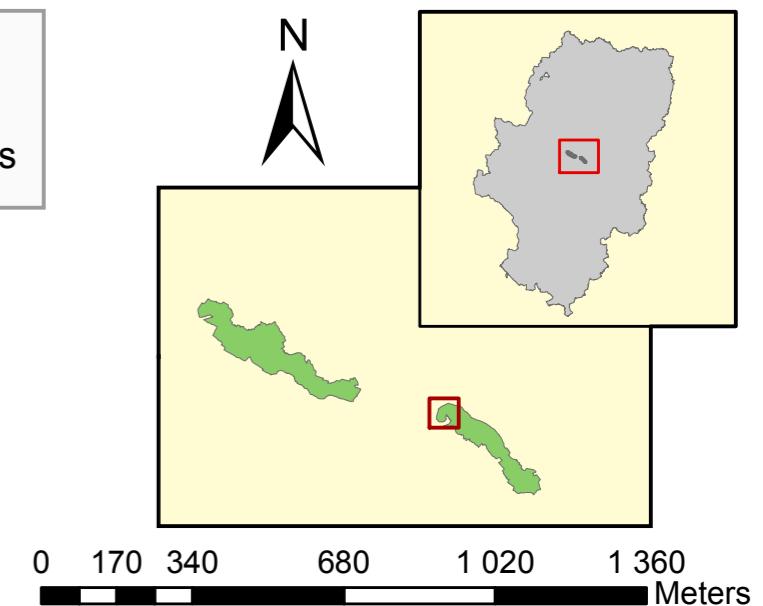
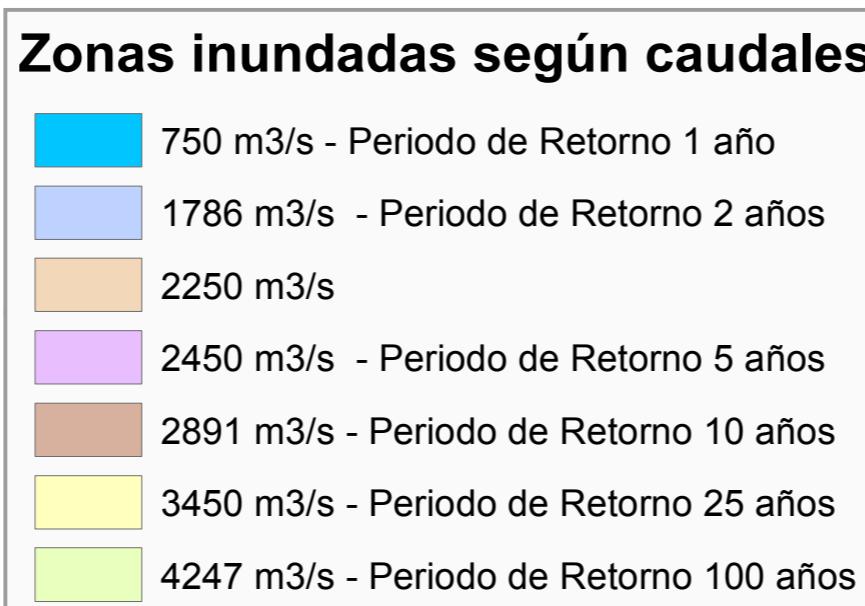
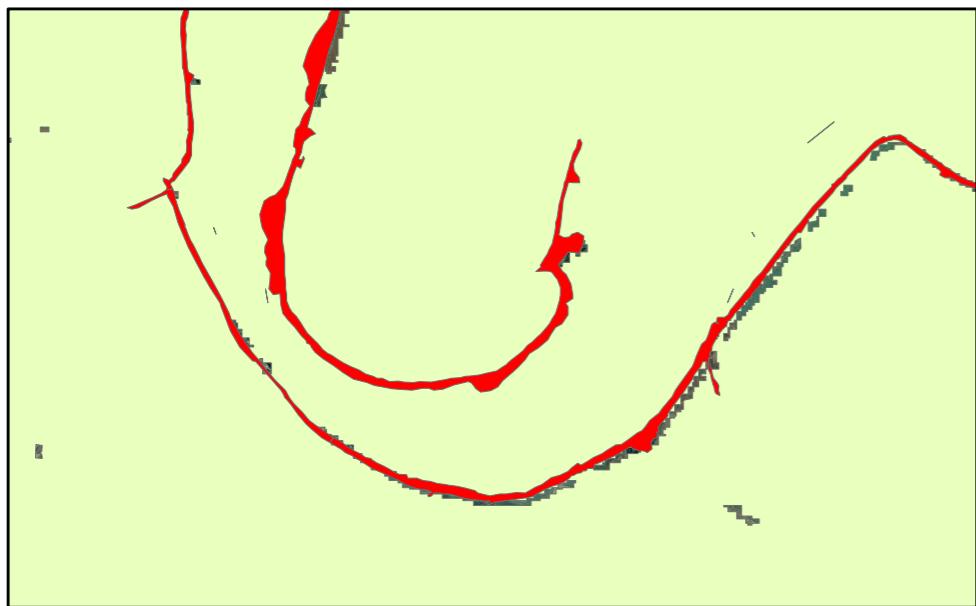
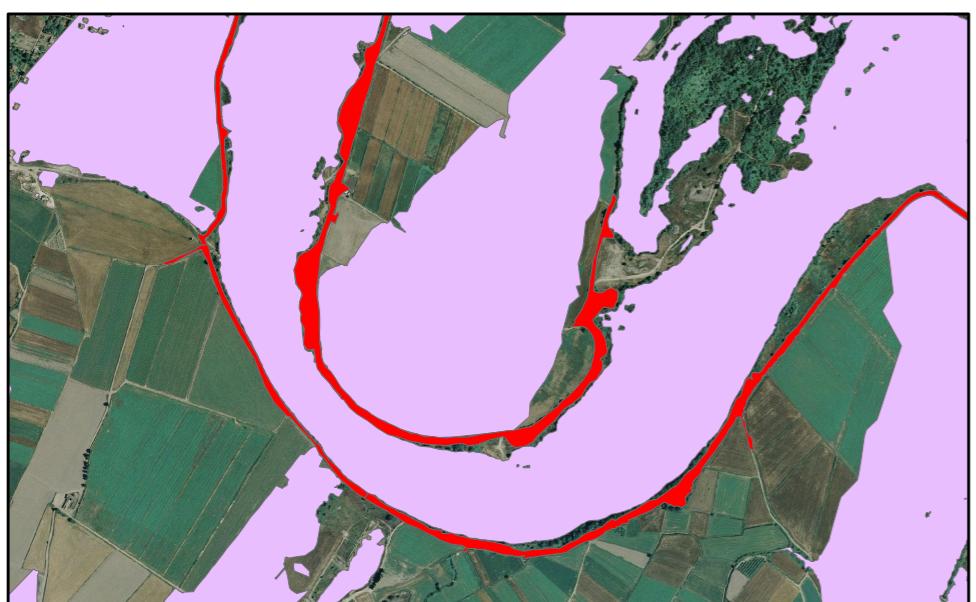
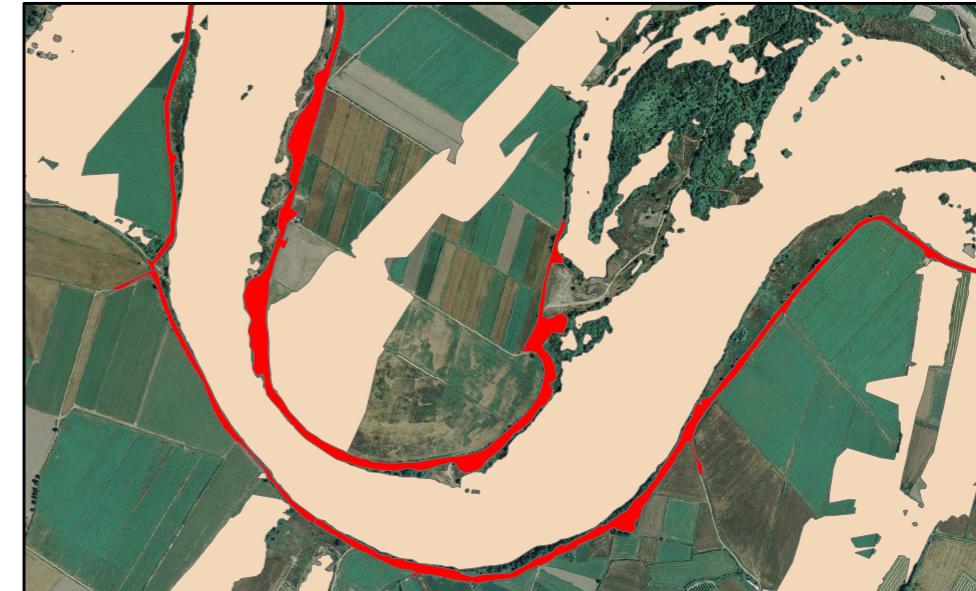
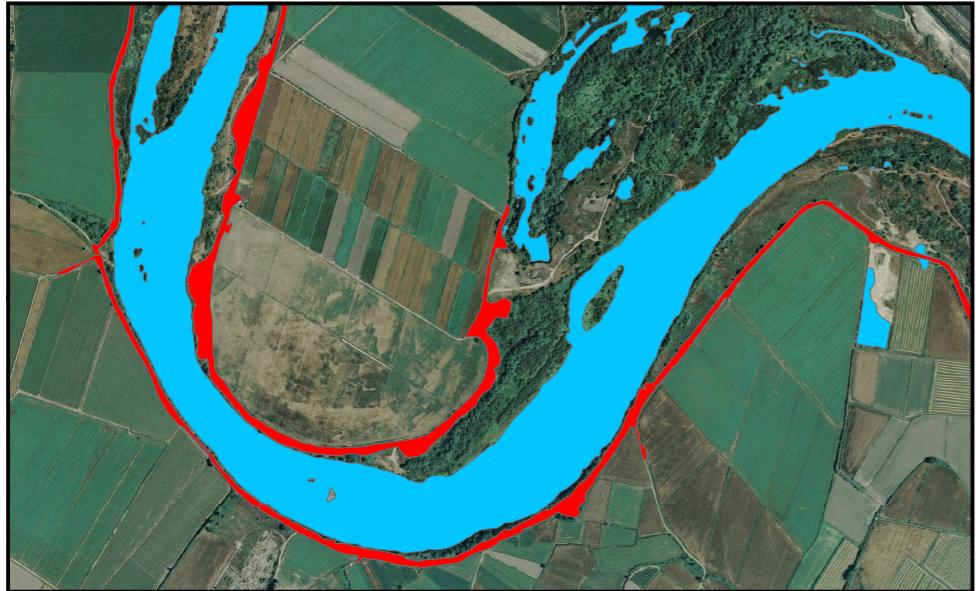
Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



**ANEXOS V**  
**MAPAS**  
**ESTUDIO DE INUNDACIONES**

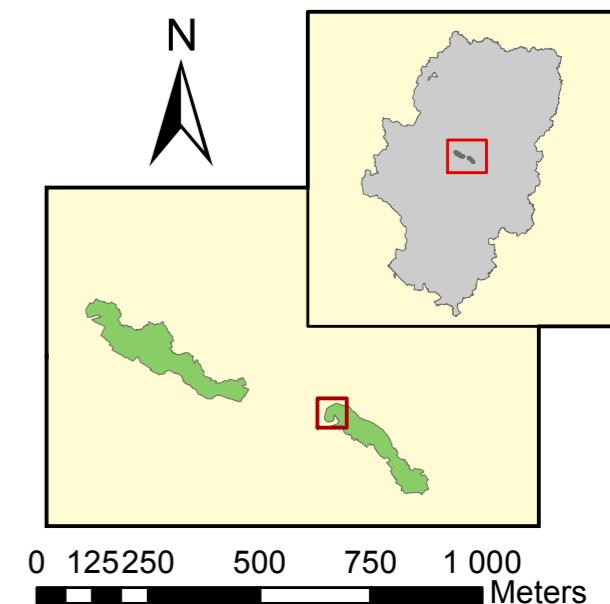
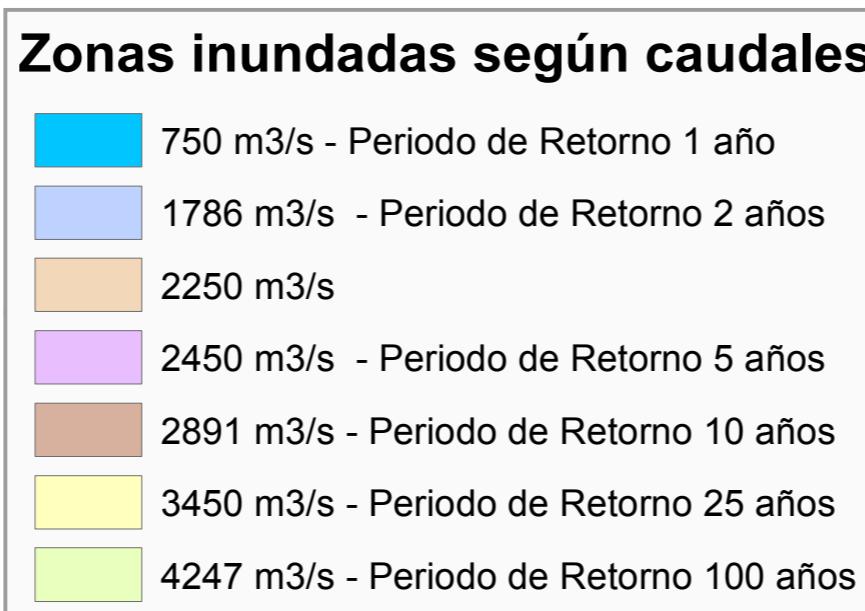
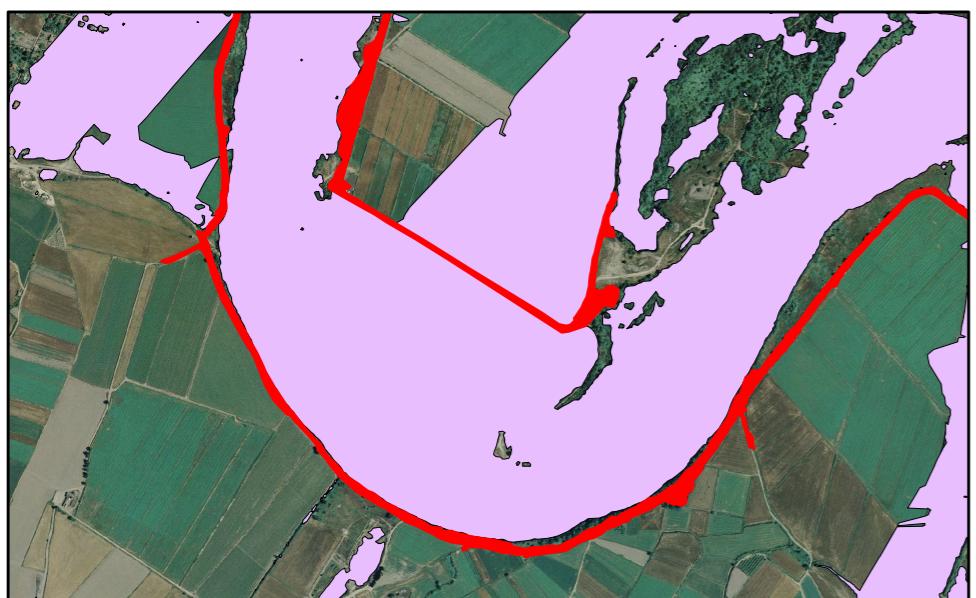
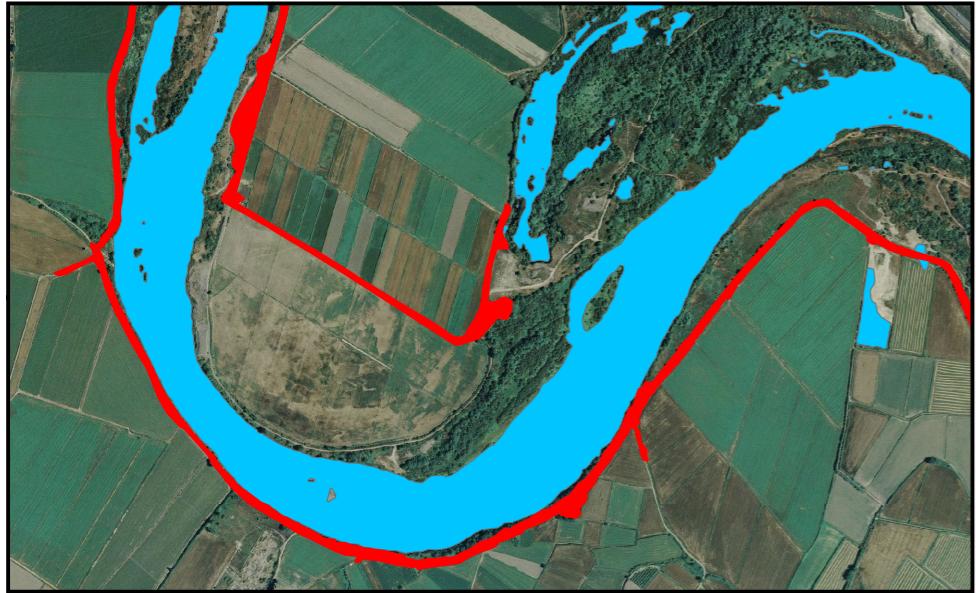
# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



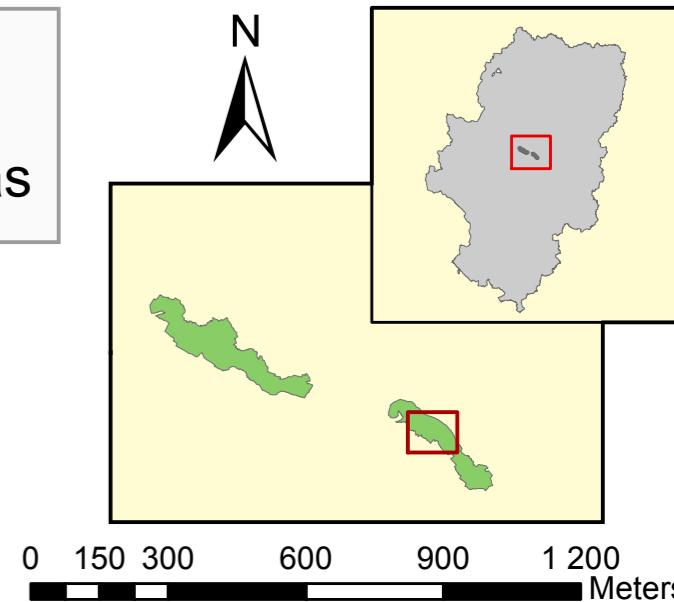
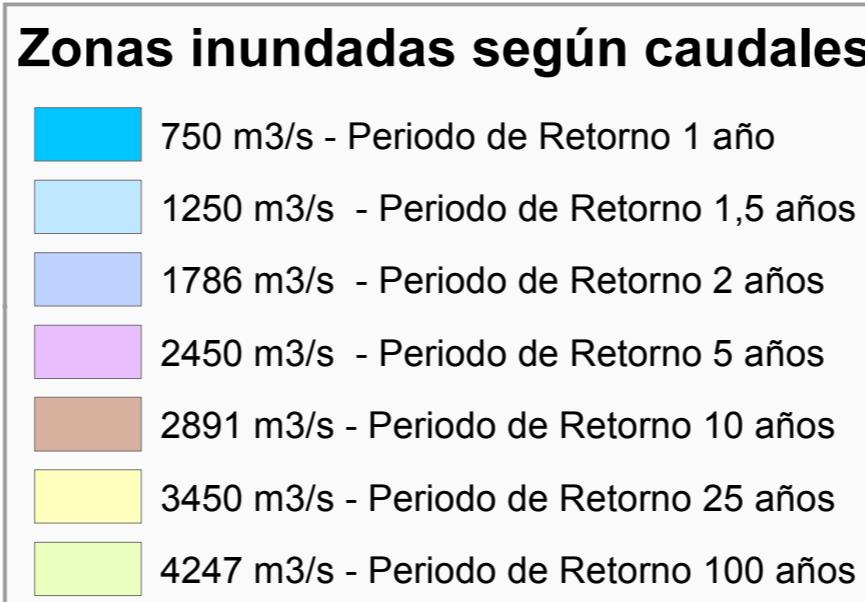
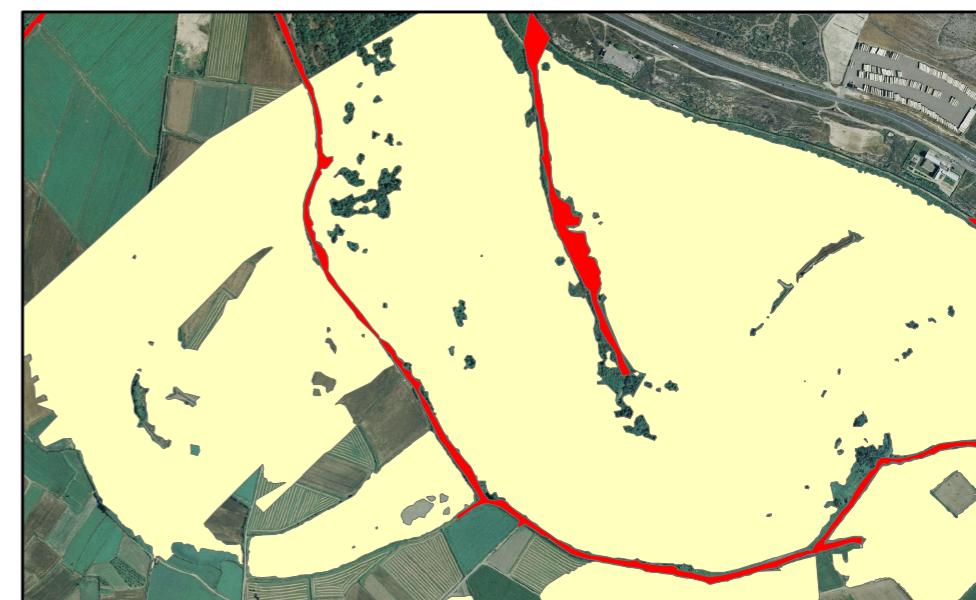
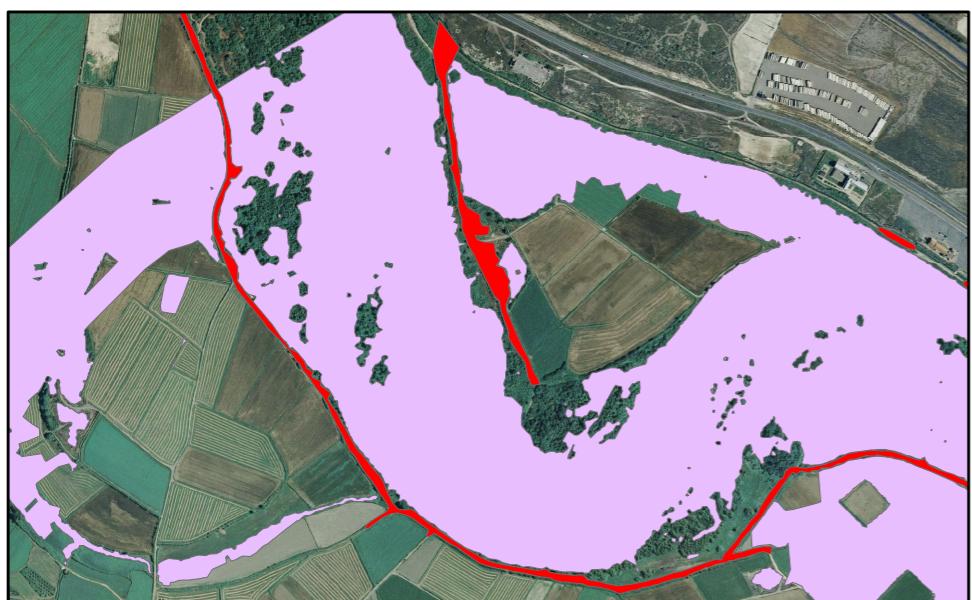
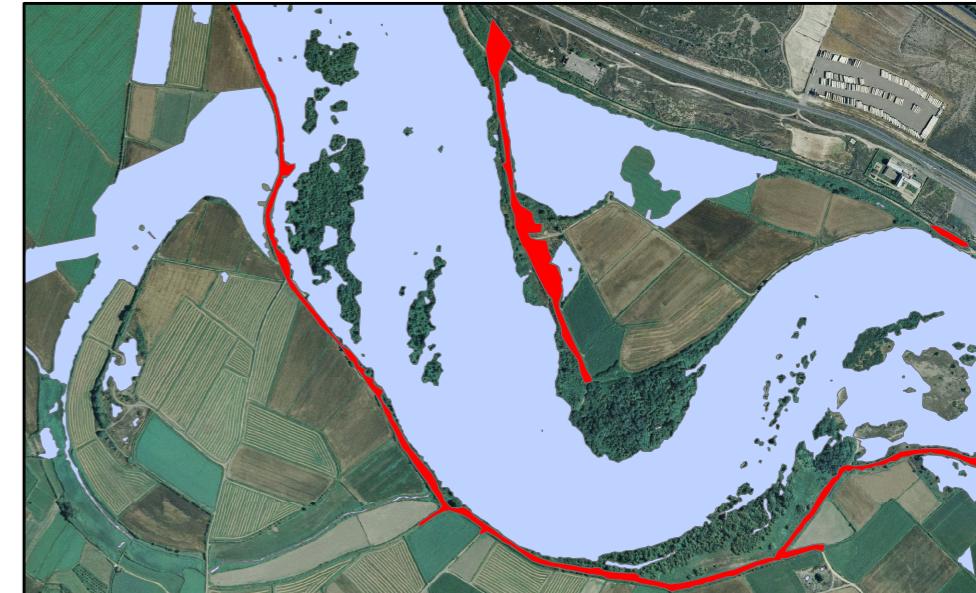
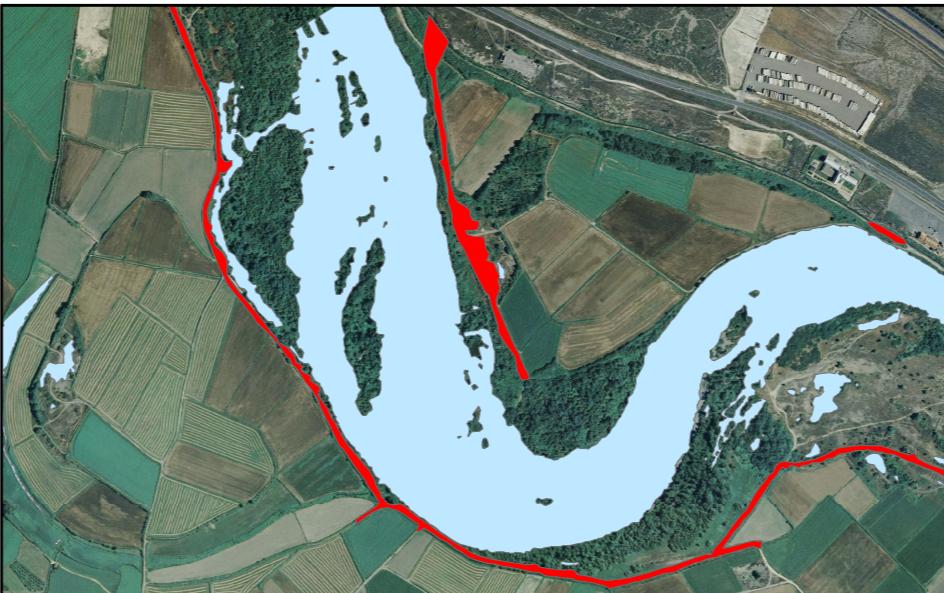
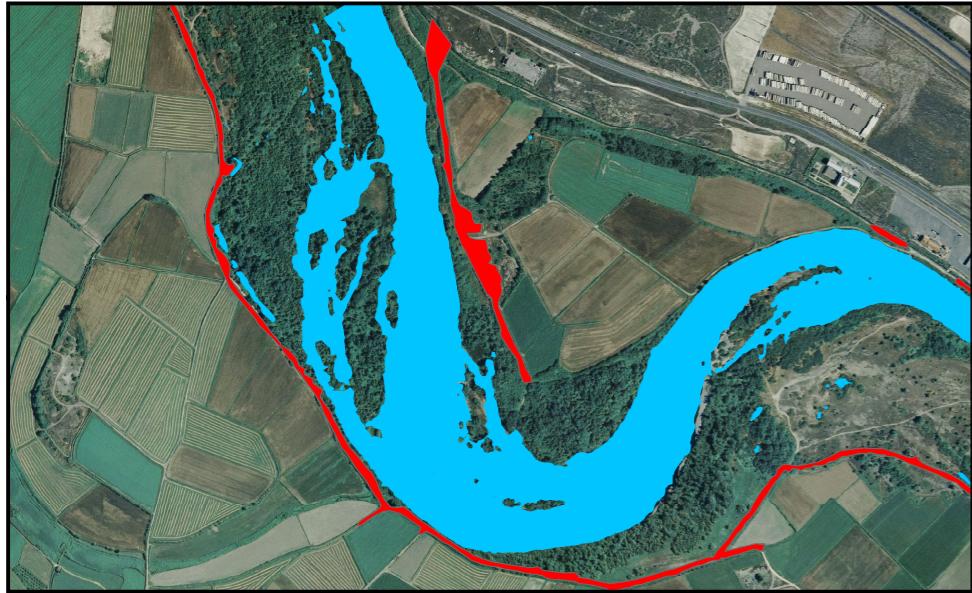
# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



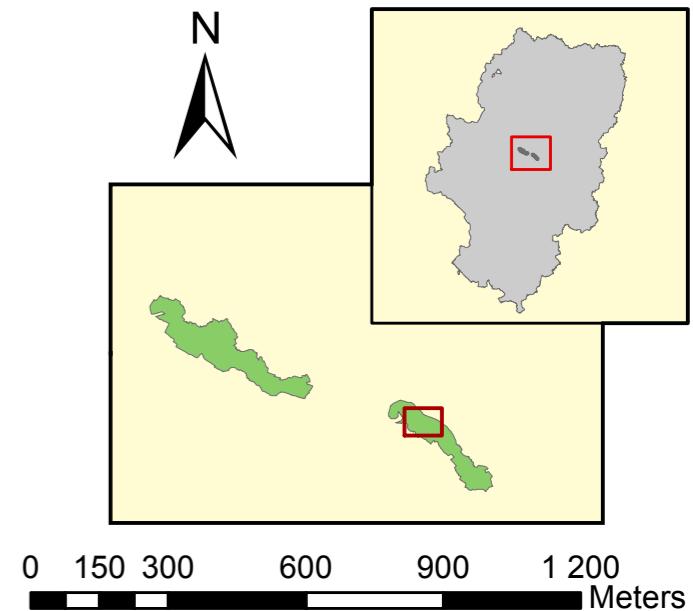
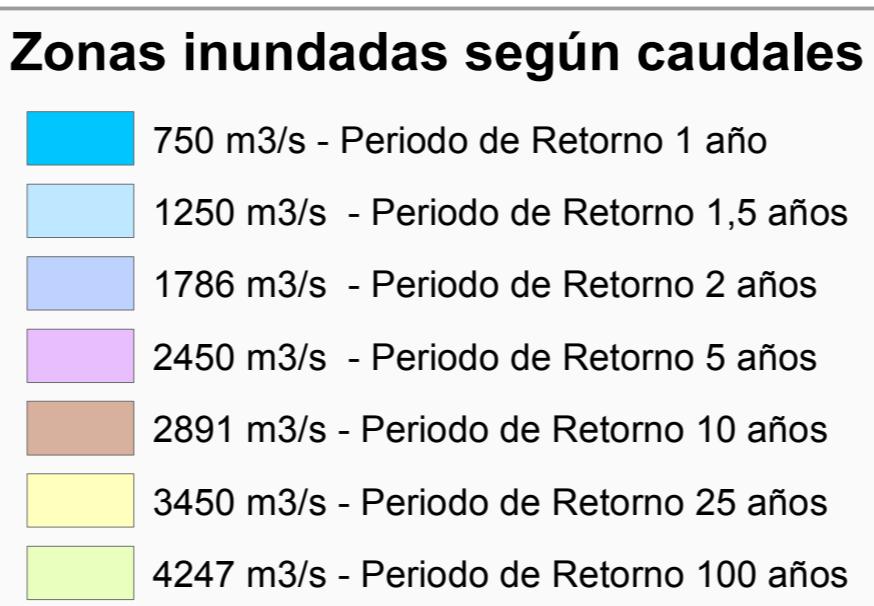
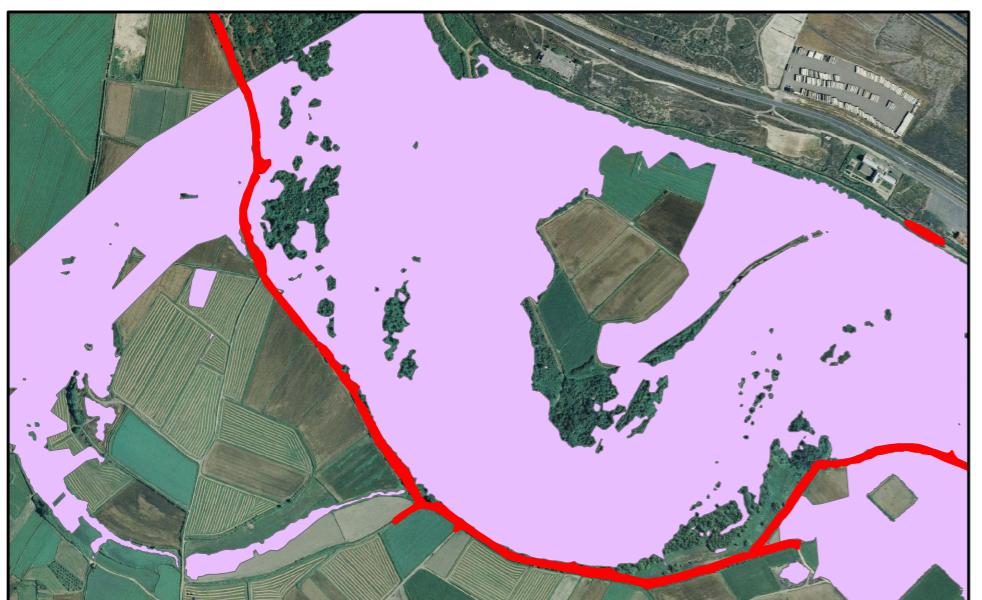
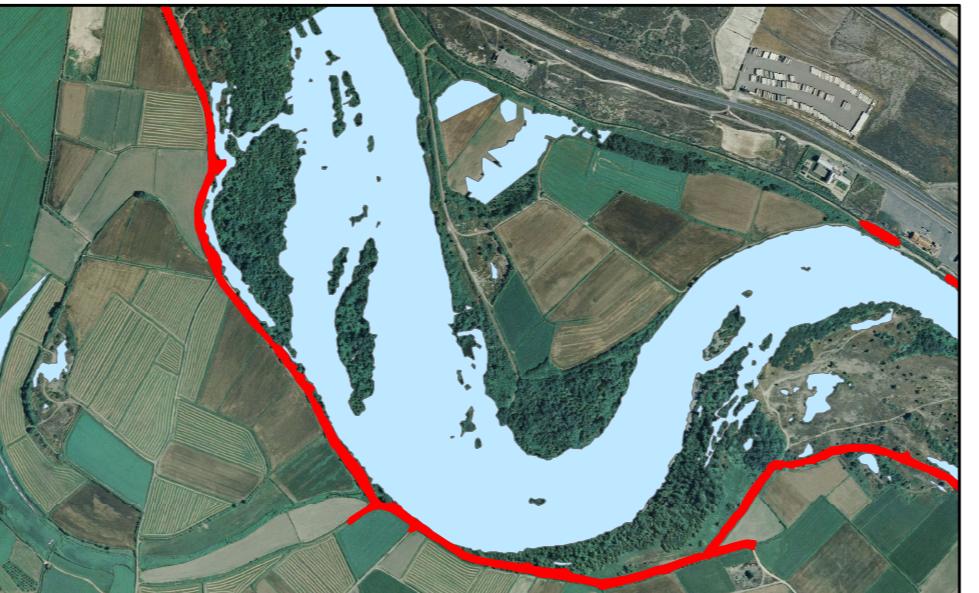
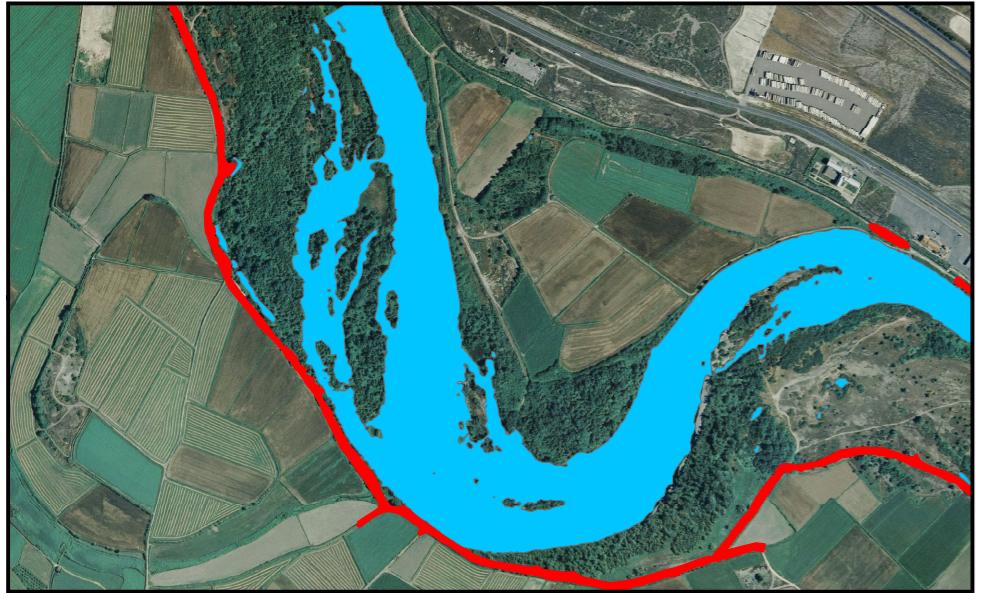
# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



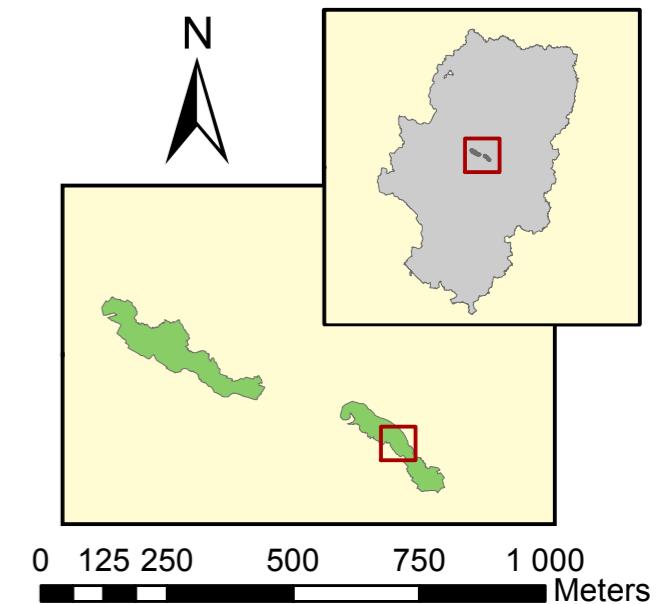
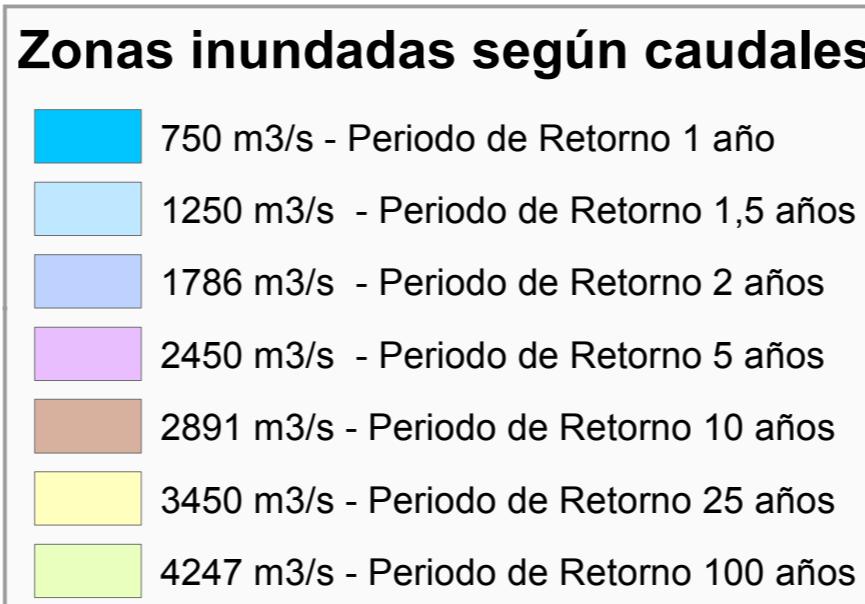
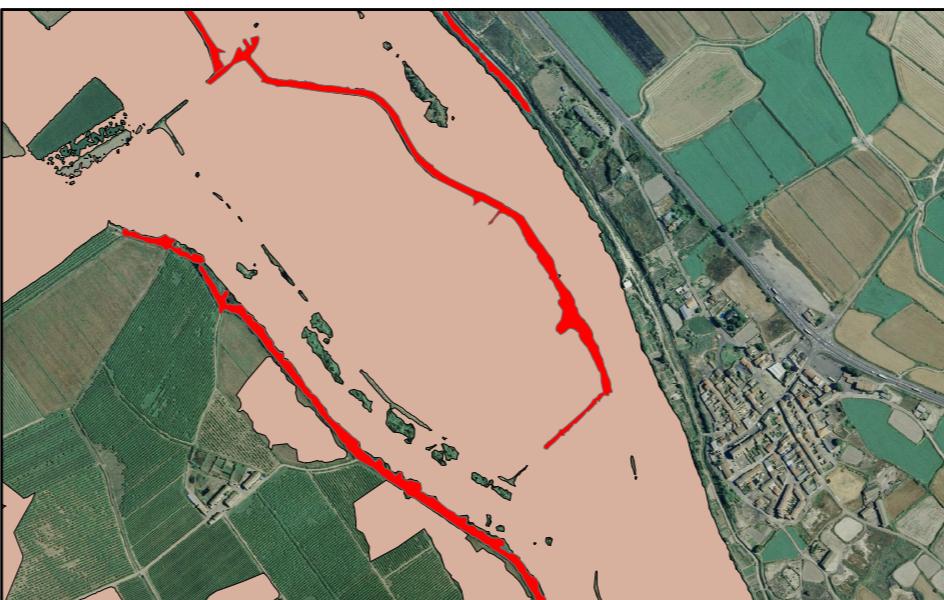
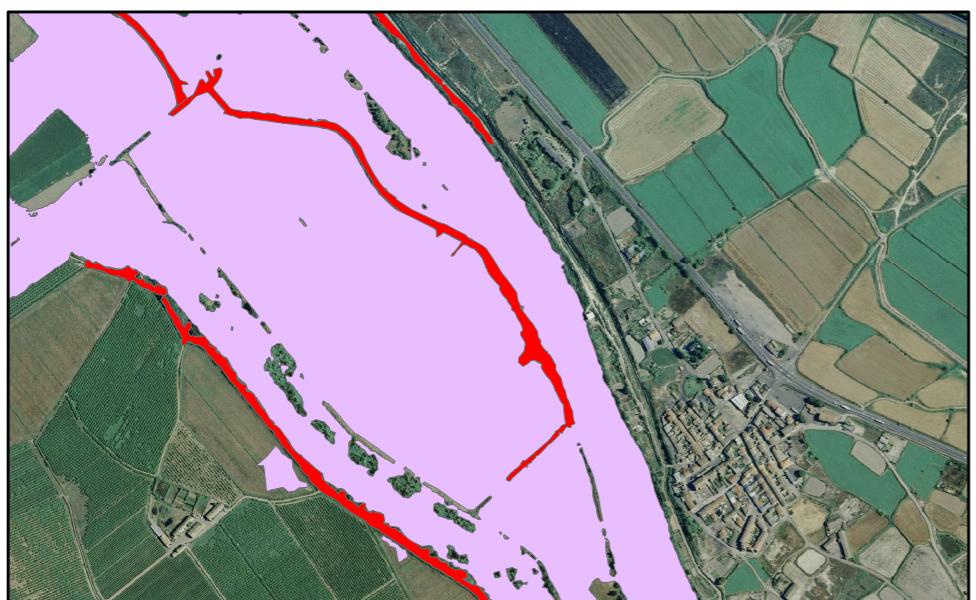
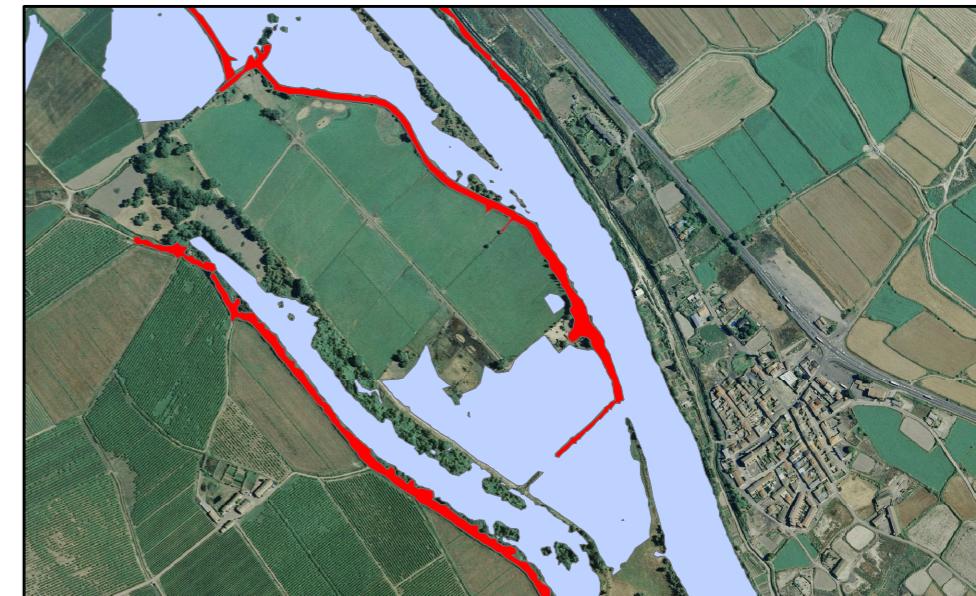
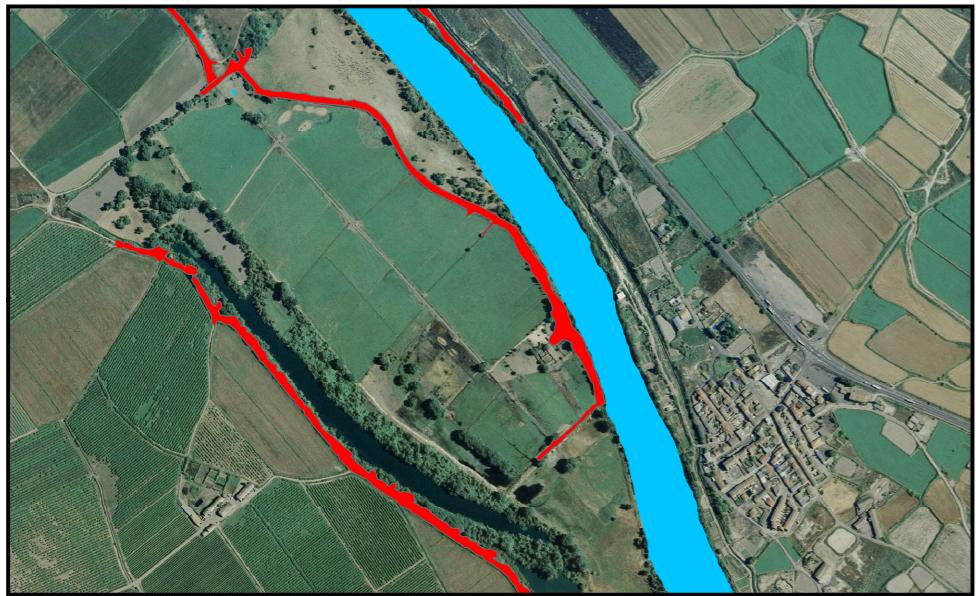
# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



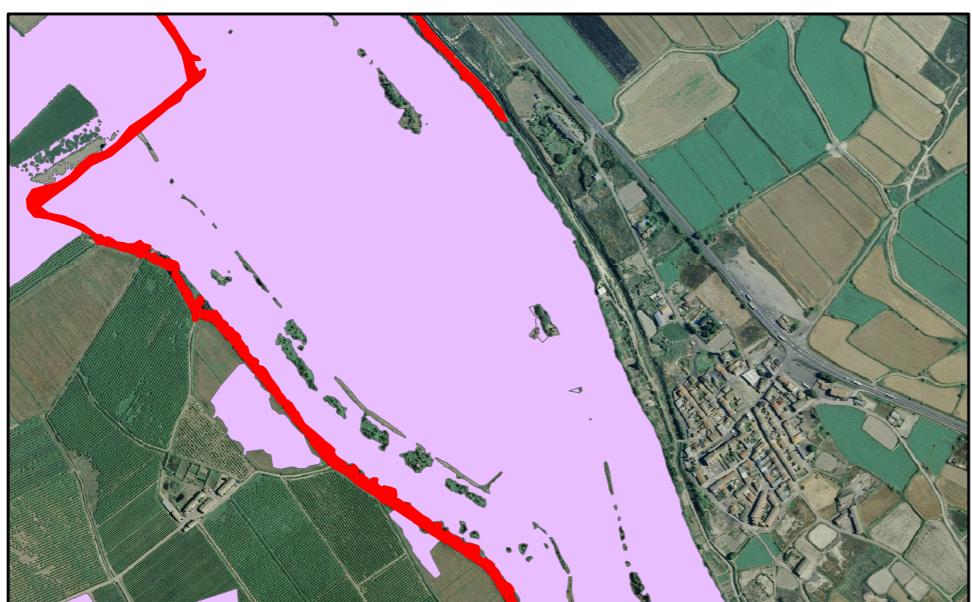
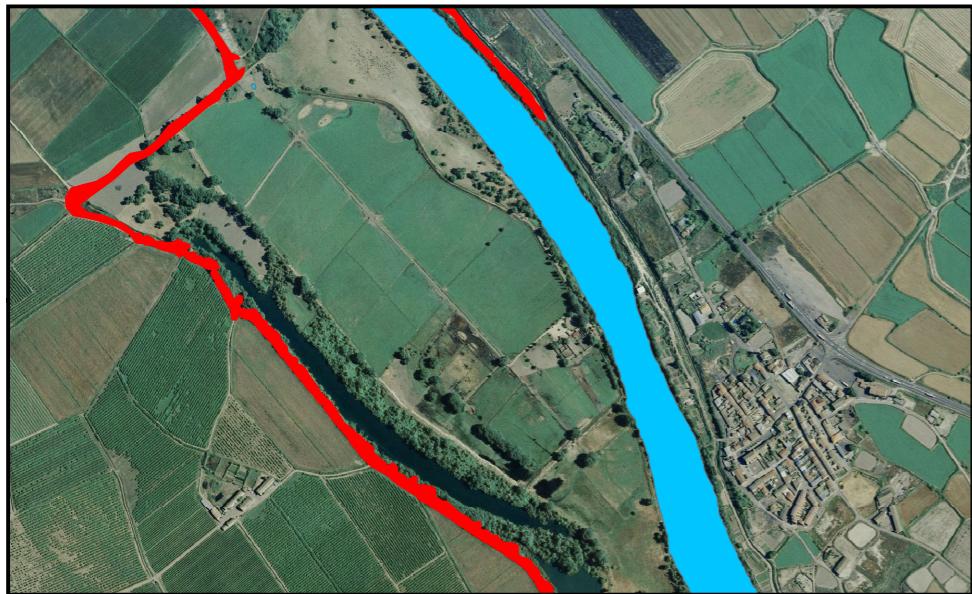
# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



# Estudio de inundaciones

Diagnóstico de la situación de partida del Plan de Conservación de la Reserva Natural Dirigida de los Sotos y Galachos del Ebro



## Zonas inundadas según caudales

- 750 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 1 año
- 1250 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 1,5 años
- 1786 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 2 años
- 2450 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 5 años
- 2891 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 10 años
- 3450 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 25 años
- 4247 m<sup>3</sup>/s - Periodo de Retorno 100 años

## Defensas

Defensas

