

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ciencias Ambientales

Identificación y evaluación de los ecosistemas  
en el término municipal de Sos del Rey Católico

Identification and evaluation of the ecosystems  
in the municipal district of Sos del Rey Católico

Autor

Fco. Javier Lacosta García

Director

José Manuel Nicolau Ibarra

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

2021



## Resumen

---

Sos del Rey Católico es un municipio de la comarca de las Cinco Villas con un gran patrimonio histórico y cultural. A pesar de ello, también ha sufrido la despoblación rural ocurrida en las últimas décadas. Los efectos de las reforestaciones, el asilvestramiento y los cambios en el uso del suelo debido a la pérdida de las prácticas agrosilvopastoriles tradicionales se pueden observar en el paisaje. Este trabajo pretende identificar las unidades ambientales que existen en la actualidad y hacer una comparación con el paisaje de un escenario tradicional de 1956. A partir de esta comparación se ha evaluado cómo ha influido la evolución del uso del suelo en la provisión de servicios ambientales como la provisión de agua y el almacenamiento de carbono. Se proponen dos tipos de restauraciones de ecosistemas, uno en ecosistemas forestales y otro en agroecosistemas. Estas propuestas tienen dos objetivos conjuntos, en los ecosistemas forestales favorecer los recursos que nos proporcionan, gestionar su conservación y mejorar su biodiversidad, y en los agroecosistemas, crear setos que mejoren los servicios ambientales, así como la biodiversidad, sin comprometer la productividad.

**Palabras clave:** Despoblación, medio rural, servicios ambientales, restauración de ecosistemas, unidades ambientales.

## Abstract

---

Sos del Rey Católico is a municipal district in the Cinco Villas region with a great historical and cultural heritage. Despite this, it has also suffered from rural depopulation in last decades. The effects of reforestation, feralisation and changes in land use due to the loss of the traditional agrosilvopastoral practices can be observed in the landscape. This work aims to identify the environmental units existing today and make a comparison with the landscape of a traditional 1956 scenario. From this comparison it evaluates how the evolution of land use has influenced the provision of environmental services such as water supply and carbon storage. Two types of ecosystem restorations are proposed, one in forest ecosystems and the other in agroecosystems. These proposals have two joint objectives, in forest ecosystems would be to favour the resources they provide, manage their conservation and improve their biodiversity, and in agroecosystems to create hedgerows that improve environmental services as well as biodiversity, without compromising productivity.

**Key words:** Depopulation, rural environment, environmental services, ecosystem restoration, environmental units.

# Índice del contenido

---

1. Introducción .....	6
1.1 Servicios ecosistémicos .....	7
1.2 Concepto de unidad ambiental .....	9
1.2.1 Ámbito abiótico .....	10
1.2.2 Ámbito biótico .....	11
1.2.3 Ámbito antrópico.....	13
1.3 Justificación.....	13
1.4 Objetivos general y específicos .....	14
2. Área de estudio.....	14
2.1 Situación geográfica y dimensiones .....	14
2.2 Climatología .....	15
2.3 Hidrología.....	16
2.4 Geomorfología.....	17
2.5 Geología.....	17
2.6 Vegetación .....	18
2.7 Análisis demográfico.....	18
2.8 Actividades humanas y patrimonio .....	18
2.9 Áreas protegidas y Red Natura 2000 .....	20
3. Material y Métodos .....	20
3.1 Identificación y caracterización de las unidades ambientales.....	21
3.1.1 Criterio de identificación de unidades ambientales.....	21
3.1.2 Revisión bibliográfica.....	21
3.1.3 Trabajo de campo.....	22
3.1.4 Realización de cartografía mediante ArcMap .....	22
3.2 Evaluación de las unidades ambientales.....	22
3.2.1 Comparación de escenarios.....	22
3.2.2 Cálculo de agua azul VS agua verde.....	22
3.2.3 Cálculo de la captación de CO <sub>2</sub> .....	23
3.3 Propuestas de gestión y mejora .....	24
3.3.1 Propuesta 1: gestión forestal.....	24
3.3.2 Propuesta 2: Setos e islotes en agroecosistemas .....	24
4. Resultados y discusión.....	25
4.1 Identificación y caracterización de unidades ambientales .....	25
4.2 Evaluación de las unidades ambientales.....	41
4.2.1 Comparación de escenarios tradicional y actual.....	41
4.2.2 Cálculo del agua azul VS agua verde .....	42
4.2.3 Cálculo de la captación de CO <sub>2</sub> .....	44
4.3 Propuestas de gestión y mejora .....	46
4.3.1 Propuesta 1: Gestión forestal.....	46
4.3.2 Propuesta 2: setos e islotes en agroecosistemas.....	49
5. Conclusiones .....	54
6. Agradecimientos .....	54
7. Bibliografía .....	55
8. Anexos .....	59

## Índice de tablas

Tabla 1: Coordenadas de los vértices obtenidas mediante ArcGis del municipio de Sos del Rey Católico (Fuente: elaboración propia) . . . 14	14
Tabla 2: Datos climáticos a partir de los datos de la estación meteorológica de Urriés (Fuente: elaboración propia) . . . . . 15	15
Tabla 3: Listado de las Unidades Ambientales en el escenario actual (Fuente: elaboración propia) . . . . . 26	26
Tabla 4: Características del seto elaborado según FIRE (Fuente: elaboración propia) . . . . . 51	51
Tabla 5: Periodos de floración de las especies del seto según Atlas Flora de Aragón (Fuente: elaboración propia) . . . . . 52	52

## Índice de figuras

Figura 1: Tipos y subtipos de servicios ambientales . . . . . 8	8
Figura 2: Climodiagrama elaborado a partir de los datos de la estación meteorológica de Javier . . . . . 16	16
Figura 3: Climodiagrama de la estación de la D.G.A. situada en Sádaba . . . . . 16	16
Figura 4: Evolución de la población en el área de estudio . . . . . 18	18
Figura 5: Iglesia de San Esteban . . . . . 19	19
Figura 6: Plaza de la Villa . . . . . 20	20
Figura 7: Val d'Onsella . . . . . 27	27
Figura 8: Agroecosistema de secano en laderas entre Mamillas y Sofuentes . . . . . 28	28
Figura 9: Agroecosistema de regadío en fondos de valle localizado al norte . . . . . 29	29
Figura 10: Agroecosistema de regadío en fondos de valle localizado al sur . . . . . 29	29
Figura 11: Aliagar en laderas abancaladas . . . . . 30	30
Figura 12: Bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría . . . . . 31	31
Figura 13: Interior del bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría . . . . . 31	31
Figura 14: Matorral de regeneración tras incendio en laderas abancaladas de solana . . . . . 32	32
Figura 15: Coscojar entre parcelas agrarias de secano y sobre laderas abancaladas . . . . . 33	33
Figura 16: Matorral con pino laricio en ladera de umbría . . . . . 33	33
Figura 17: Pinar de repoblación de pino laricio en la cresta de la Sierra de Peña . . . . . 34	34
Figura 18: Pinar de repoblación de pino laricio en laderas abancaladas . . . . . 35	35
Figura 19: Pinar de repoblación de pino carrasco en ladera de solana . . . . . 35	35
Figura 20: Pinar de repoblación de pino silvestre en ladera . . . . . 36	36
Figura 21: Pinar de repoblación de pino laricio naturalizado en laderas de umbría . . . . . 37	37
Figura 22: Quejigar en ladera de umbría junto a Pinar de repoblación de pino laricio . . . . . 38	38
Figura 23: Interior del quejigar en laderas de umbría . . . . . 38	38
Figura 24: Interior del hayedo en laderas de umbría . . . . . 39	39
Figura 25: Interior del bosque mixto de pino silvestre y quejigo en ladera de umbría . . . . . 39	39
Figura 26: Vegetación de ribera en el río Onsella . . . . . 40	40
Figura 27: Vegetación de ribera en barrancos . . . . . 40	40
Figura 28: Variación de la superficie de ocupación de los diferentes estratos de vegetación . . . . . 42	42
Figura 29: Variación de la proporción del agua verde y agua azul . . . . . 43	43
Figura 30: Variación del volumen absoluto del agua verde y agua azul . . . . . 44	44
Figura 31: Variación de la proporción de la absorción de CO <sub>2</sub> . . . . . 45	45
Figura 32: Variación absoluta en toneladas de la absorción de CO <sub>2</sub> . . . . . 46	46
Figura 33: Módulo de plantación del seto . . . . . 51	51
Figura 34: Composición específica del seto . . . . . 51	51

# 1. Introducción

---

En España se está produciendo un cambio demográfico mostrando una notable desigualdad territorial, manifestándose especialmente en su espacio rural, cuya situación se ha ido agravando en los últimos tiempos. Los territorios del medio rural soportan y mantienen la mayor parte de los servicios ecosistémicos (en adelante, SE) de provisión, de regulación y culturales teniendo en la actualidad graves problemas estructurales (Novella, 2020).

La despoblación va asociada a cambios en los usos de suelo, en concreto al abandono de espacios de cultivo marginales, disminución de la carga ganadera sobre los pastos, reducción de la extracción de leñas y madera de los bosques, intensificación de los usos en los agroecosistemas, entre otros. Ello tiene efectos ecológicos diversos: el asilvestramiento de los montes, incremento de los ecosistemas forestales y de matorral respecto a los abiertos y esteparios, recuperación de poblaciones de ungulados, disminución de los caudales de ríos y acuíferos, pérdida de biodiversidad en las zonas de agricultura intensiva, etc. (Rey Benayas *et al.*, 2007). El medio rural es también depositario de un sinnúmero de tradiciones y elementos de patrimonio que forma el núcleo de las distintas culturas e identidades que conforman la Península Ibérica, parte de las cuales está en peligro de desaparición. Incluso algunos elementos declarados como patrimonio de la UNESCO, como iglesias románicas y mudéjares, corren serio peligro de supervivencia. Estos son algunos de los efectos dinámicos del abandono (AGE, 2018).

El Prepirineo aragonés no es ninguna excepción de esta problemática. Por ello se ha elegido el municipio de Sos del Rey Católico, con el fin de obtener más información sobre el estado de los ecosistemas y para proponer alternativas de gestión sostenible en un contexto de despoblación rural.

## 1.1 Servicios ecosistémicos

El concepto de SE surge a principios de los años 70 como término “paraguas” (Montes, 2007) para aumentar el interés del público por la conservación de la biodiversidad, incidiendo en las funciones y servicios que los ecosistemas nos ofrecen (Gómez-Baggethun *et al.*, 2010).

Tradicionalmente, para abordar la problemática de la pérdida de especies y de ecosistemas se venían desarrollando dos grandes tipos de políticas: las ligadas a la conservación de determinadas especies en peligro de extinción, amenazadas, singulares, etc., y las relacionadas con la conservación de los hábitats de dichas especies, consistentes fundamentalmente en la creación de áreas protegidas. Frente a este enfoque de “especies y espacios”, parece surgir un enfoque de carácter instrumental, en el que los ecosistemas ejercerían una serie de funciones para los seres humanos que se traducirían en un conjunto de beneficios (denominados SE) vitales para muchas de las dimensiones del bienestar humano (Oberhuber *et al.*, 2010).

Décadas de investigación han demostrado que la biodiversidad juega un papel vital en el funcionamiento de los ecosistemas, y que procesos como la captura de recursos esenciales, la producción de biomasa y el reciclaje de nutrientes, se ven afectados a medida que disminuye la biodiversidad. Además, la biodiversidad permite que estos procesos sean resilientes frente al cambio global. También hay varios estudios que demuestran que es necesaria una mayor biodiversidad para mantener

múltiples SE a largo plazo y bajo cambios ambientales (Science for Environment Policy, 2015).

En el año 2003, la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (en adelante, EME) define los SE como “los beneficios que el ser humano obtiene de los ecosistemas” (EME, 2011), dando a conocer y revelando ante la sociedad y los tomadores de decisiones el vínculo directo entre el bienestar de las personas y el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del planeta (Lara, 2019).

En cuanto a las definiciones de SE, existen numerosas revisiones bibliográficas de esta temática. La aproximación a la naturaleza desde los eco-servicios viene dada desde una perspectiva antropocéntrica en la cual los ecosistemas y la biodiversidad que albergan se vincula directamente con el bienestar humano (Martín-López & Montes, 2010), como se refleja en la definición de Millennium Ecosystem Assessment (2005): “los beneficios que las personas recibimos de los ecosistemas, incluyendo aquellos beneficios que la gente percibe y aquellos que no percibe”. Según la EME, son “las contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas al bienestar humano”, y clasifica los SE en base a tres grandes tipos, los servicios de abastecimiento, de regulación y culturales (Figura 1).

<p><b>Servicios de Abastecimiento</b>, aquellas contribuciones directas al bienestar humano provenientes de la estructura biótica y geótica de los ecosistemas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alimentos procedentes de la agricultura, ganadería, pesca, acuicultura, apicultura, etc.</li> <li>✓ Alimentos obtenidos directamente de los ecosistemas naturales o poco modificados culturalmente.</li> <li>✓ Agua para consumo humano o para usos agrícolas e industriales.</li> <li>✓ Materias primas de origen biótico (madera, celulosa, fibra textil, etc.).</li> <li>✓ Materias primas de origen geótico (sal marina o continental).</li> <li>✓ Energías renovables (biomasa, hidroeléctrica, eólica).</li> <li>✓ Información genética usada en biotecnología.</li> <li>✓ Medicinas naturales, como las obtenidas a partir de plantas silvestres</li> </ul>
<p><b>Servicios de Regulación</b>, aquellas contribuciones indirectas al bienestar humano provenientes del funcionamiento de los ecosistemas.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Regulación climática.</li> <li>✓ Regulación de la calidad de aire.</li> <li>✓ Regulación hídrica y depuración del agua.</li> <li>✓ Control de la erosión y fertilidad del suelo.</li> <li>✓ Regulación de perturbaciones naturales, como el control de inundaciones.</li> <li>✓ Control biológico, como el control de plagas.</li> <li>✓ Polinización de cultivos agrícolas y plantas aromáticas o medicinales.</li> </ul>
<p><b>Servicios Culturales</b>, aquellas contribuciones intangibles que la población obtiene a través de su experiencia directa con los ecosistemas y su biodiversidad.</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Conocimiento científico.</li> <li>✓ Conocimiento ecológico local.</li> <li>✓ Identidad cultural y sentido de pertenencia.</li> <li>✓ Sentimiento espiritual y religioso.</li> <li>✓ Disfrute estético de los paisajes.</li> <li>✓ Actividades recreativas y de ecoturismo.</li> <li>✓ Educación ambiental.</li> </ul>

**Figura 1:** Tipos y subtipos de SE (Fuente: EME, 2011)

Asociado al término de SE encontramos el de “capital natural”, que introduce la valoración económica tanto de los SE “en uso” como pueden ser los servicios de provisión de alimento, agua o leña, como los de “no uso” que incluiría los servicios culturales y de regulación, que nos producen beneficios inmateriales (Martín López & González, 2007).

Se entiende que tras la valoración económica de los SE vendrá el “Pago de los Servicios Ambientales” a los territorios donde se localizan los ecosistemas que los proveen, razón por la que estos términos (SE, pago de servicios ambientales, custodia del territorio, ...) ha entrado en la “jerga” de nuestros políticos dentro de las medidas



para frenar la despoblación de la “España vaciada”. Esto puede despojar de todo valor al término como ha ocurrido con otros conceptos como el desarrollo sostenible o el feminismo (Viamonte, 2019).

## 1.2 Concepto de unidad ambiental

Para poder evaluar los SE, el paso previo es poder identificar las unidades ambientales o ecosistemas, que son aquellos que nos proveen de los mencionados servicios.

Para describir las unidades ambientales o ecosistemas previamente se debe comprender a qué nos referimos. Para ello, se hará uso de la ecología. Un concepto definido comúnmente como la ciencia que estudia las interacciones entre los organismos y su medio ambiente y que fue acuñado por primera vez por Ernst Haeckel. En esta misma línea, describir el objeto de estudio de la ecología resulta necesario y se lo podemos atribuir al estudio de los ecosistemas. El botánico Arthur Tansley acuñó el término de ecosistemas y lo definió como «unidad de organización que comprende el conjunto total de seres vivos presentes en una determinada área, junto con los factores ambientales físico-químicos» (Rodríguez Martínez, 2013).

El estudio de los ecosistemas desde el punto de vista de la ecología puede englobar muchas ramas de investigación, que se alejarían mucho de los objetivos de este trabajo. El objetivo es la identificación de las unidades ambientales. Pero antes de empezar a desglosarlas es necesario comprender conceptualmente a que se refiere, qué engloba y cuáles son los criterios que nos permiten identificar y diferenciar unas unidades de otras.

Para realizar esta descripción conceptual se hará uso de la ecología del paisaje. La ecología del paisaje deriva de la sinóptica de las manifestaciones ordenadas por espacios geográficos naturales, es decir, de la armonía ecológica funcional del suelo, del agua, del aire y del mundo viviente. Los diferentes niveles de unidades ecológicas paisajísticas son espacios paisajísticos y vitales de distinto tamaño, de la unidad más pequeña, el ecotopo, hasta la más grande, la zona paisajística, climática y vegetacional. De esta forma la ecología del paisaje es la manera más completa de contemplación para la investigación del paisaje natural (Troll, 2003).

Esta definición a priori resulta demasiado general porque no pretende especificar los objetivos de la ecología del paisaje, si no, el objeto de estudio de esta ciencia en un sentido amplio. Para comprender mejor el significado se requiere desgranar el concepto, con otras definiciones, con el objetivo de explicar el criterio de identificación en este trabajo.

La Ecología del Paisaje presenta dos componentes fundamentales, uno geográfico, que se ocupa de estudiar los patrones espaciales del paisaje, y otro ecológico, referida a los procesos ecológicos que tienen lugar en éste a diferentes escalas. Adopta un enfoque integrado y sistémico de estudio del territorio, con una dimensión claramente transdisciplinar (San Vicente & Valencia, 2008).

Los procesos ecológicos tienen lugar dentro de un rango intermedio de escalas espacio-temporales, entre la escala de los procesos aleatorios y la escala de los procesos geológicos. Engloban fenómenos físicos, como los relacionados con el ciclo del agua, el intercambio y transporte de materiales, las interacciones entre especies o el flujo genético entre poblaciones. Los procesos ecológicos regulan la estructura y dinámica de un ecosistema después de una perturbación, es decir, la sucesión ecológica

de un ecosistema viene determinada por los procesos ecológicos que experimenta (Rodríguez Martínez, 2013).

Desde el punto de vista de la geografía, Forman y Gordon (1986) afirman que la ecología del paisaje focaliza su atención en tres características, que son la estructura, la funcionalidad y el cambio, aunque a la hora de interpretar el paisaje, el elemento base es el concepto de mosaico, que está compuesto por todo un conjunto de elementos: las diferencias en el sustrato, la dinámica natural, con sus perturbaciones, y, finalmente, la actividad humana. En este sentido el concepto de mosaico se puede desglosar más identificando tres grandes tipos de elementos: los fragmentos (diferentes unidades morfológicas que se pueden diferenciar en el territorio), los corredores (conexiones existentes entre unos fragmentos y otros) y la matriz (complejo formado por fragmentos y corredores) (Subirós *et al.*, 2006).

Una vez comprendido que es la ecología de paisaje, y cómo funciona, es preciso destacar cómo nos va a ayudar a establecer un criterio de identificación de unidades ambientales, es decir, establecer los parámetros de estudio que hace a cada unidad diferente de otras.

En primer lugar, se debe advertir que la escala de representación de la estructura del paisaje debe adecuarse al objeto de estudio, es decir, debe ser la adecuada para detectar aquellas relaciones que se deseen analizar entre la estructura del paisaje y los aspectos funcionales que en él tengan lugar (San Vicente & Valencia, 2008).

Troll afirma en 1950 que el paisaje geográfico es una parte de la superficie terrestre con una unidad de espacio que, por su imagen exterior y por la actuación conjunta de sus fenómenos, al igual que las relaciones de posiciones interiores y exteriores, tiene un carácter específico, y que se distingue de otros por fronteras geográficas y naturales. Por su sustancia geográfica, los objetos de un paisaje pertenecen a tres ámbitos que los colocan bajo leyes muy diferentes (Troll, 2003):

1. El mundo abiótico, puramente físico-químico, que depende del proceso físico de causa y efecto.
2. El mundo viviente sujeto a leyes peculiares de la vida como son el crecimiento, la multiplicación, la expansión, la adaptación o la herencia.
3. El mundo del hombre, que depende de las puras comprensiones causales y motivaciones de los individuos o grupos sociales, y por lo tanto, de principios de orden socioeconómico, los cuales interfieren con la naturaleza.

Estos tres ámbitos resultan fundamentales para adecuarse a la escala y objeto de estudio de este trabajo, pero resulta evidente que concretar la amplitud de cada uno de ellos se saldría del alcance de este trabajo, por tanto, a continuación, especificaremos cada punto describiendo las características que se van a analizar para identificar cada unidad ambiental.

### 1.2.1 Ámbito abiótico

Para este campo el análisis se centra en dos ámbitos, la litología y la geomorfología, de tal forma que se pueda esclarecer las diferentes estructuras físicas en las que se encuentran las distintas unidades ambientales. Para tener claro ambos puntos, se definen a continuación como:

La geomorfología es la ciencia (o disciplina) que estudia al relieve terrestre, que es el conjunto de deformaciones de la superficie de la Tierra. El relieve terrestre es objeto de estudio de la geografía y la geología, y son las disciplinas de estas ciencias

las que apoyan los estudios sobre morfología, origen, edad y dinámica actual del mismo (Hubb, 1988). Es preciso recalcar que la geomorfología para cada unidad ambiental, únicamente se va a centrar en la descripción de la orientación y altitud predominante de las unidades.

La litología es la parte de la geología que estudia las características de las rocas que aparecen constituyendo una determinada formación geológica. Representa la distribución de las rocas superficiales, las que afloran (al aire) o están cubiertas solo por regolito, suelo y vegetación (Aubouin *et al.*, 1988).

### 1.2.2 Ámbito biótico

Desde un punto de vista funcional, una correcta interpretación de un ecosistema requiere de la determinación del elemento dominante. El elemento dominante es el que ocupa una mayor superficie y está mejor conectado y acaba desempeñando un papel fundamental en la dinámica del paisaje. Esta discriminación de dominancia no es siempre evidente ni fácil de establecer (Subirós *et al.*, 2006).

Este elemento dominante corresponde, en este trabajo, con el tipo de vegetación que domina en una superficie y va a ser la clave y el condicionante principal para la identificación de una unidad ambiental.

Esta vegetación corresponde con la población de una determinada especie, cuyo crecimiento poblacional es objeto de estudio de la ecología de poblaciones, donde la variable de referencia es la abundancia o tamaño de la población en un momento determinado, y el interés se centra en analizar los cambios de dicha abundancia en el tiempo y en llegar a pronosticar, finalmente, los tamaños poblacionales futuros (Rodríguez Martínez, 2013).

Este punto de vista para analizar el ámbito biótico se refiere únicamente al tipo de vegetación, no confundir en ningún momento con nicho ecológico de una especie pues, si bien es cierto que las unidades ambientales corresponden con potenciales nichos ecológicos de las comunidades vegetales establecidas, en la caracterización de una unidad no es relevante el análisis exhaustivo de las cualidades del nicho de las especies que aparecen. Dicho esto, un nicho ecológico es un espacio ecológico cuyas dimensiones representan todas aquellas variables con las que establece relaciones una determinada especie (Hutchinson, 1981).

La estructura de una comunidad puede considerarse desde dos puntos de vista:

- a) uno fundamentalmente descriptivo, dirigido a la clasificación u ordenación (tipificación) de comunidades mediante métodos numéricos y de análisis multivariante
- b) otro fundamentalmente dinámico en el que el objetivo es la identificación de los procesos que explican por qué una comunidad tiene las especies que tiene, por qué unas son más abundantes que otras, qué sentido ecológico tienen las diferentes expresiones de la diversidad, qué regularidades pueden extraerse de la estructura topológica de las redes tróficas o qué papel tienen procesos como la productividad, la competencia por los recursos, la depredación, el mutualismo o las fluctuaciones y perturbaciones físicas en la estructura trófica de la comunidad (Rodríguez Martínez, 2013). Para describir las unidades ambientales en este estudio, resulta más relevante el segundo punto de vista.

Volviendo a la idea de vegetación dominante, hay que saber que una comunidad es el resultado del ensamblaje de un colectivo de especies en continua renovación, formado inicialmente mediante procesos de colonización, extinción y especiación y

moldeado cuantitativamente por la acción de procesos de interacción biológica (competencia, depredación, mutualismo, etc.) y de fluctuaciones y perturbaciones físicas (Rodríguez Martínez, 2013). Por ello, la vegetación dominante es función del estado de desarrollo de un ecosistema. El desarrollo de un ecosistema completo empieza sólo con un asentamiento de plantas pioneras, aunque al mismo tiempo surge el intercambio del mundo viviente, los depósitos del suelo y el microclima (Troll, 2003).

El establecimiento de una población u otra en el espacio está íntimamente ligado a los recursos que en él hay y determinarán la vegetación dominante. Un recurso es todo aquello que es susceptible de ser consumido por un individuo, sea incorporado a la biomasa o no, y que se presenta con una disponibilidad cuantificable y finita. En consecuencia, el uso de un recurso por parte de un individuo implica una disminución de su disponibilidad para otros individuos consumidores. Cuando estos recursos llegan a ser escasos, se promueve un proceso de *competencia intraespecífica*, es decir, competencia entre individuos de la misma especie y, generalmente, de la misma población que tiene consecuencias negativas sobre el crecimiento de la misma. Las interacciones entre diferentes especies representan uno de los aspectos funcionales clave en la dinámica de los ecosistemas. Este conjunto de procesos suele organizarse de acuerdo con el resultado de beneficio o perjuicio que la interacción provoca sobre el crecimiento de cada población (Rodríguez Martínez, 2013).

El tema de la *sucesión ecológica* es el paradigma del cambio en ecología, comprendido como proceso ecológico que frecuentemente se utiliza como sinónimo del proceso de cambio en comunidades, pero que se extiende al conjunto de procesos que caracterizan la dinámica del ecosistema como un todo. Cambia la masa de los organismos y el tamaño de las poblaciones, cambian los patrones de ocupación de hábitat por las especies, cambia la dominancia y la diversidad de las comunidades, cambia la biomasa y la producción (Rodríguez Martínez, 2013).

Con esto es preciso afirmar que el concepto de unidad ambiental se sitúa lejos de la visión de Clements donde las comunidades vegetales eran entidades cerradas que, al igual que un organismo, experimentan un proceso de desarrollo que las conduce a un estado de estabilidad que se identifica con la etapa que denomina *clímax*. En contraposición a ello se propone una visión de las unidades ambientales con un potencial factor de cambio, acogiendo la visión de Gleason considerando a las comunidades vegetales como el resultado de la coincidencia, en un mismo espacio o territorio, de especies con similar respuesta o adaptación al medio físico, el cual está usualmente organizado en gradientes continuos a lo largo de los cuales se produce el tránsito gradual entre las agrupaciones de especies calificadas como comunidades.

Por tanto, catalogaremos a la sucesión como un proceso de autoorganización a lo largo del cual el ecosistema gana estructura, acumula biomasa y se enriquece en especies, pero con una tasa de transformación que se reduce a lo largo del tiempo, haciéndose los cambios más lentos progresivamente. En la realidad, este proceso puede interrumpirse, invertirse, tomar trayectorias alternativas, dibujar bucles o hacerse cíclico, y, además, se altera con modificaciones del clima, sustrato, incorporación o pérdida de especies muy activas o debido a la intervención humana (García Novo, 2007).

Para finalizar este ámbito y esclarecer la información, podemos concluir que el ámbito biótico se referirá al tipo de vegetación dominante en un área determinada, en un punto de la sucesión ecológica determinado, pudiendo ser tanto especies pioneras

propias de ecosistemas del comienzo del desarrollo de un ecosistema, como especies más competitivas propias de ecosistemas más consolidados y desarrollados.

### 1.2.3 Ámbito antrópico

El impacto de las actividades humanas sobre el medio ha cambiado el uso del suelo y modificado los ecosistemas originales. Es por ello por lo que no se puede obviar este factor a la hora de distinguir unas unidades ambientales de otras. Estas modificaciones en el uso del suelo se van a analizar mediante dos formas: El CORINE Land Cover (CLC) y las evidencias observables en el uso tradicional del monte mediante salidas de campo. El CLC es un proyecto de la Agencia Europea del Medio Ambiente que nace en 1985 con el objetivo de obtener una base de datos europea de ocupación del suelo (usos del suelo) actualizada a varios años de referencia.

## **1.3 Justificación**

Los SE sustentan nuestra salud, nuestra economía y nuestra calidad de vida, aunque a menudo nos pasan desapercibidos. Por ello son cada vez más el foco de las políticas nacionales y europeas como indicadores de la calidad de nuestra interacción con el entorno. El siguiente paso es encontrar los medios para situar los SE en el centro de las políticas ambientales. Esto nos permitirá tener ideas para identificar qué opciones de gestión nos ayudan a mitigar los efectos del cambio global que, a su vez, optimizan los beneficios sociales y evitan costes y riesgos potenciales para los ecosistemas y las sociedades (Pino, 2015).

Los usos y costumbres que se dan en el monte, dentro del municipio de Sos del Rey Católico, en los últimos años son, principalmente, la caza, el aprovechamiento de pastos, la apicultura y el aprovechamiento maderero de manera puntual, siendo la influencia de senderistas poco significativa. Estos usos están regulados por la administración, la cual fija las condiciones en que deben realizarse (Bioma Forestal, 2018).

Nos encontramos con el principal problema que es el desconocimiento. Desconocemos los ecosistemas que rodean las poblaciones humanas y su interacción entre sí. Dar a conocer cuáles son las unidades ambientales al municipio de Sos del Rey Católico proporcionará la información necesaria para entender su dinamismo y cómo pueden aportarnos SE valiosos que debemos conservar.

Pero no solo es necesaria esa identificación, si no su evaluación, conocer cómo los ecosistemas pueden mejorarse para aportar mejores SE. Servicios, entre otros, como la captación de carbono atmosférico o como el aporte de agua azul a los ríos son fundamentales para enfocar una gestión que vaya en dirección del mejor uso del monte del término municipal.

Estos planteamientos y los objetivos que de ellos se desprenden se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas:

Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de biodiversidad:

- 15.1 Para 2020, velar por la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y los servicios que proporcionan, en particular los bosques, los humedales, las

montañas y las zonas áridas, en consonancia con las obligaciones contraídas en virtud de acuerdos internacionales.

- 15.9 Para 2020, integrar los valores de los ecosistemas y la diversidad biológica en la planificación nacional y local, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.

Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos:

- 13.1 Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.

## 1.4 Objetivos general y específicos

El objetivo general del trabajo es analizar el estado actual de la cubierta vegetal del municipio de Sos del Rey Católico, para evaluar los cambios ocurridos en algunos servicios ecosistémicos en las últimas décadas y proponer algunas medidas de gestión que los optimicen.

Los objetivos específicos son:

1. Identificación de las distintas unidades ambientales del municipio de Sos del Rey Católico.
2. Cuantificar la evolución de los servicios ecosistémicos de provisión de agua y almacenamiento de carbono en el periodo 1956-2021.
3. Proponer medidas de gestión en ecosistemas forestales y agroecosistemas para optimizar su prestación de servicios.

## 2. Área de estudio

### 2.1 Situación geográfica y dimensiones

El área objeto de estudio del presente proyecto se encuentra en Aragón (España), en la comarca de las cinco villas, más concretamente consiste y engloba todo el término municipal de Sos del Rey Católico (provincia de Zaragoza). Ocupa el extremo noroeste de la provincia zaragozana y el límite municipal por el oeste es también límite de la comunidad autónoma de Aragón con Navarra. Se ha elaborado el mapa 1 de localización para comprender mejor la situación del área de estudio (Anexo 1).

La superficie del municipio tiene un total de 21.656,6 ha, y está enmarcada dentro de las hojas 174, 175, 207 y 208 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (MTN50), según el IGN. Las coordenadas extremas ETRS89 UTM 30N que definen el área de actuación son (Tabla 1):

**Tabla 1:** Coordenadas de los vértices obtenidas mediante ArcGis del municipio de Sos del Rey Católico (Fuente: elaboración propia).

Extremo	Coordenada X	Coordenada Y
<b>Norte</b>	642.452,304	4.713.054,457
<b>Sur</b>	637.609,132	4.690.603,430
<b>Este</b>	655.992,419	4.705.129,084

<b>Oeste</b>	635.021,502	4.693.048,185
--------------	-------------	---------------

## 2.2 Climatología

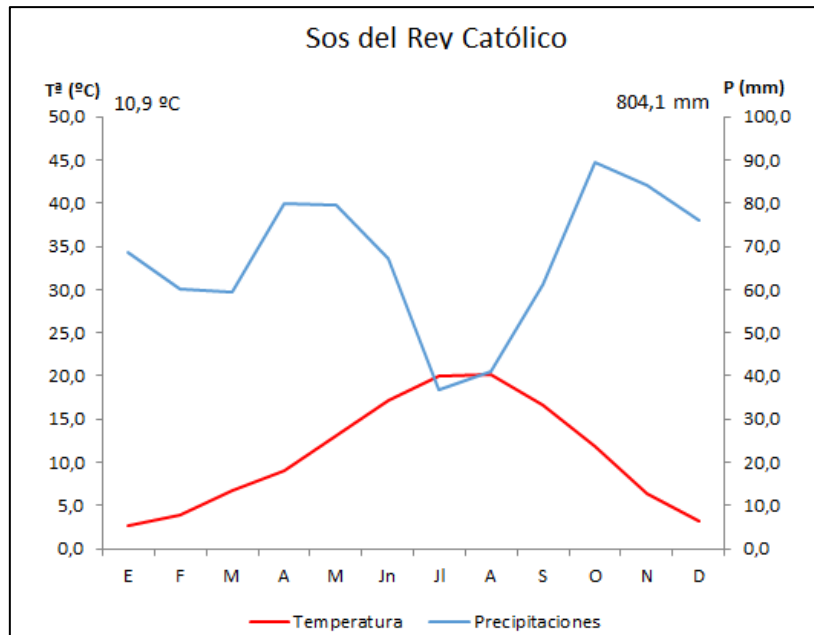
Según la clasificación de Thornthwaite, la zona de estudio se encuentra en un clima Mesotérmico y Subhúmedo, tal y como se describe en el proyecto de ordenación de los montes de Sos pertenecientes a la Comunidad Autónoma de Aragón (Yera *et al.*, 2017). En ese mismo proyecto se destaca un gradiente Norte – Sur en cuanto a disminución de precipitaciones y aumento de la temperatura, siendo considerablemente más fresca y húmeda al norte de la Sierra de Peña. Esto se puede apreciar comparando dos climodiagramas, uno de la estación meteorológica de Javier (Navarra) con sus datos corregidos altitudinalmente para Sos del Rey Católico (Figura 2) y otro de la estación meteorológica de la DGA en Sádaba (Figura 3).

Para este estudio, se han obtenido los datos climáticos según la estación meteorológica de Urriés (clave 9243O) obtenida a través de SIGA. Las coordenadas de la estación dadas por la plataforma son Latitud 42°31' Longitud 01°07' orientación oeste (W). Se ha seleccionado esta estación meteorológica por su cercanía y su amplio periodo de recogida de datos (31 años).

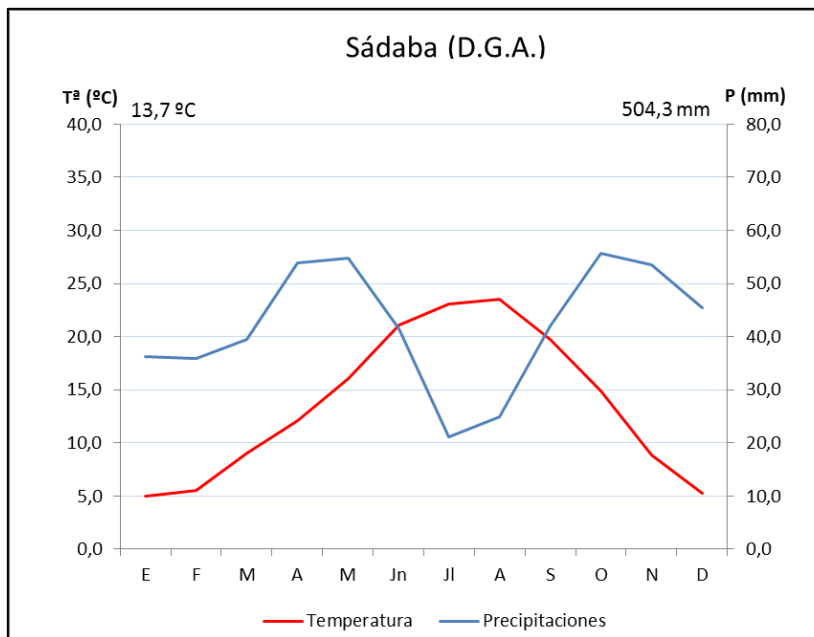
A pesar de los microclimas que serán descritos cuando se precise para cada unidad ambiental, según la estación mencionada se ha elaborado la tabla 2 con los datos medios de pluviometría y temperatura:

**Tabla 2:** Datos climáticos a partir de los datos de la estación meteorológica de Urriés (Fuente: elaboración propia).

Periodo	Pluviometría media (mm)	Temperatura media (°C)
<b>Primavera</b>	168,40	11,00
<b>Verano</b>	115,70	20,60
<b>Otoño</b>	176,20	13,50
<b>Invierno</b>	145,30	5,60
<b>Anual</b>	605,60	12,70



**Figura 2:** Climodiagrama elaborado a partir de los datos de la estación meteorológica de Javier y corregido altitudinalmente para el municipio de Sos del Rey Católico (Fuente: Yera *et al.*, 2017)



**Figura 3:** Climodiagrama de la estación de la D.G.A. situada en Sádaba (Fuente: Yera *et al.*, 2017)

### 2.3 Hidrología

El municipio se encuentra en la cuenca hidrológica del Ebro, cuyo único río de consideración que lo cruza es el Río Onsella, el cual vierte sus aguas al Río Aragón y este a su vez al Río Ebro. El canal de las Bardenas interrumpe el territorio dos veces una en el noroeste y otra al sur, proporcionando la posibilidad de agroecosistemas de regadío en aquellos campos situados altitudinalmente por debajo del mismo.



Para facilitar la comprensión de la red hidrológica se ha elaborado el mapa 2, que se presenta en el anexo 2. Esta red está formada mayoritariamente por una red de barrancos temporales, siendo el curso de agua más importante el río Onsella.

## 2.4 Geomorfología

La zona que geomorfológicamente más destaca por ser la más alta del municipio y poseer la mayor parte de barrancos la compone la Sierra de Peña, que parte por la mitad el municipio de Sos del Rey Católico dejando al propio pueblo en la parte norte y a Sofuentes y Mamillas (dos pueblos dentro del municipio) en la parte sur. La variación altitudinal y la gran diversidad de orientaciones que posee hace que sea en la sierra donde mayor diversidad de ecosistemas hay de todo el municipio.

Tal y como dice el proyecto de ordenación antes mencionado (Yera *et al.*, 2017), esta sierra compone a las Sierras prepirenaicas oligocénicas que forman las estribaciones meridionales de la cordillera Pirenaica. Éstas constituyen una continuación más baja por el oeste de las Sierras Exteriores prepirenaicas (Sierra de Santo Domingo).

Al norte de la sierra nos encontramos con la depresión formada por el río Onsella, el cual otorga el mismo nombre a un valle de superficie irregular que interrumpe los campos de agricultura extensiva con ligeros montículos compuestos por ecosistemas arbustivos. Al sur de la sierra se puede observar un terreno mucho más uniforme dando lugar a un paisaje plano compuesto por un mosaico de parcelas agrarias.

Para comprender mejor la geomorfología se han elaborado los mapas 3, 4 y 5. Estos mapas son de orientaciones, cotas de nivel e hipsométrico respectivamente y se pueden apreciar en los anexos 3, 4 y 5. En el mapa de orientaciones se puede observar la clara predominancia de la orientación en función de si se observa al norte o al sur de la Sierra de Peña, un mapa que refuerza el gradiente climático Norte – Sur debido al efecto de la orientación de las laderas de solana (orientación sur) y de umbría (orientación norte). Únicamente hay que destacar la predominancia de la orientación sur debido a que el área de estudio es más extensa en esta vertiente.

En el mapa de cotas se puede apreciar que cada curva de nivel equidista de otra por 50 metros, donde solo se encuentran etiquetadas cada 100 metros. Las curvas de nivel muestran el desnivel altitudinal de la Sierra de Peña encontrando sus cotas máximas cerca de los 1050 metros con respecto al resto del territorio, destacando las cotas mínimas situadas al sur por debajo de los 400 metros (1.054 - 389 m según el Modelo Digital del Terreno (MDT) del área de estudio digitalizado mediante ArcGis). El mapa hipsométrico complementa al mapa de cotas de forma más visual. La zona más baja de Sos del Rey Católico coincide tanto en la zona norte como en la sur con los agroecosistemas de regadío. En ambos mapas se contrasta la idea de una Sierra que interrumpe el área de estudio dando lugar a dos vertientes.

## 2.5 Geología

La Sierra de Peña está compuesta de areniscas y arcillas pertenecientes a la Era Cenozoico, Subera Terciario, Sistema Neogeno y Serie Mioceno (Yera *et al.*, 2017), con afloramientos de conglomerado. En la zona más occidental, se alternan de sur a norte diversos materiales como areniscas y lutitas en la parte sur del monte; hacia el norte dichas areniscas se enriquecen de conglomerados hasta convertirse en conglomerados masivos. Al norte de la sierra, descendiendo por el valle, aparece una franja de lutitas y areniscas seguidas de otra más amplia de lutitas rojas y ocres. Hacia el sur de la sierra

los materiales presentes son igualmente terciarios formados principalmente por arcillas, limos y areniscas en paleocanales. Dicha información puede verse en el mapa 6, sobre la litología y geoformas (Anexo 6), cuya elaboración se ha realizado mediante las capas obtenidas en el IGN.

## 2.6 Vegetación

La descripción de las comunidades vegetales se ha tomado como referencia el Mapa de Series de Vegetación (Rivas-Martínez, 1987), que presenta la vegetación potencial del área de estudio. Sos del Rey Católico corresponde con una vegetación potencial propia de la región mediterránea. Dentro de esta región se encuentran dos pisos bioclimáticos en el municipio, el Piso Supramediterráneo y el Piso mesomediterráneo. El primero corresponde con la serie de los quejigares supra-mesomediterráneos y de los pinsapares, más concretamente con la serie supra-mesomediterránea tarraconense, maestracense y aragonesa basófila del quejigo (*Quercus faginea*). *Violo willkommii-Querceto fagineae sigmetum*. El segundo corresponde con la serie de los encinares mesomediterráneos. Más concretamente con la serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de la encina (*Quercus rotundifolia*). *Bupleuro rigidi-Querceto rotundifoliae sigmetum*. Por lo tanto, se puede afirmar que la vegetación potencial se corresponde con quejigares y encinares.

Por último, la biogeografía que compone el municipio pertenece al Reino Holártico. Región Mediterránea. Subregión Mediterránea occidental. Superprovincia Mediterráneo-Iberolevantina. Provincia Aragonesa. Sector Riojano-Estellés.

## 2.7 Análisis demográfico

Para evaluar la evolución demográfica en el municipio de Sos del Rey Católico se ha tomado la información disponible en el Instituto Nacional de Estadística (INE). La figura 4, que muestra la evolución de la población entre 1996 y 2020, indica un descenso continuado desde 850 habitantes hasta los 567 actuales (33.3%). Este descenso continúa en la actualidad a pesar del auge de la actividad turística.

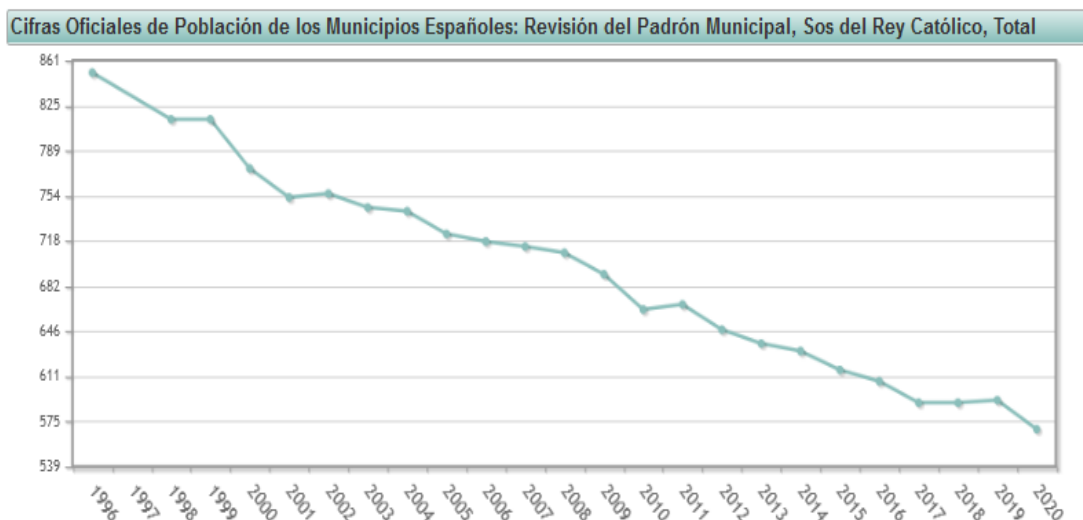


Figura 4: Evolución de la población en el área de estudio (Fuente: INE, 2020)

## 2.8 Actividades humanas y patrimonio

En el siglo X, el Reino de Pamplona comienza a construir un castillo como parte de su línea defensiva frente al islam. A mediados del siglo XI, gracias a la reina Estefanía

de Navarra, comienza a edificarse la iglesia de San Esteban junto al castillo. La alta torre de piedra que compone el castillo junto con dicha iglesia anima a que acuda la población que va construyendo sus casas en torno al conjunto iglesia-castillo. En el siglo XII, Sos se convierte ya en villa con la llegada de la comunidad judía. Los conflictos con el Reino de Navarra provocaron en el siglo XIII la creación de la muralla que rodea y protege la villa. El 10 de marzo del año 1452 nació en Sos el futuro Fernando II de Aragón, V de Castilla, Fernando el Católico (Ibáñez, 2018).

Sos del Rey Católico es junto con Uncastillo la población de las Cinco Villas con mayor riqueza patrimonial y fue capital del Corregimiento de las Cinco Villas en los siglos XVIII y primer tercio del XIX. Enclavada en un terreno accidentado, esta población, que dista de Zaragoza 130 kilómetros, ha visto cómo con el paso de los años su actividad económica se diversificaba, pasando de ser eminentemente agrícola a convertirse en un punto turístico de gran importancia en todo Aragón. Fue declarada Conjunto Histórico Artístico en 1968 y cuenta con un reconocido Parador Nacional de Turismo (Asín García, 2007).

El amplio término municipal de Sos, que se extiende por ambas vertientes de la sierra (desde el Onsella por el norte, hasta las llanuras cerealistas por el sur, antesala ya de las Bardenas), engloba un buen número de entidades de población de variado origen: desde antiguas pardinas, cuyo origen son monasterios o poblados medievales, hasta un pequeño pueblo de colonización de mediados del siglo XX, pasando por aldeas agrícolas consolidadas o «cotos redondos» de secular posesión señorial (Asín García, 2007).



**Figura 5:** Iglesia de San Esteban (Fuente: galería fotográfica de la página del ayuntamiento de Sos del Rey Católico)



**Figura 6:** Plaza de la Villa (Fuente: galería fotográfica de la página del ayuntamiento de Sos del Rey Católico)

## 2.9 Áreas protegidas y Red Natura 2000

El término municipal no se encuentra incluido en LIC, ZEPA o Espacio Natural Protegido alguno (el LIC más próximo al grupo de montes es el ES2430063 “Río Onsella”). Únicamente, se encuentra catalogado como Ámbito de Protección de Especies Protegidas, en concreto de la especie *Austropotamobius pallipes* (cangrejo europeo o de patas blancas), catalogada como especie vulnerable según el Catálogo Español de Especies Amenazadas. También se encuentra incluido en las Zonas de Protección de Alimentación de Especies Necrófagas, especialmente el *Gypaetus barbatus* (quebrantahuesos) (Yera *et al.*, 2017).

## 3. Material y Métodos

---

Las acciones básicas que se han desarrollado para la realización de este TFG han sido las siguientes:

- Identificación y caracterización de las unidades ambientales.
- Evaluación de la provisión de agua y el carbono almacenado para cada unidad.
- Elaboración de las propuestas de gestión y mejora en agroecosistemas y ecosistemas forestales.

La bibliografía e información que se ha utilizado se ha obtenido desde diferentes fuentes. Para caracterizar el área de estudio y para comprender el concepto de unidad ambiental y la relevancia que tiene con respecto a los servicios ecosistémicos, se ha buscado en páginas web oficiales del gobierno de Aragón, así como artículos y libros desde el buscador de Google académico y documentos oficiales de gestión (literatura gris), obteniendo así toda la información. El resto de bibliografía, documentación y metodología que se ha utilizado se desarrollará a continuación para cada apartado, de esta forma, poder así esclarecer las pautas que se han seguido para obtener los resultados.

## **3.1 Identificación y caracterización de las unidades ambientales**

### 3.1.1 Criterio de identificación de unidades ambientales

Como ya hemos comentado antes en el concepto de unidad ambiental, dentro de la introducción, la identificación de una unidad ambiental viene determinada por el tipo de vegetación dominante en un área determinada. Esta vegetación dominante es la clave para separar unas unidades de otras y determinará sus límites de distribución.

Para la descripción de las unidades, no solo se describirá la mencionada vegetación dominante, si no, que también se describirán dos aspectos más, el ámbito antrópico y el ámbito abiótico.

El ámbito abiótico se ha obtenido del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y del Instituto Geográfico Nacional (IGN), extrayendo capas cartográficas de ambas plataformas referidas a la litología y geomorfología. Se han encontrado muchas limitaciones sobre la información disponible de geomorfología, por ello, en este ámbito se describirá únicamente la orientación predominante y el intervalo altitudinal de cada unidad, junto con su litología correspondiente.

El ámbito antrópico se ha obtenido a través del CORINE Land Cover (CLC). Para este trabajo usaremos la última versión, la de 2018, que se obtiene incorporando a la base de datos anterior CLC2012 la base de datos de cambio 2012-2018. Esta información la obtendremos a partir del IGN.

Las capas de litología, geomorfología (MDT) y CLC2018, se han solapado con el mapa de tipos de vegetación, hecho previamente mediante la vegetación dominante, para así obtener la caracterización del ámbito biótico junto con el ámbito abiótico y antrópico correspondiente.

### 3.1.2 Revisión bibliográfica

Para lograr diferenciar todas las unidades ambientales del municipio, una vez determinado cuáles eran los criterios de identificación, era preciso conocer cualquier documento o plan de gestión que se estaban llevando a cabo. Estos documentos pueden dar información sobre ecosistemas ya identificados y servir de guía para contextualizar el resto de los elementos del paisaje.

Este tipo de documentos es lo que se denomina como “literatura gris” al no estar publicada por los canales ordinarios de difusión y es información de difícil acceso desde internet. Para obtenerla debía realizar consultas a expertos, en primer lugar, me puse en contacto con la Oficina Comarcal Agroambiental (OCA) de Sos del Rey Católico, donde me explicaron que solo controlaban temas relacionados con la Política Agraria Común (PAC), pero me pudieron dar el contacto de Fernando, un Agente de Protección de la Naturaleza (APN).

Fernando me aconsejó ponerme en contacto con el Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón para conseguir los documentos que necesitaba. Tras varias llamadas telefónicas conseguí el contacto de Ester Gines Llorens, bióloga que trabaja en la sección de Biodiversidad en el Servicio Provincial de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente del Gobierno de Aragón. Ella me facilitó una serie de capas cartográficas que fueron muy útiles para elaborar los mapas de las unidades ambientales. También me dio el contacto de Javier Yera, el ingeniero de montes responsable de la gestión de los montes de Sos del Rey Católico.

Me puse en contacto con Javier y él pudo enviarme la documentación que estaba buscando, dos proyectos de ordenación de los montes de utilidad pública, uno propiedad del Ayuntamiento de Sos del Rey Católico (Yera *et al.*, 2017) y otro, propiedad de la Comunidad Autónoma de Aragón (Bioma Forestal, 2018). Gracias a estos proyectos encontré mucha información sobre los trabajos silvícolas que se estaban realizando y sobre la biodiversidad de aquellos ecosistemas que no tenía clara su identificación.

### 3.1.3 Trabajo de campo

Se han realizado un total de tres salidas de campo, entre los meses de marzo y abril, para identificar y fotografiar todas las unidades ambientales. Previamente al trabajo de campo, se ha realizado un estudio de identificación de posibles especies vegetales (taxones) que se esperaba encontrar, mediante las descripciones morfológicas de los taxones dadas en la Flora Ibérica (Castroviejo *et al.*, 1986-2015) y en el Atlas Flora de Aragón (Gómez García, 2005). También se analizaron las ortofotos de máxima actualidad que recogían toda la superficie del municipio para establecer aquellos lugares que necesitaban ser visualizados en campo, dichas fotografías aéreas se obtuvieron a través del IGN y se corresponden con las ortofotos número 174, 175, 207 y 208.

### 3.1.4 Realización de cartografía mediante ArcMap

La metodología desarrollada para identificar y caracterizar las unidades ambientales tiene como objetivo la creación de mapas que agrupen de forma visual toda la información. Estos mapas se han hecho con el programa ArcMap a partir de capas obtenidas del IGN, el IDE Aragón, el IGME y los proyectos de ordenación de los montes de utilidad pública, y junto con las observaciones en el trabajo de campo.

## **3.2 Evaluación de las unidades ambientales**

### 3.2.1 Comparación de escenarios

La evaluación del paisaje de Sos del Rey Católico se ha realizado mediante la comparación de dos escenarios, el escenario tradicional y el escenario actual. El escenario tradicional está situado en el año 1956 y se ha representado mediante un mapa de tipos de vegetación y usos, identificados con el mismo criterio que las unidades de la actualidad. Se menciona tipos de vegetación y usos en lugar de unidades ambientales, porque únicamente se ha atendido a la vegetación dominante y al uso, sin tener en cuenta el resto de los aspectos (litología y geomorfología) que corresponden cuando se está hablando de una unidad ambiental o ecosistema.

Dicha identificación y posterior diseño de la cartografía se ha realizado con ArcMap mediante las ortofotos del vuelo americano del año 1956 obtenidas en el IGN.

Los dos escenarios se han comparado en base a dos indicadores que serán descritos a continuación:

- El agua azul y agua verde.
- La captación de CO<sub>2</sub>.

Para contextualizar los datos obtenidos de cada evaluación, se ha realizado una revisión bibliográfica de estudios científicos que aborden estos mismos temas. De esta forma así dotar de mayor solidez los resultados obtenidos.

### 3.2.2 Cálculo de agua azul VS agua verde

Para evaluar el balance hídrico del territorio y conocer cómo ha cambiado la cantidad de agua que el monte ha sido capaz de exportar a los cauces se ha

seleccionado el “modelo del balance hídrico de agua azul y agua verde” de Zhang *et al.* (2001).

Este modelo es una herramienta práctica para cuantificar de una forma aproximada cómo afectan los cambios de cubiertas vegetales en el balance hídrico total, basada en el efecto de la vegetación en la evapotranspiración (Enguita, 2017). El modelo se basa en la ecuación del balance hídrico:

$$P = ET + Q + D + \Delta S \text{ Siendo } \left\{ \begin{array}{l} P = \text{precipitación.} \\ ET = \text{evapotranspiración real.} \\ Q = \text{escorrentía superficial.} \\ D = \text{recarga de agua subterránea.} \\ \Delta S = \text{cambio en el almacenamiento de agua del suelo.} \end{array} \right.$$

El modelo asume el reparto de la precipitación total entre evapotranspiración y escorrentía o drenaje profundo ( $P = ET + Q$ ) por lo que sirve para mostrar las consecuencias derivadas de los cambios de uso de suelo sobre ambos factores de la ecuación. Identificando el agua verde con la evapotranspiración (ET) y el agua azul como el agua libre en escorrentía o drenaje profundo (Q), resultante de la diferencia entre ET y P. La metodología seguida se puede consultar en el TFM de Enguita (2017).

Para aplicarlo sólo son necesarios los datos de precipitación y temperatura media a nivel municipal, los cuales se han obtenido a través de la estación termopluviométrica de Urriés (clave 9243O), localizada en la plataforma del Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios (SIGA). Las superficies de cada unidad se han obtenido a partir de la cartografía realizada en ArcMap tanto en el escenario tradicional (1956), como en el escenario actual.

El modelo exige clasificar las coberturas vegetales en 4 tipos con sus respectivos coeficientes de disponibilidad de agua (w) y están representados como bosque (b=2), vegetación mixta (m=1), cultivos y herbáceos (h=0,5) y suelo desnudo (d=0,1) (Enguita, 2017). Por tanto, cada unidad ambiental identificada en ambos escenarios se ha incluido dentro de esta clasificación para realizar la evaluación.

### 3.2.3 Cálculo de la captación de CO<sub>2</sub>

La captación de CO<sub>2</sub> atmosférico y almacenamiento en forma de carbono en la biomasa vegetal es un servicio de regulación climática global que se revela crucial ante la actual situación de cambio global y, concretamente, de cambio climático, ya que es uno de los principales gases de efecto invernadero. El almacenamiento de este gas depende principalmente del tipo de vegetación, por lo que es necesario analizar los tipos de cobertura vegetal y el área que ocupan dentro del municipio (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (CITA), 2008).

Para calcular el contenido de CO<sub>2</sub>, los análisis se han centrado en todas las unidades ambientales que no corresponden con agroecosistemas, ya que, la biomasa producida en estos ambientes, que contiene el carbono absorbido, es retirada del medio mediante la cosecha. Además, el uso de abonos en estos agroecosistemas produce que sea muy complicado establecer una cantidad de carbono en suelo propia únicamente de la absorción atmosférica.

Las unidades ambientales, como ya hemos dicho, se han identificado en base a la vegetación dominante, por tanto, se obtendrá el contenido de CO<sub>2</sub> en base a dicha

vegetación. El cálculo se ha realizado de tres formas distintas para cada uno de los tres estratos de vegetación, que son, forestal, arbustivo y herbáceo (pastos). Y para cada estrato, sólo se han tenido en cuenta las especies vegetales potenciales de cada ecosistema.

En la realización del cálculo, una vez se han identificado las especies vegetales dominantes por unidad ambiental, se ha establecido un porcentaje de ocupación referente a cada especie en función del ecosistema, dicho porcentaje se ha determinado por observación en trabajo campo, determinando la ocupación de cada especie de manera aproximada y sin la realización de un muestreo exhaustivo. Esto se debe a que realizar un muestreo de la abundancia específica en todos los ecosistemas supera el alcance de este trabajo. Dicho esto, se ha tenido en cuenta en cada estrato lo siguiente:

Para calcular el almacenamiento de CO<sub>2</sub> de las especies vegetales arbóreas se ha utilizado la calculadora de proyectos de absorción de CO<sub>2</sub> del Ministerio para la Transición Ecológica y el reto demográfico (Oficina Española de Cambio Climático (OECC), 2018). Con esta calculadora se puede estimar el contenido de dióxido de carbono, por unidad de árbol, asociadas a la biomasa de las especies arbóreas forestales españolas. Las unidades de pies de árboles en los ecosistemas se han obtenido mediante la densidad forestal determinada en los proyectos de ordenación de los montes de utilidad pública (Yera *et al.*, 2017 & Bioma Forestal, 2018).

Para calcular el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en especies vegetales arbustivas se han dividido en dos estratos distintos, matorral joven y matorral viejo. Las especies arbustivas más dominantes son *Genista scorpius* y *Quercus coccifera*, donde se han asignado a joven y viejo respectivamente. Dicha división y su capacidad de captación de CO<sub>2</sub> se ha caracterizado a partir de un artículo científico que trata los efectos del abandono de tierras agrícolas sobre las reservas de carbono en el suelo en el Pirineo central español (Nadal-Romero *et al.*, 2021).

Por último, para calcular el almacenamiento de CO<sub>2</sub> en pastos de media montaña, que son los tipos de pastos que corresponden al municipio de Sos del Rey Católico, se ha utilizado otro artículo científico. El artículo estudia el almacenamiento de carbono en tierras agrícolas abandonadas en zonas de media montaña en La Rioja (Lasanta *et al.*, 2020).

### **3.3 Propuestas de gestión y mejora**

#### **3.3.1 Propuesta 1: gestión forestal**

Esta propuesta está fundamentada según Enrique Arrechea (jefe de Unidad de Gestión Forestal en el Servicio Provincial de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente de Zaragoza. Gobierno de Aragón) y su visión sobre la gestión forestal de los montes en el siglo XXI. Visión aportada en el curso “Gestión ambiental sostenible en el medio rural en el actual contexto de despoblamiento y cambio climático” realizado por la Universidad de Verano de Teruel (Arrechea 2021).

Además, se harán dos propuestas de gestión que seguirán la línea de actuación de los proyectos de ordenación de los montes de utilidad pública ya puestas en práctica en el municipio y que son ya mencionadas en la visión de Arrechea (2021).

#### **3.3.2 Propuesta 2: Setos e islotes en agroecosistemas**

En primer lugar, para hacer esta propuesta es necesaria una revisión bibliográfica que fundamente los beneficios de los servicios ambientales que aportan al



plantar setos e islotes entre y dentro de los campos de cultivo y que dé a entender de dónde vienen este tipo de propuestas. Para documentar los servicios ambientales que proporcionan estas estructuras, se hará uso del manual “Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible”. En segundo lugar, se han realizado dos entrevistas con agricultores de la zona, porque se entiende que una propuesta de estas características debe tener una aceptación del propietario.

Además, se ha realizado una cartografía con la propuesta de diseño del nuevo paisaje con islotes y setos mediante ArcMap, y también, mediante la página oficial de la fundación FIRE, se ha diseñado la composición taxonómica y el marco de plantación de los setos, en base a los servicios ambientales que aportan e intentando que la época de floración de los setos abarque casi todos los meses del año.

Por último, se han revisado los nuevos ecoesquemas de la PAC de 2021 para documentar los posibles beneficios que la nueva PAC pueda otorgar si se implementan este tipo de prácticas.

## 4. Resultados y discusión

---

Los resultados y la discusión se han unificado en un mismo punto para poder explicar y comprender mejor los resultados obtenidos, de tal forma que, los resultados de este trabajo irán acompañados de una discusión que dará más solidez a la información que a continuación se expone.

### 4.1 Identificación y caracterización de unidades ambientales

Los profundos cambios socioeconómicos que se produjeron desde mediados del siglo XX (crecimiento industrial la construcción en las zonas bajas y en la costa, la mecanización de la agricultura el crecimiento de la ganadería intensiva en las zonas productoras de forraje y otros) marginaron el monte mediterráneo y provocaron un fuerte despoblamiento y el abandono de las actividades agrosilvopastoriles tradicionales (Lasanta, 1988). El abandono de las tierras y el escaso pastoreo en las laderas impulsó los procesos de revegetación natural de los bosques y arbustos, que son las principales características del paisaje actual (García Ruiz & Lana Renault, 2011). Sin embargo, hay que destacar que los procesos naturales de revegetación en campos abandonados son un proceso complejo determinado por factores naturales y humanos, donde el factor temporal es muy importante para abarcar las distintas etapas, pero no es el único, ya que la topografía, la gestión humana (antes y después del abandono) y las variaciones del clima juegan un papel importante (Peña Angulo *et al.*, 2019).

La forestación activa llevada a cabo por las administraciones constituyó una característica importante de los cambios de la cubierta terrestre durante el siglo pasado. En España, por ejemplo, en 1939 un importante plan de forestación (Plan de Repoblación Forestal de España) propuso la forestación de 6 millones de hectáreas en 100 años (Ortigosa Izquierdo, 1991). La forestación perseguía dos objetivos (a) económico: aumentar la producción forestal para satisfacer la creciente demanda industrial y (b) ambiental: reducir la erosión del suelo y regular la hidrología de las laderas (Vallejo *et al.*, 2006). Este plan ya había alcanzado los 5 millones de hectáreas en 2006 (Lasanta *et al.*, 2015).

Hay que señalar que las repoblaciones que se han identificado, en el municipio de Sos del Rey Católico, se hicieron con tres especies del género *Pinus sp.* y a pesar

de que cada repoblación es monoespecífica, se puede apreciar que, después de ensamblarse en el territorio, se han desarrollado junto con los bosques tradicionales y especies arbustivas, creando bosques mixtos, dando diversidad al paisaje.

El municipio de Sos del Rey Católico, comprende 15 ecosistemas/unidades ambientales distintos. Hay ecosistemas con mayor grado de antropización que otros, aspecto que ha influido mucho en los ecosistemas actuales. Para la comprensión y visualización de la localización y extensión de las distintas unidades ambientales se ha elaborado el mapa 7, que se puede observar en el anexo 7. Este mapa posee una leyenda con las unidades ambientales numeradas tal y como se encuentran a continuación.

**Tabla 3:** Listado de las Unidades Ambientales en el escenario actual (Fuente: elaboración propia)

Nº	Nombre de la Unidad Ambiental
1	Agroecosistema de secano en laderas y fondos de valle sobre areniscas, margas y arcillas
2	Agroecosistema de regadío en fondos de valle sobre areniscas, margas, arcillas y gravas
3	Aliagar en laderas abancaladas sobre areniscas y arcillas
4	Bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría sobre areniscas, arcillas y conglomerados
5	Matorral de regeneración tras incendio en laderas abancaladas de solana sobre areniscas y arcillas
6	Coscojar en laderas abancaladas sobre areniscas, arcillas y conglomerados
7	Matorral con pino laricio en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas
8	Pinar de repoblación de pino laricio en laderas abancaladas sobre areniscas, arcillas y conglomerados
9	Pinar de repoblación de pino carrasco en laderas de solana sobre areniscas, arcillas y conglomerados
10	Pinar de repoblación de pino silvestre en laderas sobre areniscas y arcillas
11	Pinar de repoblación de pino laricio naturalizado en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas
12	Quejigar en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas
13	Hayedo en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas
14	Bosque mixto de pino silvestre y quejigo en ladera de umbría sobre areniscas y arcillas
15	Vegetación de ribera en barrancos y cauce fluvial sobre gravas, arenas y arcillas

A continuación, se describen los distintos ecosistemas numerados junto con un catálogo fotográfico. Como ya se ha mencionado, la característica clave que diferencia unos ecosistemas de otros es la vegetación dominante. Por ello se describirá dicho

aspecto junto con la litología, la geomorfología y la correspondencia de los usos del suelo que da el CORINE con la realidad de los ecosistemas identificados.

### 1. Agroecosistema de secano en laderas y fondos de valle sobre areniscas, margas y arcillas:

Se caracteriza por un paisaje en mosaico compuesto por parcelas de cultivos cerealistas en su mayoría. A menudo las parcelas se encuentran separadas por lindes arbustivas e islotes donde se pueden encontrar *Quercus ilex subsp. ilex* aisladas, *Rosa sp.*, *Quercus coccifera*, *Juniperus communis*, *Juniperus oxycedrus*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Buxus sempervirens*, *Genista scorpius*, *Salvia rosmarinus* y *Thymus sp.* en su mayoría.

Se sitúa sobre un terreno irregular de arcillas o margas con areniscas. Su orientación predominante es SW, porque la mayoría de la superficie de esta unidad ambiental se encuentra al sur de la Sierra de Peña, donde predominan laderas de solana. Al norte de la sierra hasta el río Onsella predominan laderas de umbría y pasado el río hacia el norte, vuelven las laderas de solana. La unidad está comprendida entre 434 y 937 metros de altitud, donde la mayoría de los cultivos se encuentran por debajo de los 600 metros de altitud. El hecho de que esta unidad se encuentre a tanta altura es debido a pequeñas parcelas situadas al sur de la parte alta de la cresta en la Sierra de Peña. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en terrenos agrícolas en mosaico con landas y matorrales, y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 7:** Val d'Onsella (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 8:** Agroecosistema de secano en laderas entre Mamillas y Sofuentes (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

## 2. Agroecosistema de regadío en fondos de valle sobre areniscas, margas, arcillas y gravas:

Este agroecosistema se encuentra delimitado por el canal de las Bardenas que interrumpe el municipio de Sos del Rey Católico en dos ocasiones, al sur y en el noroeste. En ambos se puede observar poca conectividad entre ecosistemas naturales circundantes, únicamente a destacar la fila de *Cupressus sp.* y *Pinus halepensis* plantados en los bordes del canal.

Los terrenos son relativamente planos situados sobre arenas, gravas, arcillas y margas. Como ya hemos comentado en la hidrología del área de estudio, hay dos grandes áreas de regadío, una al norte en ladera de umbría y otra al sur en ladera de solana, siendo la de mayor superficie la que se encuentra al sur predominando la orientación al SW. Se sitúa entre 389 y 463 metros de altitud siendo estos campos agrícolas de regadío los que encontramos en las cotas más bajas de todo el municipio, junto con el val d'Onsella. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en terrenos regados permanentemente y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 9:** Agroecosistema de regadío en fondos de valle localizado al norte observado desde la carretera con dirección a Sangüesa (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 10:** Agroecosistema de regadío en fondos de valle localizado al sur observado desde el canal de las Bardenas (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

### 3. Aliagar en laderas abancaladas sobre areniscas y arcillas:

El ecosistema forma parte del Hábitat de Interés Comunitario 4090, denominado como brezales oromediterráneos endémicos con aliaga (Yera *et al.*, 2017). Son pastos y banales abandonados matorralizados, con cobertura de poco porte y altura donde predominan *Genista scorpius*. Con forme se baja en altura se empiezan a ver algunas manchas dispersas más desarrolladas de *Buxus sempervirens* y *Quercus coccifera*.

Las laderas cubiertas por este aliagar están compuestas por areniscas y arcillas. Estas laderas se encuentran en torno a barrancos que descienden dirección Norte, por tanto, dichas laderas se encuentran orientadas Este-Oeste alternativamente, donde predominan superficialmente las de orientación Oeste. El ecosistema se sitúa entre 674 – 910 metros de altitud desde la zona del puerto de la Sierra de Peña hasta zonas de media altitud. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en matorrales en pastizales naturales y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 11:** Aliagar en laderas abancaladas observado desde el puerto de la Sierra de Peña  
(Fuente: Fco. Javier Lacosta)

#### 4. Bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría sobre areniscas, arcillas y conglomerados:

Estos bosques se encuentran dominados por *Quercus faginea*, aunque a menudo es frecuente la presencia de *Quercus ilex subsp. ilex*, de ahí que sea considerado como un bosque mixto. La presencia de sotobosque es más representativa en aquellas áreas de menor densidad, encontrando *Quercus coccifera*, *Buxus sempervirens*, *Juniperus communis*, *Juniperus oxycedrus*, *Genista scorpius* y *Arctostaphylos uva-ursi*. Esta unidad ambiental consiste en el ecosistema original del municipio de Sos del Rey Católico con respecto a su vegetación potencial, la cual se irá repitiendo en el resto de las unidades ambientales.

Las especies del sotobosque se van introduciendo por los claros producidos por incendios que el hombre utilizaba para aumentar la superficie de pastos, es decir, los bosques que hoy se observan son mucho más densos que los que había en un escenario tradicional previo a los procesos de despoblación rural (Montserrat Recoder, 1988).

La unidad se encuentra en laderas en su mayoría sobre areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados, aunque hay una pequeña zona situada en el límite norte del municipio sobre calizas. Su orientación es mayoritariamente NW predominando la umbría. Abarca desde las zonas más altas hasta zonas bajas, obteniendo una amplia distribución altitudinal (504 – 1054 metros de altitud). Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de frondosas y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 12:** Bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría observado desde la parte alte de la Sierra de Peña (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 13:** Interior del bosque mixto de encina y quejigo en laderas de umbría (Fuente: Yera et al., 2017)

### 5. Matorral de regeneración tras incendio en laderas abancaladas de solana sobre areniscas y arcillas:

Los incendios ocurridos fueron sobre todo en repoblaciones de *Pinus nigra* y más escasamente en repoblaciones de *Pinus halepensis*. Pese a que hay zonas que presentan una buena cubierta de regenerado de origen natural tras el paso del fuego, en la cara sur de la Sierra de Peña hay una gran área que se encuentra en proceso de regeneración, pues está relacionada con el último incendio que hubo. En esta área se observan rebrotes de *Quercus ilex subsp. ilex* jóvenes y regenerado de *Pinus halepensis*, también hay regenerado de matorrales como *Buxus sempervirens*, *Quercus coccifera*, *Genista scorpius*, *Juniperus communis* y *Juniperus oxycedrus*, y en la parte alta quedan aislados escasos pies de *Pinus nigra*.

Esta unidad se sitúa sobre areniscas y arcillas con una geomorfología propia de bancales abandonados. La mayor parte del ecosistema se encuentra al sur de la Sierra de Peña con predominancia en ladera de solana. La altitud varía entre 627 – 1019, extendiéndose en su mayoría en repoblaciones situadas sobre cotas altas. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en matorral boscoso de transición y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 14:** Matorral de regeneración tras incendio en laderas abancaladas de solana al sur de la Sierra de Peña (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

## 6. Coscojar en laderas abancaladas sobre areniscas, arcillas y conglomerados:

Es un común denominador en todo el municipio constituyendo no solo bancales abandonados que se empiezan a matorralizar, si no también se encuentran en lindes e islotes de todas las áreas de agroecosistemas de secano. Se incluyen también pequeñas zonas dominadas por *Quercus ilex subsp. ilex* procedente de monte bajo con pies de muy mala calidad que apenas superan los 2 metros de altura media (Bioma Forestal, 2018). *Quercus coccifera* se encuentra acompañada por *Juniperus communis*, *Juniperus oxycedrus*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Buxus sempervirens*, *Genista scorpius*, *Salvia rosmarinus*, *Thymus sp.* y algún *Rosa sp.*

Los coscojares tradicionalmente estaban muy acostumbrados al fuego para permitir áreas de pastos, revelando así que la reducción de la ganadería extensiva en los últimos años haya aumentado su densidad significativamente (Montserrat Recoder, 1988).

En su mayoría la coscoja se extiende en bancales abandonados sobre una predominancia de areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados. Es una de las unidades ambientales de mayor extensión donde la orientación predominante es NW aunque su amplia distribución a nivel territorial hace que las orientaciones sean muchas y diversas sin que destaque solana o umbría. Además, abarca desde las cotas más altas (1024 metros) hasta cotas bajas (451 metros), denotando su amplia distribución altitudinal. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en landas y matorrales y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.





**Figura 15:** Coscojar entre parcelas agrarias de secano y sobre laderas abanocaladas (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

### 7. Matorral con pino laricio en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas:

Las repoblaciones de *Pinus nigra* que se extienden por toda la Sierra de Peña son extensas y muy densas en su mayoría. Estas repoblaciones mandan propágulos, donde se puede apreciar que comienzan a colonizar con pinos jóvenes antiguos pastos constituyen parte del ecosistema que en este trabajo es denominado “aliagar en laderas abanocaladas sobre areniscas y arcillas”. Estos pinos jóvenes, están acompañados de vegetación arbustiva compuesta en su mayoría de *Buxus sempervirens* y *Genista scorpius*.

La unidad se asienta sobre areniscas y arcillas. Constituyen laderas en la cara norte de Sierra de Peña, aunque debido a la irregularidad de la geomorfología que causan los barrancos su orientación predominante es al este. Abarca altitudes medias hasta alcanzar la parte alta de la sierra, entre los 630 – 899 metros de altitud. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en landas y matorrales, siendo no muy exacta esta afirmación porque es difícil encontrar rebrotes de *Pinus nigra* en los lindes de los campos.



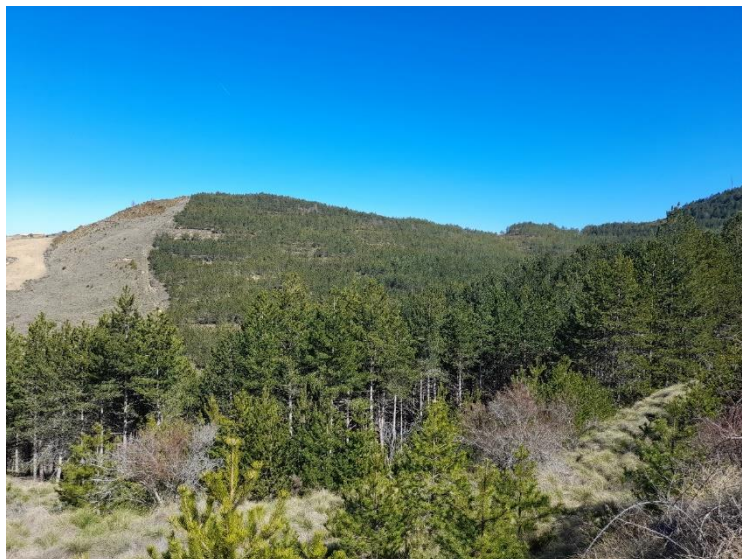
**Figura 16:** Matorral con pino laricio en ladera de umbría (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

## 8. Pinar de repoblación de pino laricio en laderas abancaladas sobre areniscas, arcillas y conglomerados:

Consiste en una repoblación de *Pinus nigra* muy densa y homogénea. El grado de naturalización es muy escaso, encontrando apenas claros, por un lado, en los lindes de caminos cuando la densidad se reduce se pueden encontrar matorrales como *Buxus sempervirens*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Salvia rosmarinus*, *Thymus sp.*, *Genista scorpius* y *Quercus coccifera*, por otro lado, hay claros abiertos de antiguas pistas forestales matorralizadas y colonizadas por *Genista scorpius*, *Quercus coccifera*, *Juniperus communis*, *Juniperus oxycedrus* y *Buxus sempervirens*. Ocupan grandes extensiones desde los agroecosistemas de secano hasta la parte más alta de la Sierra de Peña, formando amplias manchas, pero bien delimitadas y de forma interrumpida a lo largo del paisaje.

Las formaciones de *Pinus nigra* fueron plantadas alrededor de los años 1950 – 1960 en su mayoría, con una densidad de entre 1.274 pies/ha y 1.548 pies/ha en las zonas más densas (Bioma forestal, 2018).

Las repoblaciones se encuentran en terrazas de bancales abandonados sobre areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados. La mayoría de las repoblaciones las encontramos al norte de la Sierra de Peña, siendo laderas de umbría, pero al sur también se pueden encontrar donde predomina la solana, a pesar de ello, teniendo en cuenta toda la unidad ambiental predominan las orientaciones de umbría. Se extiende en diferentes cotas, 588 – 958 metros de altitud, abarcando altitudes medias pero su mayor extensión se encuentra en zonas altas. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de coníferas y bosque mixto, siendo una descripción errónea porque se trata de una repoblación monoespecífica y en absoluto es un bosque mixto.



**Figura 17:** Pinar de repoblación de pino laricio en la cresta de la Sierra de Peña (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 18:** Pinar de repoblación de pino laricio en laderas abancaladas (Fuente: Fco. Javier Lacosta)

### 9. Pinar de repoblación de pino carrasco en laderas de solana sobre areniscas, arcillas y conglomerados:

Consiste en una repoblación de *Pinus halepensis* muy densa y homogénea, formando manchas en el paisaje. Actualmente presentan una densidad de 659 pies/ha. Situados en las zonas más térmicas, aparece un estrato arbustivo bien desarrollado y con variedad de especies termófilas: *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Ruscus aculeatus*, ... En algunos rodales se mezcla con *Pinus brutia* (Bioma forestal, 2018).

Estas repoblaciones de *Pinus halepensis* se encuentran sobre areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados. Solo aparecen al sur de la Sierra de Peña, en ladera de solana y en partes bajas (piedemonte), con forme se sube hacia la cresta de las Sierra de Peña pasan a ser de *Pinus nigra*. Ocupa cotas más bajas que las repoblaciones de *Pinus nigra* (609 – 895). Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de coníferas y bosque mixto, volviendo a ocurrir lo mismo que en el caso anterior, siendo una descripción errónea porque se trata de una repoblación monoespecífica.



**Figura 19:** Pinar de repoblación de pino carrasco en ladera de solana (Fuente: Bioma forestal, 2018)

#### 10. Pinar de repoblación de pino silvestre en laderas sobre areniscas y arcillas:

Consiste en una formación de *Pinus sylvestris* de origen artificial, aclarado, con una densidad actual media de 571 pies/ha. Su calidad es mediocre, pero posee algunas zonas heterogéneas. Es frecuente la presencia de *Pinus nigra*, que llega a formar pequeños bosquetes (Bioma forestal, 2018).

Se sitúa al norte de la Sierra de Peña sobre areniscas y arcillas. La pequeña superficie que ocupa se encuentra orientada al oeste, sin que predomine la solana sobre la umbría ni viceversa. Su intervalo altitudinal se sitúa entre 734 – 822. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque mixto, a pesar de que sea una repoblación monoespecífica, el hecho de que haya habido clareos y que mantenga bosquetes de *Pinus nigra*, hace que la caracterización sea adecuada.



**Figura 20:** Pinar de repoblación de pino silvestre en ladera (Fuente: Bioma forestal, 2018)

#### 11. Pinar de repoblación de pino laricio naturalizado en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas:

Se considera como un pinar naturalizado debido al gran desarrollo que se puede apreciar en el sotobosque. Consiste en formaciones de *Pinus nigra* que fueron plantadas alrededor de los años 1950 – 1960. Se realizó una clara, contando actualmente con una densidad de 396 pies/ha. La fracción de cabida cubierta es del 75%, existiendo a menudo huecos en el dosel. Aparece como especie secundaria el *Pinus sylvestris*, llegando a formar, en ocasiones, pequeños bosquetes (Bioma forestal, 2018).

El pinar se sitúa sobre areniscas y arcillas. Predominan las laderas de umbría en las secciones de la unidad situadas al sur de la Sierra de Peña. Hay otra zona situada al norte de la Sierra de Peña con alternancia entre solana y umbría. De todas formas, su orientación predominante es claramente norte. Se sitúa en altitudes medias sin llegar a la parte alta de la Sierra de Peña (604 – 970 metros). Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de coníferas y bosque mixto y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 21:** Pinar de repoblación de pino laricio naturalizado en laderas de umbría (Fuente: Bioma Forestal, 2018)

## 12. Quejigar en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas:

Son formaciones en las que siempre aparece dominando *Quercus faginea*, aunque a menudo con presencia de *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* o *Quercus ilex*. En muchas ocasiones es la formación potencial, si bien sería conveniente una conversión hacia monte medio o alto (Bioma forestal, 2018).

Esta unidad ambiental podría introducirse dentro de el tipo de hábitat de interés comunitario 9240, Robledales ibéricos de *Quercus faginea* y *Quercus canariensis* (Yera *et al.*, 2017).

En los Quejigares se observa cierta persistencia o constancia del uso ganadero primero, agrario después, con campos bordeados por quejigos alineados. En el Alto Aragón el quejigo persiste animando muchas solanas de ambiente degradado por un mal uso del arado, del fuego con pastoreo y roturaciones, los artiguesos del medioevo y los que han continuado hasta la primera mitad del presente siglo (Montserrat Recoder, 1988). De esta forma se puede afirmar que el quejigar que hoy se observa en el municipio de Sos del Rey Católico es más denso en la actualidad que en el siglo pasado debido al abandono de prácticas tradicionales.

El bosque de *Quercus faginea* se encuentra sobre areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados. Su orientación predominante es NW con una clara predominancia de laderas de umbría frente a las de solana. Posee un amplio intervalo altitudinal (546 - 1030 metros) pero predominando en las zonas más altas. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de frondosas y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 22:** Quejigar en ladera de umbría (verde claro) junto a Pinar de repoblación de pino laricio (verde oscuro) (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 23:** Interior del quejigar en laderas de umbría (Fuente: Yera *et al.*, 2017)

### 13. Hayedo en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas:

Es una pequeña área de unas 6 hectáreas donde domina la especie *Fagus sylvatica*. Consiste en formaciones de hayedo xerofítico calcáreo de fondo de valle (Bioma forestal, 2018).

El hayedo se sitúa sobre areniscas y arcillas. El pequeño espacio que ocupa posee ausencia de solana, localizado en su totalidad sobre ladera de umbría. Situado entre 738 y 849 metros de altitud a pesar de su escasa distribución. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de coníferas y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.

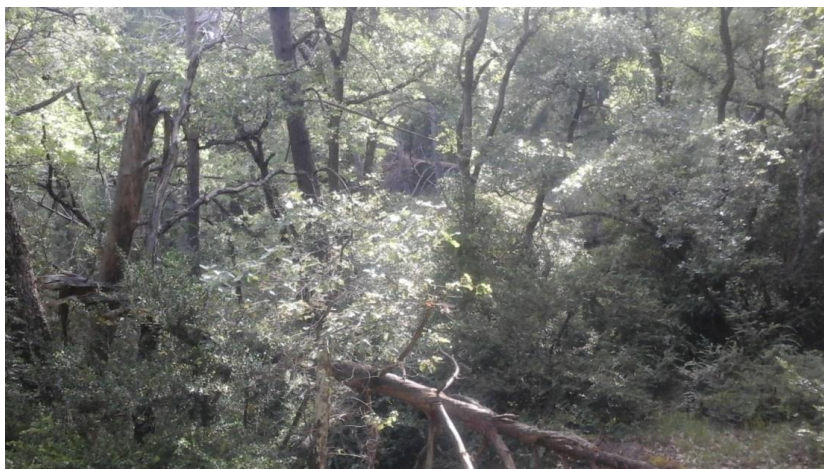


**Figura 24:** Interior del hayedo en laderas de umbría (Fuente: Bioma forestal, 2018)

#### 14. Bosque mixto de pino silvestre y quejigo en ladera de umbría sobre areniscas y arcillas:

Consiste en formaciones mixtas de *Pinus sylvestris* de origen natural, que ha entrado en fase terminal o de senescencia. A menudo aparece *Quercus faginea*, junto a otras otras frondosas de los géneros *Acer*, *Sorbus*, ... donde se puede apreciar que dichas frondosas van ganando protagonismo. El ecosistema posee elevada cantidad de madera muerta, tanto en pie como en suelo. Todo esto le dota a la unidad ambiental de un elevado valor ecológico (Bioma forestal, 2018).

Estas formaciones boscosas mixtas se encuentran sobre areniscas y arcillas con afloramientos de conglomerados. Se sitúa en clara predominancia de laderas de umbría en toda la unidad ambiental. Llega a ocupar altitudes medias pero su mayor extensión se encuentra en zonas altas, encontrando un intervalo altitudinal de 673 – 1023 metros. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque de coníferas, y si bien es cierta la existencia de coníferas no es del todo exacta la descripción, porque la presencia de *Quercus faginea* revela la existencia de bosque de frondosas, siendo más adecuada una descripción de bosque mixto.



**Figura 25:** Interior del bosque mixto de pino silvestre y quejigo en ladera de umbría (Fuente: Bioma forestal, 2018)

## 15. Vegetación de ribera en barrancos y cauce fluvial sobre gravas, arenas y arcillas:

La vegetación de ribera no solo se puede encontrar en cauces de ríos si no también en fondos de valle donde los barrancos en umbría permiten que el nivel freático sea más accesible para este tipo de vegetación. Especies del género *Populus sp.* predominan en esta unidad.

Las formaciones de ribera y/o Tilio acerion son formaciones mixtas donde además de *Populus sp.* también encontramos *Acer spp.*, *Salix spp.*, *Tilia platyphyllos*, *Ilex aquifolium*, ... normalmente asociadas a riberas o zonas con cierta humedad edáfica. Presentan, de manera general, una estructura irregular, destacando su elevado interés ecológico (Bioma forestal, 2018).

A nivel cuantitativo y para realizar la posterior evaluación se contará además de con la presencia del género *Populus sp.*, también con *Acer sp.*, y con *Tilia sp.*

Esta unidad ambiental se sitúa sobre gravas, arenas y arcillas. Su intervalo altitudinal oscila entre los 407 – 856 metros de altitud, abarcando desde las zonas más bajas hasta la mediana altura. Según el CORINE, el uso del suelo consiste en bosque mixto y como se puede apreciar, su descripción se contrasta con la realidad.



**Figura 26:** Vegetación de ribera en el río Onsella (Fuente: Fco. Javier Lacosta)



**Figura 27:** Vegetación de ribera en barrancos (Fuente: Bioma forestal, 2018)



## 4.2 Evaluación de las unidades ambientales

### 4.2.1 Comparación de escenarios tradicional y actual

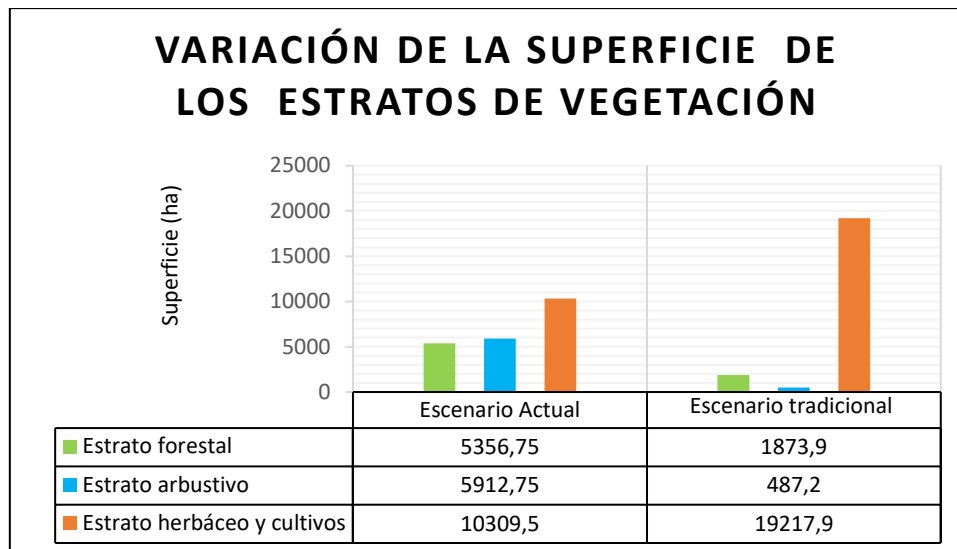
La cubierta vegetal se ha visto muy modificada por los usos del suelo y los cambios en su gestión (Lasanta & Vicente-Serrano, 2007). Así, durante siglos las montañas mediterráneas de Europa, especialmente las de mediana altitud estuvieron sometidas a una fuerte presión humana, que hizo uso de los recursos naturales para las actividades agrosilvopastoriles (Lasanta *et al.*, 2017). El uso de la tierra por parte de los humanos se expandió a su máximo entre mediados del siglo XIX y mediados del siglo XX, coincidiendo con una mayor presión demográfica (González Díaz *et al.*, 2019). La ocupación prolongada por el hombre construyó paisajes culturales con usos del suelo muy diversos en los que el pastoreo y la agricultura de pastoreo y agrícola eran la matriz del paisaje, mientras que el bosque y el matorral cubrían una superficie menor (García Ruiz & Lasanta, 2018).

Para evaluar el escenario actual es necesario tener en cuenta el escenario tradicional que le precede. De esta forma como se verá a continuación, la evaluación realizada consiste en registrar los cambios en la hidrología y en la captación de CO<sub>2</sub> que es capaz de almacenar, el municipio de Sos del Rey Católico, después de un proceso de despoblación rural y posterior asilvestramiento del monte. Este registro comparativo se realiza sobre dos escenarios, el actual, que es el que corresponde con el inventario de unidades ambientales descritos con anterioridad, y el tradicional, que corresponde con el mapa número 8 que se ha elaborado y que se puede observar en el anexo 8.

Hay que aclarar que el mapa 8 está compuesto por un inventario de tipos de vegetación y usos del suelo y no por unidades ambientales. La diferencia de la identificación en el escenario tradicional con el escenario actual consiste únicamente en el nombre, porque, el criterio de identificación (la vegetación dominante) es el mismo. Por ello, en adelante, cuando se comparen el escenario actual y el escenario tradicional se ha utilizado el término “unidad ambiental” para ambos escenarios, en líneas de facilitar la comprensión.

El mapa del escenario tradicional posee un número menor de unidades ambientales con respecto al actual, en concreto 8. Dicho mapa se ha realizado únicamente mediante las ortofotos del vuelo americano de 1956 obtenido mediante el IGN. En estas ortofotos se puede observar un paisaje propio de la situación que había antes de la despoblación rural, donde las prácticas tradicionales agrosilvopastoriles dejaron una huella muy característica con bancales, aterrazamientos de laderas, mosaico en cultivos y bosques con menor densidad. Lo que más destaca de este escenario comparándolo con el actual es la pérdida de los pastos y campos agrícolas de altura debido a las repoblaciones forestales en su mayoría, pero también por el asilvestramiento.

El impacto del asilvestramiento se puede observar en la figura 28, donde se compara la superficie de ocupación, entre los dos escenarios, de los diferentes estratos de vegetación establecido. Esta figura muestra una reducción muy significativa de los pastos y los cultivos en la actualidad, compensado con un aumento más que notable de la vegetación leñosa formada por árboles y arbustos. Sin embargo, también se puede observar que la agricultura sigue formando un papel fundamental al mantenerse como el estrato más dominante superficialmente en el paisaje de Sos del Rey Católico.



**Figura 28:** Variación de la superficie de ocupación de los diferentes estratos de vegetación entre escenarios (Fuente: elaboración propia)

Para terminar, es importante destacar dos aspectos que deben ser tenidos en cuenta en la comparación de ambos escenarios. Primero hay que comentar que no se ha cartografiado la unidad ambiental 14 “Hayedo en laderas de umbría sobre areniscas y arcillas”, porque, aunque posiblemente si existiera dicho ecosistema en el escenario tradicional, debido a que no ha sido posible demostrar mediante la ortofoto su existencia de 6 hectáreas, se ha decidido no incluirlo en el inventario de unidades ambientales del escenario tradicional. En segundo lugar, es preciso añadir que a pesar de que en 1956 no existiera infraestructura de regadío, debido a que el canal de las Bardenas no había sido construido, si se realizaba esta práctica, aunque en muy menor medida, en la ribera del río Onsella.

#### 4.2.2 Cálculo del agua azul VS agua verde

La disponibilidad de recursos hídricos es una de las principales preocupaciones de los responsables políticos de todo el mundo en los planes de gestión presentes y futuros. Los recursos hídricos de la región mediterránea dependen principalmente del suministro superficial y subsuperficial de las zonas de montaña. Dado que la evapotranspiración constituye una parte sustancial del balance hídrico, los recientes cambios en la cubierta del suelo debidos al abandono de las tierras de cultivo pueden modificar la transpiración y el suministro de agua. Dependiendo de la superficie total forestada, la forestación podría disminuir significativamente el caudal anual entre el 2,3% y el 5,9% por década y aumentar la transpiración anual entre el 1,1% y el 3,5% por década. Estas tendencias se atribuyen a los cambios durante los primeros 30 años después de la gestión, mientras que, durante la cuarta y quinta década, los cambios en el rendimiento hídrico tienden a estabilizarse o a disminuir. Por lo tanto, los planes de gestión del territorio deben tener en cuenta estos posibles cambios hidrológicos para garantizar la disponibilidad de agua en las próximas décadas (Khorchani *et al.*, 2021).

Como queda demostrado en Khorchani *et al.*, 2021, el plan de gestión de la vegetación adoptado, la escala espacial de la gestión y la antigüedad de la propia vegetación, así como el clima, pueden condicionar la respuesta hidrológica en las zonas de montaña mediterráneas.

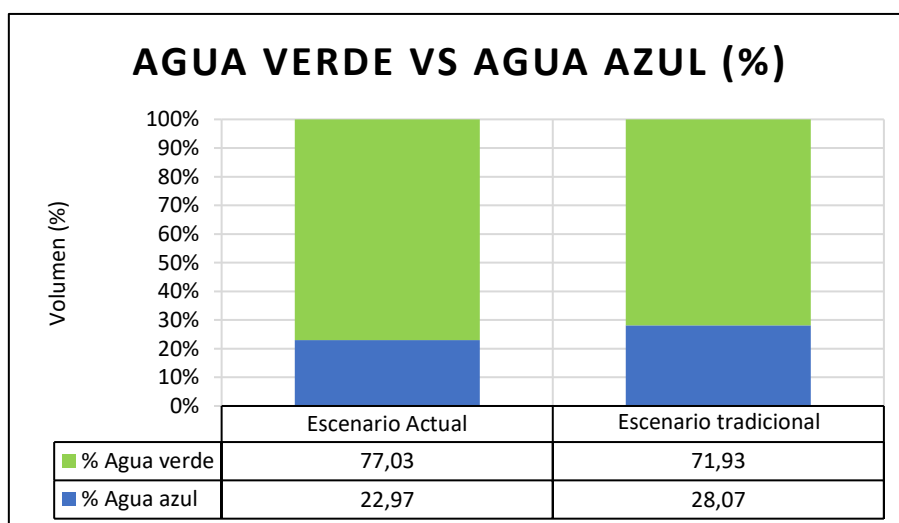
Durante el último siglo, las montañas mediterráneas, especialmente las de Europa, han experimentado importantes cambios en el uso y la cobertura del suelo

debido a la despoblación y al colapso de las actividades primarias (García-Ruiz & Lasanta, 1990). Desde el punto de vista hidrológico, el abandono de tierras agrícolas y pastos es uno de los rasgos más importantes de estos cambios (García Ruiz *et al.*, 2020; Lasanta, 1988), que desencadenó importantes procesos de revegetación en las laderas (García Ruiz & Lana Renault, 2011).

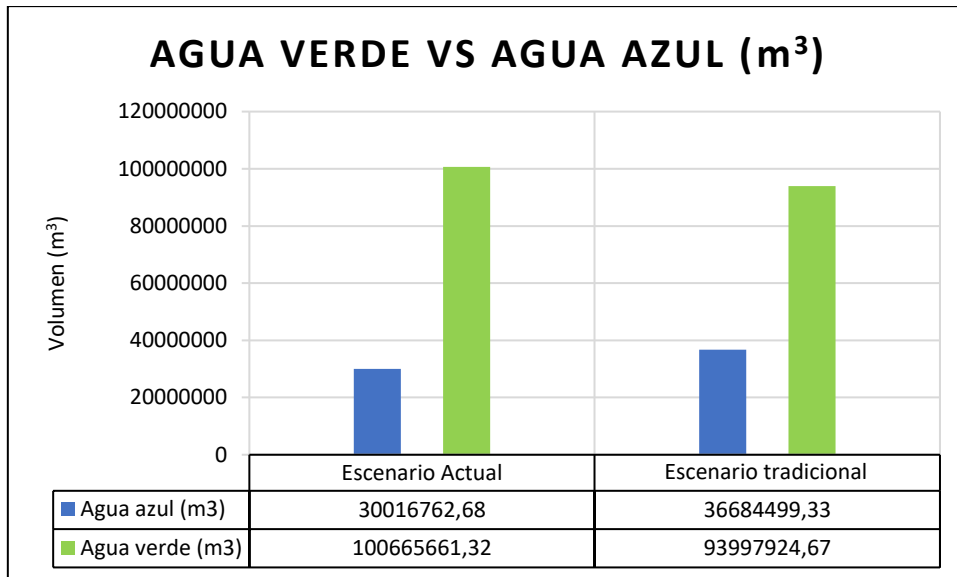
En la actualidad, más del 55% del territorio nacional está cubierto por árboles y arbustos, concentrados especialmente en las zonas de montaña (Vicente-Serrano *et al.*, 2020). Varios estudios relacionan la progresiva disminución de los caudales de los ríos, especialmente en las zonas de montaña, con este aumento de la vegetación y su impacto en los procesos de intercepción, infiltración, escorrentía y conectividad río-pendiente (Beguería *et al.*, 2003; Germer *et al.*, 2010; Muzylo *et al.*, 2012). Al mismo tiempo, el cambio climático ha tenido impactos significativos en los recursos hídricos de las montañas mediterráneas (García-Ruiz *et al.*, 2011) a través de la modificación de los patrones de precipitación y la demanda de energía atmosférica (Trenberth, 2011). Se espera que estos cambios se intensifiquen en las próximas décadas. Por ejemplo, en un estudio de López-Moreno *et al.* (2014), se proyectó que los caudales anuales de los ríos pirenaicos disminuirán en 2050 entre un 13% y un 23%, dependiendo de la ubicación y de los patrones de regeneración forestal. A pesar de los impactos en los recursos hídricos, existe un apoyo científico al proceso de revegetación natural que destaca los importantes beneficios de la regeneración forestal para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Perino *et al.*, 2019). Este apoyo subraya la promoción de la sucesión natural o la revegetación pasiva (rewilding) (Navarro & Pereira, 2012) y la revegetación activa en áreas de cultivo abandonadas (Rey Benayas & Bullock, 2012).

Es importante recalcar que la comparación de escenarios, en la evaluación del agua verde y agua azul, se ha hecho únicamente atendiendo a la composición, la distribución y la diversidad de ecosistemas, las condiciones meteorológicas utilizadas son las actuales. Lo que se precisa es comprender, en el presente, cuál de los dos escenarios daría mejores servicios a la sociedad, de Sos del Rey Católico, con respecto a la aportación de agua a los ríos y acuíferos.

Siguiendo la metodología ya mencionada anteriormente, para la aplicación del modelo de Zhang *et al.* (2001), en las Figuras 29 y 30 se muestra la estimación del volumen de agua azul y agua verde para los dos escenarios analizados.



**Figura 29:** Variación de la proporción del agua verde y agua azul entre el escenario actual y el tradicional (Fuente: elaboración propia)



**Figura 30:** Variación del volumen absoluto del agua verde y agua azul entre el escenario actual y el tradicional (Fuente: elaboración propia)

Como se puede observar en la figura 29, se ha ganado un 5,10% de agua verde con respecto al escenario tradicional, es decir, ha aumentado aquella agua transpirada a la atmósfera por la vegetación. Sin embargo, esto se traduce en una disminución, en la misma proporción, del agua azul, el agua directamente disponible en ríos y acuíferos. Esta disminución, como se puede observar en la figura 30, equivale a una pérdida de 6.667.736,65m<sup>3</sup> de agua azul.

En el anexo 9, se pueden observar los cálculos utilizados para obtener dichos resultados.

#### 4.2.3 Cálculo de la captación de CO<sub>2</sub>

El abandono de la tierra seguido de la revegetación natural constituye el principal cambio de uso del suelo en las montañas mediterráneas, afectando a la calidad del suelo y a las reservas de carbono orgánico del suelo (Lasanta *et al.*, 2020).

La cantidad de C almacenada en el suelo resulta del equilibrio entre los aportes de C de la atmósfera y la liberación de carbono del suelo a la atmósfera. Este equilibrio determina si el suelo actúa como sumidero o fuente de C (García-Pausas *et al.*, 2017). La materia vegetal muerta constituye el principal aporte de C al suelo natural. El carbono se pierde por mineralización, materia orgánica lixiviada y erosión del suelo (Gabarrón-Galeote, Trigalet y Van Wesemael, 2015).

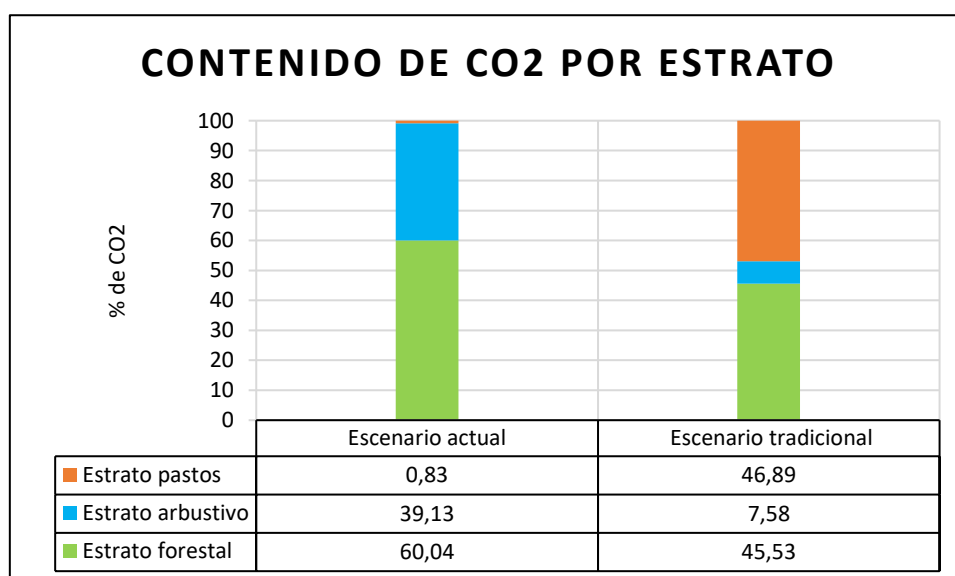
Algunos autores como Montanè *et al.* (2007) y Gosheva *et al.* (2017) muestran que las existencias de carbono orgánico en el suelo no aumentan tras la sucesión secundaria; mientras que otros estudios muestran un aumento del carbono orgánico en el suelo vinculado a la revegetación (Van Hall *et al.*, 2017; Bell *et al.*, 2021). La mayoría de los estudios indicaron mayores aportes de materia orgánica, pero mediante un proceso lento tras el abandono de las tierras agrícolas: durante las primeras etapas, normalmente se produce un primer descenso del carbono orgánico en el suelo, seguido de un aumento con el tiempo (cambios a largo plazo) (Casals *et al.*, 2004; Lasanta *et al.*, 2020).

También hay que destacar los altos valores de carbono orgánico del suelo registrados en prados y pastizales del Pirineo Central. La relevancia de estos usos y

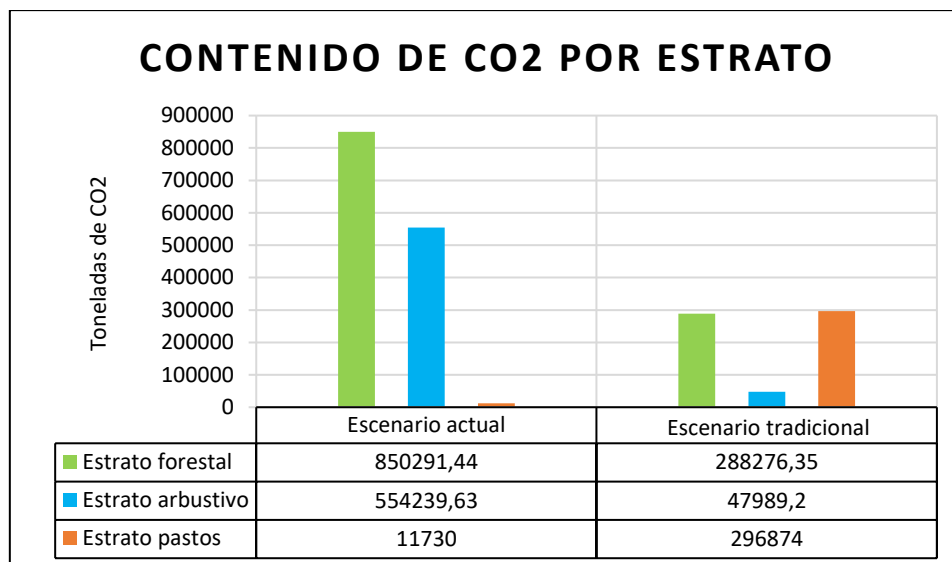
coberturas del suelo respecto al almacenamiento de carbono orgánico no es nueva en las zonas de montaña mediterráneas (Casals *et al.*, 2004; Nadal-Romero *et al.*, 2018). Los altos valores encontrados pueden estar relacionados con la biomasa subterránea que proporciona las raíces de la vegetación herbácea. La biomasa, la estructura y la distribución de las raíces podrían ser la razón por la que, en la capa superior del suelo en los prados y pastizales, se puedan encontrar concentraciones más altas de carbono en comparación con los suelos forestales jóvenes (Wang *et al.*, 2021). Asimismo, algunas diferencias relacionadas con la gestión de la tierra, y la intensidad de la siega y el pastoreo, influyen en los aportes y la dinámica del carbono orgánico del suelo en las zonas de praderas. La siega dificulta los procesos de sucesión en las praderas y afecta no sólo a la calidad de la hojarasca, sino también a la cantidad, que se reduce tras la cosecha. Por otra parte, las diferencias en los tipos de fertilización -heces de animales o fertilizantes sintéticos- pueden influir en la dinámica del carbono orgánico y del N del suelo en estos lugares. El estiércol del ganado, que estaba ampliamente presente en los sitios de praderas y pastizales, constituye una fuente muy importante de materia orgánica (Jarvis *et al.*, 1996) y proporciona una fuente de carbono lábil que tiende a aumentar la biomasa microbiana (Lovell & Jarvis, 1996).

Según Kirschbaum (2000), una hipotética reducción del 10% del carbono orgánico del suelo (SOC) equivaldría a todo el carbono (CO<sub>2</sub>) emitido por el ser humano durante 30 años, lo que reforzaría el calentamiento global. Por lo tanto, hay un gran interés en reducir la pérdida de C del suelo y potenciar su secuestro, para evitar la degradación de la tierra y mitigar los efectos del cambio climático (García-Pausas *et al.*, 2017).

Siguiendo la metodología ya mencionada anteriormente, se han generado las figuras 31 y 32, donde se muestra el contenido de CO<sub>2</sub> por estrato de vegetación en porcentaje y en toneladas respectivamente.



**Figura 31:** Variación de la proporción del contenido de CO<sub>2</sub> entre el escenario actual y el tradicional (Fuente: elaboración propia)



**Figura 32:** Variación absoluta en toneladas del contenido de CO<sub>2</sub> entre el escenario actual y el tradicional (Fuente: elaboración propia)

Como se puede apreciar en la figura 32, en la actualidad, la cantidad de CO<sub>2</sub> ha aumentado en un 38,21% con respecto al escenario tradicional. Este porcentaje equivale a que en el escenario actual hay contenidas 783.121,52 toneladas de CO<sub>2</sub> más que en el año 1956. Además, en la figura 31, se puede observar la variación porcentual del contenido de CO<sub>2</sub> de cada escenario en función del estrato. De esta forma en el escenario tradicional, el estrato que más CO<sub>2</sub> contenía era el de pastos y herbáceas, captando el 46,89% de las 633.139,55 toneladas de carbono contenido en dicho escenario. En cambio, en el escenario actual, el estrato que contiene más carbono es el forestal, captando el 60,04% de las 1.416.261,07 toneladas contenidas por dicho escenario.

En el anexo 10, se pueden observar los cálculos utilizados para obtener dichos resultados.

### 4.3 Propuestas de gestión y mejora

#### 4.3.1 Propuesta 1: Gestión forestal

Para fundamentar la propuesta nos basaremos en la visión de Enrique Arrechea (jefe de Unidad de Gestión Forestal) (Arrechea, E. 2021).

Según la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, se define la Gestión Forestal Sostenible como la organización, administración y uso de los montes de forma e intensidad que permita mantener su biodiversidad, productividad, vitalidad, potencialidad y capacidad de regeneración, para atender, ahora y en el futuro, las funciones ecológicas, económicas y sociales relevantes en el ámbito local, nacional y global, y sin producir daños a otros ecosistemas.

Por tanto, dentro de este marco se intenta plantear una medida que siga tres directrices:

- Que adapte las masas forestales a los esperables escenarios climáticos del futuro.
- Que conserve y mejore la biodiversidad forestal.
- Que sea sostenible económicamente y genere productos para el mercado.

## **Gestión de adaptación al cambio climático**

Las acciones de adaptación han de ser prioritarias intentando incrementar la resistencia (Reducción de la magnitud del cambio fijando CO<sub>2</sub>, p.ej. a través de reforestación, incremento vitalidad, conservación de bosques maduros...) y resiliencia (minimización de los impactos negativos sobre los bosques y sus funciones) del bosque (p.ej. aumentando su heterogeneidad o la prevención de incendios). De esta manera se esboza el concepto de Gestión Adaptativa.

Como medidas de gestión forestal adaptativa se propone:

- Mejora de la vitalidad de las masas mediante reducción de la densidad con resalveos, claras...
- Mejoras en las actuaciones de regeneración favoreciendo regeneración sexual (alargar periodos, aprovechar regeneración adelantada).
- Reducción de la vulnerabilidad a los incendios Configurando los paisajes para que sean más resistentes al fuego principalmente mediante la heterogeneidad y la integración de áreas estratégicas.
- Fomento de la heterogeneidad con masas mixtas, diversificación de estructuras y el mantenimiento de singularidades y rodales de interés.
- Facilitación de la adaptación genética, manteniendo la diversidad genética, reduciendo la fragmentación y conservando reservas genéticas.

## **Gestión para la conservación y mejora de biodiversidad**

Para integrar la conservación de los hábitats y las especies forestales en la gestión silvícola hay que establecer nuevos modelos de gestión que aumenten la heterogeneidad de las masas y que permitan la entrada y el mantenimiento de elementos característicos de los bosques maduros. Estos nuevos modelos deben tener en cuenta:

### Restauración estructural:

Consecución de una mayor complejidad estructural en los rodales durante los estadios iniciales e intermedios de desarrollo. Debemos buscar el aumento de la diversidad estructural del bosque ya que supone un aumento de su biodiversidad y, por tanto, implica una mejora en el estado de conservación.

El alargamiento de los turnos posibilita la incorporación de un mayor rango de clases de edad y por tanto mayor diversidad de estructuras forestales. Se deben excluir ciertos rodales de cualquier tipo de intervención de forma permanente (Rodales (cuarteles) de reserva). La mayor heterogeneidad se conseguirá con claras de selección.

La diversidad de especies y su composición puede ser regulada en la fase de establecimiento. Como el proceso de envejecimiento es muy largo, es importante comenzar en fases tempranas del desarrollo del rodal (latizal y bajo fustal) con medidas tendentes a favorecer la presencia en el monte de árboles muertos en pie, moribundos y derribados.

### Retención estructural:

Mantenimiento de un número significativo de diversos elementos estructurales en los tratamientos silvícolas. El mantenimiento en pie de una serie de árboles en proceso de decaimiento supone un importante aumento de la diversidad estructural, es

fundamental para especies animales asociadas a diversos estadios de descomposición de la madera.

Se pueden realizar algunas medidas como exceptuar de la corta los pies sin valor económico, y como seleccionar pies en proceso de decaimiento de las clases diamétricas superiores. Un caso especial son los testigos de antiguos usos silvopastoriles.

No siempre será positiva la eliminación de restos de materia vegetal salvo en casos de alto riesgo de incendios. La importancia del claro en la diversidad estructural aumenta con la superficie y homogeneidad del rodal en el que se inscribe.

### **Gestión forestal económicamente viable**

Estamos en una situación de alta demanda de mercado incluso para las maderas de pequeña dimensión. También se están revalorizando los productos más tradicionales (madera gruesa).

Eso nos permite realizar trabajos en todo tipo de masas forestales (incluso en las repoblaciones) con ingresos para el propietario y con ellos mejorar su estado de conservación y adaptarlas al cambio sin costes para la sociedad.

El escenario actual parece duradero y puede hacer que lo forestal vuelva a tener el valor que tuvo para la vida rural y sirva para fortalecer la economía de los territorios menos poblados.

### **Prácticas de gestión**

Se proponen dos tipos de tratamientos selvícolas en función del estrato forestal, clareos en las repoblaciones forestales de *Pinus sp.* y resalveos en los bosques de *Quercus sp.*

Los ejemplos que se aportan no son otros que los extraídos de los informes silvícolas de la gestión que se propone realizar en el Proyecto de Ordenación del Grupo de Montes de U.P. pertenecientes al Ayuntamiento de Sos del Rey Católico (Zaragoza) números 225 “Valoscura”, 226 “Valmediana” y 504 “Paco Cenera” (Yera *et al.*, 2017). Ambas medidas consisten en la mejora de la vitalidad de las masas mediante la reducción de la densidad.

#### Clareos:

Consiste en la corta de pies arbóreos con el fin de reducir la densidad de árboles beneficiando al resto de pies. No solo, mediante este tipo de tratamientos selvícolas, reduces la competencia dentro de la propia masa estabilizándola, si no que, permites que nuevas especies colonicen los claros abiertos. Esta colonización mejora la calidad del bosque aumentando la biodiversidad. Su aplicación va destinada a las repoblaciones forestales de *Pinus sp.*

En el Anexo 11 se puede observar un informe selvícola, referido al monte número 226 “Valmediana”, que ejemplifica una situación de aplicación de este tipo de tratamientos. Uno de los objetivos que se plantean es la “transformación de los pinares que no estén regenerando a hábitats de *Quercus faginea* y *Quercus ilex*, como recuperación del hábitat de estas especies”, y de esta forma no solo son necesarias las claras, si no que, se proponen repoblaciones de *Quercus sp.* bajo la cubierta del pinar aclarado.



### Resalveos:

Este tratamiento selvícola consiste en la eliminación selectiva, mediante poda, de brotes de cepa y raíz de diferentes edades, dejando los mejores pies y reduciendo así su espesura. Su aplicación va destinada a aquellos bosques que posean *Quercus ilex* y *Quercus faginea*. Los objetivos de este tipo de tratamientos van destinados a favorecer la regeneración natural del bosque y a reducir la espesura gradualmente, favoreciendo el crecimiento diametral y longitudinal de la masa. Es conveniente la acción del pastoreo posterior al tratamiento para evitar rebrotes y la invasión del matorral.

En el Anexo 12 se puede observar un informe selvícola, referido al monte número 225 “Valoscura”, que ejemplifica una situación de aplicación de este tipo de tratamientos, donde propone como tratamiento selvícola conveniente “resalveos de conversión a fustal sobre cepas en zonas densas e igual tipo de resalveos, aunque facultativos, en las masas de densidad media”. Los objetivos a partir de los resalveos planificados serían principalmente “asegurar la persistencia de las condiciones productivas del monte, caza y fomentar las de pastos y leñas”.

### 4.3.2 Propuesta 2: setos e islotes en agroecosistemas

Existen dos tipos de estrategias para restaurar paisajes agrarios (Fischer *et al.* 2008):

- Compartir la tierra mediante una agricultura “amiga” de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos diferentes a los de provisión productiva. Consiste en producción agrícola compatible con la biodiversidad y la diversificación de los servicios ecosistémicos
- Separar la tierra dedicada a la agricultura y la dedicada a la conservación. Consiste en restaurar hábitat no agrícola enfocándose en la conservación.

A pesar de que las diferencias entre estas dos estrategias son sobre todo un tema de escala, restaurar compartiendo la tierra permite la producción agrícola y aumentar la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos a escala local y de paisaje, mientras que la separación de tierra permite el conjunto de estos beneficios sólo a escala de paisaje.

Por tanto, para el municipio de Sos del Rey Católico propongo la primera opción, en vías de creación de setos e islotes en los agroecosistemas.

El objetivo de esta propuesta es crear estructuras vegetales lineales en los agroecosistemas tanto de regadío como de secano, de tal forma que se vean incrementados los servicios ecosistémicos y se mejore la productividad de la agricultura (en términos beneficio/coste), así como una adecuada integración ecológica en el paisaje.

Estas estructuras vegetales se tratan de setos de origen antrópico, es decir, hay un diseño, un propósito de crear y/o mantener un seto para que cumpla una función determinada.

### **Servicios Ambientales y usos de los setos**

Para documentar los servicios ambientales que proporcionan estas estructuras, se hará uso del manual “Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible” (Sánchez Balibrea *et al.*, 2020).

- Atenuación del viento y los rigores del clima.
- Reducción de la erosión del suelo /Regulación del ciclo del agua.

- Aporte y retención de agua y nutrientes.
- Regulación de plagas.
- Polinización.
- Protección de los cultivos.
- Protección y alimentación del ganado.
- Producción y conexión de hábitats.
- Valor paisajístico y estético.
- Aumento de la producción agrícola y rendimiento de las cosechas.
- Provisión de productos adicionales a los cultivados.
- Delimitación de las propiedades.

### **Entrevistas a agricultores**

Para realizar este tipo de propuestas, que comprometen de forma directa a la propiedad de los agricultores del municipio, es necesario conocer su opinión y participación. Se han realizado dos entrevistas de las que se puede extraer a nivel individual lo expuesto a continuación.

#### Agricultor 1:

Este agricultor realiza cultivo en secano de diferentes especies tales como cebada y trigo mediante la siembra directa. Se ve muy de acuerdo con las medidas a adoptar, pero reconoce que no estaría dispuesto a comprometer parte de su superficie agraria para setos o islotes, debido por una parte a que era consciente de que le resultaba complicado cambiar las prácticas que llevaba tiempo aplicando y, por otra parte, alegaba que muchos terrenos de secano que tenía eran ya muy estrechos, y no veía viable estrechar más los campos por si las máquinas no pudieran pasar.

#### Agricultor 2:

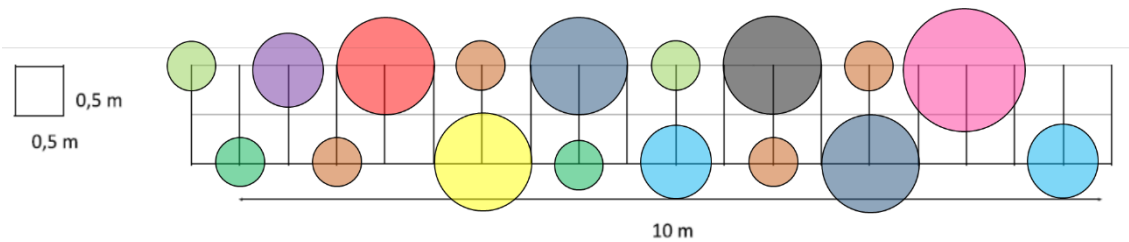
Este agricultor realiza cultivo en regadío de diferentes especies. Desde el primer momento no ve clara la intervención desde diferentes puntos de vista:

- Incompatibilidad con la búsqueda de menos maniobras con la maquinaria.
- Rechazo a los turistas que se pudieran querer acercar a sus campos.
- Falta de identidad generalizada de los agricultores por el municipio en vías de querer modificar el paisaje a nivel territorial.

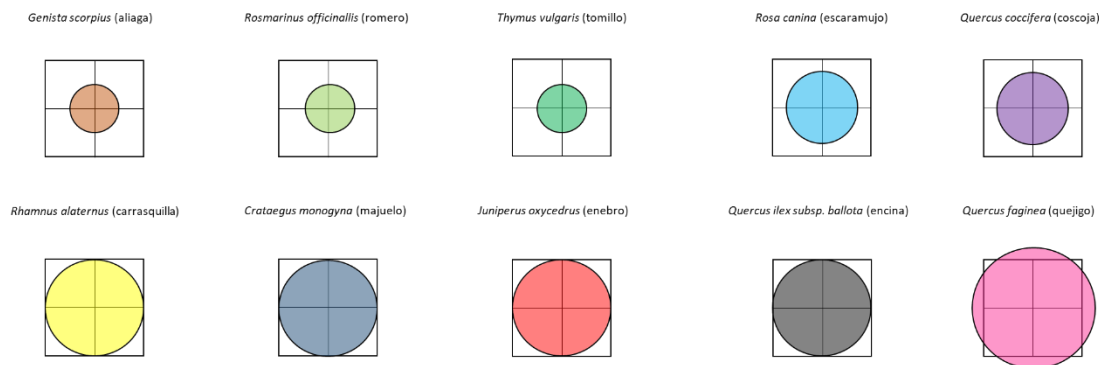
### **Diseño del seto**

A pesar de la no receptibilidad, de la propuesta de gestión en agroecosistemas, de los agricultores encuestados, y de que sea muy probable que estas opiniones sean generalizables para la mayor parte de agricultores, se ha elaborado el diseño del módulo de plantación de los setos y un mapa donde se puede observar cómo quedaría la restauración de agroecosistemas en un marco de agricultura sostenible.

Para diseñar el módulo de plantación de los setos y arbustos, se ha utilizado la plataforma de la Fundación FIRE, donde puedes crear la composición de tu seto en base de una serie de características. El módulo de plantación que se ha elaborado y su composición específica se puede observar en la figura 33 y 34.



**Figura 33:** Módulo de plantación del seto (Fuente: elaboración propia)



**Figura 34:** Composición específica del seto (Fuente: elaboración propia)

El módulo de plantación y la composición de especies del seto se ha elaborado teniendo en cuenta la información que proporciona la Fundación FIRE sobre los servicios ambientales, la diversidad de tamaños, la formación de asociaciones vegetales entre sí y la variedad en el tipo de hoja (perenne o caduca) (Tabla 4). También se ha tenido en cuenta los periodos de floración, información adquirida por el Atlas Flora de Aragón (Gómez García, D. 2005) (Tabla 5).

**Tabla 4:** Características del seto elaborado según FIRE (Fuente: elaboración propia)

Especies	Servicios ambientales				Tamaño	Asociaciones entre sí	Tipo de hoja
	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno			
<i>Genista scorpius</i> (aliaga)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto pequeño	Tomillo, romero, escaramujo y coscoja.	Perenne
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto pequeño	Tomillo, aliaga y coscoja.	Perenne
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto pequeño	Aliaga y romero.	Perenne
<i>Rosa canina</i> (escaramujo)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto mediano	Majuelo y aliaga.	Caducifolio
<i>Quercus coccifera</i> (coscoja)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto mediano	Majuelo, carrasquilla, aliaga y romero.	Perenne
<i>Rhamnus alaternus</i> (carrasquilla)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto grande, Árbol pequeño	Coscoja y enebro.	Perenne
<i>Crataegus monogyna</i> (majuelo)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto grande, Árbol pequeño	Escaramujo y coscoja.	Caducifolio
<i>Juniperus oxycedrus</i> (enebro)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Arbusto grande, Árbol pequeño	Carrasquilla.	Perenne
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i> (encina)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Árbol pequeño, Árbol mediano	Quejigo.	Perenne
<i>Quercus faginea</i> (quejigo)	Control de plagas	Polinización	Control de erosión	Fijación de nitrógeno	Árbol pequeño, Árbol mediano	Encina.	Caducifolio

**Tabla 5:** Periodos de floración de las especies del seto según Atlas Flora de Aragón (Fuente: elaboración propia)

Especies	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Octu	Nov	Dic
<i>Genista scorpius</i> (aliaga)												
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)												
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)												
<i>Rosa canina</i> (escaramujo)												
<i>Quercus coccifera</i> (coscoja)												
<i>Rhamnus alaternus</i> (carrasquilla)												
<i>Crataegus monogyna</i> (majuelo)												
<i>Juniperus oxycedrus</i> (enebro)												
<i>Quercus ilex subsp. ballota</i> (encina)												
<i>Quercus faginea</i> (quejigo)												

Atendiendo la Tabla 4, se puede observar que el seto cumple con todos los servicios ambientales que Fundación FIRE proporciona en la elaboración de setos con su plataforma. Servicios ambientales que en la propia plataforma se describen como:

- **Control de plagas:** Los setos leñosos conservan e incrementan las poblaciones de enemigos naturales de las principales plagas que atacan a la mayoría de los cultivos agrícolas.
- **Control de la erosión:** Los setos generan barreras vegetales que interceptan parte de la escorrentía superficial del campo de cultivo, reteniendo suelo, agua y nutrientes. Cuando un flujo de agua se encuentra con una línea de setos, la velocidad disminuye y provoca una sedimentación de una parte de la carga de sedimentos, así como una mayor infiltración de la cantidad de agua de escorrentía.
- **Fijación de nitrógeno:** El nitrógeno es uno de los macronutrientes más importantes para el desarrollo de las plantas, es necesario para su crecimiento, producción de semillas, buen desarrollo y color de las hojas. Además, favorece la actividad de microorganismos beneficiosos que facilitan la absorción de nutrientes, protegen las raíces de las plantas y mejoran la productividad del cultivo.
- **Polinización:** La mayor parte de los cultivos que conforman nuestra dieta y muchas especies silvestres, dependen de los polinizadores para producir frutos y semillas. Los setos ofrecen alimento y cobijo a polinizadores que aumentan el valor comercial de los cultivos, mejorando la cantidad, calidad y tamaño de la producción.

La propia plataforma de la Fundación FIRE, además de documentar qué servicios ambientales proporciona cada especie dentro del propio seto, también permite discernir los tamaños, las asociaciones más comunes de cada especie y su tipo de hoja. En estos tres últimos aspectos, cabe señalar que la elaboración del seto se ha realizado teniendo en cuenta que se disponga de especies con diferentes tamaños, que puedan realizar asociaciones entre sí para favorecer su ensamblaje en el agroecosistema y que haya especies de hoja tanto perennes como caduca.

Atendiendo a la Tabla 5 se puede apreciar que en la elaboración del seto se ha tenido en cuenta que, en conjunto entre todas las especies, el periodo de floración sea el máximo posible, pudiendo encontrar flores desde febrero hasta octubre. La consulta del Atlas Flora de Aragón ha servido también para documentar la biodiversidad

taxonómica del seto elaborado, encontrando un total de 6 familias diferentes (*Fabaceae*, *Lamiaceae*, *Rosaceae*, *Rhamnaceae*, *Fagaceae* y *Cupressaceae*).

También y, por último, se ha tenido en cuenta que todas las especies utilizadas en el seto se encuentren en el propio paisaje de Sos del Rey Católico, evitando el uso de especies alóctonas que puedan producir impactos adversos y para que, en caso de no disponer de ellas en vivero, se puedan encontrar en el campo.

Para visualizar cómo quedaría, en el paisaje de Sos del Rey Católico, la restauración de agroecosistemas en un marco de agricultura sostenible se ha elaborado el Mapa 9, que se puede visualizar en el Anexo 13.

El Mapa 9 representa una parcela donde se ha aplicado un ejemplo de restauración reproducible en todo el municipio de Sos del Rey Católico. La parcela se sitúa junto al canal de las Bardenas, sobre un agroecosistema de secano, al norte de Sierra Peña. Como se puede observar no se ha utilizado únicamente setos, también hay islotes de vegetación (que estarían compuestas a priori por el mismo módulo de plantación que los setos), charcas y cajas nido. Los islotes de vegetación tienen un objetivo similar que los setos, pero al ser más extensos poseen mayor peso en el agroecosistema, por tanto, los servicios que aportan también. Las charcas y cajas nido van destinadas a favorecer a las comunidades de aves entre otros usos que se les pueda dar.

En total, setos, islotes y charcas, ocupan una superficie del 3,56% con respecto al total de la parcela, que equivale a 19 hectáreas. Este porcentaje es mayor que el 2% que determina como requisito los ecoesquemas de la PAC que se comentarán a continuación. Hablando en términos absolutos, de las 526 hectáreas que mide la parcela, el 2 % equivaldría a 10,5 ha. Es decir, aun superando las exigencias de los ecoesquemas, a costa de perder un 3,56% de la superficie agraria, el impacto visual observable en el Mapa 9 es muy significativo y proporcionaría los numerosos beneficios ya comentados anteriormente.

### **Los setos e islotes en los ecoesquemas de la PAC de 2021**

Dentro del “Ecoesquema 9: Prácticas para la mejora de la biodiversidad”, en el punto 9.1 desarrolla la idea del establecimiento de márgenes multifuncionales y/o islas de biodiversidad. El objetivo es favorecer la biodiversidad, en especial, a través de la mejora de la conectividad ecológica, las poblaciones de insectos y aves y facilitar la movilidad de fauna entre territorios, además, la creación de zonas de refugio y alimento de aves.

A lo largo del documento se definen las condiciones necesarias para la obtención de beneficios económicos (“X” euros con un pago incentivador por hectárea):

- Mínimo de 4 familias usadas en los setos.
- Uso de más de un 50% de especies recomendadas.
- No tener fin productivo.
- No uso de fitosanitarios.
- Uso de especies arvenses, arbustivas o forestales.
- Dimensiones mínimas en setos 2 m<sup>2</sup> de ancho y el 2% de la superficie de parcela.
- Dimensiones en islotes de 100 a 1.000 m<sup>2</sup>.

## 5. Conclusiones

---

La despoblación rural y los cambios en el uso del suelo, producidos entre el año 1956 y 2021 (actualidad), han afectado significativamente al paisaje de Sos del Rey Católico modificando las unidades ambientales existentes. Este estudio hace constatar que son múltiples las posibles acciones para mejorar la situación y conseguir mayor prestación de algunos servicios ambientales para la sociedad. El análisis de los resultados obtenidos permite concluir lo siguiente:

- Se han identificado 15 unidades ambientales en la actualidad. Dos de ellas son agroecosistemas, cuatro son ecosistemas con dominancia de vegetación arbustiva, y el resto (nueve) se compone de ecosistemas forestales de diferentes especies.
- Las reforestaciones, a pesar de ser monoespecíficas, se hicieron con tres taxones distintos del género *Pinus sp.* y su asentamiento y posterior interacción con la vegetación que ya se encontraba en el territorio han dado lugar a 6 unidades ambientales distintas que ocupan una superficie de 2.480 ha.
- El abandono de las prácticas agrosilvopastoriles tradicionales se ha traducido en el asilvestramiento del monte. Aunque la superficie agraria sigue dominando en el municipio de Sos del Rey Católico, ésta se ha visto mermada en la actualidad en un 40% por el aumento de la vegetación arbustiva y forestal. Ésta reducción se puede explicar por la pérdida casi total de la superficie de pastos.
- En el escenario actual se produce un 5,10% menos de agua azul que en el escenario tradicional (1956). Es decir, se ha perdido 6.667.736,65 m<sup>3</sup> de agua directamente disponible en ríos y acuíferos. Esta reducción de agua azul es la consecuencia del aumento de agua verde.
- El escenario actual ha aumentado un 38,21% la captación de CO<sub>2</sub> con respecto al escenario tradicional. Esto significa que en la actualidad hay contenidas 783.121,52 toneladas de CO<sub>2</sub> más, debido al aumento de la vegetación forestal que supone un 60% de la captación de carbono atmosférico.
- Los ecosistemas forestales presentan una densidad de pies muy alta. Para mejorar su salud, gestionar su conservación y mejorar su biodiversidad es recomendable realizar tratamientos silvícolas.
- Los tratamientos silvícolas que se recomiendan son clareos en las repoblaciones más densas de *Pinus sp.*, favoreciendo entre otras cuestiones la recuperación de hábitats con *Quercus faginea* y *Quercus ilex*, y resalveos en los bosques mixtos de *Quercus sp.* reduciendo su espesura.
- La pérdida de prácticas agrarias tradicionales ha hecho que se intensifique la agricultura, reduciéndose los servicios ambientales de regulación en favor de los de producción. La propuesta de restauración en paisajes agrarios va destinada a crear setos en los agroecosistemas, que favorecen diversos servicios de regulación, así como la biodiversidad, sin comprometer la productividad.

## 6. Agradecimientos

---

Esto va dedicado a todas las personas que me han ayudado y apoyado para hacer este trabajo que da por finalizado mis años de estudio en el grado universitario de Ciencias Ambientales.

A mi director José Manuel Nicolau Ibarra, gracias por su apoyo, dedicación y empeño, por su disponibilidad para resolverme cualquier duda y por sus recomendaciones y consejos en la investigación y redacción del trabajo.

A mi familia, en concreto a mi madre, por llevarme en coche a donde necesitaba y acompañarme para hacer el trabajo de campo.

A mis amigos/as y compañeros/as, por el apoyo y nuestras largas conversaciones tanto académicas como emocionales.

A los/las vecinos/as de Sos del Rey Católico por hablar conmigo y explicarme como era la vida antes. A los agricultores que escucharon mi propuesta por su sinceridad. Y a Javier Yera y Enrique Arrechea por su amabilidad y por facilitarme documentos importantes sobre los proyectos de ordenación de montes que se habían realizado en Sos del Rey Católico.

## 7. Bibliografía

---

AGE. (2018). Abordar el reto demográfico, hacer frente a la despoblación. Colegio de Geógrafos de España. Valladolid. 10pp.

Ana Viamonte Martínez, 2019. Evaluación de los Servicios Ecosistémicos en el Término Municipal de La Sotenera, Huesca. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza, grado de ciencias ambientales.

Arrechea, E. (2021, julio). Gestión forestal de los montes en el siglo XXI. Gestión ambiental sostenible en el medio rural en el actual contexto de despoblamiento y cambio climático, Teruel.

Asín García, N. (2007). Comarca de las Cinco Villas. Colección Territorio, 25.

Aubouin, J; Brousse, R; Lehman, J-P (1988). Tratado de geología ([2a. ed.] edición). Barcelona: Omega.

Beguiría, S., Lopez Moreno, J. I., Lorente, A., Seeger, M., & García Ruiz, J. M. (2003). Assessing the effect of climate oscillations and landuse changes on streamflow in the Central Spanish Pyrenees. *Ambio*, 32 (4), 283–286. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.4.283>

Bioma Forestal. (2018, junio). *Proyecto de Ordenación de los MUP 378, 397, 398, 399, 400, 410, 417 y 418, situados en Sos del Rey Católico, pertenecientes a la Comunidad Autónoma de Aragón*. Gobierno de Aragón. Servicio Provincial de Desarrollo Rural y Sostenibilidad de Zaragoza.

Bobek, H y Schmithüsen, J. 1949. Die Landschaft imlogischen System der Geographie. *Erdkunde* 3: 112-120. Bonn.

Casals, P., García Pausas, J., Romanyà, J., Camarero, L., Sanz, M.J., Sebastià, M.T., 2004. Effects of livestock management on carbon stocks and fluxes in grassland ecosystems in the Pyrenees. In: Lüscher *et al.* (Eds.), *Land use systems in grassland dominated regions, Grassland Science in Europe*, vol 9. Swiss Grassland Society (AGFF), Zürich, pp. 136–138.

Castroviejo, S. *et al.* —Eds.— 1986-2015. Flora ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares. Vols. I-XV, XVI (I), XVII-XVIII y XX-XXI. Real Jardín Botánico, C.S.I.C. Madrid. <http://www.floraiberica.es/>

CITA, 2008. Estudio sobre la funcionalidad de la vegetación leñosa de Aragón como sumidero de CO<sub>2</sub>: existencias y potencialidad (estimación cuantitativa y predicciones de fijación). <https://www.aragon.es/documents/20127/674325/estudio.pdf/a4737233-9028-721a-0e81-539421b795a3>.

Cristina Novella Guillén, 2020. Evaluación de Servicios Ecosistémicos en el Término Municipal de La Puebla de Valverde, Teruel. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Zaragoza, grado de ciencias ambientales.

Documentación del Plan Estratégico de la PAC (2021): <https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/documentacion-del-pe-pac.aspx>

EME, 2011. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio de España. Síntesis de Resultado.

Enguita, G. (2017). Efectos sobre el balance de agua azul y agua verde de la restauración post-incendio en los montes del T.M. de La Zoma (Te). TFM. Universidad de Alcalá.

- Forman, R. T. T.; Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. Nueva York: Wiley and Sons.
- Fundación FIRE (<https://creatuseto.fundacionfire.org/>)
- Gabarrón-Galeote, M. A., Trigalet, S., & Van Wesemael, B. (2015). Soil organic carbon evolution after land abandonment along a precipitation gradient in southern Spain. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.027>
- Galería fotográfica de la página web del Ayuntamiento de Sos del Rey Católico ([http://www.sosdelreycatolico.com/galeria\\_fotografica#74\\_9](http://www.sosdelreycatolico.com/galeria_fotografica#74_9))
- García Novo, F. (2007). *La diversidad biológica. Discurso de Ingreso*. Madrid: Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 251 p.
- García Pausas, J., Romanyà, J., Montané, F., Rios, A. I., Taull, M., Rovira, P., & Casals, P. (2017). Are soil carbon stocks in mountain grasslands compromised by land-use changes? In J. Catalan, J. M. Ninot, & M. M. Aniz (Eds.), *High Mountain conservation in a changing world. Advances in Global Change Research* (Vol. 62, pp. 207–230). Cham, Switzerland: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55982-7_9)
- García Ruiz, J. M., & Lasanta Martínez, T. (1990). Land-use changes in the Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development*, 10(3), 267–279. <https://doi.org/10.2307/3673606>
- García Ruiz, J. M., & Lana Renault, N. (2011). Hydrological and erosive consequences of farmland abandonment in Europe, with special reference to the Mediterranean region – A review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(3–4), 317–338. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.01.003>
- García Ruiz, J. M., Lopez Moreno, I. J., Vicente Serrano, S. M., Lasanta Martínez, T., & Beguería, S. (2011). Mediterranean water resources in a global change scenario. *Earth-Science Reviews*, 105(3–4), 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.006>
- García Ruiz, J. M., & Lasanta, T. (2018). El Pirineo aragonés como paisaje cultural. *Pirineos*, 173, e038. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2018.173005>
- García Ruiz, J. M., Tomas Faci, G., Diarte Blasco, P., Montes, L., Domingo, R., Sebastian, M., ... Beguería, S. (2020). Transhumance and long-term deforestation in the subalpine belt of the central Spanish Pyrenees: An interdisciplinary approach. *Catena*, 195, 104744. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104744>
- Germer, S., Neill, C., Krusche, A. V., & Elsenbeer, H. (2010). Influence of land-use change on near-surface hydrological processes: Undisturbed forest to pasture. *Journal of Hydrology*, 380(3–4), 473–480. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.11.022>
- Gómez Baggethun, E., de Groot, R., Lomas, P. L., & Montes, C. (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: From early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.11.007>.
- González Díaz, J. A., Celaya, R., Fernández García, F., Osoro, K., & García, R. R. (2019). Dynamics of rural landscapes in marginal areas of northern Spain. Past, present and future. *Land Degradation & Development*, 30, 141–150. <https://doi.org/10.1002/ldr.3201>
- Gómez García, D. —Ed.— 2005. *Atlas de la Flora de Aragón*. Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón e Instituto Pirenaico de Ecología (CSIC). <http://floragon.ipe.csic.es/>
- Gosheva, S., Walthert, L., Niklaus, P.A., Zimmermann, S., Gimmi, U., Hagedorn, F., 2017. Reconstruction of historic Forest cover changes indicates minor effects on carbon stocks in Swiss Forest soils. *Ecosystems* 20 (8), 1512–1528. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0129-9>
- Hubb, J. L. (1988). *Elementos de geomorfología aplicada*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hutchinson, G. E. (1981). *Introducción a la ecología de poblaciones*. Barcelona: Editorial Blume, 492 p.
- Ibáñez, L. (2018). Sos del Rey Católico (y su entorno). *Ruta del tiempo*.
- IDE Aragón (<https://idearagon.aragon.es/portal/>)
- IGME (<http://www.igme.es/>)
- IGN (<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>)
- INE (<https://www.ine.es/index.htm>)



- Jarvis, S.C., Stockdale, E.A., Shephard, M.A., Powelson, D.S., 1996. Nitrogen mineralisation in temperate agricultural soils: processes and measurement. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, vol. 57. Academic Press, London, pp. 188–237.
- Khorchani, M., Nadal Romero, E., Lasanta, T., & Tague, C. (2021). Natural revegetation and afforestation in abandoned cropland areas: Hydrological trends and changes in Mediterranean mountains. *Hydrological Processes*, 35: e14191. <https://doi.org/10.1002/hyp.14191>
- Kirschbaum, M. U. F. (2000). Will changes in soil organic carbon act as a positive or negative feedback on global warming? *Biogeochemistry*, 48, 21–51. <https://doi.org/10.1023/A:1006238902976>
- Lara, P., 2019. Identificación y priorización de servicios ecosistémicos proporcionados por las quebradas de peumo y el manzano, comuna de lo barnechea, región metropolitana. <http://mgpa.forestaluchile.cl/Tesis/Lara%20Pamela.pdf>.
- Lasanta, T. (1988). The process of desertion of cultivated areas in the central Spanish Pyrenees. *Pirineos*, 132, 15–36.
- Lasanta, T., Nadal Romero, E., & Arnáez, J. (2015). Managing abandoned farmland to control the impact of re-vegetation on the environment. The state of art in Europe. *Environmental Science & Policy*, 52, 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.012>
- Lasanta, T., Arnáez, J., Pascual, N., Ruiz Flaño, P., Errea, M. P., & Lana Renault, N. (2017). Space-time process and drivers of land abandonment in Europe. *Catena*, 149, 810–823. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.024>
- Lasanta T, Sánchez Navarrete P, Medrano Moreno LM, Khorchani M, Nadal Romero E. (2020). Soil quality and soil organic carbon storage in abandoned agricultural lands: Effects of revegetation processes in a Mediterranean mid-mountain area. *Land Degrad Dev*. 31: 2830–2845. <https://doi.org/10.1002/ldr.3655>
- Lasanta, T., & Vicente Serrano, S. (2007). Cambios en la cubierta vegetal en el Pirineo aragonés en los últimos 50 años. *Pirineos*, 162, 125–154. <https://doi.org/10.3989/pirineos.2007.v162.16>
- Lopez Moreno, J. I., Vicente Serrano, S. M., Zabalza, J., Revuelto, J., Gilabert, M., Azorin-Molina, C., ... Tague, C. (2014). Hydrological response of the Central Pyrenees to projected environmental change in the 21st century. *Pirineos*, 169, e004. <https://doi.org/10.3989/Pirineos.2014.169004>
- Lovell, R.D., Jarvis, S.C., 1996. Effect of cattle dung on soil microbial biomass C and N in a permanent pasture soil. *Soil Biol. Biochem*. 28 (3), 291–299. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)00140-9](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)00140-9)
- Martín-López, B., & González, J. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Revista ...*, 16(3), 69-80. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/94>.
- Martín-López, B., & Montes, C. (2010). *Funciones y servicios de los ecosistemas: Una herramienta para la gestión de los espacios naturales*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Health (Island Pre). Washington, DC. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.003>.
- Monserrat Recoder, P. (1988). *ENCICLOPEDIA TEMÁTICA DE ARAGON* (Vols. 6, Flora). Moncayo.
- Montanè, F., Rovira, P., Casals, P., 2007. Shrub encroachment into mesic mountain grasslands in the Iberian Peninsula: effects of plant quality and temperature on soil C and N stocks. *Glob. Biogeochem. Cycl*. 21 (4), GB4016. <https://doi.org/10.1029/2006GB002853>
- Montes, C. (2007). Del desarrollo sostenible a los servicios de los ecosistemas. *Ecosistemas*, 16(3), 1-3. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=513>
- Muzylo, A., Llorens, P., & Domingo, F. (2012). Rainfall partitioning in a deciduous forest plot in leafed and leafless periods. *Ecology*, 5(6), 759–767. <https://doi.org/10.1002/eco.266>
- Nadal Romero, E., Otal Laín, I., Lasanta, T., Sanchez-Navarrete, P., Errea, P., Cammeraat, E., 2018. Woody encroachment and soil carbon stocks in subalpine areas in the Central Spanish Pyrenees. *Sci. Total Environ*. 636, 727–736. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.324>
- Nadal Romero, E., Rubio, P., Kremyda, V., Absalah, S., Cammeraat, E., Jansen, B., & Lasanta, T. (2021). Effects of agricultural land abandonment on soil organic carbon stocks and composition of soil organic matter in the Central Spanish Pyrenees. *CATENA*, 205(105441). <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105441>

- Navarro, L. M., & Pereira, H. M. (2012). Rewilding abandoned landscapes in Europe. *Ecosystems*, 15(6), 900–912. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9558-7>
- Oberhuber, T. *et al.*, 2010. Dossier el papel de la biodiversidad. CIP-Ecosocial. [https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Dossier/Dossier\\_El\\_papel\\_de\\_la\\_biodiversidad.pdf](https://www.fuhem.es/media/cdv/file/biblioteca/Dossier/Dossier_El_papel_de_la_biodiversidad.pdf).
- OECC, 2018. Instrucciones de uso de la calculadora de absorciones de CO<sub>2</sub> ex ante de las especies forestales arbóreas españolas del ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente. [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/instruccionescalculadoraabsexante\\_tcm30-485629.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/instruccionescalculadoraabsexante_tcm30-485629.pdf).
- Ortigosa Izquierdo, L. M. (1991). Las repoblaciones forestales en La Rioja resultados y efectos geomorfológicos (Geoforma [ed.]).
- Peña Angulo, D., Khorchani, M., Errea, P., Lasanta, T., Martínez Arnáiz, M., & Nadal Romero, E. (2019). Factors explaining the diversity of land cover in abandoned fields in a Mediterranean mountain area. *Catena*, 181, 104064. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.05.010>
- Perino, A., Pereira, H. M., Navarro, L. M., Fernandez, N., Bullock, J. M., Ceausu, S., ... Wheeler, H. C. (2019). Rewilding complex ecosystems. *Science*, 364(6438), eaav5570. <https://doi.org/10.1126/science.aav5570>
- Pino, J. (2015). Servicios Ecosistémicos. CREA. Barcelona. [https://issuu.com/creaf\\_ecologia/docs/creaf\\_serveis\\_ecosistemis\\_es](https://issuu.com/creaf_ecologia/docs/creaf_serveis_ecosistemis_es)
- Rey Benayas, J.M., Martins, A., Nicolau, J.M. & Schulz, J.J. (2007). Abandonment of agricultural land: an overview of drivers and consequences. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2007, 2, 057. 14pp.
- Rey Benayas, J. M., & Bullock, J. M. (2012). Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems*, 15(6), 883–899. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9552-0>
- Rivas Martínez, S. (1987). MEMORIA DEL MAPA DE SERIES DE VEGETACION DE ESPAÑA. ICONA.
- Rodríguez Martínez, J. (2013). *ECOLOGÍA* (3ª ed.). Ediciones Pirámide.
- Sánchez Balibrea, J.M.; Sánchez, J.A.; Barberá, G.G.; Castillo, V; Díaz, S.; Perera, L.; Pérez-Marcos, M.; de Pedro, L.; Reguilón, M. 2020. Manejo de setos y otras estructuras vegetales lineales para una agricultura sostenible. Edita: Asociación Paisaje y Agricultura Sostenible. GO Setos. Murcia.
- San Vicente, M. G., & Valencia, P. J. L. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios geográficos*, 69 (265), 519-543.
- Science for Environment Policy, 2015. Ecosystem Services and Biodiversity. [https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/ecosystem\\_services\\_biodiversity\\_IR1\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/ecosystem_services_biodiversity_IR1_en.pdf).
- SIGA (<https://sig.mapama.gob.es/siga/>)
- Subirós, J. V., Linde, D. V., Pascual, A. L., & Palom, A. R. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (48), 151-166.
- Trenberth, K. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47(1/2), 123–138. <https://doi.org/10.3354/cr00953>
- Troll, C. 1950. Die geographische Landschaft und ihre Er-forschung. *Studium Generale* 3: 163-181. Heidelberg.
- Troll, C. (2003). Ecología del paisaje. *Gaceta ecológica*, (68), 71-84.
- Troll, C. 1950. Die geographische Landschaft und ihre Er-forschung. *Studium Generale* 3: 163-181. Heidelberg.
- Vallejo, R., Aronson, J., Pausas, J. G., & Cortina, J. (2006). Restoration of mediterranean woodlands. *Restoration Ecology from an European Perspective*, 1999, 193–207.
- Van Hall, R.L., Cammeraat, E., Keesstra, S.D., Zorn, M., 2017. Impact of secondary vegetation succession on soil quality in a humid Mediterranean landscape. *Catena* 149, 836–843. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.05.021>

Vicente-Serrano, S. M., Martín Hernandez, N., Reig, F., Azorin Molina, C., Zabalza, J., Beguería, S., ... García, M. (2020). Vegetation greening in Spain detected from long term data (1981–2015). *International Journal of Remote Sensing*, 41 (5), 1709–1740. <https://doi.org/10.1080/01431161.2019.1674460>

Wang, C., Li, L., Yan, Y., Cai, Y., Xu, D., Wang, X., Chen, J., Xin, X., 2021. Effects of cultivation and agricultural abandonment on soil carbon, nitrogen and phosphorus in a meadow steppe in eastern Inner Mongolia. *Agric. Ecosyst. Environ.* 309. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107284>

Yera Posa, F. J., Cabrera Bonet, M., & Hernández Jimenez, A. (2017, julio). *Proyecto de Ordenación del Grupo de Montes de U.P. pertenecientes al Ayuntamiento de Sos del Rey Católico (Zaragoza) números 225 “Valoscura”, 226 “Valmediana” y 504 “Paco Cenera”*. Gobierno de Aragón. Departamento de Desarrollo Rural y Sostenibilidad.

Zhang, L., Dawes, W.R., Walker, G.R. (2001). Response of mean anual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*. Vol. 37, núm.3, pp. 701-708.

## 8. Anexos

---

Anexo 1: Mapa de la localización

Anexo 2: Mapa de Hidrología

Anexo 3: Mapa de Orientaciones

Anexo 4: Mapa de cotas de nivel

Anexo 5: Mapa hipsométrico

Anexo 6: Mapa de litología y geoformas

Anexo 7: Mapa de unidades ambientales en el escenario actual

Anexo 8: Mapa de vegetación y usos en el escenario tradicional

Anexo 9: Cálculos del agua verde VS agua azul

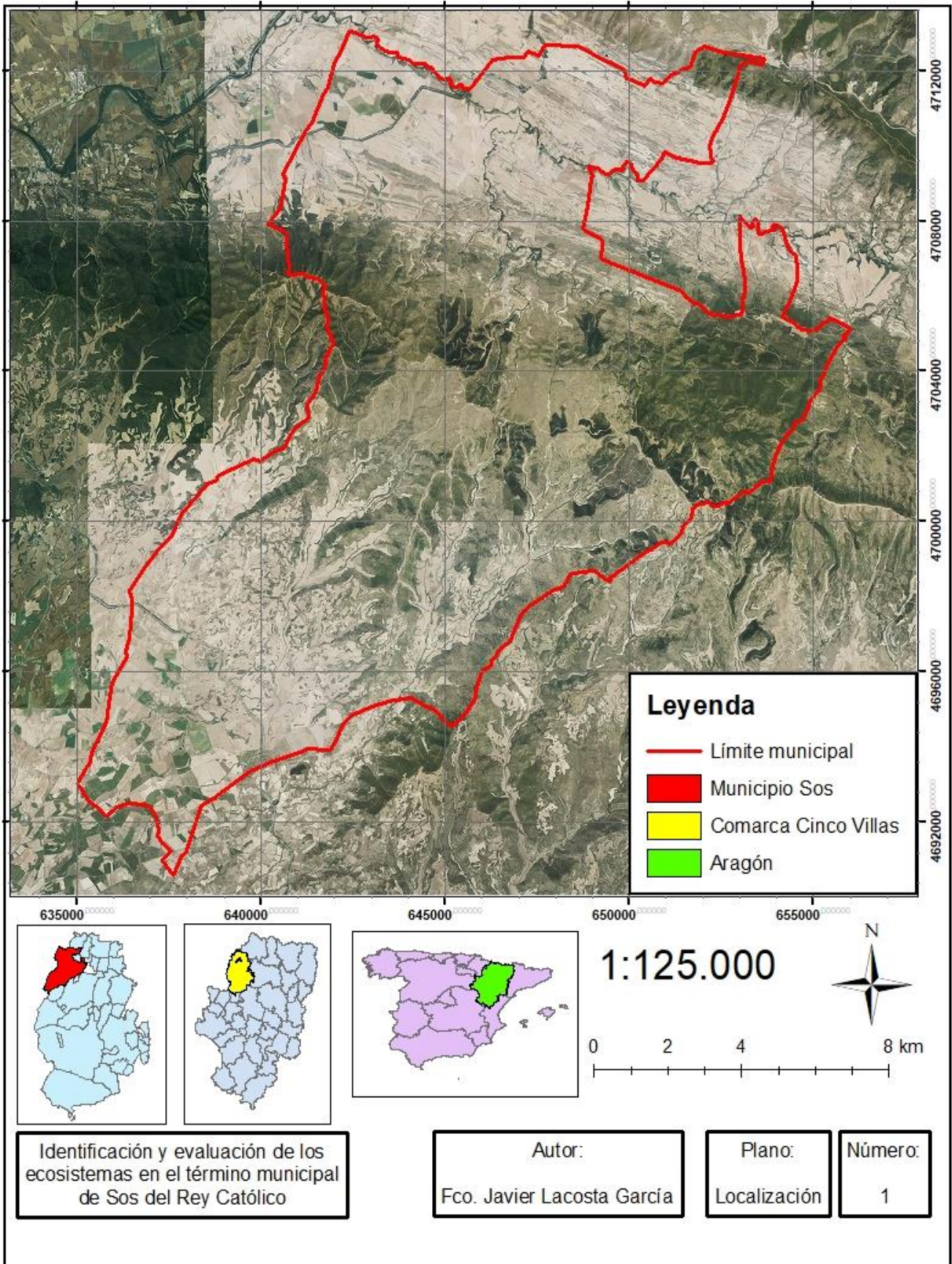
Anexo 10: Cálculo de absorción de carbono

Anexo 11: Informe selvícola clareo

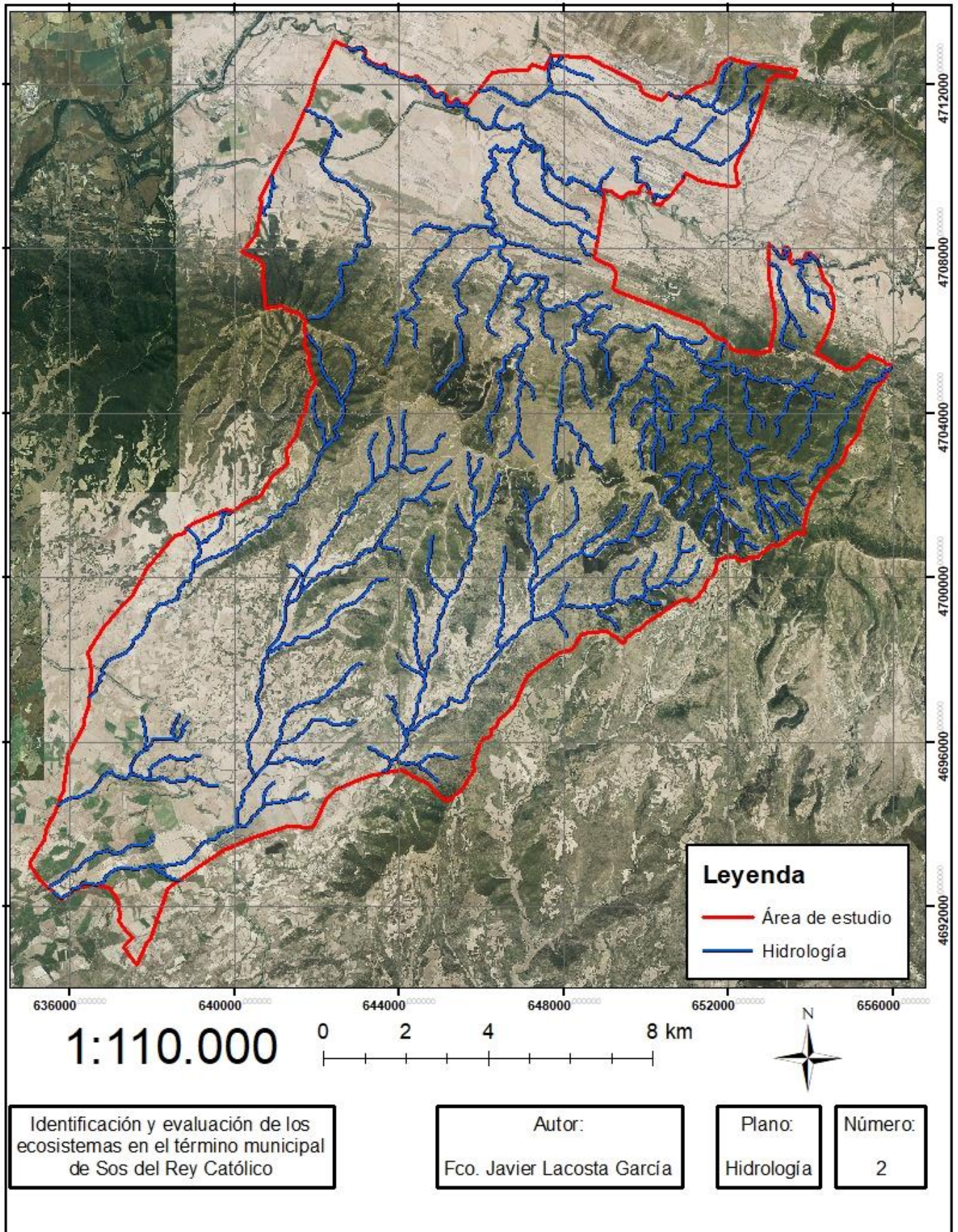
Anexo 12: Informe selvícola resalveo

Anexo 13: Mapa de setos

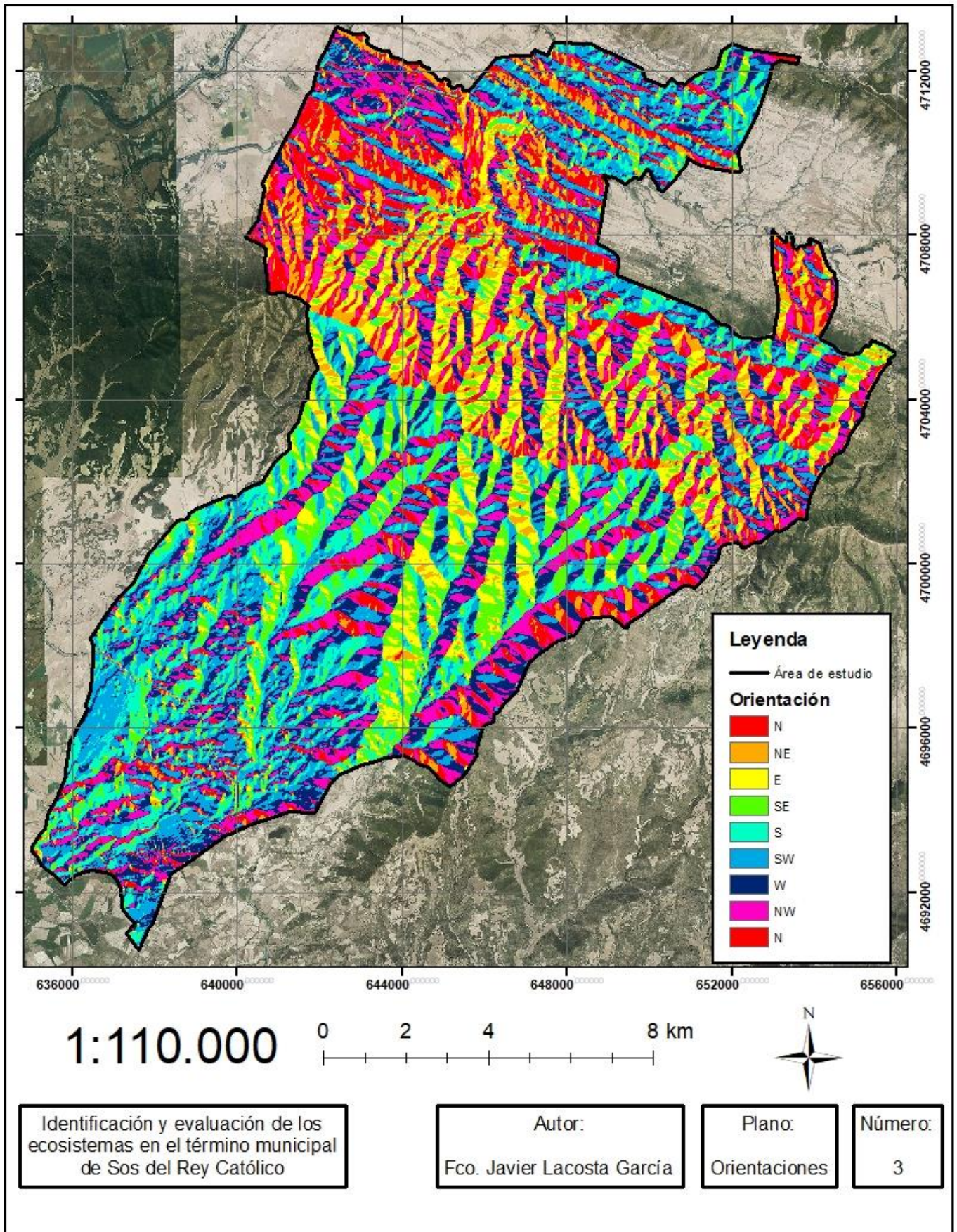
## Anexo 1: Mapa de la localización



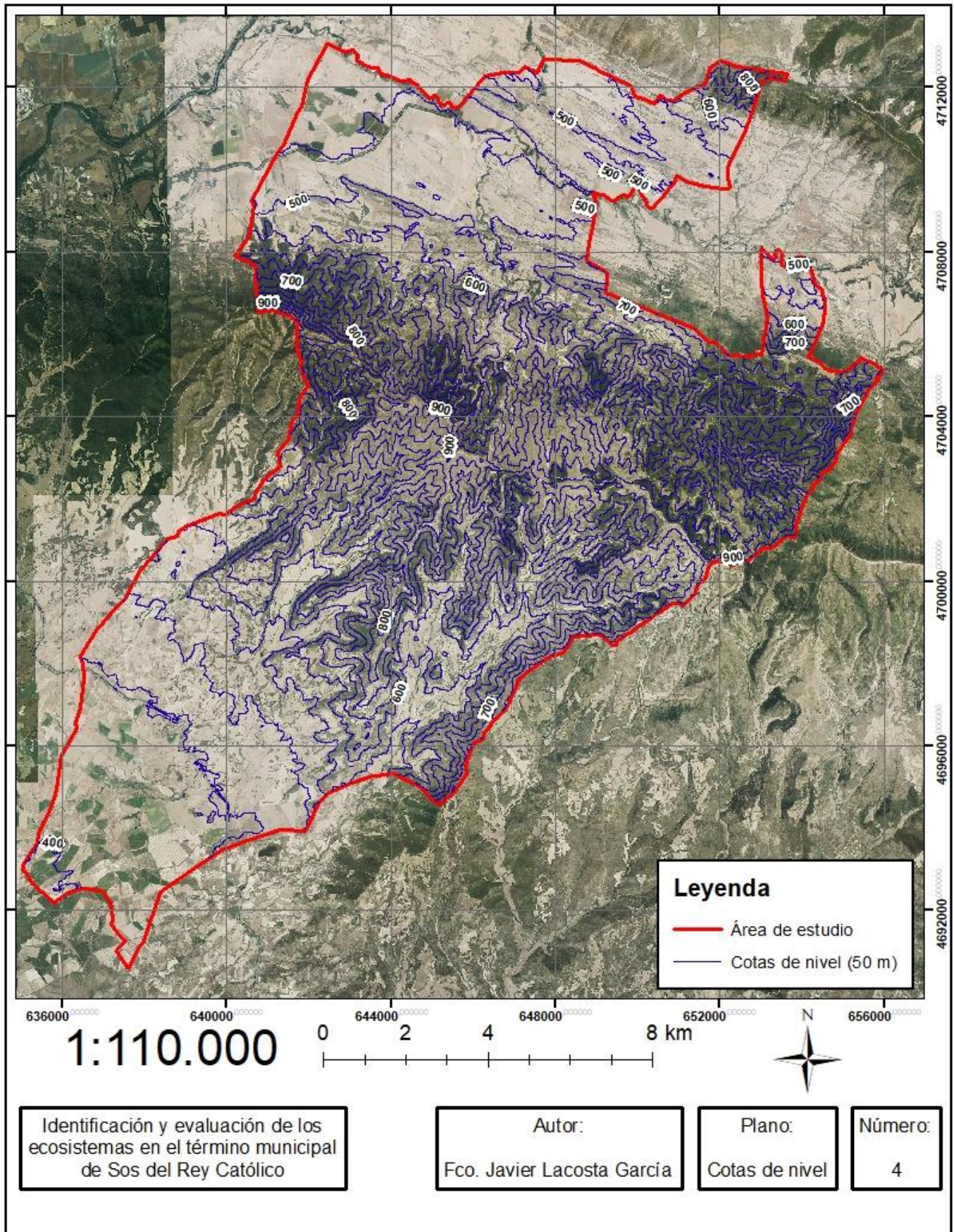
## Anexo 2: Mapa de Hidrología



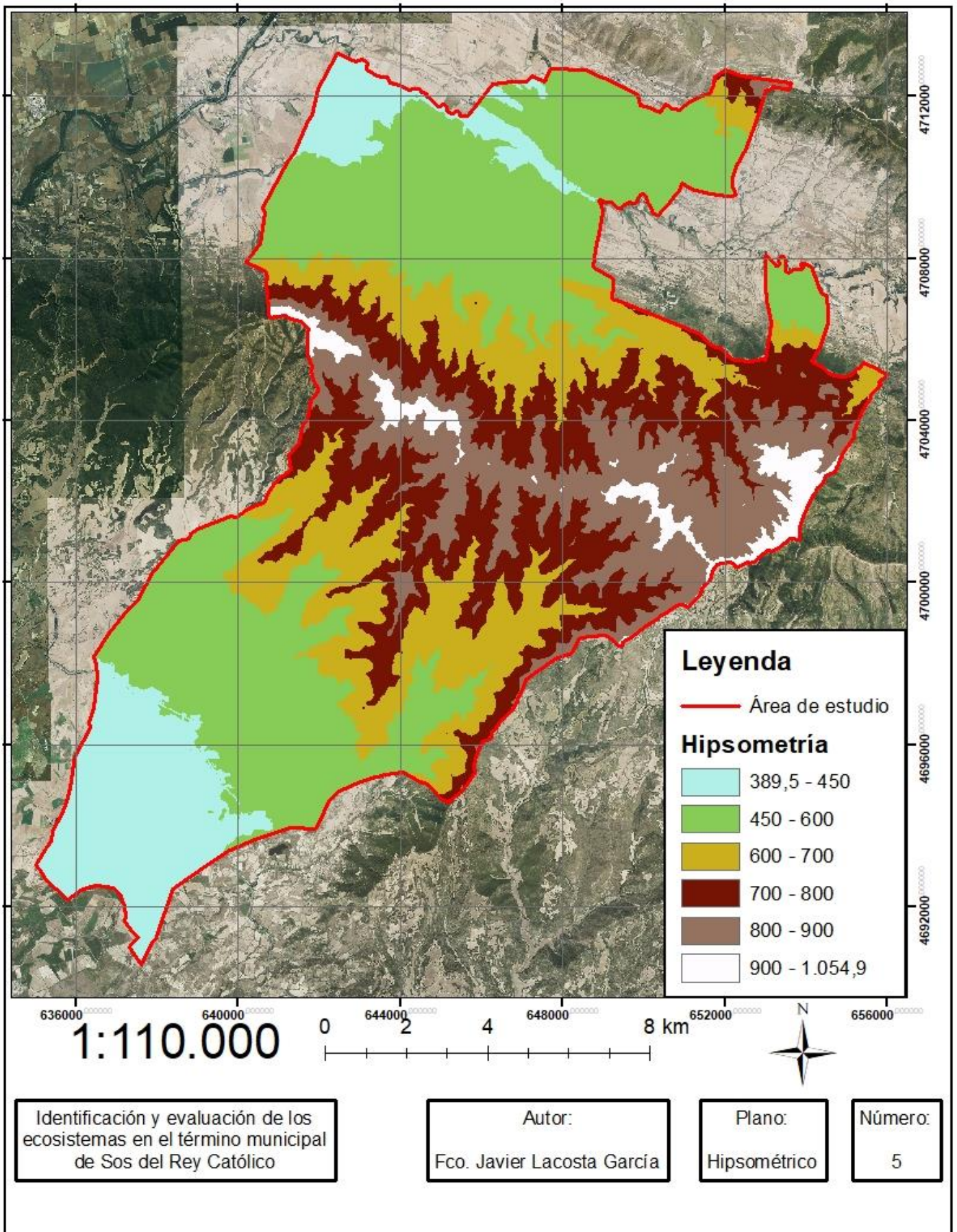
### Anexo 3: Mapa de Orientaciones



## Anexo 4: Mapa de cotas de nivel

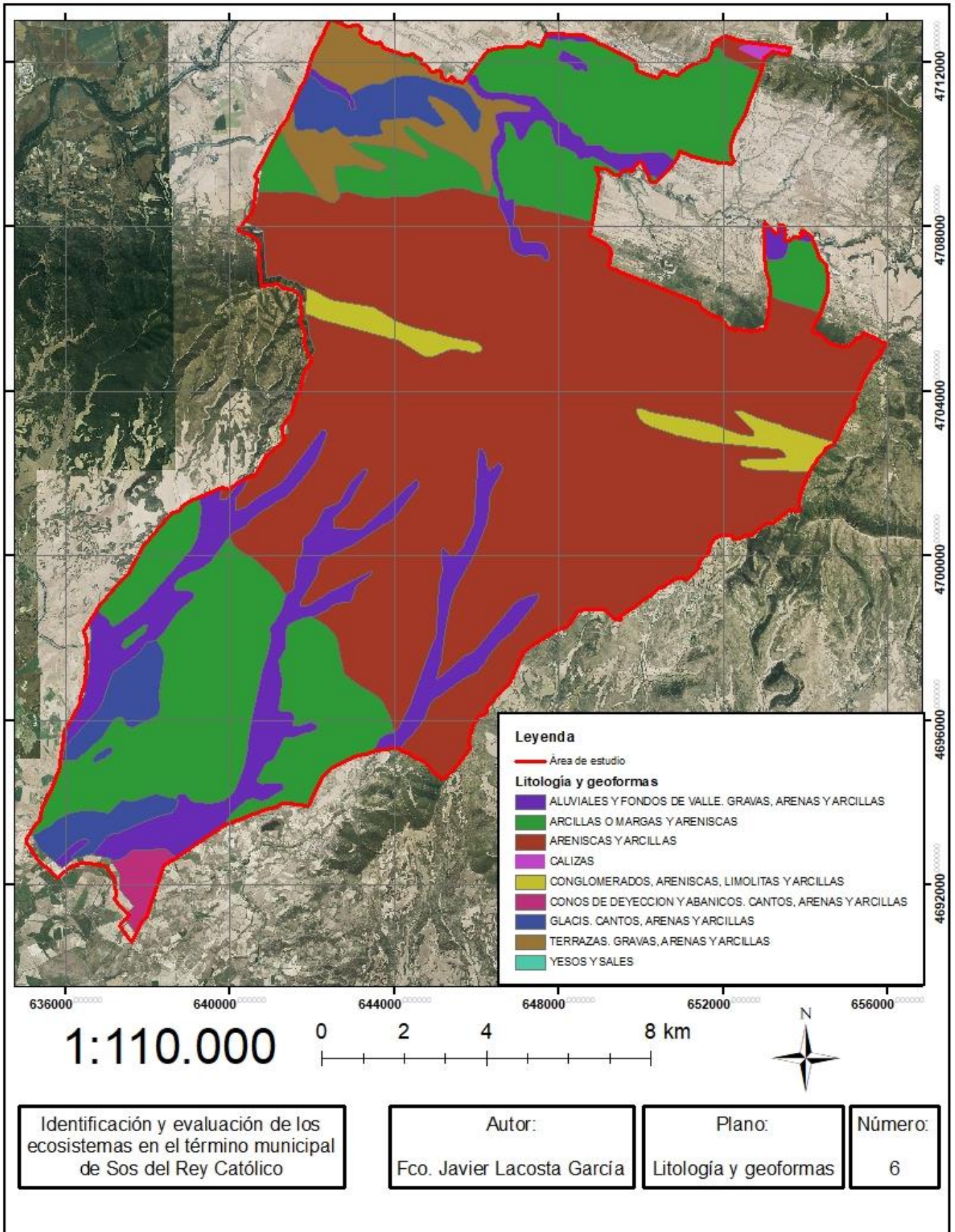


## Anexo 5: Mapa hipsométrico

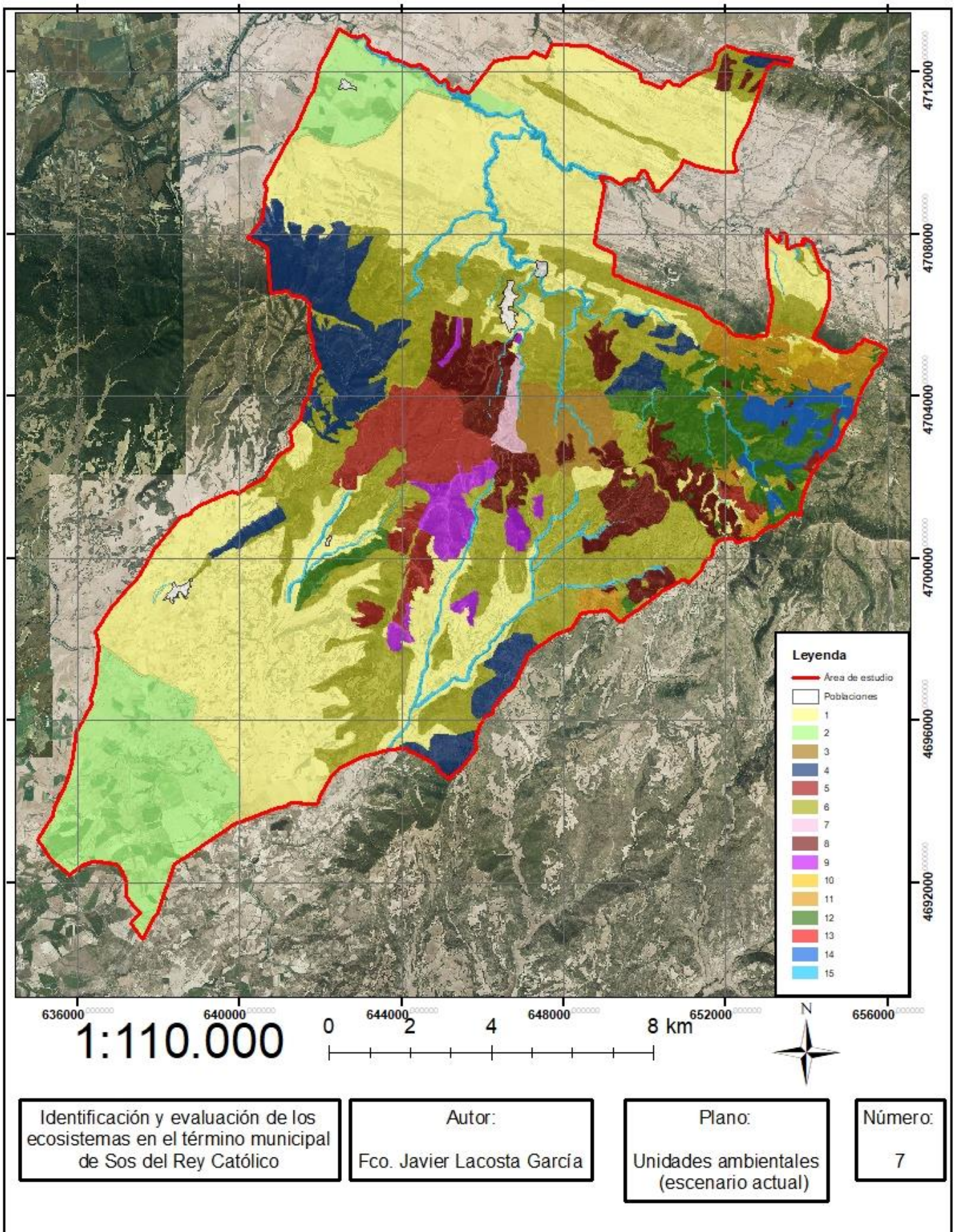




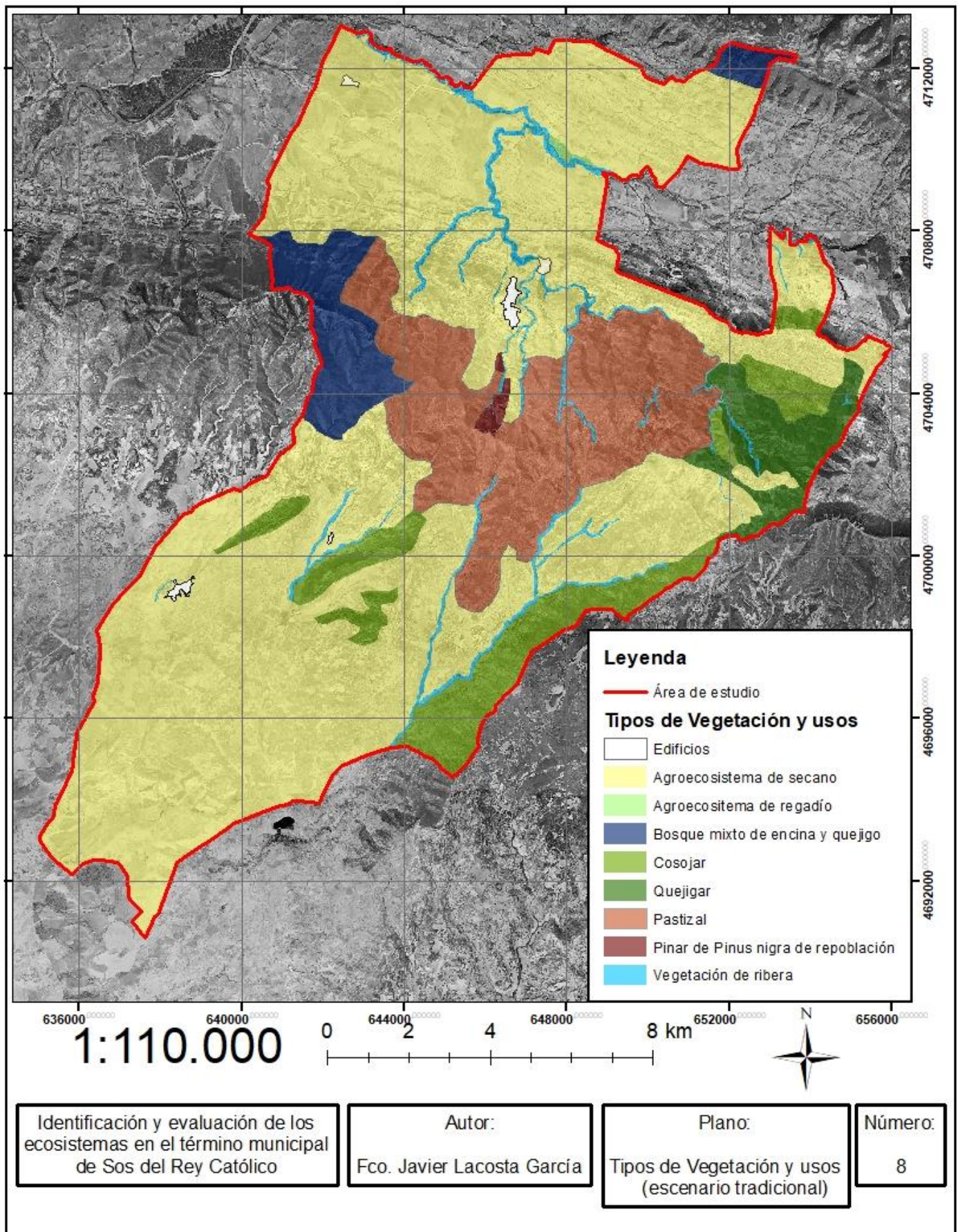
## Anexo 6: Mapa de litología y geoformas



## Anexo 7: Mapa de unidades ambientales en el escenario actual



## Anexo 8: Mapa de vegetación y usos en el escenario tradicional



## Anexo 9: Cálculos modelo hidrológico de Zhang *et al.* (2001) (agua azul y agua verde).

En la tabla 1 se presentan los valores y cálculos realizados para el escenario actual (2021) y para el escenario tradicional (1956). Siendo:

- $T^a$ : Temperatura media anual ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $P$ : Precipitación total anual (mm/año).
- Ambos valores se emplean en los dos escenarios para ver el efecto de las diferentes coberturas sobre el balance de agua azul y agua verde.
- $E_0$ : la evapotranspiración real (ET) se puede expresar en función de la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP), que se corrige en nuestra latitud con los datos de temperatura, aplicando la fórmula:

$$E_0 = 0,488T^2 + 27.5T + 412$$

- $W$ : coeficientes de disponibilidad de agua.
- $ET$  (mm): cálculo de la ETP para cada tipo de cobertura:

$$ET = \frac{P(1 + \frac{WE_0}{P})}{1 + \frac{wE_0}{P} + \frac{P}{E_0}}$$

- $Q$  (mm): agua libre en escorrentía o drenaje profundo, se obtiene para cada cobertura de la ecuación  $Q = P - ET$ .
- $H_a$ : es el área (hectáreas) de las diferentes coberturas.
- $ET$  ( $\text{m}^3$ ): es la evapotranspiración para cada tipo de cobertura en el T.M.
- $Q$  ( $\text{m}^3$ ): escorrentía para cada tipo de cobertura en el T.M.
- Agua verde: el sumatorio de la evapotranspiración (ET) de las diferentes coberturas.
- Agua azul sumatorio de la escorrentía o drenaje profundo ( $Q$ ) d de las diferentes coberturas.

En la tabla 2 se puede observar la diferencia entre el escenario actual y el tradicional, tanto en porcentaje (%) como en valores absolutos de volumen ( $\text{m}^3$ ). Haciendo la diferencia se puede ver que los valores de agua azul quedan en negativo, y los valores de agua verde en positivo. Esto es porque hay una pérdida de agua azul y una ganancia de agua verde, ambas proporcionales, como resultado de comparar el escenario actual con respecto al tradicional.

**Tabla 1:** Cálculos del agua azul y agua verde, basado en Enguita (2017) realizada mediante Excel (elaboración propia)

	Nº Unidad Ambiental	T°	P	E <sub>0</sub>	W <sub>0</sub>	W	ET (mm)	Q (mm)	Ha	Agua azul (m3)	Agua verde (m3)	% Agua azul	% Agua verde		
										Q m <sup>3</sup>	ET m <sup>3</sup>				
Escenario Actual	1	12,7	605,6	839,96	h	0,5	424,76	180,84	7705	13933565,57	32727914,43	0,299	0,701	1	
	2	12,7	605,6	839,96	h	0,5	424,76	180,84	2409	4356386,69	10232517,31	0,299	0,701	1	
	3	12,7	605,6	839,96	m	1	465,11	140,49	391	549303,92	1818592,08	0,232	0,768	1	
	4	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	1425	1384210,82	7245589,18	0,160	0,840	1	
	5	12,7	605,6	839,96	m	1	465,11	140,49	879	1234880,16	4088343,84	0,232	0,768	1	
	6	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	4764	4627635,32	24223148,68	0,160	0,840	1	
	7	12,7	605,6	839,96	m	1	465,11	140,49	91	127843,11	423252,89	0,232	0,768	1	
	8	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	1208	1173422,22	6142225,78	0,160	0,840	1	
	9	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	384	373008,39	1952495,61	0,160	0,840	1	
	10	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	44	42740,54	223723,46	0,160	0,840	1	
	11	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	497	482773,88	2527058,12	0,160	0,840	1	
	12	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	916	889780,43	4657515,57	0,160	0,840	1	
	13	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	6	5828,26	30507,74	0,160	0,840	1	
	14	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	256	248672,26	1301663,74	0,160	0,840	1	
	15	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	604	586711,11	3071112,89	0,160	0,840	1	
										30016762,68	100665661,32	22,97	77,03	100	TOTAL
										Agua azul (m3)	Agua verde (m3)				
Escenario tradicional	Tipo de vegetación y usos	T°	P	E <sub>0</sub>	W <sub>0</sub>	W	ET (mm)	Q (mm)	Ha	Q m <sup>3</sup>	ET m <sup>3</sup>	% Agua azul	% Agua verde		
	Agroecosistema de secano	12,7	605,6	839,96	h	0,5	424,76	180,84	14247	25763985,56	60515846,44	0,299	0,701	1	
	Agroecosistema de regadío	12,7	605,6	839,96	h	0,5	424,76	180,84	23	41592,73	97695,27	0,299	0,701	1	
	Bosque mixto de encina y quejigo	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	980	951948,49	4982931,51	0,160	0,840	1	
	Coscojar (Quercus coccifera)	12,7	605,6	839,96	m	1	465,11	140,49	1624	2281507,82	7553436,18	0,232	0,768	1	
	Quejigar (Quercus faginea)	12,7	605,6	839,96	m	1	465,11	140,49	753	1057866,62	3502301,38	0,232	0,768	1	
	Pastizal	12,7	605,6	839,96	h	0,5	424,76	180,84	3284	5938718,93	13949185,07	0,299	0,701	1	
	Pinar de repoblación de Pinus nigra	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	64	62168,06	325415,94	0,160	0,840	1	
Vegetación de ribera	12,7	605,6	839,96	b	2	508,46	97,14	604	586711,11	3071112,89	0,160	0,840	1		
										36684499,33	93997924,67	28,07	71,93	100	TOTAL

**Tabla 2:** Diferencia del agua azul y agua verde entre el escenario actual y el tradicional realizada por Excel (elaboración propia)

Escenario actual - Escenario tradicional			
Diferencia (m3)		Diferencia (%)	
Agua azul (m3)	Agua verde (m3)	% Agua azul	% Agua verde
-6667736,651	6667736,65	-5,10	5,10

## Anexo 10: Cálculo de absorción de carbono

Como ya se ha comentado el cálculo de absorción de carbono atmosférico se ha hecho en función de 3 estratos de vegetación, estrato bosque, arbustivo y herbáceo (pastos). Los tres estratos vienen representados, a lo largo de las tablas 3, 4 y 5, por los colores verde, azul y marrón respectivamente. Todas las tablas han sido extraídas de Excel.

En la tabla 3 se puede observar la identificación de especies dominante por ecosistema, así como el porcentaje de ocupación superficial y la densidad y número de pies del estrato forestal. Observando únicamente la gama de colores ya se puede advertir cuál es el estrato que más protagonismo va a tener en la absorción de carbono, siendo el forestal en el escenario actual y el herbáceo (pastos) en el escenario tradicional.

La tabla 4 representa los valores absolutos de absorción de CO<sub>2</sub> por estrato en toneladas. Y junto con la tabla 5 se pueden ver cómo esos mismos valores se han utilizado para calcular los datos totales de absorción para cada escenario tanto en porcentaje, como en toneladas.

Por último, las Figuras 1 y 2, son capturas directas de la calculadora de absorciones de carbono del Ministerio. La Figura 1 es sobre el cálculo del escenario actual y la Figura 2 es sobre el escenario tradicional. Estas Figuras explican el valor de la Tabla 4, sobre la captación de carbono de especies forestales en ambos escenarios, a partir del número total de pies de cada especie.

**Tabla 3:** Identificación de especies y su respectiva abundancia para cada escenario (elaboración propia)

	Nº Unidad Ambiental	Ha	Especies evaluadas			Porcentaje de ocupación superficial			Densidad forestal (un/ha)			Numero de pies absoluto (sp. Forestales)			
			sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	
Escenario Actual	1	7705													
	2	2409													
	3	391	Genista scorpius (arbusto joven)	Pastos (herbáceas)		0,5	0,5								
	4	1425	Quercus ilex	Quercus faginea		0,5	0,5		200	1300		142500	926250		
	5	879	Pinus halepensis	Quercus coccifera (arbusto viejo)	Genista scorpius (arbusto joven)	0,25	0,25	0,5	200			43950			
	6	4764	Quercus coccifera (arbusto viejo)			1									
	7	91	Genista scorpius (arbusto joven)	Pinus nigra		0,5	0,5			400			18200		
	8	1208	Pinus nigra			1			1500			1812000			
	9	384	Pinus halepensis			1			1000			384000			
	10	44	Pinus sylvestris			1			600			26400			
	11	497	Pinus nigra	Quercus coccifera (arbusto viejo)	Genista scorpius (arbusto joven)	0,5	0,25	0,25	400			99400			
	12	916	Quercus faginea			1			1000			916000			
	13	6	Fagus sylvatica			1			150			900			
	14	256	Pinus sylvestris	Quercus faginea		0,5	0,5		400	400		51200	51200		
	15	604	Populus nigra	Tilia spp.	Acer spp.	0,8	0,1	0,1	100	200	200	48320	12080	12080	
Escenario tradicional			Especies evaluadas			Porcentaje de ocupación superficial			Densidad forestal (un/ha)			Numero de pies absoluto (sp. Forestales)			
			sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	sp 1	sp 2	sp 3	

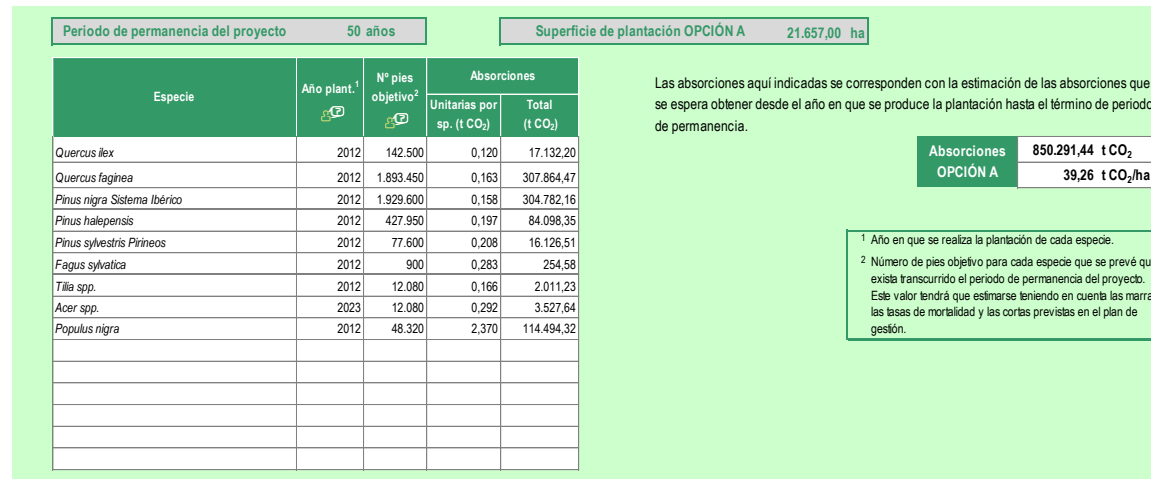
**Tabla 4:** Cálculos totales de captación de carbono en función del estrato de vegetación y el escenario (elaboración propia)

	Captación de carbono de especies forestales		Captación de carbono de especies arbustivas			Captación de carbono de pastos			
	Especies	Numero total de pies	Especies	Promedio de acumulación (tCO2/ha)	Superficie total	t CO2	Promedio de acumulación (tCO2/ha)	Superficie de pastos	t CO2
Escenario Actual	Quercus ilex	142500	Genista scorpius	63,5	804,75	51101,625	60	195,5	11730
	Quercus faginea	1893450	Quercus coccifera	98,5	5108	503138			
	Pinus nigra	1929600			t CO2	554239,625			
	Pinus halepensis	427950							
	Pinus sylvestris	77600							
	Fagus sylvatica	900							
	Populus nigra	48320							
	Tilia spp.	12080							
	Acer spp.	12080							
	t CO2	850.291,44							
Escenario tradicional	Captación de carbono de especies forestales		Captación de carbono de especies arbustivas			Captación de carbono de pastos			
	Especies	Numero total de pies	Especies	Promedio de acumulación (tCO2/ha)	Superficie	T CO2	Promedio de acumulación (tCO2/ha)	Superficie de pastos	t CO2
	Quercus ilex	98000	Quercus coccifera	98,5	487,2	47989,2	60	4947,9	296874
	Quercus faginea	862900			t CO2	47989,2			
	Pinus nigra	96000							
	Populus nigra	48320							
	Tilia spp.	12080							
	Acer spp.	12080							
	t CO2	288.276,35							

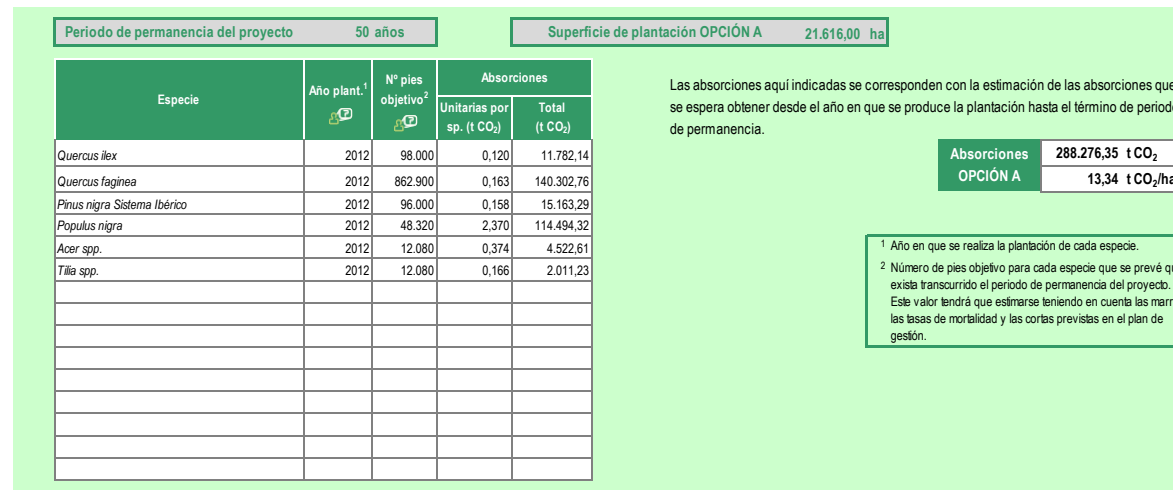
**Tabla 5:** Valores totales de captación de carbono para el escenario actual y el tradicional (elaboración propia)

		Total de captación	
		t CO2	% CO2
Escenario actual	Estrato forestal	850291,44	60,04
	Estrato arbustivo	554239,63	39,13
	Estrato pastos	11730	0,83
	Total	1.416.261,07	69,11
Escenario tradicional	Estrato forestal	288276,35	45,53
	Estrato arbustivo	47989,2	7,58
	Estrato pastos	296874	46,89
	Total	633.139,55	30,89
Total de captación entre ambos escenarios		2.049.400,61	100
Diferencia de captación entre escenarios		783.121,52	38,21





**Figura 1:** Cálculo de la absorción de carbono, del escenario actual, por especies forestales mediante la calculadora del Ministerio (elaboración propia)



**Figura 2:** Cálculo de la absorción de carbono, del escenario tradicional, por especies forestales mediante la calculadora del Ministerio (elaboración propia)

# Anexo 11: Informe selvícola clareo

Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

**Sección 1 Cuartel: B Cantón 23 Superficie total (ha): 14,16**

Especie 1: 25 Pinus nigra Especie 2: 24 Pinus halepensis Especie 3: 0

**Forma y distrib. de masa:** El cantón está formado principalmente por una masa mixta de fustal bajo de pino laricio y fustal alto de pino carrasco aclarado y empradizado. Las masas se distribuyen como se presenta a continuación:  
 - Masa mixta de pino en estado de fustal (aproximadamente 63%). Rodales: a, h  
 - Masas de densidad media de quercóideas (aproximadamente 24%). Rodal: g  
 - Matorral (aproximadamente 5%)

Repoblado    Repoblado/Monte bravo    Monte bravo    Monte bravo/latizal    Latizal bajo  
 Latizal alto    Latizal alto/fustal bajo    Fustal bajo    Fustal medio    Fustal alto  
 Masa semirregular    Masa irregular por bosquetes    Masa irregular

**Objetivos:**  Preservación de la cubierta forestal en las mejores condiciones vegetativas, como protección del suelo contra la erosión.  
 Contribución a la fijación de CO2 atmosférico.  
 Asegurar la persistencia de las condiciones productivas del monte, en madera, en la medida de lo posible, y caza.  
 Transformación de los pinares que no estén regenerando a hábitats de *Quercus faginea* y *Quercus ilex*, como recuperación del hábitat de estas especies.

**Regeneración:** Anecdótica

Reg: nada    Reg: esporádica    Reg: bosquetes aislados  
 Reg: bosquetes frecuentes    Reg: extendida toda la sup.    Masa transformada

**Problemas fitosanitarios:** Procesionaria. Muérdago ocasional aún presente a pesar de las cortas. Pies secos.

No se aprecian    Hongos    Plagas

**Otros problemas:**

No se aprecian    Daños por temporales    Daños por ganado    Daños por aprovechamientos  
 Daños por fuego    Otros daños abióticos

**Tratamientos selvícolas realizados:**

No se aprecian    Fajas auxiliares    Desbroces    Clareos    Claras    Resalveos    Podas  
 A.S.: preparatorias    A.S.: diseminatorias    A.S.: aclaratorias    A.S.: aclaratoria final  
 Liberación de frondosas    Cortas en masa irregular    Huroneo    Cortas de mejora

**Tratamientos selvícolas convenientes:** Repoblación con pies de género *Quercus* bajo cubierta del pinar

No se consideran  
 Fajas auxiliares    Desbroces    Clareos    Claras    Resalveos    Podas  
 A.S.: preparatorias    A.S.: diseminatorias    A.S.: aclaratorias    A.S.: aclaratoria final  
 Liberación de frondosas    Cortas en masa irregular    Huroneo    Cortas de mejora

**Matorral:** Empradizado. Boj

Matorral: ausente    Matorral: esporádico    Matorral: frecuente    Matorral: denso

**Infraestructura presente:** Carretera que recorre el cantón en su límite este.

Carreteras    Vías    Playas, cargaderos o parques    Cercados y cierres    Abrevaderos  
 Apriscos, mangas o encerraderos    Áreas recreativas    Refugios    Depósitos de agua  
 Puntos de agua o embalses    Otras infraestructuras

**Fisiografía y calidad**   Altitud máxima: 786   Altitud media: 714   Altitud mínima: 651  
 Exposición predominante: Solana  
 Pendiente media (%): 36

**Observaciones:**

## Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

Sección 1 Cuartel: B Cantón 23 Superficie total (ha): 14,16

## Superficies (ha)

Total:	14,16	Arbolado:	12,27	Rasos:	1,24	Cortafuegos:	0
Fustales de pino laricio densos:	0	Fustales de pino laricio aclarados:	0	Fustales de pino laricio salzmännii y pino carrasco:	8,93	Vegetación deribera:	0
Latales de pino laricio en terrazas:	3,34	Quejigar - encinar dens:	0	Quejigar - encinar medio:	0	Quejigar - encinar ralo:	0

## Existencias por especie y CD (referida a la superficie arbolada del cantón)

Especie	CD	N (ud/ha)	V (m3/ha)	IV (m3/ha/año)
Pinus halepensis	7,5 - 12,5	0,00	0,00	0,000
Pinus halepensis	12,5 - 17,5	0,55	0,06	0,002
Pinus halepensis	17,5 - 22,5	0,55	0,08	0,003
Pinus halepensis	22,5 - 27,5	1,03	0,26	0,007
Pinus halepensis	27,5 - 32,5	0,55	0,17	0,004
Pinus halepensis	32,5 - 37,5	2,14	1,04	0,022
Pinus halepensis	37,5 - 42,5	3,81	2,51	0,046
Pinus halepensis	42,5 - 47,5	1,66	1,43	0,023
Pinus halepensis	> 47,5	3,18	3,39	0,049
<b>Total Pinus halepensis</b>		<b>13,48</b>	<b>8,93</b>	<b>0,16</b>
Pinus nigra	7,5 - 12,5	55,14	0,99	0,104
Pinus nigra	12,5 - 17,5	32,39	2,44	0,219
Pinus nigra	17,5 - 22,5	71,98	12,00	0,733
Pinus nigra	22,5 - 27,5	49,73	14,62	0,646
Pinus nigra	27,5 - 32,5	40,96	20,52	0,647
Pinus nigra	32,5 - 37,5	17,86	13,89	0,325
Pinus nigra	37,5 - 42,5	8,92	10,24	0,181
Pinus nigra	42,5 - 47,5	2,77	4,49	0,061
Pinus nigra	> 47,5	1,11	2,55	0,026
<b>Total Pinus nigra</b>		<b>280,86</b>	<b>81,73</b>	<b>2,94</b>

## Existencias por especie (todo el cantón)

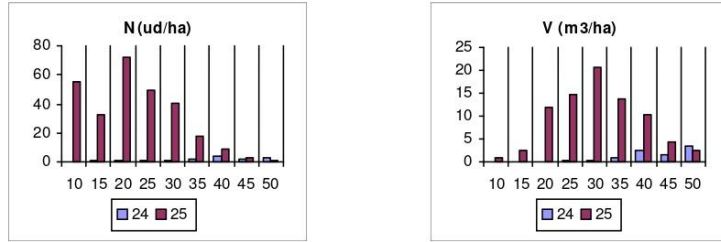
Especie	Superficie (ha)	N (ud/ha)	V (m3/ha)	IV (m3/ha · año)
Pinus halepensis	12,27	13,48	8,93	0,16
Pinus nigra	12,27	280,86	81,73	2,94

## Existencias de los rodales arbolados adultos del cantón

Rodal	Estrato	Superficie (ha)	Especie	dg (cm)	N (ud/ha)	G (m2/ha)	V (m3/ha)	Iv (m3/ha-año)
a	PspF	8,86	Pinus halepensis	39,5	15,18	1,86	9,87	0,17
a	PspF	8,86	Pinus nigra	24,8	226,39	10,97	79,01	2,44
h	PspF	0,07	Pinus halepensis	39,5	23,26	2,84	15,13	0,27
h	PspF	0,07	Pinus nigra	24,8	346,98	16,82	121,10	3,73
g	PspLter	3,34	Pinus halepensis	41,3	8,79	1,18	6,31	0,11
g	PspLter	3,34	Pinus nigra	21,4	423,86	15,31	88,07	4,27

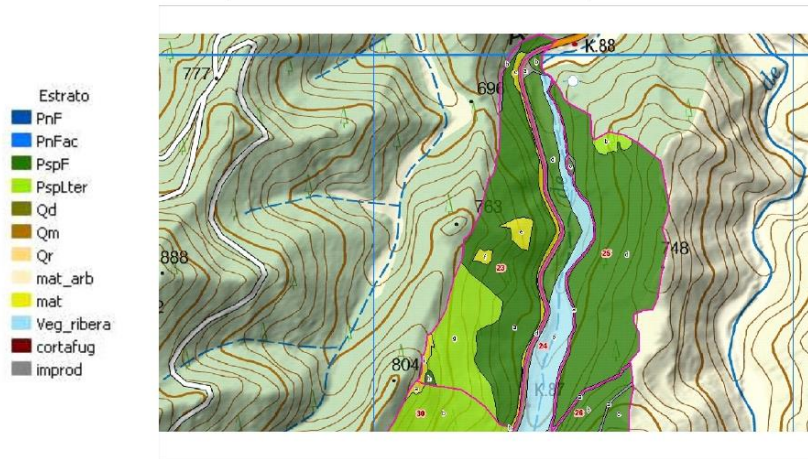
Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

Sección 1 Cuartel: B Cantón 23 Superficie total (ha): 14,16



25: Pinus nigra; 24: Pinus halepensis; 44: Quercus faginea; 45: Quercus ilex; 276: Acer monspessulanum

Mapa del cantón



Fotografía



## Anexo 12: Informe selvícola resalveo

Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

**Sección 1 Cuartel: A Cantón 1 Superficie total (ha): 23,54**

Especie 1: 44 Quercus faginea Especie 2: 45 Quercus ilex Especie 3: 276 Acer monspessulanum

**Forma y distrib. de masa:** El cantón está formado principalmente por masas de monte bajo de quejigo con encina y arce de Montpellier, también enebro. Las masas se distribuyen como se presenta a continuación:  
 - Masas densas de quercoideas (aproximadamente 61%). Rodales: c, e, l  
 - Masas de densidad media de quercoideas (aproximadamente 28%). Rodales: b, f, g, h, j  
 - Masas ralas de quercoideas (aproximadamente 2%). Rodal: a

Repoblado    Repoblado/Monte bravo    Monte bravo    Monte bravo/latizal    Latizal bajo  
 Latizal alto    Latizal alto/fustal bajo    Fustal bajo    Fustal medio    Fustal alto  
 Masa semirregular    Masa irregular por bosquetes    Masa irregular

**Objetivos:** Mantenimiento de las masas forestales en buen estado fitosanitario.  
 Asegurar la persistencia de las condiciones productivas del monte, caza y fomentar las de pastos y leñas (a partir de los resalveos planificados sobre las masas).  
 No es necesaria la realización de tratamientos culturales sobre el matorral.

**Regeneración:**

Reg: nada    Reg: esporádica    Reg: bosquetes aislados  
 Reg: bosquetes frecuentes    Reg: extendida toda la sup.    Masa transformada

**Problemas fitosanitarios:**

No se aprecian    Hongos    Plagas

**Otros problemas:**

No se aprecian    Daños por temporales    Daños por ganado    Daños por aprovechamientos  
 Daños por fuego    Otros daños abióticos

**Tratamientos selvícolas realizados:**

No se aprecian    Fajas auxiliares    Desbroces    Clareos    Claras    Resalveos    Podas  
 A.S.: preparatorias    A.S.: diseminatorias    A.S.: aclaratorias    A.S.: aclaratoria final  
 Liberación de frondosas    Cortas en masa irregular    Huroneo    Cortas de mejora

**Tratamientos selvícolas convenientes:** Resalveos de conversión a fustal sobre cepas en zonas densas e igual tipo de resalveos, aunque facultativos, en las masas de densidad media.

No se consideran  
 Fajas auxiliares    Desbroces    Clareos    Claras    Resalveos    Podas  
 A.S.: preparatorias    A.S.: diseminatorias    A.S.: aclaratorias    A.S.: aclaratoria final  
 Liberación de frondosas    Cortas en masa irregular    Huroneo    Cortas de mejora

**Matorral:** Zona empalizada con sotobosque de enebro y rosa

Matorral: ausente    Matorral: esporádico    Matorral: frecuente    Matorral: denso

**Infraestructura presente:** Cantón situado en el límite noroeste del monte recorrido en su parte exterior por una pista que...

Carreteras    Vías    Playas, cargaderos o parques    Cercados y cierres    Abrevaderos  
 Apriscos, mangas o encerraderos    Áreas recreativas    Refugios    Depósitos de agua  
 Puntos de agua o embalses    Otras infraestructuras

**Fisiografía y calidad** Altitud máxima: 1.005 Altitud media: 871 Altitud mínima: 840  
 Exposición predominante: Solana  
 Pendiente media (%): 36

**Observaciones:**

## Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

Sección 1 Cuartel: A Cantón 1 Superficie total (ha): 23,54

## Superficies (ha)

Total: 23,54 Arbolado: 23,11 Rasos: 0 Cortafuegos: 0  
 Fustales de pino laricio densos: 0 Fustales de pino laricio aclarados: 0  
 Fustales de pino laricio salzmännii y pino carrasco: 0 Vegetación deribera: 0  
 Latizales de pino laricio en terrazas: 0  
 Quejigar - encinar dens: 14,39 Quejigar - encinar medio: 6,52 Quejigar - encinar ralo: 2,2

## Existencias por especie y CD (referida a la superficie arbolada del cantón)

Especie	CD	N (ud/ha)	V (m3/ha)	IV (m3/ha/año)
Quercus faginea	7,5 - 12,5	706,72	11,05	0,592
Quercus faginea	12,5 - 17,5	513,48	16,39	1,048
Quercus faginea	17,5 - 22,5	141,60	8,04	0,456
Quercus faginea	22,5 - 27,5	19,83	1,87	0,087
Quercus faginea	27,5 - 32,5	0,00	0,00	0,000
Quercus faginea	32,5 - 37,5	0,00	0,00	0,000
Quercus faginea	37,5 - 42,5	0,00	0,00	0,000
Quercus faginea	42,5 - 47,5	0,00	0,00	0,000
Quercus faginea	> 47,5	0,00	0,00	0,000
<b>Total Quercus faginea</b>		<b>1.381,63</b>	<b>37,35</b>	<b>2,18</b>
Quercus ilex	7,5 - 12,5	99,17	1,38	0,000
Quercus ilex	12,5 - 17,5	84,26	2,77	0,000
Quercus ilex	17,5 - 22,5	22,21	1,31	0,000
Quercus ilex	22,5 - 27,5	3,70	0,34	0,000
Quercus ilex	27,5 - 32,5	3,70	0,47	0,000
Quercus ilex	32,5 - 37,5	0,00	0,00	0,000
Quercus ilex	37,5 - 42,5	0,00	0,00	0,000
Quercus ilex	42,5 - 47,5	0,00	0,00	0,000
Quercus ilex	> 47,5	0,00	0,00	0,000
<b>Total Quercus ilex</b>		<b>213,04</b>	<b>6,26</b>	<b>0,00</b>
Acer mospessulanum	7,5 - 12,5	146,30	0,00	0,000
Acer mospessulanum	12,5 - 17,5	26,07	0,00	0,000
Acer mospessulanum	17,5 - 22,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	22,5 - 27,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	27,5 - 32,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	32,5 - 37,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	37,5 - 42,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	42,5 - 47,5	0,00	0,00	0,000
Acer mospessulanum	> 47,5	0,00	0,00	0,000
<b>Total Acer mospessulanum</b>		<b>172,38</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

## Existencias por especie (todo el cantón)

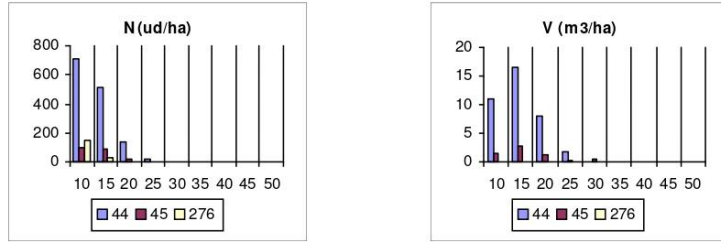
Especie	Superficie (ha)	N (ud/ha)	V (m3/ha)	IV (m3/ha · año)
Quercus faginea	14,39	1.381,63	37,35	2,18
Quercus ilex	14,39	213,04	6,26	0,00
Acer mospessulanum	14,39	172,38	0,00	0,00

## Existencias de los rodales arbolados adultos del cantón

Rodal	Estrato	Superficie (ha)	Especie	dg (cm)	N (ud/ha)	G (m2/ha)	V (m3/ha)	Iv (m3/ha-año)
c	Qd	13,89	Acer mospessulanum	10,7	172,29	1,56	0,00	0,00
c	Qd	13,89	Quercus faginea	13,5	1380,94	19,64	37,33	2,18
c	Qd	13,89	Quercus ilex	14,0	212,94	3,26	6,25	0,00
e	Qd	0,12	Acer mospessulanum	10,7	171,30	1,55	0,00	0,00
e	Qd	0,12	Quercus faginea	13,5	1373,02	19,53	37,12	2,17
e	Qd	0,12	Quercus ilex	14,0	211,72	3,25	6,22	0,00
l	Qd	0,38	Acer mospessulanum	10,7	175,88	1,59	0,00	0,00
l	Qd	0,38	Quercus faginea	13,5	1409,73	20,05	38,11	2,23
l	Qd	0,38	Quercus ilex	14,0	217,38	3,33	6,38	0,00

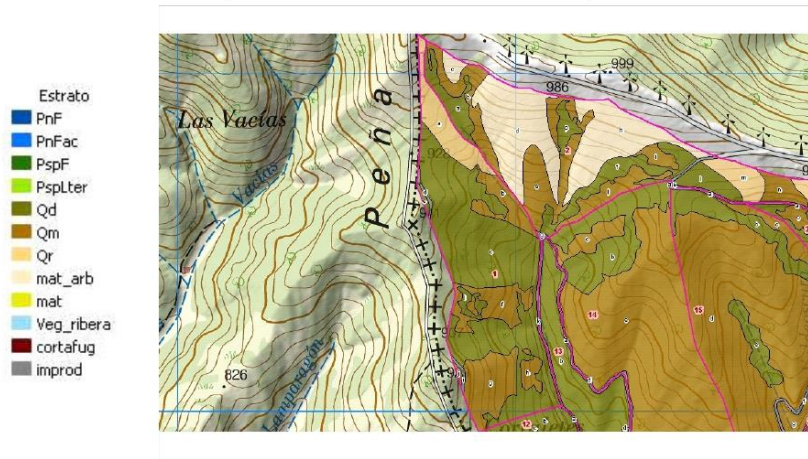
Informe selvícola. Grupo de montes de UP de Sos del Rey Católico (Zaragoza)

Sección 1 Cuartel: A Cantón 1 Superficie total (ha): 23.54



25:Pinus nigra; 24: Pinus halepensis; 44: quercus faginea; 45:Quercus ilex; 276: Acer monspessulanum

Mapa del cantón



Fotografía



## Anexo 13: Mapa de setos

