Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo

Tutora: Ana García Vega

Cotutora: María Isabel Pozo Romero

Noviembre de 2025

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ANEJOS A LA MEMORIA

ANEJO I. ESTUDIO CLIMÁTICO

ANEJO II. ESTUDIO EDAFOLÓGICO

ANEJO III. ESTUDIO GEOLÓGICO

ANEJO IV. ESTUDIO DE LA FAUNA

ANEJO V. ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN

ANEJO VI. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

ANEJO VII. ESTUDIO HIDROLÓGICO

ANEJO VIII. MODELADO HIDROLÓGICO

ANEJO IX. RELACIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

ANEJO X. DIGITALIZACIÓN Y NECESIDADES DE RIEGO

ANEJO XI. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ANEJO XII. PLAGAS Y ENFERMEDADES

ANEJO XIII. INGENIERÍA DEL PROYECTO

ANEJO XIV. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

ANEJO XV. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ANEJO XVI. LEGISLACIÓN APLICABLE

ANEJO XVII. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ANEJO XVIII. EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO XIX. BIBLIOGRAFÍA

DOCUMENTO 2. PLANOS

DOCUMENTO 3. PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 4. MEDICIONES

DOCUMENTO 5. PRESUPUESTO

Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Documento 1. Memoria

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo
Tutora: Ana García Vega
Cotutora: María Isabel Pozo Romero

Noviembre de 2025

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. Objeto del proyecto 1
1.1 Carácter de la transformación 1
1.2 Localización 1
1.3 Alcance del proyecto 2
2. Antecedentes y situación actual 3
2.1 Motivación del proyecto 3
2.2 Marco político 3
2.3 Promotor del proyecto 7
2.4 Estudios y programas previos 7
3. Bases del proyecto 8
3.1 Directrices del proyecto 8
3.1.1 Objetivos del proyecto 8
3.1.2 Condicionantes impuestos por el promotor 8
3.1.3 Criterios de valor 9
3.2 Condicionantes del proyecto 9
3.2.1 Condicionantes internos 9
3.2.2 Condicionantes externos 17
3.3 Situación actual y evolución sin proyecto 19
4. Apeo de rodales 20
5. Estudio de alternativas 22
5.1 Repoblación 22
5.1.1 Elección de especies 22
5.1.2 Tratamiento de la vegetación preexistente 26
5.1.3 Preparación del terreno 26
5.1.4 Plantación y siembra 27
5.1.5 Implantación vegetal 28
5.2 Cuidados posteriores 29
5.2.1 Protección de plántulas y semillas 29
5.2.2 Reposición de marras 31
5.3 Riegos 31
5.3.1 Identificación de las alternativas 31
5.3.2 Restricciones impuestas por los condicionantes 31

5.3.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 31
5.3.4 Elección definitiva del método de riego 32
6. Ingeniería del proyecto 32
6.1 Repoblación 32
6.1.1 Preparación del terreno 32
6.1.2 Plantación 34
6.2 Riegos 37
6.3 Reposición de marras 38
6.4 Cuidados culturales 38
6.4.1 Colocación de protectores para la vegetación 38
6.5 Protección contra plagas y enfermedades 38
7. Programa de ejecución y puesta en marcha 39
8. Normas para la ejecución y puesta en marcha 40
9. Estudio de seguridad y salud laboral 40
10. Legislación aplicable 40
11. Evaluación del proyecto 40
11.1 Evaluación económica 40
11.2 Evaluación social 41
11.3 Evaluación ambiental 41
12. Presupuesto 43
12.1 Presupuesto de ejecución material (PEM) 43
12.2 Presupuesto de ejecución por contrata 44

1. Objeto del proyecto

1.1 Carácter de la transformación

El objeto de este proyecto es la realización de una restauración hidrológico-forestal en la ladera denominada "Valdenebro", perteneciente al término municipal de Reinoso de Cerrato, localizado en la provincia de Palencia.

Se busca controlar la degradación y los procesos erosivos ocasionados por la elevada pendiente, la falta de cubierta vegetal y la orientación de la ladera, que provoca que la zona este expuesta a fuertes vientos. Para ello se realizará una repoblación de carácter protector con especies que sean compatibles y aseguren una mejora de las condiciones del suelo, frenen los procesos erosivos, mejoren los recursos ecológicos y paisajísticos y la biodiversidad.

1.2 Localización

La parcela de estudio se ubica en la ladera denominada "Valdenebro", dentro del término municipal de Reinoso de Cerrato, perteneciente a la provincia de Palencia, que cuenta con una extensión de 22,75 km^2.

La parcela donde se va a desarrollar el proyecto es propiedad del Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato. En concreto se trata de la parcela 60 del polígono 517 (34146A517000600000PD) y cuenca con una extensión de 5,1 ha.

Las coordenadas del centroide de la parcela de estudio son:

- Latitud: 41º 57' 7'' N
- Longitud: 4º 23' 53'' O



Figura 1. Izquierda: estado actual de la ladera. Derecha: localización de la zona de estudio. En verde el término municipal de Reinoso de Cerrato y en rojo la zona de estudio. Fuente: elaboración propia

La altitud media de la ladera es de aproximadamente 785 msnm, siendo la altitud mínima unos 760 m y la altitud máxima 830 m, mientras que la altitud del municipio de Reinoso de Cerrato oscila entre los 725 m a orillas del río Pisuerga y 889 m en el páramo.

El municipio de Reinoso de Cerrato limita con:

- Magaz de Pisuerga y Villamediana, en el Norte
- Villaviudas, en el Este
- Valle de Cerrato, en el Sur
- Soto de Cerrato, en el Oeste

El municipio forma parte de la comarca natural de Valles del Cerrato, de relieve llano, y se encuentra dominado por el valle fluvial del Río Pisuerga. Además, forma parte de la Cuenca Hidrográfica del Duero.

1.3 Alcance del proyecto

El proyecto tiene como finalidad recuperar una ladera degradada que presenta procesos erosivos significativos, actuando principalmente sobre la protección del suelo, la reducción de la escorrentía y la mejora de las condiciones edáficas. Para ello, se plantea una restauración hidrológico-forestal basada en la implantación de vegetación estructurada por zonas, atendiendo a las características fisiográficas y al grado de degradación de cada rodal. Con esta actuación se busca no solo estabilizar el terreno, sino también favorecer la recuperación ecológica y funcional del entorno.

En el rodal 1, situado en la zona baja, se repoblará con especies herbáceas, aromáticas y arbustivas, cuyo papel es mejorar las relaciones ecosistémicas, proteger el suelo y beneficiar a las poblaciones de polinizadores. En el rodal 2, ubicado en la zona media y con mayor superficie de suelo desnudo, se realizará una plantación de quejigos con el fin de reducir la erosión, mejorar la infiltración y estabilizar el terreno mediante el desarrollo radicular. En cambio, en el rodal 3, correspondiente a la parte alta de la ladera, no se llevará a cabo ninguna intervención debido a sus fuertes pendientes y a la elevada exposición al viento, factores que dificultan la implantación de vegetación.

Para asegurar la correcta implantación de las especies y compensar la limitación hídrica del enclave, se construirán microcuencas que aumenten la captación de agua de lluvia y garanticen un aporte suficiente a cada planta. Complementariamente, se instalará un sistema de monitoreo de humedad del suelo que permitirá regular los riegos de forma precisa, aplicándolos únicamente cuando sean necesarios. Esto optimiza el uso del agua, evita riegos excesivos o insuficientes y aumenta la probabilidad de éxito de la restauración.

2. Antecedentes y situación actual

2.1 Motivación del proyecto

La motivación principal de este proyecto surge de la necesidad de frenar los procesos erosivos y recuperar un terreno que presenta un claro estado de degradación, consecuencia tanto de las condiciones edáficas limitantes como de la escasa cubierta vegetal existente.

Ante esta situación, se plantea una actuación de restauración hidrológico-forestal cuyo eje fundamental es el incremento y la consolidación de la vegetación autóctona, considerada la herramienta más eficaz para reducir la escorrentía, mejorar la infiltración y favorecer la estabilidad del suelo. El establecimiento de una cubierta vegetal adecuada permitirá, por tanto, mejorar de forma progresiva las propiedades físicas y biológicas del suelo, favoreciendo la retención de humedad y la regeneración edáfica.

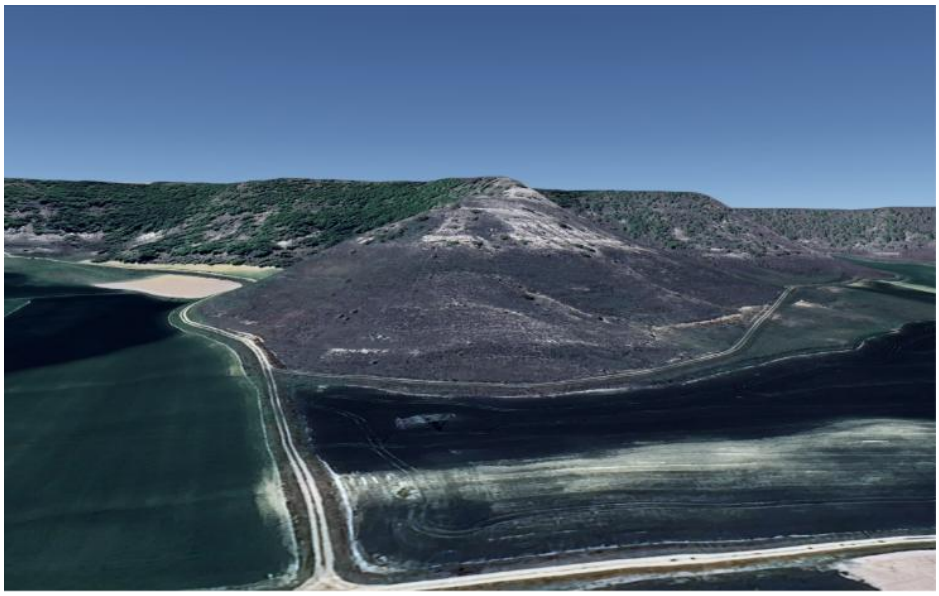


Figura 2. Estado actual de la ladera. Fuente: Google Earth.

2.2 Marco político

La ratificación por parte de España de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CLD), en calidad de país afectado, implica la elaboración de un Programa de Acción Nacional como instrumento fundamental para combatir este proceso. De hecho, la elaboración y desarrollo del Programa de Acción Nacional contra la Desertificación (PAND) constituye la principal obligación asumida por España como firmante de la CLD.

Según el artículo 10 de dicha Convención, estos programas tienen como objetivo identificar los factores que contribuyen a la desertificación y definir las medidas prácticas necesarias para luchar contra ella y mitigar los efectos de la sequía. La preocupación por la degradación del suelo y la restauración de terrenos deteriorados comenzó a tomar forma en España a partir de la segunda mitad del siglo XIX, coincidiendo con la creación de la

Administración Forestal. Desde entonces, el país ha llevado a cabo una extensa labor de repoblación forestal en áreas degradadas.

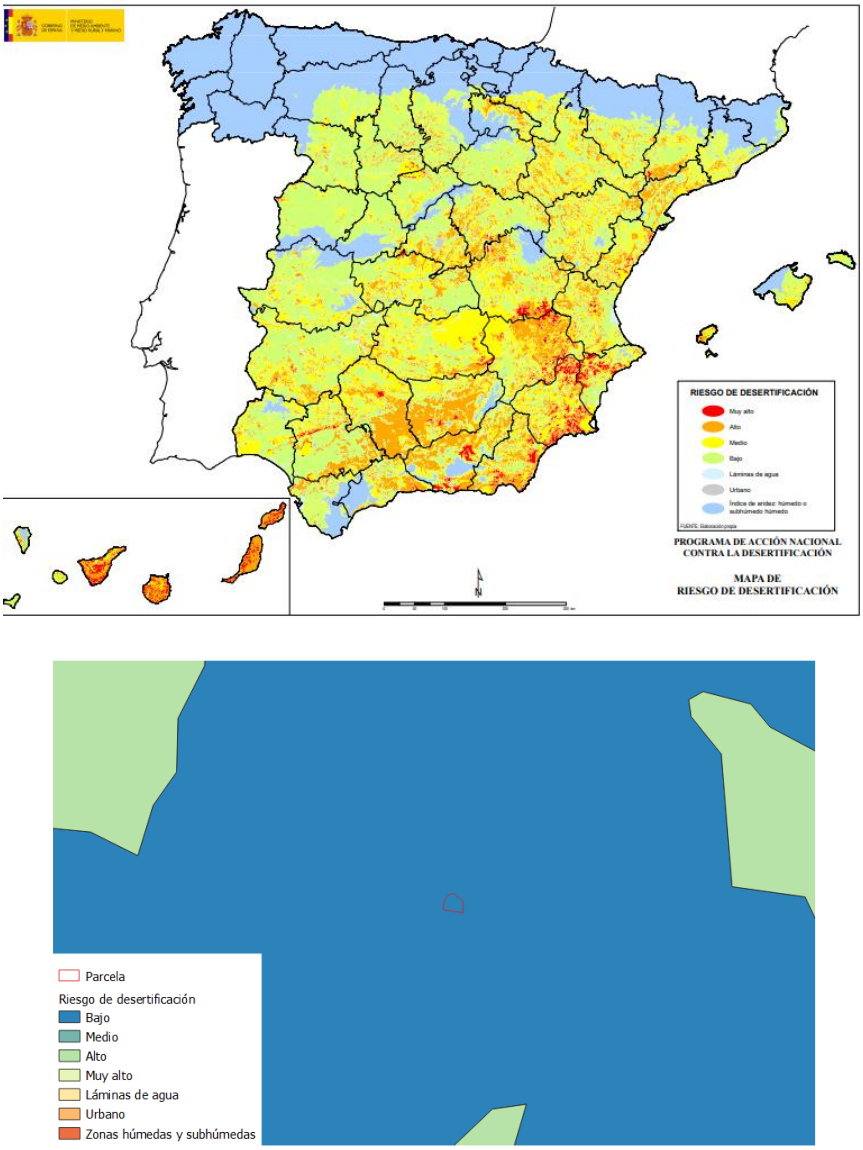


Figura 3. Riesgo de desertificación a nivel nacional (arriba) y de la zona del proyecto (abajo). Fuente: MITECO

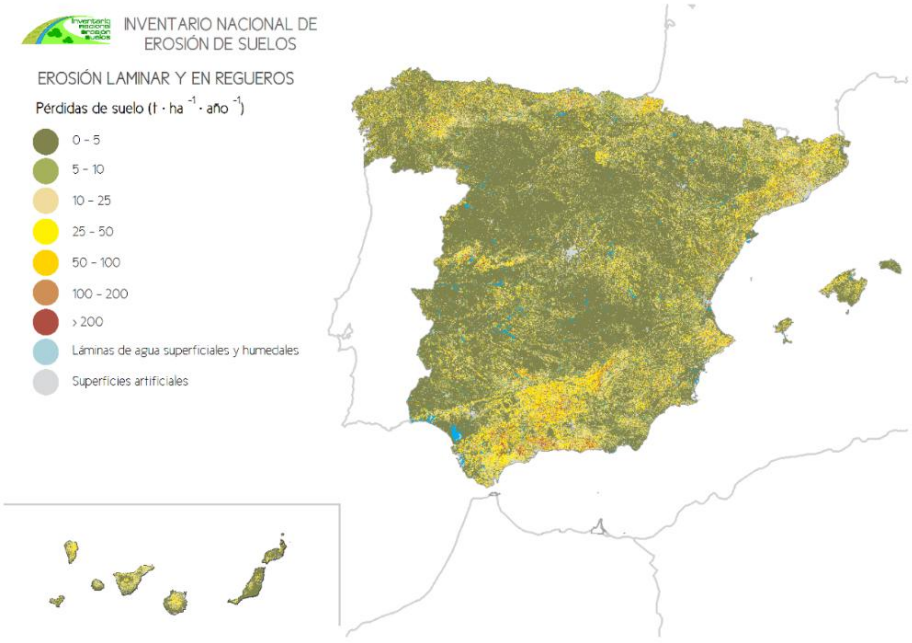


Figura 4. Erosión laminar y en regueros de España. Fuente: MITECO

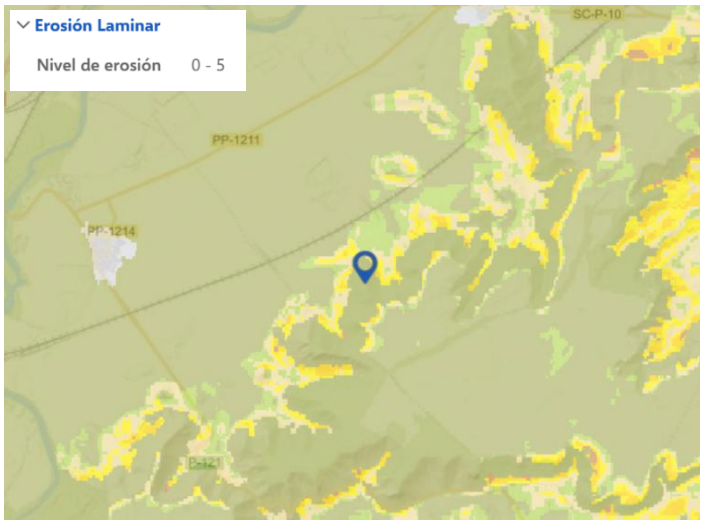


Figura 5. Erosión laminar en la zona de estudio. Fuente: Banco de la Naturaleza

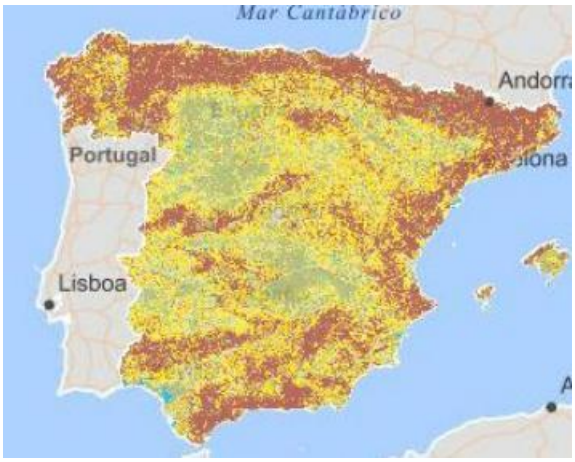


Figura 6. Erosión potencial de España. Fuente: MITECO

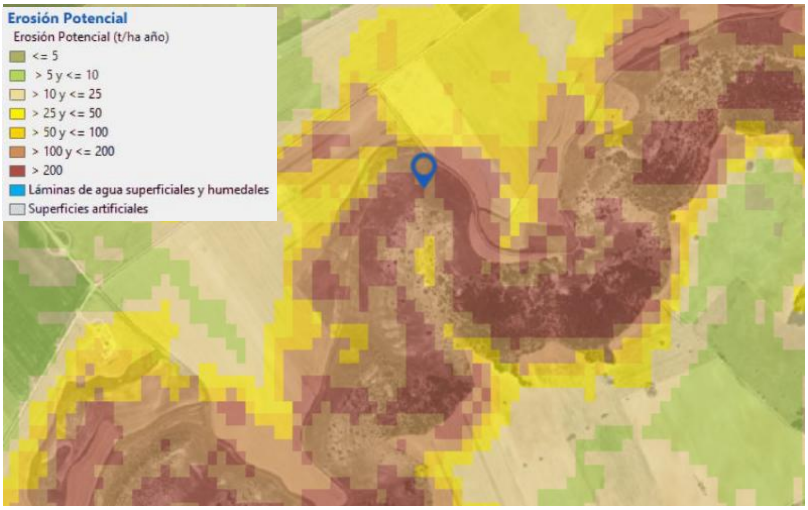


Figura 7. Erosión potencial de la zona de estudio. Fuente: Banco de la Naturaleza.

El análisis del riesgo de desertificación realizado para la zona de estudio indica que el área presenta una vulnerabilidad baja frente a este proceso. Los valores de erosión laminar actuales, comprendidos entre 0 y 5 t/ha·año, reflejan una pérdida de suelo relativamente limitada, propia de superficies donde, pese a existir cierta pendiente y discontinuidad en la cubierta vegetal, no se alcanzan tasas de degradación severas.

Por su parte, la erosión potencial muestra una variabilidad asociada a la morfología de la ladera, con rangos que oscilan entre >200 t/ha·año, >100–<200 t/ha·año y >50–<100 t/ha·año. Estos valores más elevados indican que, en ausencia de vegetación y bajo condiciones desfavorables, el terreno tendría una susceptibilidad considerable a la pérdida de suelo.

La existencia de zonas donde la erosión potencial es elevada subraya la necesidad de intervenciones preventivas que refuercen la cobertura vegetal y estabilicen el terreno, especialmente en las áreas de mayor pendiente o menor protección edáfica. En este contexto, el proyecto de restauración hidrológico-forestal planteado cobra especial relevancia, al contribuir a incrementar la infiltración, reducir la escorrentía y minimizar el riesgo futuro de desertificación.

2.3 Promotor del proyecto

El promotor del proyecto es el propio Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato, propietario de la parcela objeto del proyecto.
Los datos del ayuntamiento son:

- Nombre legal: Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato
- CIF: 3414600A
- Dirección: Calle Puente, 10. 34208. Reinoso de Cerrato (Palencia)
- Web: https://reinosodecerrato.es/
- Teléfono: 979 78 42 82

2.4 Estudios y programas previos

En cuanto a trabajos forestales recientes realizados en el municipio, se conoce que en el año 2025 se han realizado dos repoblaciones en terrenos municipales con un convenio de la Cruz Roja. Además, existen varias choperas municipales con convenio del Somacyl para el aprovechamiento de madera.

En un contexto más general, el Cerrato se encuentra repoblado por especies de pinos y cupresáceas, con presencia de matorrales heliófilos calcícolas y gipsícolas.

En cuanto a trabajos de restauración hidrológico forestal en la zona, no se ha encontrado ninguna información relativa al respecto, aunque en los bosques de repoblación de zonas próximas se pueden encontrar pequeñas estructuras de corrección, lo que indica pasados trabajos pequeños de restauración.



Figura 8. Repoblación con Pinus halepensis y pequeños diques de retención en el cerro de Santa Lucía de Reinoso de Cerrato.

3. Bases del proyecto

3.1 Directrices del proyecto

3.1.1 Objetivos del proyecto

Los principales objetivos del proyecto son:

- **Mejora de las condiciones del suelo y control de la erosión**: mediante la introducción de especies vegetales, se favorece la estabilización del terreno, evitando que las partículas del suelo se vean desplazadas por la fuerza del agua o el aire y se pierdan.
- **Mejora de la biodiversidad**: la introducción de nuevas especies favorecerá a las especies ya existentes tanto de fauna, ofreciendo alimento y refugio, como a la flora, mejorando las condiciones del suelo.
- **Mejora de la actividad cinegética de la zona**: la fauna contará con refugio y comida gracias a las nuevas especies introducidas.
- **Generación de empleo**: se necesitará mano de obra para realizar los trabajos de repoblación, que podrá cubrirse con profesionales que residan en la zona.
- **Mejora de la disponibilidad hídrica**: la vegetación contará con mayor disponibilidad de agua que le permita un mejor desarrollo y arraigo, y aumente su tasa de supervivencia.

3.1.2 Condicionantes impuestos por el promotor

El promotor establece las siguientes condiciones para la ejecución del proyecto:

- Realizar la obra de la forma más económica posible, cumpliendo con los objetivos establecidos.
- Reducir el impacto sobre el medio al mínimo.
- Conseguir una nueva población viable, que sea resiliente en el tiempo y que haga frente a plagas y enfermedades forestales.
- Mejorar la biodiversidad de la zona y reducir la degradación y erosión de la ladera.
- Mejorar la calidad de los hábitats y favorecer la creación de nuevos para el beneficio de la fauna local.
- Elegir plantas de calidad y técnicas adecuadas, para asegurar el éxito de la repoblación, y reducir el porcentaje de marras.
- Utilizar plantas autóctonas, de manera que no se realice la introducción de especies que puedan ser nocivas para las ya existentes.
- Respetar los terrenos agrícolas limítrofes con la zona del proyecto.
- Respetar y cumplir la legislación vigente.

3.1.3 Criterios de valor

El principal criterio de valor en una restauración hidrológico forestal para la recuperación de una ladera en estado de degradación es la recuperación ambiental con el menor impacto ecológico posible. Resulta esencial que las actuaciones cumplan con la normativa vigente tanto en materia forestal como en seguridad, evitando la alteración del paisaje o causando una mayor degradación.

También se realizará una elección de especies de acuerdo con criterios de adaptación al medio, resistencia a plagas, enfermedades o incendios y capacidad de restauración. Para ello, se realizarán medidas de prevención y control tanto fitosanitario como contra riesgos naturales, favoreciendo el desarrollo y resiliencia de la masa forestal.

Además, el proyecto priorizará la contratación de mano de obra local del medio rural próximo, siempre y cuando cumpla con la formación y experiencia necesarias para llevar a cabo las actuaciones, contribuyendo así a la creación de empleo y la mejora de la economía de la comarca y de la población local.

3.2 Condicionantes del proyecto

Según Pemán et al. (2021) los principales condicionantes que influyen en las decisiones estratégicas del proyecto son los siguientes:

Decisión	Principales condicionantes
Elección de especies	Clima, suelo, exposición, vegetación, fauna, paisaje, tipo y régimen de perturbaciones, aspectos sociales
Elección de la calidad genética del material forestal de reproducción	Capacidad productiva de la estación, clima, suelo, altitud
Elección del tratamiento sobre la vegetación existente	Vegetación, clima, suelo, pendiente, paisaje, tipo y régimen de perturbaciones
Elección del procedimiento de preparación del suelo	Suelo, clima, pendiente, riesgos de procesos de degradación del suelo, paisaje
Elección del método de repoblación	Clima, suelo, tipo y régimen de perturbaciones, fauna, aspectos sociales
Elección del tipo de planta (contenedor / raíz desnuda)	Clima, suelo
Elección de la época de siembra y plantación	Clima, suelo, fauna
Elección de la densidad y marco de plantación	Clima, suelo, tipo y régimen de las perturbaciones, fauna, aspectos socioeconómicos
Elección de los sistemas de protección y control de la herbivoría	Fauna, aspectos socioeconómicos
Elección de sistemas de control de la competencia por la vegetación herbácea	Vegetación

Figura 9. Principales condicionantes según Pemán et al. (2021)

3.2.1 Condicionantes internos

Se deben de tener en cuenta los condicionantes internos de la zona en la que se encuentra localizado el proyecto. Estos condicionantes están relacionados con las características del medio físico y afectan a la toma de decisiones.

3.2.1.1 Clima

El clima es un factor condicionante de la distribución de la vegetación y del arraigo de las especies utilizadas en la repoblación.

Para el estudio climatológico, expuesto con mayor desarrollo en el Anejo I Estudio Climático, se han utilizado los datos de tres observatorios, la estación pluviométrica de Magaz de Pisuerga, la estación termopluviométrica de Autilla del Pino y la estación completa de Valladolid. Se han seleccionado estos observatorios debido a su cercanía con la zona de estudio y a que ambos cuentan con una serie de datos lo suficientemente amplia como para realizar los cálculos.

Tabla 1. Información referente a los observatorios utilizados en el estudio.

Nombre del observatorio	Magaz de Pisuerga	Autilla del Pino	Valladolid
Provincia	Palencia	Palencia	Valladolid
Indicativo	2358	2400E	2422
Tipo de observatorio	Pluviométrico	Termopluviométrico	Completa
Período de observaciones para temperaturas, precipitaciones y otros parámetros	31 años (1989-2019)	15 años (2004-2018)	30 años (1989-2019)
Latitud	415856 N	419956 N	416579 N
Longitud	425472 W	460277 W	47734 W
Altitud	728 m	874 m	735 m

De estos observatorios se han obtenido datos de precipitaciones y de temperaturas, elaborándose diversas tablas para su estudio.

- **Datos pluviométricos**

Las precipitaciones siguen un patrón climático propio de climas continentales, con precipitaciones medias anuales (421 mm) por debajo de la media anual (637 mm), concentrándose en primavera y otoño que marcan la época húmeda, y con veranos secos que marcan la época seca.

- **Datos termométricos**

Las temperaturas siguen una tendencia propia de climas mediterráneos, con temperaturas bajas en otoño e invierno, mientras que las temperaturas altas se concentran en primavera y sobre todo en verano.

Las temperaturas medias más bajas se dan en los meses de enero (3ºC) y las más altas se dan en los meses de julio (20,2ºC).

- **Estudio pluviométrico y termométrico combinados.**

Tras realizar el análisis por separado de las precipitaciones y las temperaturas medias, se elabora un análisis conjunto mediante la realización del Diagrama ombrotérmico de Gaussen.

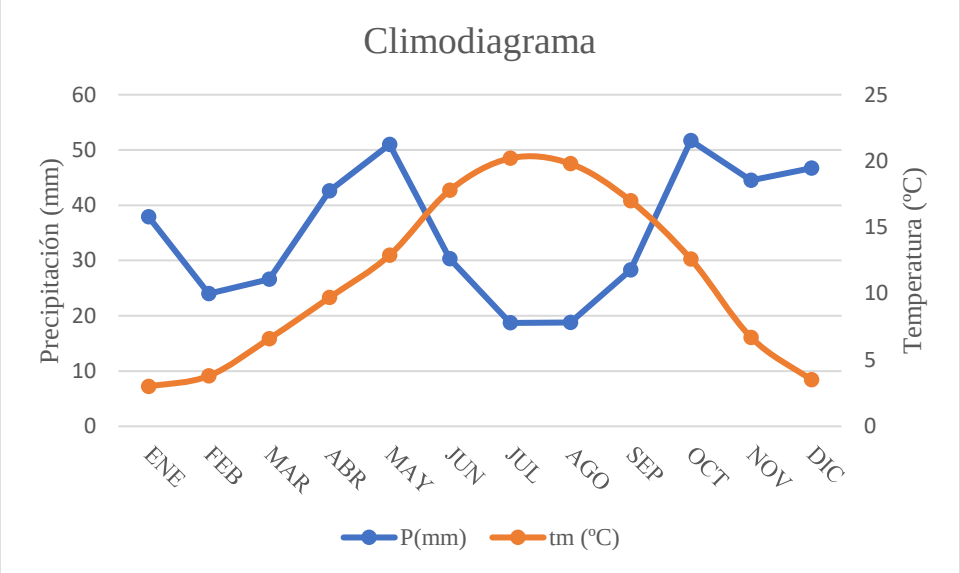


Figura 10. Diagrama ombrotérmico de Gaussen

En la Figura 10, puede observarse que la estación estival coincide con la época de sequía, debido a que las precipitaciones se encuentran por debajo del valor doble de la temperatura media. Esta época de sequía es propia de regiones de clima mediterráneo.

- **Régimen de heladas.**

Para el estudio climático también resulta fundamental realizar el estudio del régimen de heladas, ya que el éxito de la restauración depende de una correcta planificación fuera del período de heladas. Los datos del observatorio de Autilla del Pino indica que el periodo medio de heladas se da del 7 de noviembre al 30 de abril, ya que la fecha más tardía de última helada se dio ocasionalmente el 20 de mayo.

- **Índices climáticos**

Para ampliar la caracterización del clima del área donde se encuentra la zona de estudio, se calcularon ciertos índices, permitiendo obtener con mayor detalle la descripción del clima.

Tabla 2. Resumen índices climáticos.

Índice	Clasificación
Índice de Gorczynsky	Continental
Índice de Kerner	Continental
Índice de Rivas-Martínez	Subcontinental atenuado
Índice de Lang	Zonas áridas
Índice de Martonne	Semiárido tipo mediterráneo
Índice de Vernet	Mediterráneo
Índice de Emberger	Mediterráneo templado

La zona presenta una marcada continentalidad, con una amplitud térmica elevada, con las temperaturas medias más bajas en el mes de enero y las más altas el mes de julio, coincidiendo con varios índices climáticos, en su carácter continental subatenuado. Según el resto de los índices calculados, el área se clasifica además dentro de un clima mediterráneo árido-semiárido y de tipo templado.

(Para una mayor explicación de los datos climáticos, consultar Anejo I Estudio Climático)

3.2.1.2 Edafología

El análisis de las características del suelo es esencial en los trabajos de repoblación, ya que el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales dependen directamente de su morfología y de sus propiedades físicas y químicas.

Los datos del estudio se obtienen a partir del análisis de muestras de suelo de la zona de estudio, recogidas mediante la realización de dos calicatas. Este análisis ha sido realizado por el laboratorio de ITAGRA.CT.



Figura 11. Calicata realizada el 24 de septiembre de 2025 en la zona objeto de proyecto.

En caso de no obtener resultados para ciertas propiedades del suelo, se ha recurrido a la información de la Junta de Castilla y León.

El análisis edafológico reveló que los horizontes superficiales presentan una textura franco arcillosa, mientras que los horizontes inferiores muestran una textura franco arenosa, lo que condiciona la capacidad de retención de agua y la aireación del suelo.

La pedregosidad es especialmente relevante en la zona baja de la ladera, por lo que deberá considerarse durante la ejecución de las actuaciones para evitar dificultades en el ahoyado y la implantación.

El pH básico limita la presencia de especies acidófilas, aunque la riqueza de materia orgánica en los horizontes superiores constituye una ventaja para la repoblación,

favoreciendo la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. Asimismo, se detectó un exceso de calcio, que puede afectar a la absorción de ciertos micronutrientes.

Finalmente, los índices de erosionabilidad obtenidos indican que los suelos son susceptibles a la erosión y presentan un índice de erosión elevado, lo que confirma la necesidad de actuaciones destinadas a estabilizar el terreno y mejorar la cubierta vegetal.

(Para una mayor explicación de los datos, consultar Anejo II Estudio Edafológico)

3.2.1.3 Geología

El Cerrato Palentino forma parte de la Cuenca del Duero, una depresión neógena con sedimentos relativamente jóvenes que reflejan una notable heterogeneidad litológica. Tras el tránsito de ambientes marinos a continentales al final del Cretácico, la cuenca se rellenó con aportes fluviales y sistemas lacustres durante el Mioceno, originando calizas, margas, arcillas y niveles yesíferos. La tectónica neógena estructuró el territorio en bloques y favoreció la formación de los característicos páramos calizos del Pontiense, que contrastan con las cuestas margosas y yesíferas y los valles fluviales encajados. Esta diversidad condiciona la textura, permeabilidad, salinidad y profundidad de los suelos, y por tanto la aptitud del terreno para la vegetación, siendo un elemento clave para la planificación de repoblaciones y actuaciones de restauración.

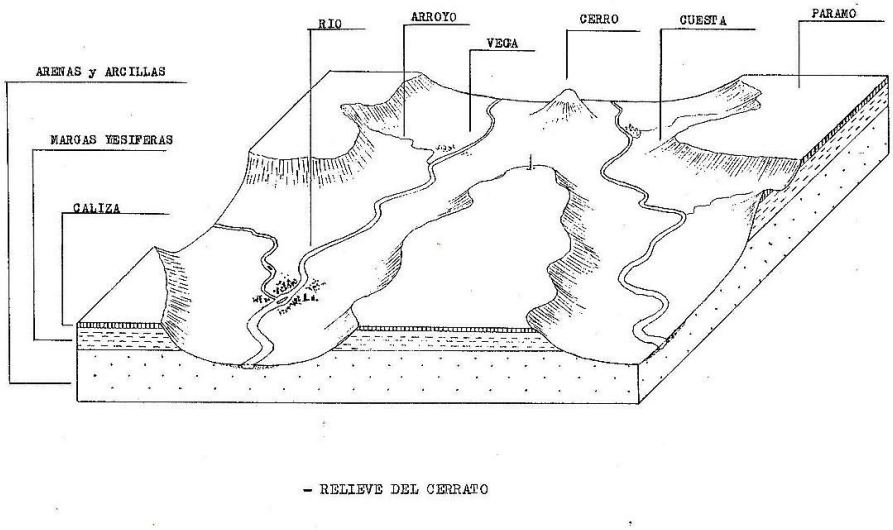


Figura 12. Esquema relieve del Cerrato. Fuente: https://amigosdelpatrimoniodevillamuriel.blogspot.com/

En cuanto a algunos aspectos morfométricos de la zona de estudio, la ladera presenta una altitud máxima de 830 msnm y una altitud mínima de 760 msnm, lo que resulta en una amplitud del relieve de 70 msnm, y una pendiente media de 35,8%, con una orientación dominante en dirección Norte.

(Para una mayor explicación de los datos, consultar Anejo III Estudio Geológico)

3.2.1.4 Fauna

En el ámbito de la repoblación resulta fundamental conocer la fauna presente, especialmente aquellas especies que pueden ocasionar daños sobre las plántulas durante sus primeros años de desarrollo. En la zona destacan potenciales herbívoros como *Oryctolagus cuniculus* (conejo común) y *Capreolus capreolus* (corzo), así como *Sus scrofa* (jabalí) y diversos roedores, todos ellos capaces de provocar pérdidas significativas si no se adoptan medidas de protección adecuadas.



Figura 13. Corzo observado en la ladera objeto de actuación.

La diversidad faunística del área es elevada, con una notable representación de aves y mamíferos, muchas de ellas incluidas en distintos regímenes de protección. Entre las aves destacan especies como *Circus pygargus* (aguilucho cenizo), *Streptopelia turtur* (tórtola europea) o *Falco tinnunculus* (cernícalo vulgar). En cuanto a los mamíferos, la presencia de lobo, nutria y diversas especies de murciélagos pone de relieve el alto valor ecológico del entorno y la necesidad de protección de las comunidades.

Es reseñable que la ladera forma parte de la Zona de Especial Conservación (ZEC) "Montes del Cerrato", lo que incrementa su relevancia ambiental y la necesidad de compatibilizar la repoblación con la conservación de la fauna asociada. Asimismo, el área se integra en el coto cinegético "La Atalaya", donde se practican actividades de caza menor (conejo, liebre, perdiz, codorniz) y caza mayor (corzo y jabalí), lo cual también influye en la dinámica faunística y en las medidas preventivas a considerar durante la restauración forestal.

Además, aunque no se dispone de un inventario específico de polinizadores, sí existe evidencia directa de la presencia de himenópteros, ya que los quejigos muestran agallas propias del grupo *Cynipidae*. De igual forma, la presencia de colmenas en laderas cercanas indica que el entorno es al menos utilizado por abejas melíferas (*Apis mellifera*) y sugiere la existencia de otros insectos polinizadores típicos de ambientes mediterráneos como dípteros o lepidópteros.

(Para un mayor detalle del estudio, consultar el Anejo IV Estudio de la Fauna)

3.2.1.5 Vegetación

Es fundamental conocer las especies presentes en la zona para garantizar una adecuada gestión ambiental y planificar correctamente las actuaciones, además de orientar la selección de especies más apropiadas para la repoblación.

Para el estudio de la vegetación se ha realizado una revisión combinada de cartografía temática y observación directa en campo.

- Visor ANTHOS: visor de especies vegetales, pero con resolución basada en una malla amplia, lo que limita la precisión a escala local.
- Mapa Forestal de España: identifica la zona como perteneciente a formaciones de quejigos.
- Análisis de la vegetación potencial según Rivas-Martínez: sitúa el área en la Región II (Región mediterránea); dentro de la clasificación azonal corresponde al tipo Z (serie climatófila), ubicada en el piso G (supramediterráneo) y adscrita a la serie 19b, es decir, la serie supra-mesomediterránea castellano-alcarreno-manchega basófila de *Quergus faginea*.
- Observación directa: permite matizar la información cartográfica. En la zona inferior de la ladera (rodal 1) predomina una pradera de herbáceas muy secas, con presencia puntual de arbustos y algunos ejemplares aislados de quejigo. La zona media de la ladera (rodal 2) muestra algunos ejemplares arbustivos y un número algo superior de quejigos, aunque igualmente escasos y afectados por signos de sequía. Por último, la parte superior de la ladera (rodal 3) presenta vegetación herbácea de porte bajo o almohadillado, también muy dispersa debido a la fuerte pendiente y la elevada exposición al viento. En conjunto, la vegetación actual refleja un estado empobrecido y condicionado por factores de aridez, pendiente y presión ambiental.

.



Figura 14. Vegetación actual en la ladera

(Para un mayor detalle del estudio, consultar el Anejo V Estudio de la Vegetación)

3.2.1.6 Estudio hidrológico

Para el estudio hidrológico se ha llevado a cabo un análisis detallado de la cuenca con el objetivo de comprender mejor los procesos erosivos que afectan a la ladera y disponer de la información necesaria para plantear una actuación de restauración adecuada y eficaz.

Lo primero que se realiza es una delimitación de las cuencas y subcuencas vertientes que van a ser objeto de estudio.

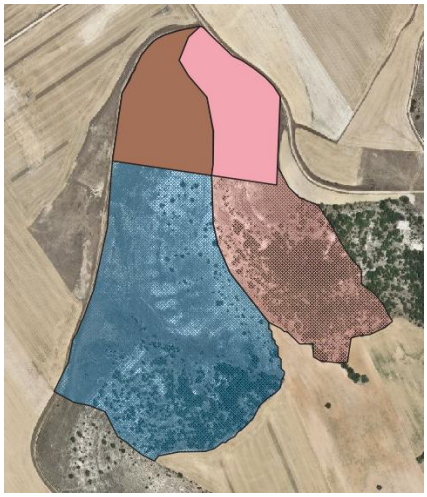


Figura 15. División de cuencas y subcuencas pertenecientes a la zona de estudio.

Como se observa en la Figura 15, la zona se divide en dos cuencas principales y dos subcuencas de tamaño reducido, lo que implica una alta sensibilidad a crecidas repentinas ante episodios de lluvia intensos. La forma alargada de las cuencas, las fuertes pendientes y la elevada amplitud de relieve favorecen una escorrentía muy rápida y con carácter torrencial. La red de drenaje presenta una densidad alta y cauces jóvenes con fuertes pendientes, lo que facilita que el agua alcance rápidamente los colectores y aumente el arrastre de materiales.

Los índices hidrológicos calculados, como el coeficiente orográfico de Fournier o el factor topográfico de la MUSLE, confirman que el terreno presenta una susceptibilidad elevada a la erosión hídrica, especialmente en las zonas con menor cobertura vegetal. En conjunto, los resultados indican que la ladera posee una alta vulnerabilidad ante la pérdida de suelo, lo que justifica la necesidad de actuaciones que incrementen la infiltración, reduzcan la escorrentía y favorezcan la estabilización del terreno mediante una cubierta vegetal adecuada.

(Para un mayor detalle del estudio, consultar el Anejo VII Estudio Hidrológico)

3.2.1.7 Estado legal

La titularidad de la parcela objeto de estudio (parcela 60 polígono 517) es de dominio municipal, siendo propiedad del Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato.

El uso del suelo está categorizado como “SR-PN” según las Normas Urbanísticas Municipales, es decir, Suelo Rústico con Protección Natural.

Por otro lado, la zona se ubica dentro de la Zona ZEC "Montes del Cerrato" dentro de la Red Natura 2000.

3.2.2 Condicionantes externos

En este apartado se presentan y analizan aquellos factores que, aun no estando directamente vinculados al ámbito físico del proyecto, influyen de manera significativa en su desarrollo y comportamiento futuro. Asimismo, se describen los condicionantes externos que, en función de su evolución, pueden afectar tanto al resultado final como a la sostenibilidad del proyecto, apoyándose cada uno de ellos en la documentación complementaria incluida en los anexos.

3.2.2.1 Estudio socioeconómico

Se ha llevado a cabo un estudio socioeconómico de la localidad de Reinoso de Cerrato, dado que la ladera objeto de análisis se encuentra integrada dentro de su término municipal.

- **Características demográficas**

La población de Reinoso de Cerrato era de 57 habitantes en el censo de 2024 (el más actualizado para la fecha), dividiéndose en 35 hombres y 22 mujeres.

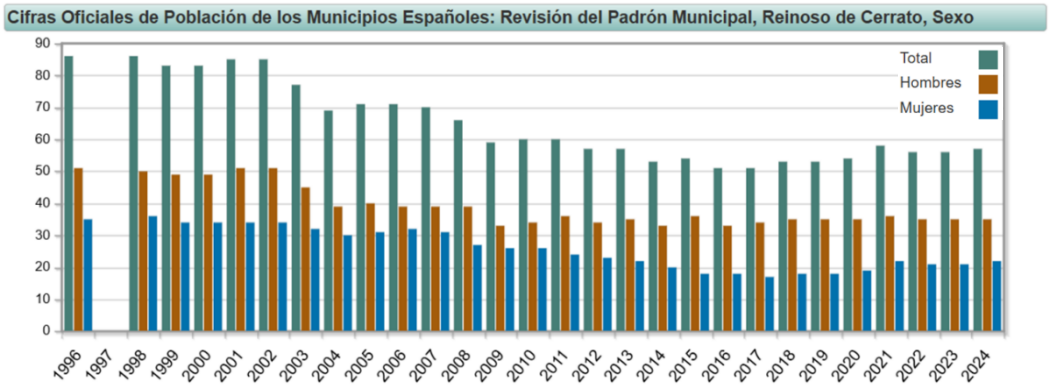


Figura 16. Datos de población total y dividido por sexos en Reinoso de Cerrato de 1996 a 2024. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E., 2024)

Como puede observarse en la Figura 16, la población ha ido disminuyendo a lo largo de los años, aunque en la última década se ha mantenido casi estable. En cuanto a la densidad, es de 2,51 hab/km^2, lo que indica una población en recesión, ya que se sitúa por debajo de la densidad de población establecida para la provincia de Palencia (19,63 hab/km^2).

- **Economía**

La población de Reinoso de Cerrato se caracteriza por un elevado porcentaje de personas ocupadas, aunque también destaca un número significativo de habitantes que perciben algún tipo de pensión. En cuanto a la estructura laboral, el sector servicios concentra la mayor parte del empleo, como se puede observar en la Figura 17.

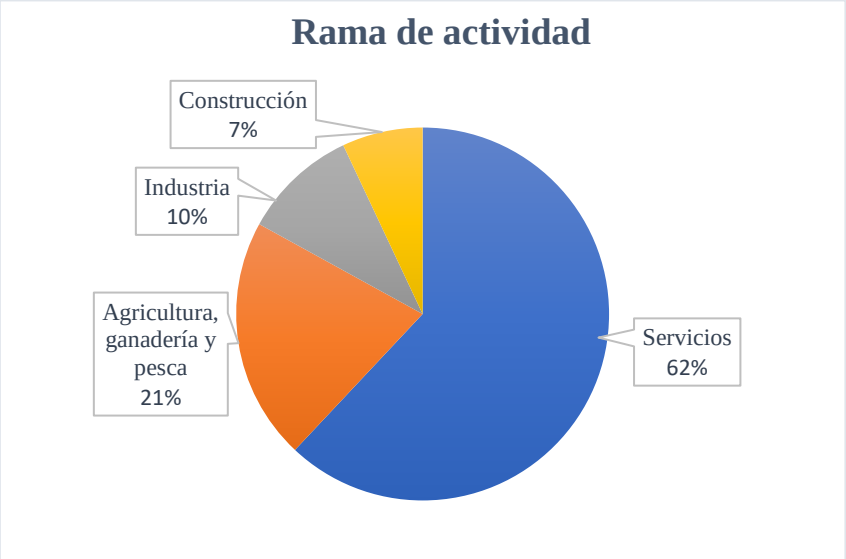


Figura 17. Gráfico de la clasificación por rama de actividad. Fuente: I.N.E (2025)

- **Infraestructuras**

El municipio se encuentra bien conectado con los municipios de alrededor y la capital palentina a tan solo 17 kilómetros de distancia, a través de la autovía (A-62). A su vez, la zona de estudio se encuentra conectada al municipio de Reinoso de Cerrato gracias al Camino del Monte, que permite llegar a la ladera sin problema.

A pesar de la reducida extensión del municipio, este dispone de las infraestructuras básicas esenciales (agua potable con ETAP propia, electricidad, alcantarillado, cobertura móvil y fibra). No cuenta con colegio ni consultorio médico operativo, por lo que la población debe desplazarse a Baltanás para recibir educación y atención sanitaria.

El municipio ofrece equipamientos recreativos como parque infantil, un pequeño parque multiaventura y un centro social ubicado en las Antiguas Escuelas, además de estar conectado mediante una línea de autobús entre Palencia y Baltanás con parada en la localidad.

En cuanto a infraestructuras energéticas e instalaciones renovables, en el término municipal existe un parque solar fotovoltaico propiedad de Solaria S.L (en terreno privado), una minicentral hidroeléctrica (Central Hidroeléctrica Virgen de la Luz, propiedad de Duerocanto S.L) y parte de tres parques eólicos propiedad de Repsol que se encuentran en construcción, pero sin ningún molino eólico dentro del terreno municipal.

(Para más información, consultar el Anejo VI Estudio Socioeconómico)

3.2.2.2 Condicionantes legales y normativos

Para la ejecución del presente proyecto resulta imprescindible considerar el marco legislativo y normativo vigente en sus distintos niveles, desde la regulación europea y estatal hasta las disposiciones autonómicas.

Todas las actuaciones previstas se llevarán a cabo conforme a la normativa vigente en materia ambiental y de seguridad y salud laboral, cuya recopilación y desarrollo completo se incluye en el Anejo XVI, relativo a la legislación aplicable.

3.3 Situación actual y evolución sin proyecto

La ladera se encuentra en un marcado estado de degradación, con vegetación herbácea dispersa en la zona baja y apenas unos pocos pies arbóreos en la zona media, donde predominan amplias áreas de suelo desnudo.



Figura 18. Situación actual de la ladera.

La vegetación muestra síntomas evidentes de sequía y falta de vigor, mientras que los procesos erosivos activos provocan una pérdida continua de suelo fértil.



Figura 19. Vegetación herbácea y degradación en la zona del proyecto.

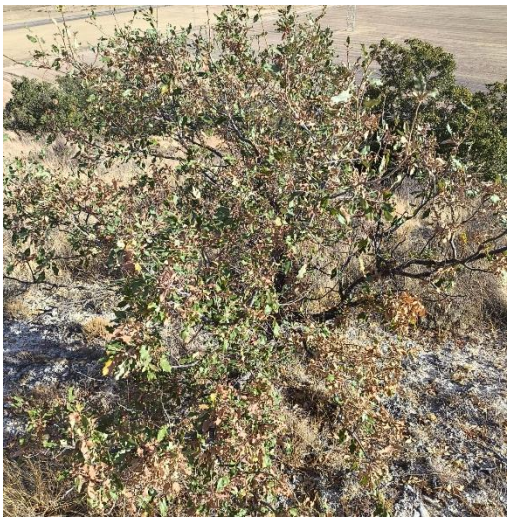


Figura 20. Vegetación arbórea con signos de sequía.

En el Anejo XVIII Evaluación Ambiental Simplificada se ha analizado la evolución de la escorrentía y la erosión antes y después del proyecto, constatándose que, sin intervención, la degradación tiende a intensificarse.

Por el contrario, la ejecución de la actuación propuesta mejora la calidad del suelo, aumenta la cobertura vegetal y reduce significativamente los procesos erosivos y la escorrentía superficial.

4. Apeo de rodales

Consiste en la agrupación de la superficie según tipologías homogéneas, que pueden ser tanto de relieve como de vegetación o pendiente. En este caso, se han definido tres rodales en una superficie total de 5,1 ha, ocupando la superficie de la siguiente manera, atendiendo a criterios de vegetación y pendiente.

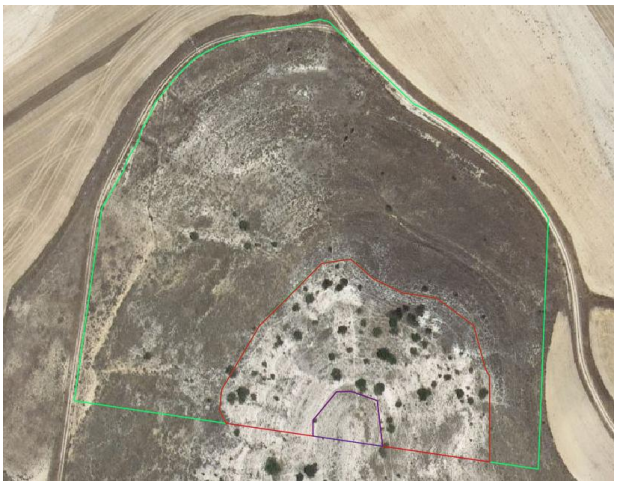


Figura 21. Zonificación de la ladera. Rodal 1 (verde), Rodal 2 (rojo) y Rodal 3 (morado)



Figura 22. Rodal 1



Figura 23. Rodal 2



Figura 24. Rodal 3

Como se puede observar en las figuras (Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24) los rodales presentan diferencias tanto en la vegetación como en la cubierta y topografía del suelo. El rodal 1 cuenta con una superficie de herbáceas ruderales, mientras que el rodal 2 tiene mayor extensión de terreno desnudo, aunque presenta cierta vegetación arbórea, y por último el rodal 3 presenta elevada pendiente y una presencia muy pequeña de vegetación de porte almohadillado.

Tabla 3. Apeo de rodales.

Rodal	Zona	Superficie	Tipo de vegetación
1	Baja	3,87	Herbácea y arbustiva, con poca presencia de arbolado
2	Media	1,14	Arbolado disperso con poca presencia arbustiva
3	Alta	0,093	Vegetación de porte almohadillado

Para este proyecto las actuaciones se realizarán en el rodal 1 y en el rodal 2, mientras que en el rodal 3 no habrá intervención, debido a las condiciones topográficas y a la fuerte incidencia del viento.

5. Estudio de alternativas

Para garantizar el éxito de la restauración, es necesario llevar a cabo un estudio de las diferentes alternativas que permitan analizar las distintas opciones relacionadas con la repoblación, los cuidados posteriores y la gestión de los riegos. Este análisis comparativo resulta esencial para evaluar la viabilidad técnica, ambiental y operativa de cada propuesta, de manera que pueda seleccionarse la metodología más adecuada para el proyecto.

La información al completo viene desarrollada en el Anejo XI Estudio de alternativas.

5.1 Repoblación

Para abordar la repoblación de manera eficaz, se realizará un estudio de alternativas que permita evaluar diferentes opciones vinculadas a cada fase del proceso. Este análisis incluirá la selección de las especies más adecuadas, el tratamiento de la vegetación preexistente, las posibles técnicas de preparación del terreno, la determinación de la época óptima para la plantación y la siembra, así como la elección del método de implantación vegetal.

La comparación de estas alternativas permitirá identificar la solución más eficiente y adaptada a las condiciones del enclave, garantizando así una restauración coherente y de éxito.

5.1.1 Elección de especies

5.1.1.1 Identificación de las alternativas

Las especies seleccionadas como alternativas para la repoblación son las siguientes:

- Especies arbóreas y arbustivas
    - Pinaceae
        - *Pinus halepensis*
        - *Pinus pinea*
    - Cupressaceae

        - *Juniperus thurifera*
        - *Juniperus oxycedrus*
    - Fagaceae
        - *Quercus faginea*
        - *Quercus ilex*
    - Rosaceae
        - *Crataegus monogyna*
        - *Prunus dulcis*
        - *Prunus spinosa*
        - *Sorbus domestica*
        - *Rosa canina*
    - Rhamnaceae
        - *Rhamnus saxatilis*
    - Fabaceae
        - *Genista scorpius*
- Especies herbáceas
    - Lamiaceae
        - *Rosmarinus officinalis*
        - *Thymus vulgaris*
        - *Sideritis hyssopifolia*
        - *Lavandula latifolia*
        - *Salvia lavandulifolia*
        - *Satureja montana*
    - Caprifoliaceae
        - *Lonicera etrusca*
    - Asteraceae
        - *Santolina chamaecyparissus*
        - *Staehelina dubia*
    - Cistaceae
        - *Fumana ericifolia*
    - Fabaceae
        - *Ononis tridentata*

5.1.1.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

- **Condicionantes internos**
    - Altitud media: 757-800 msnm
    - Pendiente media: 35,8%
    - Precipitación media anual: 421,1 mm
    - Precipitación media estival: 20 mm
    - Temperatura media anual: 11,1°C
    - Temperatura media del mes más frío: 3 ℃
    - Temperatura media del mes más cálido: 20,2°C
    - Duración media del período de sequía: Junio-octubre
    - Duración media del período de heladas: Noviembre-abril
    - Textura del suelo: franco arcillosa y franco arenosa
    - pH: 8-8,4

- **Condicionantes externos**

El objetivo de la repoblación es fundamentalmente protector y orientado a la restauración de la ladera mediante el establecimiento de una nueva cubierta vegetal. La actuación pretende frenar los procesos de erosión y degradación del terreno, favoreciendo la recuperación del suelo.

Dada la elevada pendiente y el avanzado estado de deterioro del área, la intervención se plantea a pequeña escala, mediante la introducción de un número limitado de pies arbóreos y arbustivos y la creación de microcuencas que incrementen la disponibilidad hídrica y mejoren las condiciones para el desarrollo de las especies vegetales seleccionadas.

5.1.1.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El objetivo de la actuación es crear rápidamente una masa vegetal estable que mejore las condiciones del suelo y reduzca la erosión. Aunque especies de crecimiento rápido, como los *Pinus*, podrían proporcionar una cubierta inicial eficaz, el proyecto prioriza la mejora ecológica del ecosistema. Por ello se seleccionan especies mediterráneas, especialmente del género *Quercus*, para el rodal 2, que además de favorecer la recuperación vegetal, aportan mayor estabilidad del suelo, diversidad y funcionalidad al medio degradado, y especies florales como *Thymus vulgaris o Satureja montana* en el rodal 1, que aumentan la disponibilidad de recursos para ciertas comunidades faunísticas.

5.1.1.4 Elección definitiva de las especies

Para la elección definitiva de las especies vegetales que se van a utilizar en la restauración se ha realizado una valoración, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Cuadernos de zona de la Junta de Castilla y León
- Evaluación por crecimiento de la especie
- Método por criba de los factores del medio
- Repoblaciones cercanas a la zona del proyecto
- Inventario realizado en la zona de estudio
- Método de las series de vegetación de Rivas-Martínez

A partir de esta evaluación y teniendo en cuenta que a parte de la puntuación se tendrá en cuenta el valor ecológico y su beneficio a la biodiversidad y a las diferentes comunidades faunísticas, las especies elegidas han sido:

- **Especies arbóreas y arbustivas**
    - Fagaceae
        - *Quercus faginea*
    - Rosaceae
        - *Crataegus monogyna*
        - *Rosa canina*
    - Rhamnaceae
        - *Rhamnus saxatilis*
    - Fabaceae
        - *Genista scorpius*
- **Especies herbáceas**
    - Lamiaceae
        - *Thymus vulgaris*
        - *Sideritis hyssopifolia*
        - *Lavandula latifolia*
        - *Salvia lavandulifolia*
        - *Satureja montana*
    - Caprifoliaceae
        - *Lonicera etrusca*
    - Cistaceae
        - *Fumana ericifolia*
    - Fabaceae
        - *Ononis tridentata*

En la valoración, muchas de estas especies obtuvieron una puntuación algo más baja que el límite marcado, pero debido a su riqueza ecológica se seleccionaron para introducirlas en el proyecto, además se tuvo muy en cuenta su presencia o no en la ladera de estudio.

5.1.2 Tratamiento de la vegetación preexistente

No se prevé la realización de tratamientos sobre la vegetación existente, ya que su presencia es escasa y muy dispersa, sin constituir una competencia relevante para las especies a introducir. Se opta por conservar íntegramente la cubierta vegetal actual y centrar la intervención en la mejora de las condiciones edáficas, con el fin de reforzar la protección frente a la erosión y favorecer la estabilidad ecológica de la ladera.

5.1.3 Preparación del terreno

5.1.3.1 Identificación de las alternativas

Las alternativas para la preparación del terreno en la ladera son las siguientes:

- Ahoyado con alcorque manual
- Ahoyado con alcorque mecanizada
- Acaballonado de desfonde
- Acaballonado superficial
- Aterrazado en contrapendiente
- Subsolado lineal
- Laboreo pleno
- Banquetas con microcuenca

5.1.3.2 Elección del método de preparación del terreno

Para la elección del método de preparación del terreno no se realiza una evaluación, ya que se considera que todos aquellos métodos que empleen maquinaria no podrán ser utilizados debido al estado de degradación del terreno, las elevadas pendientes y la presencia de yesos. Por ello se descartan todas las opciones mecanizadas y se opta por una preparación manual mediante ahoyado.



Figura 25. Hoyo abierto con azada. Fuente: J.Pemán 2021

Además, después de la plantación y la siembra se realizarán microcuencas para que las especies implantadas tengan disponible suficiente agua para cubrir sus necesidades hídricas.

5.1.4 Plantación y siembra

5.1.4.1 Identificación de las alternativas

Se contemplan dos épocas para realizar la plantación y la siembra, una temprana a finales del otoño o inicios del invierno, y la otra una tardía a finales de invierno o principios de primavera.

5.1.4.2 Restricciones impuestas por los condicionantes internos

- **Fecha de plantación**: es importante conocer el clima, con el fin de escoger la época óptima para realizar la plantación. Por ello es necesario tener en cuenta:
    - La temperatura media mensual debe ser menor a 8ºC.
    - La temperatura media de las mínimas debe ser superior a 0ºC.
    - La precipitación media mensual en mm debe ser mayor que el doble de la temperatura media en grados centígrados.
    - Las labores deberán realizarse fuera del período de heladas.
    - La plantación se realizará cuando no haya vientos fuertes, humedades relativas bajas o el suelo se encuentre encharcado.

- **Fecha de siembra**: la fecha de siembra depende de ciertos aspectos:
    - Especie vegetal: dependiendo del tipo de semilla, si las semillas son ortodoxas la siembra dependerá de las condiciones climáticas, pero si es recalcitrante deberán sembrarse al poco de recogerse ya que, si no, pierden su viabilidad.
    - Condiciones climáticas: son un aspecto fundamental para elegir la época de siembra. Si las lluvias otoñales son regulares y los veranos secos y prolongados, conviene sembrar en otoño, mientras que, si hay riesgo de heladas tardías, inviernos muy fríos o encharcamientos, es mejor sembrar a finales de invierno o en primavera, evitando daños o asfixia de las semillas.
    - Riesgo de predación: ciertas especies podrían poner en riesgo el desarrollo de la vegetación ya que se alimentan de semillas, pero debido al uso de protectores, este aspecto no resulta determinante.

5.1.4.3 Restricciones impuestas por los condicionantes externos

Se tiene en cuenta como condicionante externo el objetivo protector, por lo que la elección de la época de siembra y plantación depende de los condicionantes internos.

5.1.4.4 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

Según Pemán et al. (2021), el éxito en el establecimiento de las plantas está condicionado por sus características genéticas y fisiológicas, su estado fenológico y las condiciones ambientales del entorno, especialmente la temperatura y la disponibilidad de agua.

5.1.4.5 Elección definitiva del método de implantación

La implantación se dividirá en dos actuaciones, la plantación se llevará a cabo en otoño, mientras que la siembra se llevará a cabo en primavera.

5.1.5 Implantación vegetal

5.1.5.1 Identificación de las alternativas

- **Según el material forestal implantado**:
    - Siembra de semillas
    - Planta a raíz desnuda
    - Planta en contenedor
- **Según la forma de llevar a cabo la disposición de la vegetación**:
    - Manual
    - Mecanizada
    - Simultánea

5.1.5.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Los condicionantes internos están vinculados a las características topográficas y edáficas de la ladera, junto con la marcada sequía estival que caracteriza al entorno. Por su parte, los condicionantes externos responden al objetivo de protección y restauración de la ladera, lo que requiere favorecer un crecimiento vegetal eficaz y la mejora de las condiciones del suelo mediante la nueva cubierta vegetal. Se persigue optimizar los costes, garantizando siempre una calidad adecuada que asegure la viabilidad de las especies seleccionadas.

5.1.5.3 efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El objetivo prioritario de la restauración es recuperar la ladera y disminuir los procesos erosivos, promoviendo el establecimiento de una cubierta vegetal eficaz y reduciendo al mínimo la necesidad de reposición de marras. Tal como se señaló previamente, la actuación se plantea buscando optimizar los costes, pero siempre garantizando las condiciones necesarias para asegurar el éxito de la repoblación.

5.1.5.4 Elección definitiva del método de implantación

Los criterios utilizados para realizar la valoración del método de implantación son los siguientes:

- Adaptabilidad de la planta

- Desarrollo del sistema radical
- Riesgo de desecación
- Costes
- Periodo de plantación
- Cuidados en el transporte

La valoración concluye que la técnica más adecuada para especies leñosas es la plantación en contenedor y en el caso de las herbáceas y aromáticas, la siembra.

Mientras que los criterios para evaluar la disposición del material vegetal son:

- Limitaciones edafológicas
- Productividad
- Costes

Tanto la plantación como la siembra se realizarán de manera manual, siguiendo con la idea de minimizar el impacto en las condiciones edáficas. Además, después de la plantación se realizará la ejecución de las microcuencas de manera manual, junto con un pequeño alcorque de altura definida en el Anejo VIII Modelado Hidrológico.

5.2 Cuidados posteriores

Para garantizar la adecuada evolución de la repoblación, se llevará a cabo un estudio de alternativas centrado en los cuidados posteriores a la implantación. Este análisis abordará distintos tipos de protección para plántulas y semillas, evaluando su eficacia según las condiciones del entorno y las posibles presiones de la fauna.

Asimismo, se considerará la necesidad de realizar reposición de marras, estableciendo un umbral que justifique su ejecución y definiendo el momento más oportuno para llevarla a cabo. De este modo, se busca asegurar la supervivencia de las plantaciones y optimizar los esfuerzos destinados al mantenimiento.

5.2.1 Protección de plántulas y semillas

5.2.1.1 Identificación de las alternativas

- **Cerramientos perimetrales**
- **Protectores individuales**
    - Mallas cinegéticas
    - Mallas de sombreo
    - Tubos protectores
    - Protectores enrollables

5.2.1.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Los condicionantes internos se vinculan con la necesidad de proteger las especies vegetales frente a los factores climáticos y a la presión ejercida por la fauna. El principal condicionante externo deriva del carácter protector de la repoblación y la restauración, lo que exige garantizar la supervivencia de las plantas y hacerlo de la forma más eficiente y económicamente viable posible.

5.2.1.3 Efectos de la elección de los protectores de plántulas y semillas sobre los objetivos del proyecto

El objetivo fundamental de la restauración es establecer una cubierta vegetal que contribuya a disminuir la erosión y a mejorar las condiciones edáficas de la ladera; por este motivo, la protección de las plántulas y semillas se considera un elemento indispensable dentro de la actuación.

5.2.1.4 Elección definitiva de los protectores de plántulas y semillas

Los criterios empleados para la evaluación de la protección del material vegetal son los siguientes:

- Efectividad frente a la fauna
- Desarrollo de plántula
- Resistencia
- Coste
- Instalación
- Mantenimiento
- Impacto ambiental y paisajístico

Teniendo estos criterios en cuenta se realiza la evaluación y se opta por realizar un sistema mixto de protección, empleando malla cinegética para las zonas de siembra y tubos protectores individuales para las plantas en contenedor.



Figura 26. Malla cinegética plástica para zonas de siembra. Fuente: J Pemán 2021



Figura 27. Tubo protector para plántulas. Fuente: J Pemán 2021

5.2.2 Reposición de marras

La reposición de marras se llevará a cabo manualmente y podrá efectuarse entre el primer y el cuarto año, en función del ritmo de crecimiento de cada especie. Para la densidad planteada en esta restauración, Pemán et al. (2021) establecen un porcentaje de marras admisible inferior al 5%.

5.3 Riegos

Para completar el análisis de las actuaciones previstas, se plantea un estudio de alternativas orientado a la gestión de los riegos. En este apartado se evaluará si es necesario llevar a cabo riegos de apoyo tras la repoblación, así como la conveniencia de implementarlos únicamente en función de la evolución de las plantas y de las condiciones hídricas del terreno.

Asimismo, se valorará la posibilidad de que estos riegos sean requeridos en el futuro, basándose en un seguimiento continuo y en la monitorización de la humedad del suelo. Con ello se pretende determinar la estrategia más eficiente, evitando aportes de agua innecesarios y garantizando, cuando sea preciso, la supervivencia y el buen desarrollo de la vegetación implantada.

5.3.1 Identificación de las alternativas

- **Según exista o no intervención**
    - Sin riego
    - Con riego
- **Según exista o no planificación previa**
    - Con calendario preestablecido
    - Sin calendario (a demanda) → sistema de monitorización con sensores
- **Según el nivel de control y seguimiento**
    - Riego por goteo
    - Manual

5.3.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Uno de los principales condicionantes internos del proyecto es la disponibilidad hídrica para el desarrollo de las plantas, ya que la precipitación media anual en la zona es de tan solo 421 mm. Entre los condicionantes externos, destaca el carácter protector de la repoblación, cuyo objetivo es generar una cubierta vegetal capaz de mejorar las condiciones edáficas; para lograrlo, es imprescindible que las especies seleccionadas dispongan del aporte de agua adecuado a sus requerimientos hídricos.

5.3.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

La elección de esta alternativa puede condicionar el éxito de la restauración.

5.3.4 Elección definitiva del método de riego

Para la evaluación de las alternativas se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Ahorro hídrico
- Compatibilidad
- Coste
- Mantenimiento
- Infraestructura

En este proyecto se ha optado por incorporar un sistema de riego con monitorización mediante sensores de humedad del suelo, con el fin de garantizar la viabilidad de la revegetación inicial. Este sistema permite conocer el estado hídrico en tiempo real y aplicar agua únicamente cuando es necesario, optimizando su uso. Aunque supone un mayor coste e infraestructura, su instalación es viable a pequeña escala, dada la reducida superficie de actuación.

En principio no se plantean riegos de instalación, pero de acuerdo con el promotor, se prevé en caso de ser necesarios, que cuando se realicen, se realicen a mano.

De este modo, se asegura una gestión hídrica eficiente durante la fase crítica de establecimiento, favoreciendo la formación de una cubierta vegetal estable y la reducción de la erosión.

6. Ingeniería del proyecto

A continuación, se detalla cómo se van a realizar las actuaciones del proyecto y sus rendimientos.

6.1 Repoblación

6.1.1 Preparación del terreno

6.1.1.1 Herramientas empleadas

Debido al avanzado estado de degradación de la ladera, se descartó el uso de maquinaria pesada para evitar un deterioro adicional del terreno, optándose por una preparación manual. El ahoyado manual, realizado con herramientas como azadas, picos o palas, es un método de bajo impacto, adecuado para terrenos escarpados, densidades de plantación reducidas y suelos de textura no demasiado compacta.

6.1.1.2 Intensidad de la actuación

Se requiere realizar el ahoyado manual para un total de 219 plantas, considerando que el rendimiento estimado para esta labor es de 16,26 hoyos por hora. La actuación se distribuye en la apertura de 98 hoyos destinados a especies arbustivas en el rodal 1 y 121 hoyos para los quejigos en el rodal 2.

En el rodal 1, la disposición de las plántulas se realizará de forma aleatoria. En cambio, en el rodal 2 se tendrá en cuenta la vegetación ya existente, las áreas de impluvio necesarias para satisfacer las necesidades hídricas de cada ejemplar, así como las áreas de recepción. En este caso, la vegetación se organizará siguiendo un marco de

plantación de 5 x 5 metros, asegurando una adecuada separación entre individuos para garantizar su crecimiento y desarrollo.

6.1.1.3 Ejecución de la actuación

- **Rodal 1**

El rodal 1 presenta una cubierta herbácea de carácter ruderal y una presencia muy limitada de arbustos y árboles. Para incrementar su valor ecológico se plantea la instalación de 300 bosquetes monoespecíficos de especies aromáticas y arbustivas, favoreciendo así la formación de una cubierta vegetal de mayor calidad y el desarrollo de comunidades de polinizadores. Estos bosquetes se distribuirán de forma aleatoria, manteniendo entre 10 y 12 metros de separación entre sus centros para evitar la competencia. La apertura se realizará manualmente, tras un marcado previo de los puntos de plantación definidos mediante herramientas cartográficas.

- **Rodal 2**

El rodal 2 presenta ejemplares dispersos de *Quercus faginea*, acompañados por vegetación herbácea y algunos arbustos aislados, como *Crataegus monogyna*. Para mejorar las condiciones edáficas y reducir el riesgo de erosión, se propone una repoblación complementaria de quejigo mediante la creación de microcuencas, garantizando así una mayor disponibilidad hídrica para cada planta y favoreciendo el desarrollo de una cubierta vegetal estable y funcional.

La densidad de quejigos será de 106,1 pies/ha distribuidos en un marco de 5 m x 5 m.

La apertura de los hoyos se realizará de manera manual, siendo necesario realizar un marcado de los puntos antes de la plantación, siguiendo lo establecido mediante el uso de herramientas informáticas de apoyo cartográfico que aseguren una correcta disposición espacial que permita respetar las áreas de los pies de quejigos ya existentes y las áreas de impluvio para cada pie nuevo introducido.

6.1.1.4 Rendimientos obtenidos

Tanto en el rodal 1 como en el rodal 2 se ejecuta un ahoyado manual, con densidades de 25,3 y 106,1 hoyos por hectárea, respectivamente, además del marcado previo de las zonas donde se ubicarán las microcuencas. El rendimiento del marcado es de 200 m/h, siendo necesario señalar 3905 metros en total, lo que equivale a 16,5 horas en el rodal 1 y 3,025 horas en el rodal 2. El rendimiento del ahoyado manual es de 16,3 hoyos/h, lo que supone 1,56 h/ha en el rodal 1 y 6,53 h/ha en el rodal 2. Considerando jornadas laborales de 7,5 horas efectivas, el ahoyado requiere 0,8 jornales por hectárea en el rodal 1 y 0,99 en el rodal 2. En conjunto, la preparación del terreno en ambos rodales precisa un total de 4,39 jornales de un peón.

6.1.2 Plantación

6.1.2.1 Tipo de planta

Las especies que se han elegido para su implantación en la restauración vienen especificadas a continuación, junto con algunas de sus características:

Tabla 4. Especies a implantar y características de cada una.

Especie	Tipo	Tamaño del contenedor	Región de procedencia
Quercus faginea	Planta con envase	250 cc	7- Páramos castellanos
Rhamnus saxatilis	Planta con envase	250 cc	-
Crataegus monogyna	Planta con envase	250 cc	RIU nº16 y 17
Rosa canina	Planta con envase	250 cc	-
Genista scorpius	Planta con envase	250 cc	-
Ononis tridentata	Semilla	-	-
Fumana ericifolia	Semilla	-	-
Lonicera etrusca	Semilla	-	-
Lavandula latifolia	Semilla	-	-
Salvia lavandulifolia	Semilla	-	-
Satureja montana	Semilla	-	-
Sideritis hyssopifolia	Semilla	-	-
Thymus vulgaris	Semilla	-	-

Los materiales forestales de reproducción expuestos tienen que contar con el Pasaporte Fitosanitario en vigor, así como el cumplimiento de la normativa expuesta en el Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. Además, aquellos que no cuenten con una región específica de procedencia deben conseguirse de material autóctono o procedente de la misma región biogeográfica del área de actuación.

6.1.2.2 Necesidades de planta

Para determinar las cantidades totales de planta necesarias, se aplica un incremento del 5 % tanto en plantas en envase como en semillas, a fin de compensar posibles pérdidas durante el transporte, manejo o por la llegada de material vegetal en mal estado desde vivero. Las cantidades totales de cada planta vienen especificadas en la siguiente tabla (Tabla 5):

Tabla 5. Cantidad de planta necesaria por especie.

Especie	Cantidad	Cantidad +5%	Cantidad final
Rhamnus saxatilis	21	21,105	22
Crataegus monogyna	36	36,18	37
Rosa canina	14	14,07	15
Genista scorpius	27	27,135	28
Ononis tridentata	600	603	603
Fumana ericifolia	810	814,05	815
Lonicera etrusca	450	452,25	453
Lavandula latifolia	880	884,4	885
Salvia lavandulifolia	630	633,15	634
Satureja montana	630	633,15	634
Sideritis hyssopifolia	720	723,6	724
Thymus vulgaris	900	904,5	905
Quercus faginea	121	121,605	122

Las especies seleccionadas se han elegido por su presencia natural en la ladera y por su elevada capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del enclave, marcadas por la escasez hídrica y la alta insolación. Todas ellas presentan buena resistencia a la sequía y son adecuadas para procesos de restauración en terrenos degradados.

Asimismo, se ha priorizado la diversidad funcional, incorporando especies arbustivas espinosas y aromáticas que contribuyen a mejorar el suelo, reducir la erosión y favorecer la presencia de fauna auxiliar y polinizadores.

A continuación, se muestra la cantidad total de plantas y semillas de cada especie, observando como el número de semillas es muy superior al de plántulas al ser necesario utilizar entre 20 y 40 semillas por bosquete para su correcta germinación.

Tabla 6. Necesidades totales de plantas y semillas

Especie	Cantidad planta	Cantidad semilla
Quercus faginea	122	
Rhamnus saxatilis	22	
Crataegus monogyna	37	
Rosa canina	15	
Genista scorpius	28	
Ononis tridentata		603
Fumana ericifolia		815
Lonicera etrusca		453
Lavandula latifolia		885
Salvia lavandulifolia		634
Satureja montana		724
Sideritis hyssopifolia		905
Thymus vulgaris		122
Total	224	5141

6.1.2.3 Viveros

Con el objetivo de favorecer la economía local y reducir los costes de transporte de plántulas y semillas, se han seleccionado viveros ubicados a menos de 100 km de distancia.

6.1.2.4 Tratamiento de la planta o semilla antes de su implantación

Según Pemán et al. (2021), la calidad de la planta depende en gran medida de su manejo desde la producción en vivero hasta la plantación, siendo especialmente vulnerable a temperaturas extremas, desecación, daños mecánicos y problemas fitosanitarios. Para garantizar su viabilidad, es esencial conservar un cepellón compacto, mantener las plantas en condiciones controladas, realizar un transporte adecuado y minimizar el tiempo de almacenamiento en el monte, no superando las 24 horas desde la salida del vivero. De forma similar, las semillas requieren condiciones óptimas de humedad y temperatura, protección frente a fauna y siembra en el momento adecuado, ya que un manejo deficiente puede reducir drásticamente su germinación y comprometer el éxito de la repoblación.

6.1.2.5 Época de plantación y siembra

Se determinó que la implantación más adecuada es la plantación con planta en envase para especies arbóreas y arbustivas, mientras que para las herbáceas resulta más eficiente la siembra directa. La época óptima para la plantación es el otoño, coincidiendo con la parada vegetativa y condiciones favorables de humedad y temperatura, fijándose el 1 de octubre como fecha recomendada, ajustable según la meteorología. Por su parte, la siembra de herbáceas debe realizarse en primavera, cuando el suelo mantiene la humedad necesaria y no existe riesgo de heladas, proponiéndose el 1 de abril como inicio de los trabajos.

6.1.2.6 Herramientas

Como tanto la siembra como la plantación se realizarán de forma manual, se empleará una azada.

6.1.2.7 Distribución de la planta

Es preferible que las plantas no permanezcan demasiado tiempo en el campo antes de su implantación, aunque en este caso no habrá problema debido a que la cantidad de planta empleada en la repoblación es pequeña. Tanto las plántulas como las semillas podrán transportarse en cajas que mantengan condiciones adecuadas de humedad y viabilidad, aplicando riegos de mantenimiento si los cepellones se secan por condiciones climáticas adversas. El rendimiento de distribución es de 653,6 plantas por hora, de modo que colocar las 219 unidades previstas requiere únicamente 0,34 horas. Dado que la cantidad de planta es reducida, la distribución se ejecuta en un tiempo muy breve, lo que permite proceder inmediatamente a la plantación y evita que las plántulas sufran daños mientras esperan a ser instaladas en el terreno.

6.1.2.8 Plantación y siembra

La implantación de la vegetación se realiza de manera manual, método en el que el operario transporta las herramientas y el material vegetal, trabajando especie por especie para optimizar el rendimiento.

La siembra requiere considerar la profundidad adecuada (1,5–2 veces el tamaño de la semilla), la época de siembra, la dosis y la necesidad de protegerla frente a predadores. Tras el marcado de los puntos, el operario abre una pequeña hendidura, deposita unas 20–30 semillas, las cubre ligeramente, compacta el terreno y forma una microcuenca para favorecer la infiltración.

En cuanto a la plantación, deben tenerse en cuenta el tipo y la edad de la planta, la fecha de ejecución, el manejo previo desde el vivero y su correcta colocación, ya que cualquier error puede afectar al enraizamiento, disponibilidad hídrica o crecimiento y comprometer el éxito de la repoblación. Al igual que la siembra, se realiza tras el marcado de los puntos, el operario extrae la planta del contenedor sin dañar el cepellón, colocándola en posición vertical sin enterrarla en exceso. Después se rellena el hoyo con tierra suelta, se compacta ligeramente y se forma una microcuenca alrededor para retener agua.

Estas microcuencas, dimensionadas según el Anejo VIII, permiten aumentar la disponibilidad hídrica y facilitar el establecimiento de especies con mayores requerimientos de agua que la precipitación media anual, favoreciendo así el éxito de la repoblación.

6.1.2.9 Rendimientos obtenidos

Los rendimientos empleados en las actuaciones de plantación, siembra y construcción de alcorques se han estimado a partir de las tarifas oficiales vigentes. Para la plantación, las Tarifas de Navarra (2025) establecen que un operario requiere 0,0282 horas por planta en condiciones de suelo suelto y pendientes inferiores al 50%, valores aplicados al cálculo de los tiempos de trabajo de cada rodal. En cuanto a la siembra, según las Tarifas de Extremadura (2024), la implantación manual de semillas seleccionadas a 5–10 cm de profundidad presenta un rendimiento de 43,12 horas por cada 1000 semillas, utilizado para estimar el esfuerzo necesario en el rodal 1. Finalmente, para la construcción de pequeños alcorques destinados a mejorar la captación de agua, las Tarifas de Navarra (2025) fijan un rendimiento de 38 unidades por hora, criterio empleado para determinar los tiempos de ejecución asociados a esta tarea.

Considerando los rendimientos establecidos, la plantación en el rodal 1 requiere 0,37 jornales, mientras que en el rodal 2 se precisan 0,45 jornales. La siembra, que solo se ejecuta en el rodal 1, supone un total de 1,16 jornales. Finalmente, la construcción de los alcorques demanda 1,05 jornales en el rodal 1 y 0,42 jornales en el rodal 2, completando así la estimación del esfuerzo necesario para cada una de las tareas programadas.

6.2 Riegos

Tal y como se expone en el Anejo XI Estudio de Alternativas, la repoblación se plantea sin aporte de riegos programados; no obstante, se incorpora un sistema de sensores de humedad del suelo para garantizar la viabilidad de la revegetación inicial. Este sistema permite conocer en tiempo real el estado hídrico de la plantación y, únicamente en caso necesario, aplicar riegos puntuales, optimizando así el uso del agua y evitando tanto déficits como excesos hídricos.

6.3 Reposición de marras

Dado que la densidad de plantación es inferior a 400 pies/ha, el porcentaje de marras admisible se establece en menos del 5%, ya que cualquier pérdida tiene un impacto proporcionalmente elevado en la viabilidad de la repoblación.

La reposición se realizará de forma manual, evaluándose principalmente durante el primer año, y pudiendo llevarse a cabo entre el primer y el tercer (máximo cuarto) año según el crecimiento de cada especie. Este intervalo garantiza que la reposición se realice aún dentro del periodo de garantía y antes de que aparezca competencia significativa entre individuos.

En general, se empleará el mismo tipo de planta que en la plantación inicial, salvo en casos donde sea necesario igualar el porte con plantas de mayor tamaño.

Si la responsabilidad recae en el proyectista, la reposición de marras deberá realizarse antes de que finalice el periodo de garantía, es decir, al año siguiente de la repoblación.

6.4 Cuidados culturales

6.4.1 Colocación de protectores para la vegetación

6.4.1.1 Malla cinegética

Para proteger los puntos de siembra frente a la fauna silvestre, se instalará un cerramiento perimetral con malla cinegética y postes de madera, evitando el acceso de especies como corzos o conejos. El cierre requerirá aproximadamente 770 m de malla y 868 postes, ajustados al perímetro y pendiente de los rodales. El rendimiento previsto del peón forestal para su instalación se estima en 56,21 horas de trabajo, lo que supone 7,5 días de trabajo.

6.4.1.2 Tubo protector

Para proteger individualmente las plántulas frente a la fauna silvestre, se emplearán tubos protectores de 1,2 m junto con un tutor de madera que asegure su estabilidad y crecimiento recto. Esta medida es esencial para evitar daños de corzos, conejos o jabalíes, garantizando así la viabilidad y el adecuado desarrollo inicial de las plantas.

Será necesario colocar 219 protectores para proteger tanto las plántulas de especies arbustivas como las especies arbóreas, estimando el tiempo para la ejecución de la tarea en un tiempo total de 29,1 horas.

6.5 Protección contra plagas y enfermedades

El Anejo XII recoge las principales amenazas fitosanitarias de la repoblación, señalándose que actualmente solo se ha detectado la presencia de organismos productores de agallas en *Quercus*, sin afectar de forma relevante al desarrollo de la vegetación. Dado

que la aparición de plagas y enfermedades es imprevisible, se adoptarán medidas preventivas como descartar en vivero plantas afectadas, mantener una vigilancia fitosanitaria ante posibles brotes cercanos y evaluar de inmediato cualquier mortalidad anómala para aplicar, si procede, medidas correctoras.

7. Programa de ejecución y puesta en marcha

A continuación, se mostrará el calendario de actuaciones (para un mayor desarrollo consultar el Anejo XIV Programa de Ejecución y puesta en marcha), que permitirá la correcta organización de las actuaciones previstas para la restauración. Esas actuaciones serán:

- **Marcado de hoyos**: la actuación se llevará a cabo en 19,52 horas, pero si se dispone de una cuadrilla de 3 peones y un capataz, la actuación se realiza en un jornal.
- **Ahoyado manual**: se realizarán 219 hoyos con un rendimiento entre tres peones de 4,48 horas, o aproximando, 1 jornal de trabajo.
- **Plantación**: para la plantación se tendrá en cuenta la distribución de la planta, en la que se emplea medio jornal, ya que, para llevar a cabo la plantación de 219 plantas, se necesitarán aproximadamente 2,06 horas para la cuadrilla de tres peones y un capataz, lo que se puede aproximar en medio día. Juntando estas dos actuaciones, se obtiene un jornal de trabajo.
- **Siembra**: la siembra se realiza de 202 puntos, en los que se introducen de 20 a 40 semillas por bosquete, este proceso lo realiza una cuadrilla en 2,9 horas, lo que resulta en algo más de medio jornal.
- **Realización del alcorque**: esta actuación se dividirá en dos fases, una en otoño de 219 plántulas, realizada en 2,63 horas y otra en primavera de 202 puntos de siembra en 1,06 horas.
- **Colocación de malla cinegética**: para realizar esta actuación en los puntos de siembra la cuadrilla necesita 18,7 horas o lo que es lo mismo, 2,6 jornales.
- **Colocación de tubos protectores**: esta actuación se realiza en 9,69 horas por la cuadrilla, ocupando casi 2 jornales de trabajo.
- **Instalación de sensores**: se realizará en aproximadamente un día.

Tabla 7. Resumen de las actuaciones mediante la elaboración de un diagrama de Gantt.

Mes	SEP (I)				OCT (I)				NOV (I)				MAR (II)				ABR (II)			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Marcado																				
Ahoyado																				
Distribución																				
Plantación																				
Siembra																				
Realización de microcuenca con alcorque																				
Colocación tubos protectores																				
Colocación malla cinegética																				
Colocación e instalación de sensores																				

8. Normas para la ejecución y puesta en marcha

En el Documento 3: Pliego de Condiciones se detalla la normativa para la correcta realización de las actuaciones y trabajos del proyecto de restauración. Adicionalmente habría que contemplar ciertas actuaciones que aseguren la funcionalidad y protección de la repoblación, como la prohibición de hacer fuego tanto en el lugar de la repoblación como en zonas próximas y evitar la contaminación del monte y de las masas de agua.

9. Estudio de seguridad y salud laboral

La normativa de este apartado se encuentra recogida en el Anejo XVII Estudio Básico de Seguridad y Salud.

10. Legislación aplicable

Las actuaciones deberán realizarse siguiendo la normativa y cumpliendo la ley, su definición se incluye en el Anejo XVI Legislación Aplicable.

11. Evaluación del proyecto

A continuación, se detalla una evaluación de los diferentes beneficios que puede tener el proyecto respecto a ciertos factores.

11.1 Evaluación económica

El objetivo principal de la restauración es de carácter protector, orientado a mejorar el estado de degradación del suelo y recuperar la estabilidad y viabilidad de la ladera, por lo que no se prevé la generación de beneficios económicos directos. La actuación podría, no obstante, crear empleo temporal asociado a los trabajos de implantación, priorizando la contratación de personal de la propia zona.

En términos generales, la restauración persigue:

- Mejorar el valor paisajístico y la calidad ecológica del entorno.
- Incrementar la biodiversidad.
- Controlar los procesos erosivos.
- Favorecer la actividad cinegética local.
- Introducir especies con potencial de aprovechamiento etnobotánico.

11.2 Evaluación social

En general, la población de Reinoso de Cerrato muestra una actitud concienciada y comprometida con la protección del medio ambiente y la recuperación de áreas degradadas.



Figura 28. Limpieza de la ruta de la ribera realizada por vecinos. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

La ladera objeto del proyecto no reviste actualmente interés para los vecinos, dado su estado de degradación y la ausencia de vegetación, que se traduce en amplias zonas de suelo desnudo. No obstante, la restauración de este espacio previsiblemente será bien recibida, ya que supondrá una mejora paisajística del entorno y la incorporación de especies con potencial etnobotánico que podrían resultar de interés para la comunidad.

11.3 Evaluación ambiental

Al no implicar un cambio de uso del suelo ni la introducción de especies alóctonas, la actuación no requiere una Evaluación de Impacto Ambiental conforme a lo establecido en la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. No obstante, se ha llevado a cabo una evaluación ambiental simplificada con el fin de analizar la situación de la ladera antes y después de la intervención y valorar si la restauración prevista supondrá una mejora efectiva del medio.

La nueva cubierta vegetal y la instalación de microcuencas reducen los números de curva a 80 y 77, lo que se traduce en una menor escorrentía superficial: en el rodal 1 pasa de 2.382,22 m³ a 1.908,30 m³ y en el rodal 2 de 562,13 m³ a 497,15 m³.

Paralelamente, la pérdida media anual de suelo disminuye de manera notable; en el rodal 1 desciende de 2,24 a 0,67 t/ha·año, mientras que en el rodal 2 la reducción es aún más drástica, de 32,71 a 0,066 t/ha·año.

En conjunto, estas mejoras evidencian que la restauración hidrológico-forestal incrementa la infiltración, disminuye el potencial erosivo y estabiliza eficazmente la ladera, favoreciendo la recuperación ecológica y la conservación del suelo a medio y largo plazo.

Para un mayor desarrollo de los resultados consultar el Anejo XVIII Evaluación Simplificada de Impacto Ambiental.

12. Presupuesto

De acuerdo con lo calculado en el Documento 5: Presupuesto, se exponen a continuación los resultados del presupuesto, desglosados en el Presupuesto de Ejecución Material y el Presupuesto de Ejecución por Contrata.

12.1 Presupuesto de ejecución material (PEM)

- Capítulo I: Preparación del terreno	2591,58€
- Capítulo II: Plantación y siembra	24957,77€
- Capítulo III: Monitorización de riegos	4532€
- Capitulo IV: Seguridad y Salud	3931,07€
PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	36012,42€

ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO A TREINTA Y SEIS MIL DOCE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS (36012,42€)

12.2 Presupuesto de ejecución por contrata

El Presupuesto de Ejecución por Contrata se obtiene a partir del Presupuesto de Ejecución Material, al que se añaden los porcentajes correspondientes a los Gastos Generales (13 %) y al Beneficio Industrial (6 %), así como el importe del I.V.A. En términos generales, este impuesto se aplica al 21 %, aunque en el caso concreto de la planta y la semilla forestal el tipo reducido es del 10 %. Por ello, es necesario diferenciar ambas partidas para aplicar correctamente el cálculo final del impuesto.

- Presupuesto de Ejecución Material 36012,42€
    - PEM Obras y Varios 35769,69€
    - PEM Planta y Semilla 242,73€
- Gastos Generales (13%) 4681,62€
    - Sobre Obras 4650,06€
    - Sobre Planta y Semilla 31,56€
- Beneficio Industrial (6%) 2160,75€
    - Sobre Obras 2146,18€
    - Sobre Planta y Semilla 14,57€
- Subtotal (Base Imponible) 42854,78€
    - Base para IVA 21% General 42656,93€
    - Base para IVA 10% Planta y Semilla 288,85€
- IVA General (21%) 8938,85€
- IVA Planta y Semilla (10%) 28,89€

TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA 51822,51€

ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO A CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS VEINTIDOS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS (51822,51 €)

Palencia, noviembre de 2025



Fdo: Sheila Aparicio Iñigo

ANEJOS A LA MEMORIA

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE GENERAL DE ANEJOS A LA MEMORIA

1. **ANEJO I. ESTUDIO CLIMÁTICO**
2. **ANEJO II. ESTUDIO EDAFOLÓGICO**
3. **ANEJO III. ESTUDIO GEOLÓGICO**
4. **ANEJO IV. ESTUDIO DE LA FAUNA**
5. **ANEJO V. ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN**
6. **ANEJO VI. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO**
7. **ANEJO VII. ESTUDIO HIDROLÓGICO**
8. **ANEJO VIII. MODELADO HIDROLÓGICO**
9. **ANEJO IX. RELACIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**
10. **ANEJO X. DIGITALIZACIÓN Y NECESIDADES DE RIEGO**
11. **ANEJO XI. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**
12. **ANEJO XII. PLAGAS Y ENFERMEDADES**
13. **ANEJO XIII. INGENIERÍA DEL PROYECTO**
14. **ANEJO XIV. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA**
15. **ANEJO XV. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**
16. **ANEJO XVI. LEGISLACIÓN APLICABLE**
17. **ANEJO XVII. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**
18. **ANEJO XVIII. EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE IMPACTO AMBIENTAL**
19. **ANEJO XIX. BIBLIOGRAFÍA**

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo I. Estudio climático

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO I. ESTUDIO CLIMÁTICO

1. Introducción 1
2. Situación de la zona de realización del proyecto 1
3. Elección de observatorios 2
2.1 Serie de datos 2
2.2 Estimación de valores ausentes en las series 2
4. Balance de radiación y evaporación equivalente mensuales 2
5. Elementos climáticos térmicos 3
6. Régimen de heladas 5
7. Elementos climáticos hídricos. Precipitaciones totales 6
7.1 Tablas del año tipo de precipitaciones totales mensuales y estacionales 7
7.2 Estudio de la dispersión 8
7.3 Cuadro resumen de precipitaciones y su representación gráfica 9
7.4 Evolución de las precipitaciones medias anuales y quintiles 11
7.5 Histograma de precipitaciones 12
8. Precipitaciones máximas en 24 horas 13
9. Estudio de los vientos 13
10. Continentalidad 14
10.1 Índice de Gorczynsky 14
10.2 Índice de Kerner 14
10.3 Índice de Rivas-Martínez 15
11. Índices climáticos 16
11.1 Índice de Lang 17
11.2 Índice de Martonne 17
11.3 Índice de Vernet 18
11.4 Índice de Emberger 19
11.5 Índice de productividad forestal de Peterson 21
12. Representaciones mixtas 23
12.1 Climodiagrama ombrotérmico de Gaussen 23
12.2 Climodiagrama de termohietas 24
13. Clasificación climática de Köppen 25
14. Regímenes de temperatura y humedad del suelo 28

14.1 Regímenes de temperatura 28
14.2 Regímenes de humedad..... 29
14.3 Resultados 29
15. Descripción resumida del clima de la zona 30
16. Referencias bibliográficas 33

1. Introducción

El estudio climático se realiza para describir las características meteorológicas de la zona del proyecto y para apoyar la toma de decisiones. Es muy importante conocer las variables climáticas para la elección de especies y los cuidados posteriores, debido a que cada planta tiene una adaptación a un rango de temperaturas, resistencia a heladas, necesidades hídricas y temperamento específicos.

El anejo se ha realizado siguiendo las directrices del guion del trabajo de climatología realizado por el Departamento de Edafología de la Universidad de Valladolid y en base a los datos climáticos aportados por la Agencia Estatal de Meteorología.

2. Situación de la zona de realización del proyecto

La zona en la que se va a realizar el proyecto, la ladera de Valdenebro, forma parte del término municipal de Reinoso de Cerrato.

Tabla 1. Situación del término municipal donde se realiza el proyecto

Municipio	Reinoso de Cerrato
Comarca	Cerrato
Provincia	Palencia
omunidad autónom	Castilla y León
Latitud	41° 58' 33" N
Longitud	4° 22' 57" O
Altitud	747 m
Coordenadas UTM	X: 614539 Y: 4648017
Superficie	22,75 km^2

El municipio de Reinoso de Cerrato está dentro de la región climática denominada "continental extrema", que se caracteriza por un clima mediterráneo semiárido continental. Este clima tiene inviernos fríos y veranos calurosos y secos, siendo la diferencia estacional aumentada por la orografía de la región.

3. Elección de observatorios

Para la realización del estudio climático se han empleado los datos pluviométricos del observatorio de Magaz de Pisuerga y los datos termométricos y de vientos de Autilla del Pino, debido a su proximidad con la zona de estudio, siendo 7 km y 37 km respectivamente, y a que cuentan con una serie de datos lo suficientemente extensa para la realización de los cálculos. Se ha descartado el uso del observatorio de Astudillo debido a que la serie de datos no dispone de suficientes datos. Además, para aportar información extra se han seleccionado datos del observatorio completo de Valladolid, a 52 km de la zona de estudio.

Tabla 2. Información referente a los observatorios

Nombre del observatorio	Magaz de Pisuerga	Autilla del Pino	Valladolid
Provincia	Palencia	Palencia	Valladolid
Indicativo	2358	2400E	2422
Tipo de observatorio	Pluviométrico	Termopluviométrico	Completa
Período de observaciones para temperaturas, precipitaciones y otros parámetros	31 años (1989-2019)	15 años (2004-2018)	30 años (1989-2019)
Latitud	415856 N	419956 N	416579 N
Longitud	425472 W	460277 W	47734 W
Altitud	728 m	874 m	735 m

2.1 Serie de datos

Para hacer el estudio de forma representativa se necesitan series de datos de mínimo 15 años para las temperaturas y 30 años para las precipitaciones, pero en algunos casos, se han utilizado más debido a la falta de datos en algunos meses.

2.2 Estimación de valores ausentes en las series

Se han estimado los valores faltantes, sustituyéndolos por el valor medio de la serie correspondiente.

4. Balance de radiación y evaporación equivalente mensuales

Para el estudio del balance de la radiación y evaporación equivalente, se han utilizado los datos pertenecientes al observatorio de Valladolid, ya que cuenta con series de datos completas y su altitud es compatible con la de la zona de estudio.

La radiación determina en gran medida los procesos de evaporación y transpiración, condicionando la disponibilidad hídrica del suelo y, por tanto, el balance de agua que disponen las especies vegetales. Además, también influye en la exposición de las plantas a la luz y al calor, factores que pueden perturbar los procesos de fotosíntesis y crecimiento.

Tabla 3. Radiación mensual y evaporación equivalente correspondiente al observatorio

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Ra [$MJm^{-2}d^{-1}$]	14,4	19,8	26,75	34,4	39,6	41,9	40,8	36,5	29,6	21,95	15,7	13
n [hd^{-1}]	3,3	5,7	7,0	8,4	9,2	11,3	11,8	10,8	8,5	5,6	4,0	2,9
N [hd^{-1}]	9,4	10,45	11,7	13,15	14,3	14,9	14,7	13,65	12,25	10,85	9,65	9,1
n/N	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3
Rs [$MJm^{-2}d^{-1}$]	6,2	10,4	14,7	19,5	22,6	26,3	26,5	23,6	17,6	11,1	7,1	5,3

Significado de los símbolos:

- **Ra**: radiación solar extraterrestre
- **n**: número de horas de Sol efectivas
- **N**: insolación máxima
- **n/N**: insolación
- **Rs**: radiación recibida en la superficie terrestre

Para calcular los datos de "n" se han utilizado los datos facilitados por la AEMET. Y para el cálculo de los valores de "Ra" y "N", se ha realizado una interpolación debido a que la latitud del observatorio utilizado es 41º y los valores de la tabla eran para latitudes de 40º y 42º.

Además, para calcular los valores de "Rs" se ha utilizado la siguiente fórmula de Angstrom-Prescott:

$$Rs = \left(a + b * \frac{n}{N}\right) * Ra$$

Los coeficientes presentan la fracción de la radiación que alcanza la superficie terrestre en días despejados, se usan los valores a=0.25 y b=0.5, elegidos según bibliografía y debido a que se emplean en el método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia.

5. Elementos climáticos térmicos

Los datos térmicos son de interés para comprender los cambios en la temperatura entre estaciones, las temperaturas mínimas y máximas, y la media mensual. Esto resulta clave sobre la distribución, desarrollo y supervivencia de la vegetación, debido a que la temperatura condiciona los procesos fisiológicos de las plantas determinando tanto su ritmo de crecimiento como su capacidad de adaptación. Además, estas variaciones de temperatura afectan a la disponibilidad de agua en el suelo.

Conocer el régimen térmico de una zona permite seleccionar adecuadamente las especies vegetales más adaptadas y planificar estrategias que favorezcan su desarrollo y crecimiento.

Tabla 4. Leyenda términos de las temperaturas y símbolos utilizados

Ta	Temperatura máxima absoluta
T'a	Media de las temperaturas máximas absolutas
T	Temperatura media de las máximas
tm	Temperatura media mensual
t	Temperatura media de las mínimas
t'a	Media de las temperaturas mínimas absolutas
ta	Temperatura mínima absoluta

Tabla 5. Cuadro resumen de temperaturas mensuales

	Ta	T'a	T	tm	t	t'a	ta
ENE	9,0	20,1	6,6	3,0	-0,4	-6,0	-12,3
FEB	12,4	14,8	8,4	3,8	-0,6	-4,9	-8,2
MAR	14,6	18,9	12,1	6,6	1,1	-5,1	-9,7
ABR	17,3	23,1	15,6	9,7	3,8	-1,7	-4,2
MAY	21,1	26,6	19,2	12,9	6,5	0,3	-3,0
JUN	28,7	33,1	24,9	17,8	10,5	4,8	1,2
JUL	31,5	34,6	28,2	20,2	12,2	7,1	2,8
AGO	31,1	34,2	27,6	19,8	12,2	7,1	3,5
SEP	26,7	30,5	23,8	17,0	10,1	1,2	-3,0
OCT	20,2	24,7	18,1	12,6	7,0	-2,2	-7,0
NOV	12,6	17,4	10,7	6,7	2,6	-4,3	-12,5
DIC	10,3	12,7	7,3	3,5	-0,2	-7,5	-11,5

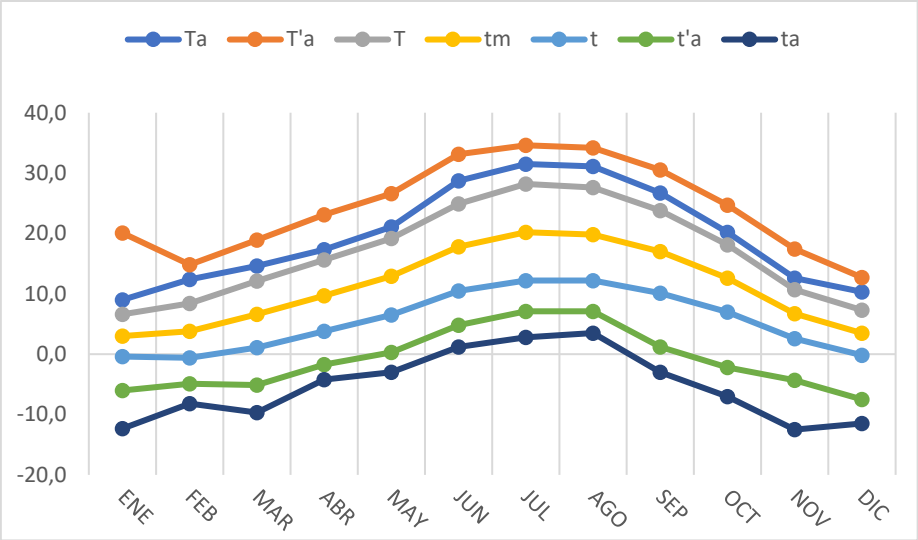


Figura 1. Gráfico compuesto de temperaturas (ºC)

Para el cálculo de los valores estacionales se considera que la estación abarca los tres meses completos a partir del mes que tiene lugar en el equinoccio o solsticio correspondiente.

Tabla 6. Cuadro resumen de temperaturas estacionales y anuales

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Anual
Ta	29,2	38,5	30	19	29,2
T'a	25	35,6	26,1	15,5	25,5
T	16,9	29,1	19,1	9,1	18,6
tm	10,2	20	12,2	4,2	11,6
t	3,3	10,6	5,4	-0,8	4,6
t'a	-3,2	4,3	-1,8	-7,8	-2,1
ta	-7,3	1	-7,5	-13,8	-6,9

Con estos datos puede observarse la tendencia propia del clima mediterráneo, caracterizado por temperaturas bajas en otoño e invierno y un aumento de estas durante primavera y verano, siendo los meses de este último los más calurosos del año.

6. Régimen de heladas

El estudio del régimen de heladas es importante para la planificación y el éxito de cualquier actuación de restauración o plantación. Conocer la frecuencia, intensidad y duración de las heladas permite determinar los periodos más adecuados para la siembra o trasplante, evitando así daños irreversibles en las plantas por la exposición a bajas temperaturas. Además, este conocimiento es crucial para sincronizar las floraciones y prevenir su afección durante episodios fríos, garantizando una correcta reproducción y fructificación, también es importante para la selección de especies que sean capaces de adaptarse a las condiciones climáticas y asegurar su supervivencia.

Debido a que el observatorio de Autilla del Pino cuenta con datos de heladas, no será necesario realizar ningún método indirecto para realizar una aproximación. Los datos empleados para definir los períodos de heladas de manera directa son los comprendidos entre 2004 y 2018, teniendo en cuenta que la estimación de los períodos de heladas está relacionada con el año agrícola, el cuál comienza en septiembre.

Los datos recogidos muestran los siguientes resultados:

- **Fecha más temprana de la primera helada**: 15 de octubre
- **Fecha más tardía de la primera helada**: 30 de noviembre
- **Fecha más temprana de última helada**: 10 de marzo
- **Fecha más tardía de última helada**: 20 de mayo
- **Fecha media de la primera helada**: 7 de noviembre
- **Fecha media de última helada**: 20 de abril
- **Mínima absoluta alcanzada y fecha en la que se alcanzó**: -11,3ºC, en diciembre de 2009
- **Periodo medio de heladas**: del 7 de noviembre al 30 de abril
- **Periodo máximo de heladas**: del 15 de octubre al 20 de mayo
- **Periodo mínimo de heladas**: del 30 de noviembre al 10 de marzo

7. Elementos climáticos hídricos. Precipitaciones totales

El estudio de los elementos climáticos hídricos resulta esencial para comprender el funcionamiento ambiental de la zona y su capacidad para albergar vegetación. Las precipitaciones constituyen la principal fuente de recarga hídrica del suelo, determinando la disponibilidad de agua para las plantas y condicionando su crecimiento, floración y supervivencia. Sin embargo, las precipitaciones no actúan solo como factor de aporte, sino también como agente erosivo, capaz de degradar el suelo cuando su intensidad o irregularidad supera la capacidad de infiltración del terreno. En este estudio se analizan principalmente las lluvias, por ser la forma de precipitación más significativa y característica del clima local, pero también pueden producirse episodios de nieve o granizo, aunque de manera más esporádica o en condiciones meteorológicas excepcionales, como ocurrió durante la tormenta Filomena en 2021, que dejó importantes acumulaciones de nieve en el territorio español.



Figura 2. Nevada en Reinoso de Cerrato 9/01/2021. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/



Figura 3. Cencellada en Reinoso de Cerrato 16/01/2021. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

7.1 Tablas del año tipo de precipitaciones totales mensuales y estacionales.

A continuación, se muestran las precipitaciones totales mensuales y estacionales del año tipo, que permiten apreciar la distribución y variación de las lluvias a lo largo del año. Esta información permite identificar los periodos más húmedos y secos del año, así como la aportación media anual.

Tabla 7. Cuadro resumen de precipitaciones totales mensuales y anuales

(mm)	Media de la precipitación total mensual
ENE	37,9
FEB	24,0
MAR	26,6
ABR	42,6
MAY	51,0
JUN	30,3
JUL	18,7
AGO	18,8
SEP	28,3
OCT	51,7
NOV	44,5
DIC	46,7
ANUAL	421,1

Tabla 8. Cuadro resumen de precipitaciones totales por estaciones

Estación	Precipitación (mm)
Primavera	120,2
Verano	67,8
Otoño	124,4
Invierno	108,7

Las precipitaciones siguen el patrón de los climas continentales, con precipitaciones escasas en general, concentradas en primavera y otoño, mientras que los veranos suelen ser secos.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD, 2025), la precipitación media anual en España durante el período de 1991-2020 se estima en 637 mm. Comparando este dato con la media anual obtenida para la zona de estudio de 421,1 mm, se observa que se encuentra por debajo de la media nacional. Esta diferencia refleja el carácter más seco y continentalizado del clima del Cerrato palentino, en contraste con el promedio peninsular, donde predominan condiciones más húmedas asociadas a las regiones atlánticas y de montaña.

7.2 Estudio de la dispersión

Para calcular la probabilidad de que las precipitaciones anuales o mensuales sean menores que un determinado valor y además clasificar los distintos años en función de su precipitación, se ha hecho un estudio de dispersión. Se ha dividido la muestra en función del volumen de precipitaciones en cinco partes iguales.

Tabla 9. Clasificación en función de su precipitación

Clasificación	Porcentaje	Quintil
Muy secos	0-20%	El total de lluvia es inferior al primer quintil
Secos	20-40%	Entre el primer y segundo quintil
Normales	40-60%	Entre el segundo y tercer quintil
Lluviosos	60-80%	Entre el tercer y cuarto quintil
Muy lluviosos	80-100%	Sobrepasan el valor del cuarto quintil

Para el cálculo de quintiles se han ordenado de menor a mayor los valores de la serie de datos, para cada uno de los 12 meses del año, así como para los valores de precipitación anual total. Para encontrar el valor de los distintos quintiles $(Q_i)_n$ primero se ha calculado la posición X que ocupa el quintil de orden "i" aplicando la ecuación: $\left(\frac{n}{5}\right) * i = X$, siendo "n" el número de años de la serie e "i" el número de orden de quintil.

Tabla 10. Cálculo de quintiles

X → Q1	(31/5)*1 = 6,2	**X → Q3**	(31/5)*3 = 18,6
X → Q2	(31/5)*2 = 12,4	**X → Q4**	(31/5)*4 =24,8

Como la posición que ocupan los quintiles son números decimales, entonces el valor del quintil se calcula con la siguiente fórmula, redondeando ese número hacia el inmediato entero superior:

$$Q_i = V_y$$

El valor del quintil será el de la precipitación de la posición Y.

En la siguiente tabla se muestran las precipitaciones mensuales, anuales, medianas y quintiles de los 31 años (1989-2019), ordenadas de menor a mayor, empleados en el estudio.

Tabla 11. Precipitaciones mensuales, anuales, medianas y quintiles en mm

		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1		2,5	3,7	0	4,2	9,3	0,9	0	0	0	3,9	4,3	3,5	210
2		7,6	3,7	0,6	5,5	11,2	2,3	0,6	0	0,8	6,6	11	4,6	304,3
3		8	3,8	3,1	11,5	20,2	4,9	0,7	0,3	10,2	13,7	12,2	5,5	310,8
4		10,2	3,9	3,2	15,4	22,6	5,1	0,8	0,3	10,2	14,8	12,4	7,9	320,1
5		10,9	4,4	3,6	17,7	23,4	6,3	0,8	0,6	10,8	16,5	17,5	8,4	323,3
6		14,8	4,5	10	18,4	26,5	7,8	1,2	1,3	15,1	18	17,8	10,7	327,8
7	Q1	16	4,6	11,1	18,5	27,8	10,5	2,5	1,4	15,4	20,3	18,7	11,7	341,2
8		18,2	7,5	11,1	22,5	28,1	12,2	2,5	2,2	17,1	26,2	25,4	12,5	341,9
9		21,1	8,5	11,7	26,6	29,1	13,1	2,8	3,7	17,1	32,6	28,2	15,1	355
10		23,2	8,9	11,9	26,7	33	13,2	4,9	5,4	19,1	38,8	30,1	15,3	361
11		23,3	9,1	12,4	27,2	33,3	13,3	5	6,6	21,4	39,7	31	20,5	362,5
12		23,7	11,4	12,6	27,4	35,2	13,7	7,6	8,4	22,3	42,6	31,6	23,2	362,7
13	Q2	25,4	11,4	12,9	32,3	38,5	14,9	8,3	12	23,3	45,9	31,6	23,7	382,4
14		27,4	11,7	13	33,7	41,3	19,4	8,6	12,3	23,3	46,2	33,9	23,7	393,4
15		29	15,3	13,3	34,3	43,2	19,9	10,9	14	27,7	46,8	35,1	24,5	396,5
16	Mediana	30,5	19,1	14,6	34,4	44,4	21,7	12,9	15	27,8	50	44,5	25,4	410,2
17		32,5	27,1	14,8	35	48,5	24,5	14,7	15,1	29,7	51,2	44,5	28,5	411,2
18		34,2	30,6	14,8	37,8	49	25,5	15	22,1	30,2	51,7	47	33,4	420,4
19	Q3	39,8	34	19,8	41,8	49,3	25,6	16,7	23	31,3	54	47,9	38,2	433
20		44,7	34,4	24,1	43,8	49,8	28,5	16,9	24,2	32,4	55,7	50,2	48,8	434,1
21		45,1	35,4	26,6	45,8	52,2	37,6	20,7	25,7	34,5	59,2	51,3	50,7	458,9
22		45,4	35,5	29,1	46,3	55,9	37,7	21,2	30,6	35,4	60,7	52,9	64,9	460,2
23		46,3	36,4	35,7	48,4	67,5	42,1	22,3	30,6	36,6	62	61,1	69,1	483,2
24		50,9	40,8	37,7	49,8	67,6	43	25,9	30,8	37,6	66,3	61,6	70	490
25	Q4	55,6	41,6	43,8	63,6	68,6	43,8	27,6	32,1	39,6	71	63	70,6	492,9
26		61,2	43,8	49	72,9	69,2	49,7	28,8	34,4	40,3	84,1	63,3	101,2	511,4
27		63,2	44,5	49,7	83,2	71,7	62,9	36,1	35,5	44,2	91,1	64,5	117,5	535,9
28		64,9	48,4	51,2	86,4	73,1	70,1	41,4	39,2	47	92,6	77,4	119,6	536
29		94,2	49,2	69,7	92,1	92,4	72,3	41,7	43,9	55,1	104,6	94,2	127,7	558,9
30		102,8	50,7	105,3	105,1	118,9	85	82,5	44,9	56,2	109	101	128,1	570,6
31	Q5	103	60,7	107,4	111,8	181,2	112,2	97,3	67,6	65,9	125,5	113,5	144,1	754,3

7.3 Cuadro resumen de precipitaciones y su representación gráfica

En la siguiente tabla se presenta un cuadro resumen de precipitaciones mensuales y anuales con la precipitación media, mediana y quintiles de cada mes y anuales. Además, se va a representar la evolución anual junto con los quintiles correspondientes.

Tabla 12. Cuadro resumen de precipitaciones totales mensuales y anuales. Estudio de dispersión

(mm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Pmedia	37,9	24	26,6	42,6	51	30,3	18,7	18,8	28,3	51,7	44,5	46,7	421,1
Q1	16	4,6	11,1	18,5	27,8	10,5	2,5	1,4	15,4	20,3	18,7	11,7	341,2
Q2	25,4	11,4	12,9	32,3	38,5	14,9	8,3	12	23,3	45,9	31,6	23,7	382,4
Q3	39,8	34	19,8	41,8	49,3	25,6	16,7	23	31,3	54	47,9	38,2	433
Q4	55,6	41,6	43,8	63,6	68,6	43,8	27,6	32,1	39,6	71	63	70,6	492,9
Q5	103	60,7	107,4	111,8	181,2	112,2	97,3	67,6	65,9	125,5	113,5	144,1	754,3
Pmediana	30,5	19,1	14,6	34,4	44,4	21,7	12,9	15	27,8	50	44,5	25,4	410,2

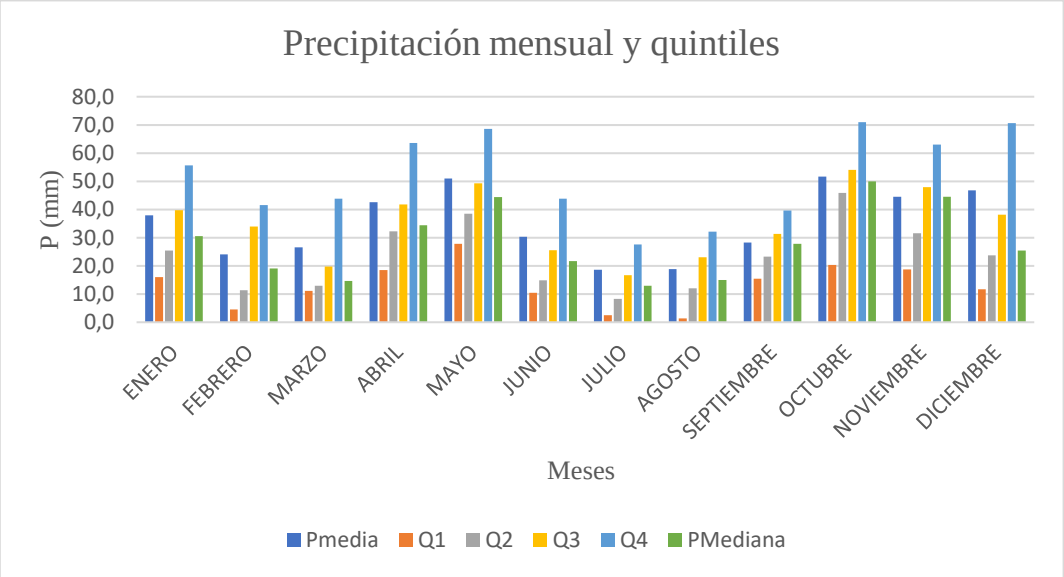


Figura 4. Representación gráfica de la precipitación mensual y quintiles

En la Figura 4 se observan máximos de precipitación media en los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, coincidiendo con los períodos típicamente más lluviosos del clima mediterráneo continentalizado. Por el contrario, los valores más bajos se concentran en julio y agosto, reflejando el mínimo estival asociado al predominio de condiciones secas y elevadas temperaturas.

La amplitud de los quintiles evidencia la irregularidad de las lluvias, tanto a lo largo de un mismo año como entre distintos años, con episodios en los que las precipitaciones mensuales superan los valores establecidos para la mediana. Esta dispersión confirma el carácter marcadamente variable y de alta estacionalidad del régimen pluviométrico, un aspecto muy importante para la planificación hidrológica y la gestión de la vegetación en proyectos de restauración.

7.4 Evolución de las precipitaciones medias anuales y quintiles

A continuación, se realiza un gráfico para detallar la evolución temporal de las precipitaciones anuales en el período de 1989-2019 y su comparación con los quintiles estadísticos obtenidos en el análisis de dispersión.

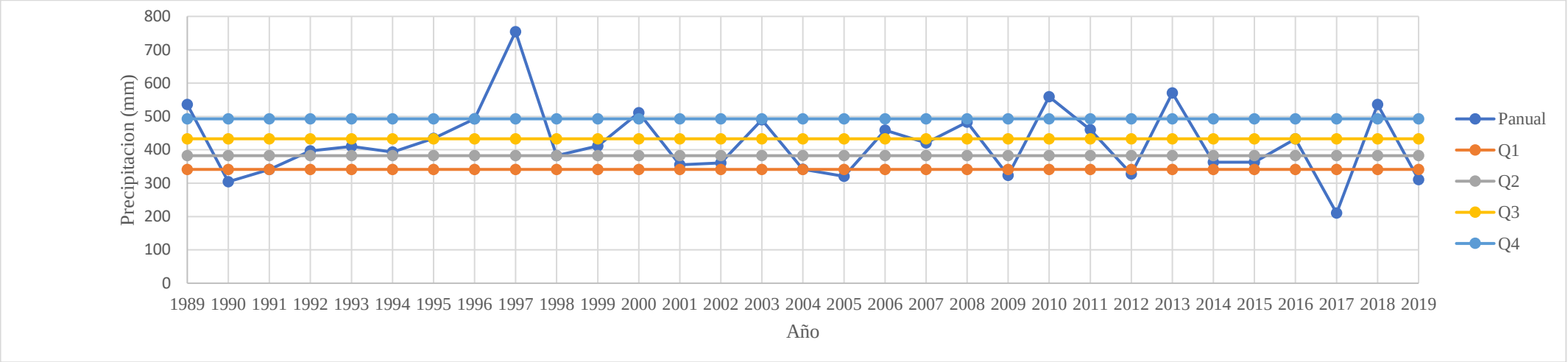


Figura 5. Evolución de la precipitación anual y quintiles

En el gráfico se observa que, aunque la mayoría de los años se concentran entre los quintiles Q1 y Q3, reflejando una tendencia generalmente estable, existen años excepcionalmente húmedos como 1997 y 2013, que superan con creces el Q4, y años muy secos, como 1990, 2005, 2017 y 2019, que se sitúan por debajo del Q1. En conjunto se manifiesta una alta variabilidad interanual, con períodos secos y húmedos que señalan la irregularidad del régimen pluviométrico, característica del clima mediterráneo continental de la zona.

7.5 Histograma de precipitaciones

La frecuencia de las precipitaciones se muestra en la siguiente tabla, agrupando los años según su precipitación media, por intervalos de precipitación.

Tabla 13. Distribución de frecuencia de precipitación

Intervalo de precipitación (mm)	Nº de años
0-100	0
100-200	0
200-300	1
300-400	14
400-500	10
500-600	5
600-700	0
700-800	1
TOTAL	**31**

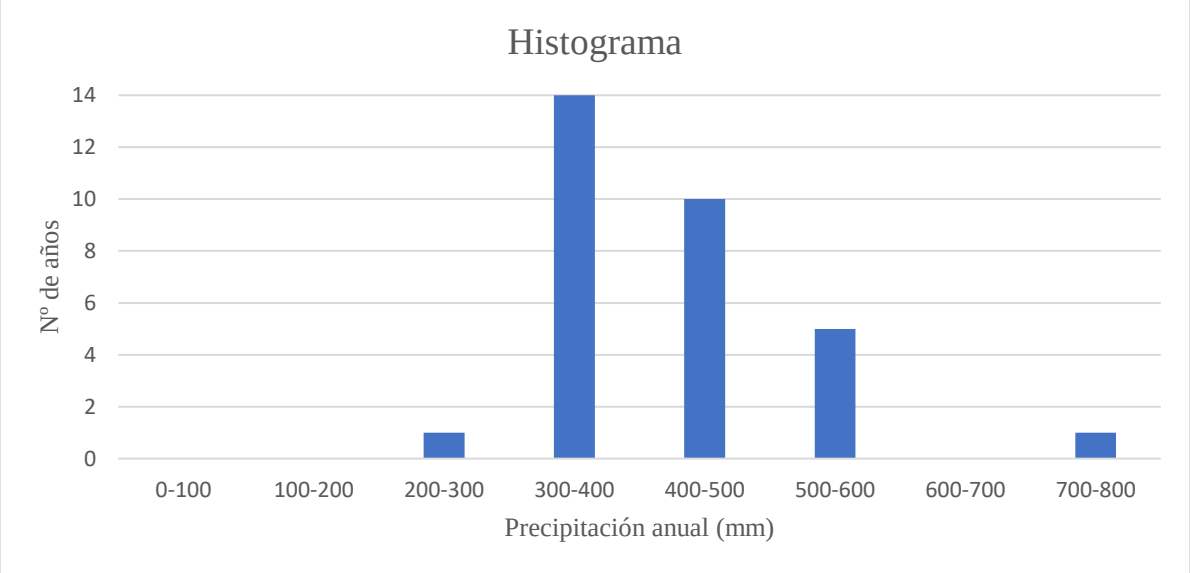


Figura 6. Histograma de frecuencias para precipitaciones

Los datos muestran que la mayoría de los años las precipitaciones se encuentran entre 300 y 500 mm, superando en pocas ocasiones los 500 y solo en una ocasión los 700.

8. Precipitaciones máximas en 24 horas

En la siguiente tabla se muestra para cada mes, el valor más alto de las precipitaciones máximas en 24 horas y la media mensual, durante los 31 años que son objeto de estudio. También se indica el mes en el que se produjo la máxima precipitación y el número de veces que se presentó el valor más alto de las precipitaciones de cada mes.

Este estudio es fundamental para conocer los episodios de lluvia intensa o aguaceros, que resultan determinantes en la acumulación y escorrentía superficial del agua, lo que influye directamente en la recarga de microcuencas y en la pérdida del suelo por la energía del agua en movimiento.

Tabla 14. Cuadro resumen de precipitaciones máximas en 24 horas

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Máxima absoluta de la Pmáx 24 h (mm)	31,1	25,2	20,7	58,7	98,5	52,3	76,6	44,9	36,8	23,5	44,8	48,7	320,4
Media de la Pmáx 24 h (mm)	13,3	8,4	8,3	13,3	18,4	12	12,8	11,1	13,2	15	13,7	14,6	152,9
Frecuencia	4	2	1	1	2	3	3	2	2	2	3	5	

Como se observa en la Tabla 14, la precipitación máxima en 24 horas alcanza su máximo en el mes de mayo, este dato es importante conocerlo para el cálculo de la capacidad de embalse.

9. Estudio de los vientos

El estudio de los vientos es importante dentro del análisis climático, ya que influye de manera directa en la evaporación, la dispersión de semillas, la orientación de las plantaciones y la estabilidad del suelo y la vegetación.

Para realizar este estudio se han tomado los datos de Autilla del Pino de la rosa de los vientos, debido a que es uno de los pueblos más cercanos y tiene una secuencia de datos suficiente para el estudio (1989-2000).

Se realiza el estudio de manera mensual y anual, indicando la dirección o direcciones dominantes con la frecuencia. La dirección dominante será la de mayor frecuencia.

Tabla 15. Cuadro resumen de viento con velocidad máxima, direcciones dominantes y % de calmas

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
V max(km/h)	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50	>50
Dirección dominante	WSW,ENE	WSW	ENE	WSW	ENE	ENE	ENE	ENE	ENE	WSW	WSW	WSW	ENE
% calmas	7,8	3	1,9	1,6	2,3	1,7	1,1	1,1	2,1	3,6	4,4	4,7	2,9

En la Tabla 15 se observa que las velocidades máximas superan los 50 km/h en todos los meses del año, evidenciando la posibilidad de rachas fuertes ocasionales. La dirección del viento varía ligeramente, predominando los vientos del este-noroeste durante la mayor

parte del año, y del oeste-suroeste en los meses de invierno y otoño. El porcentaje anual de calmas es bajo, lo que indica una atmósfera activa con circulación de aire constante.

10. Continentalidad

La continentalidad es un concepto climático que se define como las diferencias en el balance global de calor producidas por los diferentes comportamientos térmicos de tierra y mar. Refleja como la lejanía del mar y la altitud determinan la amplitud térmica y las características del clima local. Para estudiar la continentalidad se estudian el índice de continentalidad de Gorczynsky y el índice de oceanidad de Kerner.

10.1 Índice de Gorczynsky

El índice de Gorczynsky es un parámetro climático que se utiliza para calcular la influencia que el interior del continente ejerce sobre su clima en cuanto a amplitud térmica y latitud, es decir, el grado de continentalidad de un territorio.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I_{Gorczynski} = 1{,}7[(tm_{12} - tm_1)/sen\ L] - 20{,}4$$

Siendo:

- tm_{12} : temperatura media del mes más cálido
- tm_1: temperatura media del mes más frío
- L: latitud en º (41º)

$$I_{Gorzynsky} = 1{,}7[(20{,}2 - 3)/sen\ 41\ ] - 20{,}4 = 24{,}17$$

Tabla 16. Clasificación del índice de Gorczynski

Índice de Gorczynski	Tipo de clima
<10	*Marítimo*
≤ 10 y >20	*Semimarítimo*
≤ 20 y >30	*Continental*
≥ 30	*Muy continental*

Según la clasificación de Gorczynski la zona tiene un clima continental.

10.2 Índice de Kerner

El índice de Kerner calcula cuan influido por la proximidad al mar está el clima, es decir, evalúa el grado de oceanidad de un clima.

Se calcula con la siguiente fórmula, comparando la diferencia de temperatura entre octubre y abril:

$$I_{Kerner} = 100 * \frac{tm_x - tm_{IV}}{tm_{12} - tm_1}$$

Siendo:

- tm_x: temperatura media de octubre = 12,6
- tm_{iv}: temperatura media de abril = 9,7
- tm_{12}: temperatura media más alta = 20,2
- tm_1: temperatura media más baja = 3

$$I_{Kerner} = 100 * \frac{12,6 - 9,7}{20,2 - 3} = 16,86$$

Tabla 17. Clasificación del índice de Kerner

Índice de Kerner	Tipo de clima
≥ 26	*Marítimo*
≥ 18 y < 26	*Semimarítimo*
≥ 10 y < 18	*Continental*
< 10	*Muy continental*

Según la clasificación de Kerner, la zona tiene un clima continental.

10.3 Índice de Rivas-Martínez

El índice de continentalidad de Rivas-Martínez calcula el grado de influencia continental sobre el clima de una región.
Se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{Rivas-Martinez} = tm_{12} - tm_1 + altitud \cdot \frac{0,6}{100}$$

Siendo:

- tm_{12}: temperatura media más alta = 20,2
- tm_1: temperatura media más baja = 3
- Altitud = 747 m

$$I_{Rivas-Martinez} = 20,2 - 3 + 747 \cdot \frac{0,6}{100} = 21,7$$

Tabla 18. Clasificación del índice de Rivas-Martínez

	Subtipos	Índice de Rivas-Martínez
Hiperoceánico (0-11)	*Ultrahiperoceánico acusado*	*0 – 2,0*
	Ultrahiperoceánico atenuado	*2,0 – 4,0*
	Euhiperoceánico acusado	*4,0 – 6,0*
	Euhiperoceánico atenuado	*6,0 – 8,0*
	Subhiperoceánico acusado	*8,0 – 10,0*
	Subhiperoceánico atenuado	*10,0 – 11,0*
Oceánico (11-21)	*Semihiperoceánico acusado*	*11,0 – 13,0*
	Semihiperoceánico atenuado	*13,0 – 14,0*
	Euoceánico acusado	*14,0 – 16,0*
	Euoceánico atenuado	*16,0 – 17,0*
	Semicontinental atenuado	*17,0 – 19,0*
	Semicontinental acusado	*19,0 – 21,0*
Continental (21-66)	*Subcontinental atenuado*	*21,0 – 24,0*
	Subcontinental acusado	*24,0 – 28,0*
	Eucontinental atenuado	*28,0 – 37,0*
	Eucontinental acusado	*37,0 – 46,0*
	Hipercontinental atenuado	*46,0 – 56,0*
	Hipercontinental acusado	*56,0 – 66,0*

Según la clasificación del índice de Rivas-Martínez la zona tiene un clima subcontinental atenuado.

11.Índices climáticos

Los índices climáticos sirven para relacionar los distintos elementos del clima y para cuantificar su influencia sobre las comunidades vegetales. Se dividen en los índices que evalúan el régimen hídrico o termopluviométrico que afecta a la comunidad vegetal y los índices que relacionan aspectos cuantitativos de la fitocenosis o comunidad de plantas que coexisten en un área e interactúan entre sí y con el entorno.

11.1 Índice de Lang

El índice de Lang expresa el grado de humedad o aridez de un clima.
Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{tm}$$

Siendo:

- **P**: precipitación media anual (mm) = 421,1
- **tm**: temperatura media mensual (º C) = 11,1

Se calcula:

$$I = \frac{421,1}{11,1} = 37,9$$

Tabla 19. Clasificación del índice de Lang

Valores de I	Zonas de influencia climática según Lang
0-20	Desiertos
20-40	Zonas áridas
40-60	Zonas húmedas de estepa o sabana
60-100	Zonas húmedas de bosques claros
100-160	Zonas húmedas de grandes bosques
>160	Zonas perhúmedas de prados y tundra

El índice de Lang indica que la zona en la que se trabaja es una zona árida.

11.2 Índice de Martonne

El índice de Martonne se utiliza para corregir el índice de Lang en climas fríos, evaluando la aridez. Para ello añade un +10 en el denominador.
Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{tm + 10}$$

Siendo:

- **P**: precipitación media anual (mm) = 421,1
- **tm**: temperatura media mensual (º C) = 11,1

Se calcula:

$$I = \frac{421,1}{11,1 + 10} = 19,96$$

Tabla 20. Clasificación del índice de Martonne

Valores de I	Zonas de influencia climática según Martonne
>5	Desiertos
5-10	Semidesierto
10-20	Semiárido tipo Mediterráneo
20-30	Subhúmeda
30-60	Húmeda
>60	Perhúmeda

El índice de Martonne indica que se trata de un clima semiárido de tipo Mediterráneo.

11.3 Índice de Vernet

Es un índice climático muy utilizado para estudios mediterráneos, que evalúa la sequedad del verano.

Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$I = (-\acute{o} +)\ 100 * \frac{(H - h) * T'estival}{P * Pestival}$$

Siendo:

- **H**: precipitación de la estación más lluviosa (mm) = 124,4 mm
- **h**: precipitación de la estación más seca (mm) = 67,8 mm
- **P**: precipitación anual (mm)= 421,1
- **P estival:** precipitación estival (mm) = 67,8
- **T' estival**: media de las temperaturas máximas estivales (ºC) = 30,4

Se calcula:

$$I = -100 * \frac{(124{,}4 - 67{,}8) * 30{,}4}{421{,}1 * 67{,}8} = -6{,}03$$

Tabla 21. Clasificación del índice de Vernet

Valores de I	Tipo de clima según Vernet
>2	Continental
0 a 2	Oceánico-Continental
-1 a 0	Pseudooceánico
-2 a -1	Oceánico.Mediterráneo
-3 a -2	Submediterráneo
<-3	Mediterráneo

El índice de Vernet indica que el clima es mediterráneo.

11.4 Índice de Emberger

El índice de Emberger se utiliza para diferenciar bioclimas mediterráneos y subdesérticos. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{K * P}{T_{12}^2 - t_1^2}$$

Siendo:

- t_1: temperatura media de las mínimas del mes más frío = -0,6ºC
- T_{12}: temperatura media de las máximas del mes más cálido = 28,2ºC
- P: precipitación media anual (mm)
- K: variable

Debido a que la temperatura media del mes más frío es menor que 0ºC, las temperaturas irán en grados Kelvin. Y para K, se le dará un valor de 2000.
Se calcula:

$$Q = \frac{2000 * 421{,}1}{301{,}35^2 - 272{,}55^2} = 50{,}96$$

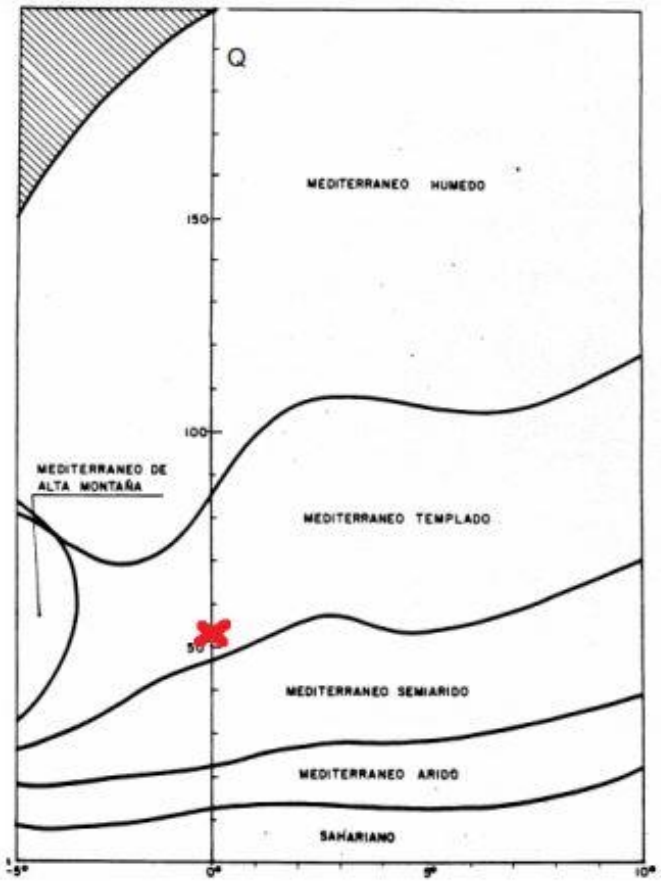


Figura 7. Diagrama para la determinación del género del clima mediterráneo según Emberger

Se obtiene que la subregión climática o género es mediterráneo templado.

Para conocer la vegetación característica de la zona, se usan los diagramas de Quézel (1976), que permiten delimitar el área de distribución de especies de Quercus y de algunas coníferas en función del cociente pluviotérmico de Emberger y la temperatura media de las mínimas del mes más frío.

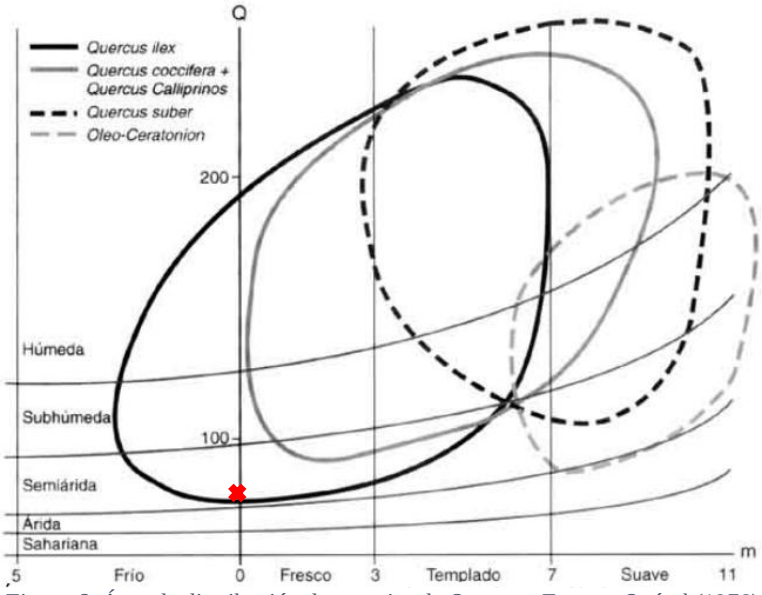


Figura 8. Área de distribución de especies de Quercus. Fuente: Quézel (1976)

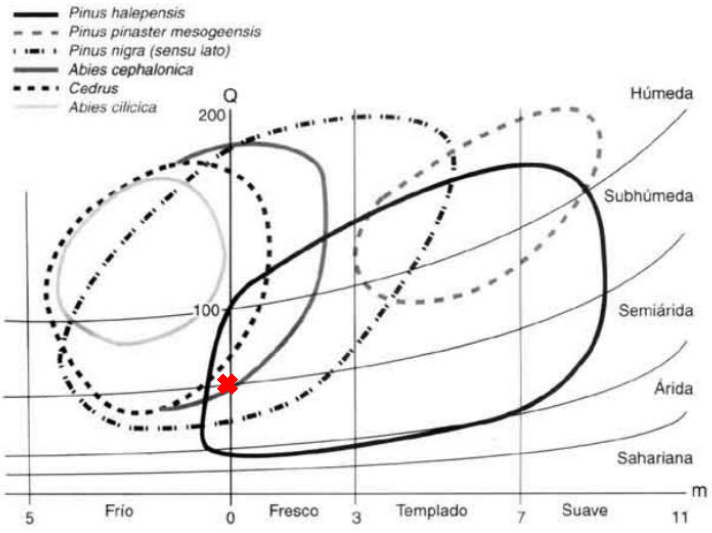


Figura 9. Área de distribución de algunas coníferas. Fuente: Quézel (1976)

Como se puede observar en ambas Figuras (Figura 8 y Figura 9) las especies características para un índice de Emberger de valor 50,96 y una temperatura media de las mínimas del mes más frío de -0,6 ºC, son *Quercus ilex y Pinus halepensis*, siendo dos especies propias de los climas mediterráneos.

A partir de la temperatura media de las mínimas del mes más frío se puede definir el tipo de invierno y la duración del período de heladas.

Tabla 22. Tipo de invierno según el índice de Emberger

Tipo de invierno	t1 (ºC)	Heladas
Muy frío	<-3° C	Muy frecuentes e intensas
Frío	≥ -3° C y <0° C	Muy frecuentes
Fresco	≥ 0° C y <3° C	Frecuentes
Templado	≥ 3° C y <7° C	Débiles
Cálido	≥ 7° C	Libre de heladas

Según el índice de Emberger, la zona tiene un invierno frío con heladas muy frecuentes.

11.5 Índice de productividad forestal de Peterson

El índice de productividad forestal de Peterson es un índice climático que se utiliza para estimar la productividad potencial de una estación forestal, teniendo en cuenta temperatura, precipitación, insolación y duración del período vegetativo. Se emplea para calcular la máxima producción maderera que puede alcanzar una masa forestal bajo unas condiciones óptimas de suelo y gestión.

Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$P\left(\frac{m^3 madera}{ha * año}\right) = k * (5{,}3 * log_{10}(CPV) - 7{,}41)$$

Siendo:

- k: constante en función de la clase litológica
- CPV: índice Clima-Productividad-Vegetación

Para la definición de k, se utiliza la clase litológica. La zona del proyecto está constituida por arcillas, limos, areniscas, microconglomerados, areniscas y margas, y margas, arcillas margosas, niveles calcáreos y yesíferos. Atendiendo a la clasificación de las clases litológicas la zona se encontraría entre la clase IV (margas y arcillas, compuestas por materiales finos que tienden a retener agua y tener baja permeabilidad) y la clase V (Areniscas, conglomerados, limos y margas arcillosas, materiales sedimentarios con granulometría variable), decidiéndose elegir la clase IV para estar a favor de la seguridad.

Tabla 23. Clasificación por clases litológicas y valores de K

Clase litológica	Coeficiente k
Clase I	1,66
Clase II	1,44
Clase III	1,22
Clase IV	1,00
Clase V	0,77
Clase VI	0,55
Clase VII	0,33
Clase VIII	0,00

Para calcular CPV se utiliza la siguiente fórmula:

$$CPV = \frac{tm_{12} * G * P * f}{12 * (T_{12} - t_1)}$$

Siendo:

- **G**: duración del período vegetativo en meses, es decir, el número de meses que cumplen que $P_i \geq 2tm$ y $tm_i \geq 6°C$.

Tabla 24. Duración del período vegetativo

Meses	Tm (ºC)	2tm	Pmensual (mm)
ENE	3,4	6,8	37,9
FEB	4,3	8,6	24,0
MAR	7,4	14,8	26,6
ABR	9,7	19,4	42,6
MAY	13,2	26,4	51,0
JUN	17,9	35,8	30,3
JUL	19,7	39,4	18,7
AGO	19,6	39,2	18,8
SEP	16,6	33,2	28,3
OCT	12,2	24,4	51,7
NOV	6,7	13,4	44,5
DIC	4,2	8,4	46,7

Los meses en los que se cumple la condición son 5 (marzo, abril, mayo, octubre y noviembre).

- **n**: horas medias de insolación totales al año.

Tabla 25. Horas medias de insolación totales de forma anual

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
n (h d-1)	3,3	5,7	7	8,4	9,2	11,3	11,8	10,8	8,5	5,6	4	2,9	
n (h mes-1)	102,3	159,6	217	252	285,2	339	365,8	334,8	255	173,6	120	89,9	2694,2

- **f**: factor de insolación.

$$f = \frac{2500}{n + 1000} = \frac{2500}{2694{,}2 + 1000} = 0{,}677$$

Ahora se calcula CPV:

$$CPV = \frac{20{,}2 * 5 * 421{,}1 * 0{,}677}{12 * \left(28{,}2 - (-0{,}6)\right)} = 83{,}3$$

Una vez calculados k y CPV se calcula P:

$$P\left(\frac{m^3 madera}{ha * año}\right) = 1 * (5{,}3 * log_{10}(83{,}3) - 7{,}41) = 2{,}77$$

Tabla 26. Clasificación según productividad y clase para las limitaciones en el crecimiento de bosques

Productividad	Clase	Limitaciones para el crecimiento de bosques
> 9,0	Ia	Sin limitaciones graves
7,5 – 9,0	Ib	Sin limitaciones graves
6 – 7,5	II	Limitaciones débiles
4,5 – 6	III	Limitaciones moderadas
3 – 4,5	IV	Limitaciones moderadamente graves
1,5 - 3	V	Limitaciones graves
0,5 - 1,5	VI	Limitaciones muy graves
<0,5	VII	Impedido el bosque productivo

La zona tiene limitaciones graves para el crecimiento de los bosques, lo que podría afectar al éxito de la repoblación, por ello, es necesario realizar un estudio en profundidad y encontrar las especies más aptas para el crecimiento en la zona del proyecto.

12. Representaciones mixtas

Las representaciones mixtas son herramientas gráficas que integran en un mismo gráfico dos o más elementos climáticos, siendo en este caso dos, temperatura y precipitación, para facilitar su interpretación y su influencia sobre el medio natural. Las representaciones mixtas permiten visualizar de forma simultánea los periodos de aridez, humedad o equilibrio hídrico, proporcionando una visión más completa del comportamiento climático de una zona.

12.1 Climodiagrama ombrotérmico de Gaussen

Los climodiagramas realizan una representación de los valores correspondientes a las temperaturas (tm) y las precipitaciones (P) medias mensuales, ajustando los valores a una misma escala y haciendo coincidir P y 2tm.

Un mes presenta aridez cuando P<2tm, la curva de precipitaciones se sitúa por debajo de la de temperatura y aparece un área más extensa cuanto mayor sea la aridez del clima representado.

Tabla 27. Datos de temperatura media y precipitaciones mensuales

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
P(mm)	37,9	24	26,6	42,6	51	30,3	18,7	18,8	28,3	51,7	44,5	46,7
tm (ºC)	3	3,8	6,6	9,7	12,9	17,8	20,2	19,8	17	12,6	6,7	3,5

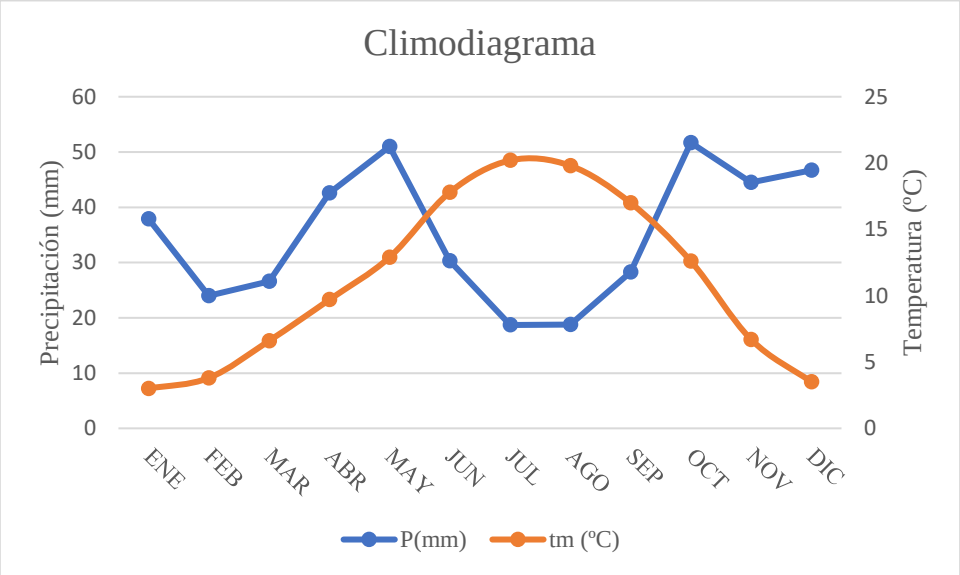


Figura 10. Diagrama ombrotérmico de Gaussen

Como se observa en el gráfico, en los meses de junio, julio, agosto y septiembre, la curva de temperatura se encuentra por encima de la curva de precipitaciones, por lo que se definen estos meses como meses áridos.

12.2 Climodiagrama de termohietas

El climodiagrama de termohietas representa las temperaturas y la precipitación medias mensuales, utiliza un sistema de coordenadas cartesianas para combinar los 12 meses del año y los dos valores para cada mes.

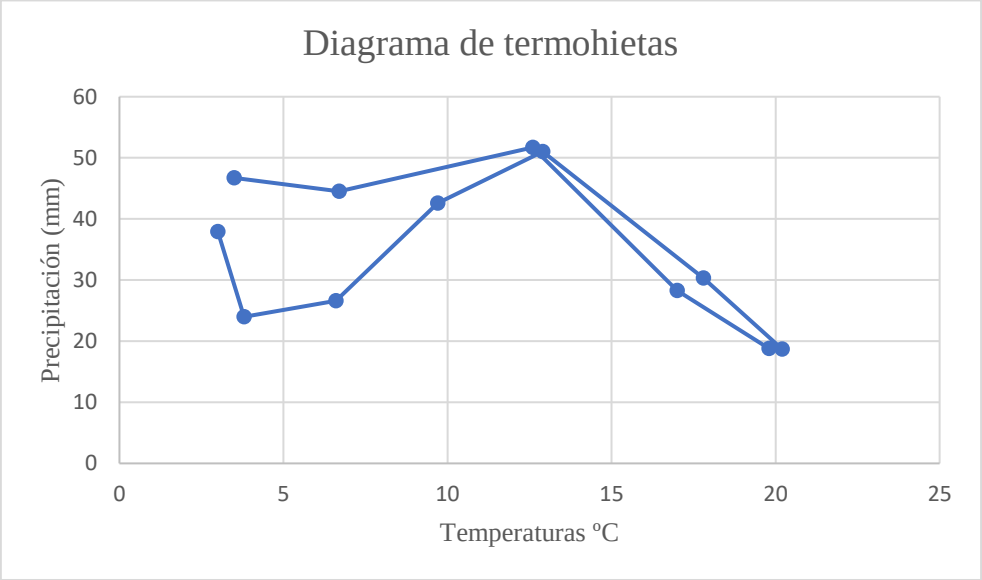


Figura 11. Climodiagrama de termohietas

El climodiagrama de termohietas sigue el patrón de clima mediterráneo, apareciendo dos extremos bien marcados, referenciando a la estación cálida y seca, y a la estación fría y húmeda.

Los valores de la izquierda representan la estación fría y húmeda, con bajas temperaturas y lluvias relativamente abundantes, mientras que los valores de la derecha representan la estación cálida y seca, con temperaturas altas y precipitaciones bajas.

13. Clasificación climática de Köppen

Köppen establece una clasificación climática basada en el grado de aridez y temperatura. Define diferentes tipos de clima según los valores de la temperatura y de precipitación, independientemente de la situación geográfica. El clima queda clasificado por grupo, subgrupo y subdivisión.

Los datos de precipitación serán utilizados en cm.

Se necesitan los siguientes datos:

- Temperatura media del mes más frío (**tm_1**) = 3ºC
- Temperatura media del mes más cálido (**tm_{12}**) = 20,2 ºC
- Temperatura media anual (**tm**) = 11,1 ºC
- Precipitación anual (P) = 42,11 cm
- Precipitación del mes más seco (**P_1**) = 1,87 cm
- Suma de las precipitaciones de los 6 meses más fríos (**P_{in}**) = 124,4+108,7 = 23,31 cm
- Suma de las precipitaciones de los 6 meses más cálidos (**P_{ve}**) = 120,2+67,8 = 18,8 cm

- Precipitación media máxima de los 6 meses más fríos ($\mathbf{P_{i6}}$) = 5,17 cm
- Precipitación media máxima de los 6 meses más cálidos ($\mathbf{P_{v6}}$) = 5,1 cm
- Precipitación media mínima de los 6 meses más fríos ($\mathbf{P_{i1}}$) = 2,4 cm
- Precipitación media mínima de los 6 meses más cálidos ($\mathbf{P_{v1}}$) = 1,87 cm

Cálculo del grupo:

La primera categoría climática consta de cinco grupos climáticos, nombrados con una letra mayúscula que viene definida por las temperaturas y las precipitaciones medias.

- **Condición A**: tm1>18ºC → 3ºC>18ºC → **NO SE CUMPLE**
- **Condición B**: Pin>0.7P y P<2tm → 23.31 cm>29.477 cm y 42.21 cm <22.2 cm → **NO SE CUMPLEN**
- **Condición C**: tm1<10ºC y tm1>0ºC → 3ºC<10ºC y 3ºC>0ºC → **SE CUMPLEN AMBAS CONDICIONES**
- Condición D: tm1<0ºC y tm12>10ºC → 3ºC<0ºC y 20.2ºC>10ºC → **SOLO SE CUMPLE LA SEGUNDA CONDICIÓN**
- Condición E: tm12<10ºC → 20.2ºC<10ºC → **NO SE CUMPLE**

Tabla 28. Grupos pertenecientes a la clasificación de Köppen

Grupo	tm1	tm12	Sequedad	Nomenclatura
A	*>18*			*Tropical lluvioso*
B			*Pin > 0,7P y P < 2tm*	*Seco*
C	*<10*			*Templado húmedo, cálido mesotérmico*
	>0	*>10*		
	>-3			
	Según autores			
D	*<0*	*>10*		*Boreal, de nieve y bosque,microtérmico*
E		*<10*		*Polar*

El grupo climático C tiene climas lluviosos, cálidos y templados. Presentando una estación invernal y otra estival.

Cálculo del subgrupo:

Los subgrupos están integrados dentro de los grupos y vienen definidos por una segunda letra. Aportan la variación estacional de la humedad.

Debido a que en el cálculo del grupo se ha obtenido el Grupo C, el subgrupo solo puede ser s,w o f.

- **Subgrupo s**: $P_{i6} > 3P_{v1}$ → 5,17>5,61 → **NO SE CUMPLE**
- **Subgrupo w**: $P_{v6} > 10P_{i1}$ → 5,1 > 24 → **NO SE CUMPLE**
- **Subgrupo f**: P_1>6 ó ni s ni w → 1,87>6 → **NO CUMPLE LA PRIMERA CONDICIÓN, PERO SI LA SEGUNDA**

Tabla 29. Subgrupos pertenecientes a la clasificación de Köppen

Subgrupo	Posible	Condición y significado
s (sommer)	A C D	$P_{i6} > 3P_{v1}$
w (winter)	A C D	$P_{v6} > 10P_{i1}$
f (fehlt)	A C D	$P_1 > 6$
m (monsum)	A	$6 > P_1 > 10\text{-}0{,}04P$
W (Wüste)	B	$P < tm$ y $P_{in} > 0{,}7P$
		$P < tm+14$ y $P_{ve} > 0{,}7P$ P máxima en verano P<t+7 y P uniformemente distribuidos
S (Steppe)	B	$tm < P < 2tm$ y $tm+14 < P < 2tm+28$
		$tm+7 < P < 2tm+14$
T (Tundra)	E	$10 > tm_{12} > 0$
F (hielo perpetuo)	E	$0° > tm_{12}$

En el subgrupo f, no hay estación seca o no coincide con verano o invierno.

Cálculo de la subdivisión:

Las subdivisiones permiten detallar más variaciones climáticas.

Debido a que en el cálculo del grupo se ha obtenido el Grupo C, el subgrupo solo puede ser a, b o c.

- **Subdivisión a**: tm_{12}>22ºC → 20,2ºC > 22ºC → **NO SE CUMPLE**
- **Subdivisión b**: tm_9 > 10ºC → 17ºC > 10ºC → **SE CUMPLE**
- **Subdivisión c**: $tm_{10}/tm_{11}/tm_{12}$ > 10ºC → 17,8ºC/19,8ºC/20,2ºC > 10ºC → **SE CUMPLE**

Debido a que se cumplen tanto la condición b como la c, se realiza la elección por orden, en este caso, se toma la subdivisión b.

Tabla 30. Subdivisiones para la clasificación de Köppen

Subdivisión	Condición	Posibles
a (veranos calurosos)	$tm_{12} > 22°C$	C D
b (veranos cálidos)	$tm_{9} > 10°C$	C D
c (veranos cortos y frescos)	tm_{10} o tm_{11} o $tm_{12} > 10°C$	C D
d (inviernos muy fríos)	$tm_{1} < 3,8°C$	D
h (seco y caluroso)	$tm > 18°C$	B
k (seco y frio)	$tm < 18°C$ y $tm_{12} > 18°C$	B

Una vez obtenido el grupo, subgrupo y subdivisión se obtiene la denominación, compuesta por las tres letras, de la clasificación de Köppen para la zona de estudio.

Tabla 31. Clasificación de Köppen

	Clasificación
Grupo	C
Subgrupo	f
Subdivisión	b
Denominación	Cfb

14. Regímenes de temperatura y humedad del suelo

14.1 Regímenes de temperatura

La temperatura del suelo es una propiedad esencial debido a que controla las posibilidades de crecimiento y desarrollo de las plantas. La temperatura del suelo puede suponer una restricción para el desarrollo de ciertas especies debido a que cuanta más baja es la temperatura menos actividad biótica y menos movimiento de agua hay.

Los regímenes de temperatura hacen referencia a la temperatura media anual del suelo medida una profundidad de 50 cm. La falta de medidas de campo supone una dificultad para su aplicación en la taxonomía de los suelos, por lo que suele deducirse a partir de los datos de temperatura del aire, es decir, sumándole un grado a la temperatura del aire.

$$tms = t^{a}\ del\ suelo = t^{a}\ del\ aire + 1ºC$$

Tª del aire = 11,1ºC
Tª del suelo = 11,1ºC+1ºC= 12,1ºC
Tm verano= 20ºC
Tms verano = 20ºC+1ºC = 21ºC
Tm invierno = 4,2ºC
Tms invierno = 4,2ºC+1ºC = 5,2ºC

Tabla 32. Clasificación del régimen de temperatura según el rango de temperatura

Tipo de régimen	Rango de temperaturas
Régimen Cryico	$0°C<t_{ms}<8°C$ y veranos muy fríos
Régimen Frígido	$0°C<t_{ms}<8°C$ y $t_{msv}-t_{msi}>5°C$
Régimen Mésico	$8°C<t_{ms}<15°C$ y $t_{msv}-t_{msi}>5°C$
Régimen Térmico	$15°C<t_{ms}<22°C$ y $t_{msv}-t_{msi}>5°C$
Régimen Hipertérmico	$t_{ms}>22°C$ y $t_{msv}-t_{msi}>5°C$

El suelo objeto de estudio tiene un régimen mésico, con temperaturas del suelo entre 8ºC y 15ºC, proporcionando condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo de especies vegetales y para la actividad biótica. Debido a que son temperaturas templadas, no presentan restricciones para el desarrollo de raíces o para la mineralización de nutrientes.

14.2 Regímenes de humedad

La humedad hace referencia a la presencia o ausencia de agua en el suelo o en horizontes específicos durante los distintos períodos del año, a una tensión menor de 1500 kPa, debido a que, si está a una presión igual o mayor, el agua no se encuentra disponible. El contenido de humedad del suelo es una propiedad fundamental para el desarrollo de las especies vegetales.

En el caso del suelo objeto de estudio, se trata de un régimen de humedad xérico, debido a que es el típico de las áreas mediterráneas, con inviernos húmedos y fríos, y veranos cálidos y secos.

Para este tipo de régimen, según la FAO (2022), la temperatura media anual del suelo es menor de 22ºC, y las temperaturas medias de verano e invierno difieren por 6ºC o más ya sea a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico o más superficial.

14.3 Resultados

Tabla 33. Regímenes de humedad y temperatura del suelo. Fuente: Soil Taxonomy

	Tm suelo (°C)	Régimen de temperatura (ST)	Precipitación anual (mm)	Régimen de humedad (ST)
Suelo	12,1ºC	Mésico	421,1 mm	Xérico

15.Descripción resumida del clima de la zona

Para finalizar con el estudio climático, se realiza una descripción resumida del clima de la zona junto con las conclusiones pertinentes.

- La zona cuenta con una gran amplitud térmica, siendo la temperatura media del mes más frío 3ºC perteneciente al mes de enero, y la temperatura media del mes más cálido 20,2ºC perteneciente al mes de julio. Esta gran amplitud térmica está ligada a los climas continentales, debido a la gran distancia que hay entre la zona y las masas de agua que actúan como regulador térmico. Tanto en el índice de Gorczynski como en el de Kerner, se señala que es una zona de clima continental, al igual que en el índice de Rivas-Martínez, que señala que la zona es de clima continental y en específico subcontinental atenuado.

  En cuanto a la zona de influencia climática de Lang, se indica que es una zona árida y complementando a este hecho, el índice de Martonne indica que la zona es una zona de influencia climática semiárida de tipo mediterráneo. El índice de Lang también indica que el clima es mediterráneo, siendo este, un clima mediterráneo templado según lo calculado en el índice de Emberger.

- En cuanto a las heladas, el índice de Emberger señala que la zona tiene un invierno frío y heladas muy frecuentes.

- La precipitación media anual es de 421,1 mm con veranos húmedos.

- En cuanto a la vegetación, se caracteriza por la presencia de especies de *Quercus y Pinus*, en una zona de limitaciones graves para el crecimiento de bosques.

Una vez que se tienen todos los datos resumidos, se va a llevar a cabo una comparación con la información del atlas agroclimático de Castilla y León (2013), para ver las discrepancias y concordancias y poder detallar de manera más exhausta el clima de la zona elegida para el estudio. Este Atlas esta formado por mapas de toda la región de Castilla y León, en los que se han utilizado datos de la AEMET para su elaboración.

- De acuerdo con la información dada por el Atlas, la temperatura media anual en Castilla y León es de 11ºC, siendo enero el mes más frío y julio el mes más cálido. Según el estudio realizado en este anejo, la temperatura media es de 11,1ºC, con enero como el mes más frío y julio como el mes más cálido, por lo que ambas informaciones coinciden.

- En el Atlas, la última helada de primavera se encuentra entre el 13 de abril y el 21 de abril, dando como fecha media aproximadamente el 19 de abril. En el estudio se ha obtenido que la fecha media de la última helada es el 20 de abril, coincidiendo casi con la fecha media aproximada del Atlas.

  En cuanto a la primera helada del otoño, según el Atlas se daría entre el 31 de octubre y el 5 de noviembre, dando como fecha media aproximada

el 2 de noviembre. En el estudio se ha obtenido que la primera helada se da el 7 de noviembre, un poco más alejada del dato proporcionado por el Atlas.

- En cuanto a la precipitación media anual, el Atlas señala que en Castilla y León es de unos 650 mm, pero con una gran oscilación entre zonas, siendo apenas 400 mm en la meseta y alcanzando los 1000 mm en las zonas de montaña del norte. En el estudio se ha obtenido un valor de 421,1 mm, siendo un valor cercano a los 400 mm de la meseta debido al área en la que se encuentra la zona de estudio.

  Según la información del Atlas la estación más seca es el verano, apenas llegando a los 50 mm en las zonas de la meseta, mientras que la estación más lluviosa se la disputan entre otoño e invierno y en algunas zonas con primavera también. En el estudio se ha obtenido que la estación más seca es el verano con 67,8 mm, un valor algo más alto que el dado por el Atlas, y la estación más lluviosa es el otoño con 124,4 mm, seguido muy de cerca por la primavera con 120,2 mm.

- En cuanto a los datos de los vientos del Atlas, estudiados para Autilla del Pino (Palencia), pertenecen al período de los años 2000-2011, en los que la velocidad máxima es mayor a 30 km/h, las direcciones de esta velocidad son W,WSW,SW,SSW,S y ENE, con un porcentaje de calmas del 2,66% y como dirección dominante ENE.



Figura 12. Rosa de los vientos perteneciente a Autilla del Pino (Palencia). Fuente: Atlas agroclimático (2013)

En el estudio, se realiza un estudio con los datos de Autilla del Pino (Palencia) pero en el período de 1989-2000, en los que la velocidad máxima es mayor a 50 km/h, las direcciones de dicha velocidad son NE,ENE,S,SSW,SW,WSW,W,WNW y NW, con un porcentaje de calmas del 2,9% y como dirección dominante ENE. A pesar de que los

datos son de períodos de tiempo distintos, la mayoría de ellos coinciden o son similares.

- Para el estudio de la insolación y la radiación se utilizaron los datos del observatorio de Valladolid, debido a que era el más cerca con suficientes datos, por lo que los valores del Atlas serán para Valladolid ciudad.

  En el Atlas los datos de radiación media anual se sitúan entre 6,06-6,15 medidos en GJ/m^2 año. Para el estudio se calcula el valor en GJ/m^2 año y se obtiene un valor de 5,727 por lo que el valor no se encuentra dentro del intervalo, pero se encuentra cerca.

- Para finalizar se realiza la comparación del índice de Köppen, en el Atlas la zona de estudio se señala con un clima Csb (oceánico con verano seco), encontrándose en el límite entre Cfb y Csb. En el estudio los cálculos indicaban que la zona es una zona Cfb.

Una vez realizada la comparación se puede observar que hay algunos valores que muestran cierta discrepancia, esto puede deberse a que el Atlas está publicado en 2013, por lo que cuenta con series de datos anteriores a esta fecha, y el estudio realizado cuenta con un intervalo de tiempo entre los años 2000 y 2019, llegando a ser mayor en el caso de las temperaturas. Esta diferencia en los períodos de tiempo hace que los datos no cuadren del todo, debido a que en los últimos años las temperaturas han sufrido aumentos y las precipitaciones son cada vez más escasas, produciéndose de manera torrencial.

16. Referencias bibliográficas

AEMET & ITACyL (2013). *Atlas Agroclimático de Castilla y León*. Junta de Castilla y León.

Agencia Estatal de Meteorología (s.f). *Agroclimap.* Recuperado el 20 de septiembre de https://agroclimap.aemet.es/

Universidad Politécnica de Madrid. (s.f). *Moodle UPM – Cursos en abierto*. Recuperado el 21 de septiembre de https://moodle.upm.es/en-abierto/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2009). *Guía para la descripción de suelos (4º ed).* FAO. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b54d0348-dfce-413c-bd5d-142b3a14a049/content

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo II. Estudio edafológico

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO II ESTUDIO EDAFOLÓGICO

1. Introducción 1
2. Toma de datos 1
2.1 Estudio previo 1
2.2 Calicata 2
3. Propiedades físicas del suelo 4
3.1 Profundidad 4
3.2 Textura 5
3.3 Pedregosidad superficial 8
3.4 Afloramientos rocosos 9
3.5 Permeabilidad 9
4. Propiedades químicas del suelo 9
4.1 pH 9
4.2 Conductividad eléctrica 10
4.3 Materia orgánica 11
4.4 Carbonatos 12
4.5 Caliza activa 13
4.6 Elementos asimilables 14
4.6.1 Fósforo asimilable 14
4.6.2 Potasio asimilable 15
4.6.3 Calcio asimilable 15
4.6.4 Magnesio asimilable 16
4.6.5 Relación entre magnesio con potasio y calcio 17
4.6.6 Nitrógeno 18
5. Índices de erosionabilidad 19
5.1 Índice de Bouyoucos 19
5.2 Índice SEI 20
6. Conclusión 21
7. Referencias bibliográficas 22

1. Introducción

Según el Instituto Geográfico Nacional (*Inicio - Instituto Geográfico Nacional*, s. f.) el suelo es un cuerpo natural formado en la superficie terrestre y que tiene como componentes materiales: minerales, fragmentos de roca y materiales orgánicos, que sustenta los ecosistemas terrestres. Teniendo la aptitud de permitir el crecimiento de las plantas y otros organismos, desarrollar funciones ambientales y proveer de servicios ecosistémicos.
El estudio de las características del suelo resulta fundamental para los trabajos de repoblación, debido a que el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales dependen de la morfología y propiedades de este.

2. Toma de datos

2.1 Estudio previo

El Instituto Tecnólogico Agrario junto con la Junta de Castilla y León desarrolló un mapa de las clases de suelo en 1988 y posteriormente en 2011, se realizó una actualización del mismo. Este mapa cuenta con la información aportada por la FAO y realiza una clasificación de las asociaciones del suelo.

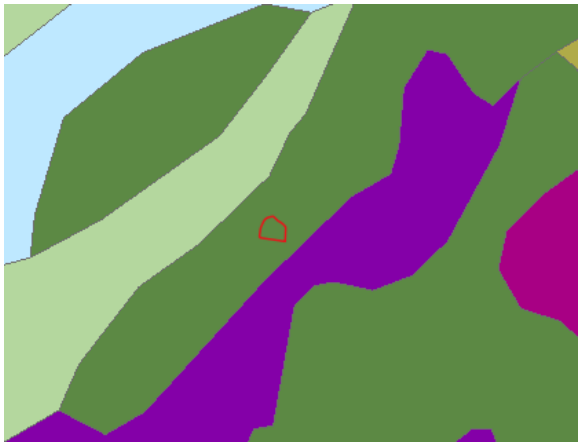


Figura 1. Mapa de asociaciones de suelo según la clasificación de la FAO modificada (1974).

Como se puede observar en la Figura 1, la zona de estudio se encuentra en una zona con la asociación de suelo formada por Cambisol calcárico (CMc) y Luvisol cálcico (LVk), y con inclusión de Fluvisol calcárico (FLc) y Regosol calcárico (RGc), con una textura gruesa. A continuación, se definen las diferentes asociaciones con la información que ofrecen el proyecto LUCDEME de la provincia de Granada (Universidad de Granada, 2006) y la Base Referencial Mundial del Recurso del Suelo (FAO, 2015).

- Cambisol calcárico: suelo moderadamente desarrollado con carácter calcáreo entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo. Propios de climas mediterráneos, sometidos a estrés hídrico.

- Luvisol cálcico: suelo que posee un horizonte cálcico secundario o acumulación de carbonato de calcio en el perfil cercano a la superficie, lo cual implica materiales calizos o procesos de carbonatación secundaria en su desarrollo.
- Fluvisol calcárico: son calcáreos entre 20 y 50 cm de profundidad, y con topografía plana, su contenido en grava es variable y su textura es gruesa.
- Regosol calcárico: suelo representativo de las margas, poco desarrollados, sobre mineral suelto o poco alterado y en relieves colinados con pendientes poco inclinadas. Propios de clima mediterráneo con poca retención de agua.

2.2 Calicata

Los datos para el estudio del suelo se obtendrán del análisis realizado por ITAGRA, para ello se realizarán dos calicatas en la zona del proyecto y se recogerán muestras de los horizontes pertinentes para su posterior estudio.

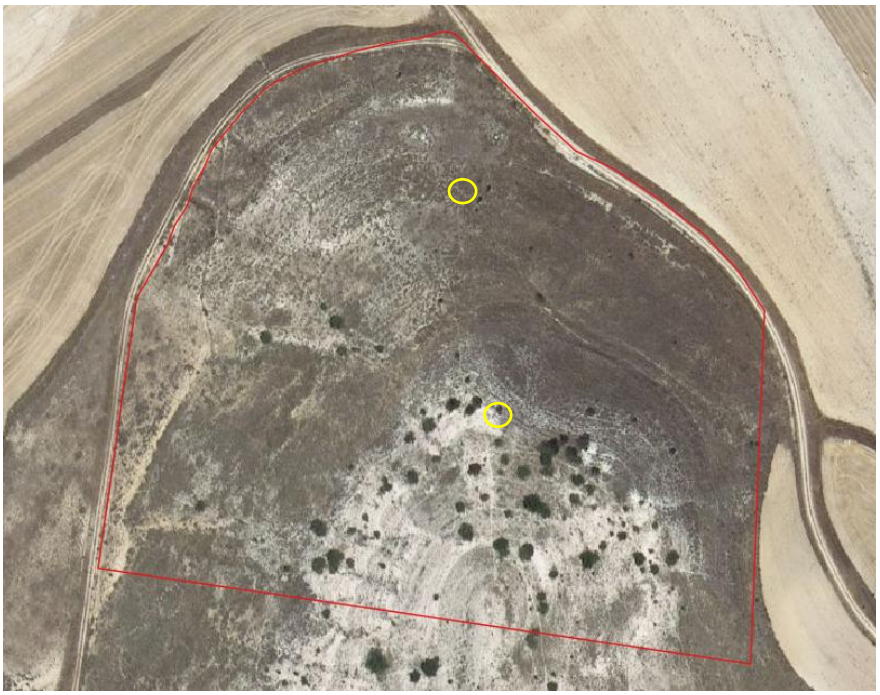


Figura 2. Localización de las calicatas en la zona de estudio.

Se ha decidido realizar dos calicatas, debido a que la ladera se encuentra dividida por pisos en los que hay mayor o menor presencia arbórea y por tanto se ha querido estudiar las características de ambas localizaciones para tener un mayor conocimiento del terreno, que ayudará a la elección de las especies y a entender su distribución.



Figura 3. Calicata realizada en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia

La primera calicata se ha realizado en el piso inferior, que presenta mayor presencia de especies herbáceas y un número muy reducido de ejemplares arbóreos, con coordenadas 41°57'08.6"N y 4°23'52.4"W. Se ha realizado a una profundidad de 50 centímetros, diferenciando dos horizontes, uno superior de apenas 5 centímetros formado sobre todo por restos de materia orgánica, y uno inferior de unos 45 centímetros con presencia de yesos.



Figura 4. Calicata realizada en el piso inferior cuya profundidad ha sido medida con cinta métrica. Fuente: Imagen propia

La segunda calicata se ha realizado en el piso intermedio, que tiene una mayor presencia de especies arbóreas y algunos ejemplares arbustivos, con coordenadas 41°57'05.6"N y 4°23'52.2"W. Al igual que la otra calicata, se ha realizado a una profundidad de 50 centímetros, distinguiendo dos horizontes diferenciados por las tonalidades del suelo, el superior de unos 20 centímetros de profundidad y el inferior de unos 30 centímetros de profundidad.



Figura 5. Calicata realizada en el piso medio cuya profundidad ha sido medida con cinta métrica. Fuente: Imagen propia

3. Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo tienen un gran efecto sobre el desarrollo y la distribución de la vegetación, debido a que determinan la disponibilidad de agua, la profundidad de penetración de las raíces, la capacidad de drenaje, el movimiento de agua, el aporte de oxígeno y la disponibilidad de nutrientes. Estas características son clave para el crecimiento de las especies vegetales, por lo que su estudio es muy importante para la toma de decisiones.

3.1 Profundidad

La profundidad se expresa en centímetros, y mide el espesor del suelo hasta el lecho de roca, o hasta el estrato u horizonte cementado. Es una característica fundamental ya que

condiciona el crecimiento y desarrollo de la vegetación, la disponibilidad de agua y nutrientes, y la fijación y estabilidad de los árboles.

Tabla 1. Clasificación de los suelos según su profundidad. Fuente: Storey (1970)

Profundidad (cm)	Tipo de suelo
0-30	Poco profundo
30-60	Somero
60-90	Moderadamente profundo
90-120	Profundo
>120	Muy profundo

Sabiendo que se ha realizado una calicata de 50 cm de profundidad, se concluye que el suelo es somero según la clasificación de Storey.

3.2 Textura

La textura hace referencia al tamaño de las partículas presentes en la tierra fina sin los elementos gruesos, permitiendo determinar los porcentajes de arena, limo y arcilla, para clasificar la clase textural. Mediante el análisis realizado en laboratorio se ha obtenido la textura de cada horizonte, clasificándose de la siguiente manera:

Tabla 2. Clasificación textural de las muestras. Fuente: Itagra

Muestra 1				
Horizonte	**Arena (%)**	**Limo(%)**	**Arcilla (%)**	**Clasificación**
Horizonte 1	44,72	28	27,28	Franco arcillosa
Horizonte 2	58,72	35	6,28	Franco arenosa
Muestra 2				
Horizonte	**Arena (%)**	**Limo(%)**	**Arcilla (%)**	**Clasificación**
Horizonte 1	33,72	37	29,28	Franco arcillosa
Horizonte 2	65,72	28	6,28	Franco arenosa

Además, se muestran los triángulos de textura de los distintos horizontes.

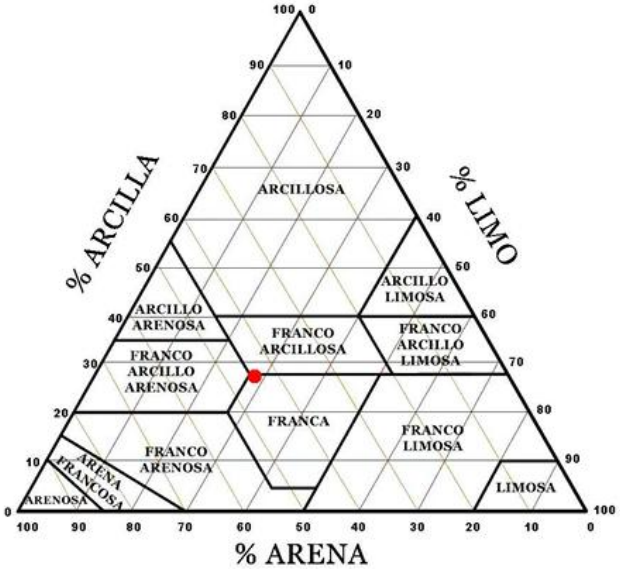


Figura 6. Triángulo de textura del horizonte 1 de la muestra 1. Fuente: Itagra

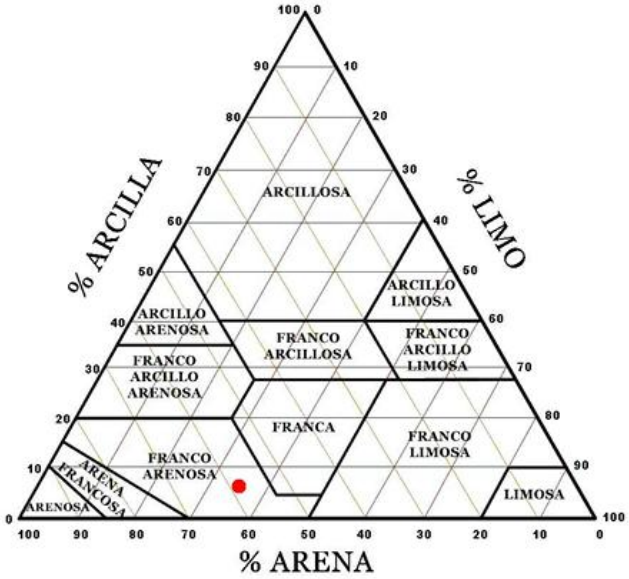


Figura 7. Triángulo de textura del horizonte 2 de la muestra 1. Fuente: Itagra

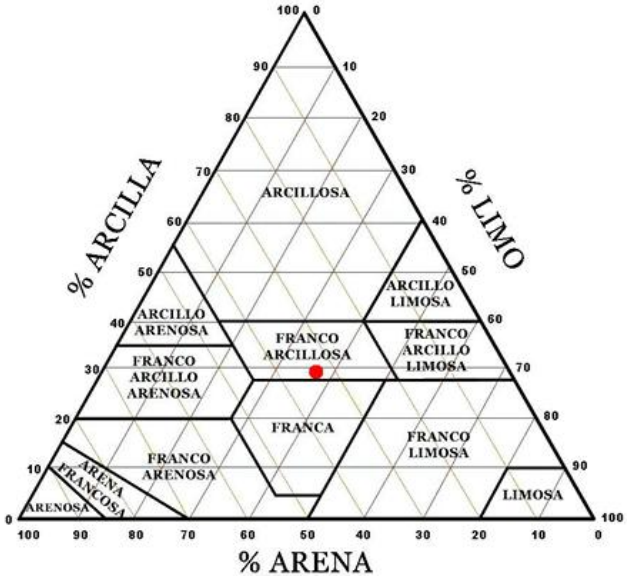


Figura 8. Triángulo de textura del horizonte 1 de la muestra 2. Fuente: Itagra

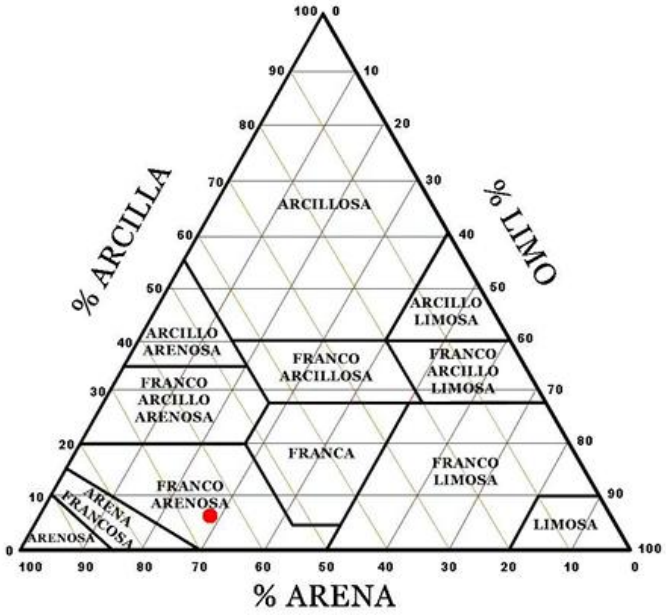


Figura 9. Triángulo de textura del horizonte 2 de la muestra 2. Fuente: Itagra

Como se observa en las texturas definidas para cada muestra, los horizontes superiores presentan una textura franco-arcillosa, lo que confiere al suelo una elevada capacidad de absorber cationes y gran capacidad para retener agua, características que favorecen la disponibilidad de nutrientes y la estabilidad estructural. Además, el componente franco contribuye a mantener una buena aireación y actividad biológica, facilitando los procesos químicos y microbiológicos del suelo.

En cambio, los horizontes interiores son de textura franco-arenosa, esto indica que conservan las ventajas de los suelos francos pero su contenido alto en arena los convierte

en suelos sueltos y permeables, con menor capacidad de retener agua y nutrientes, lo que puede limitar su fertilidad y su función como reserva hídrica en profundidad.

3.3 Pedregosidad superficial

La pedregosidad está constituida por fragmentos de roca madre, que afecta a la elección de la maquinaria para realizar las labores de preparación del terreno y la implantación de la vegetación, condicionando el uso de un tipo de maquinaria u otro. Las piedras y elementos gruesos disminuyen la capacidad de almacenar agua y nutrientes, además de que reducen el espacio en el que pueden distribuirse las raíces y dificultan la infiltración y la escorrentía.

Los elementos gruesos se clasifican según su diámetro:

Tabla 3. Clasificación de los elementos gruesos según su diámetro. Fuente: USDA (1980)

Tipo	Diámetro (cm)
Gravas	0,2 - 6
Cantos	6 - 20
Bloques	20 - 60
Grandes bloques	>60

Mientras que la pedregosidad se clasifica según la superficie ocupada por piedras y elementos gruesos.

Tabla 4. Clasificación de la pedregosidad del suelo. Fuente: USDA (1980)

% Superficie ocupada	Descripción
0	Ninguna
0-2	Muy poca
2-5	Poca
5-15	Media
15-40	Mucha
40-80	Abundante
>80	Dominante

Siguiendo esta clasificación se han obtenido los siguientes datos.

Tabla 5. Clasificación de las muestras según el porcentaje de elementos gruesos.

Muestra 1		
Horizonte	**% Elementos gruesos**	**Descripción**
1	9,47%	Media
2	17,7%	Mucha
Muestra 2		
Horizonte	**% Elementos gruesos**	**Descripción**
1	1,77%	Muy poca
2	0,62%	Muy poca

En la Tabla 5 se observa que la muestra 1 presenta mayor cantidad de elementos gruesos, lo que indica que la zona baja de la ladera presenta mayor pedregosidad que la zona media. Es necesario tenerlo en cuenta para la preparación del terreno.

3.4 Afloramientos rocosos

Los afloramientos rocosos se producen cuando la superficie queda cubierta por roca de forma continua. Es importante su estimación, debido a que podría obstaculizar las labores causando roturas de los equipos de trabajo.
El porcentaje de afloramientos rocosos se estima visualmente, en este caso, no se apreciaron afloramientos rocosos de tamaño relevante, por lo que se clasifica con un 0%.

3.5 Permeabilidad

La permeabilidad define la velocidad con la que un suelo saturado transmite el agua a su través bajo la influencia de la gravedad. Un suelo está saturado cuando todos sus poros están llenos de agua y, por lo tanto, el valor de la permeabilidad está en su máximo (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León [ITACyL], s.f.)

Según los mapas dispuestos por la Junta de Castilla y León, la permeabilidad en la zona de estudio es de 63,22 mm/día. Este dato indica que el suelo no está saturado debido al bajo valor de permeabilidad.

4. Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo comprenden el conjunto de características derivadas de su composición mineral, molecular y atómica, así como de las interacciones entre sus fases sólida, líquida y gaseosa, que determinan su comportamiento químico y su capacidad para sostener vida vegetal. Estas propiedades dependen directamente de la cantidad y tipo de minerales y sustancias presentes en el suelo, las cuales influyen en su fertilidad, capacidad de retención e intercambio de nutrientes, pH, salinidad y capacidad de intercambio catiónico. Su análisis permite comprender la dinámica de los elementos nutritivos y orientas la restauración, garantizando la adecuación de las especies al medio edáfico y la estabilidad ecológica del sistema.

4.1 pH

El pH proporciona información sobre la concentración de protones en la fase líquida del suelo, este valor oscila entre 0 y 12, según sea ácido o básico respectivamente. El pH del suelo proporciona información acerca de los efectos perjudiciales de la acidez-basicidad y además, influye en la nutrición de las plantas, en el establecimiento de especies, en el funcionamiento de los microorganismos del suelo, en el comportamiento de contaminantes y en otras propiedades edáficas.

Tabla 6. Clasificación del pH. Fuente: USDA (1996)

pH	Carácter
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido
5,0-5,5	Fuertemente ácido
5,5-6,0	Medianamente ácido
6,0-6,5	Ligeramente ácido
6,5-7,3	Neutro
7,3-7,8	Medianamente básico
7,8-8,4	Básico
8,4-9,0	Ligeramente alcalino
9,0-10,0	Alcalino
>10,0	Fuertemente alcalino

Para las diferentes muestras se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 7. Resultados del carácter de cada muestra según el pH.

Muestra 1		
Horizonte	**pH**	**Carácter**
Horizonte 1	8	Básico
Horizonte 2	8,23	Básico
Muestra 2		
Horizonte	**pH**	**Carácter**
Horizonte 1	8,38	Básico
Horizonte 2	8,26	Básico

4.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo es una medida de la capacidad del suelo de conducir corriente eléctrica, directamente relacionada con la concentración y composición de las sales disueltas en su solución. Se expresa normalmente en deciSiemens por metro (dS/m) y se determina mediante un conductivímetro. Este parámetro permite estimar la salinidad del suelo. Una elevada salinidad reduce el potencial osmótico y el potencial hídrico del suelo, dificultando la absorción de agua y nutrientes por plantas, afectando al rendimiento vegetal y pudiendo generar condiciones tóxicas para la vegetación y los microorganismos edáficos cuando alcanza niveles altos.

Tabla 8. Clasificación de suelos dependiendo de la conductividad eléctrica y sus efectos. Fuente: USDA (2003)

Conductividad (dS/m)	Tipo de suelo	Efectos
0-2	No salino	Sin efectos
2-4	Ligeramente salino	Afecta negativamente al crecimiento
4-8	Salino	Puede causar problemas de crecimiento y productividad.
8-16	Muy salino	Letal para la mayoría de las plantas. Solo sobreviven aquellas que estén adaptadas
>16	Fuertemente salino	Inservible para la gran mayoría de plantas

A continuación, se presenta una tabla con los resultados para cada horizonte.

Tabla 9. Resultados del tipo de suelo según la conductividad (dS/m)

Muestra 1		
Horizonte	**Conductividad (ds/m)**	**Tipo de suelo**
Horizonte 1	0,61	No salino
Horizonte 2	1,91	No salino
Muestra 2		
Horizonte	**Conductividad (ds/m)**	**Tipo de suelo**
Horizonte 1	0,25	No salino
Horizonte 2	1,93	No salino

Con estos datos podemos concluir que el suelo no presentará problemas para el crecimiento de las especies vegetales, debido a que las muestras no presentan salinidad.

4.3 Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es la fracción orgánica compuesta por restos vegetales, animales y microbianos en distintos estados de descomposición, junto con las sustancias resultantes de su transformación biológica. No incluye los compuestos de carbono inorgánicos, como los carbonatos o bicarbonatos. Su origen se debe tanto a la acumulación de residuos biológicos sobre el suelo como a la actividad de los organismos que lo habitan, y constituye un componente esencial que modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Contribuye a mejorar la estructura, la aireación y la retención de agua, aumenta la capacidad de intercambio de nutrientes gracias a sus propiedades coloidales y estimula la actividad microbiana que interviene en los procesos de formación y fertilidad del suelo.

Tabla 10. Clasificación del tipo de suelo según el contenido en materia orgánica. Fuente: Agrinova Science (2022)

Contenido en MO (%)	Tipo de suelo
0-0,60	Extremadamente pobre
0,61-1,2	Pobre
1,21-1,8	Medianamente pobre
1,81-2,4	Mediano
2,41-3,00	Medianamente rico
3,01-4,20	Rico
>4,20	Extremadamente rico

Teniendo en cuenta la clasificación y el contenido de materia orgánica que se ha obtenido en el análisis realizado, las distintas muestras se clasifican de la siguiente manera.

Tabla 11. Contenido de materia orgánica en las muestras.

Muestra 1		
Horizonte	**MO (%)**	**Tipo de suelo**
Horizonte 1	4,76	Extremadamente rico
Horizonte 2	0,44	Extremadamente pobre
Muestra 2		
Horizonte	**MO (%)**	**Tipo de suelo**
Horizonte 1	3,75	Rico
Horizonte 2	0,86	Pobre

4.4 Carbonatos

Los carbonatos son compuestos minerales presentes en el suelo formados por la combinación del ion carbonato con cationes como calcio, magnesio, sodio o potasio, siendo el carbonato cálcico ($CaCO_3$) el más común. Los carbonatos desempeñan un papel fundamental en la regulación del pH y condicionan la disponibilidad de ciertos nutrientes. Pese a esto, su presencia en cantidades elevadas suele indicar suelos con limitaciones para el desarrollo vegetal.

Tabla 12. Clasificación del contenido de carbonatos. Fuente: Cobertera (1993).

Carbonatos totales (%)	Características del suelo
0-2	Insuficiente Ca soluble
2-5	Suficiente Ca, P y Fe soluble
5-12	Suficiente Ca y P, algún problema con el Fe
12-18	Exceso de Ca, algo de P e insuficiente Fe
18-25	Exceso de Ca, insuficiente P y muy insuficiente Fe
>25	Exceso de Ca, muy insuficiente P, Fe y otros

Se han obtenido los siguientes resultados, a través del análisis en laboratorio, clasificando los distintos horizontes como se muestra a continuación.

Tabla 13. Características del suelo según el contenido de carbonatos. Fuente: Cobertera (1993).

Muestra 1		
Horizonte	**Carbonatos (%)**	**Características**
Horizonte 1	27,3	Exceso de Ca, muy insuficiente P, Fe y otros
Horizonte 2	28,5	Exceso de Ca, muy insuficiente P, Fe y otros
Muestra 2		
Horizonte	**Carbonatos (%)**	**Características**
Horizonte 1	49,1	Exceso de Ca, muy insuficiente P, Fe y otros
Horizonte 2	27,8	Exceso de Ca, muy insuficiente P, Fe y otros

Como se puede observar en la Tabla 13, el contenido de carbonatos es muy alto, lo que provoca que la cantidad del resto de nutrientes sea insuficiente, esto puede suponer un problema para la disposición de nutrientes para las plantas, por ello más adelante se analizarán las cantidades de los elementos asimilables en cada muestra.

4.5 Caliza activa

La caliza activa se refiere a la fracción del carbonato cálcico presente en el suelo que se encuentra finamente dividida o en forma coloidal, y que por ello es reactiva y fácilmente disponible para intervenir en los procesos químicos del medio edáfico. Es importante estudiar su presencia ya que su contenido elevado puede provocar clorosis férrica en las plantas, especialmente en especies sensibles, al dificultar la absorción de micronutrientes.

Tabla 14. Porcentaje de caliza activa presente en las muestras.

Muestra 1	
Horizonte	**Caliza activa (%)**
Horizonte 1	5,9
Horizonte 2	5,7
Muestra 2	
Horizonte	**Caliza activa (%)**
Horizonte 1	13,6
Horizonte 2	4,1

Como se puede observar en la Tabla 14, solamente en el caso del Horizonte 1 de la muestra 2 se supera el 10%, lo que podría provocar problemas para las especies vegetales.

4.6 Elementos asimilables

Los elementos del suelo son aquellos nutrientes presentes en el perfil edáfico y que están disponibles para las plantas al encontrarse en formas químicas solubles o intercambiables, excluyendo aquellos que pese a estar en el suelo, permanecen inaccesibles por procesos de fijación, bloqueos químicos o condiciones desfavorables de pH, salinidad u oxidación. El estudio de los elementos asimilables permite evaluar la disponibilidad de nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal y comprender la interacción entre las propiedades químicas del suelo y la nutrición de las plantas.

4.6.1 Fósforo asimilable

El fósforo asimilable es la fracción del fósforo del suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas y utilizada en su metabolismo. A diferencia del nitrógeno, que puede incorporarse por fijación biológica, el fósforo procede exclusivamente de la meteorización de la roca madre. Su disponibilidad depende del pH, la textura, la materia orgánica y los procesos de fijación o precipitación, Es un nutriente esencial para la planta, ya que participa en la formación de ATP, en el desarrollo radicular, en la fotosíntesis y en el transporte de nutrientes.

Tabla 15. Clasificación para la cantidad de fósforo asimilable (ppm). Fuente: Cobertera (1993)

Fósforo (ppm)	Contenido en el suelo
0-1	Contenido muy deficiente
1-3	Contenido deficiente
3-6	Contenido normal
6-10	Contenido alto
>10	Contenido muy alto

En el análisis de laboratorio se han obtenido los siguientes valores de fósforo asimilable en mg/kg, lo que es igual a ppm.

Tabla 16. Contenido de fósforo en las muestras analizadas. Fuente: Cobertera (1993).

Muestra 1		
Horizonte	**Fósforo (ppm)**	**Características**
Horizonte 1	4,8	Contenido normal
Horizonte 2	No detectable	No detectable
Muestra 2		
Horizonte	**Fósforo (ppm)**	**Características**
Horizonte 1	<4	Contenido deficiente
Horizonte 2	No detectable	No detectable

Como se puede observar en la Tabla 16, exceptuando en el horizonte 1 de la muestra 1, que tiene un contenido normal, en el resto de los horizontes el contenido es deficiente, siendo en dos casos tan deficiente que no es ni siquiera detectable.

4.6.2 Potasio asimilable

El potasio asimilable es la fracción del potasio del suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas, encontrándose en la solución del suelo o en formas intercambiables fácilmente liberables. Aunque la mayor parte del potasio total se encuentra en minerales primarios no disponibles, solo una pequeña proporción constituye esta fracción útil para el cultivo. El potasio desempeña funciones esenciales como la activación enzimática, la síntesis de carbohidratos y proteínas y la regulación del balance hídrico, mejorando la resistencia a la sequía, heladas y salinidad.

Tabla 17. Clasificación para la cantidad de potasio (ppm). Fuente Cobertera (1993).

Potasio (ppm)	Contenido en el suelo
0-50	Contenido muy deficiente
50-100	Contenido deficiente
100-150	Contenido normal
150-200	Contenido alto
>200	Contenido muy alto

Tabla 18. Contenido de potasio (ppm) en las muestras analizadas. Fuente: Cobertera (1993)

Muestra 1		
Horizonte	**Potasio (ppm)**	**Características**
Horizonte 1	255	Contenido muy alto
Horizonte 2	113	Contenido normal
Muestra 2		
Horizonte	**Potasio (ppm)**	**Características**
Horizonte 1	166	Contenido alto
Horizonte 2	63	Contenido deficiente

Como se puede observar en los resultados de la Tabla 18, los horizontes superiores tienen un contenido alto o muy alto de fósforo, mientras que los horizontes inferiores tienen un contenido normal e incluso deficiente. Esta distribución es coherente con el comportamiento habitual del fósforo que es poco móvil.
Estos niveles indican que los horizontes superiores presentan un suelo fértil y con buena capacidad de desarrollo vegetal, ya que las raíces jóvenes acceden a esta zona. Además, en principio no sería necesario realizar una fertilización.

4.6.3 Calcio asimilable

El calcio asimilable representa la fracción del calcio presente en el suelo que se encuentra en formas disponibles para ser absorbidas por las raíces de las plantas, principalmente como cationes Ca^{2+} en la solución del suelo o adsorbidos en el complejo de cambio. Este elemento procede fundamentalmente de la meteorización de rocas y minerales del suelo,

y es un nutriente esencial para el crecimiento radicular, la formación y estabilidad de las membranas celulares y el mantenimiento del equilibrio iónico dentro de las células.

La clasificación propuesta por Andrades y Martínez (2002) en un estudio llevado a cabo por la Universidad de la Rioja es la siguiente.

Tabla 19. Niveles de calcio asimilable. Fuente: Andrades y Martínez (2002).

Calcio (meq/100 g)	Contenido en el suelo
<5	Muy bajo
5-10	Bajo
10-20	Medio
20-30	Alto
>30	Muy alto

En el análisis se han obtenido los siguientes resultados.

Tabla 20. Contenido de calcio (meq/100g) en las muestras analizadas. Fuente: Andrades y Martínez (2002).

Muestra 1		
Horizonte	**Calcio (meq/100g)**	**Clasificación**
Horizonte 1	42,3	Muy alto
Horizonte 2	58,8	Muy alto
Muestra 2		
Horizonte	**Calcio (meq/100g)**	**Clasificación**
Horizonte 1	40,2	Muy alto
Horizonte 2	58,9	Muy alto

Como se observa en los resultados, el contenido de calcio es muy alto en todos los horizontes, por lo que no se necesitará ningún aporte externo de este nutriente.

4.6.4 Magnesio asimilable

Fracción del magnesio presente en el suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas en forma de cationes Mg^{2+}, ya sea disuelto en la solución del suelo o adsorbido en el complejo de cambio. Este elemento, no se encuentra libre en la naturaleza, sino formando parte de diversos minerales silicatados y carbonatados liberados por procesos de meteorización. El magnesio resulta un componente fundamental para los procesos de fotosíntesis y fijación del CO_2. Además, interviene en numerosas reacciones enzimáticas relacionadas con la transferencia y almacenamiento de energía y en la síntesis de compuestos orgánicos vitales para el crecimiento vegetal.

Tabla 21. Niveles de magnesio asimilable (meq/100g). Fuente: Andrades y Martínez (2002)

Magnesio (meq/100 g)	Clasificación
<0,4	Muy bajo
0,4-0,8	Bajo
0,8-1,6	Adecuado
1,6-3	Alto
>3	Muy alto

Tabla 22. Contenido de magnesio (meq/100g) en las muestras analizadas. Fuente: Andrades y Martínez (2002).

Muestra 1		
Horizonte	**Magnesio (meq/100g)**	**Clasificación**
Horizonte 1	2,11	Alto
Horizonte 2	0,86	Adecuado
Muestra 2		
Horizonte	**Magnesio (meq/100g)**	**Clasificación**
Horizonte 1	3,24	Muy alto
Horizonte 2	1,51	Adecuado

Como se puede observar en la Tabla 22, el contenido de magnesio es alto y muy alto en los horizontes superiores y adecuado en los inferiores, por lo que no se necesitará una aportación extra.

4.6.5 Relación entre magnesio con potasio y calcio

Es importante estudiar esta relación porque los desequilibrios entre ellos pueden dar lugar a bloqueos de otros nutrientes y antagonismos.

Tabla 23. Relación entre magnesio con potasio y calcio. Fuente: Andrades y Martínez (2002).

Relación	Intervalo	Clasificación
K/Mg	0,2-0,5	Correcto
K/Mg	>0,5	Carencia de magnesio o exceso de potasio
K/Mg	<0,2	Carencia de potasio o exceso de magnesio
Ca/Mg	5	Correcto
Ca/Mg	>10	Carencia de magnesio

Tabla 24. Relaciones entre Mg, K y Ca. Fuente: Andrades y Martínez (2002).

Muestra 1					
Horizonte	**Magnesio**	**Potasio**	**Calcio**	**K/Mg**	**Ca/Mg**
Horizonte 1	2,11	0,65	42,3	0,31	20,05
Horizonte 2	0,86	0,29	58,8	0,34	68,37
Muestra 2					
Horizonte	**Magnesio**	**Potasio**	**Calcio**	**K/Mg**	**Ca/Mg**
Horizonte 1	3,24	0,42	40,2	0,13	12,41
Horizonte 2	1,51	0,16	58,9	0,11	39,01

En la Tabla 24 se puede observar que los horizontes de la muestra 1 presentan una relación entre K y Mg correcta, mientras que los horizontes de la muestra 2 presentan una carencia de potasio o exceso de magnesio. En cuanto a la relación de Ca y Mg, todos los horizontes presentan una carencia de magnesio.

4.6.6 Nitrógeno

El nitrógeno constituye el principal motor del crecimiento vegetal, siendo absorbido del suelo en forma de nitrato o amonio, y en el interior de la planta se combina con compuestos derivados del metabolismo de los carbohidratos para sintetizar aminoácidos y proteínas. Al ser un componente esencial de las proteínas, el nitrógeno participa en todos los procesos vitales del desarrollo vegetal, influyendo directamente en la formación de tejidos, el crecimiento y la productividad.

Tabla 25. Clasificación del contenido de nitrógeno. Fuente: Cobertera (1993)

Nitrógeno (%)	**Calificación**
0-0,05	Muy deficiente
0,05-0,1	Algo deficiente
0,1-0,2	Normal
0,2-0,4	Bien provisto
>0,4	Muy bien provisto

Tabla 26. Contenido de nitrógeno en las muestras. Fuente: Cobertera (1993).

Muestra 1		
Horizonte	**Nitrógeno(%)**	**Calificación**
Horizonte 1	0,32	Bien provisto
Horizonte 2	0,03	Muy deficiente
Muestra 2		
Horizonte	**Nitrógeno(%)**	**Calificación**
Horizonte 1	0,20	Normal/Bien provisto
Horizonte 2	0,06	Algo deficiente

Como puede observarse en los datos del análisis, los horizontes superiores tienen una cantidad adecuada de nitrógeno, mientras que los horizontes inferiores tienen cantidades bastante deficientes.

5. Índices de erosionabilidad

La erosionabilidad del suelo es la susceptibilidad que representa un terreno a ser afectado por los procesos erosivos, en función de sus características físicas, químicas y estructurales. Este concepto refleja la facilidad con que las partículas del suelo pueden desprenderse y ser transportadas por el agua o el viento, lo que provoca la pérdida progresiva de la capa fértil. A partir de los datos obtenidos en los análisis edáficos es posible estimar índices de erosionabilidad que permiten cuantificar el grado de vulnerabilidad del terreno y orientar las medidas de conservación y manejo sostenible del suelo.

5.1 Índice de Bouyoucos

Parámetro que permite estimar la susceptibilidad del suelo a la erosión a partir del grado de cohesión existente entre las partículas que lo componen, considerando su distribución granulométrica. Los suelos con mayor contenido de fracciones finas y cohesivas presentan menor erosionabilidad, mientras que aquellos con texturas gruesas o baja cohesión interna son más propensos a la pérdida de material por acción del agua o el viento.

Este índice cuantifica el nivel de estabilidad estructural del suelo frente a procesos erosivos, permitiendo la evaluación de la erosión potencial.

$$I_{Bouyoucos} = \frac{\%\ Arena + \%\ Limo}{\%\ Arcilla}$$

Utilizando esta fórmula se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 27. Índice de Bouyoucos para los horizontes analizados. Fuente: Itagra

Muestra 1				
Horizonte	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Índice de Bouyoucos
Horizonte 1	44,72	28	27,28	2,67
Muestra 2				
Horizonte	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Índice de Bouyoucos
Horizonte 1	33,72	37	29,28	2,42

Se calcula para los datos de horizontes superficiales, no la parte orgánica, ya que el primero recibe el impacto de la lluvia y los resultados no serán óptimos.

Debido a que ambos presentan un índice superior a 2, se puede decir que ambos son susceptibles a ser erosionables.

5.2 Índice SEI

El índice de erosión se determina a partir del análisis de tres propiedades del suelo, textura, profundidad y pedregosidad, cuyos valores combinados permiten evaluar la susceptibilidad del terreno a los procesos erosivos. Se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo.

$$SEI = °Textura * °Profundidad * °Pedregosidad$$

Para obtener los grados de textura, profundidad y pedregosidad se utilizan las siguientes clasificaciones dispuestas por Almorox et al. (1994).

Tabla 28. Grado de textura según la textura del suelo. Fuente: Almorox et al.,1994

Grado de textura	Tipo	Textura
1	Ligeramente erosionable	Arcillosa, arcillosa-arenosa, arcillosa-limosa
2	Moderadamente erosionable	Franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa, franco-arcillo-limosa, arenosa-franca o arenosa
3	Altamente erosionable	Franca, franca-limosa, limosa o franco-arenosa

Tabla 29. Grado de profundidad según la profundidad del suelo. Fuente: Almorox et al.,1994

Grado de profundidad	Tipo	Profundidad (cm)
1	Ligeramente erosionable	>75
2	Moderadamente erosionable	25-75
3	Altamente erosionable	<25

Tabla 30. Grado de pedregosidad según la cobertura. Fuente: Almorox et al., 1994

Grado de pedregosidad	Tipo	% de cobertura
1	Protegido	>10
2	No protegido	<10

Tabla 31. Resultados índice de erosión para los horizontes analizados. Fuente: Itagra

Muestra 1				
Horizonte	**°Textura**	**°Profundidad**	**°Pedregosidad**	**SEI**
Horizonte 1	2	2	2	8
Muestra 2				
Horizonte	**°Textura**	**°Profundidad**	**°Pedregosidad**	**SEI**
Horizonte 1	2	2	2	8

Ambos horizontes presentan un índice de erosión alto, con un valor de 8.

6. Conclusión

El estudio edafológico realizado mediante el análisis de las muestras obtenidas en las dos calicatas realizadas pone de manifiesto unas condiciones edáficas acordes con el estado de degradación y erosión de la ladera objeto de restauración. Los suelos presentan horizontes poco desarrollados, especialmente en la primera calicata, donde el horizonte superficial apenas alcanza los 5 cm, lo que refleja la pérdida de suelo fértil. La textura franco-arcillosa de los horizontes superiores favorece cierta capacidad de retención de agua y nutrientes, aunque los horizontes inferiores, de textura franco-arenosa, implican una menor capacidad de almacenamiento hídrico y de fijación de cationes.

Los valores de pH oscilan entre 8 y 8,4, representando suelos básicos, con un exceso de calcio y un contenido insuficiente de fósforo, hierro y otros micronutrientes, lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes esenciales para la vegetación. El alto contenido de caliza activa en uno de los horizontes podría dificultar el desarrollo de determinadas especies sensibles a la alcalinidad. A nivel fértil, los horizontes superficiales presentan una buena dotación de materia orgánica y nitrógeno, mientras que los inferiores son pobres, mostrando la pérdida progresiva de calidad edáfica con la profundidad.

En cuanto a la estructura química, se observa un desequilibrio en las relaciones entre calcio, magnesio y potasio, con una tendencia general a la carencia de magnesio, lo que puede afectar la nutrición vegetal.

Los índices de Bouyoucos superiores a 2 y un SEI de 8 confirman una alta susceptibilidad a la erosión, coherente con la falta de cubierta vegetal y la exposición del suelo a procesos de escorrentía superficial.

En conjunto, los resultados reflejan un suelo degradado, con desequilibrios nutricionales, horizontes superficiales muy limitados y elevada vulnerabilidad a la erosión. Estas condiciones respaldan la necesidad de actuar y realizar una restauración que favorezca la retención del suelo, la mejora de la estructura y fertilidad edáfica y la recuperación de la cubierta vegetal protectora.

7. Referencias bibliográficas

AGRI Nova Science (s.f). La utopía del 5% de la materia orgánica. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/

Andrades Rodríguez, M. (2012). *Prácticas de edafología y climatología*. Logroño: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.

Andrades, M., & Martínez, M. E. (2022). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen* (4ª ed.). Logroó: Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.

FAO & IFA. (2005). *Los fertilizantes y su uso: Guía de bolsillo para la utilización eficiente de los fertilizantes.* Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

FAO & UNESCO. (1981). *Soil map of the world. Volume V: Europe*. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

FAO (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2014: Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. *Informes sobre recursos mundiales de suelos*. FAO.

FAO. (s.f). *El suelo: diferencias según su aspecto físico y químico*. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/4/ah645s/ah645s04.htm

FAO. (s.f). *Mapa mundial de suelos de FAO/UNESCO. Portal de Suelos de la FAO*. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faounesco/es/

FAO (s.f). *Clasificación de suelos. Portal de Suelos de la FAO*. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/

Infoagro. (s.f). Elementos del suelo esenciales para las plantas. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://www.infoagro.com/documentos/elementos_del_suelo_esenciales_plantas.asp

Instituto Geográfico Nacional (IGN). (s.f). Suelos. Atlas Nacional de España. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://atlasnacional.ign.es/wane/Suelos

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (ITACyL). (s.f). Mapa de suelos de Castilla y León. Recuperado el 25 de octubre de 2025, de https://suelos.itacyl.es/mapas

Oria de Rueda y Salgueiro, J. A. (2018). *Historia de los bosques y de la naturaleza de Palencia.*

Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R. M., Prada Sáez, M. A., & Serrada Hierro, R. (Coords). (2021). *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal* (Tomo 1). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Universidad de Granada (2006). *Ministerio de Medio Ambiente: Provincia de Granada*.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo III. Estudio geológico

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO III ESTUDIO GEOLÓGICO

1. Encuadre geológico 1
2. Descripción geológica 2
3. Descripción litológica 5
4. Conclusión 6
5. Referencias bibliográficas 7

1. Encuadre geológico

El Cerrato Palentino se localiza en el sector suroriental de la provincia de Palencia, integrándose en la zona central de la Cuenca del Duero, una depresión terciaria cuyo relleno sedimentario se formó durante el Neógeno. Tras el tránsito de un régimen marino a otro continental al final del Cretácico (Fase Larámica), la cuenca comenzó a rellenarse mediante sistemas fluviales y abanicos aluviales procedentes de los bordes montañosos. Durante el Mioceno medio (Astaraciense–Vallesiense) se desarrollaron extensos sistemas lacustres y palustres de naturaleza carbonatada-yesífera, origen de los materiales calizos y yesosos que hoy afloran en el Cerrato. Posteriormente, los movimientos tectónicos de dirección NE–SO y NO–SE generaron una estructuración en bloques (anticlinales y sinclinales) que condicionó la disposición de los sedimentos y la morfología actual. El topónimo "Cerrato", derivado del latín cirratus ("tierras onduladas o cerrales"), refleja acertadamente el carácter montuoso y tabular de su relieve.

Las calizas pontienses del Mioceno superior constituyen el techo resistente de los amplios páramos tabulares, que superan habitualmente los 900 m de altitud y contrastan con las laderas margosas y yesíferas que descienden hacia los valles fluviales del Pisuerga, Carrión y Arlanza, situados en torno a los 720 m. Este contraste altitudinal y litológico, unido a la incisión fluvial iniciada en el Plioceno por la red atlántica, ha dado lugar al relieve característico del Cerrato: páramos calizos, cuestas abruptas y valles fértiles.

El desmantelamiento erosivo y la pérdida de la vegetación natural han acentuado la escorrentía superficial y los procesos erosivos, mientras que los fondos de valle albergan suelos más profundos y productivos. En conjunto, el Cerrato palentino constituye un ejemplo representativo de la morfología tabular miocena de la Cuenca del Duero**,** donde la interacción entre la litología yesífera, la tectónica neógena y la erosión fluvial ha configurado el paisaje actual de páramos y valles encajados. (IGME, s.f)



Figura 1. Relieve propio del Cerrato palentino. Fuente: https://www.calidadrural.es/cerrato-palentino/

La zona de estudio se encuentra enclavada en la provincia de Palencia, en el término municipal de Reinoso de Cerrato, perteneciente a la comarca natural de Valles de Cerrato y asentado sobre la cuenca hidrográfica del Duero.

El municipio de Reinoso de Cerrato cuenta con una formación geológica típica de la comarca del Cerrato y cuenta con la cota más alta a 889 metros localizado en el pago denominado Monte Reinoso en el páramo de Barrio y la cota inferior a 725 metros junto al río Pisuerga.

En cuanto a la información tectónica de la ladera, obtenida del Mapa Geológico de España, se identifican dos tipos de contactos geológicos que marcan una diferencia entre la composición y disposición de los materiales presentes. En la parte inferior de la ladera, donde las altitudes son más bajas, se localiza un contacto discordante, que señala una discontinuidad entre las unidades geológicas, mientras que, en la zona superior de la ladera, el contacto es concordante, lo que indica que los estratos están paralelos entre sí, de forma continua y sin interrupciones en la sedimentación. Esto implica que los materiales de la ladera no son continuos o paralelos, existiendo cambios en las características litológicas, edad o tipo de los materiales.

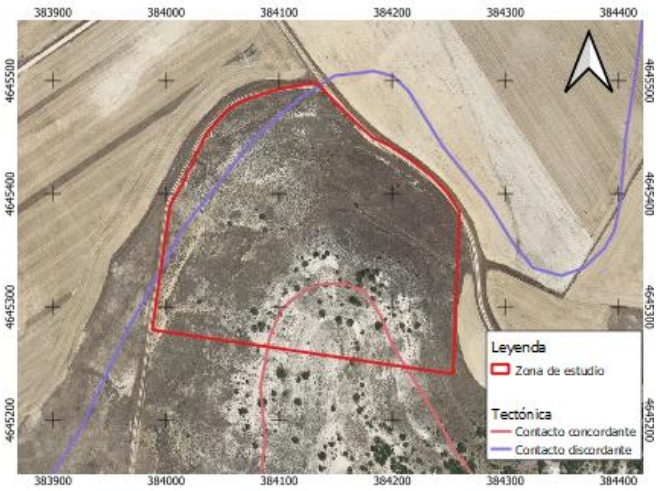


Figura 2. Tipos de contactos entre las placas tectónicas en la zona del proyecto. Fuente: IGME (Instituto Geológico y Minero de España)

2. Descripción geológica

Para el estudio de la geomorfología de la zona del proyecto, se utiliza el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) realizado entre 1972 y 2003, elaborado por el Instituto Geológico y Minero de España. En el caso del presente proyecto, la zona de estudio se encuentra en la hoja 312 (Baltanás).

El mapa geológico trabaja sobre una base topográfica y muestra la distribución, características y la relación de los distintos materiales que afloran en la superficie. De esta manera se analiza tanto la disposición espacial como las conexiones y cronologías entre los distintos cuerpos rocosos, complementando la información con cortes geológicos, perfiles estratigráficos o leyendas.

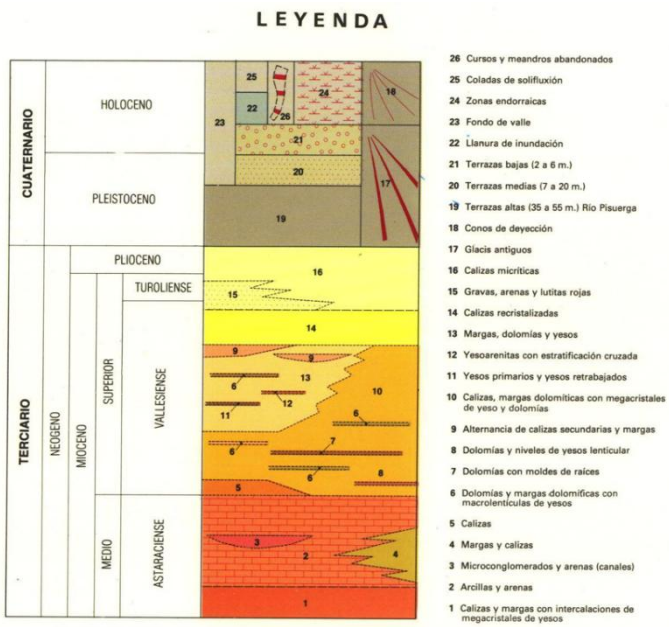


Figura 3. Leyenda mapa geológico hoja 312 (Baltanás). Fuente: IGME

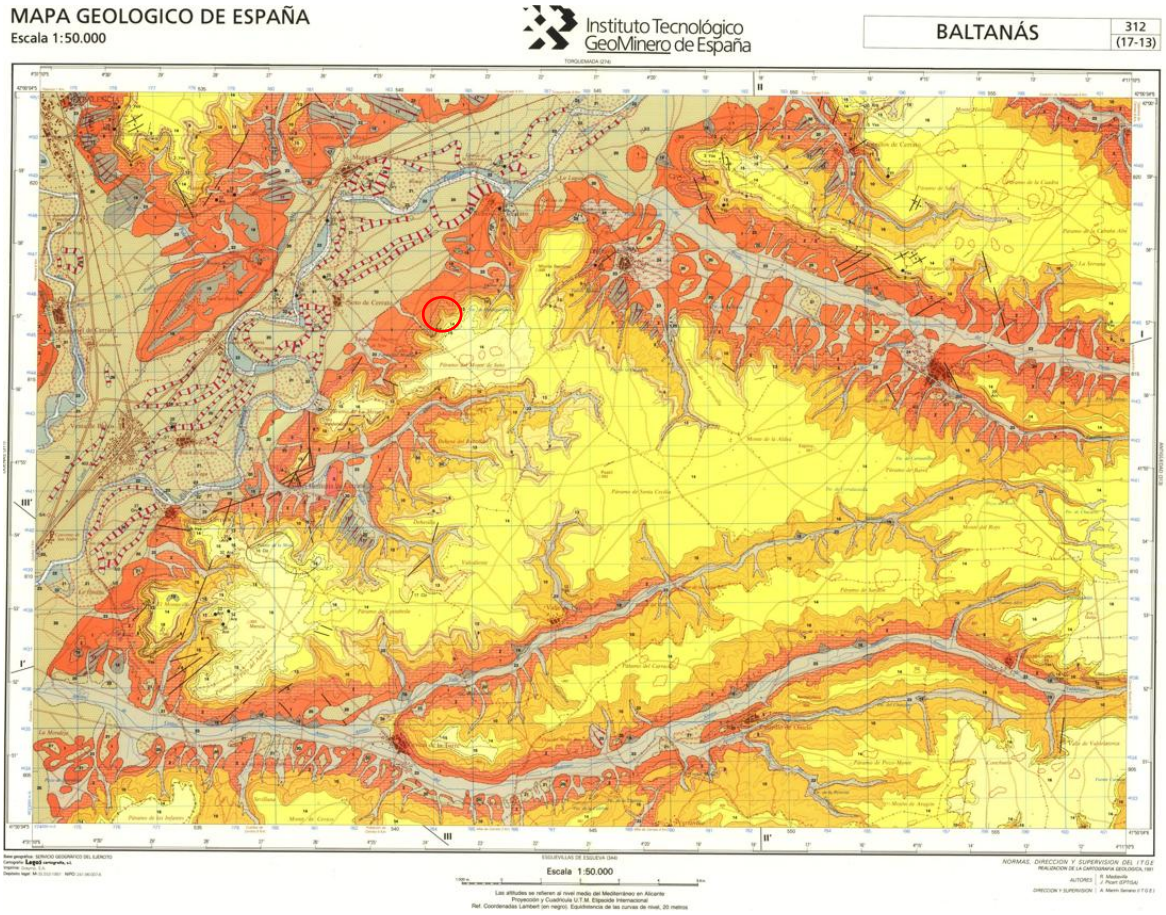


Figura 4. Mapa geológico de la hoja 312 (Baltanás) con la zona del proyecto señalada en rojo. Fuente: IGME

La zona de estudio está conformada por cuatro tipos de formaciones geológicas desarrolladas en el Terciario:

- Calizas y margas con intercalaciones de megacristales de yeso (1): formada por arcillas, margas y calizas, y con abundante presencia de cristales de yeso. Las arcillas son de composición illítica y arcillas neoformadas, mientras que las calizas son biomicritas o micritas fosilíferas.
- Arcillas y arenas (2): formada por arenas, limos y arcillas de tonos ocres. Las arenas presentan una composición cuarzofeldespática, rica en fragmentos líticos, mientras que las arcillas están compuestas por illita en su mayoría.
- Calizas (5): se presentan en bancos, compuestos por biomicritas ricas en gasterópodos, caráceas y dientes de peces.
- Calizas, margas dolomíticas con megacristales de yeso y dolomías (10): formada por margas y margas yesíferas de tonos claros, con numerosos niveles de calizas, dolomías y yesos.

Para ampliar la descripción geológica de la zona se utiliza el Visor del IGME (Instituto Geológico y Minero de España) y la capa Geológico continuo 1:50.000 (GEODE).

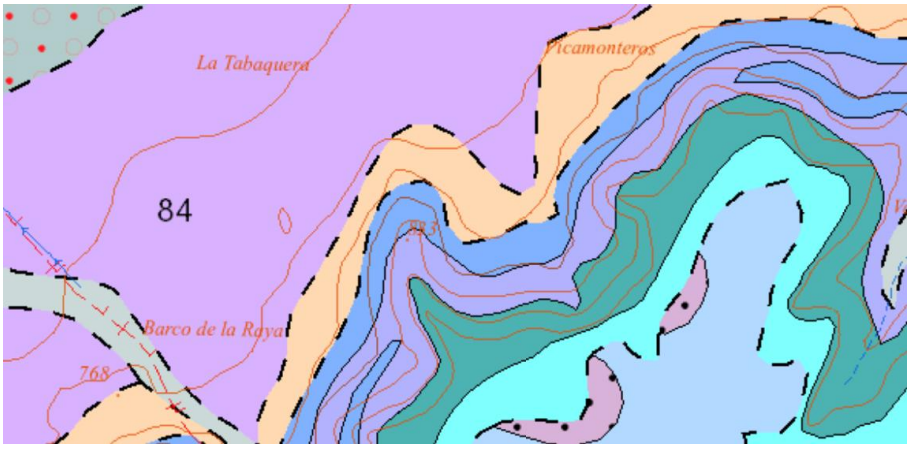


Figura 5. Descripción geológica de la zona de estudio. Visor del Instituto Geológico y Minero de España https://info.igme.es/visor/

Los recintos geológicos en este mapa y que forman parte de la zona de estudio son los siguientes:

- Limos, arcillas y arenas ocres, con intercalaciones de paleocanales y suelos calcimorfos. Facies Tierra de Campos.
- Calizas (con moldes de raíces y gasterópodos) y/o dolomías, con intercalaciones margosas, calizas “intracuestas” y calizas de arevalo.
- Margas y yesos, con intercalaciones de arcillas, margocalizas y, a veces, dolomías, facies cuestas margo-yesíferas.
- Calizas, margas y dolomías, con sendomorfos de cristales diagenéticos de yesos.

3. Descripción litológica

La litología es la parte de la geología que estudia las características y los tipos de rocas que existen, se trata de una representación de las formaciones y de los materiales geológicos presentes en el territorio. Su importancia radica en su función como sustrato base para la formación de los suelos, debido a que estos deberán sustentar las especies vegetales de la repoblación. Por ello, resulta ser un factor condicionante en un proyecto de repoblación como el qué se está realizando y por tanto su estudio resulta imprescindible para llevar a cabo las actuaciones.

Para conocer la litología en la zona de estudio se ha utilizado la capa de formaciones litológicas del visor IDECYL (*Visor SIG*, s. f.), perteneciente al Mapa Geológico de Castilla y León, desarrollado por la Junta de Castilla y León.

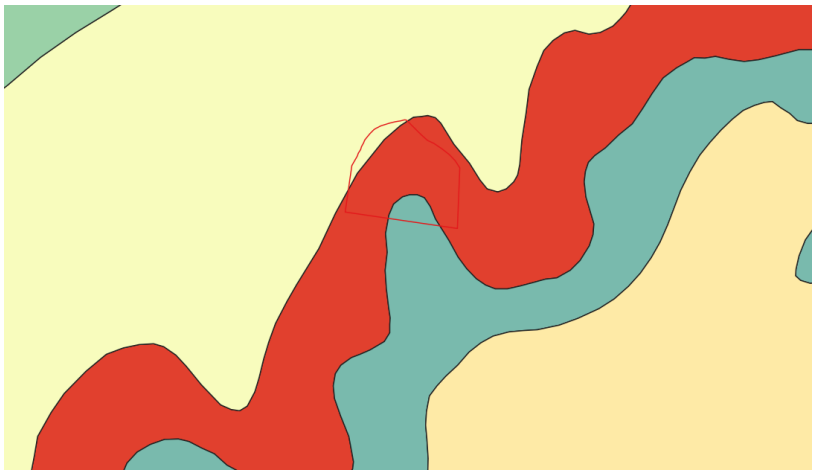


Figura 6. Capa de formaciones litológicas del Mapa Geológico de Castilla y León. Fuente: IDECYL

A partir de esta información se ha elaborado el Plano 4 titulado Litología, en el que se pueden apreciar las formaciones litológicas en la zona del proyecto, siendo en este caso tres litotipos distintos.

Tabla 1. Información de los litotipos que aparecen en la zona del proyecto. Fuente: Capa de formaciones litológicas del Mapa Geológico de Castilla y León (IDECYL).

Código	Era	Período	Litotipo
910062	Cenozoico	Eoceno-Oligoceno	Calizas, calizas detríticas, margocalizas y margas blancas
910064	Cenozoico	Mioceno medio-superior	Arcillas y limos, areniscas, microconglomerados, areniscas y margas
910065	Cenozoico	Mioceno superior	Margas, arcillas margosas, niveles calcáreos y yesíferos

4. Conclusión

El estudio geológico resulta fundamental para la planificación de una repoblación, ya que las características del sustrato condicionan la disposición, desarrollo y estabilidad de la vegetación. En el caso de estudio, el terreno presenta una notable heterogeneidad litológica, propia de los materiales terciarios que conforman el Cerrato palentino, donde alternan calizas, margas, arcillas, arenas y yesos. Esta complejidad determina un mosaico edáfico con variaciones en la textura, permeabilidad, capacidad de retención de agua, salinidad y profundidad del suelo.

Las formaciones calizas y dolomíticas, con gran presencia en la zona, generan suelos poco profundos, pedregosos y bien drenados, que favorecen a las especies xerófitas y calcícolas. En contraste, las zonas con margas, arcillas o limos poseen mayor retención de agua, aptas para especies con mayor demanda hídrica. La presencia de niveles yesíferos o de cristales de yeso puede limitar el desarrollo radicular y afectar a la disponibilidad de agua y nutrientes.

Este estudio permite definir zonas de aptitud variable para la implantación de especies, optimizando la restauración forestal y garantizando su viabilidad a largo plazo.

5. Referencias bibliográficas

IGME (s.f) *MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA Escala 1 :50.000 SE INCLUYE MAPA GEOMORFOLOGICO A LA MISMA ESCALA BALTANÁS*.

Visor SIG. (s. f.). Recuperado 15 de septiembre de 2025, de https://idecyl.jcyl.es/vcig/

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo IV. Estudio de la fauna

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO IV. ESTUDIO DE LA FAUNA

1. Introducción 1
2. Inventario Español de Especies Terrestres 1
3. Cotos cinegéticos en la zona del proyecto 5
4. Zonas de protección de Red Natura 2000 6
5. Inventario según observación directa 8
6. Especies amenazadas 10
7. Incidencia del proyecto sobre la fauna 14
8. Incidencia de la fauna sobre el proyecto 14
9. Referencias bibliográficas 16

1. Introducción

El estudio de la fauna se realiza para conocer las especies que habitan en la zona del proyecto y determinar cómo puede afectar el proyecto a la fauna y la fauna al proyecto. De estas afecciones depende el éxito o fracaso de la restauración.

Para este estudio se realiza un inventario faunístico mediante la consulta de información del Inventario Español de Especies Terrestres y del coto cinegético "La Atalaya" y la observación directa de restos en la zona de estudio.

2. Inventario Español de Especies Terrestres

Según el Inventario Español de Especies Terrestres (2015), el proyecto se encuentra localizado en la cuadrícula 30UTM84 y tiene la presencia de 115 especies:

Tabla 1. Listado de anfibios presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

Nombre científico	Nombre común	Familia
Pelophylax perezi	Rana común	Ranidae

Tabla 2. Listado de aves presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

	Nombre científico	Nombre común	Familia
AVES	*Accipiter gentilis*	Azor común	Accipitridae
	Accipiter nisus	Gavilán común	Accipitridae
	Buteo buteo	Busardo ratonero	Accipitridae
	Circus cyaneus	Aguilucho pálido	Accipitridae
	Circus pygargus	Aguilucho cenizo	Accipitridae
	Hieraaetus pennatus	Águila calzada	Accipitridae
	Milvus migrans	Milano negro	Accipitridae
	Aegithalos caudatus	Mito común	Aegithalidae
	Alauda arvensis	Alondra común	Alaudidae
	Calandrella brachydactyla	Terrera común	Alaudidae
	Galerida cristata	Cogujada común	Alaudidae
	Galerida theklae	Cojugada montesina	Alaudidae
	Lullula arborea	Alondra totovía	Alaudidae
	Melanocorypha calandra	Calandria común	Alaudidae
	Anas platyrhynchos	Ánade azulón	Anatidae
	Apus apus	Vencejo	Apodidae
	Burhinus oedicnemus	Alcaraván común	Burhinidae

Tabla 2 (cont.). Listado de aves presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

AVES	*Caprimulgus europaeus*	Chotacabras europeo	Caprimulgidae
	Caprimulgus ruficollis	Chotacabras cuellirrojo	Caprimulgidae
	Certhia brachydactyla	Agateador común	Certhiidae
	Charadrius dubius	Chortilejo chico	Charadriidae
	Ciconia ciconia	Cigüeña blanca	Ciconiidae
	Columba palumbus	Paloma torcaz	Columbidae
	Corvus corax	Cuervo grande	Corvidae
	Corvus corone	Corneja negra	Corvidae
	Corvus monedula	Grajilla occidental	Corvidae
	Pica pica	Urraca común	Corvidae
	Streptopelia decaocto	Tórtola turca	Columbidae
	Streptopelia turtur	Tórtola europea	Columbidae
	Cuculus canorus	Cuco común	Cuculidae
	Emberiza calandra	Triguero	Emberizidae
	Emberiza cia	Escribano montesino	Emberizidae
	Emberiza cirlus	Escribano soteño	Emberizidae
	Emberiza hortulana	Escribano hortelano	Emberizidae
	Falco peregrinus	Halcón peregrino	Falconidae
	Falco subbuteo	Alcotán europeo	Falconidae
	Falco tinnunculus	Cernícalo vulgar	Falconidae
	Carduelis cannabina	Pardillo común	Fringillidae
	Carduelis carduelis	Jilguero común	Fringillidae
	Carduelis chloris	Verderón europeo	Fringillidae
	Delichon urbicum	Avión común	Hirundinidae
	Fringilla coelebs	Pinzón vulgar	Fringillidae
	Hirundo rustica	Golondrina común	Hirundinidae
	Lanius excubitor	Alcaudón norteño	Laniidae
	Riparia riparia	Avión zapador	Hirundinidae
	Serinus serinus	Serín verdecillo	Fringillidae
	Anthus campestris	Bisbita campestre	Motacillidae
	Anthus trivialis	Bisbita arbóreo	Motacillidae
	Merops apiaster	Abejaruco europeo	Meropidae
	Motacilla alba	Lavandera blanca	Motacillidae
	Motacilla flava	Lavandera boyera	Motacillidae
	Oriolus oriolus	Oropéndola europea	Oriolidae
	Parus caeruleus	Herrerillo común	Paridae
	Parus major	Carbonero común	Paridae
	Passer domesticus	Gorrión común	Passeridae
	Passer montanus	Gorrión molinero	Passeridae
	Petronia petronia	Gorrión chillón	Passeridae

Tabla 2 (cont.). Listado de aves presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

AVES	*Alectoris rufa*	Perdíz roja	Phasianidae
	Coturnix coturnix	Codorniz común	Phasianidae
	Dendrocopos major	Pico picapinos	Picidae
	Fulica atra	Focha común	Phasianidae
	Gallinula chloropus	Gallineta común	Phasianidae
	Jynx torquilla	Torcecuello euroasiático	Picidae
	Picus viridis	Pito ibérico	Picidae
	Tachybaptus ruficollis	Zampullín común	Podicipedidae
	Asio otus	Búho chico	Strigidae
	Athene noctua	Mochuelo común	Strigidae
	Bubo bubo	Búho real	Strigidae
	Otus scops	Autillo europeo	Strigidae
	Remiz pendulinus	Pájaro moscón europeo	Remizidae
	Acrocephalus scirpaceus	Carricero común	Sylviidae
	Cettia cetti	Ruiseñor bastardo	Sylviidae
	Cisticola juncidis	Buitrón	Sylviidae
	Hippolais polyglotta	Zarcero común	Sylviidae
	Phylloscopus bonelli	Mosquitero papialbo	Sylviidae
	Phylloscopus collybita/ibericus	Mosquitero ibérico	Sylviidae
	Regulus ignicapilla	Reyezuelo listado	Sylviidae
	Sturnus unicolor	Estornino negro	Sturnidae
	Sylvia atricapilla	Curruca capirotada	Sylviidae
	Sylvia borin	Curruca mosquitera	Sylviidae
	Sylvia undata	Curruca rabilarga	Sylviidae
	Troglodytes troglodytes	Chochín paleártico	Troglodytidae
	Erithacus rubecula	Petirrojo europeo	Turdidae
	Luscinia megarhynchos	Ruiseñor común	Turdidae
	Oenanthe hispanica	Collalba rubia	Turdidae
	Oenanthe oenanthe	Collalba gris	Turdidae
	Phoenicurus ochruros	Colirrojo tizón	Turdidae
	Saxicola torquatus	Tarabilla europea	Turdidae
	Turdus merula	Mirlo común	Turdidae
	Tyto alba	Lechuza común	Tytonidae
	Upupa epops	Abubilla común	Upupidae

Tabla 3. Lista de mamíferos presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

	Nombre científico	Nombre común	Familia
MAMÍFEROS	*Canis lupus*	Lobo	Canidae
	Vulpes vulpes	Zorro rojo	Canidae
	Lepus granatensis	Liebre ibérica	Leporidae
	Oryctolagus cuniculus	Conejo común	Leporidae
	Apodemus sylvaticus	Ratón de campo	Muridae
	Microtus arvalis	Topillo campesino	Muridae
	Microtus duodecimcostatus	Topillo mediterráneo	Muridae
	Microtus lusitanicus	Topillo lusitano	Muridae
	Mus musculus	Ratón común	Muridae
	Mus spretus	Ratón moruno	Muridae
	Rattus norvegicus	Rata gris	Muridae
	Lutra lutra	Nutria	Mustelidae
	Meles meles	Tejón	Mustelidae
	Neovison vison	Visón americano	Mustelidae
	Crocidura russula	Musaraña gris	Soricidae
	Neomys anomalus	Musgaño de Cabrera	Soricidae
	Myotis daubentonii	Murciélago ribereño	Vespertilionidae
	Pipistrellus pipistrellus	Murciélago común	Vespertilionidae
	Pipistrellus pygmaeus	Murciélago de Cabrera	Vespertilionidae
	Plecotus austriacus	Murciélago orejudo gris	Vespertilionidae

Aunque en la zona de estudio no existen corrientes permanentes, destaca la presencia del Río Pisuerga a menos de 2.5 km, en la que, como especies de peces autóctonos, se pueden encontrar las siguientes:

Tabla 4. Lista de peces continentales presentes en la zona del proyecto. Fuente: Inventario Español de Especies Terrestres

	Nombre científico	Nombre común	Familia
PECES CONTINENTALES	*Luciobarbus bocagei*	Barbo común ibérico	Cyprinidae
	Chondrostoma arcasii	Bermejuela	Cyprinidae
	Chondrostoma duriense	Boga del Duero	Cyprinidae

Para reunir esta información se ha recurrido a la base de datos del Inventario Español de Especies Terrestres (2015), siendo este una fuente de datos del Ministerio Para La Transición Ecológica y el Reto Demográfico, que recoge la distribución, abundancia y estado de conservación de la fauna y flora terrestre española.

La información viene dada en mallas de 10x10 km, lo que provoca que los datos puedan alejarse de la realidad al no ser demasiado específicos, además muchas de las observaciones fueron realizadas a principios de los años 2000, por lo que la presencia y distribución puede haber cambiado en los últimos años. Se realiza este inventario con el fin de obtener una idea de la posible presencia de ciertas especies.

3. Cotos cinegéticos en la zona del proyecto

La zona del proyecto se encuentra dentro del coto "La Atalaya" con matrícula P-10876, que tiene como titular al club deportivo La Atalaya y cuenta con una superficie de 1600 ha aproximadamente.

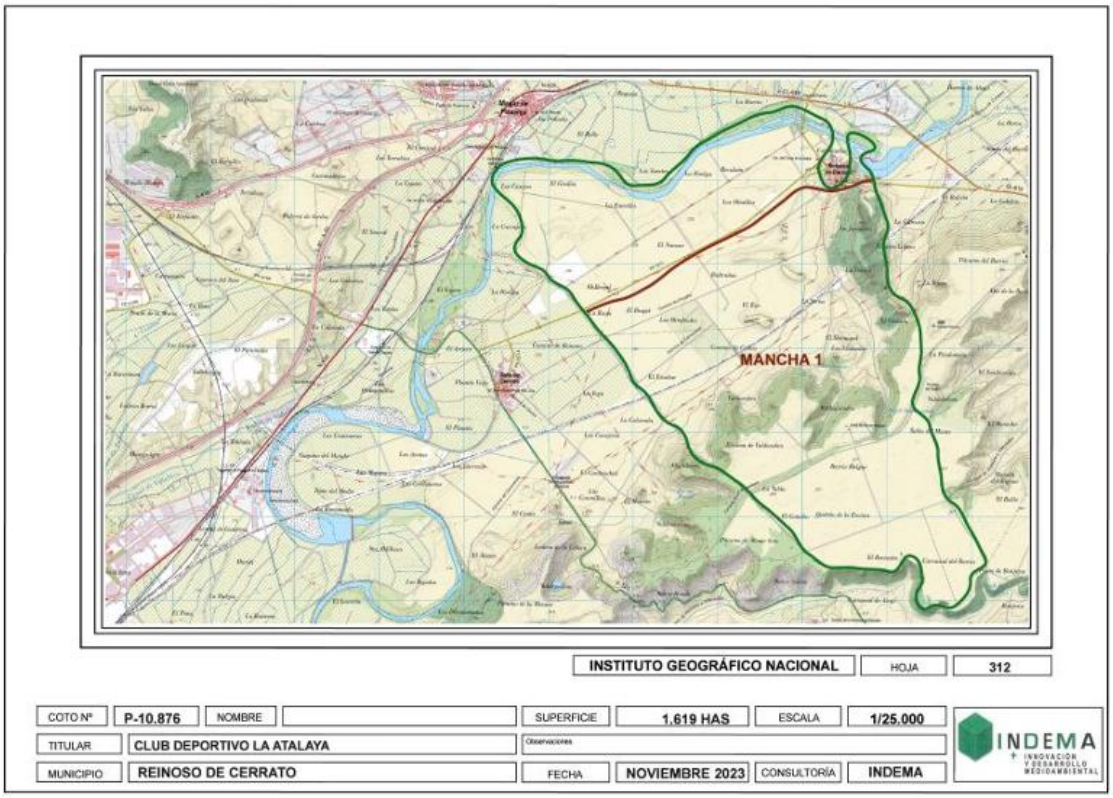


Figura 1. Área del coto de caza "La Atalaya". Fuente: Club Deportivo la Atalaya.

Para obtener la información de las especies que se cazan en el coto, se ha contactado con su presidente. De esta manera se sabe que las especies cinegéticas que se permite cazar en el coto "La Atalaya" son las siguientes:

Tabla 5. Especies presentes en el coto y que son objeto de caza. Fuente: Coto "La Atalaya".

Tipo de caza	Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia
Menor	Mamíferos	*Oryctolagus cuniculus*	Conejo común	Leporidae
Menor	Mamíferos	*Lepus granatensis*	Liebre ibérica	Leporidae
Menor	Aves	*Columba palumbus*	Paloma torcaz	Columbidae
Menor	Aves	*Corvus frugilegus*	Grajo	Corvidae
Menor	Aves	*Pica pica*	Urraca común	Corvidae
Menor	Aves	*Alectoris rufa*	Perdiz	Phasianidae
Menor	Aves	*Coturnix coturnix*	Codorniz	Phasianidae
Menor	Aves	*Scolopax rusticola*	Becada	Scolopacidae
Mayor	Mamíferos	*Capreolus capreolus*	Corzo	Cervidae
Mayor	Mamíferos	*Sus scrofa*	Jabalí	Suidae

Además, también hay ciertas especies que utilizan el terreno del coto como zona de paso, por lo que se les puede observar en la zona. Estas especies no son especies cinegéticas, por lo que no está permitida su caza, debido a que la mayoría están protegidas o se encuentran clasificadas con cierta preocupación.

Tabla 6. Especies de paso por la zona del coto cinegético. Fuente: Coto "La Atalaya"

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia
Mamíferos	*Canis lupus*	Lobo	Canidae
Mamíferos	*Felis silvestris*	Gato montes	Felidae
Mamíferos	*Meles meles*	Tejón	Mustelidae
Mamíferos	*Mustela nivalis*	Comadreja	Mustelidae
Aves	*Aquila adalberti*	Águila imperial	Accipitridae
Aves	*Aquila chrysaetos*	Águila real	Accipitridae
Aves	*Streptopelia decaocto*	Paloma turca	Columbidae
Aves	*Falco tinnunculus*	Cernícalo vulgar	Falconidae
Aves	*Athene noctua*	Mochuelo europeo	Strigidae
Aves	*Bubo bubo*	Búho real	Strigidae
Aves	*Tyto alba*	Lechuza común	Tytonidae

Para el estudio se tendrán en cuenta también las especies de paso, ya que podrían afectar a la repoblación en su paso por la zona, por lo que se considerará su presencia.

4. Zonas de protección de Red Natura 2000

Las Zonas de Especial Conservación o ZEC, son espacios naturales designados por los Estados miembros de la Unión Europea a partir de los Lugares de Importancia Comunitaria o LIC previamente aprobados por la Comisión Europea. Su declaración se enmarca en la Directiva Hábitats, con el objetivo de proteger aquellos lugares que contienen hábitats naturales o especies de alto valor ecológico para el conjunto de la Unión. Un LIC pasa a ser reconocido oficialmente como ZEC una vez que se aprueba y se pone en marcha su plan de gestión y conservación.

La zona donde se realiza el proyecto se encuentra dentro de la Zona de Especial Conservación (ZEC) llamada Montes del Cerrato, con una superficie de 12162 ha.



Figura 2. Mapa de la ubicación de la ZEC "Montes del Cerrato". Fuente: Natura 2000 (https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/sdf/#/sdf?site=ES4140053&release=55)

Las ZEC presentan cierta documentación en la que exponen las especies presentes que necesitan especial atención o conservación, y por las cuales se declaran zonas de especial conservación o zonas de especial protección para aves. En el caso de la ZEC denominada "Montes del Cerrato" dichas especies son las siguientes.

Tabla 7. Especies de aves que requieren cierta atención o conservación en la ZEC "Montes del Cerrato". Fuente: Formulario Oficial de la Red Natura 2000 (2005). Recuperado de: https://rednatura.jcyl.es/natura2000/LIC/Formularios%20oficiales/PDF%20LIC%20resumen/ES4140053.pdf

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia
Aves	*Circaetus gallicus*	Culebrera europea	Accipitridae
Aves	*Circus aeruginosus*	Aguilucho lagunero	Accipitridae
Aves	*Hieraaetus pennatus*	Aguililla calzada	Accipitridae
Aves	*Milvus migrans*	Milano negro	Accipitridae
Aves	*Milvus milvus*	Milano real	Accipitridae
Aves	*Calandrella brachydactyla*	Terrera común	Alaudidae
Aves	*Galerida theklae*	Cogujada montesina	Alaudidae
Aves	*Lululla arborea*	Totovia	Alaudidae
Aves	*Melanocorypha calandra*	Calandria común	Alaudidae
Aves	*Burhinus oedicnemus*	Alcavarán	Burhinidae
Aves	*Caprimulgus europaeus*	Chotacabras gris	Caprimulgidae
Aves	*Charadius morinellus*	Chorlito carambolo	Caradriidae
Aves	*Pluvialis apricaria*	Chorlito dorado	Charadriidae
Aves	*Ciconia ciconia*	Cigüeña blanca	Ciconiidae
Aves	*Emberiza hortulana*	Escribano hortelano	Emberizidae
Aves	*Falco columbarius*	Esmerejón	Falconidae
Aves	*Falco peregrinus*	Halcón peregrino	Falconidae
Aves	*Anthus campestris*	Bisbita campestre	Motacillidae
Aves	*Otis tarda*	Avutarda	Otididae
Aves	*Tetrax tetrax*	Sisón	Otididae
Aves	*Asio flammeus*	Buho campestre	Strigidae
Aves	*Sylvia undata*	Curruca rabilarga	Sylviidae

Tabla 8. Especies de anfibios que requieren cierta atención o conservación de la ZEC "Montes del Cerrato". Fuente: Natura 2000 (2025). Recuperado de: https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/sdf/#/sdf?site=ES4140053&release=55

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia
Anfibios	*Alytes obstetricans*	Sapo partero común	Alytidae
Anfibios	*Bufo calamita*	Sapo corredor	Bufonidae
Anfibios	*Rana perezi*	Rana común	Ranidae

Tabla 9. Especies de mamíferos que requieren cierta atención o conservación de la ZEC "Montes del Cerrato". Fuente: Natura 2000 (2025). Recuperado de: https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/sdf/#/sdf?site=ES4140053&release=55

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia
Mamíferos	*Canis lupus*	Lobo ibérico	Canidae
Mamíferos	*Felis silvestris*	Gato montés europeo	Felidae
Mamíferos	*Mustela putorius*	Turón europeo	Mustelidae
Mamíferos	*Eptesicus serotinus*	Murciélago hortelano	Vespertilionidae
Mamíferos	*Myotis myotis*	Murciélago ratonero	Vespertilionidae
Mamíferos	*Pipistrellus pistrellus*	Murciélago común	Vespertilionidae
Mamíferos	*Plecotus austriacus*	Murciélago orejudo gris	Vespertilionidae
Mamíferos	*Genetta genetta*	Gineta	Viverridae

Respecto a las aves se encuentran recogidas en el Anexo I de la Directiva de Aves (Dir. 2009/147/CE) lo que implica que requieren medidas de conservación específicas, así como la protección y gestión adecuada de sus hábitats.

Mientras que las especies de anfibios y mamíferos se encuentran recogidas en el Anexo IV y en el Anexo V de la Directiva de Hábitats (Dir. 92/43/CEE). Esto significa que las incluidas en el Anexo IV necesitan una protección estricta, mientras que las del Anexo V pueden ser objetos de aprovechamiento, siempre que sea de manera sostenible y no comprometa el estado de conservación de las poblaciones.

La única excepción es el murciélago ratonero (*Myotis myotis*), incluido en el Anexo II de la Directiva de Hábitats, cuya conservación requiere la designación de Zonas Especiales de Conservación en las áreas donde se encuentra presente.

Teniendo en cuenta que la ZEC está protegida bajo la Red Natura 2000, es necesario que las actuaciones garanticen la conservación y el no deterioro y recuperación de los valores naturales y hábitats protegidos ya presentes en la zona.

5. Inventario según observación directa

Para completar la información obtenida en las distintas bases de datos, se realizó una salida a campo, en la que se llevó a cabo una identificación indirecta de fauna. Se detectaron restos de excrementos e indicios de actividad animal, lo que permitió confirmar la presencia de diversas especies silvestres que utilizan la zona como lugar de tránsito o alimentación, algunas de ellas fueron lagartijas, conejos, corzos, zorros, topillos, mariposas y hormigas. Además, se constató la existencia de colmenas y actividad de insectos polinizadores.



Figura 3. Restos de excrementos en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia



Figura 4. Restos de excrementos en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia



Figura 5. Culebra escalera observada cerca de la zona de estudio. Fuente: Imagen de Ana García

6. Especies amenazadas

Según la IUCN más de 48.600 especies se encuentran en peligro de extinción, por ello, se establece en 1964 una Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (*IUCN Red List of Threatened Species*, s. f.) en la que se incluye el estado de conservación de especies de animales, hongos y plantas a nivel global, europeo o mediterráneo. Las categorías de esta lista son nueve:

- **Extinto (EX)**: un taxón está Extinto (EX) cuando no queda ninguna duda razonable de que el último individuo existente ha muerto. Se presume que un taxón está Extinto cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y en toda su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas durante un período de tiempo apropiado al ciclo de vida y forma de vida del taxón.
- **Extinto en Estado Silvestre (EW)**: Un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando sólo sobrevive en cultivo, cautividad o como población naturalizada completamente fuera de su distribución original. Se presume que un taxón está Extinto en Estado Silvestre cuando la realización de prospecciones exhaustivas de sus hábitats, conocidos o esperados, en los momentos apropiados (diarios, estacionales, anuales), y en todas su área de distribución histórica, no han podido detectar un solo individuo. Las prospecciones deberán ser realizadas durante un período de tiempo apropiado al ciclo de vida y forma de vida del taxón.
- **En Peligro Crítico (CR)**: Un taxón está En Peligro Crítico (CR) cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para En Peligro Crítico y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción extremadamente alto en estado silvestre.
- **En Peligro (EN)**: un taxón está En Peligro (EN) cuando la mejor evidencia que cumple para cualquiera d ellos criterios de A-E para En Peligro y, por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción muy alto en estado silvestre.
- **Vulnerable (VU)**: un taxón es Vulnerable (VU) cuando la mejor evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios de A-E para Vulnerable, y por consiguiente, se considera que se enfrenta a un riesgo de extinción alto en estado silvestre.
- **Casi amenazado (NT)**: un taxón está Casi Amenazado (NT) cuando ha sido evaluado según los criterios y no satisface, actualmente, los criterios para En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero está próximo a satisfacer los criterios, o posiblemente los satisfaga, en un futuro cercano.
- **Preocupación Menor (LC)**: un taxón se considera de Preocupación Menor (LC) cuando, habiendo sido evaluado, no cumple ninguno de los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado.

- **No Evaluado (NE)**: un taxón es No Evaluado (NE) cuando aún no ha sido evaluado según los criterios.
- **Datos insuficientes (DD)**: un taxón se incluye en la categoría de Datos Insuficientes (DD) cuando no hay información adecuada para hacer una evaluación, directa o indirecta, de su riesgo de extinción basándose en la distribución y/o condición de la población. Un taxón en esta categoría puede estar bien estudiado, y su biología ser bien conocida, pero carecer de los datos apropiados sobre su abundancia y/o distribución.

Listado de especies amenazadas: **Aves**

- *Circus pygargus* (VU)
- *Streptopelia turtur* (VU)
- *Caprimulgus ruficollis* (NT)
- *Alectoris rufa* (NT)
- *Coturnix coturnix* (NT)
- *Fulica atra* (NT)
- *Sylvia undata* (NT)

Listado de especies amenazadas: **Mamíferos**

- *Oryctolagus cuniculus* (NT)
- *Lutra lutra* (NT)
- *Plecotus austriacus* (NT)
- *Rattus norvegicus* (NA)
- *Neovison vison* (NA)

Listado de especies amenazadas: **Peces**

- *Luciobarbus bocagei* (NT)

La mayoría de las especies del Inventario Español de Especies Terrestres para la zona de estudio se encuentran catalogadas con “Preocupación Menor” pero con poblaciones en algunos casos disminuyendo.

De las especies que se encuentran de paso por la zona de estudio según la información obtenida del coto “La Atalaya”, solo la especie *Aquila adalberti* se encuentra en estado Vulnerable, mientras que el resto se encuentran categorizadas como Preocupación Menor a nivel europeo.

Adicionalmente, muchas especies están catalogadas con Preocupación Menor a nivel global o europeo, pero se encuentran amenazadas en el territorio español, como, por ejemplo:

- *Falco tinnunculus*: en peligro. El cernícalo está considerado en el Libro Rojo de las Aves de España (2021) y en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial como una especie en peligro, enfrentándose a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre (*Guía nueva - SEO/BirdLife*, s. f.)

Muchas de ellas se encuentran recogidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas (*Situación actual del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas*, s. f.).

- *Accipiter gentilis*
- *Accipiter nisus*
- *Buteo buteo*
- *Circus cyaneus*
- *Circus pygargus*
- *Hieraaetus pennatus*
- *Milvus migrans*
- *Aegithalos caudatus*
- *Burhinus oedicnemus*
- *Caprimulgus europaeus*
- *Caprimulgus ruficollis*
- *Certhia brachydactyla*
- *Charadrius dubius*
- *Ciconia ciconia*
- *Cuculus canorus*
- *Emberiza cia*
- *Emberiza cirlus*
- *Emberiza hortulana*
- *Falco peregrinus*
- *Falco subbuteo*
- *Falco tinnunculus*
- *Delichon urbicum*
- *Fringilla coelebs*
- *Hirundo rustica*
- *Riparia riparia*
- *Anthus campestris*
- *Anthus trivialis*
- *Merops apiaster*
- *Motacilla alba*
- *Motacilla flava*
- *Oriolus oriolus*
- *Parus major*
- *Petronia petronia*
- *Dendrocopos major*
- *Jynx torquilla*
- *Picus viridis*
- *Tachybaptus ruficollis*
- *Asio otus*
- *Athene noctua*
- *Bubo bubo*
- *Otus scops*
- *Remiz pendulinus*

- *Acrocephalus scirpaceus*
- *Cettia cetti*
- *Cisticola juncidis*
- *Hippolais polyglotta*
- *Phylloscopus bonelli*
- *Phylloscopus collybita/ibericus*
- *Regulus ignicapilla*
- *Sylvia atricapilla*
- *Sylvia borin*
- *Sylvia undata*
- *Troglodytes troglodytes*
- *Erithacus rubecula*
- *Luscinia megarhynchos*
- *Oenanthe hispanica*
- *Oenanthe oenanthe*
- *Phoenicurus ochruros*
- *Saxicola torquatus*
- *Tyto alba* (sus subespecies se encuentran en la LESRPE y en categoría Vulnerable)
- *Upupa epops*
- *Canis lupus*
- *Lutra lutra*
- *Myotis daubentonii*
- *Pipistrellus pipistrellus*
- *Pipistrellus pygmaeus*
- *Plecotus austriacus*
- *Chondrostoma arcasii*

Estas especies entraron en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial en 2011 a través del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. En este listado hay un total de 1010 taxones recogidos, que incluyen especies, subespecies y poblaciones.

De esta manera se realiza una revisión de las categorías de conservación de las especies presentes según las diversas fuentes, desde un rango más amplio, siendo global o europeo, hasta un rango más específico con la revisión de documentación española para tener un mayor conocimiento.

En adición, resulta importante resaltar el proyecto de reintroducción del lince ibérico, que busca que la especie catalogada en peligro crítico pase a una categoría inferior. En este proyecto se evaluaron dos zonas para la reintroducción de la especie, siendo una de ellas en este caso el Cerrato Palentino. Los requisitos alcanzados fueron una buena media de letrinas/km, la abundante población de conejo y la cobertura de matorral. El proyecto se inició con la liberación de seis ejemplares para su desarrollo y evolución.

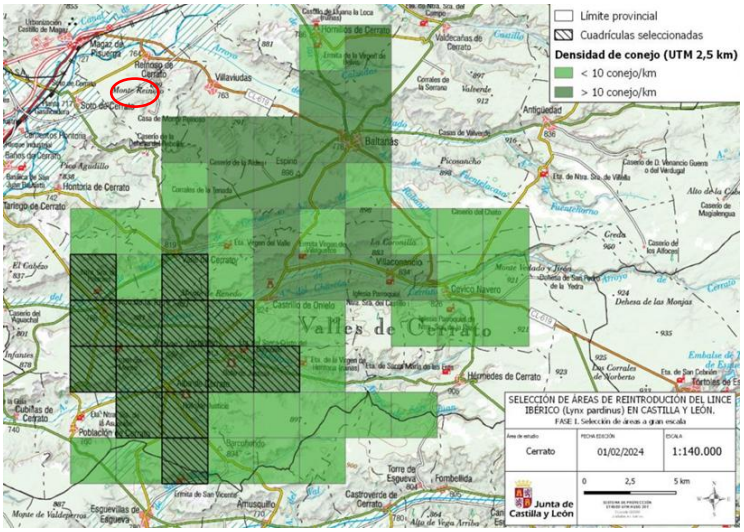


Figura 6. Área de trabajo para el proyecto de introducción de lince ibérico en el Cerrato Palentino (Sur) y zona del proyecto (Rojo). Fuente: Fundación Patrimonio Natural de CyL (2024).

Como se puede observar en la Figura 6, el área seleccionada para la introducción del lince ibérico es la marcada con cuadrículas, que tiene una densidad de conejos/km mayor a 10 y la zona del proyecto se encuentra marcada en rojo. Ambas zonas se encuentran cercanas, lo que podría influir en la presencia de lince en la zona del proyecto.

7. Incidencia del proyecto sobre la fauna

El proyecto busca realizar una mejora ecosistémica en la zona, lo que beneficiaría a la fauna ya presente debido que al implantar especies vegetales autóctonas y palatables, se generarán nuevos refugios y fuentes de alimento para favorecer la permanencia y el aumento de las especies faunísticas, sobre todo en el caso de las especies polinizadoras, que se beneficiarán del aumento de especies con flores y polen. Además, al mejorar la cubierta vegetal y las condiciones de suelo, se estabilizará la ladera y se producirá una mejora de la calidad del hábitat.

8. Incidencia de la fauna sobre el proyecto

Ciertas especies como el corzo, conejo o jabalí podrían poner en riesgo la repoblación debido al consumo o daño de las plántulas en los primeros años de desarrollo.

Uno de los principales problemas es el ramoneo de cérvidos y lepóridos, que pueden afectar a la forma y crecimiento de la planta, y si se produce de forma intensa y repetida podría causar la mortalidad de las plantas jóvenes y en consecuencia el fracaso de la repoblación.

Otros daños producidos en árboles jóvenes son el escodado, descortezado y la roedura de corteza, que pueden afectar al crecimiento y producir la muerte del árbol.

Para evitar estos daños, es conveniente colocar protectores en las plántulas, de tal manera que la planta quede protegida y se evite su posible consumo.

9. Referencias bibliográficas

Unión Europea. (2009). Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. Diario Oficial de la Unión Europea, L 20, 26 de enero de 2010, pág 7-25. https://www.boe.es/doue/2010/020/L00007-00025.pdf

Consejo de las Comunidades Europeas. (1992). Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, L 206, 22 de julio de 1992, pp. 7–50. https://www.boe.es/doue/1992/206/L00007-00050.pdf

Guía nueva - *SEO/BirdLife*. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2025, de https://seo.org/guia-de-aves/

IUCN Red List of Threatened Species. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2025, de https://www.iucnredlist.org/

Situación actual del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas. (s. f.). Recuperado 21 de octubre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-proteccion-especial/ce-proteccion-listado-situacion.html

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo V. Estudio de la vegetación

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO V: ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN

1. Introducción 1
1.1 Contexto ecológico e histórico de la vegetación del Cerrato palentino 1
2. Vegetación actual según visores 2
2.1 Visor ANTHOS 2
2.2 Mapa forestal de España 5
3. Vegetación potencial 5
4. Vegetación actual según observación directa 8
5. Referencias bibliográficas 12

1. Introducción

En esta parte del proyecto se ha llevado a cabo un estudio de la vegetación a partir de distintos métodos. Primero se ha realizado una búsqueda en distintos visores como el visor ANTHOS (*Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España*, s. f.) y en el Mapa Forestal de España (*Mapa Forestal de España (MFE50)*, s. f.) . A continuación, se ha realizado un estudio de la vegetación potencial mediante las Series de Vegetación de Rivas-Martínez (Rivas-Martinez et al., 1987) y por último se ha llevado a cabo una observación directa en la zona del proyecto.

Es importante conocer las especies presentes en la zona para la correcta gestión ambiental y la planificación de las intervenciones. La identificación de las especies presentes permite valorar los recursos ecológicos, preservar la biodiversidad, proteger ciertos hábitats y realizar acciones que eviten la alteración o el deterioro de la cubierta vegetal ya presente.

1.1 Contexto ecológico e histórico de la vegetación del Cerrato palentino

A lo largo del tiempo, la acción conjunta del clima, la geología y las actividades humanas han configurado un mosaico vegetal que refleja la transición entre los ambientes mediterráneos y continentales. Por ello resulta importante contextualizar la situación actual e histórica del Cerrato, para comprender las características de su vegetación y las dinámicas que han modelado su paisaje. Para la descripción se ha consultado la publicación “Los paisajes vegetales de Palencia” de Juan Andrés Oria (Andrés et al., 2015).

La comarca del Cerrato palentino presenta una vegetación de marcado carácter mediterráneo, en la que predominan formaciones adaptadas a suelos calizos, margosos y yesíferos, así como a un clima seco con importantes contrastes térmicos. La vegetación natural original estaba compuesta por encinares (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) y enebrales (*Juniperus thurifera*), actualmente sustituidos en buena parte por matorrales heliófilos calcícolas y gipsícolas, indicativos de la aridez y de la transformación histórica del territorio. Entre las especies más representativas se encuentran el quejigo (*Quercus faginea*), el enebro común (*Juniperus communis*), el majuelo (*Crataegus monogyna*), el andrino (*Prunus spinosa*) o la madreselva (*Lonicera etrusca*), acompañados por un sotobosque rico en plantas aromáticas como los tomillos (*Thymus mastichina*, *T. zygis*), la ajedrea (*Satureja montana*), la salvia (*Salvia lavandulifolia*) o el espliego (*Lavandula latifolia*). Estas especies, además de su valor ecológico por favorecer la polinización y proteger el suelo frente a la erosión, poseen un notable interés etnobotánico y cultural por su uso tradicional como condimentos y plantas medicinales. En las laderas yesíferas y cuestas más abruptas aparecen comunidades gipsófilas de gran singularidad florística, con especies adaptadas a la escasez de agua y endemismos como *Hedysarum boveanum palentinum* y *Onosma hispanicum*, que confieren a esta comarca una identidad vegetal propia y un elevado valor ecológico dentro del paisaje palentino.

2. Vegetación actual según visores

2.1 Visor ANTHOS

Se ha realizado una búsqueda en la base de datos ANTHOS (*Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España*, s. f.) que permite obtener las especies presentes por cuadrícula UTM. Para ello se utiliza la malla de 10 km x 10 km que presenta el visor, ubicándose el proyecto en la cuadrícula 30TUM84. Es importante resaltar que la cuadrícula abarca 10 km x 10 km de extensión, por lo que muchas de estas especies no serán específicas ni estarán presentes en la zona de estudio. Por ello se ha realizado una observación directa para aumentar la precisión y la identificación de la vegetación presente en la zona.

Las especies presentes en la cuadrícula 30TUM84 son:

Tabla 1. Especies vegetales presentes en la cuadrícula 30TUM84. Fuente: ANTHOS

Especie	Familia
Ephedra major	Ephedraceae
Papaver rhoeas	Papaveraceae
Ranunculus gramineus	Ranunculaceae
Salsola vermiculata	Amaranthaceae
Arenaria grandiflora	Caryophyllaceae
Cerastium semidecandrum	Caryophyllaceae
Herniaria cinerea	Caryophyllaceae
Sedum sediforme	Crassulaceae
Coris monspeliensis	Primulaceae
Reseda stricta	Resedaceae
Thymelaea pubescens	Thymelaeaceae
Aegilops geniculata	Poaceae
Avenula bromoides	Poaceae
Brachypodium phoenicoides	Poaceae
Bromus erectus	Poaceae
Bromus rubens	Poaceae
Desmazeria rigida	Poaceae
Festuca hystrix	Poaceae
Festuca ovina	Poaceae
Festuca rubra subsp. rubra	Poaceae
Hordeum murinum	Poaceae
Koeleria vallesiana	Poaceae
Lolium rigidum	Poaceae
Phleum pratense	Poaceae
Poa bulbosa	Poaceae
Stipa atlantica	Poaceae
Stipa offneri	Poaceae
Vulpia ciliata	Poaceae
Aphyllanthes monspeliensis	Asparagaceae

Tabla 2(cont). Especies vegetales presentes en la cuadrícula 30TUM84. Fuente: ANTHOS

Anacamptis pyramidalis	Orchidaceae
Epipactis atrorubens	Orchidaceae
Juniperus thurifera	Cupressaceae
Quercus coccifera	Fagaceae
Quercus faginea	Fagaceae
Quercus ilex	Fagaceae
Quercus ilex subsp. ballota	Fagaceae
Rhamnus saxatilis	Rhamnaceae
Prunus spinosa	Rosaceae
Rosa agrestis	Rosaceae
Rosa micrantha	Rosaceae
Rosa pimpinellifolia	Rosaceae
Astragalus alopecuroides	Fabaceae
Astragalus monspessulanus	Fabaceae
Astragalus stella	Fabaceae
Coronilla minima	Fabaceae
Coronilla scorpioides	Fabaceae
Genista scorpius	Fabaceae
Hippocrepis commutata	Fabaceae
Hippocrepis multisiliquosa	Fabaceae
Onobrychis humilis	Fabaceae
Onobrychis saxatilis	Fabaceae
Ononis spinosa subsp. maritima	Fabaceae
Ononis tridentata	Fabaceae
Spartium junceum	Fabaceae
Vicia angustifolia	Fabaceae
Lepidium subulatum	Brassicaceae
Matthiola fruticulosa	Brassicaceae
Matthiola fruticulosa subsp. fruticulosa	Brassicaceae
Moricandia moricandioides	Brassicaceae
Rapistrum rugosum	Brassicaceae
Sinapis arvensis	Brassicaceae
Malva sylvestris	Malvaceae
Linum narbonense	Linaceae
Linum suffruticosum	Linaceae
Linum trigynum	Linaceae
Ruta montana	Rutaceae
Arctostaphylos uva-ursi	Ericaceae
Asperula aristata subsp. scabra	Rubiaceae
Crucianella angustifolia	Rubiaceae
Galium parisiense	Rubiaceae
Galium verum	Rubiaceae
Sherardia arvensis	Rubiaceae

Tabla 3(cont). Especies vegetales presentes en la cuadrícula 30TUM84. Fuente: ANTHOS

Echium plantagineum	Boraginaceae
Lithodora fruticosa	Boraginaceae
Onosma tricerosperma subsp. granatensis	Boraginaceae
Galeopsis ladanum subsp. carpetana	Lamiaceae
Hyssopus officinalis	Lamiaceae
Lavandula latifolia	Lamiaceae
Marrubium supinum	Lamiaceae
Marrubium vulgare	Lamiaceae
Nepeta hispanica	Lamiaceae
Salvia aethiopis	Lamiaceae
Salvia lavandulifolia	Lamiaceae
Salvia officinalis	Lamiaceae
Sideritis hirsuta	Lamiaceae
Sideritis montana	Lamiaceae
Sideritis pungens	Lamiaceae
Teucrium capitatum	Lamiaceae
Teucrium chamaedrys	Lamiaceae
Teucrium polium	Lamiaceae
Thymus mastigophorus	Lamiaceae
Thymus zygis	Lamiaceae
Bartsia trixago	Orobanchaceae
Odontites viscosus	Orobanchaceae
Globularia vulgaris	Plantaginaceae
Plantago maritima	Plantaginaceae
Bupleurum baldense	Apiaceae
Bupleurum semicompositum	Apiaceae
Eryngium campestre	Apiaceae
Torilis nodosa	Apiaceae
Trinia glauca	Apiaceae
Carduncellus monspelliensium	Asteraceae
Centaurea aspera	Asteraceae
Centaurea melitensis	Asteraceae
Crepis capillaris	Asteraceae
Crepis vesicaria	Asteraceae
Crupina vulgaris	Asteraceae
Echinops ritro	Asteraceae
Inula helenioides	Asteraceae
Santolina chamaecyparissus	Asteraceae
Sonchus oleraceus	Asteraceae
Xanthium spinosum	Asteraceae

Tabla 4(cont). Especies vegetales presentes en la cuadrícula 30TUM84. Fuente: ANTHOS

Centranthus calcitrapae	Caprifoliaceae
Cephalaria leucantha	Caprifoliaceae
Lomelosia stellata	Caprifoliaceae
Lonicera etrusca	Caprifoliaceae
Valerianella eriocarpa	Caprifoliaceae
Thesium humifusum	Santalaceae

2.2 Mapa forestal de España

Según el Mapa Forestal de España (Mapa Forestal de España (MFE50), 1997-2006) la zona del proyecto se encuentra en una zona de formaciones arboladas compuestas por quejigos como especie característica.

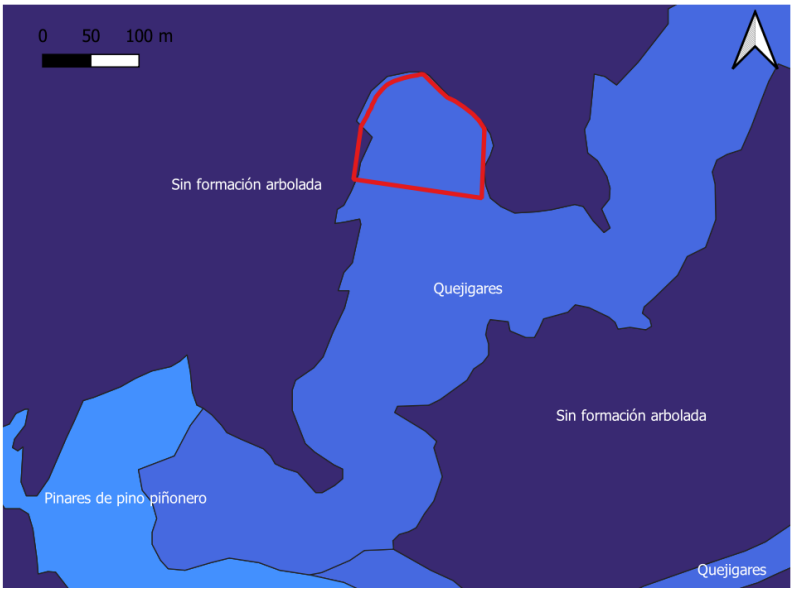


Figura 1. Mapa forestal de España en la zona del proyecto (señalada en rojo). Fuente: MITECO

3. Vegetación potencial

Según Rivas-Martínez (1987) la definición de vegetación potencial es "Comunidad vegetal estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión geobotánica progresiva si el hombre dejase de influir y alterar los ecosistemas vegetales".

Para clasificar la vegetación potencial es necesario conocer:

- Series de vegetación: conjunto de comunidades vegetales que se suceden a lo largo del tiempo en un ámbito territorial caracterizado por unas condiciones medioambientales específicas.
- Región: territorio extenso con especies, géneros e incluso familias propias.

Tabla 5. Clasificación según región. Fuente: MITECO

REGION	DEFINICION REGION
I	Region Eurosiberiana
II	Region Mediterranea
III	Region Macaronesica

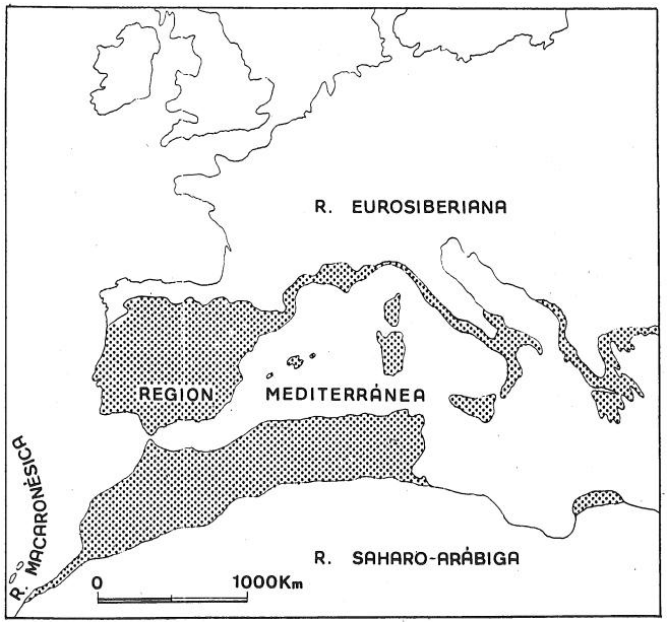


Figura 2. Mapa regiones biogeográficas de Europa y norte de África. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

- Azonal: vegetación que se desarrolla cuando las condiciones del suelo (salinidad, yesos, etc.) predominan sobre el resto de las condiciones ambientales del lugar.

Tabla 6. Clasificación azonal. Fuente: MITECO

AZONAL	DEFINICION AZONAL
z	Series climatofilas
g	Geoseries edafofilas

- Piso: zonificación en función del gradiente término altitudinal.

Tabla 7. Clasificación según el piso bioclimático. Fuente: MITECO

PISO	DEFINICION PISO	CLIMA PISO
A	Piso alpino	T<3º, m<-8º, M<0º, It<-50, H I-XII
B	Piso subalpino	T 6 a 3º, m -4 a -8º, M 3 a 0º, It 50 a -50, H I-XII
C	Piso montano	T 12 a 6º, m 2 a -4º, M 10 a 3º, It 240 a 50, H IX-VI
D	Piso colino	T>12º, m>2º, M>10º, It>240, H XI-IV
E	Piso crioromediterraneo	T < 4º m < -7º, M <0, It <-30, H I-XII
F	Piso oromediterraneo	T 8 a 4º, m -4 a -7º, M 2 a 0º, It 60 a -30, H I-XII
G	Piso supramediterraneo	T 13 a 8º, m -1 a -4º, M 9 a 2º, It 210 a 60, H IX-VI
H	Piso mesomediterraneo	T 17 a 13º, m 4 a -1º, M 14 a 9º, It 350 a 210, H X-IV
I	Piso termomediterraneo	T 19 a 17º, m 10 a 4º, M 18 a 14º, It 470 a 350, H XII-II
K	Piso orocanario	T < 6º, m < -2º, M < 4º, It < 80, H IX-VI
L	Piso supracanario	T 11 a 6º, m 2 a -2º, M 9 a 4º, It 220 a 80, H X-V
M	Piso mesocanario	T 15 a 11º, m 6 a 2º, M 13 a 9º, It 340 a 220, H XII-II
N	Piso termocanario	T 19 a 15º, m 11 a 6º, M 18 a 13º, It 480 a 340, H O
O	Piso infracanario	T >19º, m >11º, M >18º, It >480, H O

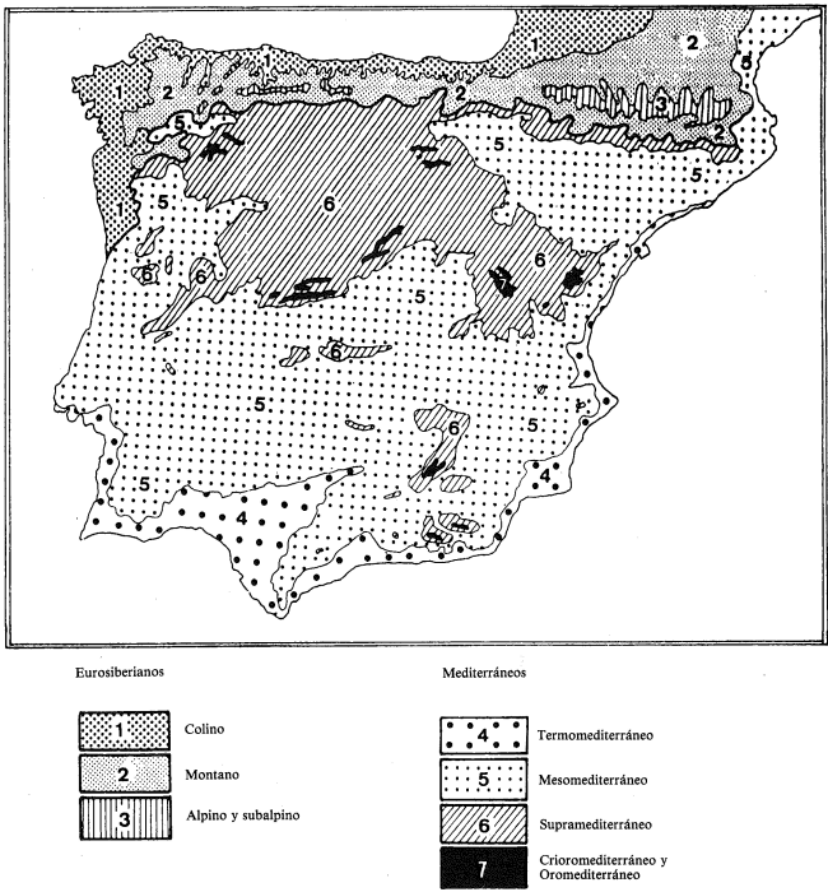


Figura 3. Mapa de pisos bioclimáticos de la Península Ibérica. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

El proyecto se encuentra en la región II que corresponde a la región mediterránea, en la clasificación azonal es z, es decir, serie climatófila, pertenece al piso G, piso supramediterráneo, y la serie de vegetación es la 19b, es decir, serie supra-mesomediterranea castellano-alcarreno-manchega basofila de *Quercus faginea* o quejigo.

4. Vegetación actual según observación directa

Para determinar la vegetación actual en la zona del proyecto se realizó una observación directa in situ, para ello se realizó una salida a campo en la que se recorrió toda la ladera y se fueron identificando las distintas especies.

Se observó que la mayoría de las especies son arbustivas y herbáceas y solo una de ellas es arbórea. Muchas de ellas se encuentran en la lista obtenida en los visores, mientras que otras han sido solo observadas e identificadas de forma directa, esto puede deberse a que el visor tiene una extensión muy grande y a que los datos pueden no estar actualizados.

Por ello se tomarán de referencia para la elección de alternativas las especies visualmente identificadas.

Estas especies observadas fueron las siguientes:

Familia **Cistaceae**

- *Fumana ericifolia:* aparece en suelos pedregosos y fisuras de rocas calizas, sobre todo en la región mediterránea, excepto en sustratos ácidos. Crece desde el nivel del mar hasta los 1700 metros de altitud.

Familia **Euphorbiaceae**

- *Euphorbia spp:* plantas herbáceas anuales, bienales o perennes con látex, dependiendo de la especie pueden ser espinosas o suculentas. Este género se encuentra ampliamente distribuido por las zonas templadas y tropicales.

Familia **Rhamnaceae**

- *Rhamnus saxatilis:* arbusto espinoso que crece en substratos principalmente básicos y que aparece desde los 900 hasta los 1800 metros. Especie mediterránea.

Familia **Fabaceae**

- *Genista scorpius:* arbusto espinoso ramificado que aparece en terrenos secos, sobre suelos arcillosos, yesosos, calizos o margosos. Crece desde 50 metros hasta los 1800 metros de altitud y se encuentra distribuido por toda la Península Ibérica menos el tercio occidental.
- *Medicago sativa:* hierba perenne muy ramificada que se usa como cultivo, aunque aparece de manera ocasional naturalizada en taludes, barbechos o márgenes de caminos, desde el nivel del mar hasta los 2000 metros. Se usa como planta forrajera por todo el mundo.
- *Ononis tridentata:* arbusto erecto con tallos muy ramificados y hojas trifoliadas, que crece en sustratos arcillosos, margosos o yesosos por toda la parte norte de la Meseta y la mitad este de España. Su rango de altitud es de 200 a 1250 metros. Según la forma de los folíolos, se pueden clasificar tres subespecies *angustifolia*, *tridentata y crassifolia*.

Familia **Fagaceae**

- *Quercus faginea:* especie xerófila, frecuente en Castilla y León, y extendida por casi toda España. Crece sobre terrenos calizos y secos, e incluso sobre yesos, y tiene un temperamento de media luz. Aparece entre los 200 y los 1800 m de altitud.

Familia **Rosaceae**

- *Crataegus monogyna:* arbusto espinoso que crece desde el nivel del mar hasta los 2200 metros y se encuentra distribuido por toda la Península Ibérica. Se puede encontrar en distintos tipos de bosques y en una amplia gama de substratos. Es una especie que no resiste bien las sequías estivales. Además, sus frutos sirven de alimento a la fauna en invierno.

Familia **Brassicaceae**

- *Sisymbrium spp:* plantas herbáceas anuales, bienales o perennes, con tallos cilíndricos y hojas enteras. En general prosperan en hábitats perturbados o ruderales y se adaptan bien a los distintos tipos de suelos.

Familia **Borafinaceae**

- *Echium flavum:* hierba bienal o perenne que aparece en pastizales, pedregales, taludes herbosos, bordes de camino y cunetas, desde los 450 metros hasta los 2800 metros de altitud. Crece en sustratos ácidos y básicos. Se encuentra distribuido por las áreas montanas del centro, sur y sureste de España.

Familia **Lamiaceae**

- *Sideritis hyssopifolia:* planta perenne y leñosa propia de pedregales, prados, matorrales o claros de bosques, desde los 10 metros hasta los 2420 metros de altitud. Es indiferente al tipo de sustrato y se encuentra distribuida por toda la mitad norte de España. A esta especie se la conoce como té de monte.

Familia **Asteraceae**

- *Artemisia spp:* conjunto de arbustos, subarbustos o hierbas perennes y anuales, normalmente aromáticas. Las plantas que forman parte de este género se encuentran distribuidas ampliamente por toda España, variando según la especie.
- *Echinops strigosus:* conocido como cardo o cardo yesquero, es una hierba anual estrigosa de color verde que crece en taludes, herbazales y márgenes de camino apareciendo desde los 10 metros hasta los 1600 metros de altitud. Se encuentra generalmente en suelos formados por yesos, margas yesíferas, calizas, calcarenitas o en terrenos salinos. Se distribuye por el centro y mitad sur de la Península.
- *Staehelina dubia:* especie conocida como la hierba pincel, con tallos foliosos blanquecinos propia de matorrales soleados, sotobosques, taludes, pedregales y campos incultos. Aparece desde los 10 metros hasta los 1700 metros de altitud y

en suelos básicos, calizos o margosos. Se encuentra distribuida por casi toda la Península Ibérica.

La observación directa de la vegetación presente en la ladera de estudio permite comprender con mayor precisión las condiciones ambientales del entorno donde se desarrollará el proyecto. Las especies observadas e identificadas conforman una comunidad bien adaptada tanto a las características edáficas, con suelos calizos, margosos o yesíferos, como a las condiciones climáticas del lugar, marcadas por la aridez y la escasez de precipitaciones. Se trata, en su mayoría, de plantas que prosperan en ambientes secos, soleados y con suelos poco desarrollados, reflejando una elevada capacidad de resistencia y adaptación.

Esta información resulta fundamental para orientar las futuras actuaciones, asegurando la selección de especies acordes a las condiciones naturales de la zona y que aseguren el éxito de la restauración.



Figura 4. Ejemplar de Ononis tridentata en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia



Figura 5. Ejemplar de Genista scorpius en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia



Figura 6. Ejemplar de Rhamnus saxatilis en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia



Figura 7. Ejemplares de Quercus faginea en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia

5. Referencias bibliográficas

Andrés, J., De, O., & Salgueiro, R. (2015). *LOS PAISAJES VEGETALES DE PALENCIA** THE LANDSCAPES IN PALENCIA. *PITTM*, *86*, 21-84.

Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España. (s. f.). Recuperado 10 de septiembre de 2025, de http://www.anthos.es/

Castroviejo Bolibar, S. & al. (eds.). (1986). *Flora iberica Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Flora iberica*.

Mapa Forestal de España (MFE50). (s. f.). Recuperado 10 de septiembre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.html

Rivas-Martinez, S., Gutiérrez, G., Andrade, J. M. A., Montero, J. L., & Gonzélez Rebollar, B. J. L. (1987). *MEMORIA DEL MAPA DE SERIES DE VEGETACION DE ESPAÑA*

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo VI. Estudio socioeconómico

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO VI: ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

1. Introducción 1
2. Características demográficas 1
3. Economía 4
4. Infraestructuras 7
   4.1 Comunicaciones 7
   4.2 Carreteras y accesos a la zona de estudio 8
   4.3 Infraestructuras urbanas 8
   4.4 Infraestructuras energéticas e instalaciones renovables 10
   4.5 Infraestructura social 10
5. Actitud de la población frente a los trabajos forestales 10
6. Influencia del proyecto sobre la zona y sobre la población 12
7. Referencias bibliográficas 13

1. Introducción

A continuación, se expone un estudio socioeconómico de la zona en la que se realiza el proyecto. Este anejo resulta fundamental para identificar las características y dinámicas de la población local, las actividades económicas predominantes, las infraestructuras disponibles, el grado de dependencia respecto a los recursos naturales y los posibles beneficios de la restauración para la economía o bienestar social.



Figura 1. Municipio de Reinoso de Cerrato. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

Al tratarse de una restauración hidrológico-forestal con carácter protector, el proyecto busca la aceptación social y la participación de los actores locales, al aportar un valor añadido a la biodiversidad e impulsando los servicios ecosistémicos de la zona.

2. Características demográficas

En 2024, la población de Reinoso de Cerrato era de 57 habitantes, dividiéndose en 35 hombres y 22 mujeres. Estos datos hacen referencia al censo oficial de personas empadronadas, variando el número de vecinos según la estación del año, aumentando el número de habitantes en los meses de verano, donde la cifra llega a triplicarse.

A continuación, se muestra la evolución poblacional a lo largo de los años, desde 1996 a 2024 gracias a los datos obtenidos en el Instituto Nacional de Estadística (*INE. Instituto Nacional de Estadística*, s. f.)

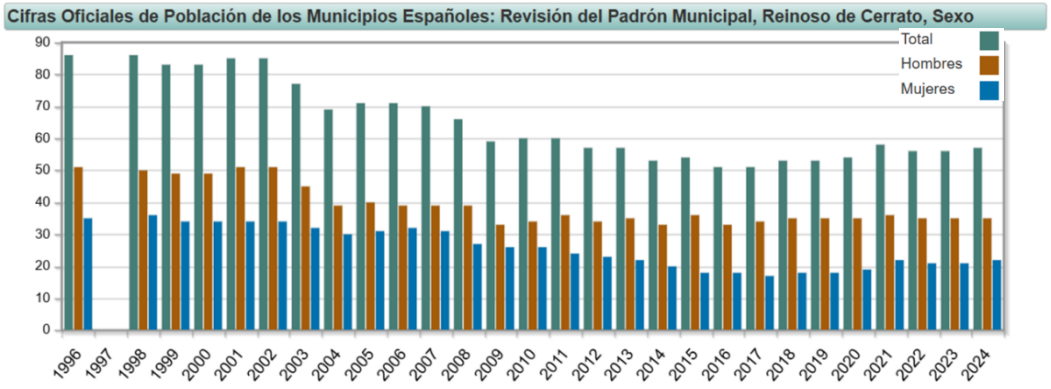


Figura 2. Datos de población total y dividido por sexos en Reinoso de Cerrato de 1996 a 2024. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E., 2024)

Tabla 1. Evolución poblacional total y dividida por sexos en el municipio de Reinoso de Cerrato de 1996 a 2024. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E., 2024).

No existen datos para 1997 porque ese año no se realizó una revisión del padrón.

Año	Hombres	Mujeres	Total
2024	35	22	57
2023	35	21	56
2022	35	21	56
2021	36	22	58
2020	35	19	54
2019	35	18	53
2018	35	18	53
2017	34	17	51
2016	33	18	51
2015	36	18	54
2014	33	20	53
2013	35	22	57
2012	34	23	57
2011	36	24	60
2010	34	26	60
2009	33	26	59
2008	39	27	66
2007	39	31	70
2006	39	32	71
2005	40	31	71
2004	39	30	69
2003	45	32	77
2002	51	34	85
2001	51	34	85
2000	49	34	83
1999	49	34	83
1998	50	36	86
1997			
1996	51	35	86

Como se observa tanto en la serie de datos (Tabla 1) como en el gráfico (Figura 2), la población ha sufrido una disminución a lo largo de los años, siendo menor el número de mujeres que habitan en el municipio durante toda la serie de años.

En cuanto a la densidad de población de Reinoso de Cerrato es 2,51 hab/km^2. Comparando este dato con el dato que proporciona la Junta de Castilla y León respecto a la densidad de población en la provincia de Palencia (19,63 hab/km^2) y la densidad de población nacional (96 hab/km^2) se puede observar que la población se encuentra muy por debajo de la media, lo que podría indicar que la población está en recesión.

Tabla 2. Población por edades (2024). Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.,2025)

Grupo de edad	Población
De 0 a 4 años	1
De 5 a 9 años	2
De 10 a 14 años	0
De 15 a 19 años	0
De 20 a 24 años	0
De 25 a 29 años	2
De 30 a 34 años	4
De 35 a 39 años	4
De 40 a 44 años	3
De 45 a 49 años	4
De 50 a 54 años	2
De 55 a 59 años	3
De 60 a 64 años	7
De 65 a 69 años	7
De 70 a 74 años	5
De 75 a 79 años	4
De 80 a 84 años	4
De 85 a 89 años	2
De 90 a 94 años	2
De 95 a 99 años	0
100 y más años	1

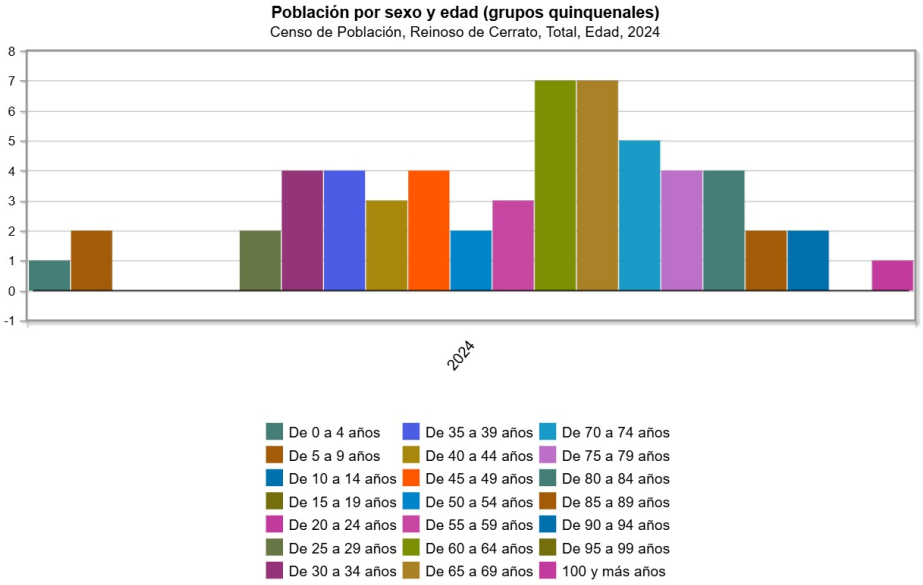


Figura 3. Población de Reinoso de Cerrato por edad (2024). Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.,2025)

En cuanto a las edades de la población, se puede observar en la Tabla 2 y en la Figura 3 como la población está envejecida, siendo mayor el número de personas mayores de 60 años y con poca presencia de jóvenes y niños.

La despoblación y envejecimiento de la población es una tendencia generalizada en los pequeños municipios del mundo rural español, causando una brecha entre el mundo urbano y rural. Las principales causas de esta tendencia son el deterioro y desaparición

de ciertos servicios básicos como pueden ser los centros de salud o escuelas, debido a que los municipios con pocos habitantes no llegan a un mínimo para mantener dichos servicios, la dificultad de acceso y transporte, debido a la mala comunicación y la falta de conservación y gestión de infraestructuras, y la escasez de oportunidades de empleo que permitan retener a la población.

Según la UE, los municipios con una densidad poblacional menor a 12,5 hab/km^2 se encuentran en riesgo de despoblación (*Indicadores y Cartografía*, s. f.), por lo que con los datos obtenidos se puede concluir que el municipio de Reinoso de Cerrato se sitúa por debajo de este umbral y por tanto puede afirmarse que se encuentra en situación de riesgo extremo de despoblación.

3. Economía

El estudio de la economía en Reinoso de Cerrato se ha realizado del año 2022, debido a que es la serie de datos más actualizada.

Tabla 3. Población de 16 y más años por relación con la actividad que desempeñan (2022). Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.,2025)

Ocupado/a	Parado/a	Perceptor/a pensión de incapacidad, jubilación, prejubilación	Otra situación de inactividad	Estudiante
2022	2022	2022	2022	2022
29	1	19	4	1

La población de Reinoso de Cerrato en su mayoría se encuentra ocupada y recibiendo una pensión, siendo casi nula la tasa de desempleo y con muy poca presencia de población estudiantil. A continuación, se muestran la situación profesional y la rama de actividad en la que se encuentra la población ocupada.

Tabla 4. Ocupados de 16 y más años por situación profesional. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.,2025)

Trabajador por cuenta propia	Trabajador por cuenta ajena y otra situación
2022	2022
7	22

Tabla 5. Ocupados de 16 y más años por rama de actividad. Fuente: Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.,2025)

Agricultura, ganadería y pesca	Industria	Construcción	Servicios	No consta
2022	2022	2022	2022	2022
6	3	2	18	0

Como se puede observar en ambas tablas (Tabla 4 y Tabla 5) la mayoría de la población ocupada se encuentra trabajando por cuenta ajena o en otra situación, y solo una pequeña parte trabaja por cuenta propia. En cuanto a la clasificación por rama de actividad, el

empleo se divide en torno al 62% en el sector servicios, el 21% en agricultura, ganadería y pesca, el 10% en industria y un 7% en el sector de la construcción.

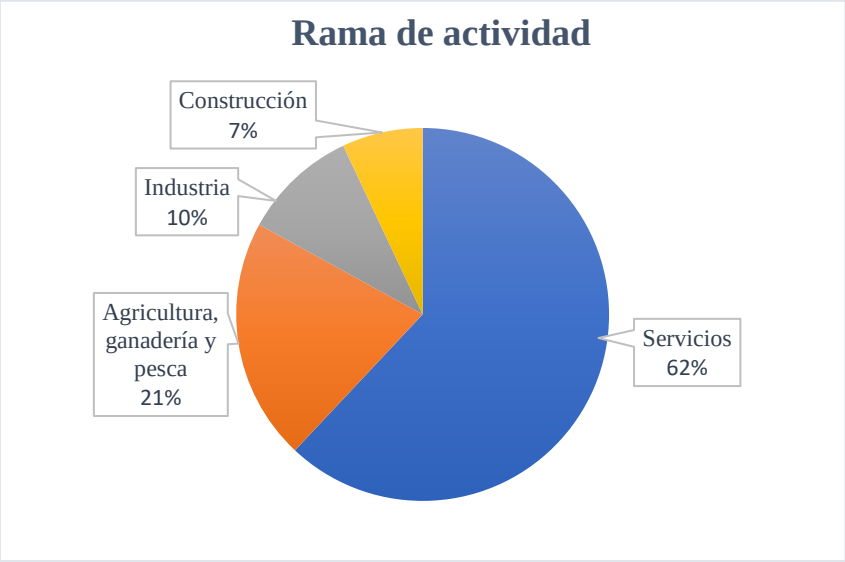


Figura 4. Gráfico de la clasificación por rama de actividad. Fuente: I.N.E (2025)

El sector servicios es el que más ocupación genera debido a la proximidad a la capital y a la presencia de un único negocio, el restaurante hostal La Playa, que genera empleo para la población, mientras que la mayoría de los trabajadores que se encuentra trabajando en el municipio desarrolla la actividad agraria.



Figura 5. Hotel Restaurante La Playa (Reinoso de Cerrato). Fuente: https://www.facebook.com/p/Hostal-Restaurante La-Playa-100063493813604/)

En relación con otras actividades como la caza y la pesca, el municipio se encuentra dentro del coto "La Atalaya" y cuenta con aguas de "acceso libre" en el río Pisuerga en las que se pueden pescar cangrejos y ciprínidos como barbo común y gobio, y especies exóticas como la carpa o el lucio.

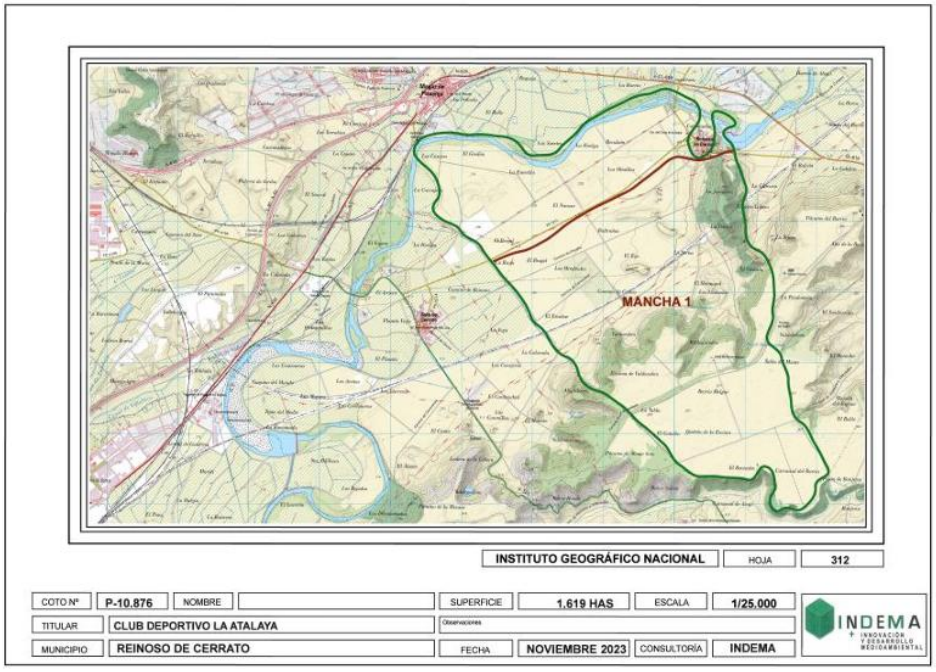


Figura 6. Área del coto de caza "La Atalaya". Fuente: Club Deportivo la Atalaya

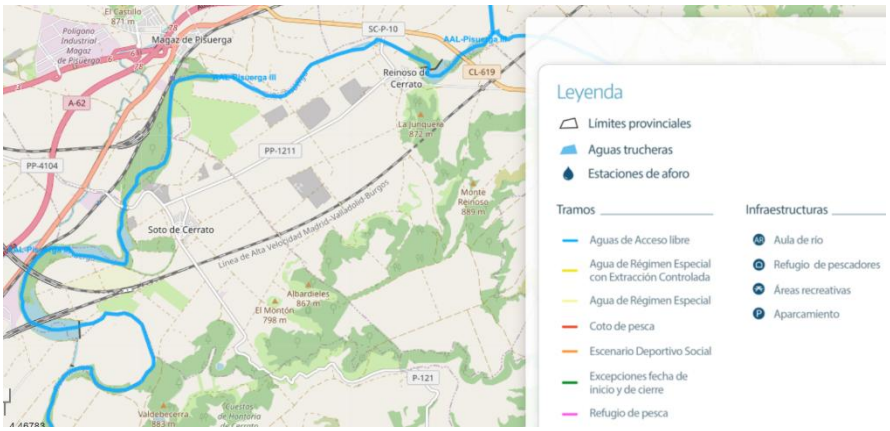


Figura 7. Tramos de pesca en Reinoso de Cerrato. Fuente: Visor de Pesca de Castilla y León (https://www.pescacastillayleon.es/visor/#)

En cuanto al ámbito forestal, existen varias choperas municipales con convenio del Somacyl para la producción sostenible de madera de chopo de calidad, generando rentas para el municipio a través de la venta de dicha madera.

Además, el término municipal también incluye parte de los "Montes del Cerrato" (Red Natura 2000, cód.ES4140053), que tienen carácter protector y cumplen funciones de conservación del suelo, defensa contra la erosión y regulación del ciclo hidrológico, aportando valor ecológico y paisajístico. Así mismo, el tramo de río Pisuerga en este municipio se encuentra dentro del espacio Red Natura 2000 "Riberas del Río Pisuerga y afluentes" (cód. ES4140082).

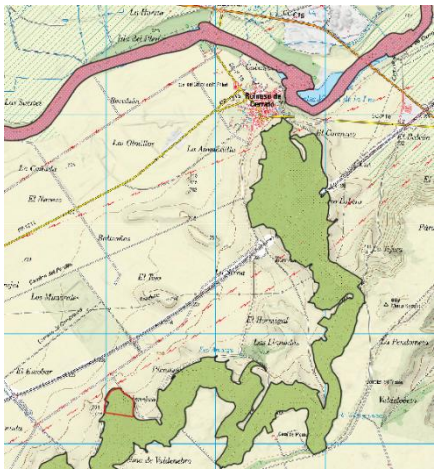


Figura 8. Zonas de Especial Conservación (Montes del Cerrato en amarillo y Riberas del río Pisuerga y afluentes en rosa) en el término municipal de Reinoso de Cerrato. Fuente: CNIG

4. Infraestructuras

4.1 Comunicaciones

El municipio de Reinoso de Cerrato se encuentra a aproximadamente 17 km de Palencia ciudad, conectado a través de la autovía de Castilla (A-62), la carretera nacional N-620, la carretera autonómica CL-619 y la vía secundaria provincial SC-P-10.
Dentro del término municipal se encuentra la carretera PP-1211 que realiza la conexión entre Soto de Cerrato y Reinoso de Cerrato.



Figura 9. Mapa de carreteras principales en Reinoso de Cerrato y alrededores. Fuente: Mapa Oficial de Carreteras https://mapaoficialcarreteras.transportes.gob.es/

Además, dentro del término municipal también se encuentran ciertas vías pecuarias, Colada de Fuente Amarga, Camino del Monte, Colada de la Pinilla, Colada del Barrio, Vereda de las Regueras, Camino de la Raya y la más importante, Cañada Real Burgalesa.

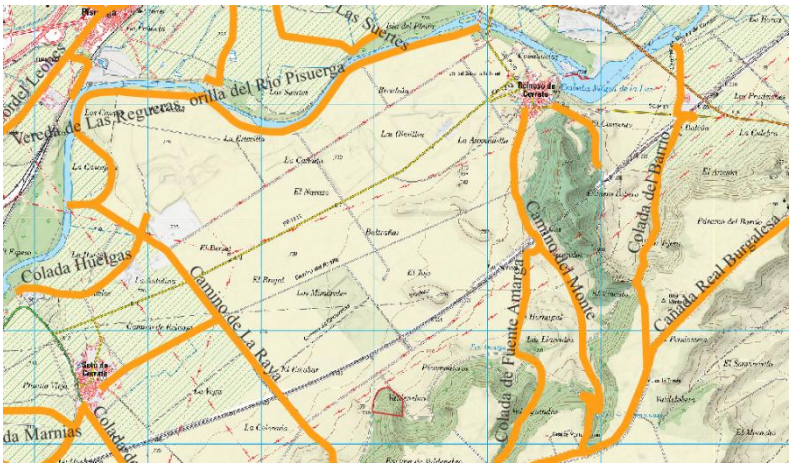


Figura 10. Vías pecuarias en el término municipal de Reinoso de Cerrato. Fuente: Idecyl

4.2 Carreteras y accesos a la zona de estudio

Para el acceso a la zona de estudio es necesario partir desde la localidad de Reinoso de Cerrato. Una vez en el pueblo, el acceso a la zona de estudio se realiza por Camino del Monte hasta la ladera conocida como "Valdenebro", como se muestra en la Figura 11.

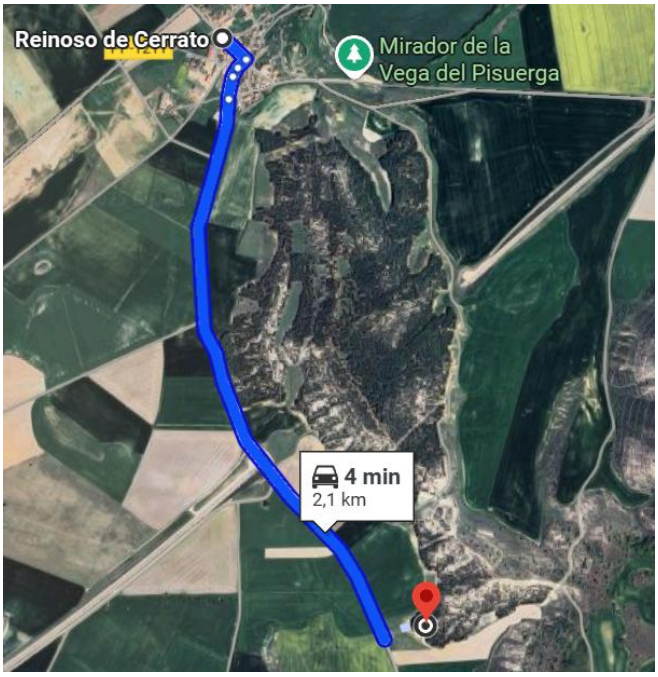


Figura 11. Acceso a la zona del proyecto desde la localidad de Reinoso de Cerrato. Fuente: Google Maps

4.3 Infraestructuras urbanas

A pesar de la pequeña extensión y la baja densidad de la población, cuenta con infraestructuras primarias y básicas como agua corriente (con ETAP propia), electricidad, alumbrado, red de alcantarillado, red de teléfono, cobertura móvil y fibra, pero no cuenta

actualmente con colegio, debido a que el número de población infantil no es suficiente, por lo que deben desplazarse a la localidad de Baltanás.

En cuanto a servicios sanitarios, el municipio cuenta con consultorio médico que no se encuentra en funcionamiento desde la pandemia COVID-19, debido a que se tienen menos de 50 tarjetas sanitarias inscritas y por tanto la población debe desplazarse al Centro de Salud de Baltanás, pues pertenece a la zona básica rural de salud de Baltanás.

El municipio también cuenta con instalaciones recreativas, un parque infantil en el propio pueblo y un parque multiaventura pequeño en el Mirador de la Ribera del Pisuerga, además las Antiguas Escuelas funcionan como centro social y teleclub.



Figura 12. Parque multiaventura de Reinoso de Cerrato. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/



Figura 13. Parque infantil de Reinoso de Cerrato. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/



Figura 14. Antigua escuela de Reinoso de Cerrato.

Respecto al transporte público, existe una red de autobuses que conecta Palencia capital con el municipio de Baltanás y tiene parada en Reinoso de Cerrato.

4.4 Infraestructuras energéticas e instalaciones renovables

Dentro del término municipal de Reinoso de Cerrato se encuentra un parque solar fotovoltaico (Sigma Solar 1), propiedad de Solaria S.L, construido en terreno privado, una minicentral hidroeléctrica llamada Central Hidroeléctrica Virgen de la Luz, propiedad de Duerocanto S.L y parte de tres parques eólicos (Encina, Torrecilla y Cavadilla), propiedad de Repsol, que se encuentran en construcción, pero sin ningún molino eólico dentro del terreno municipal.

4.5 Infraestructura social

El municipio cuenta con dos asociaciones, la Asociación Amigos de Reinoso y la Asociación de Jubilados y Pensionistas "Santa Lucía", que realizan numerosas actividades durante el año, incluyendo talleres, actividades ambientales, paseos y comidas populares.

En cuanto a tradiciones, se celebran tres fiestas a lo largo del año; la fiesta de San Isidro el 15 de mayo, la fiesta de la Asunción el 15 de agosto, y la fiesta de Santa Lucía el 13 de diciembre. Además, celebran la primera semana de octubre la "Semana Cultural", llena de actividades para la población.

5. Actitud de la población frente a los trabajos forestales

Reinoso de Cerrato se encuentra en un enclave natural inigualable entre dos zonas catalogadas, Red Natura 2000: Montes del Cerrato y Riberas del Río Pisuerga. Debido a esto la actual corporación municipal, promotora del proyecto, está muy concienciada con la conservación y mejora del medio ambiente.

En la primavera de 2025 se han realizado dos repoblaciones en terrenos municipales de ribera con un convenio con la Cruz Roja dentro del programa COMPENSACO2 de dicha entidad, en la que los vecinos pudieron formar parte del voluntariado de la plantación, haciendo participe y acercando al medio ambiente de esta manera a la población.



Figura 15. Plantación con Cruz Roja. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

Por otro lado, se está realizando un proyecto "a huebra" con financiación de la Diputación de Palencia que consiste en mejorar el entorno urbano para las especies polinizadoras mediante plantación de plantas aromáticas y charlas divulgativas.



Figura 16. Plantación de aromáticas en casco urbano, proyecto a huebra. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

Además, también se realizan charlas infantiles, distintos talleres para concienciar a la población sobre la importancia del medio natural y voluntariados para la limpieza de la ribera. Otro de los proyectos que se están llevando a cabo es la realización de sendas, como la Ruta de la Encina Centenaria.



Figura 17. Comienzo de la ruta de la ribera. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/



Figura 18. Encina centenaria. Fuente: https://reinosodecerrato.blogspot.com/

Teniendo en cuenta lo dispuesto, la población de Reinoso de Cerrato se encuentra informada y educada sobre el medio rural por lo que al tratarse de un proyecto que busca la mejora de una ladera que en la actualidad está en estado de degradación, es terreno improductivo y no entra en conflicto con ningún uso del suelo, se espera una buena acogida por parte de los vecinos.

6. Influencia del proyecto sobre la zona y sobre la población

Se busca que el proyecto satisfaga y cumpla las expectativas en los siguientes ámbitos o servicios ecosistémicos:

- **Valor y calidad paisajística y ecológica**: los trabajos de restauración devolverán el valor y belleza paisajística a la ladera que se encuentra degradada.
- **Mejora de la biodiversidad**: la repoblación permitirá introducir nuevas especies y también favorecer a las ya existentes con alimento y refugio.
- **Mejora de las condiciones del suelo y control de la erosión**: la introducción de especies vegetales y el aumento de la cubierta vegetal favorece la estabilización del terreno, evitando que las partículas del suelo se desplacen ladera abajo y se pierdan, mejora la infiltración del agua y disminuye la escorrentía superficial, lo que reduce la erosión hídrica y mejora la estructura del suelo.
- **Beneficio positivo para la actividad cinegética de la zona**: la fauna contará con mayor número de refugios y especies de las que alimentarse, al mejorar la cubierta vegetal e introducir especies que sean palatables.
- **Posible generación de empleo para la población de la zona**: los trabajos de repoblación necesitarán mano de obra que podrá cubrirse con profesionales de la zona.

7. Referencias bibliográficas

Centro de Descargas del CNIG (IGN). (s. f.). Recuperado 5 de septiembre de 2025, de https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home

Indicadores y Cartografía. (s. f.). Recuperado 3 de septiembre de 2025, de https://mpt.gob.es/reto_demografico/Indicadores_cartografia.html

INE. Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). Recuperado 1 de septiembre de 2025, de https://www.ine.es/

Reinoso de Cerrato. (s. f.). Recuperado 18 de octubre de 2025, de https://reinosodecerrato.blogspot.com/

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo VII. Estudio hidrológico

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO VII ESTUDIO HIDROLÓGICO

1. Introducción 1
1.1 Delimitación de las cuencas 1
2. Parámetros físicos de la cuenca vertiente 2
2.1 Parámetros de forma 2
2.1.1 Superficie de la cuenca 2
2.1.2 Índice de Gravelius (1914) 3
2.1.3 Índice de forma 4
2.1.4 Relación de elongación 4
2.1.5 Amplitud de relieve 5
2.1.6 Relación de relieve 6
2.1.7 Curva hipsométrica 6
2.1.8 Curva de frecuencias 9
2.1.9 Rectángulo equivalente 12
2.1.10 Altura media 14
2.2 Índices de pendiente de la cuenca 16
2.2.1 Índice de pendiente relativa 16
2.2.2 Índice de pendiente media de la cuenca 17
2.3 Coeficiente de masividad de Martonne 17
2.4 Coeficiente orográfico de Fournier 18
2.5 Factor topográfico de la MUSLE (1987) 19
3. Parámetros relacionados con la red de drenaje 20
3.1 Longitud del cauce principal 20
3.2 Perfil longitudinal del cauce principal 21
3.3 Frecuencia de cauces 22
3.4 Pendiente media del río 22
3.5 Densidad de drenaje 23
3.6 Índice de sinuosidad 24
3.7 Coeficiente de torrencialidad 24
3.8 Canal de alimentación 25
3.9 Alejamiento medio 25
3.10 Tiempo de concentración 26

3.11 Distancia de escorrentía 26
4. Resumen y conclusiones..... 27
5. Referencias bibliográficas 29

1. Introducción

En este anejo se realizará un estudio de las características de las cuencas hidrográficas que conforman la zona del proyecto. Este se sitúa en el término municipal de Reinoso de Cerrato y específicamente en la ladera conocida como Valdenebro, que forma parte de los conocidos como Montes del Cerrato.

La zona de estudio se encuentra a una altitud media de 784 metros sobre el nivel del mar, cuenta con poca cubierta vegetal, como se puede apreciar en la Figura 1, y se encuentra rodeada de parcelas de uso agrícola.



Figura 1. Situación actual de la zona del proyecto (señalada en rojo). Fuente: CNIG

1.1 Delimitación de las cuencas

Para la delimitación de las cuencas en la zona del proyecto se han seguido como criterios las curvas de nivel, la pendiente y las orientaciones, obteniendo de esa manera dos cuencas vertientes y dos subcuencas.



Figura 2. División de las cuencas vertientes. Fuente: Elaboración propia con Qgis

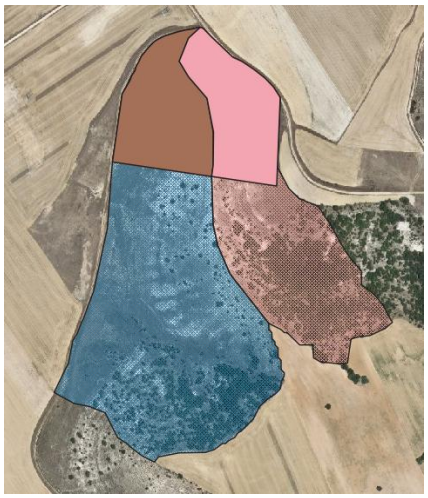


Figura 3. División de las subcuencas pertenecientes a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia con Qgis

Como se puede observar en la Figura 3, la zona del proyecto se divide en dos subcuencas, cada una perteneciente a una cuenca distinta, siendo en este caso la Subcuenca 1 (marrón) perteneciente a la Cuenca 1 (azul) y la Subcuenca 2 (rosa) perteneciente a la Cuenca 2 (salmón). Las cuencas se encuentran una vertiendo hacia el Noroeste y la otra hacia el Noreste, al igual que las subcuencas.

2. Parámetros físicos de la cuenca vertiente

Según Martínez de Azagra y Navarro (1996), la cuenca vertiente se define como una extensión del terreno, en la que todas las aguas de escorrentía que circulan en su interior, y que no se infiltran ni evaporan, confluyen en un punto concreto de salida a través de una red de drenaje natural.

El estudio de los parámetros físicos de la cuenca vertiente resulta clave para conocer el comportamiento de la cuenca ante un evento hidrometereológico, condicionando tanto el volumen de la escorrentía como su distribución en el espacio y el tiempo, sabiendo de esta forma el agua disponible para que la usen las plantas.

2.1 Parámetros de forma

2.1.1 Superficie de la cuenca

Para la clasificación de las cuencas y las subcuencas, se utilizará la clasificación según la superficie de la Directiva Marco Aguas 2000/60/CE.

Tabla 1. Clasificación de las cuencas en base a su superficie según la Directiva Marco Aguas 2000/60/CE.

Tamaño (ha)	Clasificación
< 1000	Muy pequeñas
1000-10000	Pequeñas
10000-100000	Medianas
100000-1000000	Grandes
>1000000	Muy grandes

Siguiendo la información dada en la Tabla 1, las cuencas y subcuencas que forman parte del estudio se clasifican de la siguiente manera.

Tabla 2. Clasificación de las cuencas por superficie según la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE

Cuenca	Superficie (ha)	Clasificación
1	13,83	Muy pequeña
2	7,45	Muy pequeña

Tabla 3. Clasificación de las subcuencas por superficie según la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE

Subcuenca	Superficie (ha)	Clasificación
1	2,65	Muy pequeña
2	2,45	Muy pequeña

Como se observa en ambas tablas, tanto las cuencas como las subcuencas tienen un tamaño muy pequeño, por lo que su capacidad de embalse será muy pequeña y serán susceptibles a las crecidas producidas por las lluvias torrenciales.

2.1.2 Índice de Gravelius (1914)

El índice de Gravelius o índice de compacidad se utiliza para conocer la forma de la cuenca, relacionando el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca. (Martínez de Azagra y Navarro, 1996).

Las cuencas se clasifican según su forma en redondas, ovaladas u oblongas, afectando al tiempo de concentración, que es el tiempo que tarda la gota más alejada en llegar al cauce principal y en salir.

Tabla 4. Forma de las cuencas en función del valor de K_G.

Valor de K_G	Forma
$1<K_G\leq1,25$	Redonda
$1,25<K_G\leq1,5$	Ovalada
$1,5<K_G\leq1,75$	Oblonga
$>1,75$	Muy alargada

$$K_G = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Siendo:
P: Perímetro de la cuenca
S: Superficie de la cuenca

Con esta fórmula y los datos de cada cuenca y subcuenca, se clasifican de la siguiente manera.

Tabla 5. Clasificación de las cuencas aplicando el índice de Gravelius.

Cuenca	Superficie (m^2)	Perimetro (m)	Índice	Clasificación
1	138300	1791,17	1,35	Ovalada
2	74500	1422,72	1,46	Ovalada

Tabla 6. Clasificación de las subcuencas pertenecientes a la zona de estudio aplicando el índice de Gravelius

Cuenca	Superficie (m^2)	Perimetro (m)	Índice	Clasificación
1	26500	722,78	1,243	Redonda
2	24500	694,33	1,242	Redonda

En el caso de las cuencas grandes, tienden a tener una forma más ovalada, mientras que las subcuencas localizadas en la ladera de estudio adquieren una forma más redonda.

2.1.3 Índice de forma

El índice de forma calcula la anchura media que el agua tiene que recorrer para alcanzar un cauce de agua. Para su cálculo, se necesita disponer de los datos de superficie de la cuenca y la longitud de la cuenca.

$$I_F = \frac{S}{Lc}$$

S: superficie de la cuenca (m^2)
Lc: longitud de la cuenca (m)

Tabla 7. Índice de forma para cada una de las cuencas.

Cuenca	Superficie (m^2)	L_c(m)	Índice
1	138300	698,8	197,91
2	74500	594,55	125,30

Tabla 8. Índice de forma para cada subcuenca.

Subcuenca	Superficie (m^2)	L_c(m)	Índice
1	26500	238,49	111,12
2	24500	262,04	93,50

En general las dos cuencas presentan una menor torrencialidad, mientras que la subcuenca 2, qué tiene el valor más bajo del índice, presenta mayor torrencialidad.

2.1.4 Relación de elongación

La relación de elongación estudia la forma de la cuenca comparando la superficie con la superficie que forma la circunferencia que se formaría en la cuenca a partir del eje máximo.

$$R_E = \frac{S}{\frac{L_c^2}{4} * \pi}$$

S: superficie de la cuenca (m^2)
L_c: longitud de la cuenca (m)

Tabla 9. Forma de la cuenca según el valor de la relación de elongación

Valor	Forma
= 1	Circular
≠ 1	Alargada

Tabla 10. Relación de elongación de las cuencas.

Cuenca	Superficie (m^2)	L_c(m)	R_E
1	138300	698,8	0,361
2	74500	594,55	0,268

Tabla 11. Relación de elongación de las subcuencas.

Subcuenca	Superficie (m^2)	L_c(m)	R_E
1	26500	238,49	0,593
2	24500	262,04	0,454

Según los resultados, tanto las cuencas como las subcuencas tienden a tener una forma alargada, debido a que los datos se alejan de la unidad.

2.1.5 Amplitud de relieve

La amplitud de relieve se calcula obteniendo la diferencia entre la cota máxima y la mínima de la cuenca. Este valor representa la diferencia de altitud que debe recorrer el agua en el interior de la cuenca.

$$A_R = H_{Máx} - H_{Mín}$$

A_R: amplitud de relieve
$H_{Máx}$: cota máxima
$H_{Mín}$: cota mínima

Los datos de cotas máximas y mínimas se han obtenido con las herramientas de análisis de Qgis, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 12. Amplitud de relieve de las cuencas.

Cuenca	Cota máx (m)	Cota mín (m)	A_R(m)
1	870	756	114
2	875	758	117

Tabla 13. Amplitud de relieve en las subcuencas.

Subcuenca	Cota máx (m)	Cota mín (m)	A_R(m)
1	834	756	78
2	834	758	76

2.1.6 Relación de relieve

Se calcula dividiendo la amplitud de relieve (A_R) y la longitud de la cuenca (L_C). Además, con la raíz cuadrada del dato de relación de relieve se obtiene la pendiente relativa de la cuenca.

Para la relación de relieve se utiliza la siguiente ecuación:

$$R_R = \frac{A_R}{L_C}$$

En el caso de la pendiente relativa, se calcula de la siguiente manera:

$$J_r = \sqrt{R_R} * 100$$

Tabla 14. Relación de relieve y pendiente relativa de las dos cuencas objeto de estudio.

Cuenca	A_R(m)	L_c(m)	R_R	Pendiente (%)
1	114	698,8	0,163	40,39
2	117	594,55	0,197	44,361

Tabla 15. Relación de relieve y pendiente relativa de las subcuencas pertenecientes al proyecto.

Subcuenca	A_R(m)	L_c(m)	R_R	Pendiente (%)
1	78	238,49	0,327	57,189
2	76	262,04	0,29	53,855

Tanto las cuencas como las subcuencas tienen unos porcentajes altos de pendiente, por lo que se tratará de zonas con elevada torrencialidad, escorrentía más rápida y menor tiempo de concentración.

2.1.7 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica ofrece una visión del relieve y la altimetría de la cuenca. Por encima de la altitud mínima de la cuenca, se halla la totalidad de su superficie (Martínez de Azagra y Navarro, 1996).

Para construir la curva se trasladan las superficies al eje de abcisas y la altitud en metros al eje de ordenadas.

Los datos necesarios para dibujar las curvas son la superficie acumulada por debajo de cada curva de nivel y el porcentaje que supone esa superficie sobre el total.

Tabla 16. Datos de la Cuenca 1 para la construcción de la curva hipsométrica.

Altitud	Área acumulada por debajo (ha)	% Superficie
870	13,84	100
865	13,375	96,64
855	12,55	90,68
845	11,7	84,54
835	10,78	77,89
825	9,58	69,22
815	8,215	59,36
805	67,125	48,5
795	4,92	35,55
785	30,825	22,27
775	1,305	9,43
765	0,6075	4,39
756	0	0

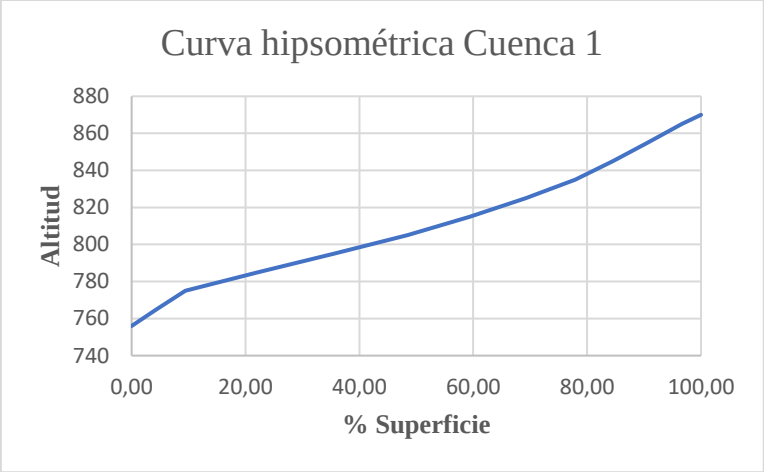


Figura 4. Curva hipsométrica de la Cuenca 1

Tabla 17. Datos de la Cuenca 2 para la construcción de la curva hipsométrica.

Altitud	Área acumulada por debajo (ha)	% Superficie
875	7,45	100
868	7,025	94,30
858	6,41	86,04
848	57,975	77,82
838	5,25	70,50
828	4,575	61,41
818	3,85	51,68
808	30,525	40,97
798	21,375	28,69
788	13,425	18,02
778	0,81	10,87
768	0,278	3,72
758	0	0

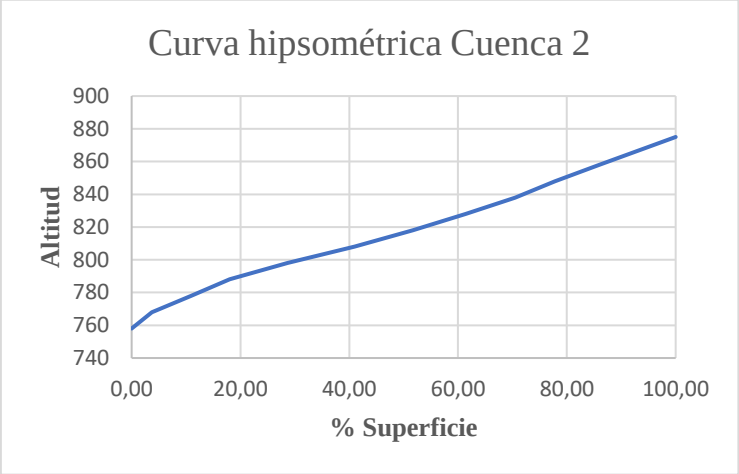


Figura 5. Curva hipsométrica de la Cuenca 2.

Tabla 18. Datos de la Subcuenca 1 para la construcción de la curva hipsométrica.

Altitud	Área acumulada por debajo (ha)	% Superficie
834	2,64	100
826	2,60	98,48
816	2,50	94,78
806	2,31	87,57
796	2,03	76,94
786	1,71	64,80
776	1,23	46,77
766	0,61	23,06
756	0	0

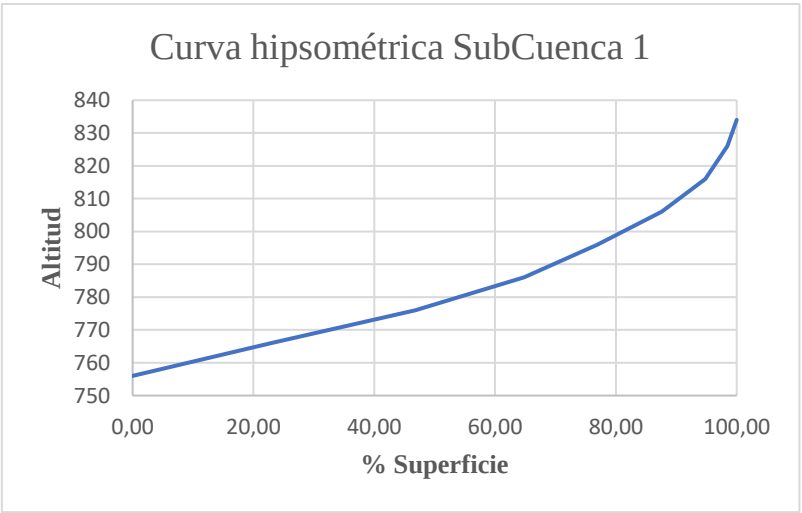


Figura 6. Curva hipsométrica de la Subcuenca 1.

Tabla 19. Datos de la Subcuenca 2 para la construcción de la curva hipsométrica.

Altitud	Área acumulada por debajo (ha)	% Superficie
834	2,44	100
828	2,41	98,97
818	2,29	94,15
808	2,06	84,60
798	1,70	69,82
788	1,30	53,29
778	0,81	33,37
768	0,28	11,50
758	0	0

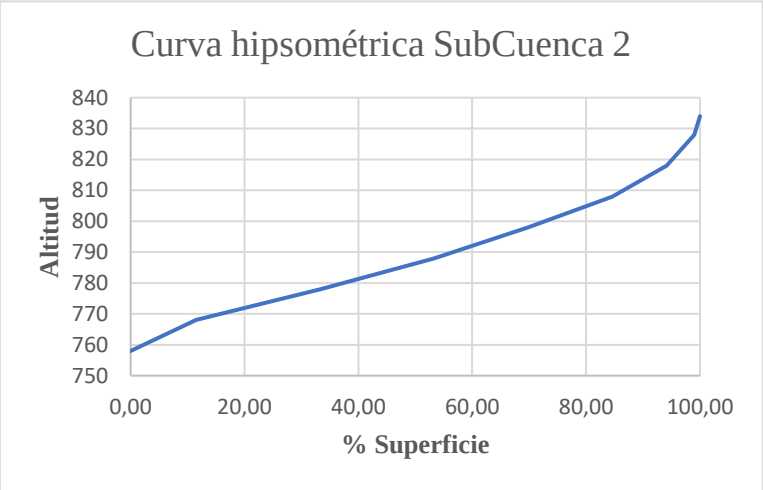


Figura 7. Curva hipsométrica de la Subcuenca 2.

2.1.8 Curva de frecuencias

Para calcular la curva de frecuencias se necesita el porcentaje de superficie total de la cuenca que queda comprendida entre dos curvas de nivel consecutivas y el intervalo de altitud entre curvas.

Tabla 20. Datos de la superficie para la construcción de la curva de frecuencias.

Intervalo entre curvas	Superficie entre curvas (m^2)	% Superficie relativa al total
740-760	1775	1,28
760-780	15750	11,38
780-800	37975	27,44
800-820	31850	23,01
820-840	24250	17,52
840-860	16875	12,19
860-880	9925	7,17
	138400	

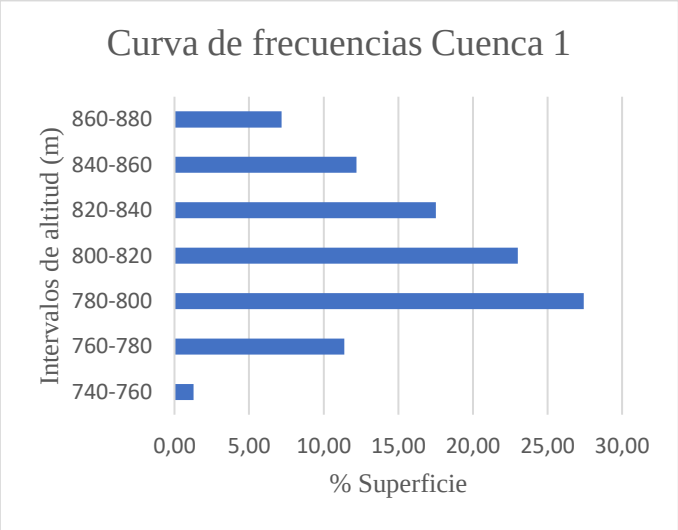


Figura 8. Curva de frecuencias de la Cuenca 1.

Tabla 21. Datos de la superficie para la construcción de la curva de frecuencias.

Intervalo entre curvas	Superficie entre curvas (m^2)	% Superficie relativa al total
740-760	175	0,24
760-780	8350	11,25
780-800	13900	18,72
800-820	16925	22,79
820-840	13625	18,35
840-860	11600	15,62
860-880	9675	13,03
	74250	

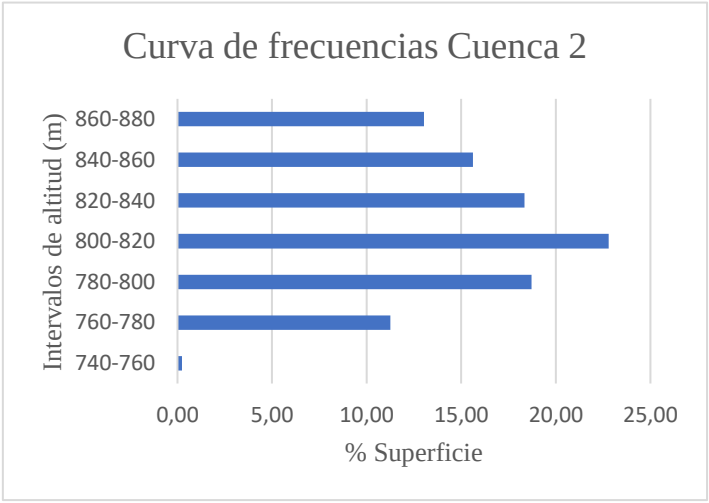


Figura 9. Curva de frecuencias de la Cuenca 2.

Tabla 22. Datos de la superficie para la construcción de la curva de frecuencias.

Intervalo entre curvas	Superficie entre curvas (m^2)	% Superficie relativa al total
750-760	1775	6,74
760-770	7200	27,32
770-780	5375	20,40
780-790	4025	15,28
790-800	2825	10,72
800-810	2625	9,96
810-820	1525	5,79
820-830	800	3,04
830-840	200	0,76
	26350	

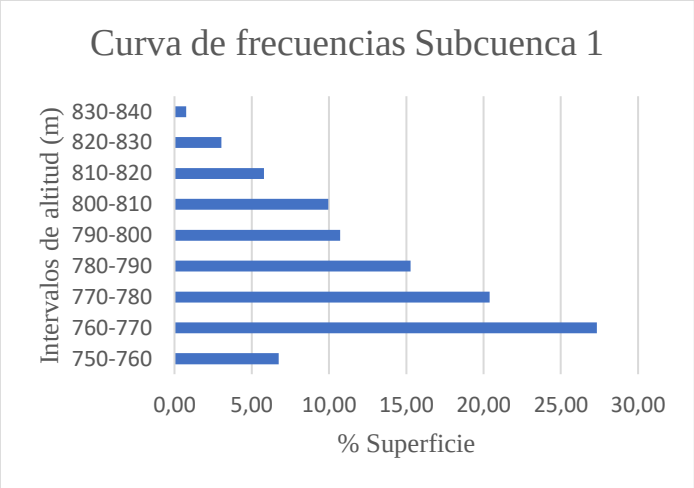


Figura 10. Curva de frecuencias de la Subcuenca 1.

Tabla 23. Datos de la superficie para la construcción de la curva de frecuencias.

Intervalo entre curvas	Superficie entre curvas (m^2)	% Superficie relativa al total
750-760	175	0,72
760-770	3525	14,48
770-780	5100	20,94
780-790	4700	19,30
790-800	4100	16,84
800-810	3400	13,96
810-820	2150	8,83
820-830	1025	4,21
830-840	175	0,72
	24350	

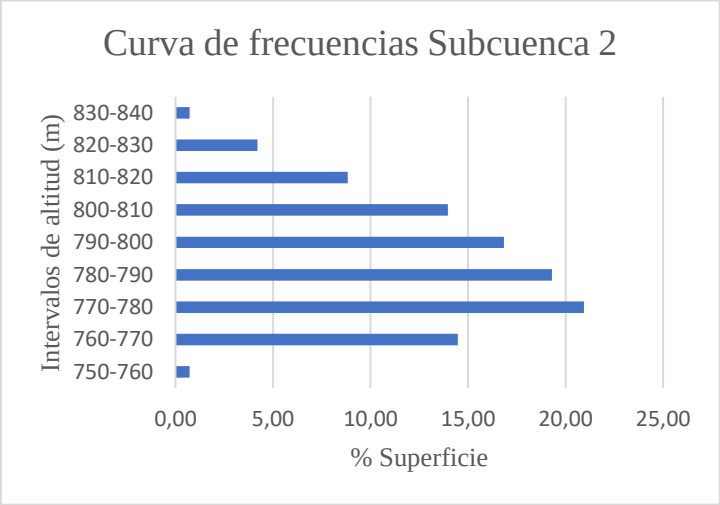


Figura 11. Curva de frecuencias de la Subcuenca 2.

Como puede observarse en las curvas de frecuencias, en el caso de las cuencas la mayoría de la superficie se encuentra entre los 780 y los 820 metros, mientras que en las subcuencas la mayoría de la superficie se encuentra entre los 760 y los 780 metros. Se puede decir que tanto la Cuenca 2 como la Subcuenca 2, tienen cierta forma acampanada, lo que indica que tienen un relieve intermedio, mientras que la Cuenca 1 y la Subcuenca 1 tienden a tener más picos en las zonas bajas, lo que indica un relieve maduro con mayor erosión.

2.1.9 Rectángulo equivalente

El rectángulo equivalente es un rectángulo que tiene la misma superficie y perímetro que la cuenca en estudio e igual distribución hipsométrica (Martínez de Azagra y Navarro, 1996).

Para su cálculo es necesario obtener el lado mayor y el lado menor del rectángulo, para ello se utilizan las siguientes fórmulas.

$$S = l * L$$
$$P = 2 * (l + L)$$
$$l = \frac{S}{L}$$

Siendo:

S: Superficie de la cuenca

P: Perímetro de la cuenca

Para calcular los lados:

$$2 * \left(L + \frac{S}{L}\right) = 2 * \left(\frac{L^2 + S}{L}\right) = P \rightarrow 2 * L^2 + 2 * S - P * L = 0$$

$$Lado\ mayor\ L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

$$Lado\ menor\ l = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16S}}{4}$$

Para el cálculo de los rectángulos equivalentes hay que tener en cuenta que si $P^2<16S$, no es posible realizar el rectángulo porque no existe. Además, si $P^2=16S$, se tiene un cuadrado.

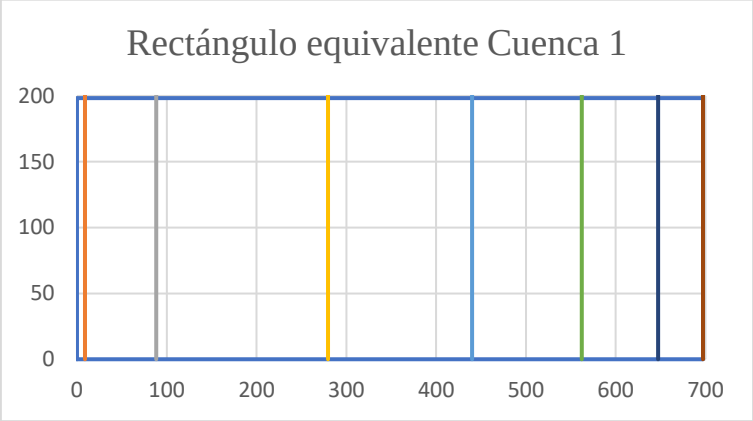


Figura 12. Rectángulo equivalente de la Cuenca 1

En el caso del rectángulo equivalente de la Cuenca 1, el lado mayor mide 697,23 m y el lado menor mide 198,36 m.

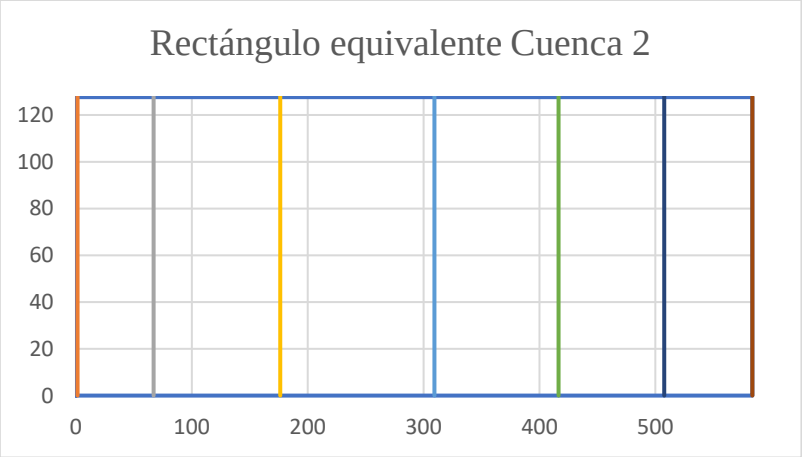


Figura 13. Rectángulo equivalente de la Cuenca 2.

En el rectángulo equivalente de la Cuenca 2 el lado mayor mide 583,73 m y el lado menor 127,63 m.

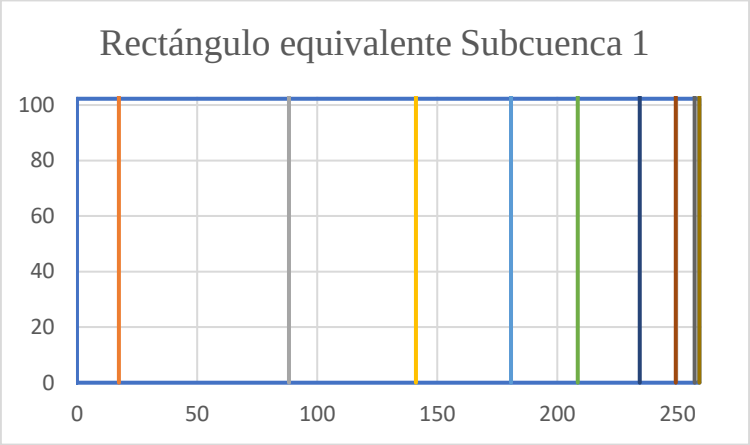


Figura 14. Rectángulo equivalente de la Subcuenca 1

Para el rectángulo equivalente de la Subcuenca 1, las medidas del lado mayor son 259,12 m y del lado menor 102,27 m.

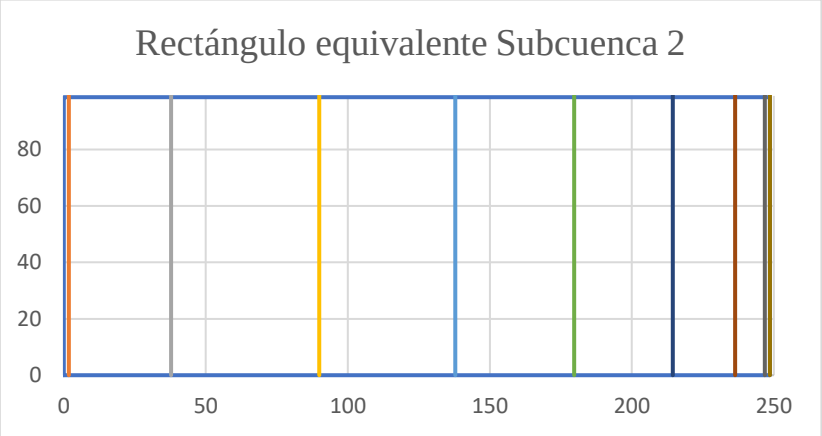


Figura 15. Rectángulo equivalente de la Subcuenca 2.

Las medidas para el rectángulo equivalente de la Subcuenca 2 son, el lado mayor 248,62 m y el lado menor 98,54 m.

2.1.10 Altura media

Para hallar la altura media de cada cuenca se utiliza la siguiente fórmula:

$$A_m = \frac{\sum_i^m H_i * S_i}{S}$$

Siendo:

H_i = altura media entre dos curvas de nivel respecto a la cota más alta de la cuenca (m)

S_i = superficie comprendida entre dos curvas de nivel (m^2)

S: superficie de la cuenca (m^2)

Tabla 24. Cálculo de la altura media en la Cuenca 1.

Altitudes de las curvas	Área acumulada por debajo (ha) (S)	S (m2)	Habs	H*S
756-765	0,6075	6075	760,5	4620037,5
765-775	0,6975	6975	770	5370750
775-785	1,7775	17775	780	13864500
785-795	1,8375	18375	790	14516250
795-805	1,7925	17925	800	14340000
805-815	1,5025	15025	810	12170250
815-825	1,365	13650	820	11193000
825-835	1,2	12000	830	9960000
835-845	0,92	9200	840	7728000
845-855	0,85	8500	850	7225000
855-865	0,825	8250	860	7095000
865-870	0,465	4650	867,5	4033875
TOTAL		138400	9778	112116663
			Altura media	**810,091492**

Tabla 25. Cálculo de la altura media en la Cuenca 2.

Altitudes de las curvas	Área acumulada por debajo (ha) (S)	S (m2)	Habs	H*S
758-768	0,2775	2775	763	2117325
768-778	0,5325	5325	773	4116225
778-788	0,5325	5325	783	4169475
788-798	0,795	7950	793	6304350
798-808	0,915	9150	803	7347450
808-818	0,7975	7975	813	6483675
818-828	0,725	7250	823	5966750
828-838	0,6775	6775	833	5643575
838-848	0,545	5450	843	4594350
848-858	0,6125	6125	853	5224625
858-868	0,615	6150	863	5307450
868-875	0,425	4250	871,5	3703875
TOTAL		74500	9814,5	60979125
			Altura media	**818,511745**

Tabla 26. Cálculo de la altura media en la Subcuenca 1.

Altitudes de las curvas	S (m2)	Habs	H*S
756-766	6075	761	4623075
766-776	6250	771	4818750
776-786	4750	781	3709750
786-796	3200	791	2531200
796-806	2800	801	2242800
806-816	1900	811	1540900
816-826	975	821	800475
826-834	400	830	332000
	26350	6367	20598950
		Altura media	**781,743833**

Tabla 27. Cálculo de la altura media en la Subcuenca 2.

Altitudes de las curvas	S (m2)	Habs	H*S
758-768	2800	763	2136400
768-778	5325	773	4116225
778-788	4850	783	3797550
788-798	4850	793	3846050
798-808	3600	803	2890800
808-818	2325	813	1890225
818-828	1175	823	967025
828-834	250	831	207750
	25175	6382	19852025
		Altura media	**788,561072**

A continuación, se muestran los datos de altura media obtenidos en este apartado, en comparación con la altura media que se supone real, calculada con las herramientas del programa Qgis.

Tabla 28. Comparación de resultados de la altura media.

	Altura real	Altura calculada
Cuenca 1	811,41	810,09
Cuenca 2	819,16	818,51
Subcuenca 1	781,96	781,74
Subcuenca 2	788,97	788,56
Media	800,375	799,725

Como se puede observar en la Tabla 28, las alturas difieren muy poco, por lo que se toman como valores reales.

2.2 Índices de pendiente de la cuenca

2.2.1 Índice de pendiente relativa

Índice que sirve como primera y sencilla aproximación de la pendiente media de la cuenca. Se calcula a través de la siguiente fórmula.

$$J_r = \sqrt{\frac{H_{máx} - H_{mín}}{L}} * 100$$

Siendo:

$H_{máx}$: cota máxima

$H_{mín}$: cota mínima

L: lado mayor del rectángulo equivalente (m)

Tabla 29. Cálculo de la pendiente relativa en porcentaje de cada cuenca

	H máx	H mín	L	J_R
Cuenca 1	870	756	697,228	40,44
Cuenca 2	875	758	583,733	44,77
Subcuenca 1	834	756	259,121	54,87
Subcuenca 2	834	758	248,622	55,29
Media				48,84

De esta forma se obtienen las pendientes relativas de cada cuenca, siendo las subcuencas las que tienen mayor pendiente, y la pendiente media de las dos cuencas y las dos subcuencas. Los cuatro datos muestran valores de pendiente elevados.

2.2.2 Índice de pendiente media de la cuenca

Para calcular la pendiente media de la forma más directa, es necesario considerarla como la media ponderada de todas las superficies elementales en las que la línea de máxima pendiente es constante. Se calcula con la siguiente fórmula.

$$J_c = \frac{D * L_t}{S} * 100$$

Siendo:

D: equidistancia entre curvas de nivel (en este caso 10 m)

L_t: longitud de las curvas de nivel (m)

S: superficie total de la cuenca (m^2)

Tabla 30. Pendiente media en porcentaje de cada cuenca.

	D	L_t	S	J_c
Cuenca 1	10	5330,449	138300	38,543
Cuenca 2	10	3117,51	74500	41,846
Subcuenca 1	10	973,44	26500	36,734
Subcuenca 2	10	921,65	24500	37,618

Comparando los resultados entre las pendientes relativas y las pendientes medias, se observa que en los cuatro casos las pendientes disminuyen, destacando los valores de las subcuencas en los que las pendientes disminuyen en un porcentaje alto. Aun así, los valores de pendientes siguen siendo elevados.

2.3 Coeficiente de masividad de Martonne

Para caracterizar el relieve de una cuenca es necesario conocer más parámetros a parte de la altura y la pendiente media. Para ello, se usa el coeficiente de masividad de Martonne, que busca caracterizar el relieve relativo de la cuenca, expresando cuantos metros de elevación hay por unidad de área.

$$\tan \alpha = \frac{A_m}{OB}$$

Siendo:

A_m: altura media de la cuenca (m)

OB: superficie total de la cuenca (km^2)

Tabla 31. Cálculo del coeficiente de masividad de Martonne en las cuencas.

Cuenca	A_m (m)	OB (km^2)	Coeficiente de Martonne
1	55,12	0,1384	398,27
2	60,53	0,0745	812,48

Tabla 32. Cálculo del coeficiente de masividad de Martonne en las subcuencas.

SubCuenca	A_m (m)	OB (km^2)	Coeficiente de Martonne
1	25,67	0,0265	968,68
2	30,34	0,025	1238,37

En ambas tablas pueden observarse que los valores del coeficiente de masividad son elevados, lo que indica que el relieve es más pronunciado, y se relaciona con respuestas hidrológicas rápidas, pendientes fuertes y una mayor erosión.

2.4 Coeficiente orográfico de Fournier

Este coeficiente sirve para estimar la erosión o degradación específica en una cuenca. Además, contempla la posibilidad de que existan cuencas con diferente relieve y mismo coeficiente de masividad. Se calcula con la siguiente fórmula.

$$C_o = A_m * \tan \alpha$$

Tabla 33. Cálculo del coeficiente orográfico de Fournier (m^2/ha) para cada cuenca.

Cuenca	A_m (m)	tg α (m/km^2)	C_o (m^2/ha)
1	55,12	398,27	219,52
2	60,53	812,48	491,80

Tabla 34. Cálculo del coeficiente orográfico de Fournier (m^2/ha) para cada subcuenca.

SubCuenca	A_m (m)	tg α (m/km^2)	C_o (m^2/ha)
1	25,67	968,68	248,66
2	30,34	1238,37	375,72

Tabla 35. Clasificación de las cuencas según el coeficiente de Fournier

Co (m^2/ha)	Definición
> 6	Cuencas de relieve acentuado
< 6	Cuencas de relieve poco pronunciado

Teniendo en cuenta los valores obtenidos y la clasificación de Fournier, se pueden describir las cuencas como cuencas con relieve acentuado, debido a que todos los resultados son muy superiores a 6 m^2/ha.

2.5 Factor topográfico de la MUSLE (1987)

El factor topográfico es uno de los factores pertenecientes a la Ecuación Universal de Pérdidas del Suelo, junto con los factores K, R, C y P.

$$Pérdida\ media\ anual\ de\ suelo = K * R * C * P * L * S$$

Esta ecuación fue desarrollada por Wischmeier y Smith en el año 1978 para estimar la pérdida media anual de suelo por erosión hídrica.

El factor topográfico (LxS) depende de la longitud y de la inclinación de la pendiente. Se calcula de dos maneras dependiendo de si la pendiente es superior o inferior al 9%. En este caso se usará la fórmula para pendientes superiores al 9%.

$$LxS = \left(\frac{\lambda}{22{,}13}\right)^{0,3} * \left(\frac{S}{9}\right)^{1,3}$$

$$\lambda = 500 * \frac{S}{L_{TR}}$$

Siendo:

LxS: factor topográfico de la MUSLE
S: superficie de la cuenca (km^2)
s: pendiente media de la cuenca
L_{TR}: longitud de todos los ríos que forman la cuenca (km)
λ: longitud media del terreno (m)

Tabla 36. Cálculo del factor topográfico de las cuencas.

Cuenca	S(Km^2)	L_{TR} (km)	λ	J_C	LxS
1	0,1384	4,29	16,131	38,543	6,026
2	0,0745	2,54	14,665	41,846	6,517

Tabla 37. Cálculo del factor topográfico de las subcuencas.

SubCuenca	S(Km^2)	L_{TR} (km)	λ	J_C	LxS
1	0,0265	0,848	15,625	36,734	5,607
2	0,0245	0,482	25,415	37,618	6,692

Tabla 38. Clasificación del factor LxS.

Valor factor LxS	Características
<5	Suave
5-10	Moderado
10-20	Abrupto
>20	Muy abrupto

Según la clasificación del factor LxS, en los cuatro casos de estudio el terreno tiene un relieve moderado, debido a que los resultados se encuentran entre 5 y 10. Se puede observar que los datos con mayor porcentaje de pendiente son más elevados, debido a que cuanta más pendiente haya, más abrupto será el terreno.

3. Parámetros relacionados con la red de drenaje

La red de drenaje o red hidrográfica se define como el camino natural, permanente o temporal, por el que fluyen las aguas de los escurrimientos superficiales, hipodérmicos y subterráneos. Entre las formas más frecuentes se pueden encontrar ríos, arroyos, torrentes, ramblas, lagos, lagunas, zonas húmedas, aguas subterráneas, acuíferos y capa freática (Martínez de Azagra y Navarro, 1996).

Las cuencas pertenecientes a la zona del proyecto presentan ciertos cauces que pueden considerarse como torrentes debido a las elevadas pendientes y a su carácter irregular.

Estudiar los siguientes parámetros resulta imprescindible para caracterizar la red de drenaje.

3.1 Longitud del cauce principal

Este parámetro resulta práctico para conocer el tiempo que tarda el agua de las precipitaciones en llegar a la sección de control.

Tabla 39. Longitud del cauce principal de las cuencas.

Cuenca	Longitud del cauce principal (m)
1	727,23
2	592,07

Tabla 40. Longitud del cauce principal de las subcuencas.

SubCuenca	Longitud del cauce principal (m)
1	249,2
2	252,7

3.2 Perfil longitudinal del cauce principal

El perfil longitudinal muestra la juventud o madurez del río y de su torrencialidad. Para trazar el perfil longitudinal del cauce principal se ha utilizado la herramienta de perfil en Qgis, obteniendo las siguientes gráficas.

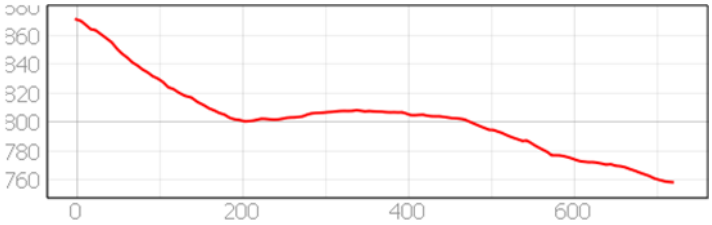


Figura 16. Perfil longitudinal de la Cuenca 1.

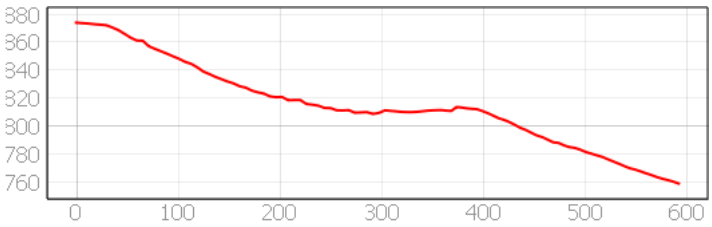


Figura 17. Perfil longitudinal de la Cuenca 2.

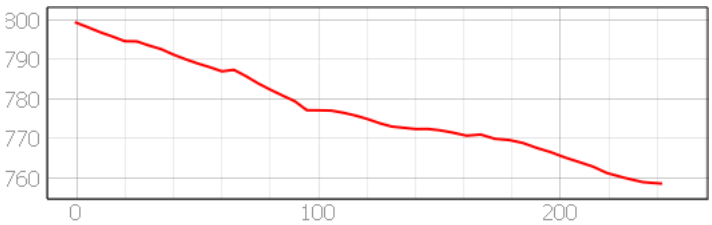


Figura 18. Perfil longitudinal de la Subcuenca 1.

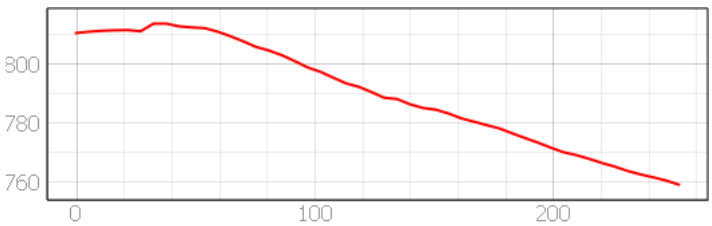


Figura 19. Perfil longitudinal de la Subcuenca 2.

En todos los perfiles longitudinales se tiene un descenso en altitud más o menos lineal, lo que podría indicar que los cauces son jóvenes.

3.3 Frecuencia de cauces

Es un índice que mide el número de cauces o segmentos fluviales que existen por unidad de área en una cuenca. Cuanto mayor sea la frecuencia de cauces, más desarrollada y ramificada se encuentra la red de drenaje. Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{k} N_i}{S}$$

Siendo:
N: número de cauces en la cuenca
S: superficie de la cuenca (km^2)

Tabla 41. Cálculo de frecuencia de cauces en las cuencas.

Cuenca	Nº de cauces	S(km2)	F (cauces/km2)
1	36	0,1384	260,116
2	33	0,0745	442,953

Tabla 42. Cálculo de frecuencias de cauces en las subcuencas.

SubCuenca	Nº de cauces	S(km2)	F (cauces/km2)
1	9	0,0265	339,623
2	7	0,0245	285,714

La frecuencia de cauces es elevada en los cuatro casos, por lo que se puede decir que las cuencas y subcuencas están desarrolladas y son densas.

3.4 Pendiente media del río

La pendiente media del río se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$J_{río} = \frac{H_{máx} - H_{mín}}{L_{río}}$$

Siendo:
$H_{máx}$: cota máxima
$H_{mín}$: cota mínima
$L_{río}$: longitud del río principal (m)

Tabla 43. Cálculo de la pendiente media del río en porcentaje, en cada cuenca.

Cuenca	H máx (m)	H mín (m)	L_r(m)	Jrío (%)
1	870	756	727,23	15,676
2	875	758	592,07	19,761

Tabla 44. Cálculo de la pendiente media del río en porcentaje, en cada subcuenca.

SubCuenca	H máx (m)	H mín (m)	L_r(m)	Jrío (%)
1	834	756	249,2	31,300
2	834	758	252,7	30,075

Las pendientes de los ríos principales que discurren por cada cuenca y subcuenca son elevadas, marcando una elevada torrencialidad.

3.5 Densidad de drenaje

La densidad de drenaje expresa el grado de desarrollo o integración de la red de drenaje en la cuenca, y también indica cuánta longitud total de cauces existe por unidad de superficie. Se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$D_d = \frac{L_{TR}}{S}$$

Siendo:

L_{TR}: longitud de los ríos (km)

S: superficie de la cuenca (km^2)

Tabla 45. Clasificación de las cuencas y subcuencas según el valor de la densidad de drenaje.

Densidad de drenaje (km/km2)	Clasificación y características
1-10	Baja/Gruesa: materiales resistentes y/o buena cubierta vegetal. Terrenos arenosos con mucha infiltración
10-20	Media: materiales blandos con moderada cubierta vegetal
20-40	Alta/Fina: materiales muy blandos y/o cubierta vegetal escasa

Tabla 46. Cálculo de la densidad de drenaje y clasificación según esta de las cuencas.

Cuenca	L_{TR} (km)	S (km^2)	D_d(km/km^2)	Clasificación
1	4,29	0,1384	30,997	Alta/Fina
2	2,54	0,0745	34,094	Alta/Fina

Tabla 47. Cálculo de la densidad de drenaje y clasificación según esta de las subcuencas.

SubCuenca	L_{TR} (km)	S (km^2)	D_d(km/km^2)	Clasificación
1	0,848	0,0265	32	Alta/Fina
2	0,482	0,0245	19,67	Media

Los resultados de la densidad de drenaje indican que las cuencas casi en su totalidad, exceptuando la subcuenca 2, tienen una densidad de drenaje alta. Esto quiere decir que hay un gran drenaje superficial debido a la escasa cubierta vegetal, las elevadas pendientes y a la presencia de suelos impermeables.

3.6 Índice de sinuosidad

Índice que mide que sinuosidad tiene el trazado de un cauce respecto a la longitud real del cauce y la longitud en línea recta desde su nacimiento hasta su desembocadura. Los valores cercanos a la unidad representan a los cauces rectos, mientras que los valores lejanos a la unidad representan a los cauces sinuosos. Se calcula a partir de la siguiente fórmula.

$$I_{sinuosidad} = \frac{L_{real}}{L_{recta}}$$

Tabla 48. Clasificación del tipo de cauce según el valor del índice de sinuosidad.

Valor índice	Tipo de cauce
<1,1	Recto
1,1-1,3	Sinuoso
>1,3	Meandriforme

Tabla 49. Cálculo del índice de sinuosidad para las cuencas y clasificación.

Cuenca	L_{real}	L_{recta}	Índice	Interpretación
1	727,23	660,99	1,100	Sinuoso
2	592,07	588,85	1,005	Recto

Tabla 50. Cálculo del índice de sinuosidad para las cuencas y clasificación.

SubCuenca	L_{real}	L_{recta}	Índice	Interpretación
1	249,2	237,05	1,05	Recto
2	252,7	258,57	0,98	Recto

Como se puede observar en los resultados, la mayoría de los cauces son rectos, asociados a relieves fuertes, exceptuando la cuenca 1 que cuenta con un cauce sinuoso, con alguna curva.

3.7 Coeficiente de torrencialidad

Parámetro que indica la capacidad de respuesta rápida de una cuenca ante precipitaciones intensas y se calcula a partir de la densidad de drenaje, la superficie de la cuenca y los afluentes directos sobre el cauce principal.

$$C_t = \frac{D_d * Ni}{S}$$

Tabla 51. Cálculo del coeficiente de torrencialidad de las cuencas.

Cuenca	D_d(km/km^2)	N	S (km^2)	C_T
1	30,997	13	0,1384	2911,58
2	34,094	8	0,0745	3661,10

Tabla 52. Cálculo del coeficiente de torrencialidad de las subcuencas.

SubCuenca	D_d(km/km^2)	N	S (km^2)	C_T
1	32	5	0,0265	6037,74
2	19,673	4	0,0245	3212,00

3.8 Canal de alimentación

Se utiliza para calcular la superficie de cuenca que le corresponde a cada km de río. Se calcula haciendo la inversa de la densidad de drenaje.

$$C_a = \frac{1}{D_d}$$

Tabla 53. Cálculo del canal de alimentación para cada cuenca.

Cuenca	D_d(km/km^2)	Canal de alimentación(km/km^2)
1	30,997	0,032
2	34,094	0,029

Tabla 54. Cálculo del canal de alimentación para cada subcuenca.

SubCuenca	D_d(km/km^2)	Canal de alimentación(km/km^2)
1	32	0,031
2	19,673	0,051

3.9 Alejamiento medio

Es el recorrido que tiene que hacer la red de drenaje en la cuenca y se expresa de forma adimensional.

$$a_m = \frac{L_{TR}}{\sqrt{S}}$$

Tabla 55. Cálculo del alejamiento medio para cada cuenca.

Cuenca	L_{trios}(m)	S (m^2)	a_m
1	4290	138400	11,532
2	2540	74500	9,306

Tabla 56. Cálculo del alejamiento medio para cada subcuenca.

SubCuenca	L_{trios}(m)	S (m^2)	a_m
1	848	26500	5,209
2	482	24500	3,079

3.10 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo que tarda una gota de agua de lluvia en desplazarse desde el punto más distante de la cuenca hasta su salida, coincidiendo con el tiempo necesario para que se alcance el caudal máximo o caudal punta.

$$T_c = 0{,}3 * (\frac{L_{TR}}{J_{río}^{0,25}})^{0,76}$$

Tabla 57. Cálculo del tiempo de concentración en cada cuenca en horas y minutos.

Cuenca	L_{TR} (km)	Jrío(m/m)	T_C(h)	T_C(mín)
1	4,29	0,157	1,29	77,4
2	2,54	0,198	0,829	49,74

Tabla 58. Cálculo del tiempo de concentración en cada cuenca en horas y minutos.

SubCuenca	L_{TR} (km)	Jrío(m/m)	T_C(h)	T_C(mín)
1	0,848	0,313	0,33	19,8
2	0,482	0,301	0,216	12,96

Un tiempo de concentración bajo, como es el caso de las cuencas y subcuencas estudiadas, indica que la cuenca responde rápidamente a los eventos de precipitación, es decir, el agua de lluvia tarda muy poco en alcanzar la salida. Esto significa que el riesgo de crecidas repentinas es elevado.

3.11 Distancia de escorrentía

La distancia de escorrentía es un parámetro que indica la distancia media que recorre el agua de la lluvia sobre la superficie del terreno antes de incorporarse a un cauce definido o a la red de drenaje.

$$D_e = 0{,}5 * \frac{S}{L_{TR}}$$

Tabla 59. Cálculo de la distancia de escorrentía en cada cuenca.

Cuenca	L_{TR}(m)	S (m^2)	D_e(m)	D_e(km)
1	4290	138400	16,131	0,016
2	2540	74500	14,665	0,015

Tabla 60. Cálculo de la distancia de escorrentía en cada subcuenca.

SubCuenca	L_{TR}(m)	S (m^2)	D_e(m)	D_e(km)
1	848	26500	15,625	0,016
2	482	24500	25,415	0,025

Como puede apreciarse en los resultados, las distancias de escorrentía son inferiores a 1 km en todas las cuencas, esto se debe a que la densidad de drenaje es mayor y por tanto existe un número de cauces mucho mayor y se encuentran cercanos, por lo que al agua le cuesta mucho menos encontrar un cauce.

4. Resumen y conclusiones

El estudio hidrológico realizado sobre la ladera y su entorno ha permitido realizar una caracterización del comportamiento morfométrico e hidrológico de las cuencas principales y las subcuencas, que conforman el ámbito de la parcela objeto de estudio. La zona presenta un relieve acusado, con elevadas pendientes y sobre un suelo franco-arcilloso con afloramientos yesíferos, lo que condiciona notablemente los procesos de escorrentía y erosión.

Según los parámetros obtenidos, ambas cuencas se clasifican como de tamaño muy pequeño con formas ovaladas y una tendencia alargada. Mientras que las subcuencas, de forma más redondeada muestran un comportamiento hidrológico más concentrado. Los valores de altitud varían entre 756 y 875 metros, lo que refleja una topografía moderadamente elevada, pero con fuertes gradientes altitudinales.

Las elevadas pendientes relativas y pendientes medias confirman un relieve abrupto, con una clara capacidad de generar escorrentía superficial de manera rápida. Tanto el coeficiente de Martonne como el índice de Fournier presentan valores elevados, lo que indica que la zona se encuentra bajo un régimen climático semiárido con marcada torrencialidad y elevada susceptibilidad a la erosión hídrica.

Los parámetros de red de drenaje indican altas densidades de drenaje y frecuencias de cauces, lo que sugiere una red bien desarrollada y de respuesta rápida ante episodios de lluvia. Los perfiles longitudinales muestran un descenso lineal del cauce principal, sin tramos de acumulación significativos y pendientes medias de cauces elevadas, asociadas a una energía de relieve considerable.

En cuanto al índice de sinuosidad, se diferencian dos comportamientos, en el caso de la cuenca 1 presenta un cauce sinuoso, y el resto cauces rectilíneos, lo que se traduce en drenajes más directos y menor capacidad de laminación de avenidas. Además, los valores elevados del coeficiente de torrencialidad, refuerzan la interpretación de que se trata de sistemas con alta energía y potencial erosivo. Los tiempos de concentración reducidos,

indican respuestas hidrológicas rápidas, propias de pequeñas cuencas en pendientes pronunciadas.

En resumen, los resultados muestran que la zona presenta un comportamiento hidrológico torrencial, con escasa capacidad de infiltración y alta velocidad de escorrentía, especialmente en las subcuencas. Estos factores, unidos a la litología yesífera y la textura del suelo, justifican la planificación de la restauración hidrológico-forestal, incluyendo medidas como la creación de microcuencas, revegetación con especies adaptadas a condiciones áridas y secas y el control de la erosión. Estas medidas deberán priorizar la retención de agua en el terreno y la reducción de la energía de escorrentía para la recuperación de la ladera.

5. Referencias bibliográficas

Martinez de Azagra Paredes, A., & Navarro Hevia, J. (1996). *Hidrología forestal: el ciclo hidrológico*. Universidad de Valladolid.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo VIII. Modelado hidrológico

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO VIII MODELADO HIDROLÓGICO

1. Introducción 1
2. Datos de partida 1
2.1 Datos de la ladera 1
2.2 Necesidades hídricas 1
3. Cálculos 2
3.1 Número de curva 2
3.2 Coeficiente de escorrentía 2
3.3 Cálculo de la densidad de plantación 3
3.3.1 Quercus faginea 3
3.3.2 Rhamnus saxatilis 4
3.3.3 Crataegus monogyna 5
3.3.4 Rosa canina 5
3.3.5 Genista scorpius 6
3.3.6 Fumana ericifolia 6
3.3.7 Lonicera etrusca 6
3.3.8 Lavandula latifolia 7
3.3.9 Salvia lavandulifolia 8
3.3.10 Satureja montana 8
3.3.11 Sideritis hyssopifolia 9
3.3.12 Thymus vulgaris 9
3.3.13 Resumen de resultados 9
3.4 Cálculo de la microcuenca y altura 10
3.4.1 Quercus faginea 11
3.4.2 Rhamnus saxatilis 11
3.4.3 Crataegus monogyna 12
3.4.4 Rosa canina 12
3.4.5 Genista scorpius 12
3.4.6 Fumana ericifolia 13
3.4.7 Lonicera etrusca 13
3.4.8 Lavandula latifolia 13
3.4.9 Salvia lavandulifolia 14

3.4.10 Satureja montana 14
3.4.11 Sideritis hyssopifolia 14
3.4.12 Thymus vulgaris 14
3.4.13 Resumen de resultados 15
4. Conclusión 15
5. Referencias bibliográficas 17

1. Introducción

El modelado hidrológico constituye una herramienta esencial en los proyectos de restauración de ecosistemas degradados, ya que permite cuantificar el comportamiento del agua en el terreno y diseñar soluciones adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas y topográficas.

En este anexo se aplica la metodología del modelo MODIPÉ (Martínez de Azagra) en la zona del proyecto con el objetivo de evaluar la viabilidad hídrica de la plantación y dimensionar las estructuras de captación necesarias. A través de un enfoque de diseño inverso, se determinan parámetros clave como la densidad máxima de plantación sostenible, la relación entre las áreas de impluvio y recepción, y la altura mínima del microembalse para alcanzar condiciones de endorreísmo.

Este análisis proporciona una base técnica para la planificación y el diseño de microcuencas forestales adaptadas al contexto de degradación de la ladera.

2. Datos de partida

2.1 Datos de la ladera

- Terreno: franco arcilloso
- Pendiente: 35,7%
- Precipitación anual (P): 421 mm/año
- Precipitación máxima en 24 h (P_{24}): 98,5 mm

2.2 Necesidades hídricas

Tabla 1. Necesidades hídricas de las especies a implantar. Fuente: J.A. Oria (2020)

Especie	Necesidades hídricas (mm/año)
Quercus faginea	600
Rhamnus saxatilis	300
Crataegus monogyna	300
Rosa canina	500
Genista scorpius	200
Ononis tridentata	200
Fumana ericifolia	200
Lonicera etrusca	500
Lavandula latifolia	200
Salvia lavandulifolia	300
Satureja montana	200
Sideritis hyssopifolia	200
Thymus vulgaris	300

3. Cálculos

3.1 Número de curva

El número de curva es un índice empírico que cuantifica la capacidad del terreno para generar escorrentía superficial en función de sus características físicas y de uso del suelo. El valor varía entre 0 y 100, representando la relación entre la precipitación y la infiltración.

El cálculo del CN depende de tres factores:

- Tipo de suelo: que expresa su capacidad de infiltración.
- Uso y cobertura del suelo: condiciona la protección frente a la lluvia y la escorrentía superficial.
- Condición hidrológica del terreno: asociada al grado de compactación y cobertura vegetal.

Tabla 2. Números de curva según el tipo de suelo, condición hidrológica y uso de suelo. Fuente: Forest Hidrology

Uso de la tierra / Cobertura	Condición hidrológica	Grupo A (alta infiltración)	Grupo B (moderado)	Grupo C (baja infiltración)	Grupo D (muy bajo)
Bosque (natural)	Bien	30	55	70	77
Bosque (pastoreo)	Justo	36	60	73	80
Pradera	Bien	39	61	74	80
Pradera	Justo	49	69	79	84
Tierras de cultivo (agricultura de contorno)	Bien	62	71	78	81
Tierras de cultivo (sin prácticas)	Pobre	68	79	86	89
Suelo desnudo	—	77	86	91	94
Urbano (impermeable)	—	98	98	98	98

En el caso de la ladera de estudio, se trata de una pradera con una condición hidrológica justa debido a que la cubierta vegetal es baja y con mayor presencia de herbáceas que de arbolado. Por otro lado, el suelo es un terreno franco arcilloso con baja infiltración y elevada escorrentía por lo que se escogerá CN: 84.

3.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía es un parámetro adimensional que representa la fracción de las precipitaciones que se convierte en escorrentía. Su valor varía entre 0 y 1, y depende de factores como:

- Permeabilidad y textura del suelo
- Cobertura vegetal
- Pendiente del terreno
- Uso del suelo y grado de compactación

TABLE 15.1.1
Runoff coefficients for use in the rational method

Character of surface	Return Period (years) 2	5	10	25	50	100	500
Developed							
Asphaltic	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concrete/roof	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Grass areas (lawns, parks, etc.)							
Poor condition (grass cover less than 50% of the area)							
Flat, 0–2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Average, 2–7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Steep, over 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Fair condition (grass cover on 50% to 75% of the area)							
Flat, 0–2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2–7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Good condition (grass cover larger than 75% of the area)							
Flat, 0–2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Average, 2–7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Steep, over 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Undeveloped							
Cultivated Land							
Flat, 0–2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Average, 2–7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Steep, over 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pasture/Range							
Flat, 0–2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Average, 2–7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Steep, over 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Forest/Woodlands							
Flat, 0–2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Average, 2–7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Steep, over 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Note: The values in the table are the standards used by the City of Austin, Texas. Used with permission.

Figura 1. Tabla coeficientes de escorrentía según el terreno y el período de retorno. Fuente: Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. (Trad. J. G. Saldarriaga). McGraw-Hill.

Teniendo en cuenta que la pendiente es del 35,7%, que entre el 50 y el 75% está cubierto por herbáceas y que es necesario escoger un período de retorno corto para estar del lado de la seguridad, debido a que cuanto mayor sea el período de retorno mayor será el coeficiente de escorrentía y menor el área de impluvio, se escogerá un coeficiente de escorrentía de 0,40.

3.3 Cálculo de la densidad de plantación

Este cálculo se basa en el balance hídrico anual para determinar cuánta superficie total necesita cada planta. Por ello, se calculará para cada especie y después se extrapolará para cada superficie de las distintas zonas en las que se divide la ladera.

3.3.1 Quercus faginea

El quejigo tiene unas necesidades hídricas de 400 a 800 mm/año, por lo que se escogerá el valor medio para realizar el cálculo, siendo este 600 mm/año.

Primero se define el déficit hídrico anual calculando el agua adicional que la planta necesita obtener de la escorrentía cosechada.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$

$$Déficit\ anual = 600 - 421 = 179\ mm$$

Conociendo el coeficiente de escorrentía, se calcula la relación de equilibrio (S_1/S_2), equilibrando el déficit en el área de recepción (S2) con la ganancia del área de impluvio (S1), de la siguiente manera:

$$Agua\ necesaria\ en\ S_2 = Déficit * S_2 = 179 * S_2$$
$$Agua\ cosechada\ de\ S_1 = (P * CE) * S_1 = (421 * 0{,}4) * S_1 = 168{,}4 * S_1$$

Se igualan las ecuaciones para calcular la relación mínima entre ambas variables:

$$179 * S_2 = 168{,}4 * S_1$$
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{179}{168{,}4} \approx 1{,}06$$

Esto significa que, para cubrir el déficit, el área de impluvio debe ser 1,06 veces más grande que el área de recepción.

Una vez que se conoce la relación entre ambas variables, se puede calcular la superficie total por planta (S_p) como la suma del área de impluvio y la de recepción.

$$S_p = (1{,}06 * S_2) + S_2 \rightarrow S_p = 2{,}06 * S_2$$

El valor del área de recepción se define según referencias, en el caso de *Quercus faginea*, se elige un tamaño de microcuenca de 3 m x 3 m, lo que resulta en un área de recepción de 9 m^2.

Una vez definido S_2, se calcula S_p.

$$S_p = 2{,}06 * S_2 \rightarrow S_p = 2{,}06 * 9 \rightarrow S_p = 18{,}54\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{18{,}54} \approx 539\ árboles/ha$$

3.3.2 Rhamnus saxatilis

La especie *Rhamnus saxatilis* tiene unas necesidades hídricas bajas, entre 200 y 400 mm al año, por lo que se escoge un valor intermedio, 300 mm/año.

En este caso la planta tiene suficiente agua procedente de las precipitaciones para cubrir sus necesidades hídricas.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 300 - 421 = -121\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

Para arbustos de tamaño mediano se definirá un área de recepción de 2 m x 2 m, por lo que $S_2 = 4m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow \ S_p = 0 + 4 \rightarrow \ S_p = 4\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{4\ m^2} \approx 2500\ ind/ha$$

3.3.3 Crataegus monogyna

Esta especie también cuenta con unas necesidades hídricas bajas, entre 200 y 400 mm/año, por lo que se escogerá un valor intermedio, 300 mm/año.

Como también se trata de un arbusto de tamaño mediano, su área de recepción también será de 2 m x 2 m y por tanto los cálculos serán los mismos que los de *Rhamnus saxatilis*. Obteniendo una densidad de aproximadamente 2500 ind/ha.

3.3.4 Rosa canina

El rosal silvestre tiene unas necesidades hídricas medias, entre 400 y 600 mm/año, por lo que escogerá el valor intermedio para realizar los cálculos, 500 mm/año.

Primero se define el déficit hídrico anual calculando el agua adicional que la planta necesita obtener de la escorrentía cosechada.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 500 - 421 = 79\ mm$$

Conociendo el coeficiente de escorrentía, se calcula la relación de equilibrio (S_1/S_2), equilibrando el déficit en el área de recepción (S_2) con la ganancia del área de impluvio (S_1), de la siguiente manera:

$$Agua\ necesaria\ en\ S_2 = Déficit * \ S_2 = 79 * S_2$$
$$Agua\ cosechada\ de\ S_1 = (P * CE) * S_1 = (421 * 0{,}4) * S_1 = 168{,}4 * S_1$$

Se igualan las ecuaciones para calcular la relación mínima entre ambas variables:

$$79 * S_2 = 168{,}4 * S_1$$
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{79}{168{,}4} \approx 0{,}47$$

Esto significa que, para cubrir el déficit, el área de impluvio debe ser 0,47 veces más grande que el área de recepción.

Una vez que se conoce la relación entre ambas variables, se puede calcular la superficie total por planta (S_p) como la suma del área de impluvio y la de recepción.

$$S_p = (0{,}47 * S_2) + S_2 \rightarrow \ S_p = 1{,}47 * S_2$$

Al igual que los casos anteriores, como el rosal silvestre es un arbusto con tamaño medio, se elige un tamaño de microcuenca de 2 m x 2 m, lo que resulta en un área de recepción de 4 m^2.

Una vez definido S_2, se calcula S_p.

$$S_p = 1{,}47 * S_2 \rightarrow \ S_p = 1{,}47 * 4 \rightarrow \ S_p = 5{,}88\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{5{,}88} \approx 1700\ ind/ha$$

3.3.5 Genista scorpius

La especie es muy xerófila con unas necesidades hídricas muy bajas, con un valor de 200 mm/año.

Como también se trata de un arbusto de tamaño mediano, su área de recepción también será de 2 m x 2 m y por tanto los cálculos serán los mismos que los de *Rhamnus saxatilis y Crataegus monogyna*. Obteniendo una densidad de aproximadamente 2500 ind/ha.

3.3.6 Fumana ericifolia

Esta especie herbácea tiene unas necesidades hídricas muy bajas, con un valor de 200 mm/año.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 200 - 421 = -221\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow \ S_p = 0 + 1 \rightarrow \ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.7 Lonicera etrusca

La *Lonicera etrusca* tiene unas necesidades hídricas medias, entre 400 y 600 mm/año, por lo que para hacer los cálculos se usará el valor medio, 500 mm/año.

Primero se define el déficit hídrico anual calculando el agua adicional que la planta necesita obtener de la escorrentía cosechada.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$

$$Déficit\ anual = 500 - 421 = 79\ mm$$

Conociendo el coeficiente de escorrentía, se calcula la relación de equilibrio (S_1/S_2), equilibrando el déficit en el área de recepción (S_2) con la ganancia del área de impluvio (S_1), de la siguiente manera:

$$Agua\ necesaria\ en\ S_2 = Déficit * S_2 = 79 * S_2$$
$$Agua\ cosechada\ de\ S_1 = (P * CE) * S_1 = (421 * 0{,}4) * S_1 = 168{,}4 * S_1$$

Se igualan las ecuaciones para calcular la relación mínima entre ambas variables:

$$79 * S_2 = 168{,}4 * S_1$$
$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{79}{168{,}4} \approx 0{,}47$$

Esto significa que, para cubrir el déficit, el área de impluvio debe ser 0,47 veces más grande que el área de recepción.

Una vez que se conoce la relación entre ambas variables, se puede calcular la superficie total por planta (S_p) como la suma del área de impluvio y la de recepción.

$$S_p = (0{,}47 * S_2) + S_2 \rightarrow S_p = 1{,}47 * S_2$$

En el caso de la madreselva, al ser un arbusto trepador puede alcanzar cierto tamaño, por lo que se elige un tamaño de microcuenca de 2 m x 2 m, lo que resulta en un área de recepción de 4 m^2.

Una vez definido S_2, se calcula S_p.

$$S_p = 1{,}47 * S_2 \rightarrow S_p = 1{,}47 * 4 \rightarrow S_p = 5{,}88\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{5{,}88} \approx 1700\ ind/ha$$

3.3.8 Lavandula latifolia

Esta especie presenta unas condiciones hídricas muy bajas debido a su carácter xerófilo, de 200 mm/año.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 200 - 421 = -221\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow \ S_p = 0 + 1 \rightarrow \ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.9 Salvia lavandulifolia

La salvia presenta unas necesidades hídricas bajas, entre 200 y 400 mm/año, por lo que se escogerá el valor intermedio, 300 mm/año, para realizar los cálculos.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 300 - 421 = -121\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow \ S_p = 0 + 1 \rightarrow \ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.10 Satureja montana

Esta especie tiene unas necesidades hídricas muy bajas, de 200 mm/año.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 200 - 421 = -221\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de muy poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow \ S_p = 0 + 1 \rightarrow \ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.11 Sideritis hyssopifolia

Esta especie tiene resistencia a la sequía, por lo que tiene unas necesidades hídricas muy bajas, de 200 mm/año.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 200 - 421 = -221\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de muy poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow\ S_p = 0 + 1 \rightarrow\ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.12 Thymus vulgaris

El tomillo es una especie con necesidades hídricas bajas, entre 200 y 400 mm/año, escogiendo para los cálculos el valor medio, 300 mm/año.

$$Déficit\ anual = Necesidades\ hídricas - Precipitación$$
$$Déficit\ anual = 300 - 421 = -121\ mm$$

En este caso, la planta no necesita un área de impluvio, asique se calculará el área de recepción teniendo en cuenta que $S_1 = 0$.

En este caso, al ser una planta herbácea de poco porte, se definirá un área de recepción de 1 m x 1 m, por lo que $S_2 = 1m^2$.

Una vez definido S_2, se calcula S_p como la suma de ambas áreas:

$$S_p = S_1 + S_2 \rightarrow\ S_p = 0 + 1 \rightarrow\ S_p = 1\ m^2$$

Con S_p calculada se define la densidad de plantas por hectárea que se pueden plantar.

$$n = \frac{10000\ m^2}{S_p} = \frac{10000\ m^2}{1\ m^2} \approx 10000\ ind/ha$$

3.3.13 Resumen de resultados

A continuación, se muestra una tabla con las necesidades hídricas de cada especie, el área de recepción que se ha definido y la densidad de plantas por hectárea que se ha calculado.

Tabla 3. Resumen de resultados

Especie	N. Hídricas (mm/año)	Área de recepción (m2)	Densidad (ind/ha)
Quercus faginea	600	9	539,4
Rhamnus saxatilis	300	4	2500
Crataegus monogyna	300	4	2500
Rosa canina	500	4	1700,7
Genista scorpius	200	4	2500
Fumana ericifolia	200	1	10000
Lonicera etrusca	500	4	1700,7
Lavandula latifolia	200	1	10000
Salvia lavandulifolia	300	1	10000
Satureja montana	200	1	10000
Sideritis hyssopifolia	200	1	10000
Thymus vulgaris	300	1	10000

Como se puede observar en la Tabla 3, las especies con menores necesidades hídricas y menor porte tienen una densidad mayor, debido a que ocupan menos y no necesitan área de impluvio.

En la siguiente tabla se muestran las tres especies que necesitan área de impluvio para conseguir el agua suficiente para cubrir sus necesidades hídricas.

Tabla 4. Área de impluvio en las especies que no cubren sus necesidades hídricas.

Especie	N. Hídricas (mm/año)	Área de recepción (m^2)	Área de impluvio (m^2)	Densidad (ind/ha)
Quercus faginea	600	9	9,54	539,4
Rosa canina	500	4	1,88	1700,7
Lonicera etrusca	500	4	1,88	1700,7

Aunque los bosquetes están definidos para un área específica, en el caso de dos de las especies es necesario ampliarlos ligeramente para garantizar que dispongan de la superficie adecuada para su correcto crecimiento y desarrollo. Esta ampliación no supone ningún inconveniente, ya que los bosquetes se han dimensionado de forma que, incluso quedando algo más próximos entre sí, mantienen el espacio suficiente para evitar competencia y asegurar unas condiciones óptimas para cada planta.

3.4 Cálculo de la microcuenca y altura

La microcuenca debe ser capaz de albergar el volumen de escorrentía generado por toda la superficie (S_p), por lo que hay que calcular el volumen de la microcuenca y después la altura mínima de la pequeña presa para retener el agua.

Para llevar a cabo este cálculo es necesario calcular la escorrentía en el evento de mayor precipitación que se ha registrado en nuestro estudio. En este caso ese valor es 98.5 mm como máximo en 24 horas, que se produjo en el mes de mayo.

Como es necesario tener en cuenta la infiltración en el evento seleccionado, se calcularán S (retención máxima potencial) y I_a (abstracción inicial) que modelan la infiltración que ocurre antes y durante el evento.

Para calcular S se utiliza la siguiente fórmula, empleando el número de curva previamente calculado:

$$S = \left(\frac{25400}{84}\right) - 254 \rightarrow S = 48{,}38$$

Para calcular la abstracción inicial se usa la siguiente fórmula:

$$I_a = 0{,}2 * S \rightarrow I_a = 0{,}2 * 48{,}38 \rightarrow I_a = 9{,}68$$

Esto significa que la lluvia debe superar 9.68 mm para que comience la escorrentía en la ladera de estudio.

Por último, se calcula la escorrentía en el evento:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P + 0{,}8 * S}$$
$$Q = \frac{(98{,}5 - 9{,}68)^2}{98{,}5 + 0{,}8 * 48{,}38} = 57{,}50$$

Esto significa que la tormenta de 98,5 mm generará 57,5 mm de escorrentía superficial.

Una vez que se calcula la escorrentía superficial que se genera en el evento, es necesario calcular el volumen a almacenar y la altura de la microcuenca. Este dato se calculará para cada especie, debido a que las áreas de recepción son de diferente tamaño, pudiendo almacenar más o menos agua.

3.4.1 Quercus faginea

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 18{,}54 = 1{,}07\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{1{,}07}{9} = 0{,}12\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 12 cm de altura.

3.4.2 Rhamnus saxatilis

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 4 = 0{,}23\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}23}{4} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura.

3.4.3 Crataegus monogyna

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 4 = 0{,}23\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}23}{4} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura.

3.4.4 Rosa canina

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 5{,}88 = 0{,}34\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}34}{4} = 0{,}08\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 8 cm de altura.

3.4.5 Genista scorpius

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 4 = 0{,}23\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}23}{4} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura.

3.4.6 Fumana ericifolia

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.7 Lonicera etrusca

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 5{,}88 = 0{,}34\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}34}{4} = 0{,}08\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 8 cm de altura.

3.4.8 Lavandula latifolia

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.9 Salvia lavandulifolia

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.10 Satureja montana

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.11 Sideritis hyssopifolia

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$
$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.12 Thymus vulgaris

Primero se calcula el volumen a almacenar (CAPA) con la siguiente fórmula:

$$CAPA = Q\ (m) * S_p(m^2)$$
$$CAPA = \ 0{,}058 * 1 = 0{,}06\ m^3$$

Y por último se calcula la altura de los bordes de la microcuenca:

$$H = \frac{CAPA}{S_2}$$

$$H = \frac{0{,}06}{1} = 0{,}06\ m$$

El borde de la microcuenca deberá tener 6 cm de altura

3.4.13 Resumen de resultados

A continuación, se muestra una tabla con el resumen de los resultados.

Tabla 5. Resultados de la capacidad de embalse de la microcuenca y su altura correspondiente.

Especie	Área de recepción (m^2)	Área total (m^2)	CAPA (m^3)	H (m)
Quercus faginea	9	18,54	1,07	0,12
Rhamnus saxatilis	4	4	0,23	0,06
Crataegus monogyna	4	4	0,23	0,06
Rosa canina	4	5,88	0,34	0,08
Genista scorpius	4	4	0,23	0,06
Fumana ericifolia	1	1	0,06	0,06
Lonicera etrusca	4	5,88	0,34	0,08
Lavandula latifolia	1	1	0,06	0,06
Salvia lavandulifolia	1	1	0,06	0,06
Satureja montana	1	1	0,06	0,06
Sideritis hyssopifolia	1	1	0,06	0,06
Thymus vulgaris	1	1	0,06	0,06

En la mayoría de las especies la microcuenca deberá ser de pequeña altura ya que no albergan gran cantidad de agua, esto reduce los trabajos de preparación del terreno, ya que, al hacerlo de manera manual, no requerirá gran esfuerzo.

4. Conclusión

En conjunto, las actuaciones planteadas tienen como objetivo restaurar la funcionalidad hidrológico-forestal del área mediante la creación de una cobertura vegetal continua y adaptada a las condiciones del medio. En la zona 1, se prevé la creación de 300 bosquetes monoespecíficos con microcuencas de diferentes dimensiones, ajustadas a las necesidades hídricas específicas de cada especie, con el fin de mejorar la infiltración y disponibilidad de agua en un entorno donde las especies existentes presentan síntomas de estrés hídrico.

En la zona 2, la actuación también contempla la implantación de microcuencas y el aprovechamiento de los pies de quejigo existentes, ajustando la densidad de plantación

para favorecer su desarrollo y evitar la competencia por recursos. Con esta disposición se pretende incrementar la cobertura vegetal, mejorar las condiciones edáficas y reducir la erosión, además de compensar el déficit hídrico existente, dado que la precipitación media anual es inferior a las necesidades hídricas del quejigo.

De forma complementaria, la restauración contribuirá a mejorar los servicios ecosistémicos del área, favoreciendo la biodiversidad y la presencia de fauna, especialmente de insectos polinizadores, que reforzarán las relaciones planta-polinizador y la optimización de las floraciones, promoviendo así la estabilidad y resiliencia ecológica del ecosistema a largo plazo.

5. Referencias bibliográficas

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. (Trad. J. G. Saldarriaga). McGraw-Hill.

A. Martínez de Azagra, J. Mongil & J. del Río. (2003). *Pequeña guía de uso del modelo MODIPÉ.*

Fuentes, J.F. (2024). *Apuntes Forest Hidrology*.

Oria, J. A. (2020). *Apuntes de Botánica Forestal*.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo IX. Relaciones y servicios ecosistémicos

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO IX RELACIONES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

1. Introducción 1
2. Biodiversidad y funcionalidad ecológica 1
2.1 Microhábitats y biodiversidad 1
2.2 Mejora del suelo y reducción de la erosión 1
2.3 Sinergias entre vegetación, fauna auxiliar y microbiota del suelo 2
3. Fenología y floración 3
3.1 Diagrama de Gantt 3
4. Papel etnobotánico de las especies florales 4
5. Polinizadores y su papel en la funcionalidad ecosistémica 5
5.1 Grupos de polinizadores 5
5.2 Factores que afectan a los polinizadores 6
5.3 Políticas de conservación 7
5.4 Relaciones planta-polinizador 7
6. Referencias bibliográficas 9

1. Introducción

Este anejo tiene por objeto interpretar y analizar el papel funcional de las especies vegetales seleccionadas para la restauración, así como de aquellas ya presentes, y su relación directa con los polinizadores. A partir de este estudio, se pretende demostrar que el proyecto no se limita únicamente a una función protectora del suelo, sino que además contribuye activamente a la recuperación de procesos ecológicos y el aumento de la biodiversidad funcional del ecosistema.

Para lograr esto, el anejo se centra en la interrelación entre la temporalidad de las floraciones, los polinizadores asociados y los servicios ecosistémicos derivados, tales como la polinización, la mejora de la fertilidad edáfica o la creación de microhábitats. De esta manera, la restauración de hábitats florales, junto con la introducción de especies autóctonas adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas, constituye un pilar fundamental para la reactivación de los servicios ecológicos.

En resumen, este anejo aborda la restauración desde una perspectiva ecosistémica e integradora, considerando tanto la diversidad florística como las relaciones mutualistas planta-polinizador, y evidenciando cómo la restauración planificada puede convertirse en un motor de recuperación ambiental, cultural y funcional en entornos mediterráneos degradados como el Cerrato palentino.

2. Biodiversidad y funcionalidad ecológica

La introducción de especies vegetales autóctonas y el aumento de la cubierta vegetal aumenta la diversidad de nichos, promueve la presencia de fauna auxiliar, mejora las condiciones del suelo y favorece a su recuperación.

2.1 Microhábitats y biodiversidad

La restauración en la ladera implica la introducción de diversas formas de vida vegetal, lo que genera un mosaico de microhábitats con condiciones ambientales variadas. Este incremento en la heterogeneidad espacial es crucial para el establecimiento de una amplia variedad de organismos, desde insectos hasta microorganismos del suelo.

Este enriquecimiento de la estructura trófica y espacial se traduce en un notable aumento de la biodiversidad asociado a la creación de nichos ecológicos. La selección de especies con floraciones escalonadas y arquitecturas vegetales diversas, se asegura la diversificación temporal de recursos. Esto garantiza una provisión constante de recursos florales para los polinizadores y la fauna auxiliar, como aves y mamíferos.

2.2 Mejora del suelo y reducción de la erosión

La introducción de especies vegetales, la mejora de la cubierta vegetal y el desarrollo radicular son mecanismos fundamentales para la recuperación de terrenos degradados.

Los beneficios primarios de esta restauración se centran en la mejora de las propiedades edáficas:

- **Mejora de la estructura y la hidrología del suelo**: la vegetación incrementa la capacidad de infiltración y retención hídrica del terreno gracias a la acción de las raíces, que generan bioporos y refuerzan la cohesión del suelo, favoreciendo la circulación del agua. Este proceso se complementa con el aporte de materia orgánica, que impulsa la estabilidad de los agregados del suelo (Ma et al., 2023), estructuras fundamentales para la mejora de la porosidad y la salud del suelo.
- **Mitigación de la erosión y la pérdida de nutrientes**: la presencia de cobertura vegetal y raíces es crucial para fijar las partículas del suelo, reduciendo la erosión hídrica y eólica. Estas acciones limitan la pérdida de nutrientes vitales (Li et al., 2023).
- **Modulación de flujos hídricos y prevención de avenidas**: al aumentar la infiltración y reducir la escorrentía superficial del agua de precipitación, la masa forestal actúa como un modulador hidrológico natural, previniendo posibles crecidas o avenidas en la cuenca.

2.3 Sinergias entre vegetación, fauna auxiliar y microbiota del suelo

La funcionalidad ecológica de cualquier ecosistema de restauración depende críticamente de las interacciones sinérgicas entre sus tres componentes bióticos principales: la vegetación, la fauna auxiliar y la microbiota del suelo. Este sistema complejo opera en una red de interdependencias donde la vegetación proporciona alimento, refugio y sustrato orgánico; la fauna auxiliar (como polinizadores, artrópodos edáficos o depredadores naturales) es esencial para la regeneración vegetal y la estabilidad trófica; y la microbiota edáfica realiza el reciclaje de nutrientes, descomponiendo los residuos orgánicos y liberando nitrógeno, fósforo y azufre en formas disponibles para las plantas, a la vez que contribuye a la formación de materia orgánica esencial para la fertilidad del suelo.

Esta red genera sinergias ecológicas mutuamente beneficiosas: la diversidad vegetal y microbiana combinadas potencian la multifuncionalidad del suelo y su capacidad para mantener funciones simultáneas como productividad, regulación hídrica y reciclaje de nutrientes (Hu et al., 2021). Así, la biodiversidad del suelo promueve funciones clave como el aumento de la agregación del suelo, la retención hídrica y la resiliencia sistémica (Ruess et al., 2025).

Por lo tanto, el manejo o la incorporación de la microbiota en proyectos de restauración no solo es una tendencia, sino una estrategia documentada para acelerar la recuperación de las funciones ecosistémicas y aumentar la resiliencia del sistema frente al estrés, un aspecto de vital importancia en laderas degradadas con suelos pobres y erosionados (Peddle et al., 2025)

3. Fenología y floración

La fenología de las especies vegetales constituye un factor clave para asegurar que los polinizadores dispongan de recursos a lo largo de todo el año, manteniendo las poblaciones activas, ya que el desfase fenológico es una de las principales amenazas derivadas del cambio climático, lo que provocaría una falta de recursos en ciertos períodos.

Además, la diversidad cromática de las flores mejora la atracción de diferentes grupos de polinizadores ya que cada grupo puede responder de forma preferente a determinados colores o señales visuales (Albor et al., 2022).

Los proyectos de restauración se centran en aumentar la cobertura floral, el éxito a largo plazo se mide por la capacidad de esta cubierta para proporcionar un suministro constante de néctar y polen que evite las brechas estacionales de recursos que limitan las poblaciones de polinizadores (Timberlake et al., 2019)

Por lo tanto, el diseño de hábitats de restauración efectivos exige una perspectiva ecológica que garantice no solo la cantidad, sino la calidad, diversidad y continuidad fenológica de los recursos florales, mediante la selección estratégica de especies que florezcan en diferentes momentos del ciclo anual, optimizando así la atracción y el soporte de la fauna polinizadora.

3.1 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta gráfica que representa de forma cronológica los períodos de floración de distintas especies vegetales a lo largo del año, permitiendo visualizar simultáneamente su distribución temporal y su superposición fenológica. En esta representación, el eje horizontal corresponde a los meses del año, mientras que el eje vertical muestra las especies analizadas. Cada barra indica el intervalo de tiempo en el que una especie florece, y su color se asocia al color de las flores.

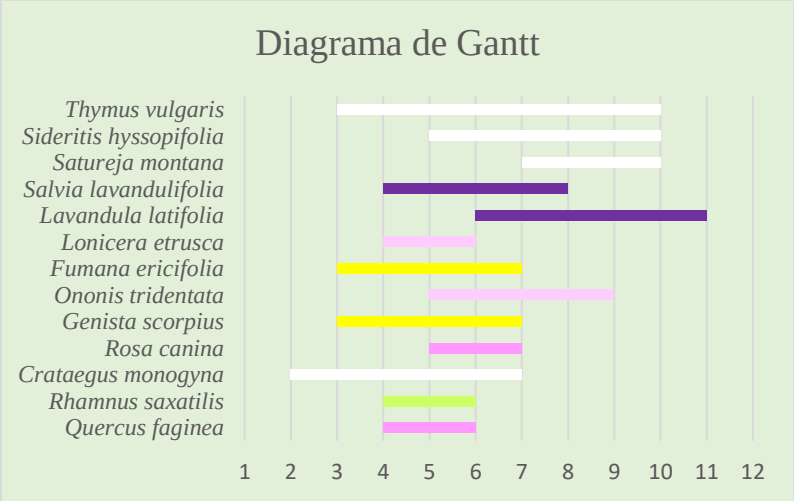


Figura 1. Diagrama de Gantt de floración y colores de las especies presentes e introducidas en la zona del proyecto.

El diagrama muestra una distribución escalonada, donde las floraciones se inician de forma temprana en febrero o marzo y se extienden hasta finales de otoño. Esta disposición

garantiza una continuidad temporal de recursos florales de néctar y polen durante casi todo el ciclo vegetativo anual, lo que resulta esencial para el mantenimiento de comunidades de polinizadores a lo largo del tiempo.

La diversidad cromática reflejada indica una alta heterogeneidad floral que favorece la atracción de diferentes grupos de polinizadores. Se ha comprobado que la variedad de colores y formas florales incrementa la diversidad de insectos visitantes al proporcionar señales visuales complementarias y recursos diferenciados (Albor et al., 2022; Martins et al., 2021). Así, especies con floración amarilla tienden a atraer himenópteros generalistas, mientras que las labiadas atraen abejorros y abejas solitarias.

Este diagrama refleja una composición vegetal equilibrada y funcional, capaz de proporcionar recursos florales continuos, diversidad cromática y soporte trófico para la fauna polinizadora y auxiliar. Esta configuración favorece tanto la biodiversidad local como la conectividad funcional entre plantas, insectos y suelo.

4. Papel etnobotánico de las especies florales

Las especies vegetales no solo poseen un valor ecológico por su papel en la restauración y en la provisión de recursos para la fauna polinizadora, sino también un valor cultural, medicinal y socioeconómico derivado de su aprovechamiento histórico por las comunidades rurales.

Algunas de las utilizadas en la restauración tienen uso medicinal como *Crataegus monogyna, Thymus vulgaris* o *Lavandula latifolia,* mientras que otras se usan para infusiones o té como *Fumana ericifolia, Salvia lavandulifolia* y *Sideritis hyssopifolia.* Entre otros usos destacan por su utilidad como condimentos *Satureja montana* y *Thymus vulgaris,* por la producción artesanal de tintes *Genista scorpius* y por la producción de aceites esenciales en el caso de *Lavandula latifolia*. Además, varias de las especies seleccionadas en la restauración, como *Lavandula latifolia, Thymus vulgaris y Satureja montana*, poseen un importante valor melífero, proporcionando néctar y polen de gran calidad que contribuyen tanto para aportar alimento a los polinizadores como para la producción de distintos tipos de miel propia de los ecosistemas mediterráneos.

El uso de estas especies en la restauración ecológica aporta una dimensión adicional al recuperar especies de alto valor cultural y ecológico, se refuerza el vínculo entre conservación y patrimonio etnobotánico, contribuyendo a mantener la identidad rural y a sensibilizar sobre la importancia de la flora autóctona como recurso sostenible. En conjunto, el proyecto no solo impulsa la regeneración del suelo y la biodiversidad, sino que también preserva la memoria botánica y el legado cultural asociado a las costumbres mediterráneas.

Además, muchas de estas especies, como el tomillo, la salvia, el espliego o la ajedrea, forman parte de la etnobotánica tradicional del Cerrato, donde se han utilizado históricamente por sus propiedades aromáticas y medicinales.

5. Polinizadores y su papel en la funcionalidad ecosistémica

La polinización es uno de los procesos ecológicos más importantes para el mantenimiento de la biodiversidad terrestre. Consiste en el traslado de polen desde los órganos masculinos (anteras) hasta los femeninos (estigma) de una flor, permitiendo la fecundación y la producción de frutos y semillas. Este proceso puede producirse por agentes abióticos como el viento o el agua, pero la mayor parte de especies vegetales dependen de vectores bióticos, es decir, de animales que actúan como polinizadores. De hecho, según Ollerton (2011), un 90% de las especies de angiospermas dependen de la polinización animal, fundamentalmente por insectos.

La polinización cruzada, llevada a cabo por insectos, aves y murciélagos entre otros, tiene una relevancia especial en la funcionalidad de los ecosistemas, ya que favorece la variabilidad genética dentro de las poblaciones vegetales, aumentando la capacidad adaptativa de las especies frente a los cambios y reforzando la resiliencia ecológica del conjunto del ecosistema.

5.1 Grupos de polinizadores

Los principales grupos de polinizadores son los siguientes:

- **Himenópteros**: abejas, abejorros, hormigas y avispas, ampliamente distribuidos por casi todo el planeta. Entre ellos, las abejas destacan como los polinizadores con mayor relevancia. Este grupo suele sentirse atraído por flores amarillas, violetas o azuladas, con aromas suaves y abundantes reservas de néctar y polen, que les sirve de fuente de alimento.
- **Dípteros**: fundamentalmente las moscas, entre las cuales sobresalen los sírfidos, que consumen néctar y en algunos casos, polen. Prefieren flores de pequeño tamaño, con tonos púrpuras o verdosos, sin olor o con fragancias putrefactas y con el néctar fácilmente accesible.
- **Lepidópteros**: grupo formado por mariposas y polillas, presentes en toda la Península Ibérica. Aunque su frecuencia de visita floral es menor que la de otros grupos, son capaces de transportar el polen a mayores distancias. Las mariposas diurnas suelen visitar flores rectas de color rojo, rosa o malva, abiertas durante el día y con marcas visuales que guían hacia el néctar. Las polillas nocturnas, en cambio, prefieren flores blancas o claras, de disposición horizontal y con gran aroma, que se abren al anochecer. En general tienen preferencia por flores grandes, con formas tubulares alargadas. Además, este grupo cuenta con una ventaja estructural, y es que gracias a su espiritrompa, pueden alcanzar el néctar ubicado en el fondo de tubos florales o espolones.
- **Coleópteros**: grupo muy antiguo constituido por escarabajos, presentes en la mayoría de los ecosistemas. Su polinización suele realizarse de manera accidental, mientras visitan las flores para alimentarse. Son atraídos por flores cóncavas, blancas o verdosas, con anteras y estigmas expuestos, ovarios protegidos, abundante polen y con mucho olor.
- **Otros polinizadores**: además de los grupos expuestos anteriormente, existen otros animales que pueden participar en la polinización, como caracoles, pájaros,

murciélagos, pequeños mamíferos y algunos reptiles. Destacan especies como los colibríes, nectarinas, comedores de miel y murciélagos nectarívoros, que suelen visitar flores nocturnas, de gran tamaño y colores pálidos, adaptadas a estos polinizadores.

5.2 Factores que afectan a los polinizadores

Existen muchas actividades que afectan a los polinizadores y ocasionan la desaparición y disminución de sus poblaciones. La mayoría de esas actividades son actividades que desarrolla el ser humano y que causan graves daños en las poblaciones de gran número de especies.

- **Pérdida y degradación de hábitats**: la desaparición de terrenos naturales y su posterior rotulación para cultivos agrícolas o urbanización, genera la pérdida de zonas de nidificación, de alimento y de nichos ecológicos, entre otras. Esto provoca la reducción de la diversidad y el número de individuos, dificultando a su vez los procesos de polinización. Otra amenaza es el cambio de uso del suelo, cuando implica un aumento de la fragmentación y reduce la disponibilidad de hábitats y su conectividad.
- **Introducción de especies exóticas**: la introducción de estas especies genera competencia por los recursos y pueden causar la mortalidad de las especies nativas, al verse depredadas e infectadas de patógenos que antes no se encontraban en sus hábitats, generando un grave problema. En cuanto a la introducción de especies de plantas exóticas, disminuye la efectividad polinizadora de las especies autóctonas por competencia. En definitiva, la introducción de especies exóticas en los ecosistemas, tanto plantas como animales, puede ocasionar graves trastornos ecológicos en los mismos.
- **Uso de plaguicidas y productos químicos**: la mayor amenaza para los polinizadores, ya que estas sustancias podrían colarse en hábitats seminaturales donde los polinizadores realizan su actividad y provocar cambios en la diversidad y número de los polinizadores, incluso causando la muerte en ciertos casos. Resultan de especial preocupación los insecticidas neonicotionides, que actúan en el sistema nervioso central de los insectos (MITECO, s.f). Además, el uso de herbicidas podría disminuir los recursos florales, afectando directamente a las fuentes de alimento. Estos problemas se deben a que la mayoría de estas sustancias no se encuentran de forma natural en el medio, por lo que se desconocen sus efectos.
- **Cambio climático**: afectando tanto a la distribución y presencia de especies vegetales, como a la propagación y extensión de especies invasoras y plagas y patógenos. Esto se debe a los cambios en los patrones climáticos, que ocasionan cambios tanto a nivel individual como a nivel de especie o comunidad. Esto se traduce en que, si se produjera un desacoplamiento entre ciclos de vida de las plantas y sus polinizadores, los servicios de polinización animal podrían verse gravemente comprometidos en los ecosistemas.

5.3 Políticas de conservación

España cuenta con una Estrategia Nacional para la Conservación de los Polinizadores aprobada el 21 de septiembre de 2020. Esta estrategia presenta un diagnóstico sobre la situación actual y las principales causas de declive, incluyendo objetivos y medidas para lograr esta conservación.

Estos objetivos son:

- Conservar las especies polinizadoras amenazadas y sus hábitats.
- Promover hábitats favorables para los polinizadores.
- Mejorar la gestión de los polinizadores y reducir los riesgos derivados de plagas, patógenos y especies invasoras.
- Reducir el riesgo derivado del uso de productos fitosanitarios para los polinizadores.
- Apoyar la investigación para la mejora del conocimiento.
- Garantizar el acceso a la información y divulgar la importancia de los polinizadores.

5.4 Relaciones planta-polinizador

Las plantas y los polinizadores llevan millones de años evolucionando juntos y su relación constituye una de las interacciones mutualistas más relevantes y extendidas del planeta. En este tipo de relación, ambas partes obtienen beneficios, las plantas logran su fecundación cruzada, asegurando la producción de frutos y semillas viables, y los polinizadores obtienen recursos esenciales como el néctar o el polen. Esta cooperación sustenta el funcionamiento de los ecosistemas.

A lo largo del tiempo ambos grupos han experimentado adaptaciones para conseguir mayor beneficio, las plantas han evolucionado formas, colores y aromas para resultar más atractivas, mientras que los polinizadores han desarrollado estructuras anatómicas que les permiten obtener los recursos florales con mayor eficiencia.

Este proceso también influye en la estructura y composición de las comunidades, ya que la variabilidad genética permite a las especies adaptarse a los cambios ambientales y a las presiones del entorno, reforzando la resiliencia ecológica del sistema. Por ello, la desaparición de los polinizadores supondría una pérdida directa de productividad vegetal y una reducción de la biodiversidad, ya que cerca del 90% de las plantas silvestres dependen de la polinización animal. (IPBES, 2016)

La relación planta-polinizador es esencial desde la perspectiva de los servicios ecosistémicos. La polinización es reconocida como un servicio regulador y de soporte por la Plataforma Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (IPBES, 2016), ya que contribuye a la regeneración de los ecosistemas, al mantenimiento de redes tróficas y a la producción de alimentos.

En este contexto, la restauración busca favorecer las relaciones mutualistas mediante la incorporación de especies autóctonas con floraciones escalonadas, asegurando una

disponibilidad continua de recursos florales, ofreciendo alimento y refugio para polinizadores. Esta planificación temporal de la floración contribuye a estabilizar las poblaciones de insectos polinizadores y a fortalecer los procesos de autorregulación ecológica de la ladera.

6. Referencias bibliográficas

Albor, C., Ashman, T. L., Stanley, A., Martel, C., & Arceo-Gómez, G. (2022). Flower colour and flowering phenology mediate plant–pollinator interaction assembly in a diverse co-flowering community. *Functional Ecology*, *36*(10), 2456-2468. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14142

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (s.f). *ESTRATEGIA NACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS POLINIZADORES Aprobada por Conferencia Sectorial de Medio Ambiente de 21 de septiembre de 2020*.

Hu, W., Ran, J., Dong, L., Du, Q., Ji, M., Yao, S., Sun, Y., Gong, C., Hou, Q., Gong, H., Chen, R., Lu, J., Xie, S., Wang, Z., Huang, H., Li, X., Xiong, J., Xia, R., Wei, M., … Deng, J. (2021). Aridity-driven shift in biodiversity–soil multifunctionality relationships. *Nature Communications*, *12*(1), 1-15. https://doi.org/10.1038/S41467-021-25641-0;TECHMETA

Li, S., Wang, Z., & Stutz, H. H. (2023). State-of-the-art review on plant-based solutions for soil improvement. *Biogeotechnics*, *1*(3), 100035. https://doi.org/10.1016/J.BGTECH.2023.100035

Ma, R., Hu, F., Xu, C., Liu, J., Yu, Z., Liu, G., Zhao, S., & Zheng, F. (2023). Vegetation restoration enhances soil erosion resistance through decreasing the net repulsive force between soil particles. *CATENA*, *226*, 107085. https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2023.107085

Martins, A. E., Camargo, M. G. G., & Morellato, L. P. C. (2021). Flowering Phenology and the Influence of Seasonality in Flower Conspicuousness for Bees. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 594538. https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.594538/FULL

Peddle, S. D., Hodgson, R. J., Borrett, R. J., Brachmann, S., Davies, T. C., Erickson, T. E., Liddicoat, C., Muñoz-Rojas, M., Robinson, J. M., Watson, C. D., Krauss, S. L., & Breed, M. F. (2025). Practical applications of soil microbiota to improve ecosystem restoration: current knowledge and future directions. *Biological Reviews*, *100*(1), 1-18. https://doi.org/10.1111/BRV.13124

Ruess, L., Kolb, S., Eisenhauer, N., & Ristok, C. (2025). Soil biodiversity promotes key ecosystem functions by its complex structure and interactions – state and perspectives. *Soil Organisms*, *97*(2). https://doi.org/10.25674/450

Intergovernmental Science-Policu Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) (2016). *SUMMARY FOR POLICYMAKERS OF THE ASSESSMENT REPORT OF THE INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES (IPBES) ON POLLINATORS, POLLINATION AND FOOD PRODUCTION*. www.ipbes.net

Timberlake, T. P., Vaughan, I. P., & Memmott, J. (2019). Phenology of farmland floral resources reveals seasonal gaps in nectar availability for bumblebees. *Journal of Applied Ecology*, *56*(7), 1585-1596. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13403

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). *How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 120*(3), 321–326. https://nsojournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x

Meléndez Ramírez, V., Chablé Santos, J., & Selém Salas, C. (2020). *Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer*. Bioagrociencias, 13(2), 109-119.

Apolo (Observatorio de agentes polinizadores). (s.f). *Polinizadores y biodiversidad.* https://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf?utm_source=chatgpt.com

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo X. Digitalización y necesidades de riego

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO X. DIGITALIZACIÓN Y NECESIDADES DE RIEGO

1. Introducción 1
2. Arquitectura hardware 2
2.1 Nodos sensores 2
2.2 Gateway (Puerta de enlace) 3
3. Arquitectura Software (Flujo de datos) 4
4. Determinación de necesidades hídricas 5
4.1 Conceptos clave del suelo 5
4.2 Enfoque 1: Estimación Teórica (Textura) 5
4.3 Enfoque 2: Metodología Empírica Adaptativa (“Firma de riego”) 5
5. Configuración de alarmas 7
5.1 Definición del Umbral de riego (UR) 7
5.2 Lógica del algoritmo de decisión 7
5.2.1 Alarma (“Cuando regar”) 7
5.2.2 Dosis (“Cuánto regar”) 7
6. Otras consideraciones sobre el manejo 8
7. Referencias bibliográficas 9

1. Introducción

La fase de establecimiento en un proyecto de restauración hidrológico forestal es crítica para su éxito a largo plazo. Garantizar la supervivencia de las especies forestales plantadas requiere un aporte hídrico eficiente, especialmente en climas mediterráneos con alta variabilidad estacional. A diferencia de la agricultura de producción, el objetivo de este riego no es maximizar su rendimiento, sino asegurar la supervivencia y el desarrollo radicular hasta que la planta sea autosuficiente.

Tradicionalmente, la determinación de las necesidades de riego se ha basado en varios métodos:

- **Riego por calendario**: el método más simple, pero también el más ineficiente. Consiste en aplicar una lámina de agua fija en intervalos de tiempo predefinidos como por ejemplo regar "x" litros cada "y" días. No tiene en cuenta la demanda climática real ni la humedad disponible en el suelo, llevando a un desperdicio de agua o a un estrés hídrico innecesario.
- **Balance hídrico (evapotranspiración)**: un método robusto basado en la metodología FAO-56 (Allen et al., 1998). Calcula la salida de agua (Evapotranspiración del cultivo, ETc) y la compara con las entradas (lluvia, riego). Si bien es preciso, presenta dos grandes desafíos en proyectos de restauración:
    - Requiere datos climáticos fiables para calcular la ETo (Evapotranspiración de Referencia).
    - Exige conocer el Coeficiente de Cultivo (Kc), un valor que es desconocido para la mayoría de las especies forestales jóvenes y que, además, varía enormemente entre especies.
- **Teledetección (Satélite):** útil para monitorizar el vigor de grandes masas, como mediante NDVI, pero su baja resolución temporal (afectada por la nubosidad) y espacial dificulta la toma de decisiones a escala de planta. Además, mide el estrés de la planta después de que haya ocurrido, no la disponibilidad de agua en el suelo antes de que ocurra.
- **Monitorización directa (Sensores):** es el método más preciso. Mide en tiempo real la variable que realmente importa: la humedad disponible en el suelo en la zona radicular.

El principal inconveniente de la monitorización directa ha sido históricamente el alto coste y la complejidad de los sistemas comerciales. Sin embargo, el desarrollo de redes de sensores de bajo coste, basadas en hardware y software de código abierto, ha eliminado esta barrera.

Este anejo describe la arquitectura de un sistema de monitorización y gestión del riego basado en la filosofía del proyecto OASIS (CNS2023-144205), adaptado a los objetivos de una restauración forestal. Se propone un sistema que no solo monitoriza, sino que

utiliza los datos para crear un modelo de recomendación de riego auto-calibrado, robusto y de bajo coste.

Los datos de la red sensorial que se muestran a continuación, han sido facilitados por el Grupo de Ecohidráulica Aplicada de la ETSIIAA-Uva, responsables del proyecto OASIS (https://gea-ecohidraulica.org/GEA_es/projects/oasis.html)

2. Arquitectura hardware

La arquitectura propuesta es una red de tipo estrella distribuida, compuesta por nodos sensores autónomos en campo y un *gateway* o puerta de enlace central que recoge y transmite los datos.

2.1 Nodos sensores

Cada nodo consta de un microcontrolador (ej. ESP32), un módulo de radio de largo alcance (LoRa), una batería y los sensores específicos. Los nodos más relevantes para este proyecto son:

- **Nodo de Suelo (Tipo S):** Es el componente central. Mide las variables edáficas clave. Se recomienda usar sensores industriales (ej. Seeedstudio RS485) que miden humedad volumétrica (θ), temperatura y conductividad eléctrica (CE).
- **Instalación:** Para capturar el perfil hídrico, se instalan dos sensores por nodo a distintas profundidades. Basado en la literatura de establecimiento de especies, se recomiendan profundidades de 10 cm (zona radicular superficial, más sensible a la evaporación) y 30 cm (zona más profunda y estable).



Figura 1. Nodo de suelo equipado con dos sensores de humedad, temperatura y conductividad eléctrica. Estos sensores se instalan a dos profundidades distintas en el perfil del suelo para monitorizar las condiciones edáficas en la zona de raíces.

- **Nodo de Pluviometría (Tipo PV):** Imprescindible para auditar el sistema. Utiliza un pluviómetro de balancín (ej. Misol) para medir con precisión tanto la precipitación natural como la lámina de riego aplicada en cada evento.



Figura 2. Nodos de pluviometría. El sensor de pluviometría (Misol) se integra en una carcasa diseñada a medida e impresa en 3D, que también alberga un datalogger con placa de desarrollo propia. Este conjunto permite la adquisición de datos y la comunicación vía radiofrecuencia (LoRa), transformando un sensor convencional en una herramienta clave para la monitorización IoT en tiempo real.

2.2 Gateway (Puerta de enlace)

Es el cerebro de la red. Consiste en una mini-computadora (ej. Raspberry Pi 5) conectada a un módulo LoRa receptor y un módem 4G. Sus funciones son:

- Escuchar y recibir los datos de todos los nodos sensores.
- Realizar un primer procesamiento o filtrado de datos (*edge computing*).
- Subir los datos validados a un servidor en la nube vía 4G.



Figura 3. Gateway de la red sensorial.

3. Arquitectura Software (Flujo de datos)

El sistema de software gestiona el flujo de información desde el suelo hasta el usuario final, permitiendo el análisis y la toma de decisiones.

- **Adquisición (Nodos):** Los nodos en campo se programarán para despertarse en un intervalo fijo (ej. cada 30 minutos), leer sus sensores (ej. vía MODBUS), transmitir el paquete de datos vía LoRa y volver a un estado de sueño profundo para ahorrar batería.
- **Agregación (Gateway):** Un script en Python ejecuta en el Gateway, recoge los datos recibidos por el módulo LoRa, les añade una marca de tiempo y los guarda localmente como respaldo.
- **Almacenamiento (Cloud):** El mismo script de Python da un formato correcto a los datos y los envía mediante una solicitud HTTP POST a un script receptor (en un servidor web. Este script valida los datos y los inserta en una base de datos centralizada (ej. MySQL).
- **Acceso y Análisis:** Los datos históricos se vuelven accesibles para el análisis. Se implementa un script que funciona como una API, permitiendo descargar los datos de cualquier sensor en un rango de fechas como un archivo CSV. Este CSV es la entrada para los modelos de análisis en Python para la generación de alarmas y recomendar riegos.

4. Determinación de necesidades hídricas

Este es el núcleo del sistema de digitalización. En lugar de depender de parámetros teóricos (como un Kc desconocido), proponemos utilizar la metodología de "firma empírica" (*empirical signature*) desarrollada en el proyecto OASIS, que se auto-calibra usando los datos de los propios sensores.

4.1 Conceptos clave del suelo

- **Capacidad de Campo (CC):** Es el contenido máximo de agua que el suelo puede retener después de un riego o lluvia intensa, una vez que el agua gravitacional ha drenado.
- **Punto de Marchitez Permanente (PMP):** Es el contenido de humedad mínimo en el cual la planta ya no puede extraer agua y muere.
- **Agua Útil (TAW):** Es el agua disponible para la planta, definida como la diferencia entre CC y PMP (`TAW = CC - PMP`).

4.2 Enfoque 1: Estimación Teórica (Textura)

El método tradicional estima CC y PMP usando la textura del suelo y funciones de pedotransferencia (PTF). Por ejemplo, para un suelo con la textura C2H1 (Arcilla: 29,28%, Limo: 37,00% y Arena: 33,72%) las PTF de Saxton & Rawls, (2006) estimarían:

- CC (teórica) = 0.396 cm^3/cm^3
- PMP (teórico) = 0.254 cm^3/cm^3

Limitación**:** Como se demostró en el proyecto OASIS, estos valores teóricos rara vez coinciden con la realidad del campo. Factores como la compactación, la estructura del suelo o la instalación del sensor pueden alterarlos.

4.3 Enfoque 2: Metodología Empírica Adaptativa (“Firma de riego”)

Este método avanzado, que constituye el núcleo del software pre-programado en el *gateway*, no requiere conocer *a priori* los valores absolutos de CC, sino que los *descubre* y *auto-calibra* analizando la respuesta de los sensores al riego (Fuentes-Pérez et al., 2026).

El algoritmo del *gateway* procesa de forma automática las señales de los sensores de suelo (Serie S) y de pluviometría (Serie PV) para ejecutar un análisis adaptativo. El software:

- **Identifica la Capacidad de Campo (CC) Dinámica:** Analiza la "meseta de drenaje" en la curva de humedad tras cada evento de riego para determinar la CC real del suelo en ese punto. Este valor se actualiza continuamente para adaptarse a los cambios en el suelo.
- **Audita cada Riego:** Al conocer la CC real, el sistema identifica el momento exacto en que el suelo se llena ("Tiempo de Cruce de CC" o tCC). Esto le permite particionar automáticamente la lámina aplicada en Agua Útil (la que rellena el perfil) y Agua Excedente (la que se pierde por percolación).

- **Genera el Modelo de Recomendación:** Tras varios ciclos de riego, el *gateway* construye internamente un modelo de regresión ("Firma de Riego") que correlaciona el déficit de humedad medido antes de regar con el Agua Útil (en mm) que fue necesaria para rellenarlo.

El resultado de este proceso automatizado es una fórmula de decisión robusta y específica para cada punto de medición. Esta "firma de riego" es la que permite al sistema convertir una simple lectura de humedad del sensor en una dosis de riego cuantitativa y precisa (en mm).

Esta metodología computacional viene implementada en el software del *gateway* del sistema OASIS, proporcionando una herramienta de decisión auto-calibrada sin que el usuario necesite realizar los análisis de forma manual.

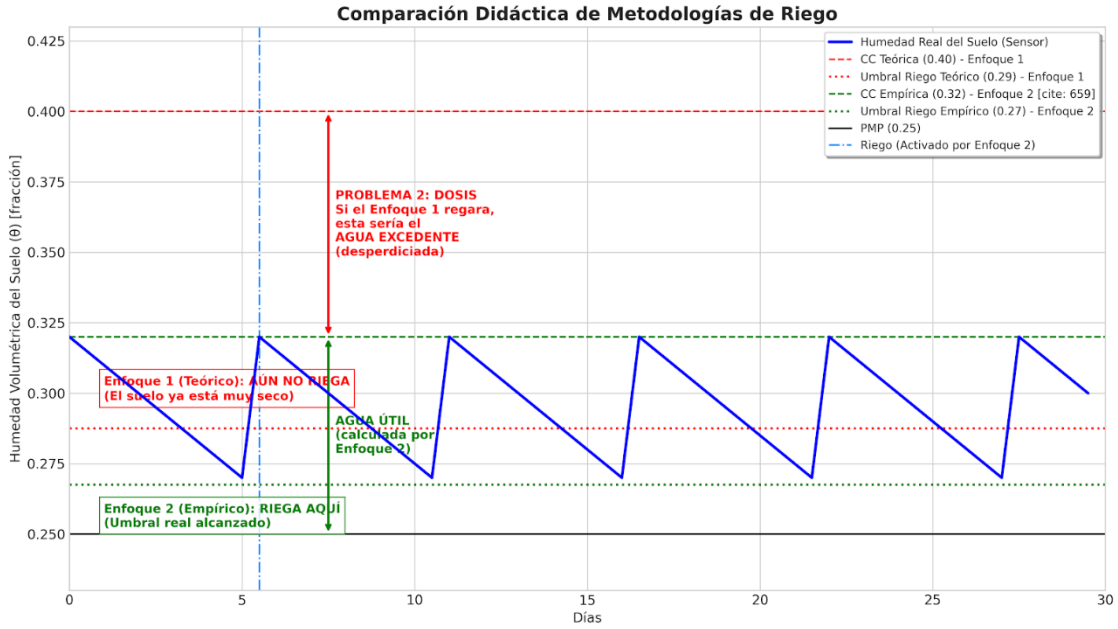


Figura 4. Comparación didáctica de las metodologías de riego Teórica vs. Empírica. ***Enfoque 1*** *(Teórico, líneas rojas): Utiliza una Capacidad de Campo (CC) Teórica alta, estimada por la textura del suelo. Esto genera un umbral de riego (línea roja de puntos) demasiado bajo, que nunca llega a activarse, provocando estrés hídrico. Si este sistema regara, intentaría rellenar el perfil hasta la línea roja discontinua, desperdiciando una gran cantidad de Agua Excedente.* ***Enfoque 2*** *(Empírico, líneas verdes): El sistema aprende y se auto-calibra, identificando la CC Empírica real (línea verde discontinua) a partir de las mesetas de drenaje del propio sensor. Su Umbral de Riego Empírico (línea verde de puntos) es realista y se activa correctamente (líneas azules verticales) cuando la humedad del suelo lo cruza. El sistema aplica únicamente el Agua Útil necesaria para alcanzar la CC real, optimizando el riego.*

5. Configuración de alarmas

Una vez que el sistema ha generado su "firma de riego" (el modelo que traduce humedad en milímetros de agua), el siguiente paso es definir cuándo y cuánto regar.

5.1 Definición del Umbral de riego (UR)

A diferencia de un cultivo agrícola que busca máxima producción, una restauración forestal busca supervivencia y resiliencia. No necesitamos mantener el suelo en su punto óptimo de humedad; solo necesitamos evitar que la planta entre en estrés hídrico permanente.

Por ello, el umbral de riego es mucho más conservador. En lugar de regar al 50% del agua disponible (típico en agricultura), configuramos la alarma para que se active solo cuando el suelo esté mucho más seco, por ejemplo, un 25% por encima del Punto de Marchitez Permanente (PMP). Esto ahorra agua y fomenta que las raíces de la planta crezcan en profundidad buscando humedad.

5.2 Lógica del algoritmo de decisión

El software del *gateway* toma las decisiones de riego basándose en una lógica simple pero robusta que integra los dos sensores de profundidad (10 cm y 30 cm).

5.2.1 Alarma (“Cuando regar”)

El sistema monitoriza ambos sensores constantemente. La alarma de riego se dispara si:

- La humedad a 20 cm baja del umbral O la humedad a 50 cm baja del umbral.

Se utiliza la lógica "O" para asegurar que el riego se active en cuanto *cualquiera* de las dos profundidades de la raíz muestre necesidad de agua.

5.2.2 Dosis (“Cuánto regar”)

Una vez que la alarma se activa, el sistema calcula el riego necesario para *ambas* profundidades usando sus "firmas de riego" (Sección 4.3).

- Calcula la `Dosis_para_10cm` (ej. 8 mm).
- Calcula la `Dosis_para_30cm` (ej. 15 mm).

La dosis final que se debe aplicar es el MÁXIMO de los dos valores calculados. En este ejemplo, el sistema recomendaría aplicar 15 mm.

Esta lógica "MAX" garantiza que siempre se aplique agua suficiente para recargar la capa más seca (normalmente la más profunda). Esto es fundamental en la restauración

forestal para asegurar un riego profundo que fomente el crecimiento de raíces fuertes y resilientes.

6. Otras consideraciones sobre el manejo

El operario consulta la dosificación de riego recomendada a través de la plataforma web del sistema. Aunque los cálculos de la "firma de riego" (Sección 4.3) se ejecutan en el *gateway*, este transmite los resultados (la dosis en mm) junto con los datos brutos del sensor al servidor central. El operario puede entonces acceder desde cualquier dispositivo (móvil, tablet u ordenador) al panel de visualización online, protegido por contraseña, para comprobar el estado hídrico actual de las parcelas y la lámina de riego exacta recomendada por el algoritmo.

Dada la naturaleza del proyecto, donde los riegos de establecimiento se realizarán manualmente (ej. mediante botellas o cubas), el Nodo de Pluviometría (Serie PV) se utilizará principalmente para registrar la precipitación natural. Para contabilizar los riegos, el operario deberá introducir los datos de forma manual en la plataforma web. El sistema permitirá registrar la fecha, hora y el volumen total (mm) aplicado a la zona. Este dato manual es fundamental, ya que el algoritmo del *gateway* lo utilizará como la entrada de agua para auditar el riego: analizará la respuesta del sensor de suelo, determinará el "Agua Útil" y el "Excedente", y alimentará el modelo de "firma de riego" (Sección 4.3). Esto asegura que el sistema se calibre y aprenda de cada evento, independientemente de si la aplicación es automática o manual.

7. Referencias bibliográficas

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome*, *300*(9), D05109.

Fuentes-Pérez, J. F., Martínez-Miguel, M., Ruiz-Coello, M. X., García-Vega, A., Bravo-Córdoba, F. J., & Sanz-Ronda, F. J. (2026). OASIS: An Open-Source based IoT Framework for Adaptive Irrigation using a Self-Calibrating, "Empirical Signature" Methodology . *Under Review in Computers and Electronics in Agriculture*.

Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. *Soil Science Society of America Journal*, *70*(5), 1569–1578. https://doi.org/10.2136/SSSAJ2005.0117

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XI. Estudio de alternativas

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XI ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1. Repoblación 1
1.1 Elección de especies 1
1.1.1 Identificación de alternativas 1
1.1.2 Condicionantes internos 3
1.1.3 Condicionantes externos 4
1.1.4 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 4
1.2 Evaluación de las alternativas 4
1.2.1 Cuadernos de zona de la Junta de Castilla y León 4
1.2.2 Evaluación por crecimiento de la especie 7
1.2.3 Método por criba de los factores del medio 7
1.2.4 Repoblaciones cercanas a la zona del proyecto 8
1.2.5 Inventario realizado en la zona de estudio 8
1.2.6 Método de las series de vegetación de Rivas-Martínez 8
1.3 Puntuación de las especies según los métodos de selección 10
1.4 Elección definitiva de las especies 11
2. Tratamiento de la vegetación preexistente 16
3. Preparación del terreno 16
4. Plantación y siembra 20
4.1 Identificación de las alternativas 20
4.2 Restricciones impuestas por los condicionantes 20
4.2.1 Fecha de plantación 21
4.2.2 Fecha de siembra 21
4.3 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 21
4.4 Evaluación de las alternativas de época de siembra y plantación 21
4.5 Elección definitiva de las épocas de siembra y plantación 23
5. Implantación vegetal 23
5.1 Identificación de las alternativas 23
5.1.1 Según el material forestal implantado 23
5.1.2 Según la forma de llevar a cabo la disposición de la vegetación 25
5.2 Restricciones impuestas por los condicionantes 26
5.3 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 26

5.4 Evaluación de los métodos de implantación 26
5.5 Elección definitiva de las alternativas 28
5.6 Evaluación para la disposición del material vegetal 28
5.7 Elección definitiva de las alternativas 29
6. Cuidados posteriores 29
6.1 Protectores de plántulas 29
6.1.1 Identificación de las alternativas 29
6.1.2 Restricciones impuestas por los condicionantes 32
6.1.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 32
6.1.4 Evaluación de las alternativas 32
6.1.5 Elección definitiva de las alternativas 33
6.2 Reposición de marras 34
7. Riegos 35
7.1 Identificación de las alternativas 35
7.2 Restricciones impuestas por los condicionantes 36
7.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto 37
7.4 Evaluación de alternativas 37
7.5 Elección definitiva de la alternativa 38
8. Referencias bibliográficas 39

1. Repoblación

La elección correcta de especies es una parte fundamental del éxito o fracaso de una repoblación, es necesario tener en cuenta las características del terreno, del clima y de la fauna y flora ya existente para la realización del proyecto, debido a que si se seleccionan especies que no sean compatibles con los condicionantes, se pueden producir graves problemas como elevada mortalidad o bajo crecimiento.

Una vez analizadas las características de la zona, es necesario seleccionar especies que prosperen y minimicen el riesgo de que la repoblación se vea afectada por enfermedades, competencia o adaptación.

1.1 Elección de especies

1.1.1 Identificación de alternativas

Especies arbóreas:

- *Quercus faginea*: especie xerófila, frecuente en Castilla y León, y extendida por casi toda España. Crece sobre terrenos calizos y secos, e incluso sobre yesos, y tiene un temperamento de media luz. Aparece entre los 200 y los 1800 m de altitud.
- *Quercus ilex*: especie xerófila, crece en suelos tanto calizos como silíceos y aparece desde el nivel del mar hasta los 1400 m de altitud. Resiste continentalidad.
- *Juniperus thurifera*: crece entre los 300 y 2000 m de altitud, en terrenos preferiblemente calizos, y se adapta muy bien a los suelos pobres y pedregosos. Habita en el centro y el este peninsular.
- *Juniperus oxycedrus*: aparece en terrenos secos y pedregosos, desde el nivel del mar hasta los 1000 metros. Especie mediterránea que tolera muy bien la sequía.
- *Prunus dulcis*: crece desde el nivel del mar hasta los 1000 m, en zonas de clima templado y seco, siendo común en la región mediterránea. Prefiere suelos calizos y se encuentra ampliamente distribuido por la Península.
- *Pinus halepensis*: especie heliófila, de clima mediterráneo y termófila, que abunda en la mitad oriental de la Península. Xerófilo, crece en terrenos calizos o yesíferos, siendo una especie ideal para laderas secas, debido a su gran resistencia a la sequía. Aparece desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud. Con gran valor protector y de conservación.
- *Pinus pinea*: especie mediterránea, que se encuentra distribuido por la Península Ibérica. Es termófila, muy xerófila y típica de suelos arenosos de suaves pendientes, dunas o llanuras. Aparece desde el nivel del mar hasta los 1000 m de altitud.
- *Crataegus monogyna*: arbusto espinoso que crece desde el nivel del mar hasta los 2200 metros y se encuentra distribuido por toda la Península Ibérica. Se

puede encontrar en distintos tipos de bosques y en una amplia gama de substratos. Es una especie que no resiste bien las sequías estivales. Además, sus frutos sirven de alimento a la fauna en invierno.

- *Prunus spinosa*: arbusto espinoso propia de suelos profundos y húmedos. Aparece desde los 500 hasta los 1700 metros y se distribuye por el Norte de la Península.
- *Sorbus domestica*: árbol que aparece tanto en suelos calizos como en silíceos, desde el nivel del mar hasta los 1700 metros de altitud. Se encuentra disperso en la Península Ibérica, con gran presencia en la mitad oriental. Sus frutos son comestibles y tiene madera de buena calidad.
- *Rosa canina*: arbusto espinoso que aparece desde el nivel del mar hasta los 2000 metros de altitud. Se encuentra presente por toda la Península Ibérica menos en Baleares y crece en todo tipo de sustratos.
- *Rhamnus saxatilis*: arbusto espinoso que crece en substratos principalmente básicos y que aparece desde los 900 hasta los 1800 metros. Especie mediterránea.
- *Genista scorpius:* arbusto espinoso ramificado que aparece en terrenos secos, sobre suelos arcillosos, yesosos, calizos o margosos. Crece desde 50 metros hasta los 1800 metros de altitud y se encuentra distribuido por toda la Península Ibérica menos el tercio occidental.

Especies herbáceas y arbustivas:

- *Rosmarinus officinalis*: crece desde el nivel del mar hasta 1500 m de altitud, de clima mediterráneo y en todo tipo de sustratos, prefiriendo los suelos calcáreos. Es resistente a la sequía y prefiere terrenos soleados y bien drenados.
- *Thymus vulgaris*: aparece desde casi el nivel del mar hasta los 2000 metros, muy abundante en la mitad Este de España y en substratos básicos, sobre todo en calizas, margas y margas yesíferas.
- *Santolina chamaecyparissus:* subarbusto aromático que crece en substratos calizos desde el nivel del mar hasta los 1500 metros de altitud. Se distribuye principalmente por la mitad oriental de la Península Ibérica.
- *Sideritis hyssopifolia:* planta perenne y leñosa propia de pedregales, prados, matorrales o claros de bosques, desde los 10 metros hasta los 2420 metros de altitud. Es indiferente al tipo de sustrato y se encuentra distribuida por toda la mitad norte de España. A esta especie se la conoce como té de monte.
- *Ononis tridentata:* arbusto erecto con tallos muy ramificados y hojas trifoliadas, que crece en sustratos arcillosos, margosos o yesosos por toda la parte norte de la Meseta y la mitad este de España. Su rango de altitud es de 200 a 1250 metros. Según la forma de los folíolos, se pueden clasificar tres subespecies *angustifolia*, *tridentata y crassifolia*.
- *Staehelina dubia:* especie conocida como la hierba pincel, con tallos foliosos blanquecinos propia de matorrales soleados, sotobosques, taludes, pedregales y

campos incultos. Aparece desde los 10 metros hasta los 1700 metros de altitud y en suelos básicos, calizos o margosos. Se encuentra distribuida por casi toda la Península Ibérica.

- *Fumana ericifolia:* aparece en suelos pedregosos y fisuras de rocas calizas, sobre todo en la región mediterránea, excepto en sustratos ácidos. Crece desde el nivel del mar hasta los 1700 metros de altitud.
- *Lonicera etrusca:* arbusto trepador propio de ambientes mediterráneos o submediterráneos. Aparece en todo tipo de substratos y crece desde el nivel del mar hasta los 1600 metros de altitud, pudiendo aparecer incluso hasta los 1800 metros. Se encuentra distribuida por toda la Península Ibérica.
- *Lavandula latifolia:* se localiza en claros de bosque, principalmente en roquedos calizos o pastos secos de laderas soleadas, sobre substratos básicos y arenas aluviales. Habita entre los 20 y 2050 metros de altitud, distribuyéndose por la Península Ibérica, especialmente en la mitad oriental y central de España.
- *Salvia lavandulifolia:* aparece en matorrales y claros de bosques mediterráneos, frecuentemente en laderas soleadas y suelos calizos o margosos bien drenados, desde zonas bajas hasta unos 1600 metros de altitud. Se distribuye por la Península Ibérica, especialmente en su mitad oriental y central.
- *Satureja montana:* se desarrolla en matorrales calcícolas abiertos o en claros de bosque, así como en roquedos y pedregales preferentemente calizos y ocasionalmente sobre depósitos aluviales fluvioglaciares. Se encuentra entre los 400 y 1900 metros de altitud, con presencia principal en el cuadrante noreste de la Península Ibérica.

1.1.2 Condicionantes internos

Los principales condicionantes externos que se presentan para la elección de especies son los siguientes:

- Altitud media: 757-800 msnm
- Pendiente media: 35,8%
- Precipitación media anual: 421,1 mm
- Precipitación media estival: 20 mm
- Temperatura media anual: 11,1°C
- Temperatura media del mes más frío: 3 °C
- Temperatura media del mes más cálido: 20,2°C
- Duración media del período de sequía: Junio-octubre
- Duración media del período de heladas: Noviembre-abril
- Textura del suelo: franco arcillosa y franco arenosa
- pH: 8-8,4

1.1.3 Condicionantes externos

El objetivo de la repoblación es de carácter protector y de restauración de la ladera mediante la introducción de cubierta vegetal. Se realiza para frenar la erosión y degradación del terreno y para recuperar el suelo.

Debido a la elevada pendiente y la degradación del terreno, se realizará una repoblación a pequeña escala, con un pequeño número de pies tanto arbóreos como arbustivos, y con la creación de microcuencas, buscando aumentar la disponibilidad de agua para el desarrollo de las especies vegetales.

1.1.4 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El objetivo de la actuación es la creación de una masa vegetal estable en el menor tiempo posible para mejorar las condiciones edáficas, proteger al suelo frente a los eventos meteorológicos extremos y reducir los procesos erosivos.

Aunque especies de rápido crecimiento, como las especies pertenecientes al género *Pinus*, resultarían adecuadas para lograr una cobertura inicial eficaz por su capacidad de adaptación a ambientes con limitados recursos, en este proyecto se persigue además mejorar la calidad ecológica y la diversidad del ecosistema.

Por ello, se opta por la introducción de especies propias del medio mediterráneo, como el caso del género *Quercus*, que, además de favorecer la recuperación de la cubierta vegetal, aportan valores ecosistémicos relevantes, contribuyendo a la estabilidad del suelo, el incremento de la biodiversidad y la restauración funcional del medio forestal degradado.

1.2 Evaluación de las alternativas

Teniendo en cuenta la lista de alternativas y los condicionantes tanto externos como internos, es necesario realizar una evaluación y seleccionar las especies que sean más compatibles y que sea menos probable que fracasen en una repoblación con tales características.

1.2.1 Cuadernos de zona de la Junta de Castilla y León

La zona de estudio, perteneciente al término municipal de Reinoso de Cerrato, se encuentra dentro del cuaderno de la zona 15 “Torozos-Cerrato” perteneciente a la Comarca 6 “Páramos Cerratos”.

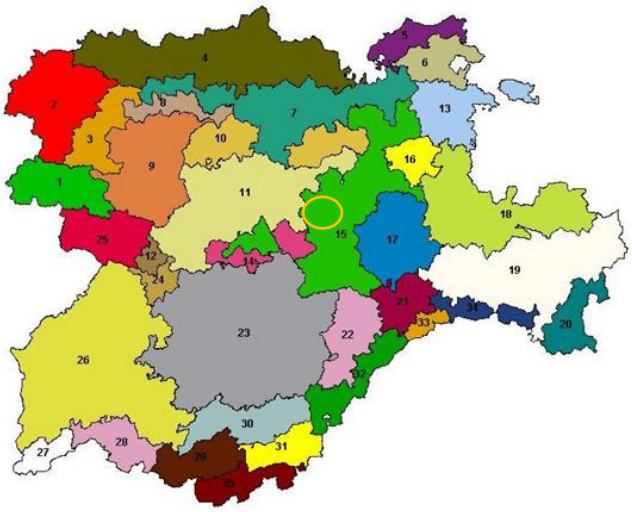


Figura 1. Mapa de zonificación de los Cuadernos de Zona de Castilla y León con la zona de estudio señalada en naranja. Fuente: Junta de Castilla y León (2014)

Dentro del ámbito territorial de la Zona nº15 "Torozos-Cerratos" se encuentran espacios naturales incluidos en la Red Natura 2000, en este caso, la zona de estudio pertenece al LIC "Montes del Cerrato", por lo que los trabajos y mejoras realizadas deberán someterse a la regulación establecida para el espacio natural.

Se identificarán las estaciones dentro del propio cuaderno, para la elección de especies, debido a que cada estación cuenta con ciertas especies que pueden utilizarse clasificándolas como accesorias o principales.

- Accesorias: aquellas que tienen porcentajes menores debido a que no pertenecen a la masa principal.
- Principales: aquellas con grandes porcentajes de presencia debido a que forman la masa principal, y que se dividen en posibles y aconsejables.

Según lo establecido en los cuadernos de zona, una estación es una porción del terreno que tiene unas características ecológicas similares, como altitud, tipo de suelo, pendiente, vegetación, tipo de relieve y exposición (Junta de Castilla y León, 2014-2020).

De esta manera, la toma de decisiones se lleva a cabo a través de la información obtenida de cada estación.

Para la elección de la estación se tiene en cuenta la clave de estaciones, en la que se selecciona según el tipo de suelo y la pendiente.

Tabla 1. Clave de estaciones según el cuaderno de zona nº15 "Torozos-Cerratos". Fuente: Junta de Castilla y León

SUELO	PENDIENTE	ESTACIÓN
Arenoso	<10 %	**1**
Arenoso con horizonte de acumulación de arcilla	<10 %	**2**
Margas yesíferas	10-30 %	**3**
	30-60 %	**4**
	>60 %	**5**
Calizas	< 30 %	**6**
	>30 %	**7**
Franco	<10 %	**8**
	10-30 %	**9**
Franco, fresco y profundo	<10 %	**10**
Arcilloso	<10 %	**11**
	10-30 %	**12**
	30-60 %	**13**
Arcilloso, fresco y profundo	<10 %	**14**
Fondos fluviales, riberas	<10 %	**15**
Zonas húmedas, prados juncales, bodones y otros, con influencia de acuíferos y alta salinidad.		**No aceptable ecológicamente la forestación**

Teniendo en cuenta que la textura del suelo es franco arcillosa, y que la pendiente es de 35,8% se selecciona la estación 13.

A continuación, se muestran las tablas descriptivas de cada estación, en las que figuran datos sobre la preparación del terreno y de las especies recomendadas. Estas especies se clasifican en:

- Aconsejables: especies con un alto porcentaje de presencia, siendo especies principales.
- Posibles: aquellas que acompañan a las especies principales formando parte de la masa principal.
- Accesorias: no forman parte de la masa principal, se encuentran en un porcentaje bajo.

Tabla 2. Descripción de la estación 13. Fuente: Junta de Castilla y León (2014)

Estación 13		
Especies aconsejables (0-100%)	*Pinus pinea* *Pinus nigra*	Pino piñonero Pino laricio
Especies posibles (0-25%)	*Quercus faginea* *Quercus ilex*	Quejigo Encina
Especies accesorias (0-25%)	*Crataegus monogyna* *Prunus spinosa* *Amygdalus communis* *Rosmarinus officinalis* *Spartium junceum* *Retama sphaerocarpa* *Sorbus domestica*	Espino majuelo Endrino Almendro Romero Retama negra Retama de bolas Serbal
Preparación del terreno	Ahoyado mecanizado sin roza previa Ahoyado con retroaraña Ahoyado manual	
Observaciones		

1.2.2 Evaluación por crecimiento de la especie

El objetivo del proyecto es conseguir una cubierta vegetal madura lo antes posible para frenar la erosión y recuperar las propiedades del terreno. En base a su velocidad de crecimiento las especies definidas por González Vázquez (1938) se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 3. Crecimiento de ciertas especies y géneros forestales. Fuente: González Vázquez (1938)

Grupo	Velocidad de crecimiento	Ejemplos
1	Sumamente rápido	Eucaliptos y *Pinus radiata*
2	Muy rápido	Chopos, abedul, sauces, *Pinus pinaster* , *Pseudotsuga spp*
3	Rápido	Alisos, arces, fresnos, *Pinus halepensis* , *Pinus pinea* , *Castanea sativa*
4	Bastante rápido	*Pinus sylvestris* , *Pinus canariensis* , *Quercus pyeranica* , *Quercus suber* , *Quercus faginea*
5	Poco rápido	Robles, *Quercus ilex* , *Abies pinsapo* , *Pinus nigra*
6	Lento	Abeto, *Pinus uncinata*
7	Muy lento	*Taxus baccata*

Resulta fundamental valorar el riesgo de inflamabilidad de las especies seleccionadas, ya que el proyecto es de carácter protector, especialmente en los primeros años tras la plantación, cuando la masa aún no ha alcanzado una cobertura continua ni una humedad edáfica estable.

Las especies arbustivas o de porte bajo, aunque útiles para la protección del suelo y la biodiversidad, pueden favorecer la propagación del fuego en caso de incendio. Por ello, es recomendable moderar su densidad y evitar especies de alta inflamabilidad, priorizando especies menos combustibles y de mayor valor protector a largo plazo.

1.2.3 Método por criba de los factores del medio

Se realiza una comparación entre los requerimientos ecológicos de cada especie propuesta y los condicionantes internos de la zona del proyecto, eliminando aquellas que no cumplan dichos requisitos.

- Altitud: la altitud media de la ladera son 784 metros sobre el nivel del mar. Este criterio solo presenta problema para una especie *Rhamnus saxatilis*, que aparece a partir de los 900 metros según literatura. El resto de las especies tienen un intervalo de amplitud amplio que les permite aparecer en muchas altitudes.
- Precipitaciones y sequía: teniendo en cuenta que la precipitación media anual es de 421 mm, todas las especies higrófilas que necesitan mayor precipitación son *Quercus faginea, Crataegus monogyna, Prunus spinosa, Sorbus domestica, Rosa canina y Sideritis hyssopifolia*. Este criterio no presenta una exclusión en el caso del proyecto debido a que se desarrollarán microcuencas para aumentar la disponibilidad de agua.

- Temperaturas: por sí solo no excluye a ninguna especie que no se haya descartado ya por requerimientos hídricos.
- Suelo: la mayoría de las especies se adaptan a suelos calizos y con yesos, y se adaptan a todo tipo de substratos. La especie más problemática en cuanto al tipo de suelo es *Prunus spinosa* que crece en suelos húmedos.

1.2.4 Repoblaciones cercanas a la zona del proyecto

En el siglo XX, el Patrimonio Forestal Español, realizo abundantes repoblaciones, que ayudaron a recuperar la cubierta vegetal en aquellos terrenos que habían sido talados, incendiados o roturados con anterioridad en la provincia de Palencia. En el Cerrato se realizaron estas repoblaciones a grandes densidades, fundamentalmente de *Pinus halepensis* y *Cupressus arizonica*, con cepellón en maceta, dando lugar a muchas de las formaciones vegetales de hoy en día.

En los alrededores de la zona de estudio predominan los montes de quejigo y pinares de pino piñonero, con presencia de especies arbustivas heliófilas.

1.2.5 Inventario realizado en la zona de estudio

Las especies inventariadas mediante observación directa en la ladera se encuentran especificadas en el Anejo V. Estudio de la vegetación.

La observación de especies en la zona de estudio afectará en gran medida a la elección de especies, debido a que al conocer cuáles de ellas tienen garantizada su supervivencia, se podrán introducir nuevos ejemplares de dichas especies o similares garantizando de esta manera el éxito de la repoblación.

En cuanto a especies arbóreas se observaron un grupo reducido de ejemplares de *Quercus faginea*, entre las especies de porte arbustivo se observaron algunos ejemplares de *Rhamnus saxatilis*, *Crataegus monogyna* y *Genista Scorpius.*

Las especies herbáceas fueron el elemento principal de la ladera, siendo la más abundante *Ononis tridentata*, además también se observaron ejemplares de *Staehelina dubia*, *Sideritis hyssopifolia, Echium flavum* y *Fumana ericifolia*, entre otros.

1.2.6 Método de las series de vegetación de Rivas-Martínez

En la memoria del mapa de series de vegetación de España publicado en 1987, Rivas-Martínez elabora junto con sus colaboradores, un conjunto de tablas que valoran el juicio biológico de especies utilizadas en repoblaciones según la serie de vegetación a la que pertenecían.

En el caso del estudio, la zona del proyecto pertenece a la serie de vegetación 19 b: supramesomediterránea castellano-alcarreno-manchega basófila de *Quercus faginea* o quejigo, que puede apreciarse en el Plano 7: Series de vegetación.

Tabla 4. Simbología de las tablas de juicio biológico. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

Símbolo	Significado
p	Posible
d	Dudoso
-	No viable

Una vez conocida la simbología, se muestra la tabla de juicio biológico para las especies de repoblaciones en la serie de vegetación 19 b de la región mediterránea.

Tabla 5. Tabla de juicios biológicos para la serie de vegetación 19 b. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

Especie	Juicio biológico
Pinus uncinata	-
Pinus sylvestris	-
Pinus nigra	p
Pinus pinaster	d
Pinus pinea	d
Pinus halepensis	d
Pinus radiata	-
Eucalyptus	-
Castanea sativa	-
Quercus rotundifolia	d
Quercus faginea	p

A continuación, se muestran las tablas de juicio ecológico sobre repoblaciones para la serie 19 b, también recogidas en el documento.

Tabla 6. Simbología de las tablas de juicio ecológico. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

Símbolo	Significado
p+	Posible positivo
p-	Posible negativo
d+	Dudoso positivo
d-	Dudoso negativo
-	No viable

Tabla 7. Tabla de juicios ecológicos para la serie de vegetación 19 b. Fuente: Rivas-Martínez (1987)

Especie	Juicio ecológico
Pinus uncinata	-
Pinus sylvestris	-
Pinus nigra	p-
Pinus pinaster	d-
Pinus pinea	d-
Pinus halepensis	d-
Pinus radiata	-
Eucalyptus	-
Castanea sativa	-
Quercus rotundifolia	d+
Quercus faginea	p+

Como se puede observar en la Tabla 7, a las especies de Quercus se les otorga un papel ecológico positivo, destacando *Quercus faginea*.

1.3 Puntuación de las especies según los métodos de selección

Para la asignación de puntuaciones, los criterios se valoran del 1 al 5 en función de su relevancia para el estudio, dado que algunos métodos presentan un carácter más general y no contemplan las particularidades del área de actuación. Los factores con menor ponderación son los Cuadernos de Zona, la velocidad de crecimiento y las series de vegetación de Rivas-Martínez, por tratarse de referencias generales o aproximativas; además, en el caso de la velocidad de crecimiento no constituye un elemento decisivo, primando en su lugar la capacidad de adaptación de la especie.

El estudio de repoblaciones cercanas recibe una ponderación de 1.5, ya que, aunque resulta útil para conocer el éxito de actuaciones previas, las especies empleadas y los métodos de preparación del terreno, no tiene el mismo peso que la selección basada en los factores del medio o el inventario vegetal de la propia ladera, los cuales permiten descartar especies no adaptadas y evaluar directamente el comportamiento de las presentes en el área de estudio.

Tabla 8. Ponderación de los métodos de selección

Método	Ponderación
Cuadernos de Zona	1
Velocidad de crecimiento	1
Series de vegetación de Rivas-Martínez	1
Repoblaciones cercanas	1,5
Evaluación por criba de factores	2
Inventario	2

Una vez establecida la ponderación, dentro de cada método se dará a las especies una valoración de 1 a 5, siendo 1 la puntuación para las especies menos adaptadas y 5 para las especies más adaptadas.

Tabla 9. Resumen de puntuaciones obtenidas para cada especie estudiada en la evaluación de alternativas.

Especie	M1	M2	M3	M3 Ponderada	M4	M4 Ponderada	M5	M5 Ponderada	M6	Total
Quercus faginea	4	2	4	8	5	7,5	5	10	5	36,5
Quercus ilex	4	2	4	8	5	7,5	5	10	4	35,5
Juniperus thurifera	2	2	4	8	1	1,5	3	6	1	20,5
Juniperus oxycedrus	2	3	4	8	1	1,5	3	6	1	21,5
Prunus dulcis	2	3	4	8	1	1,5	1	2	1	17,5
Pinus halepensis	4	3	4	8	5	7,5	5	10	2	34,5
Pinus pinea	5	3	4	8	5	7,5	5	10	2	35,5
Crataegus monogyna	2	2	3	6	3	4,5	4	8	1	23,5
Prunus spinosa	2	3	1	2	1	1,5	1	2	1	11,5
Sorbus domestica	2	2	3	6	2	3	3	6	1	20
Rosa canina	2	4	3	6	2	3	3	6	1	22
Rhamnus saxatilis	2	2	2	4	3	4,5	4	8	1	21,5
Genista scorpius	3	3	4	8	3	4,5	5	10	1	29,5
Rosmarinus officinalis	2	3	4	8	1	1,5	3	6	1	21,5
Thymus vulgaris	1	3	4	8	2	3	3	6	1	22
Santolina chamaecyparissus	1	3	4	8	2	3	2	4	1	20
Sideritis hyssopifolia	1	3	3	6	2	3	2	4	1	18
Ononis tridentata	1	3	4	8	2	3	4	8	1	24
Staehelina dubia	1	3	4	8	2	3	2	4	1	20
Fumana ericifolia	1	3	3	6	3	4,5	3	6	1	21,5
Lonicera etrusca	1	3	3	6	2	3	3	6	1	20
Lavandula latifolia	1	3	4	8	2	3	2	4	1	20
Salvia lavandulifolia	1	3	4	8	2	3	2	4	1	20
Satureja montana	1	3	4	8	2	3	2	4	1	20

1.4 Elección definitiva de las especies

La selección final de especies se ha realizado a partir de la valoración obtenida mediante el método de ponderación, que permite identificar aquellas con mayor adecuación a las condiciones edáficas, climáticas y topográficas de la ladera. No obstante, la elección definitiva no se ha limitado únicamente a los resultados de esta valoración, sino que también se han tenido en cuenta criterios técnicos y ecológicos complementarios, valorando especialmente el papel funcional de cada especie en la restauración.

Se han priorizado aquellas que, además de presentar buena adaptación al medio, aportan mayor valor ecológico y biodiversidad, ya sea por su atractivo para la fauna polinizadora, su capacidad de generar refugio y alimento para la fauna silvestre o su función protectora frente a la erosión y la pérdida de suelo. De esta forma, la selección final integra tanto la idoneidad técnica como la contribución ecológica global del conjunto vegetal dentro del proyecto de restauración hidrológico-forestal.

En este caso las especies con una puntuación superior a 22 puntos son las consideradas para la elección definitiva, estas especies son *Quercus faginea*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*, *Crataegus monogyna*, *Rosa canina*, *Genista scorpius*, *Thymus vulgaris* y *Ononis tridentata*.

Teniendo en cuenta que, como se ha comentado, se tendrá en cuenta la puntuación obtenida en la valoración, pero también el valor ecológico y como beneficia a la biodiversidad, las especies finalmente elegidas para realizar la repoblación son:

- Especies arbóreas:
  - *Quercus faginea*



Figura 2. Ejemplares de Quercus faginea.

- Especies arbustivas:
  - *Rhamnus saxatilis*



Figura 3. Rhamnus saxatilis. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/335895-Rhamnus-saxatilis/browse_photos?photo_license=cc0)

  - *Crataegus monogyna*



Figura 4. Ejemplar de Crataegus monogyna. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/1437600-Crataegus-monogyna/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Rosa canina*



Figura 5. Rosa canina. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/55884-Rosa-canina/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Genista scorpius*



Figura 6. Genista scorpius. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/328040-Genista-scorpius/browse_photos?photo_license=cc0)

- Especies herbáceas:
  - *Ononis tridentata*



Figura 7. Ononis tridentata.

- *Fumana ericifolia*



Figura 8. Fumana ericifolia. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/495541-Fumana-ericifolia/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Lonicera etrusca*



Figura 9. Lonicera etrusca. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/77834-Lonicera-etrusca/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Lavandula latifolia*



Figura 10. Lavandula latifolia. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/371559-Lavandula-latifolia/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Salvia lavandulifolia*



Figura 11. Salvia lavandulifolia. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/443232-Salvia-officinalis-lavandulifolia/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Satureja montana*



Figura 12. Satureja montana. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/168442-Satureja-montana/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Sideritis hyssopifolia*



Figura 13. Sideritis hyssopifolia. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/443674-Sideritis-hyssopifolia/browse_photos?photo_license=cc0)

- *Thymus vulgaris*



Figura 14. Thymus vulgaris. Fuente: Naturalist (https://www.inaturalist.org/taxa/85469-Thymus-vulgaris/browse_photos?photo_license=cc0)

La mayoría de las especies sobrepasan el límite marcado en 22 puntos, mientras que aquellas que no, se quedan en puntuaciones muy cercanas a esta limitación. Debido a criterios de mejora de la biodiversidad y su valor ecológico, estas especies con menor puntuación también han sido seleccionadas para ampliar y mejorar los valores ecosistémicos de la zona, aportando refugio y alimento para la fauna.

2. Tratamiento de la vegetación preexistente

No se contempla realizar ningún tratamiento sobre la vegetación preexistente, dado que su presencia en la zona de actuación no es abundante y es discontinua, sin representar competencia significativa para las especies a introducir. El objetivo es conservar al máximo la cubierta vegetal actual y mejorar las condiciones edáficas para contribuir a la protección contra la erosión y al mantenimiento de la estabilidad ecológica de la ladera.

Solamente se procederá a la eliminación puntual de ejemplares cuando estos dificulten las labores de plantación o de creación de microcuencas, garantizando en todo momento una intervención mínima y respetuosa con la vegetación existente.

3. Preparación del terreno

El objetivo del proyecto es la creación de microcuencas para aumentar la superficie captadora de agua y que las especies tengan disponibilidad hídrica de sobra para su desarrollo. Realizar una buena preparación del terreno es imprescindible para mejorar el alojamiento de la planta o semilla, para facilitar el arraigo y primer desarrollo de la planta y para mejorar las condiciones edáficas. Además, también mejora la profundidad útil del perfil, la retención y velocidad de infiltración del agua y facilita la penetración de las raíces.

A continuación, se enumeran las técnicas de preparación del terreno para su posterior evaluación.

- **Ahoyado con alcorque**: apertura de hoyos que se puede realizar de dos maneras.
    - Manual: se emplea azada, pico, zapapico o pala para abrir hoyos de 40x40x40 cm. Es un procedimiento de bajo impacto sin inversión de

horizontes, que se realiza en terrenos muy escarpados con baja densidad de plantación y con textura no muy fuerte. Se rendimiento varía según las características del terreno y el número de hoyos.



Figura 15. Hoyo abierto con azada. Fuente: J.Pemán 2021.

- Mecanizada: se emplea maquinaria (barrena, pico mecánico, retroexcavadora o Ripper) para abrir hoyos de 40x40x40 cm.
  - Con barrena: se realizan hoyos con barrenas helicoidales, haciendo un hoyo de sección circular. Exclusivo de suelos profundos y homogéneos. Su rendimiento varía según densidad y terreno, se realizan unos 1000 hoyos en 15 a 35 horas.



Figura 16. Hoyo realizado con barrena. Fuente: J.Pemán 2021.

  - Con retroexcavadora o retroaraña: es la remoción localizada del suelo mediante el cazo de la máquina, con o sin extracción de tierra, generando hoyos de aproximadamente 60x50x50 cm. Se realiza sin invertir los horizontes y es adecuado en pendientes elevadas. Los rendimientos oscilan entre 40 y 80 hoyos por hora, dependiendo del tipo de máquina y las condiciones del terreno.



Figura 17. Retroaraña realizando ahoyado. Fuente: X Goñi de J.Pemán 2021.

- Con Ripper: apertura de hoyos mediante la introducción intermitente del rejón o subsolador acoplado a un tractor o excavadora, que trabaja en la línea de máxima pendiente. Se generan hoyos de 40 a 80 cm de profundidad sin inversión de horizontes. Es un método puntual y mecanizado, eficaz en terrenos compactos y pendientes moderadas, aunque limitado por la presencia de afloramientos rocosos. Su rendimiento es medio-alto, según la pendiente y las condiciones del terreno.



Figura 18. Ahoyado con Ripper. J Pemán 2021

- **Acaballonado de desfonde**: técnica de preparación lineal del terreno que consiste en la formación de lomos de tierra o caballones siguiendo curvas de nivel, cuya anchura y altura dependen del apero. Para ejecutarlo se necesita un tractor de cadenas de más de 100 CV equipado con un arado capaz de alcanzar profundidades de hasta 70 cm. Este sistema invierte los horizontes del suelo y presenta un efecto hidrológico muy favorable, ya que los surcos retienen la escorrentía. Es un método recomendado para suelos silíceos, homogéneos y erosionables, pero limitado a pendientes menores del 30 %. Su rendimiento es de 1,4 km de acaballonado por hora.



Figura 19. Acaballonado con desfonde realizado en pendiente. R Serrada en J Pemán 2021.

- **Acaballonado superficial**: técnica de preparación mecanizada del terreno por fajas, siguiendo las curvas de nivel, que consiste en la combinación de un decapado y un subsolado. Se ejecuta con tractores de cadenas de más de 100 CV,

y está limitado a pendientes de hasta 35%, en terrenos silíceos degradados y profundos. Tiene poca inversión de horizontes y un impacto paisajístico considerable. Su rendimiento es de 1,8 km de acaballonado por hora.

- **Aterrazado en contrapendiente**: técnica que consiste en la formación de terrazas o plataformas horizontales o con ligera contrapendiente, siguiendo las curvas de nivel. Su ejecución implica un desmonte en la parte alta de la latera y la formación de un terraplén en la parte baja. Se realiza con un tractor de cadenas de más de 100 CV, efectuando simultáneamente el modelado y el subsolado. Provoca una inversión de horizontes y una modificación significativa de la fisiografía superficial, por lo que su impacto paisajístico es elevado y permanente. A pesar de esto, hidrológicamente es uno de los más eficaces, al eliminar la escorrentía y aumentar la infiltración. Esta recomendado para pendientes entre el 35 y el 60%. El rendimiento depende del tipo de suelo y la maquinaria utilizada.



Figura 20. Repoblación de Pinus uncinata en terrazas con la finalidad de evitar la formación de aludes. Fuente: J Pemán 2021.

- **Subsolado lineal**: técnica que consiste en la rotura del suelo, siguiendo curvas de nivel, mediante el uso de subsoladores o Ripper acoplados a tractores de más de 120 CV. Este método tiene un efecto hidrológico muy favorable al incrementar la infiltración y reducir la escorrentía superficial con un impacto paisajístico casi nulo. Adecuado para suelos calizos y evolucionados, con limitación de pendiente de hasta 35%. Según Serrada (2000) su rendimiento es de 5 km/ha en 4 horas.



Figura 21. Subsolado simple. Fuente: J Pemán 2021

- **Laboreo pleno**: preparación total del terreno, similar a la labor agrícola de alzado, mediante la remoción completa de la superficie del suelo. Se utilizan tractores de ruedas de más de 50 CV, equipados con arados, efectuando pasadas paralelas siguiendo curvas de nivel. La pendiente máxima recomendada es del 20%, para evitar el vuelco del tractor. Se produce una inversión de horizontes y presenta un efecto hidrológico negativo, por lo que se recomienda solo en terrenos llanos.
- **Banquetas con microcuenca**: consisten en el diseño de estructuras puntuales diseñadas para captar y aprovechar la escorrentía superficial en zonas de ladera, favoreciendo la infiltración y el desarrollo de las plantas repobladas. Se conforman mediante la remoción del suelo sin extracción de tierra utilizando la cuchara o cazo de una retroexcavadora o retroaraña. Puede aplicarse en pendientes de hasta el 65% sin afloramientos rocosos. Su efecto hidrológico es favorable y su impacto paisajístico reducido. El rendimiento varía según el tipo de máquina y las condiciones del terreno.

Una vez definidas las diferentes técnicas se procede a su evaluación para encontrar la manera más compatible con la restauración y su objetivo principal.

Para esta elección de la técnica de preparación del terreno, se ha considerado que, aunque existen múltiples métodos mecanizados con distintos grados de eficacia hidrológica, no resulta necesario realizar la valoración completa, ya que debido a las condiciones en las que se encuentra la ladera se ha decidido no emplear maquinaria pesada.

Estas condiciones son la elevada degradación, presencia de yesos y la elevada pendiente, factores que desaconsejan el tránsito de maquinaria por el riesgo de compactación, deslizamiento y pérdida adicional del suelo.

Por tanto, se descartan todas las opciones mecanizadas y se opta por una preparación manual mediante ahoyado, ejecutada con herramientas ligeras como azada, pico, zapapico o pala, con el fin de formar microcuencas para cada especie, que favorezcan la infiltración del agua, el arraigo de las plantas y la recuperación progresiva del suelo con un impacto mínimo sobre la superficie existente.

4. Plantación y siembra

4.1 Identificación de las alternativas

La época de plantación y siembra puede proponerse en dos épocas del año, siendo una siembra o plantación temprana a finales del otoño o inicios del invierno, o una siembra o plantación tardía a finales de invierno o principios de primavera.

4.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Entre los condicionantes internos resultan importantes las temperaturas, las precipitaciones y las heladas. Mientras que respecto a los condicionantes externo, la única reseña es el objetivo protector, por lo que la elección de la época de plantación o siembra se establecerá según los condicionantes internos.

4.2.1 Fecha de plantación

Para determinar la fecha de plantación es importante tener un conocimiento completo del clima, tanto de las precipitaciones como de las temperaturas, con el fin de escoger la época óptima para llevar a cabo la plantación y asegurar el éxito del proyecto. Existen ciertas variables para tener en cuenta:

- La temperatura media mensual debe ser menor a 8ºC.
- La temperatura media de las mínimas debe ser superior a 0ºC.
- La precipitación media mensual en mm debe ser mayor que el doble de la temperatura media en grados centígrados.
- Las labores deberán realizarse fuera del período de heladas.
- La plantación se realizará cuando no haya vientos fuertes, humedades relativas bajas o el suelo se encuentre encharcado.

4.2.2 Fecha de siembra

La fecha de siembra depende de los siguientes aspectos:

- Especie vegetal: dependiendo del tipo de semilla, si las semillas son ortodoxas la siembra dependerá de las condiciones climáticas, pero si es recalcitrante deberán sembrarse al poco de recogerse ya que, si no, pierden su viabilidad.
- Condiciones climáticas: son un aspecto fundamental para elegir la época de siembra. Si las lluvias otoñales son regulares y los veranos secos y prolongados, conviene sembrar en otoño, mientras que, si hay riesgo de heladas tardías, inviernos muy fríos o encharcamientos, es mejor sembrar a finales de invierno o en primavera, evitando daños o asfixia de las semillas.
- Riesgo de predación: ciertas especies podrían poner en riesgo el desarrollo de la vegetación ya que se alimentan de semillas, pero debido al uso de protectores, este aspecto no resulta determinante.

4.3 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

Según Pemán et al (2021) el éxito del establecimiento de la planta depende de sus características genéticas y fisiológicas, de su estado fenológico y de las condiciones ambientales del medio, en concreto, de la temperatura y de la disponibilidad de agua.

4.4 Evaluación de las alternativas de época de siembra y plantación

En este estudio se han considerado las principales alternativas (otoño, invierno y primavera) en función de la fenología y los requerimientos ecológicos de cada taxón, apoyándose en bibliografía científica y técnica.

En el caso de *Crataegus monogyna*, Hamdaoui et al. (2016) señalan que sus semillas presentan dormancia doble, lo que impide la germinación inmediata tras la dispersión. En la naturaleza, las semillas caen en otoño, permanecen en el suelo durante el invierno y germinan en primavera, una vez ablandado el tegumento por la acción microbiana y la temperatura estival, y madurado el embrión por el frío invernal. Por ello, la siembra

primaveral directa resulta ineficaz si no se aplica una estratificación previa. La alternativa más adecuada en condiciones naturales es la siembra otoñal, de modo que el frío invernal actúe de forma natural sobre las semillas y permita la germinación al llegar la primavera siguiente.

Para las especies herbáceas y subarbustivas mediterráneas empleadas en el estudio, el trabajo de Mosquera-Losada et al. (2001) indica que la siembra primaveral está aconsejada para muchas de las especies herbáceas, mientras que la siembra otoñal puede ser válida en zonas con precipitaciones regulares y sin heladas intensas, al aprovechar la humedad del invierno. En la zona de actuación, durante el otoño pese a registrarse una precipitación media ligeramente superior que en la primavera, la alta probabilidad de heladas tempranas y persistentes durante todo el invierno representa un riesgo significativo para la germinación y supervivencia de las plántulas. Las semillas que germinasen en otoño podrían verse expuestas a bajas temperaturas prolongadas, lo que podría aumentar el riesgo de mortalidad por estrés térmico o daño radicular.

En cuanto a *Quercus faginea*, los ensayos de Onoro et al. (2001) en repoblaciones del centro de España indican que las plantaciones más exitosas se realizan a finales de invierno, cuando el suelo presenta máxima humedad y baja evapotranspiración, evitando heladas severas y permitiendo el arraigo previo al verano. De manera complementaria, Alla et al. (2013) estudiaron la variabilidad fenológica de las yemas del quejigo, demostrando que la especie inicia el desarrollo de yemas y la brotación antes que la encina, con un periodo de máxima actividad vegetativa entre finales de julio y mediados de agosto, lo que confirma que en invierno las yemas están en reposo. Por tanto, la plantación debe realizarse antes de la reactivación vegetativa, es decir, en otoño o a finales del invierno.

En la misma línea, los ensayos de Corchero et al. (2002) y Valle et al. (2005) con *Pinus halepensis*, *Pinus pinea y Quercus ilex* mostraron que las plantaciones tempranas favorecen el desarrollo radical al evitar que las temperaturas del suelo desciendan por debajo del umbral de crecimiento durante el invierno.

Respecto a *Rhamnus saxatilis*, las fuentes de referencia (Practical Plants, 2024) indican que la siembra por semilla debe realizarse en otoño o a comienzos de año tras estratificación, con el trasplante de los plantones al terreno definitivo en finales de primavera o comienzos de verano, cuando ya no existe riesgo de heladas.

Finalmente, para *Rosa canina*, la Universidad de Florida (UF/IFAS, 2024) recomienda recoger las semillas en otoño y sembrarlas en verano o en otoño tardío / comienzos de primavera, tras un período de estratificación en frío. La plantación de los plantones debe realizarse a finales del invierno o en primavera temprana, antes del establecimiento de la sequía estival, o bien en otoño, siempre que el suelo mantenga suficiente humedad.

4.5 Elección definitiva de las épocas de siembra y plantación

En conjunto, la mayoría de las especies muestran una mejor respuesta a plantaciones otoñales y de finales de invierno, momentos en los que el suelo conserva humedad, la temperatura favorece el desarrollo radicular y se evita el estrés térmico y la desecación propios del verano, mientras que las especies de siembra muestran una mejor respuesta a la siembra primaveral. Esta sincronización con los periodos de máxima disponibilidad hídrica y reposo vegetativo constituye el criterio principal en la elección definitiva de las épocas de siembra y plantación.

5. Implantación vegetal

5.1 Identificación de las alternativas

5.1.1 Según el material forestal implantado

5.1.1.1 Siembra

Consiste en introducir frutos o semillas, en un terreno preparado o sin preparar que asegure su desarrollo y crecimiento. Esta técnica presenta ciertas ventajas e inconvenientes:

- Ventajas: la siembra constituye la alternativa más económica de implantación y puede resultar especialmente útil en zonas de difícil acceso o con altas densidades de planta. Permite obtener masas densas y homogéneas, lo que favorece una poda natural más eficaz y una mejor adaptación a las variaciones de calidad del suelo. Además, es una técnica adecuada para especies con raíz pivotante, como los *Quercus*, ya que facilita el desarrollo profundo del sistema radical y la exploración de horizontes edáficos más húmedos.
- Inconvenientes: su aplicación requiere condiciones específicas de germinación y una preparación cuidadosa del terreno que asegure un buen contacto entre la semilla y el suelo. Presenta un riesgo elevado de depredación de semillas y, aunque su coste inicial es bajo, puede implicar mayores gastos posteriores en labores selvícolas para el control de densidad o mantenimiento de la repoblación.



Figura 22. Semillas del género Quercus.

5.1.1.2 Planta a raíz desnuda

Se denomina planta a raíz desnuda a aquella que se extrae del vivero sin el cepellón de tierra que envuelve sus raíces, una vez que ha completado su parada vegetativa. Antes de su plantación, las raíces se mantienen temporalmente en condiciones de humedad controlada para evitar su desecación. Este tipo de plantas se utiliza habitualmente en repoblaciones forestales y restauraciones debido a su bajo coste y facilidad de manejo en grandes volúmenes, con especies como *Populus*, *Castanea*, *Ulmus*, *Juglans*, *Betula y Pinus*.

- Ventajas: las principales ventajas son su bajo coste de producción y transporte, al no requerir contenedores ni sustratos, y la posibilidad de plantar grandes superficies de forma rápida y eficiente, lo que las hace muy adecuadas para repoblaciones extensivas. Además, al no estar limitadas por el volumen del envase, las raíces pueden desarrollarse libremente tras la plantación, favoreciendo un mejor anclaje y aprovechamiento del agua y los nutrientes del suelo.
- Inconvenientes: su alta vulnerabilidad a la desecación durante la manipulación y el transporte exige mantener las raíces siempre húmedas, la ventana de plantación es muy reducida, restringiéndose al período de reposo vegetativo y a condiciones de suficiente humedad en el suelo y, en caso de no garantizarse un buen arraigo inicial, puede producirse una mayor mortalidad que en otros formatos, lo que obliga a extremar las precauciones en la logística y en la elección del momento de plantación.



Figura 23.Planta a raíz desnuda de una savia de Juglans regia. Fuente: N Aleta de J Pemán 2021

5.1.1.3 Planta en contenedor

Se denomina planta en contenedor o en envase a aquella que se cultiva dentro de un recipiente que contiene un sustrato especialmente formulado para su desarrollo. Durante su crecimiento, las raíces ocupan todo el volumen del envase, formando un cepellón compacto de raíces y sustrato que se trasplanta íntegro al terreno, manteniendo la estructura radicular protegida. Este tipo de planta permite un control más preciso de las condiciones de cultivo y un mejor manejo durante el transporte y la plantación, siendo el formato más habitual en viveros forestales.

- Ventajas: ofrecen mayor protección del sistema radicular durante su desarrollo, lo que reduce los daños y el estrés durante la plantación. Gracias a que el cepellón

mantiene la humedad y la integridad del sustrato, presentan mayor resistencia a condiciones adversas de sequía o estrés hídrico, y permiten una ventana de plantación más amplia que las de raíz desnuda, ya que pueden plantarse incluso fuera del periodo de resposo vegetativo. Además, el riesgo de desecación durante el transporte y la manipulación es mucho menor, lo que aumenta las tasas de supervivencia tras la plantación.

- Inconvenientes: deformación del sistema radical, ya que las raíces crecen confinadas dentro del contenedor, pudiendo enrollarse o adquirir formas anómalas si no se controla correctamente el cultivo. A ello se suman los mayores costes de producción y transporte, derivados del uso de sustratos y envases especializados. A pesar de ello, las plantas en contenedor se consideran la alternativa más adecuada en ambientes mediterráneos o de difícil establecimiento, donde las condiciones de sequía y estrés limitan la eficacia de otros formatos de planta.



Figura 24. Planta en contenedor de una savia de Quercus ilex. Fuente: J Sánchez-Valentín de J Pemán 2021.

5.1.2 Según la forma de llevar a cabo la disposición de la vegetación

5.1.2.1 Manual

Consiste en la introducción de la planta o semilla directamente en el suelo por parte de los operarios, utilizando herramientas sencillas. Se trata del procedimiento más habitual en repoblaciones forestales, especialmente en terrenos con pendientes acusadas, con presencia de afloramientos rocosos o de difícil acceso. No presenta limitaciones topográficas ni edáficas significativas, aunque requiere que el terreno se encuentre en condiciones adecuadas de tempero, es decir, con suficiente humedad y consistencia para facilitar la apertura y cierre de los hoyos y asegurar un buen contacto entre la planta y el suelo.

5.1.2.2 Mecanizada

Consiste en la introducción o dispersión de las semillas con una sembradora, y en el caso de la introducción de plantones con una plantadora arrastrada por un tractor. Este método se ve limitado por la pendiente, presencia de pedregosidad y tipo de suelo, pero tiene un mayor rendimiento.

5.1.2.3 Simultánea

La disposición de la vegetación se lleva a cabo al mismo tiempo que la preparación del terreno.

5.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Los condicionantes internos son aquellos que tienen que ver con el perfil topográfico y edáfico de la ladera, sumándole, además, la sequía estival.

Los condicionantes externos están relacionados con el objetivo de protección y restauración de la ladera, lo que implica un crecimiento rápido y la mejora de las condiciones edáficas gracias a la cubierta vegetal. Se busca el menor coste, pero siempre y cuando se escoja la mejor calidad para asegurar la viabilidad de las especies vegetales.

5.3 Efecto de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El objetivo principal de la restauración es la recuperación de la ladera y la reducción de la erosión, por lo que se busca que se genere una buena cubierta vegetal y que el porcentaje de reposición de marras sea el menor posible.

Como se ha comentado en el anterior apartado, se busca realizar el proyecto teniendo el menor coste posible pero también con la garantía de que tenga éxito.

5.4 Evaluación de los métodos de implantación

Una vez elegidas las alternativas, es necesario realizar una evaluación para encontrar la más rentable y que acompañe al objetivo del proyecto.
Para realizar esta valoración hay que conocer los criterios y su ponderación.

Tabla 10. Ponderación de los criterios de selección.

Criterio	Ponderación
Adaptabilidad de la planta	2
Desarrollo del sistema radical	2
Riesgo de desecación	1,5
Costes	1
Periodo de plantación	1
Cuidados en el transporte	1

Las especies se dividirán en árboles, arbustos y herbáceas para su valoración debido a las diferencias en el desarrollo radicular, capacidad de arraigo y viabilidad de implantación. De esta manera se realiza una selección del método más adecuado para cada tipo de vegetación.

Los criterios se numerarán del 1 al 5 y se definirán de la siguiente manera:

- **Adaptabilidad de la planta**: se evaluará según las posibilidades de la planta de arraigarse y sobrevivir una vez realizada la implantación. Cuanto menos adaptada se muestre, menos puntuación obtendrá.
- **Desarrollo del sistema radical**: cuanto mayor sea el desarrollo más puntuación obtendrá.
- **Riesgo de desecación**: debido a que es un problema grave para la supervivencia de las plantas en etapas juveniles, se dará más puntuación según tenga mayor resistencia.
- **Costes**: las implantaciones más caras tendrán menos puntuación.
- **Periodo de plantación**: según la ventana de tiempo que tenga cada implantación. Cuanto mayor sea el periodo en el que se puede realizar la implantación, mayor será la puntuación.
- **Cuidados en el transporte**: depende de la atención que requiera su transporte, cuanta mayor sea la atención, menor será la puntuación.

En primer lugar, se valorará la implantación de la vegetación arbórea, en este caso, *Quercus faginea*.

Tabla 11. Valoración del método de implantación para especies arbóreas.

Método de implantación	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	M4	M4P	M5	M5P	M6	M6P	Total
Siembra	2	4	5	10	2	3	5	5	2	2	5	5	29
Plantación a raíz desnuda	2	4	4	8	2	3	3	3	2	2	2	2	22
Plantación en contenedor	5	10	3	6	5	7,5	2	2	4	4	4	4	33,5

Como se observa en la Tabla 11, el mejor método de implantación para esta especie es la plantación en contenedor.

A continuación, se valora la implantación de la vegetación arbustiva.

Tabla 12. Valoración del método de implantación para especies arbustivas.

Método de implantación	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	M4	M4P	M5	M5P	M6	M6P	Total
Siembra	2	4	5	10	2	3	5	5	3	3	5	5	30
Plantación a raíz desnuda	3	6	4	8	2	3	4	4	3	3	2	2	26
Plantación en contenedor	5	10	3	6	5	7,5	2	2	5	5	4	4	34,5

Según los resultados obtenidos en la Tabla 12 la mejor técnica de implantación para las especies arbustivas que conforman el proyecto es la plantación en contenedor.

Y por último se valora la implantación de vegetación herbácea.

Tabla 13. Valoración del método de implantación para especies herbáceas.

Método de implantación	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	M4	M4P	M5	M5P	M6	M6P	Total
Siembra	3	6	5	10	4	6	5	5	4	4	5	5	36
Plantación a raíz desnuda	2	4	4	8	3	4,5	4	4	3	3	2	2	25,5
Plantación en contenedor	5	10	3	6	5	7,5	2	2	5	5	4	4	34,5

Como se observa en la Tabla 13 la mejor manera de implantación de la vegetación herbácea es a través de la siembra.

5.5 Elección definitiva de las alternativas

De acuerdo con Péman et al (2021) la plantación en contenedor es la técnica más adecuada para especies leñosas, ya que garantiza una mayor supervivencia en condiciones edáficas difíciles gracias a la protección del sistema radical, la menor desecación y la mayor adaptabilidad en ambientes mediterráneos degradados. En cambio, para especies herbáceas y aromáticas se recomienda la siembra directa, por su bajo coste, buena germinación y eficacia en la cobertura del suelo, contribuyendo a la rápida estabilización superficial y a la reducción de la erosión.

5.6 Evaluación para la disposición del material vegetal

Ahora se realizará la evaluación para determinar la técnica de disposición del material vegetal con la siguiente ponderación.

Tabla 14. Ponderación de los criterios de selección.

Criterio	Ponderación
Limitaciones edafológicas	2
Productividad	1
Costes	1

Los criterios se numerarán del 1 al 5 y se definirán de la siguiente manera:

- **Limitaciones edafológicas**: incluye problemas con la pendiente, suelos o accesibilidad. Cuantas mayores sean las limitaciones menor puntuación.
- **Productividad**: cuanto mayor sea el rendimiento mayor será la puntuación.
- **Costes**: como se aboga por realizar la restauración de la manera más económica, cuanto menor sea el coste mayor será la puntuación.

Tabla 15. Valoración del método de disposición del material vegetal.

Método de disposición	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	Total
Manual	3	6	5	5	4	4	15
Mecanizada	5	10	2	2	1	1	13
Simultánea	2	4	5	5	4	4	13

5.7 Elección definitiva de las alternativas

La disposición manual es el método más idóneo de manera técnica y ambiental. Este sistema asegura una correcta adaptación del material vegetal al terreno, minimiza el impacto sobre el suelo y garantiza un mayor control en la ejecución de las microcuencas, que también se realizarán a mano después de la plantación, junto con un pequeño alcorque.

6. Cuidados posteriores

6.1 Protectores de plántulas

La presencia de fauna silvestre en las áreas de restauración, como corzos, pequeños roedores, conejos o jabalíes, puede constituir un factor limitante para el éxito de las repoblaciones. Estos animales pueden alimentarse de las semillas, brotes tiernos o plántulas recién establecidas, provocando pérdidas significativas y reduciendo la densidad final de la plantación. Además, el ramoneo, escarbado o pisoteo pueden generar daños físicos en las plantas jóvenes que comprometen su crecimiento y supervivencia.

Por ello, resulta necesario emplear protectores de plántulas que actúen como barrera física frente a la fauna, garantizando la integridad del material vegetal durante las primeras fases de desarrollo y aumentando las probabilidades de éxito de la repoblación.

6.1.1 Identificación de las alternativas

Las alternativas que se pueden llevar a cabo para asegurar el éxito de la repoblación son las siguientes:

- Cerramientos perimetrales: estructuras físicas que rodean el perímetro de la repoblación para impedir el acceso a la fauna silvestre o doméstica. Existen dos tipos, metálicos con mallas galvanizadas, de alambre o electrosoldadas y eléctricos con cercas o pastores eléctricos con impulsos de bajo voltaje.
    - Ventajas: garantizan protección eficaz frente a grandes herbívoros, son duraderos y reutilizables, y requieren poca supervisión una vez instalados.
    - Inconvenientes: presentan un coste inicial elevado, no protegen frente a pequeños mamíferos o roedores, necesitan mantenimiento y generan un

considerable impacto paisajístico y posible interferencia con la fauna no objetivo.



Figura 25. Malla de torsión simple en una plantación. Fuente: J Pemán 2021

- Protectores individuales: dispositivos colocados directamente sobre cada planta o grupo pequeño, que impiden el contacto con herbívoros y reducen el estrés climático durante las primeras fases de crecimiento. Los principales tipos son:
    - Mallas cinegéticas: formado por cilindros metálicos o plásticos colocados alrededor de la planta, su altura, su gamaje y luz de malla dependen de la fauna objetivo.
        - Ventajas: alta resistencia y durabilidad, buena ventilación y baja temperatura interior y adecuadas frente a roedores, lepóridos y pequeños ungulados.
        - Inconvenientes: requieren tutores, instalación lenta, coste medio-alto y existe la probabilidad de que los brotes puedan atravesar la malla si la luz es grande.



Figura 26. Malla cinegética plástica. Fuente: J Pemán 2021

    - Mallas de sombreo: estructuras plásticas con diferentes grados de transmitancia lumínica que protegen del exceso de radiación y viento.
        - Ventajas: reducen la insolación y la evapotranspiración, y son útiles en zonas semiáridas o con extrema insolación.

- Inconvenientes: pueden generar un exceso de sombra que reduce el desarrollo radical y favorece la aparición de hongos, además, su coste es medio.



Figura 27. Malla de sombreo. Fuente: J Pemán 2021.

- Tubos invernadero o tubos protectores: cilindros plásticos lisos o de malla con diferentes alturas y ventilación.
  - Ventajas: protegen de fauna menor y viento, crean un microclima interior favorable para el crecimiento, disminuyen la transpiración y favorecen la supervivencia inicial.
  - Inconvenientes: pueden producir elevadas temperaturas en verano, tienen riesgo de abrasión del tallo si no tienen el borde abocardado, necesitan mantenimiento y tutorado estable, y riesgo de deformación de la planta si el tubo se descalza o se deforma.



Figura 28. Tubo protector cerrado. Fuente: J Pemán 2021

- Protectores enrollables: elementos de plástico flexible que se colocan envolviendo el tronco de la planta para protegerlo frente a daños físicos, no requiere tutores y se aplica directamente sobre el tallo, siempre que este sea recto, libre de ramas y con suficiente rigidez para mantener el protector en posición vertical.
  - Ventajas: protección eficaz frente a daños mecánicos, no necesita tutorado, tiene una instalación rápida y sencilla, permite

ventilación si esta perforado, tiene bajo impacto visual, fácil retirada y una vida útil de 3 a 5 años.

- Inconvenientes: solo se pueden usar cuando el tronco es rígido y sin ramas, presenta riesgo de estrangulamiento, si no tiene perforaciones presenta falta de ventilación, solo protegen el tronco, pueden degradarse con el sol y necesitan un manejo previo.



Figura 29. Tubo enrollable de tipo malla. Fuente: J Pemán 2021.

6.1.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Los condicionantes internos están relacionados con la protección de las especies vegetales, tanto de factores climáticos como de la presencia de fauna.

El condicionante externo principal es el objeto protector de la repoblación y la restauración, por lo que se debe asegurar la supervivencia de las plantas, consiguiéndolo, además, de la manera más económica posible.

6.1.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El principal objetivo de la restauración es la creación de una cubierta vegetal que ayude a reducir la erosión y mejore las condiciones edáficas de la ladera, por ello, resulta imprescindible la protección de las plántulas y semillas.

6.1.4 Evaluación de las alternativas

Para la evaluación de las alternativas, primero se enumerarán los criterios de selección y su ponderación.

Tabla 16. Ponderación de los criterios de selección de protección frente a la fauna.

Criterio	Ponderación
Efectividad frente a la fauna objetivo	2
Desarrollo de la plántula	1,5
Resistencia	1,5
Coste	1
Instalación	1
Mantenimiento	1
Impacto ambiental y paisajístico	1

Los criterios serán valorados del 1 al 5 según la siguiente clasificación:

- **Efectividad frente a la fauna objetivo**: representa el grado de protección frente a la fauna existente. Cuanta mayor sea la protección mayor será la puntuación.
- **Desarrollo de la plántula**: si la plántula se ve modificada de cualquier forma negativa, la puntuación será baja.
- **Resistencia**: depende de la vida útil del protector y su capacidad de resistir a efectos climáticos. Cuanta mayor sea la resistencia mayor será la puntuación.
- **Coste**: representa el valor económico del material, instalación y transporte. A mayor coste menor puntuación.
- **Instalación**: cuanta mayor sea la facilidad de instalación mayor puntuación.
- **Mantenimiento**: se refiere a la frecuencia y facilidad de las revisiones o sustitución, cuanto más fácil sea, mayor puntuación.
- **Impacto ambiental y paisajístico**: grado de alteración o interferencia con la fauna no objetivo, cuanto mayor sea menor será la puntuación.

Tabla 17. Valoración de las alternativas de protección.

Método de protección	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	M4	M4P	M5	M5P	M6	M6P	M7	M7P	Total
Cerramiento perimetral	4	8	5	7,5	5	7,5	1	1	1	1	2	2	2	2	29
Malla cinegética	4	8	5	7,5	4	6	3	3	3	3	4	4	4	4	35,5
Malla de sombreo	2	4	2	3	3	4,5	3	3	4	4	3	3	3	3	24,5
Tubos protectores	3	6	3	4,5	3	4,5	3	3	4	4	3	3	4	4	29
Protectores enrollables	3	6	2	3	3	4,5	4	4	5	5	2	2	4	4	28,5

6.1.5 Elección definitiva de las alternativas

Teniendo en cuenta las condiciones del terreno, la pendiente, la pedregosidad y la presencia de fauna silvestre, se opta por realizar un sistema mixto de protección. Se utilizará:

- Malla cinegética para las zonas de siembra directa, con el fin de impedir el acceso a la fauna y evitar el daño a las especies. Este sistema presenta efectividad y durabilidad.
- Tubos protectores individuales para las plantas en contenedor, que proporcionan un microclima favorable, reducen la transpiración, y defienden frente a fauna durante las etapas iniciales de crecimiento.

Aunque el cerramiento perimetral completo ofrece una alta efectividad, se descarta su implantación generalizada debido a su elevado coste, complejidad de instalación en terrenos inclinados y, además, genera un mayor impacto visual.

Por ello, este sistema mixto y selectivo permite garantizar la supervivencia de las plántulas durante las fases iniciales, minimizar costes y mantener la integración paisajística del entorno restaurado.

6.2 Reposición de marras

Según lo dispuesto por Pemán et al (2021) las marras se entienden como la tasa de mortalidad de las plantas que se produce en la repoblación los años posteriores a su plantación o siembra. En el caso de las siembras hará referencia a la falta de germinación o a las plantas muertas una vez germinadas. Pueden producirse en cualquier momento del ciclo vital de la planta, pero son más probables en los primeros años.

Las marras o pérdidas de planta tras la repoblación pueden deberse a múltiples causas.

- Deficiente calidad del material vegetal: plantas con cepellón pequeño, mal endurecidas, enfermas, con escasa nutrición o sin micorrizas.
- Preparación inadecuada del suelo: desbroces insuficientes, escaso volumen de tierra removido, mala condición de tempero o alcorques demasiado pequeños.
- Estrés hídrico: causado por la falta de precipitaciones o sequías prolongadas.
- Factores climáticos adversos: temperaturas extremas o insolación excesiva.
- Problemas edáficos: pH inadecuado, toxicidad por elementos como aluminio, y deficiencias nutricionales.
- Daños mecánicos: derivados del manejo o plantación defectuosa, golpes, roturas o ramoneo de herbívoros.
- Ausencia de cuidados posteriores: como falta de escardas, riegos de apoyo o tratamientos fitosanitarios.

Cuando las marras superen el límite admisible previsto en el proyecto, deberá realizarse su reposición, entendida como la sustitución de las plantas muertas durante los años posteriores a la plantación. Se trata de una práctica habitual en repoblaciones forestales que tiene por objeto mantener la densidad y continuidad del arbolado. La reposición se ejecutará manualmente, incluso si la plantación original se hubiese efectuado de forma mecanizada o simultánea a la preparación del terreno, y se llevará a cabo en una época similar a la de la plantación o siembra inicial. Además, el proyecto de repoblación forestal

debe incluir las directrices específicas sobre el momento, el año y el tipo de planta a utilizar en la reposición.

Ese límite admisible lo expone Pemán et al (2021) haciendo referencia a Serrada (2000) y se muestra a continuación.

Tabla 18. Límite admisible de marras en función de la densidad inicial. Fuente: Serrada (2000).

Densidad inicial (pies/ha)	Porcentaje de marras admisible (%)
400-1000	<5
1000-2000	<10
2000-2500	15
>2500	20

En el caso de la restauración, se plantea una densidad menor de 400 pies/ha para las especies, por lo que el porcentaje de marras admisible será menor del 5%.

Dependiendo del tipo de crecimiento de las especies, las marras se deberán reponer el primer año o hasta el tercer o cuarto como máximo. Respecto al tipo de planta, debe ser el mismo que el usado en la plantación inicial, salvo en casos concretos como los *Quercus*, donde puede emplearse planta en envase más grande para igualar tamaño o sustituirse en una postura distinta si se piensa que la planta está muerta, pero hay posibilidad de rebrote desde cepa.

7. Riegos

En las repoblaciones forestales, el agua es un factor determinante para el arraigo y desarrollo de las plantas, especialmente en climas mediterráneos, donde la escasez e irregularidades de las precipitaciones provocan fuertes periodos de estrés hídrico tras la plantación.

El riego, aunque poco habitual en el ámbito forestal, puede resultar necesario en zonas áridas o de condiciones restrictivas, ya que reduce el estrés hídrico, mejora el desarrollo radicular y aumenta la supervivencia y crecimiento de las plántulas.

7.1 Identificación de las alternativas

Las alternativas de riego aplicables en repoblaciones forestales pueden clasificarse en función de distintos criterios:

- Según exista o no intervención:
    - Sin riego: no se realizan aportes de agua durante la plantación ni en los meses posteriores. Esta opción solo resulta viable en zonas muy húmedas o en años excepcionalmente lluviosos, en los que la precipitación natural garantiza la supervivencia de las plantas o en aquellas zonas donde el suelo tenga suficiente humedad.

  - Con riego: se recurre a aportes de agua cuando las condiciones climáticas no aseguran la viabilidad de las especies plantadas. El riego puede efectuarse manualmente o mediante el uso de mangueras y camiones cisterna, especialmente en zonas de difícil acceso o con infraestructuras limitadas.

- Según exista o no planificación previa:
  - Con calendario preestablecido: aquellos que se programan de forma fija durante los períodos secos del año, aplicándose el agua en fechas predeterminadas y con una frecuencia constante, sin considerar condiciones climáticas, edáficas o el estado hídrico real del suelo y de las plantas.
  - Sin calendario (a demanda): los riegos no están fijados de antemano, sino que se realizan en función de la evolución de las condiciones ambientales y del estado de la repoblación. Se instala un sistema de monitorización con sensores que emplea sensores instalados en la ladera para medir en tiempo real la humedad del suelo y otros parámetros ambientales. A partir de estos datos, el sistema determina cuándo y cuánto regar, activando el riego solo cuando la planta realmente lo necesita. Este método permite optimizar el uso de agua, evitar pérdidas por exceso o déficit de riego y adaptar la gestión hídrica a las condiciones edáficas y climáticas del terreno, mejorando así la eficiencia y la sostenibilidad del proceso de restauración o repoblación forestal.
- Según el nivel de control y seguimiento:
  - Riego por goteo: sistema de riego localizado que aplica el agua de forma lenta y continua directamente en la zona radicular de cada planta, mediante emisores que dosifican el caudal para favorecer su absorción y reducir las pérdidas por evaporación o escorrentía. Este método se caracteriza por su alta eficiencia en el uso del agua, aunque presenta limitaciones en entornos forestales debido a los riesgos de obturación de los emisores, daños por fauna o vandalismo, y a su elevado coste de instalación y mantenimiento.
  - Riego manual: técnica de riego que consiste en aportar agua directamente a cada planta mediante el uso de herramientas manuales sencillas, como cubos, regaderas o mochilas de riego. Se trata de un método de aplicación localizada, con un impacto mínimo sobre el terreno, pero requiere una mayor dedicación de tiempo y presenta una eficiencia hídrica reducida. Además, al realizarse “a ojo” por parte del operario, existe riesgo de que las cantidades de agua aplicadas sean superiores o inferiores a las necesarias.

7.2 Restricciones impuestas por los condicionantes

Uno de los principales condicionantes internos del proyecto es el aporte hídrico para el desarrollo de las plantas, debido a que la precipitación media anual en la zona es de 421 mm.

Dentro de los condicionantes externos, resulta fundamental el papel protector de la repoblación, buscando obtener una cubierta vegetal que mejore las condiciones edáficas, y para ello es necesario que las especies tengan el aporte hídrico correspondiente a sus necesidades hídricas.

7.3 Efectos de las alternativas sobre los objetivos del proyecto

El riego y su método de empleo es un factor con gran importancia en el proyecto, que puede llevar al éxito o fracaso de la restauración en su totalidad.

7.4 Evaluación de alternativas

Para la evaluación de las alternativas, primero se enumerarán los criterios de selección y su ponderación.

Tabla 19. Ponderación de los criterios de selección de riegos.

Criterio	Ponderación
Ahorro hídrico	2
Compatibilidad	2
Coste	1,5
Mantenimiento	1
Infraestructura	1

Los criterios serán valorados del 1 al 5 según la siguiente clasificación:

- Ahorro hídrico: cuanto mayor sea el ahorro de agua mayor será la puntuación.
- Compatibilidad: cuanto más compatible sea la técnica para ambientes mediterráneos, áridos y secos, mayor será la puntuación.
- Coste: cuanto mayor sea el coste menor será la puntuación.
- Mantenimiento: cuanta mayor labor necesite para funcionar de manera correcta, menor será la puntuación.
- Infraestructura: cuanta mayor infraestructura necesite para su funcionamiento menor será la puntuación.

Tabla 20. Valoración de las alternativas de riego.

Método de riego	M1	M1P	M2	M2P	M3	M3P	M4	M4P	M5	M5P	Total
Sin riego	5	10	3	6	5	7,5	5	5	5	5	33,5
Riego por goteo	4	8	3	6	2	3	1	1	2	2	20
Riego preestablecido	2	4	2	4	3	4,5	3	3	2	2	17,5
Riego manual	3	6	3	6	4	6	3	3	4	4	25
Riego con sensores	5	10	5	10	3	4,5	3	3	3	3	30,5

7.5 Elección definitiva de la alternativa

En la valoración de las alternativas de riego, la opción de no realizar riegos obtuvo la puntuación más elevada, resultando coherente con lo habitual en el ámbito de las repoblaciones forestales. En este tipo de actuaciones, la ausencia de riego se considera una práctica apropiada siempre que se realice una correcta selección de especies adaptadas a las condiciones edáficas y al régimen pluviométrico local, de modo que las plantas sean capaces de arraigar y desarrollarse sin aportes hídricos adicionales.

No obstante, en el presente proyecto de restauración, se ha considerado conveniente incorporar un sistema de riego con monitorización mediante sensores de humedad del suelo, con el fin de garantizar la viabilidad y el éxito de la revegetación inicial. Este sistema permite conocer en tiempo real el estado hídrico del suelo y aplicar el agua únicamente cuando las plantas lo necesitan, optimizando así el uso del recurso y evitando tanto déficits como excesos hídricos.

A pesar de su mayor coste e infraestructura tecnológica en comparación con otros métodos, su implantación a pequeña escala resulta viable, ya que la superficie de actuación es reducida y solo se necesitará instalar un número limitado de sensores distribuidos estratégicamente. De este modo, se asegura una gestión eficiente del agua durante la fase crítica de establecimiento de la vegetación, favoreciendo la formación de una cubierta vegetal estable que contribuya a mejorar las condiciones edáficas y reducir los procesos erosivos en la ladera objeto de restauración.

8. Referencias bibliográficas

Alla, A.Q., Camarero, J., & Montserrat-Martí, G. (2013). *Seasonal and inter-annual variability of bud development in two Mediterranean Quercus species. Annals of Botany*, 111(2), 261-270.

Castroviejo Bolibar, S. & al. (eds.). (1986). *Flora iberica Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Flora iberica*.

Hamdaoui, M., Mehdadi, Z., & Chalane, F. (2017). *Effect of some physical and chemical treatments and temperature on the seeds germination of Hawthorn (Crataegus monogyna Jacq.)* Asian Journal of Plant and Soil Sciences, 1(1), 17-26.

Mosquera-Losada, M. R., Rigueiro-Rodríguez, A., López-Díaz, M.L., & Rodríguez-Barreira, S. (2001). *Efecto del sombreado y la época de siembra en el establecimiento y producción de varias especies pratenses*. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal, 16 (2), 169-186.

Onoro, J., Villar, P., & Robredo, F. (2001). *Supervivencia y crecimiento de encina y quejigo en repoblaciones del centro de España.* En: Actas del III Congreso Forestal Español, Granada.

Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R. M., Prada Sáez, M. A., & Serrada Hierro, R. (Coords). (2021). *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal* (Tomo 1). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Árboles Ibéricos (s.f). *Sorbus domestica L*. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://www.arbolesibericos.es/genre/sorbus/species/sorbusdomestica

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (s.f). *Prunus spinosa L*. Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/Prunus_spinosa_tcm30-200487.pdf

Practical Plants (2024). *Rhamnus saxatilis*. Recuperado el 20 de octubre de, https://practicalplants.org/wiki/rhamnus_saxatilis/

Sociedad de Ciencias Aranzadi (s.f). *Prunus spinosa L. Proyecto Flora de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai*. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://monteriza.aranzadi.eus/wp-content/uploads/flora/134.prunus-spinosa.pdf

University of Florida, IFAS (2024) *Rosa canina* – Landscape Plants of Florida. Recuperado el 20 de octubre de, https://hort.ifas.ufl.edu/database/lppi/sp339.shtml

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XII. Plagas y enfermedades

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XII PLAGAS Y ENFERMEDADES

1. Introducción 1
2. Vegetación presente en la zona 1
3. Plagas y enfermedades forestales 2
3.1 Fabaceae 2
3.1.1 Genista scorpius 2
3.1.2 Ononis tridentata 3
3.1.3 Medicago sativa 3
3.2 Fagaceae 11
3.2.1 Quercus faginea 11
3.3 Rosaceae 21
3.3.1 Crataegus monogyna 21
3.4 Asteraceae 24
3.4.1 Echinops strigosus 24
3.4.2 Artemisia spp 24
3.4.3 Staehelina dubia 25
3.5 Borafinaceae 25
3.5.1 Echium flavium 25
3.6 Cistaceae 25
3.6.1 Fumana ericifolia 25
3.7 Euphorbiaceae 25
3.7.1 Euphorbia spp 25
3.8 Lamiaceae 25
3.8.1 Sideritis hyssopifolia 25
3.9 Rhamnaceae 25
3.9.1 Rhamnus saxatilis 25
3.10 Conclusiones 25
4. Presencia de plagas y enfermedades en la zona de estudio 26
5. Referencias bibliográficas 28

1. Introducción

Las plagas y enfermedades forestales son agentes que afectan negativamente a la salud, desarrollo y valores económicos, ecológicos y sociales de las masas vegetales. Se entiende por plaga la presencia de organismos vivos, que pueden ser insectos u otros animales, que provocan daños al alimentarse de diversas partes de las plantas forestales, mientras que las enfermedades forestales suelen estar causadas por patógenos, que infectan y debilitan los árboles. Ambos agentes pueden afectar al crecimiento y desarrollo de los pies, provocar la pérdida de floración, reducción de la vitalidad, y en algunos casos, la muerte de los ejemplares afectados.

Estos problemas comprometen la funcionalidad y estabilidad de los ecosistemas, por lo que es necesario realizar un estudio para conocer las plagas y enfermedades que pueden afectar a las especies presentes y a las que se puedan introducir, de manera que sea posible su identificación y posterior tratamiento o cuidado.

2. Vegetación presente en la zona

Para identificar la vegetación presente en la zona se realizó una observación directa en la propia ladera y se identificaron las siguientes especies recogidas en el Anejo V Estudio de la vegetación:

Familia **Cistaceae**

- *Fumana ericifolia*

Familia **Euphorbiaceae**

- *Euphorbia spp*

Familia **Rhamnaceae**

- *Rhamnus saxatilis*

Familia **Fabaceae**

- *Ononis tridentata*
- *Genista scorpius*
- *Medicago sativa*

Familia **Fagaceae**

- *Quercus faginea*

Familia **Rosaceae**

- *Crataegus monogyna*

Familia **Brassicaceae**

- *Sisymbrium spp*

Familia **Boraginaceae**

- *Echium flavum*

Familia **Lamiaceae**

- *Sideritis hyssopifolia*

Familia **Asteraceae**

- *Echinops strigosus*
- *Artemisia spp*
- *Staehelina dubia*

Una vez identificadas las especies presentes en la zona se determinarán las plagas y enfermedades que podrían afectar a la masa vegetal actual y posteriormente se realizará un análisis para identificar si alguna de las plagas o enfermedades forestales está presente en la zona.

3. Plagas y enfermedades forestales

3.1 Fabaceae

3.1.1 Genista scorpius

El género Genista puede verse afectado por cuscutáceas, hongos y oídio.

En el caso de las cuscutáceas, son plantas que obtienen nutrientes de las plantas hospedantes y son conocidas como holoparásitas. Las genistas pueden ser parasitadas por *Cuscuta epithymum*, una planta herbácea parásita que se une a la planta hospedadora para obtener nutrientes y agua, esto se debe a qué no puede realizar la fotosíntesis porque no tiene clorofila, por lo que para sobrevivir debe unirse a una planta huésped mediante unas estructuras conocidas como haustorios. Las cuscutáceas pueden causar graves daños en zonas de regeneración y repoblaciones forestales, pudiendo causar la muerte si afectan a plantas pequeñas.



Ilustración 1. Ejemplar de Cuscuta spp sobre Dorycnium pentaphyllum. Fuente: Imagen propia

3.1.2 Ononis tridentata

En el caso de *Ononis tridentata* no se ha encontrado documentación que haga referencia a plagas o enfermedades que afecten a esta planta. Uno de los mayores problemas que sufre es la herbívora.

3.1.3 Medicago sativa

La llamada comúnmente alfalfa, es una especie herbácea de uso agrícola que se utiliza para producir forraje para el ganado y para producir abono debido a su capacidad para fijar nitrógeno en el suelo. Según la Guía de Gestión Integrada de Plagas para la Alfalfa del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (*Guía de Gestión Integrada de Plagas para el cultivo de Alfalfa*, 2020), algunas de las plagas más características son:

- ***Colaspidema barbarum* = *Colaspidema atrum* (Cuca o Cuca negra de la alfalfa):** es un coleóptero que ocasiona daños principalmente durante su fase larvaria. Las larvas, al emerger, se alimentan del follaje de la planta consumiendo la lámina de las hojas y dejando únicamente el nervio central. En las plantas jóvenes este tipo de defoliación puede resultar especialmente dañina, llegando a comprometer el desarrollo del cultivo. Una vez que completan su crecimiento, las larvas se entierran en el suelo para pupar, y tras un corto período de tiempo, emergen como adultas, permaneciendo bajo tierra. La especie presenta una sola generación por año y se considera una de las plagas más relevantes que afectan a la alfalfa.



Ilustración 2. Adulto y daño de Colaspidema barbarum. Fuente: Natusfera

- ***Holotrichapion pisi***: son curculiónidos que depositan los huevos dentro de las yemas y ocasiones también en el interior de los tallos. Así, cuando eclosionan, las larvas se alimentan del tejido interno de estas estructuras, provocando daños que pueden retrasar el crecimiento de la planta. Los adultos también se alimentan de brotes tiernos y hojas, reduciendo la superficie fotosintética y afectando al rendimiento del cultivo. Aunque su principal hospedador es la alfalfa, también puede atacar otras especies de leguminosas.



Ilustración 3. Adulto de Holotrichapion pisi. Fuente: Andrea Quadrio, 2018. Licencia CC BY. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/observations/16862343



Ilustración 4. Daños provocados por adultos en hojas. Fuente: F.J. Ciudad y Área de Plagas (ITACYL) recuperado de: https://plagas.itacyl.es/documents/109511/3581438/LE-P-10_API%C3%93N+EN+ALFALFA_2025-W.pdf/2a8f0c36-cc5a-a5d2-68a7-0144f3939b9c?t=1743666241242

- ***Hypera postica* (gusano verde de la alfalfa):** coleóptero curculiónido cuyas hembras colocan los huevos dentro de los tallos de la alfalfa, y al nacer, las larvas se alimentan del limbo de las hojas, dejando únicamente los nervios principales. Esta defoliación reduje la capacidad fotosintética y, en función del estado fenológico del cultivo, puede provocar una disminución significativa en el crecimiento y producción de la planta.



Ilustración 5. Adulto de Hypera postica. Fuente: Adam Sisson, Iowa State University, Bugwood.org. Licencia CC BY-NC 3.0 US. Recuperado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5622834#



Ilustración 6. Daños de larva en alfalfa. Fuente: zgompert, 2019. Licencia CC BY-NC. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/observations/27221166

- ***Acyrthosiphon pisum* (pulgón verde)**: hemíptero que se alimenta principalmente de la savia de la alfalfa. Se reproduce de forma asexual por partenogénesis, generando poblaciones compuestas casi exclusivamente por hembras. Su actividad produce debilitamiento de las plantas, deformaciones en hojas y tallos, y síntomas de clorosis debido tanto a la succión de la savia como a la inyección de toxinas durante la alimentación. También actúa como vector del Virus del Mosaico de la Alfalfa (AMV). En infestaciones intensas, la melaza excretada favorece el desarrollo de hongos saprófitos sobre la superficie foliar, lo que reduce la capacidad fotosintética y puede alterar la calidad y el sabor del forraje. Este pulgón también puede infestar otras especies de leguminosas.



Ilustración 7. Pulgón verde. Fuente: Natusfera

- ***Aphis craccivora* (pulgón negro):** hemíptero que puede infestar tanto a leguminosas como a numerosas especies de plantas silvestres y cultivads. Al alimentarse, succiona la savia e inyecta toxinas que provocan decoloraciones, deformaciones foliares y un notable debilitamiento general de las plantas. La melaza que excreta favorece al desarrollo de hongos saprófitos. Además, este pulgón también actúa como vector del Virus del Mosaico de la Alfalfa (AMV) y de otros dos virus responsables de las excreciones o deformaciones características del cultivo.



Ilustración 8. Pulgón negro. Fuente: Natusfera

- ***Therioaphis trifolii* (pulgón moteado)**: hemíptero que se alimenta de la savia de la alfalfa y otras leguminosas. Durante su alimentación inyecta toxinas en los tejidos vegetales, lo que provoca clorosis, deformaciones y un marcado retraso en el crecimiento de las plantas. Al igual que otros pulgones, segrega melaza, sustancia que favorece la aparición de hongos saprófitos. Además, actúa como transmisor del Virus del Mosaico de la Alfalfa (AMV), contribuyendo a la propagación de esta enfermedad en los cultivos afectados.



Ilustración 9. Ejemplar áptero de pulgón moteado. Fuente: Imagen de Jesse Rorabaugh (Natusfera)

- ***Sminthurus viridis* (Pulguilla de la alfalfa)**: colémbolo de pequeño tamaño que se alimenta raspando la superficie superior de las hojas de la alfalfa. Esta actividad puede originar pequeñas erosiones o perforaciones visibles en el limbo foliar. Cuando se alcanzan elevadas densidades, el daño acumulado reduce de forma significativa la superficie fotosintética, lo que retrasa el desarrollo del cultivo, y en plantas jóvenes puede causar la muerte.



Ilustración 10. Pulguilla de la alfalfa. Fuente: Imagen de Yann Kemper (Natusfera)

- **Orugas defoliadoras (*Spodoptera exigua, Spodoptera littoralis, Loxostege sticticalis, Helicoverpa armígera, Autographa gamma):*** las larvas de estas especies consumen los tejidos verdes de la planta, causando graves daños y pudiendo afectar al rendimiento del cultivo.



Ilustración 11.Oruga de Autographa gamma. Fuente: Natusfera



Ilustración 12. Oruga de Loxostege sticticalis. Fuente: Whitney Cranshaw, Colorado State University, Bugwood.org. Licencia CC BY-NC 3.0 US. Recuperado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5561063



Ilustración 13. Oruga de Spodoptera exigua. Fuente: Imagen de James Bailey, 2015. Licencia CC-BY-NC. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/observations/18301461

- ***Ditylenchus dipsaci* (Nematodo del tallo de alfalfa):** nematodo que puede atacar en cualquiera de las fases de su ciclo vital a la alfalfa. Vive como endoparásito dentro de los tejidos de los órganos aéreos de la planta. Su actividad parasitaria origina brotes deformados, nudos engrosados y entrenudos acortados, así como zonas necróticas en distintas partes del tallo y de las hojas. Puede llegar a provocar la muerte de la planta si la infestación avanza. Además, las heridas producidas por el nematodo facilitan la entrada a otros patógenos, lo que agrava los daños. En infestaciones severas, el cultivo puede quedar completamente inutilizado.



Ilustración 14. Parches de daños en campo de alfalfa. Fuente: Central Science Laboratory, Harpenden, British Crown, Bugwood.org. Licencia CC BY-NC 3.0 US. Recuperado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=0162059#

- ***Peronospora trifoliorum* = *Peronospora aestivalis* (Mildiú de la alfalfa):** oomiceto que actúa como parásito obligado de numerosas especies vegetales, siendo una de ellas la alfalfa. La infección se manifiesta mediante manchas amarillentas o cloróticas en ambas caras de las hojas, que pueden extenderse progresivamente por el follaje. Cuando el ataque se produce en plantas jóvenes, el debilitamiento general puede llegar a provocar su muerte.



Ilustración 15. Sintomatología en hojas. Fuente: Juha Tuomola, 2021. Licencia CC BY-NC. Recuperado de: https://spain.inaturalist.org/photos/135589891

- ***Helicobasidium purpureum* = *Rhizoctonia crocorum* (Mal vinoso de la alfalfa):** hongo basidiomiceto capaz de vivir tanto como saprófito, alimentándose de materia orgánica en descomposición, como de forma parasitaria sobre plantas vivas. La infección se produce a través de las raíces, desde donde el patógeno coloniza los tejidos conductores, provocando el marchitamiento, el decaimiento y un notable retraso en el desarrollo del cultivo. Es considerada la enfermedad fúngica más grave que afecta a la alfalfa, pudiendo llegar a causar la pérdida completa de la plantación en casos severos.



Ilustración 16. Manto micelar en el cuello radicular. Fuente: Imagen de Vicente González García (Sanidad y Protección Vegetal)

- ***Uromyces striatus*** **(Roya de la alfalfa):** hongo parásito obligado que afecta principalmente a las hojas, aunque en infecciones intensas también puede colonizar los tallos verdes. La enfermedad se caracteriza por la aparición de pústulas anaranjadas o pardas en el envés foliar, que más tarde provocan amarilleamiento y marchitez. En ataques severos se produce una caída prematura de las hojas, lo que reduce la capacidad fotosintética y deja el follaje más expuesto a los daños por heladas.



Ilustración 17. Pústulas en hojas. Fuente: Imagen de Peter de Lange (Natusfera)

- ***Phoma medicaginis*** **(Marchitez del tallo de la alfalfa):** hongo ascomiceto con una amplia gama de especies hospedantes. Puede afectar a prácticamente todos los órganos de la planta y se propaga fácilmente mediante las semillas procedentes de ejemplares infectados. La enfermedad se manifiesta por la aparición de manchas cloróticas que, al expandirse, se fusionan originando áreas necróticas. Estas lesiones provocan el amarilleamiento y la caída de las hojas, y en infecciones graves pueden causar el secado total de la planta.



Ilustración 18. Tallos afectados. Fuente: Imagen de Vicente González García (Sanidad y Protección Vegetal)

- ***Phytophthora megasperma* (Podredumbre húmeda del cuello de la alfalfa):** pseudohongo que actúa como parásito obligado, invadiendo los tejidos de las plantas hospedantes. La intensidad del daño depende del estado de desarrollo del cultivo, siendo las plantas jóvenes las más vulnerables, La infección se manifiesta mediante marchitez progresiva, amarilleamiento y un debilitamiento generalizado que puede llevar a la muerte de la planta afectada.



Ilustración 19. Síntomas en la raíz. Fuente: Department of Plant Pathology, North Carolina State University, Bugwood.org. Licencia CC BY-NC 3.0 US. Recuperado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1524004#

- ***Alfalfa Mosaic Virus* (Virus del mosaico de la alfalfa):** virus que se propaga tanto por semillas infectadas como por la acción de insectos vectores, principalmente pulgones. La gravedad de los síntomas depende de factores como la variedad o ecotipo de la alfalfa, la cepa viral y las condiciones ambientales. Con el avance de la infección, las plantas muestran un menor desarrollo tanto en la parte aérea como en el sistema radicular. También puede observarse una disminución en la formación de nódulos y en la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, así como una menor tolerancia al frío y a la sequía. Todo ello afecta al rendimiento y calidad del forraje.



Ilustración 20. Mosaico en alfalfa. Fuente: Craig Grau, Bugwood.org. Licencia CC BY-NC 3.0 US. Recuperado de: https://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=5622832

A pesar de que esta especie se encuentra con un porcentaje de presencia muy bajo en la ladera, es importante saber reconocer y clasificar las plagas y enfermedades que pueden afectar a la alfalfa, ya que muchas de ellas podrían afectar a otras especies o incluso a cultivos cercanos.

3.2 Fagaceae

3.2.1 Quercus faginea

Insectos defoliadores:

- ***Lymantria dispar***: lepidóptero defoliador de carácter polífago que puede alimentarse de numerosas especies forestales, aunque muestra especial preferencia por las pertenecientes al género *Quercus*. Las orugas son las responsables del daño principal, ya que consumen yemas y hojas, provocando defoliaciones intensas que reducen el crecimiento anual, la producción de frutos y la vitalidad de los árboles. En ocasiones, sus brotes coinciden con los de otras especies defoliadoras, lo que agrava los efectos sobre la masa forestal.



Ilustración 21. Oruga de Lymantria dispar alimentándose. Fuente: Imagen de Adam Kranz (Natusfera)

- ***Tortrix viridana***: lepidóptero que afecta principalmente a especies del género Quercus, donde puede causar daños severos. Las larvas se alimentan de las hojas

jóvenes y brotes del año, lo que puede provocar la pérdida de la cosecha y un freno notable en el crecimiento de los árboles afectados. Durante su desarrollo, las orugas pliegan o unen varias hojas con hilos de seda para formar refugios donde permanecen ocultas mientras se alimentan, lo que dificulta su detección y control.



Ilustración 22.Oruga de Tortrix viridana. Fuente: Fotografía Nikolai Vladimirov, 2023. Licencia CC BY-NC. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/observations/196057631

- ***Archips xylosteana***: lepidóptero defoliador muy polífago que puede atacar numerosas especies arbóreas y arbustivas. A menudo aparece junto a *Tortrix viridana*, con la que comparte hábitat, comportamiento y morfología de las orugas.



Ilustración 23. Oruga madura de Archips xylosteana, muy similar a Tortrix viridana. Fuente: Andrey Ponomarev, 2013. Licencia CC BY-NC. Recuperado de: https://spain.inaturalist.org/observations/98608067

- ***Euproctis chrysorrhoea***: las orugas de esta especie fabrican refugios o nidos de seda en los que permanecen agrupadas durante su desarrollo. Desde estos refugios se alimentan activamente de las hojas jóvenes, causando defoliaciones que pueden afectar al vigor de los árboles. Con frecuencia se presenta junto a *Tortrix viridana*, con al que comparte período de actividad y especies hospedantes.



Ilustración 24. Bolsón de seda con orugas. Fuente: Imagen de Jill Merchant (Natusfera)



Ilustración 25. Oruga de Euproctis chrysorrhoea. Fuente: Imagen de Jill Merchant (Natusfera)

- ***Malacosoma neustria***: en sus primeros estadios larvarios, esta especie muestra un comportamiento gregario. Las orugas permanecen protegidas dentro de un bolsón sedoso donde se agrupan hasta que comienzan a alimentarse activamente. Durante la fase de oruga consumen el follaje con gran intensidad, pudiendo provocar defoliaciones severas en las copas de los árboles. Suele encontrarse asociada a *Tortrix viridana*, con la que comparte especies hospedantes y periodo de actividad.



Ilustración 26. Oruga de Malacosoma neustria. Fuente: Imagen de Adrien Cozannet (Natusfera)

- ***Catocala nymphagoga y Ephesia nymphaea***: lepidóptero que atacan principalmente a robles y encinas, donde sus orugas pueden ocasionar defoliaciones importantes e incluso la pérdida total del follaje en casos severos. Las larvas se alimentan con gran voracidad, comenzando por las hojas más jóvenes y continuando con las más desarrolladas. Con frecuencia se presentan junto a *Tortrix viridana*, compartiendo hospedantes y periodo de actividad.



Ilustración 27. Oruga de Catocala nymphagoga alimentándose de hojas. Fuente: Fotografía de Paolo Mazzei, 2018. Licencia CC BY-NC. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/taxa/128258-Catocala-nymphagoga/browse_photos?photo_license=cc-by-nc&term_id=1&term_value_id=6

- ***Thaumetopoea processionea***: lepidóptero cuyas orugas se alimentan principalmente durante la noche, mientras que en las horas diurnas permanecen agrupadas dentro de refugios sedosos construidos en las ramas o troncos. Cuando las poblaciones alcanzan altas densidades, pueden causar defoliaciones extensas en los robles y otras especies hospedantes. Además, las larvas poseen pelos urticantes que pueden provocar irritaciones y reacciones alérgicas en personas y animales, lo que convierte a esta especie en un riesgo tanto forestal como sanitario.



Ilustración 28. Bolsón de orugas. Fuente: Imagen de Jean-Paul Boerekamps (Natusfera)

- ***Operophthera brumata***: lepidóptero cuyas orugas se alimentan de las yemas y del follaje tierno durante el periodo de brotación, provocando defoliaciones que pueden afectar seriamente al crecimiento de los árboles. Su principal hospedante son los robles, aunque también puede afectar a otras especies caducifolias.



Ilustración 29. Oruga de Operophtera brumata alimentándose de hojas. Fuente: Imagen de Stephen James McWilliam (Natusfera)

- ***Erannis defoliaria***: lepidóptero defoliador muy polífago que ataca principalmente a encinas y robles, aunque puede alimentarse de otras especies caducifolias. En sus primeros estadios larvarios, las orugas consumen las yemas y brotes tiernos, impidiendo la correcta brotación. Conforme van creciendo, se alimentan de las hojas y pueden llegar a roer los frutos, provocando defoliaciones intensas y un notable debilitamiento de los árboles afectados.



Ilustración 30. Oruga de Erannis defoliaria. Fuente: Natusfera

- ***Altica quercetorum:*** crisomélido con hábitos alimenticios muy polífagos, que se desarrolla principalmente sobre especies del género Quercus. Las larvas consumen el parénquima foliar y las cutículas de las hojas, dejando solo los nervios principales, lo que da lugar a una marcada esqueletización del follaje. Este daño reduce la capacidad fotosintética y debilita a los árboles, haciéndolos más susceptibles al ataque de patógenos y de insectos xilófagos.



Ilustración 31. Orugas alimentándose y esqueletización de hojas. Fuente: Fotografía de Mario Vega Pérez, 2022. Licencia CC BY-NC. Recuperada de: https://spain.inaturalist.org/taxa/750879-Altica-quercetorum/browse_photos?photo_license=cc-by-nc

- ***Attelabus nitens***: coleóptero cuyas hembras presentan un comportamiento característico durante la puesta, depositando los huevos en el interior de las hojas y, mediante el enrollamiento de ambos bordes, confeccionan una especie de canutillo o refugio que protege a la larva durante su desarrollo inicial. Este hábito origina un daño visible en el follaje, aunque rara vez compromete gravemente la vitalidad del árbol.



Ilustración 32. Ejemplar adulto de Attelabus nitens. Fuente: Natusfera

Insectos perforadores:

- ***Coroebus florentinus***: coleóptero que hospeda encina y alcornoque como especies principales, aunque también puede desarrollarse sobre otros *Quercus*. Los daños se producen tanto en la fase larvaria, cuando las larvas excavan galerías bajo la corteza alimentándose del floema y el xilema, como en la fase adulta, en la que los insectos consumen el follaje en las copas. Esta actividad provoca el secado de las ramas, la pérdida parcial del follaje y un progresivo debilitamiento del árbol afectado.



Ilustración 33. Larva de Coroebus florentinus. Fuente: Muñoz López, C. (2011). Sanidad forestal: guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques (pág 228)



Ilustración 34. Imago de Coroebus florentinus. Fuente: Muñoz López, C. (2011). Sanidad forestal: guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques (pág 227)

- ***Cerambyx spp***: agrupación de especies de coleópteros xilófagos que se desarrollan en la madera de los árboles, mostrando especial afinidad por las especies del género *Quercus*. Las larvas inician su alimentación bajo la corteza y posteriormente perforan galerías profundas en el interior del tronco y las ramas. Esto causa la debilitación de la estructura del árbol, favorece la rotura de fustes y ramas, destruye parte de la madera viva y acelera los procesos de descomposición.



Ilustración 35. Ejemplar adulto de Cerambyx cerdo. Fuente: imagen de Philipp Hoenle (Natusfera)



Ilustración 36. Ejemplar adulto de Cerambyx welensii. Fuente: Imagen de Joan C. Hinojosa (Natusfera)

- ***Curculio spp***: especies de curculiónidos perforadores que afectan principalmente a los frutos de los robles y encinas. Las larvas se desarrollan en el interior de las bellotas, alimentándose de su contenido y destruyéndolo parcialmente. Este daño reduce tanto la viabilidad germinativa como la calidad del fruto, limitando la regeneración natural de las masas de *Quercus* y el aprovechamiento de las bellotas.



Ilustración 37. Daños de Curculio spp en bellotas. Fuente: Natusfera

Cynipidae gallícolas:

Las denominadas agallas son estructuras anómalas generadas por la planta como reacción a la actividad de ciertas avispas cinípidas. Cuando la hembra deposita los huevos en hojas o yemas, el tejido vegetal responde formando una masa protectora que rodea al huevo y sirve de alimento y refugio para la larva. En general, estas formaciones no comprometen gravemente la salud del árbol, aunque se pueden producir deformaciones, debilitamiento y reducción del vigor si su presencia es abundante, pudiendo disminuir la capacidad fotosintética y la producción de frutos en infestaciones intensas.

- De hojas: ***Neuroterus numismalis, N. quercusbaccarum, Plagiotrochus quercusilicis, Trigonaspis mendesi, Cynips divisa***
- De ramas: ***Andricus kollari, A. quercustozae, A. foecundatrix, A. quercusramuli, Biorrhiza pallida***

- De frutos: ***A. viscosus, A. quercuscalicis***



Ilustración 38. Agallas de Cynips divisa. Fuente: Imagen de Peter Gabler (Natusfera)



Ilustración 39. Andricus quercustozae. Fuente: Imagen de Pete Gateley (Natusfera)



Ilustración 40. Andricus quercuscalicis. Fuente: Natusfera

Hongos y agentes causales de enfermedades:

- ***Microsphaera alphitoides***: hongo parásito obligado que afecta con mayor intensidad a plantas jóvenes, pudiendo ocasionar daños importantes en viveros o la muerte de plántulas. En ejemplares adultos, la infección provoca un recubrimiento blanquecino en hojas y brotes, que termina causando su marchitez

y caída prematura. Aunque en este estudio el daño suele ser limitado, reduce la capacidad fotosintética y ralentiza el crecimiento del árbol.



Ilustración 41. Hojas de Quercus spp afectadas. Fuente: Imagen de Peter de Lange (Natusfera)

- ***Diplodia spp***: parásito polífago que puede desarrollarse sobre distintas especies vegetales. Su presencia provoca un debilitamiento general en los hospedantes, aunque el impacto suele ser limitado y no llega a comprometer seriamente la vitalidad de las plantas afectadas.

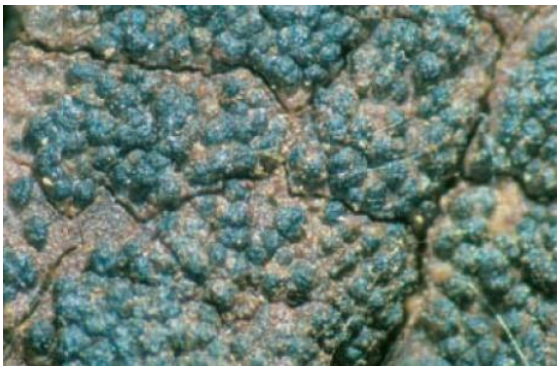


Ilustración 42. Picnidios de Diplodia corticola sobre la corteza de una rama gruesa. Fuente: Muñoz López, C. (2011). Sanidad forestal: guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques (pág 426).

- ***Taphrina kruchii***: hongo que penetra en los tejidos del árbol principalmente a través de heridas o cortes. La infección produce el marchitamiento y posterior muerte de ramas afectadas, cuando el número de ramillos dañados es elevado, puede llegar a comprometer la vitalidad de la copa e incluso provocar la muerte parcial o total.



Ilustración 43. Ramillo afectado. Fuente: Imagen propia

Agentes hemiparásitos:

- ***Viscum album***: planta hemiparásita que, aunque posee capacidad para realizar la fotosíntesis, obtienen el agua y los nutrientes minerales directamente del árbol huésped. En situaciones de estrés o cuando la infestación es elevada, puede provocar el debilitamiento e incluso la muerte del hospedante. Su alta resistencia se debe a la formación de haustorios que penetran en el tejido leñoso de ramas y troncos, lo que le permite rebrotar tras cortes o podas y alcanzar una longevidad de hasta 25-30 años.



Ilustración 44. Ramas afectadas por Viscum spp. Fuente: Imagen propia

3.3 Rosaceae

3.3.1 Crataegus monogyna

El majuelo es una especie que puede verse afectada por las siguientes plagas y enfermedades forestales:

- ***Rhynchaenus fagi***: curculiónido típicamente vinculado a los bosques de hayas, aunque cuando la foliación de esta especie aún no se ha iniciado, puede alimentarse de brotes de plantas que rebrotan antes, como en el caso de los *Crataegus*. Tanto las larvas como los adultos se nutren del tejido foliar, perforando el limbo y generando pequeñas cavidades irregulares. En poblaciones elevadas, estos daños reducen significativamente la superficie fotosintética y el vigor de las plantas afectadas.



Ilustración 45. Ejemplar adulto de Rhynchaenus fagi. Fuente: Natusfera

- ***Phyllobius pyri***: culculiónido cuyas larvas y adultos atacan diferentes partes de la planta. Los adultos se alimentan de los brotes jóvenes y de las hojas, mientras que las larvas viven en el suelo y dañan las raíces.



Ilustración 46. Ejemplar adulto de Phyllobius pyri. Fuente: Natusfera

- ***Malacosoma neustria***: en sus primeros estadios larvarios, esta especie muestra un comportamiento gregario. Las orugas permanecen protegidas dentro de un bolsón sedoso donde se agrupan hasta que comienzan a alimentarse activamente. Durante la fase de oruga consumen el follaje con gran intensidad, pudiendo provocar defoliaciones severas en las copas de los árboles. Suele encontrarse asociada a *Tortrix viridana*, con la que comparte especies hospedantes y periodo de actividad.



Ilustración 47. Oruga de Malacosoma neustria. Fuente: Imagen de Adrien Cozannet (Natusfera)

- ***Aglaope infausta***: lepidóptero polífago que puede causar daños severos en *Crataegus monogyna*. Tras el invierno, las larvas salen de los refugios sedosos que construyeron el año anterior y comienzan a alimentarse de las yemas y las hojas jóvenes, dejando intacta una de las epidermis. A medida que crecen, amplían su consumo y devoran casi toda la superficie foliar, conservando únicamente los nervios principales. Este comportamiento provoca defoliaciones intensas y el debilitamiento del hospedante.



Ilustración 48. Oruga de Aglaope infausta. Fuente: Natusfera

- ***Yponomeuta padella***: las larvas de esta especie construyen un refugio de seda en el que permanecen agrupadas durante el invierno. Con la llegada de la primavera, abandonan el refugio y comienzan a alimentarse de las hojas, al tiempo que segregan grandes cantidades de seda que envuelven parcialmente el follaje. Su intensa actividad alimenticia puede provocar defoliaciones completas, debilitando gravemente a los arbustos o árboles afectados.



Ilustración 49. Crataegus atacado por Yponomeuta padella. Fuente: Muñoz López, C. (2011). Sanidad forestal: guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques (p.260).

- ***Gymnosporangium clavariiforme***: hongo que mantiene un micelio perenne en los tejidos de las ramas y completa parte de su ciclo vital sobre especies del género Crataegus, donde desarrolla estructuras fructíferas conocidas como ecidios. La infección provoca la caída anticipada de hojas y puede causar deformaciones y aborto de los frutos. Debido a la complejidad del género Gymnosporangium, aún se dispone de información limitada sobre la biología y epidemiología exacta de esta especie.



Ilustración 50. Rama afectada por Gymnosporangium clavariiforme. Fuente: Imagen de Vesa Oikonen (Natusfera)

- ***Viscum album***: planta hemiparásita que, aunque posee capacidad para realizar la fotosíntesis, obtienen el agua y los nutrientes minerales directamente del árbol huésped. En situaciones de estrés o cuando la infestación es elevada, puede provocar el debilitamiento e incluso la muerte del hospedante. Su alta resistencia se debe a la formación de haustorios que penetran en el tejido leñoso de ramas y troncos, lo que le permite rebrotar tras cortes o podas y alcanzar una longevidad de hasta 25-30 años.



Ilustración 51. Ramas afectadas por Viscum spp. Fuente: Imagen propia

3.4 Asteraceae

3.4.1 Echinops strigosus

Es una especie arvense que suele presentar resistencia a plagas y enfermedades, aunque en condiciones de exceso de humedad puede verse afectada por ciertos hongos como es el caso de *Rhizoctonia spp*.

3.4.2 Artemisia spp

Algunas especies de Artemisia son afectadas por pulgones, que provocan un crecimiento atrofiado y termitas, que roen la base de la planta y la llevan rápidamente a la muerte. Mientras que otras pueden ser afectadas por hongos como *Rhizoctonia*, que causa el amarilleamiento y el pardeamiento de las puntas de las hojas y posteriormente la necrosis de estas, lo que provoca su muerte.

3.4.3 Staehelina dubia

No se ha encontrado documentación referente a plagas o enfermedades forestales que afecten gravemente a esta especie herbácea.

3.5 Borafinaceae

3.5.1 Echium flavium

Para la especie no se ha encontrado documentación referente a plagas o enfermedades que afecten gravemente, aunque en ocasiones se puede ver afectada por mildiú u oídio.

3.6 Cistaceae

3.6.1 Fumana ericifolia

Para esta especie herbácea no se ha encontrado documentación referente a plagas o enfermedades que afecten gravemente. El mayor problema que puede sufrir es su consumo por parte del ganado.

3.7 Euphorbiaceae

3.7.1 Euphorbia spp

En general es una especie resistente a plagas y enfermedades en campo, pero puede ser susceptible en ambientes alterados o en situaciones de estrés hídrico, por lo que puede verse afectada por hongos que provocan podredumbres. Además, pequeños insectos como cochinillas o pulgones pueden alimentarse de su savia.

3.8 Lamiaceae

3.8.1 Sideritis hyssopifolia

Para esta especie no se han encontrado afecciones por plagas ni enfermedades forestales.

3.9 Rhamnaceae

3.9.1 Rhamnus saxatilis

Esta especie no suele verse afectada por plagas o enfermedades forestales, solo ocasionalmente por algunas especies de cuscutáceas.

3.10 Conclusiones

En general las especies nativas de matorral presentan buena rusticidad y tolerancia en su ambiente natural, aunque pueden sufrir daños puntuales en condiciones desfavorables en viveros o ambientes aislados.

4. Presencia de plagas y enfermedades en la zona de estudio

En las visitas realizadas a la zona de estudio, se revisó la vegetación presente en la zona, y se observó algún ejemplar de *Andricus quercustozae* en quejigos, pero en una densidad muy baja y gran cantidad de agallas de *Neuroterus quercusbaccarum*, también en quejigos. También se observaron algunos daños por defoliación, pero no se identificó la plaga causante.

La mayoría de los daños observados en hojas han sido producidos por la falta de agua, ocasionando el secado y marchitamiento de estas.



Ilustración 52. Ejemplar de Andricus quercustozae sobre quejigo en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia.



Ilustración 53. Presencia de Neuroterus quercusbaccarum sobre quejigo en la zona de estudio. Fuente: Imagen propia.



Ilustración 54. Signos de sequía en la zona del proyecto. Fuente: Imagen propia

5. Referencias bibliográficas

Guía de Gestión Integrada de Plagas para el cultivo de Alfalfa. (2020).

La Tienda del Agricultor | Fitosanitarios, Plagas y Enfermedades. (s. f.). Recuperado 22 septiembre de 2025, de https://sanidadyproteccionvegetal.com/

Munoz Lopez, C. (2011). *Sanidad forestal: guia en imagenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Mundi-Prensa. https://elibro.net/es/lc/uva/titulos/55253

Una Comunidad para Naturalistas · Natusfera. (s. f.). Recuperado 1 de octubre de 2025, de https://spain.inaturalist.org/

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XIII. Ingeniería del proyecto

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XIII INGENIERIA DEL PROYECTO

1. Repoblación 1
1.1 Apeo de rodales 1
1.2 Preparación del terreno 1
1.2.1 Herramientas empleadas 1
1.2.2 Intensidad de la actuación 2
1.2.3 Ejecución de la actuación 2
1.2.4 Rendimientos obtenidos 4
1.3 Plantación 4
1.3.1 Tipo de planta 4
1.3.2 Cantidad de planta necesaria 5
1.3.3 Viveros 7
1.3.4 Tratamiento de la planta o semilla antes de su implantación 7
1.3.5 Época de plantación y siembra 8
1.3.6 Herramientas 8
1.3.7 Distribución de la planta 9
1.3.8 Plantación y siembra 9
1.3.9 Rendimientos obtenidos 11
1.4 Riegos 12
1.5 Reposición de marras 12
1.6 Resumen de medios humanos y materiales 13
1.6.1 Medios humanos 13
2. Cuidados culturales 14
2.1 Colocación de protectores para la vegetación 14
2.1.1 Malla cinegética 14
2.1.2 Tubo protector 14
2.2 Protección contra plagas y enfermedades 14
3. Estudio de la distribución de material vegetal 15
3.1 Zonificación de la ladera 15
3.2 Cálculo de la distribución 16
3.2.1 Bosquetes 16
3.2.1.1 Optimización de bosquetes 17

3.3 Cálculo del marco de plantación 27
3.4 Conclusión 28
4. Referencias bibliográficas 29

1. Repoblación

1.1 Apeo de rodales

En selvicultura se denomina rodal al espacio de superficie variable dentro de un monte o una masa forestal que mantiene cierta homogeneidad en sus características, lo que permite aplicar en él un tratamiento silvícola común. El rodal constituye la unidad básica de descripción, planificación y gestión forestal, y su superficie mínima suele situarse en torno a 0,5 hectáreas, aunque puede variar en función del uso o del objetivo de manejo asignado.

En este caso, la zona de estudio se divide en tres zonas o rodales, dependiendo de la vegetación y la pendiente.

Tabla 1. Rodales del proyecto de repoblación.

Rodal	Superficie	Tipo de vegetación
1	3,87	Herbácea y arbustiva, con poca presencia de arbolado
2	1,14	Arbolado con poca presencia arbustiva
3	0,093	Vegetación de porte almohadillado

A pesar de que el denominado rodal 3 no llega a la superficie mínima se le denomina así porque no se van a realizar actuaciones y no resulta incompatible con la definición, y además, es diferente en cuanto a pendiente y composición vegetal.

1.2 Preparación del terreno

El proyecto no aborda el tratamiento de la vegetación preexistente, porque como ya se ha comentado en el Anejo XI Estudio de las alternativas, al tener un carácter protector no se va a realizar ninguna actuación sobre la vegetación ya establecida. Por ello, se plantea directamente la preparación del terreno, que, en este caso, será un ahoyado manual con herramienta ligera, para reducir el impacto en el terreno en estado de degradación.

1.2.1 Herramientas empleadas

Debido al estado degradado de la ladera, se optó por no utilizar maquinaria pesada para la preparación del terreno y realizar el trabajo intentando dañar lo menos posible el terreno, por ello se decidió realizar la preparación a mano.

El ahoyado manual consiste en la apertura de hoyos mediante el empleo de azadas, picos, zapapicos o palas para abrir los hoyos. Es un procedimiento de bajo impacto y que puede realizarse en terrenos muy escarpados con baja densidad de plantación y con textura no muy fuerte.

El rendimiento según las tarifas de Navarra (2025) de un peón realizando un ahoyado manual, de hoya semiabierta, en suelo tránsito, con pendiente menor del 50% y una densidad menor de 400 pies/ha, es de 16,26 hoyos/h.

1.2.2 Intensidad de la actuación

En este caso, la intensidad de la actuación viene determinada por el número de hoyos de plantación que van a ejecutarse en cada zona de trabajo, de acuerdo con las necesidades de densidad y las condiciones estructurales del terreno. Se prevén dos intervenciones de ahoyado manual: una primera en la zona 1, donde se abrirán 98 hoyos, y una segunda en la zona 2, con un total de 121 hoyos, alcanzando un conjunto de 219 unidades.

Los hoyos se realizan de forma manual con unas dimensiones de 40x40x40 cm, ofreciendo el volumen necesario para favorecer el desarrollo radicular inicial, mejorar la retención hídrica y garantizar un buen anclaje de las plántulas.

Tabla 2. Hoyos totales por rodal que se realizan de manera manual.

Rodal	Nº de hoyos totales
1	98
2	121

En el rodal 1 solo se abrirán los hoyos para las especies arbustivas que se vayan a plantar con planta en envase, debido a que el resto de las especies son herbáceas y se van a sembrar, por lo que no necesitarán un hoyo para su implantación. Y en el rodal 2 los hoyos se abrirán para las especies arbóreas que se van a plantar con planta en envase.

1.2.3 Ejecución de la actuación

1.2.3.1 Rodal 1

El rodal 1 presenta una cobertura de vegetación herbácea, compuesta mayoritariamente por especies ruderales, y una presencia muy reducida de elementos arbóreos y arbustivos.

Con el objetivo de mejorar el valor ecológico y funcional de esta zona, se procederá a la repoblación mediante especies aromáticas y arbustivas de interés ecosistémico, ejecutando un total de 300 bosquetes monoespecíficos, cuya disposición se calculará al final de este Anejo. Esta intervención busca generar una cobertura vegetal de mayor calidad ecológica, capaz de favorecer comunidades de polinizadores y de potenciar las interacciones ecosistémicas.

Los bosquetes se distribuirán de forma aleatoria, manteniendo una distancia mínima entres sus centros entre 10 y 12 metros con el fin de evitar la competencia entre individuos, acelerar la consolidación de la cubierta vegetal y mantener las áreas de impluvio de las especies que las necesiten para alcanzar sus necesidades hídricas.

La apertura de los bosquetes se realizará manualmente, si bien será necesario un marcado previo de los puntos de plantación ya seleccionados a partir de herramientas informáticas de apoyo cartográfico.

1.2.3.2 Rodal 2

El rodal 2 cuenta con la presencia de individuos de porte arbóreo pertenecientes a la especie *Quercus faginea*, acompañados por especies herbáceas y algunos ejemplares arbustivos dispersos.

Con el propósito de mejorar las condiciones edáficas y reducir el potencial erosivo del terreno, se plantea una repoblación complementaria de quejigo mediante la ejecución de microcuencas, de modo que cada planta disponga de la reserva hídrica necesaria para su crecimiento y desarrollo, favoreciendo así la formación de una cobertura vegetal estable y funcional que contribuya a la mejora del suelo.

Dado que el área presenta pies de quejigo preexistentes, la densidad de plantación prevista será de 106,1 individuos por ha, distribuidos con un marco de 5x5 metros.

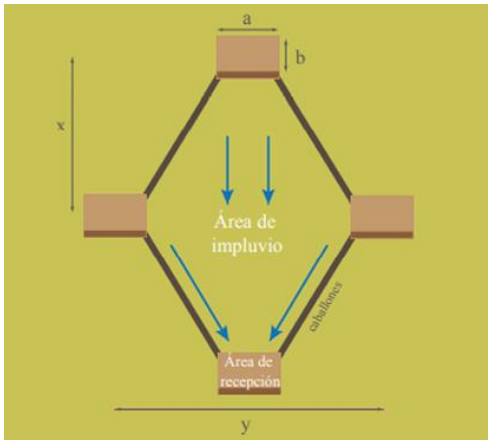


Figura 1. Esquema de la distribución de los pies teniendo en cuenta las áreas de recepción e impluvio. Fuente: Pemán et al (2021)

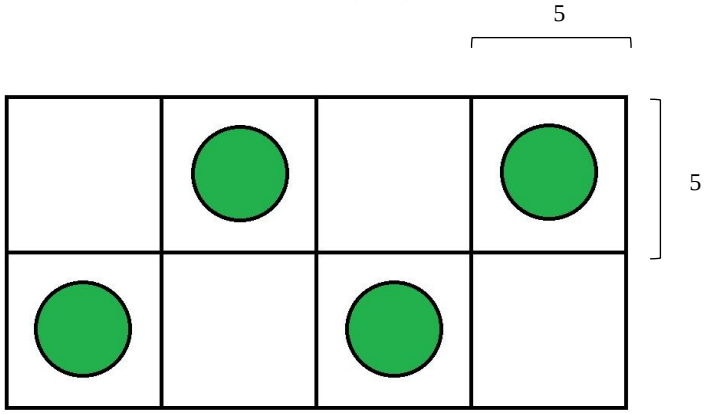


Figura 2. Marco de plantación sencillo.

La apertura de los hoyos se llevará a cabo de forma manual, siendo necesario realizar un marcado previo de los puntos de plantación mediante el uso de herramientas informáticas de apoyo cartográfico que aseguren una correcta disposición espacial.

1.2.4 Rendimientos obtenidos

Tanto para el rodal 1 como para el 2 se realiza un ahoyado manual, con 25,3 hoyos/ha y 106,1 hoyos/ha, respectivamente. Como se ha indicado antes, también se necesita un marcado de las zonas donde deberán hacerse las microcuencas.

El rendimiento del marcado es 200 m/h, teniendo que marcar un total de 3905 metros.
Rodal 1: se tardan 16,5 horas en marcar 3300 metros
Rodal 2: se tardan 3,025 horas en marcar 605 metros

El rendimiento del ahoyado manual es de 16,3 hoyos/h.
Rodal 1: 1,56 h/ha
Rodal 2: 6,53 h/ha

En cuanto a las horas de trabajo, se establecen 8 horas diarias, con su descanso de 30 minutos, por lo que el trabajo se realizará en 7,5 horas diarias. Por ello, para completar una hectárea de trabajo se necesitan 0,8 jornales en el caso del rodal 1 y 0,99 jornales en el caso del rodal 2 para el ahoyado.

Para la preparación del terreno de ambos rodales se necesitan 4,39 jornales de trabajo de un peón.

Tabla 3. Rendimientos de la preparación del terreno y el marcado de cada rodal.

	Rodal 1	Rodal 2	Horas	Jornales
Marcado	16,5	3,0	19,5	2,6
Ahoyado	6,0	7,4	13,5	1,8
Total				4,4

1.3 Plantación

1.3.1 Tipo de planta

El tipo de planta se ha elegido en el Anejo XI Estudio de alternativas con su correspondiente justificación. A continuación, se muestra una tabla con las especies que se van a implantar en la repoblación de la ladera con sus características.

Tabla 4. Información de las especies a implantar.

Especie	Tipo	Tamaño del contenedor	Región de procedencia
Quercus faginea	Planta con envase	250 cc	7- Páramos castellanos
Rhamnus saxatilis	Planta con envase	250 cc	-
Crataegus monogyna	Planta con envase	250 cc	RIU nº16 y 17
Rosa canina	Planta con envase	250 cc	-
Genista scorpius	Planta con envase	250 cc	-
Ononis tridentata	Semilla	-	-
Fumana ericifolia	Semilla	-	-
Lonicera etrusca	Semilla	-	-
Lavandula latifolia	Semilla	-	-
Salvia lavandulifolia	Semilla	-	-
Satureja montana	Semilla	-	-
Sideritis hyssopifolia	Semilla	-	-
Thymus vulgaris	Semilla	-	-

Los materiales forestales de reproducción expuestos tienen que contar con el Pasaporte Fitosanitario en vigor, así como el cumplimiento de la normativa expuesta en el Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. Además, aquellos que no cuenten con una región específica de procedencia deben conseguirse de material autóctono o procedente de la misma región biogeográfica del área de actuación.

En el Documento 3. Pliego de Condiciones se especificarán las calidades mínimas tanto de plantas como de semillas, y la correcta realización de la plantación y la siembra.

1.3.2 Cantidad de planta necesaria

En este apartado se detallan las necesidades de planta para cada uno de los rodales, desglosadas por especies y ajustadas a las características específicas de cada zona. Con el fin de prever las posibles pérdidas de material vegetal durante el proceso logístico, se ha considerado un incremento del 5% sobre la cantidad total de planta o semilla solicitada. Asimismo, se ha priorizado la diversidad de especies con un enfoque ecosistémico, seleccionando aquellas que aporten servicios ambientales complementarios.

Tabla 5. Cantidad de planta necesaria por especie.

Especie	Cantidad	Cantidad +5%	Cantidad final
Rhamnus saxatilis	21	21,105	22
Crataegus monogyna	36	36,18	37
Rosa canina	14	14,07	15
Genista scorpius	27	27,135	28
Ononis tridentata	600	603	603
Fumana ericifolia	810	814,05	815
Lonicera etrusca	450	452,25	453
Lavandula latifolia	880	884,4	885
Salvia lavandulifolia	630	633,15	634
Satureja montana	630	633,15	634
Sideritis hyssopifolia	720	723,6	724
Thymus vulgaris	900	904,5	905
Quercus faginea	121	121,605	122

Como se puede observar en la Tabla 5, las necesidades de planta varían en función del rodal y de la estrategia de implantación. En el rodal 1 donde se prevé la creación de bosquetes monoespecíficos, la cantidad de planta es mayor, ya que se emplearán de 20 a 40 semillas por bosquete con el objetivo de asegurar la germinación y el correcto establecimiento de la vegetación. En el rodal 2, la intervención consiste en una plantación de quejigo, respetando los pies ya existentes y ajustando la densidad para evitar competencia entre individuos.

Las especies seleccionadas se han escogido tanto por su presencia natural en la ladera como por su capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas del enclave, caracterizadas por la escasez hídrica y la fuerte insolación. La mayoría presentan resistencia a la sequía y a los ambientes secos, lo que las hace adecuadas para entornos degradados. Además, se ha buscado diversidad funcional, incluyendo arbustos espinosos y aromáticos, que contribuirán a mejorar las condiciones edáficas, reducir la erosión y favorecer la instalación de fauna auxiliar y polinizadores.

Tabla 6. Necesidades totales de plantas y semillas.

Especie	Cantidad planta	Cantidad semilla
Quercus faginea	122	
Rhamnus saxatilis	22	
Crataegus monogyna	37	
Rosa canina	15	
Genista scorpius	28	
Ononis tridentata		603
Fumana ericifolia		815
Lonicera etrusca		453
Lavandula latifolia		885
Salvia lavandulifolia		634
Satureja montana		724
Sideritis hyssopifolia		905
Thymus vulgaris		122
Total	224	5141

Como se muestra en la Tabla 6, teniendo en cuenta los aportes extra que hemos calculado por asegurar el correcto desarrollo y crecimiento de la repoblación, se necesitarán un total de 224 plantas con envase y 5141 semillas para completar la repoblación.

1.3.3 Viveros

Con el objetivo de favorecer la economía local, y reducir costes de transporte, se ha decidido seleccionar viveros situados cerca de la zona de actuación, a menos de 100 km de distancia. Además de la cercanía, se da prioridad también a aquellos que garanticen el suministro de planta de calidad y en la cantidad necesaria.

En el caso de no encontrar alguna de las especies en los viveros cercanos, si se encuentran presentes en la ladera de actuación se realizará una recogida de semillas o una búsqueda en viveros más alejados, lo que incrementaría el coste.

La recogida de semillas se producirá cuando las inflorescencias estén secas y las semillas caigan fácilmente al tacto, esto se suele producir a finales de verano o comienzos de otoño, entre los meses de agosto y septiembre.

1.3.4 Tratamiento de la planta o semilla antes de su implantación

Según Pemán et al (2021) la calidad de la planta está estrechamente determinada por las prácticas de producción en vivero y su manejo desde que sale del mismo hasta su plantación en campo. Por ello, resulta fundamental su correcto manejo en todas las etapas: alzado de planta, almacenamiento, transporte y mantenimiento en el monte.

Durante este proceso, las plantas son vulnerables a temperaturas extremas, desecación radical, daños mecánicos y problemas fitosanitarios.
Hay ciertas condiciones que deben cumplirse para que las plántulas tengan el estado óptimo para su desarrollo:

- En vivero las plantas deben mantenerse en contenedores adecuados y en condiciones controladas de temperatura, con el sustrato húmedo para evitar la pérdida de turgencia.
- El transporte debe realizarse en camiones cerrados, con la carga sujeta y protegida de inclemencias climáticas para prevenir desecaciones y daños físicos.
- En el monte se recomienda minimizar el tiempo de almacenamiento, realizando la plantación en el menor plazo posible, la planta no debe permanecer en el campo más de cinco días sin plantar.
- El tiempo máximo entre la salida del vivero y la plantación no debe superar las 24 horas.

Evitando estas situaciones y con un buen manejo post-vivero, junto con la conservación de un cepellón compacto y bien estructurado, garantiza la integridad del sistema radicular y las condiciones óptimas de arraigo, asegurando así la viabilidad y el éxito de la restauración. Además, para asegurar que la planta no pierda viabilidad al estar demasiado tiempo en el monte, se realizarán los pedidos de manera escalonada.

En cuanto a las semillas:

- La semilla debe mantenerse en condiciones controladas de humedad y temperatura, evitando daños mecánicos y contaminación por agentes patógenos.

- Es necesario tener en cuenta la naturaleza de la semilla para saber si puede conservarse o es necesaria su siembra tras un breve periodo de almacenamiento.
- Si hay presencia de fauna, resulta imprescindible proteger la semilla.
- Es necesario realizar la siembra en el momento óptimo para minimizar riegos.

Un manejo inadecuado de las semillas puede reducir drásticamente la germinación, llevando al fracaso de la repoblación.

1.3.5 Época de plantación y siembra

En el Anejo XI Estudio de las alternativas se analizó la forma óptima de implantación para cada grupo funcional de especies, concluyendo que, en el caso de las arbustivas y arbóreas, la opción más adecuada es la plantación con planta en envase, mientras que para las herbáceas resulta más eficiente la siembra directa. Asimismo, se estudió la época más favorable para la ejecución de las labores, determinándose que la plantación en otoño, coincidiendo con el periodo de parada vegetativa, ofrece las mejores condiciones para el arraigo, es decir, el suelo mantiene una humedad residual adecuada, las temperaturas son moderadas y se evita el estrés térmico y la desecación propios del verano. Por tanto, se establece el mes de octubre como el momento idóneo para el inicio de los trabajos, pudiendo fijarse el 1 de octubre como fecha de comienzo prevista.

Este calendario podrá ajustarse en función de las condiciones meteorológicas, pero siempre procurando mantener la ejecución fuera del periodo de heladas. En cuanto a la siembra de especies herbáceas, su periodo óptimo coincide con el periodo fuera de heladas y con el momento en el que el suelo mantiene la humedad óptima para la germinación, por lo que la siembra debe realizarse en primavera, pudiendo fijarse el 1 de abril para el comienzo de las labores.

1.3.6 Herramientas

La herramienta empleada para realizar la siembra y plantación de manera manual será la azada.



Figura 3. Azada forjada Bellota. Fuente: https://www.bellota.com/es-es/para-la-agricultura/preparacion-de-la-tierra/azadas/

1.3.7 Distribución de la planta

Como se ha comentado anteriormente, no es recomendable que la planta pase mucho tiempo en el campo, por lo que se irá realizando su transporte a medida que se vaya necesitando. Tanto el transporte de las plántulas como el de las semillas podrá hacerse en cajas, siempre y cuando estas mantengan la humedad y las condiciones adecuadas para la viabilidad de la germinación.

En el caso de que las condiciones climáticas provoquen que los cepellones no tengan la humedad adecuada, será necesario realizar riegos de mantenimiento de la humedad.

El rendimiento para la distribución de plantas es de 653,6 unidades por hora, por lo que para realizar la distribución de 219 plantas se tardará 0,34 horas.

1.3.8 Plantación y siembra

En el Anejo XI Estudio de alternativas se explica la elección de las labores de implantación de la vegetación, siendo en este caso plantación y siembra de manera manual. Para realizarlo, el operario deberá llevar la herramienta y la bandeja con las plantas o semillas que vaya a implantar, con el fin de optimizar el rendimiento se realizará la siembra o plantación de una especie y cuando se termine con esa, con la siguiente.

Para ejecutar la siembra de forma correcta es necesario tener en cuenta ciertos factores:

- Profundidad de siembra y cobertura de la semilla: la profundidad óptima es aquella que no supere la dimensión máxima de la semilla en 1,5 a 2 veces.
- Época de siembra: como ya se ha comentado, la época de siembra se basa en la especie, las condiciones climáticas y el riesgo de predación.
- Dosis de siembra: es necesario determinar la dosis de siembra para asegurar el éxito del proceso.

- Protección de la semilla: si hay riesgo de predación resulta indispensable proteger las semillas para evitar su consumo y por tanto el fracaso de la repoblación.

El proceso de siembra comienza después del marcado de los puntos. El operario se encarga de retirar una pequeña capa de tierra con la azada para generar una pequeña hendidura o huevo donde se colocará las semillas. En cada hoyo, se depositan alrededor de 20-40 semillas, ya que, debido a su baja germinación, se necesita un número considerable para garantizar su crecimiento y desarrollo. Posteriormente, se cubre ligeramente con la tierra que se ha retirado con anterioridad, aplicando solo la cantidad necesaria para proteger las semillas y no obstaculizar su crecimiento. A continuación, se compacta levemente la superficie para asentar el terreno y eliminar posibles bolsas de aire y finalmente se modela una microcuenca en forma de media luna alrededor del punto de siembra, lo que permite favorecer la acumulación e infiltración del agua.

Para realizar la plantación también es necesario tener en cuenta ciertos factores:

- El tipo de planta: dependiendo del motivo de la repoblación y de las especies utilizadas, se pueden usar plantas a raíz desnuda o plantas en contenedor o envase.
- La edad de las plantas: la edad óptima para emplear en las repoblaciones depende de la especie y de la calidad de estación, pudiendo encontrar plantas de 1 a 4 savias.
- Fecha de plantación: su importancia está justificada por el hecho de que el éxito del establecimiento de la planta en el monte depende de sus características genéticas y fisiológicas, de su estado fenológico y de las condiciones ambientales del medio, en concreto de la temperatura y de la disponibilidad de agua (Burdett 1990; Margolis y Brand 1990)
- Manejo de las plantas desde su alzado hasta su plantación: un mal manejo puede ocasionar la pérdida de viabilidad de las plantas o semillas y el posterior fracaso de la repoblación.
- Colocación de las plantas: una mala colocación de la planta puede provocar deformaciones, desecación, problemas en el crecimiento y en la disponibilidad de agua y la formación de bolsas de agua.

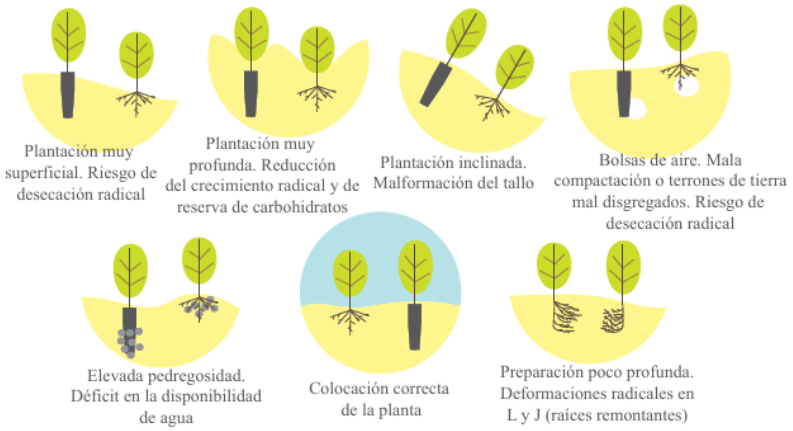


Figura 4. Colocación de las plantas de forma correcta e incorrecta. Fuente: J Pemán 2021

- Profundidad de plantación: las plantaciones demasiado profundas pueden provocar problemas fisiológicos, mientras que una plantación superficial incrementa el riesgo de desecación radicular y de descalce de la planta. Por ello, lo mejor es situar el cuello de la raíz a ras de suelo.

El proceso de plantación comienza después del marcado de los puntos. El operario introduce una planta extrayéndola del contenedor y procurando mantener intacto el cepellón, colocándola en posición vertical y evitando que quede demasiado profunda. Seguidamente, se rellena con tierra suelta y se compacta suavemente el entorno del cepellón, asegurando su sujeción. Finalmente se modela una pequeña microcuenca alrededor para retener el agua de lluvia o de riego.

Una vez realizada la implantación, se procederá a realizar una pequeña microcuenca mediante la realización de un alcorque, con las dimensiones calculadas en el Anejo VIII. Modelado hidrológico, para cada especie vegetal. De esta manera se consigue introducir especies que tengan requerimientos hídricos algo mayores que la precipitación media anual y se asegura el éxito de la repoblación.

1.3.9 Rendimientos obtenidos

Las Tarifas de Navarra actualizadas para 2025, indican que en la realización de la plantación de tipo 2 en suelo suelto o tránsito, con pendiente de menos de 50% y una densidad menor de 400 pies/ha, el operario tarda 0,0282 h por cada planta.

Tabla 7. Rendimientos de la plantación de cada rodal.

Rodal	Sup (ha)	h/ha	Horas de trabajo	Jornales de trabajo
1	3,87	0,71	2,75	0,37
2	1,14	2,99	3,41	0,45

Para la siembra, las Tarifas de Extremadura (2024), definen la siembra de semillas de previamente seleccionadas, a 5-10 cm de profundidad, con preparación manual del hoyo de siembra. El operario tarda 43,12 h en sembrar 1000 semillas.

Tabla 8. Rendimientos de la siembra en el rodal 1.

Rodal	Sup (ha)	h/ha	Horas de trabajo	Jornales de trabajo
1	3,87	2,25	8,71	1,16

En el caso de la realización de un pequeño alcorque, que incremente la recogida de agua, las Tarifas de Navarra (2025), definen un rendimiento de 38 alcorques/h.

Tabla 9. Rendimientos de la realización de un alcorque.

Rodal	Sup (ha)	h/ha	Horas de trabajo	Jornales de trabajo
1	3,87	2,04	7,89	1,05
2	1,14	2,79	3,18	0,42

1.4 Riegos

Como ya se indicó en el Anejo XI Estudio de Alternativas se va a realizar la repoblación sin aporte de riegos, pero se va a incorporar un sistema de sensores que miden la humedad del suelo, con el fin de garantizar la viabilidad y el éxito de la revegetación inicial. Mediante este sistema se conoce el estado hídrico de la repoblación y en caso de necesitarlo, se realizaría un riego. De esta manera se optimiza el uso del recurso del agua y se evitan tanto déficits como excesos hídricos.

1.5 Reposición de marras

En el Anejo XI Estudio de alternativas se estableció un porcentaje de marras admisible inferior al 5%, dado que las densidades de plantación previstas son inferiores a 400 pies/ha. Con un número reducido de individuos, cualquier pérdida adquiere un peso relativo elevado, por lo que un porcentaje mayor de marras comprometería la viabilidad y los objetivos de la repoblación.

La reposición de marras se llevará a cabo de forma manual, realizando su evaluación durante el primer año tras la plantación. En función del ritmo de crecimiento de cada especie, la reposición podrá efectuarse entre el primer y el cuarto año, desaconsejando retrasar la reposición más allá del cuarto año por problemas de competencia en especies de crecimiento lento. En general, se empleará el mismo tipo de planta utilizado en la plantación inicial, salvo en aquellos casos en los que, por motivos de homogeneidad en el porte, se requiera utilizar planta de mayor tamaño para igualar el desarrollo con los ejemplares ya establecidos.

La evaluación temprana permite que el proyecto aún se encuentre bajo el periodo de garantía, lo que facilita determinar la responsabilidad en caso de fallo de la implantación, ya sea por un defecto de diseño, por una incorrecta ejecución o por factores externos, como episodios meteorológicos adversos, cuya influencia resulta cada vez más determinante con el paso de los años.

En caso de que la responsabilidad recaiga sobre el contratista, por no haber cumplido las prescripciones técnicas del proyecto, la reposición deberá ejecutarse antes de que finalice el periodo de garantía, es decir, al año siguiente de la plantación, en la misma época en la que se realizó. Por el contrario, si se considera que la responsabilidad corresponde al proyectista cuando el proyecto incluya decisiones técnicas inadecuadas que hayan podido comprometer el éxito de la implantación, será el promotor o el proyectista quien determine la época adecuada para realizar la reposición.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, el momento óptimo de reposición se sitúa entre el primer y tercer año posterior a la repoblación, ajustando cada grupo de especies según su velocidad de crecimiento y capacidad de recuperación natural.

1.6 Resumen de medios humanos y materiales

1.6.1 Medios humanos

1.6.1.1 Marcado de hoyos

El marcado de hoyos se llevará a cabo de manera previa a las labores de plantación, como parte de las tareas de preparación del terreno. Esta operación consiste en la colocación de estacas de madera señalizadas con pintura en los puntos exactos donde se realizará el ahoyado y la posterior implantación de la vegetación. Para garantizar la precisión en la disposición espacial de las plantas, se empleará un receptor GPS, permitiendo ubicar con exactitud cada punto de plantación según la planificación previamente establecida mediante herramientas cartográficas de apoyo, concretamente QGIS, donde se definieron los puntos de implantación conforme al marco y densidad de plantación previstos en el proyecto.

El rendimiento del marcado de hoyos es de 200 metros lineales de replanteo o señalamiento sobre el terreno por hora, por lo que para realizar el replanteo de aproximadamente 3905 metros, se tardará 19,53 horas.

1.6.1.2 Plantación y siembra

Las labores de plantación y siembra deberán ejecutarse fuera del periodo de heladas, con el fin de garantizar la viabilidad y el correcto establecimiento tanto de las plántulas como de las semillas. Por este motivo, se ha previsto la realización de la plantación durante el otoño, época en la que las especies mediterráneas presentan un mejor comportamiento fisiológico y mayores tasas de supervivencia tras la plantación y la siembra en primavera, donde se garantiza el establecimiento de las especies herbáceas antes del inicio del verano y se minimiza la pérdida de semillas por frío, helada o exceso de humedad invernal. En concreto, se ha establecido el inicio de los trabajos el día 1 de octubre, estimando que las operaciones de repoblación se desarrollen a lo largo de dicho mes.

Considerando que octubre y abril disponen de aproximadamente 21 días hábiles, y restando dos días por posibles inclemencias meteorológicas, se dispondría de 19 jornadas efectivas de trabajo.

Para el desarrollo de la implantación, dado que los rodales presentan distinta cota altitudinal, las labores se iniciarán por las plántulas del rodal 2, situado en una posición más elevada, continuando con las plántulas del rodal 1 y finalizando con la siembra de semillas, ya que estas poseen una mayor tolerancia a las variaciones térmicas y su actuación se realiza en el mes de abril.

1.6.1.3 Medios materiales

El ahoyado se llevará a cabo de forma manual en ambos rodales, permitiendo una intervención más controlada y de bajo impacto, adaptándose a las irregularidades del terreno y minimizando la compactación del suelo. Teniendo en cuenta que el rendimiento de un peón es de 16,3 hoyos/h, para realizar los 219 hoyos necesitaría 13,44 horas.

2. Cuidados culturales

2.1 Colocación de protectores para la vegetación

2.1.1 Malla cinegética

Para proteger los puntos de siembra frente a la acción de la fauna silvestre, se instalará una malla cinegética perimetral, constituida por postes de madera y malla anudada galvanizada. Esta medida tiene como finalidad evitar el acceso de especies animales como corzos o conejos, cuya actividad podría provocar el fracaso de la repoblación al consumir o desenterrar las semillas. Para el cerramiento completo de la zona de siembra se necesitarán aproximadamente 770 metros de malla y 868 postes de sujeción, distribuidos según la pendiente y el perímetro de los rodales. El rendimiento estimado del peón forestal para la colocación de este cerramiento supone un tiempo total de 56,21 horas.

2.1.2 Tubo protector

Para la protección individual de las plántulas frente a la acción de la fauna silvestres, se ha decidido utilizar tubos protectores de 1,2 m de altura, acompañados de un tutor de madera que garantice su correcta sujeción y estabilidad, permitiendo a la planta crecer de forma recta y vigorosa. Esta medida resulta esencial para evitar daños provocados por corzos, conejos o jabalíes, los cuales podrían comprometer la viabilidad y el desarrollo inicial de las plantas. En total, sería necesaria la colocación de 219 protectores, uno por cada punto de plantación. El rendimiento estimado del peón forestal para la ejecución de esta tarea implica un tiempo total de 29,1 horas.

2.2 Protección contra plagas y enfermedades

En el Anejo XII Plagas y Enfermedades se detallan las principales amenazas fitosanitarias que podrían afectar a las especies utilizadas en la repoblación. En la actualidad, únicamente se ha detectado la presencia de organismos productores de agallas en las hojas de *Quercus*, cuya incidencia no parece comprometer el desarrollo general de la vegetación.

No obstante, dado que la aparición o propagación de plagas y enfermedades no puede preverse con exactitud, se establecerán medidas preventivas básicas para minimizar el riesgo. Entre ellas destacan la eliminación en vivero de plantas afectadas o dañadas por organismos patógenos o plagas, la vigilancia fitosanitaria en caso de que se decrete algún brote en zonas colindantes, y la evaluación inmediata de las causas en caso de observarse una mortalidad anormalmente elevada en las plantaciones, a fin de aplicar, si fuera necesario, medidas correctoras o tratamientos específicos.

3. Estudio de la distribución de material vegetal

A continuación, se presenta un estudio detallado sobre la distribución de las plántulas y semillas en los dos rodales sobre los que se llevarán a cabo las actuaciones. Asimismo, se expone el criterio seguido para la disposición de los bosquetes en el rodal 1 y para la aplicación del marco de plantación de los quejigos en el rodal 2.

3.1 Zonificación de la ladera

Con el fin de adaptar las actuaciones de restauración a las condiciones reales del terreno y optimizar la implantación de especies vegetales, la ladera se ha dividido en tres zonas diferenciadas en función de la presencia y densidad de vegetación existente y condiciones topográficas y microclimáticas.

Esta zonificación permitirá ajustar las actuaciones de repoblación a las características ecológicas de cada sector, asegurando un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, una mayor eficacia en el control de la erosión y una implantación más sostenible de la cubierta vegetal a largo plazo.

- Zona 1 o zona baja: la vegetación existente es vegetación herbácea, con poca presencia de especies arbóreas y alguna especie arbustiva. Tiene una superficie de 3,87 ha.
- Zona 2 o zona media: zona dividida en pisos donde se sitúa el poco arbolado presente y disperso con presencia abundante de *Ononis tridentata*. Cuenta con una superficie de 1,14 ha.
- Zona 3 o zona alta: zona casi sin presencia de vegetación con presencia de especies de porte almohadillado, debido a la incidencia del viento. Con una superficie de 0,093 ha.

La vegetación para introducir dividida por zonas es:

- Zona 1: debido a la presencia de fauna ramoneadora, es necesario introducir especies capaces de defenderse y que den alimento, en este caso, especies arbustivas con pinchos y algunas aromáticas. Además, como se busca aumentar las comunidades de polinizadores y beneficiar a insectos, se introducirán especies florales capaces de producir néctar o polen.
- Zona 2: en esta zona es necesario introducir arbolado, para generar una cubierta vegetal que mejore las condiciones edáficas.
- Zona 3: se dejará sin intervención.

A continuación, se muestra la división por zonas en la ladera de manera visual.

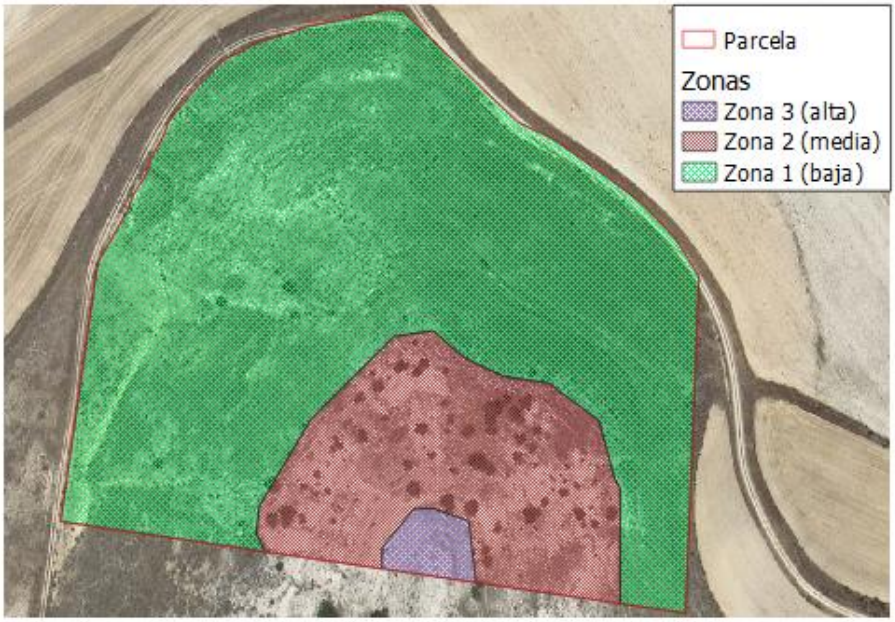


Figura 5. Zonificación de la ladera.

3.2 Cálculo de la distribución

3.2.1 Bosquetes

Para calcular el número de bosquetes es necesario establecer el tanto por ciento de superficie que se quiere revegetar. En este caso se establece que se va a repoblar el 5,5% de la superficie de la zona 1.

$$Superficie\ repoblada\ (ha) = superficie\ z1\ (ha) * superficie\ a\ repoblar$$
$$Superficie\ repoblada\ (ha) = 3{,}87\ ha * 5{,}5\% = 0{,}212\ ha$$

Por criterio propio también se ha decidido que los bosquetes sean circunferencias de diámetro 3 metros. Por lo que el área de cada bosquete será el siguiente.

$$Área\ bosquete = \pi * r^2$$
$$Área\ bosquete = \pi * 1{,}5^2 = 7{,}07\ m^2$$

Por lo tanto, si se van a repoblar 0,212 ha y se tiene el área de cada bosquete monoespecífico, se puede calcular el número de bosquetes que hay que realizar de la siguiente manera:

$$Nº\ bosquetes = \frac{Superficie\ repoblada\ (m^2)}{Área\ bosquete\ (m^2)}$$
$$Nº\ bosquetes = \frac{2120{,}76}{7{,}07} = 300\ bosquetes$$

Una vez obtenido el número de bosquetes monoespecíficos que hay que realizar, se procederá a calcular cuantos bosquetes de cada planta hay que poner, teniendo en cuenta los periodos de floración, los colores y la morfología de cada especie,

buscando así la máxima explotación de los recursos de manera que estos, estén disponibles durante todo el año para las distintas especies de polinizadores.

Se establece un porcentaje de repoblación del 5,5% porque, al distribuirse los bosquetes de forma aleatoria, se considera un objetivo realista y alcanzable. Esta densidad se traduce en la creación de 300 bosquetes monoespecíficos, una cifra que se ajusta al presupuesto disponible. Además, si los resultados obtenidos son positivos, la superficie repoblada podría incrementarse en campañas posteriores

3.2.1.1 Optimización de bosquetes

Debido a la importancia de las especies arbustivas y herbáceas para la mejora ecológica y de la biodiversidad de la zona, para calcular la distribución de los bosquetes monoespecíficos se han tenido en cuenta tanto los periodos de floración de cada planta como los colores y morfología de las flores, garantizando la continuidad de recursos durante todo el año.

Para realizar los cálculos se realiza una optimización, se construye una matriz especie-mes de floración, y se le da una valoración, 1 si florece, 0 si no florece.

Tabla 10. Matriz especie-mes de floración.

	Meses del año											
Especie	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Rhamnus saxatilis	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Crataegus monogyna	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Rosa canina	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Genista scorpius	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Ononis tridentata	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Fumana ericifolia	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Lonicera etrusca	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Lavandula latifolia	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Salvia lavandulifolia	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Satureja montana	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Sideritirs hyssopifolia	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
Thymus vulgaris	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

El paso siguiente consiste en realizar una suma de todas las especies que están en flor para cada mes.

Tabla 11. Número de especies en flor por mes.

Mes	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
S (m)	0	1	4	7	10	11	11	6	5	4	1	0

Se asigna un peso a cada especie en función de su contribución a meses con baja cobertura floral, sumando por los meses donde florece, es decir, cuantas menos especies haya en un mes, más significativo será su peso.

$$W = \sum \left(\frac{1}{S(m)}\right)$$

Además, también se añade un factor de corrección por color, favoreciendo a aquellas especies con tonalidades poco representadas en los meses en los que florecen.
Como se calculó en el apartado anterior, se van a realizar 300 bosquetes monoespecíficos, por lo que estos 300, se distribuyen proporcionalmente a los pesos normalizados,

garantizando un mínimo de representación para asegurar la presencia de todas las especies. Este mínimo serán 10 bosquetes por especie.

Tabla 12. Pesos fenológicos, corrección por color y número de bosquetes.

Especie	Categoria cromática	W (fenológico)	F (color)	W' corregido	Nº bosquetes
Rhamnus saxatilis	Amarillo	0,425	1,409	0,598	21
Crataegus monogyna	Blanco/rosa	1,675	0,851	1,425	36
Rosa canina	Blanco/rosa	0,282	0,851	0	14
Genista scorpius	Amarillo	0,675	1,409	0,951	27
Ononis tridentata	Blanco/rosa	0,648	0,851	0,552	20
Fumana ericifolia	Amarillo	0,675	1,409	0,951	27
Lonicera etrusca	Blanco/rosa	0,334	0,851	0,284	15
Lavandula latifolia	Púrpura	1,798	1,046	1,881	44
Salvia lavandulifolia	Púrpura	0,591	1,046	0,619	21
Satureja montana	Blanco	0,708	0,863	0,611	21
Sideritirs hyssopifolia	Blanco	0,898	0,863	0,775	24
Thymus vulgaris	Blanco	1,291	0,863	1,114	30

Tabla 13. Resumen de bosquetes por categoría de color.

Categoría cromática	Nº bosquetes
Amarillo	75
Blanco/rosa	85
Púrpura	65
Blanco	75

La distribución propuesta garantiza una representación continua de flores durante casi todo el año, manteniendo un equilibrio cromático y morfológico atractivo para una amplia gama de polinizadores. La implementación espacial debe realizarse mediante un patrón aleatorio controlado para evitar la agregación de especies iguales en posiciones contiguas y favorecer la homogeneidad paisajística.

3.2.1.2 Distribución aleatoria

Para la distribución de los 300 bosquetes monoespecíficos se ha optado por un patrón de disposición aleatoria con restricción de distancia mínima, generada con la herramienta QGIS. La distancia mínima entre centros de bosquetes se establece en 9,5 m, valor que garantiza una distribución homogénea de la vegetación sin generar solapamiento ni zonas excesivamente densas o despobladas.

Desde un punto de vista técnico, esta separación responde a la densidad objetivo de la actuación.

$$Densidad\ objetivo = \frac{Nº\ bosquetes}{Superficie}$$

$$Densidad\ objetivo = \frac{300}{3{,}87} = 77{,}5\ bosquetes/ha$$

El valor de 9,5 m asegura que los bosquetes dispongan del espacio suficiente para su desarrollo, evitando competencia inicial por recursos hídricos y lumínicos, pero manteniendo la conectividad ecológica entre manchas de vegetación.

El parámetro se selecciona tras realizar pruebas en Qgis dando distintos valores y comprobando que las distancias superiores generaban una distribución desigual y sin llegar a los 300 bosquetes, mientras que los valores inferiores provocaban agrupaciones visuales y espaciales no buscadas. Con una distancia mínima de 9,5 m, la distancia media real entre centros resultante se sitúa entre 10 y 12 m, coherente con la densidad teórica derivada del modelo de ocupación regular del terreno.

De este modo, el patrón obtenido presenta una distribución aleatoria controlada, adecuada para la restauración, al combinar una disposición naturalista con una densidad efectiva que favorece tanto la estabilidad ecológica del sistema como la viabilidad práctica de las labores de plantación y mantenimiento.

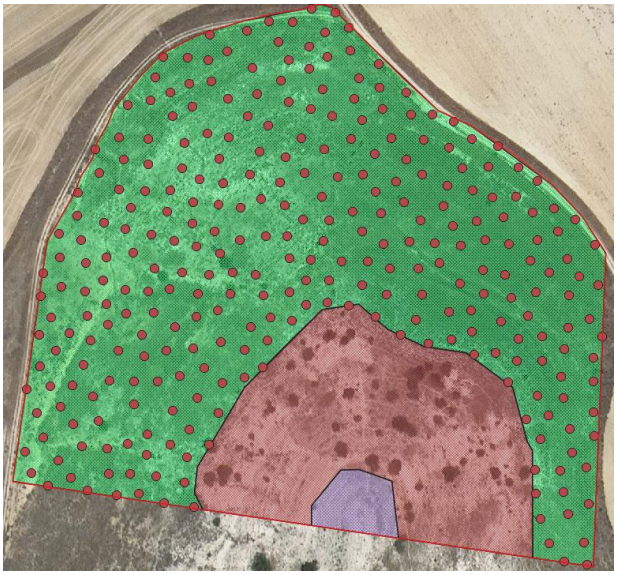


Figura 6. Distribución aleatoria de 300 bosquetes monoespecíficos.

3.2.1.3 Coordenadas

Una vez calculados los puntos aleatorios y materializados sobre el plano, es necesario obtener sus coordenadas para poder introducirlas en el GPS y así poder realizar un marcado de los puntos de manera correcta. A pesar de esto, es necesario recalcar la importancia del replanteo en campo, que permitirá modificar la situación de los puntos atendiendo a criterios de vegetación preexistente y de morfología del terreno, asegurando siempre la colocación óptima de los puntos.

Además, en la tabla los puntos están distribuidos de forma aleatoria, pero manteniendo el número de bosquetes de cada especie establecido.

Tabla 14. Coordenadas para cada bosquete de los 300 establecidos, distribuidos de manera aleatoria.

id	Coord X	Coord Y	DATUM	Especie
0	384119,577	4645437,73	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
1	384153,605	4645356,04	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
2	384067,341	4645291,44	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
3	384096,544	4645351,06	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
4	384238,738	4645328,35	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
5	384182,844	4645380,4	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
6	384169,003	4645390,3	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
7	384173,077	4645378,12	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
8	384031,716	4645326,46	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
9	384162,82	4645417,73	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
10	384045,199	4645275,01	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
11	384104,233	4645443,61	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
12	384095,992	4645421,14	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
13	384233,132	4645376,3	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
14	384187,322	4645358,12	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
15	384064,815	4645423,75	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
16	384038,278	4645427,72	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
17	384014,913	4645306,78	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
18	384008,097	4645290,04	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
19	384071,393	4645355,99	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
20	384061,537	4645390,74	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
21	384059,472	4645297,17	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
22	384147,529	4645446,12	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
23	384038,912	4645396,1	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
24	384123,084	4645469,6	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
25	384052,388	4645378,06	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
26	384112,095	4645406,84	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
27	384203,296	4645366,25	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
28	384027,01	4645421,58	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
29	384239,478	4645318,7	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
30	384235,464	4645405,34	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
31	384103,889	4645345,04	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
32	384203,875	4645391,01	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
33	384076,673	4645439,83	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
34	384023,193	4645345,06	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
35	384205,378	4645424,66	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
36	384143,164	4645404,13	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
37	384242,253	4645365,74	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
38	384014,875	4645324,42	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
39	384004,852	4645355,54	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
40	384052,037	4645357,58	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*

41	384068,216	4645304,24	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
42	384014,156	4645282,18	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
43	384207,034	4645410,52	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
44	384071,555	4645388,15	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
45	384223,463	4645356,34	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
46	384082,698	4645344,18	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
47	384071,846	4645318,7	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
48	384142,266	4645437,15	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
49	384103,416	4645392,68	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
50	384108,959	4645481,81	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
51	384050,873	4645393,38	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
52	384047,892	4645413,34	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
53	384141,867	4645477,87	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
54	384021,513	4645356,15	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
55	384166,576	4645408,39	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
56	384060,571	4645447,77	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
57	384098,486	4645375,12	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
58	384197,621	4645437,14	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
59	384189,384	4645445,11	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
60	384016,924	4645402,31	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
61	384115,317	4645354,21	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
62	384097,180	4645469,67	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
63	384198,949	4645338,5	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
64	384020,378	4645367,66	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
65	384129,726	4645390,77	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
66	384251,515	4645354,71	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
67	384085,806	4645455,65	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
68	384186,541	4645415,83	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
69	384222,602	4645309,02	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
70	384041,227	4645284,05	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
71	384229,837	4645335,69	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
72	384249,989	4645286,82	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
73	384102,055	4645365,6	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
74	384113,915	4645454,4	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
75	384040,044	4645452,65	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
76	384094,782	4645486,95	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
77	384049,125	4645302,22	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
78	384069,607	4645452,19	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
79	384138,060	4645381,22	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
80	384001,466	4645300,57	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
81	383992,869	4645293,91	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
82	384155,141	4645471,75	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
83	384091,272	4645391,15	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*

84	384249,109	4645252,49	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
85	384219,138	4645345,76	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
86	384019,669	4645333,99	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
87	384049,535	4645425,89	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
88	384172,051	4645354,49	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
89	384079,980	4645394,87	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
90	384072,346	4645366,42	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
91	384129,931	4645432,59	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
92	384121,926	4645372,45	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
93	384043,083	4645315,62	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
94	384179,677	4645448,64	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
95	384240,014	4645340,92	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
96	384158,467	4645366,02	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
97	384147,751	4645420,94	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
98	384039,262	4645357,3	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
99	384009,714	4645369,61	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
100	384214,283	4645326,05	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
101	384066,011	4645280,11	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
102	384059,438	4645458,44	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
103	384211,155	4645353,76	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
104	384069,992	4645341,3	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
105	384004,616	4645324,05	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
106	384133,515	4645447,61	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
107	384175,648	4645436,86	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
108	384093,714	4645340,77	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
109	383998,308	4645311,85	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
110	384052,945	4645282,72	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
111	384030,661	4645295,66	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
112	384087,196	4645366,45	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
113	384006,999	4645340,22	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
114	384078,341	4645463,57	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
115	384026,581	4645308,2	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
116	384132,359	4645372,4	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
117	384192,546	4645388,62	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
118	384141,137	4645361,11	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
119	384145,908	4645465,13	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
120	384003,679	4645278,7	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
121	384085,654	4645477,42	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
122	384174,999	4645421	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
123	384052,593	4645465,44	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
124	384246,905	4645374,3	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
125	384120,934	4645421,84	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
126	384063,790	4645328,9	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*

127	384214,694	4645389,03	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
128	384091,652	4645405,86	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
129	384233,110	4645251,97	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
130	384035,846	4645340,5	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
131	384167,843	4645458,69	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
132	384160,199	4645377,83	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
133	384212,957	4645375,07	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
134	383995,898	4645284,39	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
135	384175,053	4645366,01	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
136	384031,373	4645284,02	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
137	384081,651	4645407,21	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
138	384136,073	4645419,92	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
139	384088,223	4645376,32	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
140	384149,839	4645381,26	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
141	384184,740	4645406,37	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
142	384197,336	4645358,82	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
143	384047,607	4645337,88	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
144	384238,063	4645285,59	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
145	384024,273	4645319,53	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
146	384253,297	4645326,1	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
147	384094,991	4645447,76	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
148	384086,376	4645438,14	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
149	384130,270	4645486,12	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
150	384048,609	4645292,57	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
151	384059,171	4645368,52	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
152	384153,313	4645430,56	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
153	384227,071	4645366,95	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
154	384227,864	4645390,93	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
155	384219,118	4645424,09	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
156	384156,899	4645451,08	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
157	384114,246	4645382,67	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
158	384147,484	4645370,22	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
159	384242,416	4645304,6	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
160	384188,154	4645345,47	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
161	384067,558	4645474,45	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
162	384072,871	4645418,7	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
163	384241,942	4645265,41	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
164	384083,393	4645325,58	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
165	384115,729	4645490,76	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
166	384008,935	4645383	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
167	383993,773	4645322,72	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
168	384226,497	4645285,7	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
169	384039,049	4645368,2	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*

170	384035,986	4645437,84	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
171	384187,127	4645433,36	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
172	384241,833	4645350,88	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
173	384174,235	4645400,18	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
174	384227,630	4645418,21	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
175	384253,436	4645336,99	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
176	384120,310	4645400,58	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
177	384169,768	4645448,66	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
178	384008,457	4645393,87	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
179	384049,613	4645437,28	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
180	384225,506	4645403,72	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
181	384198,004	4645413,64	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
182	384025,279	4645432,42	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
183	384160,717	4645437,74	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
184	384081,722	4645311,92	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
185	384156,243	4645403,24	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
186	384069,905	4645408,27	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
187	384099,523	4645457,91	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
188	384254,210	4645388,8	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
189	384060,734	4645312,99	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
190	384245,031	4645400,53	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
191	384042,751	4645385,16	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
192	384110,205	4645464,01	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
193	384035,968	4645414	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
194	384239,664	4645275,79	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
195	384020,864	4645380,47	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
196	384227,597	4645319,6	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
197	384129,371	4645460,17	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
198	384030,225	4645383,16	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
199	384082,025	4645428,32	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
200	384180,522	4645389,62	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
201	384109,959	4645417,55	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
202	384212,095	4645401,3	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
203	384123,166	4645479,63	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
204	384147,546	4645394,84	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
205	384077,469	4645485,05	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
206	384018,685	4645390,82	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
207	384028,866	4645372,54	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
208	384053,769	4645326,41	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
209	384255,618	4645370,34	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
210	384229,150	4645263,4	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
211	384197,727	4645349,1	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
212	384229,227	4645299,96	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*

213	384199,884	4645399,75	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
214	384135,030	4645495,12	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
215	384202,677	4645377,21	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
216	384057,839	4645340,23	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
217	384251,324	4645270,2	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
218	384192,436	4645371,21	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
219	384065,117	4645376,25	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
220	384241,519	4645382,36	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
221	384112,318	4645429,12	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
222	384123,852	4645450,94	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
223	384058,218	4645403,97	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
224	384021,654	4645276,32	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
225	384128,953	4645411,06	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
226	384074,981	4645332,48	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
227	384208,598	4645339,37	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
228	384224,607	4645381,54	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
229	384253,505	4645312,2	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
230	384019,079	4645296,63	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
231	384132,399	4645399,99	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
232	384001,292	4645375,67	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
233	384157,318	4645389,35	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
234	384017,162	4645412,58	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
235	384056,787	4645270,66	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
236	384041,307	4645405,76	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
237	384100,476	4645431,37	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
238	384081,237	4645358,71	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
239	384029,361	4645399,05	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
240	384077,447	4645374,98	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
241	384209,742	4645434,2	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
242	384066,161	4645435,64	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
243	384218,079	4645410,76	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
244	384155,294	4645460,67	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
245	384253,831	4645301,36	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
246	384077,329	4645297,4	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
247	384250,384	4645242,55	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
248	384101,248	4645409,84	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
249	383999,867	4645333,01	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
250	384131,404	4645474,74	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
251	384046,526	4645347,57	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
252	384131,448	4645362,59	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
253	384114,000	4645367,13	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
254	384104,795	4645491,07	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
255	384040,166	4645297,64	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*

256	384061,563	4645351,06	ETRS89 UTM 30 N	*Rosa canina*
257	384226,810	4645274,98	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
258	384050,423	4645455	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
259	384239,970	4645243,91	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
260	384069,782	4645398,43	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
261	384101,943	4645332,78	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
262	384215,769	4645364,65	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
263	384077,001	4645473,4	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
264	384042,801	4645326,21	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
265	384229,835	4645346,74	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
266	384218,193	4645335,83	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
267	384143,840	4645455,64	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
268	384031,123	4645352,32	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
269	384232,665	4645310,88	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
270	384113,248	4645392,93	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
271	384070,258	4645268,69	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
272	384059,413	4645413,85	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
273	384193,245	4645424,07	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
274	384113,741	4645473,42	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
275	384105,572	4645355,45	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
276	384167,623	4645427,83	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*
277	384177,726	4645343,46	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
278	384093,684	4645328	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
279	384030,142	4645361,86	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
280	384009,363	4645314,7	ETRS89 UTM 30 N	*Lonicera etrusca*
281	384000,209	4645365,24	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
282	384056,411	4645474,73	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
283	384013,262	4645348,15	ETRS89 UTM 30 N	*Fumana ericifolia*
284	384257,236	4645346,86	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
285	384237,260	4645394,96	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
286	384124,371	4645497,03	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
287	384165,209	4645347,6	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
288	383999,499	4645347,56	ETRS89 UTM 30 N	*Genista scorpius*
289	384083,866	4645416,89	ETRS89 UTM 30 N	*Rhamnus saxatilis*
290	384243,493	4645293,9	ETRS89 UTM 30 N	*Salvia lavandulifolia*
291	384124,013	4645381,87	ETRS89 UTM 30 N	*Satureja montana*
292	384153,536	4645413,13	ETRS89 UTM 30 N	*Ononis tridentata*
293	384068,361	4645462,52	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
294	384141,465	4645488,09	ETRS89 UTM 30 N	*Sideritis hyssopifolia*
295	384035,008	4645274,37	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
296	384049,494	4645367,51	ETRS89 UTM 30 N	*Lavandula latifolia*
297	384082,231	4645385,03	ETRS89 UTM 30 N	*Crataegus monogyna*
298	384188,953	4645397,5	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*

299	384121,915	4645361,29	ETRS89 UTM 30 N	*Thymus vulgaris*

3.3 Cálculo del marco de plantación

Dado que en la zona 2 se plantea la ejecución de microcuencas para la implantación de *Quercus faginea*, se ha determinado inicialmente una densidad teórica de 539 pies/ha, obtenida en función de la superficie de cada microcuenca y de la superficie total del rodal. No obstante, este valor no refleja la densidad real de plantación, ya que en la zona 2 existe una población previa de *Quercus faginea*.

La superficie ya ocupada por estos individuos debe descontarse de la superficie total disponible para la repoblación. Dado que los pies existentes no cuentan con microcuenca y presentan distintos estadios de desarrollo, se ha asignado a cada uno una superficie media de 25 m^2, con el fin de evitar la competencia por recursos y favorecer su crecimiento hasta alcanzar el porte adulto. De este modo, la superficie ocupada por los quejigos presentes asciende a 0,145 ha, quedando una superficie efectiva de 0,995 ha para la nueva plantación.

Posteriormente, considerando un marco de plantación de 5 m x 5 m, que proporciona una superficie total de 18,54 m^2 por planta, incluyendo el área de impluvio para los nuevos pies, la densidad resultante se reduce significativamente. Mediante la delimitación espacial efectuada en QGIS, se ha determinado la disposición óptima de los nuevos ejemplares, evitando solapamientos con el área de influencia de los pies existentes y siguiendo las curvas de nivel. Como resultado, se realiza una plantación de 121 pies, equivalentes a 106,1 pies/ha.

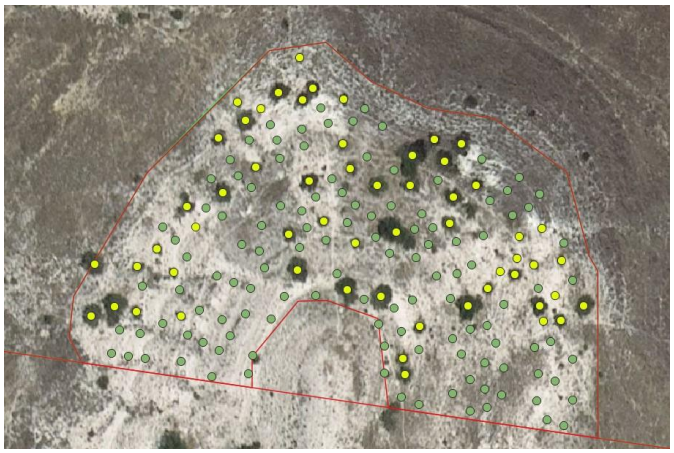


Figura 7. Quejigos ya presentes en la zona 2 (amarillos) y quejigos a introducir (verdes)

Como puede observarse en la Figura 7, la distribución se ha calculado de forma técnica mediante métodos matemáticos con QGIS, de esta manera resulta algo alejado de la realidad, ya que no se tienen en cuenta los aspectos morfológicos de la ladera ni de la vegetación ya presente. Por ello resulta imprescindible realizar un replanteo en campo, aprovechando los lugares estratégicos que presenten una morfología óptima para la implantación de la vegetación.

3.4 Conclusión

Con esta actuación se busca generar una cobertura vegetal estable y funcional que contribuye a mejorar las condiciones edáficas y reducir los procesos erosivos, aprovechando al mismo tiempo los pies de quejigo ya existentes y favoreciendo su desarrollo. La ejecución de microcuencas permitirá aumentar la disponibilidad hídrica para las nuevas plantas, garantizando su supervivencia en un entorno donde la precipitación media anual (421 mm) es inferior a las necesidades hídricas del quejigo.

Además, esta repoblación apoyará la recuperación ecológica del área, generando microhábitats que incrementen la biodiversidad y proporcionando recursos y refugios para la fauna local, reforzando así el equilibrio y la resiliencia del ecosistema.

4. Referencias bibliográficas

Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R. M., Prada Sáez, M. A., & Serrada Hierro, R. (Coords). (2021). *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal* (Tomo 1). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XIV. Programa de ejecución y puesta en marcha

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XIV PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

1. Programa de ejecución y puesta en marcha 1
1.1 Repoblación 1
1.1.1 Marcado de hoyos 1
1.1.2 Ahoyado manual 1
1.1.3 Plantación y siembra manual 2
1.1.4 Realización del alcorque 2
1.2 Trabajos complementarios 3
1.2.1 Colocación de malla cinegética y tubos protectores 3
1.2.2 Instalación de sensores 3
2. Esquema del programa de ejecución 3
2.1 Diagrama de Gantt 3
2.2 Diagrama de Pert 4

1. Programa de ejecución y puesta en marcha

1.1 Repoblación

Para una correcta organización de las actuaciones previstas en la restauración, resulta imprescindible establecer con claridad los días destinados a la ejecución de los trabajos. Se considerarán días hábiles todos aquellos comprendidos de lunes a viernes, quedando excluidos los sábados, domingos y festivos.

Dado que la intervención se localiza en el término municipal de Reinoso de Cerrato, la planificación deberá ajustarse al calendario laboral de este municipio, teniendo en cuenta tanto los festivos nacionales como los propios festivos autonómicos y locales. Esta delimitación permitirá programar adecuadamente las labores, optimizar los recursos y garantizar que las actuaciones se desarrollen dentro del marco temporal previsto.

Además, una vez establecidos los días útiles, se podrá reservar algún día extra de parada de los trabajos debido a inclemencias climáticas.

1.1.1 Marcado de hoyos

Antes de realizar el ahoyado es necesario marcar los puntos donde deben realizarse los hoyos y donde debe realizarse la siembra, ya que, al distribuirse los bosquetes de manera aleatoria, será necesario fijar los puntos con GPS mediante herramientas informáticas para asegurar la correcta separación y distribución de las especies de manera que no se genere una competencia por los recursos hídricos. Para la geolocalización de los puntos se ha expuesto una lista de coordenadas en el Anejo XIII Ingeniería del Proyecto.

Además, también se tendrá en cuenta la morfología del terreno para elegir la mejor posición para la implantación de la vegetación, siempre favoreciendo las acumulaciones naturales del terreno.

Para realizar el marcado de 421 puntos, se necesita replantear 3905 metros, lo que equivale a 19,52 horas de trabajo y casi 3 jornales para un peón, pero al aplicar una cuadrilla de tres peones, la actuación completa podrá realizarse en un jornal.

1.1.2 Ahoyado manual

Una vez realizado el marcado de los puntos, ya se conoce donde realizar los hoyos para la plantación de especies arbóreas y arbustivas. En este caso, se realizarán 219 hoyos.

Para una cuadrilla de tres peones más un capataz, el ahoyado manual se realizará en 4,48 horas, lo que implica que se realiza en algo menos de un día.

Como es necesario realizar la preparación entre 2 y 4 semanas antes de la plantación, para permitir que la lluvia mejore la estructura del hoyo y el suelo se asiente sin compactarse, esta actuación se realizará la cuarta semana de septiembre.

1.1.3 Plantación y siembra manual

Una vez que ha pasado el tiempo aconsejable entre la preparación del terreno y la implantación de la vegetación, se realiza la plantación y la siembra. En este caso estas dos actuaciones se dividirán en dos épocas debido a las necesidades y viabilidad de las plantas.

A la hora de realizar la plantación, se debe realizar una pequeña distribución de la planta en envase, que empleará medio jornal en distribuir las 219 plantas. Tras esto, se realizará la plantación después del ahoyado manual, para llevarla a cabo la plantación de estas 219 plantas, se necesitan aproximadamente 2,06 horas para una cuadrilla de tres peones y un capataz. Esto equivale a 0,3 jornales, lo que se redondea a medio jornal. De esta manera la distribución y la plantación suponen un día de trabajo completo. Se programa para realizar la cuarta semana de octubre, siempre fuera del período medio de heladas.

En cuanto a la siembra, debido a las características de las especies herbáceas, se ha decidido realizar en primavera, para evitar las temperaturas invernales y las heladas. En este caso es necesario realizar la siembra de 202 puntos, incluyendo de 20 a 40 semillas en cada punto, dependiendo en algunos casos de la especie. Para una cuadrilla de tres peones y un capataz este proceso se realiza en unas 2,9 horas, lo que resulta en algo más de medio jornal y se programa para realizarla en la tercera semana de marzo, coincidiendo con el comienzo de la primavera.

1.1.4 Realización del alcorque

Esta técnica permitirá realizar las microcuencas planteadas para la mejora de la disponibilidad hídrica. En el Anejo VIII Modelado Hidrológico se exponen los resultados obtenidos para las superficies totales de las microcuencas para cada especie y la altura correspondiente del alcorque.

En otoño, la realización de la microcuenca se realizará nada más acabar la plantación, siempre teniendo cuidado de no dañar la planta y mejorando de esta forma la capacidad de captar escorrentía y mejorar la infiltración alrededor de la plántula, asegurando una mayor viabilidad. Para realizar las microcuencas de 219 plántulas por parte de una cuadrilla de tres peones y un capataz, será necesario emplear 2,63 horas, lo que resulta en el empleo de medio jornal. Esta actuación se programa la misma semana que la plantación, es decir, la cuarta semana de octubre.

En primavera, la realización de la microcuenca se realizará nada más terminar la siembra, para que la estructura ayude a retener humedad las primeras semanas y aumente la probabilidad de supervivencia de las semillas. Para realizar las microcuencas de 202 puntos de siembra por parte de una cuadrilla de tres peones y un capataz se tardan aproximadamente 1,06 horas, lo que supone algo menos de medio jornal, aunque debido a que los alcorques tienen distintas alturas y unos pueden llevar más tiempo que otros, se aproximará a 1 día completo de trabajo útil. Se programa la misma semana que la siembra, es decir, la tercera semana de marzo.

1.2 Trabajos complementarios

1.2.1 Colocación de malla cinegética y tubos protectores

La colocación de los medios de protección deberá realizarse inmediatamente después de la plantación y la siembra, garantizando al máximo la protección de las implantaciones.

Para la colocación de los tubos protectores por una cuadrilla de tres peones y un capataz se tardan 9,69 horas, lo que se traduce en 1,3 jornales, es decir, unos 2 días de trabajo. Esta actuación está programada la misma semana que la plantación, es decir, la cuarta semana de octubre.

Para la colocación de la malla cinegética por una cuadrilla de tres peones y un capataz se tardan 18,7 horas, lo que se traduce en 2,6 jornales, aproximadamente 3 días. Esta actuación se programa la misma semana que la siembra, es decir, la tercera semana de marzo.

1.2.2 Instalación de sensores

Será necesario proceder a la instalación del sistema de monitorización, disponiendo dos nodos sensores y dos nodos de pluviometría por cada zona, todos ellos conectados a un Gateway ubicado en el Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato. El personal encargado de la instalación seleccionará la ubicación exacta de los sensores basándose en estudios previos de monitorización de riegos, de modo que las áreas escogidas resulten representativas y coherentes con la dinámica ambiental de la ladera. Se programa un jornal entero para la instalación de los sensores y la puesta a punto del Gateway, para realizarlo en la cuarta semana de marzo.

2. Esquema del programa de ejecución

2.1 Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt (Tabla 1) presenta la planificación temporal prevista para las distintas operaciones incluidas en el proyecto. En ella se indican las semanas en las que está previsto iniciar y finalizar cada una de las actuaciones programadas. Conviene señalar que algunas tareas contempladas en el proyecto no figuran en este esquema, ya que su ejecución está prevista para fases posteriores, una vez completada la implantación del material vegetal. Algunas de estas tareas son:

- Reposición de marras: anteriormente se especificó que el porcentaje de marras admisible es menor del 5%, realizándose una revisión el primer año y el proceso de reposición entre el primer y el tercer año.
- Retirada de tubos protectores: la retirada de los protectores se efectuará cuando la vegetación implantada haya alcanzado un porte suficiente para reducir de forma significativa la probabilidad de daños por herbívoros. Se considera que este momento llega cuando el crecimiento de la planta supera claramente la altura del propio tubo protector.
- Riego mediante el monitoreo con sensores: en el calendario de actuaciones no se ha incluido la planificación de riegos, ya que esta labor depende de la información

que proporcionen los sensores instalados para el seguimiento hídrico del suelo. Al tratarse de riegos condicionados por la monitorización en tiempo real, no es posible fijar fechas concretas con antelación. Además, dado que en el proyecto se han diseñado y ejecutado microcuencas para maximizar la captación y retención de agua, lo esperable es que, si estas funcionan correctamente, la necesidad de riego sea mínima o incluso inexistente.

Tabla 1. Diagrama de Gantt de las actuaciones del proyecto.

Mes	SEP (I)				OCT (I)				NOV (I)				MAR (II)				ABR (II)			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Marcado																				
Ahoyado																				
Distribución																				
Plantación																				
Siembra																				
Realización de microcuenca con alcorque																				
Colocación tubos protectores																				
Colocación malla cinegética																				
Colocación e instalación de sensores																				

2.2 Diagrama de Pert

En adición se elabora el diagrama de PERT (Program Evaluation and Review Technique, 1958). Este diagrama es muy utilizado en ingeniería, construcción o cualquier ámbito en el que las tareas estén interrelacionadas y sea importante controlar el avance y los riesgos. Es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que permite representar de forma gráfica y secuencial las tareas necesarias para completar un proyecto, mostrando las relaciones de dependencia entre ellas y estimando los tiempos previstos para su realización.
Para su elaboración se siguen las siguientes pautas:

- Actividades por realizar y tiempos adjudicados a cada una de ellas
  - A) Marcado de puntos: 1 día
  - B) Ahoyado manual: 1 día
  - C) Distribución y plantación de la planta: 1 día
  - D) Siembra: 1 día
  - E) Realización de microcuenca con alcorque: 2 días (1 para la plantación y 1 para la siembra)
  - F) Colocación de tubos protectores: 2 días
  - G) Colocación de malla cinegética: 3 días
  - H) Instalación de sensores: 1 día

- Cuadro de precedentes: en él se indican las actividades que deben completarse antes de ejecutar cada una de las fases previstas en el proyecto.

Tabla 2. Cuadro de relaciones de actividades precedentes a ejecutar en el proyecto.

Actividades	Actividades precedentes
A	-
B	A
C	A,B
D	A
E1	A,B,C
E2	A,D
F	E1
G	E2
H	F,G

- Matriz de encadenamiento: se muestran de manera más detallada las relaciones entre las actividades.

Tabla 3. Matriz de encadenamiento de las actividades del proyecto.

	A	B	C	D	E1	E2	F	G	H
A									
B	x								
C	x	x							
D	x								
E1	x	x	x						
E2	x			x					
F					x				
G						x			
H							x	x	

- Diagrama de Pert: una vez que se ha realizado el estudio de las actividades y sus relaciones, se elabora el diagrama de PERT, para observar posibles retrasos en las actuaciones.

  En el diagrama de red de PERT se muestran dos valores para los tiempos de ejecución. En la parte superior, en color verde, se indica la duración prevista de las tareas cuando todo transcurre conforme a lo planificado sin retrasos, reflejando el escenario más optimista. Por el contrario, en la parte inferior, en color rojo, aparecen los tiempos máximos de inicio y finalización, que contemplan los posibles retrasos acumulados durante el proceso, pero que aun así permitirían completar las actividades dentro del plazo establecido.

  La actuación A (marcado de los puntos) tiene una duración de 1 día y, hasta el inicio de la actuación B (ahoyado manual), transcurren dos días no laborables. Entre las actuaciones B (ahoyado manual) y C (plantación manual) se establece un intervalo de entre 21 y 30 días, con el fin de permitir que el suelo atempere adecuadamente y considerando además posibles condiciones climáticas que puedan impedir la plantación. En coherencia con esta secuencia, entre las actuaciones C (plantación manual) y E (realización de microcuenca con alcorque) transcurre únicamente 1 día, puesto que estas operaciones deben ejecutarse de manera consecutiva, del mismo modo que entre las actuaciones E (realización de microcuenca con alcorque) y F (colocación de tubos protectores).

  En la segunda línea de trabajo, entre las actuaciones A (marcado de los puntos) y D (siembra) transcurren aproximadamente 11 semanas, equivalentes a unos 77

días, debido a que la actuación A (marcado de puntos) se lleva a cabo en otoño, mientras que la D (siembra) tiene lugar en primavera. Siguiendo esta misma lógica, entre las actuaciones D (siembra) y E (realización de microcuenca con alcorque) se deja un intervalo de 1 día, al igual que entre E (realización de microcuenca con alcorque) y G (colocación de malla cinegética), dado que estas tareas requieren ejecutarse de forma continuada para garantizar la adecuada protección tanto de las semillas como de las plántulas.

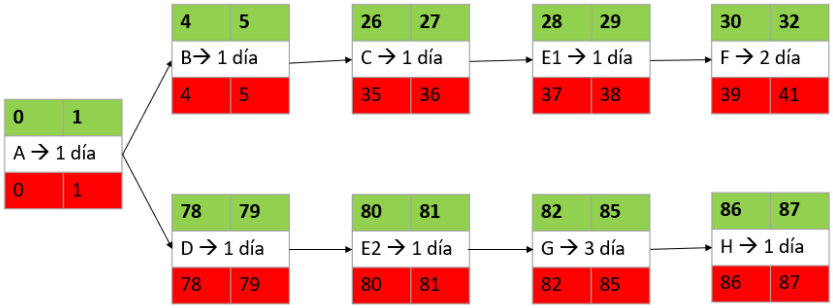


Figura 1. Diagrama PERT sobre las distintas actividades del proyecto.

Tabla 4. Holgura de las actividades del proyecto en días.

Actividades	Holgura
A (Marcado de puntos)	1-1=0
B (Ahoyado manual)	5-5=0
C (Distribución y plantación manual)	27-36=9
D (Siembra manual)	79-79=0
E (Realización de microcuenca)	29-38=9 81-81=0
F (Colocación de tubos protectores)	32-41=9
G (Colocación malla cinegética)	85-85=0
H (Instalación de sensores)	87-87=0

Como se puede observar, si se retrasa el proceso de plantación por dejar más tiempo el suelo en tempero o porque se produce alguna situación meteorológica que retrase la plantación, todas las actuaciones que van después se verán atrasadas.

Tabla 5. Ejecución del proyecto para las fechas más tardías.

Mes	SEP (I)				OCT (I)				NOV (I)				MAR (II)				ABR (II)			
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Marcado																				
Ahoyado																				
Distribución																				
Plantación																				
Siembra																				
Realización de microcuenca con alcorque																				
Colocación tubos protectores																				
Colocación malla cinegética																				
Colocación e instalación de sensores																				

Si los trabajos de plantación se atrasan 9 días más, la ejecución de las microcuencas y la colocación de tubos protectores se atrasarán hasta la segunda semana de noviembre, lo que podría perjudicar al establecimiento de las plántulas.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XV. Justificación de precios

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XV JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

1. Precios básicos 1
1.1 Coste de la mano de obra 1
1.2 Coste de los materiales 1
1.3 Costes indirectos 2
2. Cuadro de precios de las unidades de obra descompuestas 4
2.1 Capítulo I: Preparación del terreno 4
2.2 Capítulo II: Plantación y siembra 4
2.3 Capítulo III: Monitorización de riego 7
2.4 Capítulo IV: Seguridad y salud 7

1. Precios básicos

Para la justificación de los precios básicos se han consultado distintas Tarifas Forestales, seleccionando en cada caso aquellas que ofrecían información adecuada para las actuaciones previstas. En concreto, se han revisado las Tarifas Forestales de Navarra, las Tarifas de TRAGSA y las Tarifas Forestales de Extremadura.

1.1 Coste de la mano de obra

Para la realización de los trabajos de restauración se necesitará mano de obra cualificada, variando en función de la tarea. La jornada será de 8 horas diarias con un descanso de 30 minutos, por lo que el jornal diario será de 7,5 horas, de lunes a viernes.

Tabla 1. Coste por hora de la mano de obra.

Mano de obra	Precio simple (€/h)
Jefe cuadrilla R.G	28
Peón Forestal R.G	22
Peón	11,08
Capataz	15,06
Peón (Tragsa)	21,76
Jefe de cadrilla forestal	22,54

1.2 Coste de los materiales

A continuación, se elabora una tabla con los materiales utilizados en la restauración y su precio simple. Es importante tener en cuenta que el precio del transporte de la planta se incluye en el precio de la unidad de planta.

Tabla 2. Precios simples de los materiales.

Material	Precio simple
Pintura spray ecológica	18,15€/l
Estaca de madera	0,53€/ud
GPS de precisión	10,34 €/h
Tubo protector 120 cm	1,72€/ud
Tutor de acacia o similar 150 cm	2,57€/ud
Planta de *Quercus faginea* en alveolo de 250 cm^3 Posee categoría MFR, en vivero	0,583€/ud
Ud de planta de *Rhamnus saxatilis* en alveolo de 250 cm^3 Posee categoría MFR, en vivero	0,715€/ud
Ud de planta de *Crataegus monogyna* en alveolo de 250 cm^3 Posee categoría MFR, en vivero	0,638€/ud
Ud de planta de *Rosa canina* en alveolo de 250 cm^3 Posee categoría MFR, en vivero	0,638€/ud
Ud de planta de *Genista scorpius* en alveolo de 250 cm^3 Posee categoría MFR, en vivero	0,715€/ud
Ud de semilla de *Lonicera etrusca*	3€/g
Ud de semilla de *Lavandula latifolia* ES.09-25-0560	2,50€/100 ud
Ud de semilla de *Salvia lavandulifolia* ES.09-25-0560	2,50€/60 ud
Ud de semilla de *Satureja montana* ES.09-25-0560	2,50€/50 ud
Ud de semilla de *Thymus vulgaris* ES.09-25-0560	2,50€/300 ud
Ud de semilla de *Ononis sp*	479€/kg
Sensor nodo suelo	300€/ud
Sensor nodo de pluviometría	200€/ud
Gateway	400€/ud

1.3 Costes indirectos

Para la estimación de los Costes Indirectos del proyecto ha sido necesario comparar diferentes referencias oficiales que establecen porcentajes orientativos para este tipo de gastos. Las Tarifas de Navarra contemplan un intervalo comprendido entre el 1% y el 2,5%**,** mientras que las Tarifas Tragsa 2025 fijan un valor del 6,70%, incluyendo dentro de dicho porcentaje los medios auxiliares generales necesarios para la ejecución de la obra.

Dado que las Tarifas de Navarra tienen un ámbito territorial limitado y están diseñadas específicamente para esa comunidad autónoma, mientras que Tragsa constituye una entidad estatal cuyas tarifas poseen un carácter más general y aplicable a proyectos de restauración de diversa tipología, se ha considerado más adecuado adoptar un valor que

se aproxime al establecido por Tragsa. No obstante, con el objetivo de mantener una estimación prudente y equilibrada, se han desglosado los costes de la siguiente manera:

- 3% correspondiente a los Costes Indirectos propiamente dichos.
- 1% destinado a Medios Auxiliares.

Este reparto permite obtener un porcentaje total del 4%, intermedio entre los valores autonómicos y el 6,70% recogido por Tragsa, pero más próximo a este último por su mayor validez general y aplicabilidad en obras de restauración forestal.

Los Costes Indirectos recogen todos aquellos gastos necesarios para la ejecución del proyecto que no pueden imputarse directamente a una unidad de obra específica. Entre ellos se incluyen:

- Gastos de personal técnico de apoyo, coordinación, calidad y medioambiente.
- Uso de oficinas, equipos informáticos, comunicaciones y otros recursos administrativos.
- Medios auxiliares generales indispensables para el desarrollo global de la obra, pero no atribuibles a partidas concretas del presupuesto.

Es importante señalar que, conforme a las directrices establecidas en la Memoria de Tarifas Tragsa 2025, los capítulos de Seguridad y Salud **y** Control de Calidad quedan expresamente excluidos de este porcentaje, por lo que se valoran en capítulos independientes dentro del presupuesto general.

En conjunto, la elección de un porcentaje intermedio, pero más próximo al valor de referencia estatal, garantiza una estimación económicamente coherente, conservadora y metodológicamente alineada con los criterios habitualmente empleados en proyectos de restauración hidrológico-forestal a nivel nacional.

2. Cuadro de precios de las unidades de obra descompuestas

2.1 Capítulo I: Preparación del terreno

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
1.1	NRPO032		m	Metro lineal de replanteo o de señalamiento sobre terreno			
	O001	0,005	h	Peón forestal R.G	22	0,11	
	O002	0,005	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,14	
	P0427	0,01	l	Spray ecológico	18,15	0,182	
	P0428	0,1	ud	Estaca de madera	0,53	0,053	
	MX020	0,005	h	GPS de precisión	10,34	0,0517	
	%	1	%	Medios auxiliares	0,54	0,0054	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,55	0,02	
					Total partida:		**0,57**
1.2	NRPT021		ud	Ahoyado manual, hoya semiabierta, suelo tránsito, pte<50% y d:<400 pies/ha			
	O001	0,0615	h	Peón forestal R.G	22	1,353	
	O002	0,0086	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,2408	
	%	1	%	Medios auxiliares	1,59	0,016	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,62	0,05	
					Total partida:		**1,67**

2.2 Capítulo II: Plantación y siembra

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
2.1	NRPO003		Ud	Distribución de planta en envase en terreno con pendiente <50% (mu)			
	O001	0,00153	h	Peón forestal R.G	22	0,03	
	O002	0,00022	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,0062	
		1	%	Medios auxiliares		0,0036	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,04	0,0012	
					Total partida:		**0,04**
2.2	NRPP009		Ud	Plantación T2, suelo suelto-tránsito, pte<50% y d:<400 pies/ha			
	O001	0,0282	h	Peón forestal R.G	22	0,6204	
	O002	0,004	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,112	
		1	%	Medios auxiliares		0,001	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,73	0,02	
					Total partida:		**0,75**
2.3	VFA1		Ud	Ud de planta *Quercus faginea* en alveolo 250 cc con trasporte incluido			

		1	Ud	*Quercus faginea* alveolo 250 cc	0,583	0,583	
					Total partida:		**0,583**
2.4	VFA2		Ud	Ud de planta de *Rhamnus saxatilis* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	Rhamnus saxatilis alveolo 250 cc	0,715	0,715	
					Total partida:		**0,715**
2.5	VFA3		Ud	Ud de planta de *Crataegus monogyna* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Crataegus monogyna* alveolo 250 cc	0,638	0,64	
					Total partida:		**0,64**
2.6	VFA4		Ud	Ud de planta de *Rosa canina* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Rosa canina* alveolo 250 cc	0,638	0,64	
					Total partida:		**0,64**
2.7	VFA5		Ud	Ud de planta de *Genista scorpius* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Genista scorpius* alveolo 250 cc	0,715	0,715	
					Total partida:		**0,715**
2.8	SOGF24.C.2.14		Ud	Siembra de especies previamente seleccionadas, a poca profundidad con preparación manual del hoyo de siembra			
	MO1	0,043	h	Peón	11,08	0,48	
	MO21	0,004	h	Capataz	15,06	0,06	
	%	1	%	Medios auxiliares	542,68	0,0054	
	%001	3	%	Costes indirectos	548,11	0,016	
					Total partida:		**0,57**
2.9	SV1			Semilla de *Lonicera etrusca*			
		1	g	*Lonicera etrusca*	3	3	
					Total partida:		**3,00**
2.10	SV2			Semilla de *Lavandula latifolia*			
		100	Ud	*Lavandula latifolia*	2,5	2,5	
					Total partida:		**2,50**
2.11	SV3			Semilla de *Salvia lavandulifolia*			

		60	uds	*Salvia lavandulifolia*	2,5	2,5	
					Total partida:		**2,50**
2.12	SV4			Semilla de *Satureja montana*			
		50	Ud	*Satureja montana*	2,50	2,50	
					Total partida:		**2,50**
2.13	SV5			Semilla de *Thymus vulgaris*			
		300	Ud	*Thymus vulgaris*	2,50	2,50	
					Total partida:		**2,50**
2.14	SV6			Semilla de *Ononis tridentata*			
		1	kg	*Ononis tridentata*	479	479	479
					Total partida:		**479**
2.15	NRPO017		Ud	Realización de microcuenca con pequeño alcorque			
	O001	0,0263	h	Peón	22	0,5786	
	O002	0,0038	H	Jefe	28	0,1064	
		1	%	Medios auxiliares		0,01	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,695	0,021	
					Total partida:		**0,716**
2.16	F02136		m	Colocación de malla protectora cinegética de 2 m ceñida alrededor de tres postes sin tornear, diámetro 6-8 cm con punta separados un metro			
	O01007	0,219	h	Peón	21,76	4,77	
	O01009	0,029	h	Jefe	22,54	0,65	
	P06004	3	Ud	Poste	5,4	16,2	
	P06027	3	m	Malla anudada galvanizada	1,9	5,7	
		1	%	Medios auxiliares		0,27	
	%001	3	%	Costes indirectos	27,59	0,83	
					Total partida:		**28,42**
2.17	NRPO007		ud	Colocación de tubo protector de 120 cm de altura con tutor			
	O001	0,1328	h	Peón	22	2,92	
	O002	0,019	h	Jefe	28	0,532	
	MA028	0,0185	h	Vehículo todoterreno	11,13	0,21	
	P0402	1	Ud	Tubo protector	1,72	1,72	
	P0413	1	Ud	Tutor de madera o similar	2,57	2,57	
		1	%	Medios auxiliares		0,08	
	%001	3	%	Costes indirectos	8,03	0,24	
					Total partida:		**8,27**
2.18	NRPM0403		Ud	Retirada con tutor de tubo protector de 120 cm de altura			

	O001	0,066	h	Peón	22	1,45	
	O002	0,008	h	Jefe	28	0,22	
	MA028	0,019	h	Vehículo todoterreno	11,13	0,212	
		1	%	Medios auxiliares		0,02	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,9	0,06	
					Total partida:		**1,96**

2.3 Capítulo III: Monitorización de riego

Nº orden	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Precio (€/ud)	Importe (€/ud)
3.1	Ud	Nodo de suelo	1	300	300
	%	Costes indirectos	3		9
			Total partida:		**309**
3.2	Ud	Nodo de pluviometría	1	200	200
	%	Costes indirectos	3		6
			Total partida:		**206**
3.3	Ud	Gateway	1	400	400
	%	Costes indirectos	3		12
			Total partida:		**412**
3.4	Ud	Instalación, configuración y puesta en marcha de sensores	1	2000	2000
	%	Costes indirectos	3		60
			Total partida:		**2060**

2.4 Capítulo IV: Seguridad y salud

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
4.1	SS.1.1	1	Ud	Casco de seguridad homologado, para la protección de la cabeza de golpes	2,74	2,74	
		1	%	Medios auxiliares		0,03	
	%001	3	%	Costes indirectos	2,77	0,08	
					Total partida:		**2,85**
4.2	SS.1.3	1	Ud	Gafas protectoras homologadas contra partículas y polvo	7	7	
		1	%	Medios auxiliares		0,07	
	%001	3	%	Costes indirectos	7,07	0,21	
					Total partida:		**7,28**
4.3	SS.1.5	1	Ud	Mascarilla de 1 filtro contra partículas	1,71	1,71	
		1	%	Medios auxiliares		0,02	

	%001	3	%	Costes indirectos	1,73	0,05	
					Total partida:		**1,78**
4.4	SS.2.1	1	Ud	Cinturón antilumbago	13,63	13,63	
		1	%	Medios auxiliares		0,14	
	%001	3	%	Costes indirectos	13,77	0,41	
					Total partida:		**14,18**
4.5	SS.2.3	1	Ud	Mono de trabajo de poliéster-algodón	14,98	14,98	
		1	%	Medios auxiliares		0,15	
	%001	3	%	Costes indirectos	15,13	0,45	
					Total partida:		**15,58**
4.6	SS.2.8	1	Ud	Peto reflectante	9,55	9,55	
		1	%	Medios auxiliares		0,096	
	%001	3	%	Costes indirectos	9,65	0,29	
					Total partida:		**9,93**
4.7	SS.3.1	1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón	1,77	1,77	
		1	%	Medios auxiliares		0,018	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,79	0,05	
					Total partida:		**1,84**
4.8	SS.4.6	1	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente a la perforación	25,39	25,39	
		1	%	Medios auxiliares		0,254	
	%001	3	%	Costes indirectos	25,64	0,77	
					Total partida:		**26,41**
4.9	SS.4.1	1	Ud	Par de botas altas de agua	8,17	8,17	
		1	%	Medios auxiliares		0,082	
	%001	3	%	Costes indirectos	8,25	0,25	
					Total partida:		**8,50**
4.10	SS.6.8	1	Ud	Extintor polvo ABC 9 kg	63	63	
		1	%	Medios auxiliares		0,63	
	%001	3	%	Costes indirectos	63,63	1,91	
					Total partida:		**65,54**
4.11	SS.6.10	1	Ud	Botiquín portátil de obra	44,82	44,82	
		1	%	Medios auxiliares		0,448	
	%001	3	%	Costes indirectos	45,27	1,36	
					Total partida:		**46,63**
4.12	YMR010	1	Ud	Reconocimiento médico anual obligatorio	150,11	150,11	
		1	%	Medios auxiliares		1,50	
	%001	3	%	Costes indirectos	151,61	4,55	
					Total partida:		**156,16**

4.13	P40205	1	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra de 1,70x0,90x2,30 metros	89,18	89,18	
		1	%	Medios auxiliares		0,982	
	%001	3	%	Costes indirectos	90,07	2,70	
					Total partida:		**92,77**
4.14	P40208	1	Mes	Alquiler caseta prefabricada vestuarios en obra de 4,20x2,33,2,30 metros	117,58	117,58	
		1	%	Medios auxiliares		1,176	
	%001	3	%	Costes indirectos	118,76	3,56	
					Total partida:		**122,32**
4.15	P40213	1	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento	93,5	93,5	
		1	%	Medios auxiliares		0,935	
	%001	3	%	Costes indirectos	94,44	2,83	
					Total partida:		**97,27**
4.16	YPC060	1	Ud	Transporte de caseta prefabricada de obra hasta una distancia máxima de 200 km	303,86	303,86	
		1	%	Medios auxiliares		3,04	
	%001	3	%	Costes indirectos	306,9	9,21	
					Total partida:		**316,11**

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XVI. Legislación aplicable

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XVI. LEGISLACIÓN APLICABLE

1. Introducción 2
2. Legislación forestal 2
2.1 Nivel europeo 2
2.1.1 Políticas y estrategias actuales 2
2.1.2 Normativa europea 3
2.2 Normativa nacional 4
2.2.1 Políticas y estrategias actuales 4
2.2.2 Legislación sobre montes 4
2.2.3 Legislación sobre material forestal 5
2.2.4 Legislación de impacto ambiental 5
2.2.5 Legislación de aguas 5
2.3 Legislación autonómica 5
2.3.1 Políticas y estrategias actuales 6
3. Legislación de seguridad y salud laboral 6
4. Legislación sobre redacción de proyectos 7
5. Referencias bibliográficas 8

1. Introducción

La realización de un proyecto requiere de un conocimiento previo de la legislación que afecta tanto a la ejecución como a la futura explotación de la actuación. En este anejo se recogen las leyes, reglamentos, normativas, directivas y decretos aplicables a los temas que aborda el proyecto, realizando una clasificación según sea legislación europea, nacional, autonómica o local.

Esta recopilación permite garantizar que el desarrollo del proyecto cumple con los requisitos legales y técnicos exigidos, asegurando su viabilidad, seguridad y sostenibilidad ambiental.

2. Legislación forestal

2.1 Nivel europeo

2.1.1 Políticas y estrategias actuales

La Unión Europea busca promover el desarrollo sostenible, la conservación y recuperación de los ecosistemas, la mitigación del cambio climático, la mejora de la calidad de vida, la lucha contra la desertificación y la gestión sostenible del suelo mediante un marco estratégico y normativo en el que se integran numerosas leyes, directivas, políticas y reglamentos que es necesario cumplir para alcanzar los objetivos establecidos.

Entre estas políticas destacan la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, s.f), que establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, s.f) para proteger el planeta mediante la conservación de la biodiversidad, la acción climática y la gestión sostenible de recursos naturales. Entre ellos cabe destacar el Objetivo 15: Gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad, relacionado íntegramente con el objetivo de la restauración hidrológico forestal que se va a realizar.

Complementando esta política, la Estrategia de la UE sobre Biodiversidad 2030 (Comisión Europea, 2020) apuesta por la protección y restauración de la naturaleza mediante modelos productivos más sostenibles.

Otra de las políticas establecidas es la Estrategia de la UE para el Suelo 2030 (Comisión Europea, 2020) que busca promover una gestión sostenible del suelo y evitar la degradación, contaminación y erosión del mismo.

Adicionalmente, el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2019) busca transformar la economía europea hacia la neutralidad climática para 2050.

En el caso del proyecto de restauración hidrológico-forestal que se plantea, se enmarca plenamente en los compromisos asumidos por la Unión Europea y Naciones Unidas en

materia de sostenibilidad, biodiversidad y gestión del territorio. Este proyecto busca la recuperación de suelos degradados, mejora de servicios ecosistémicos, la protección de especies autóctonas, la adaptación al cambio climático, la restauración de ecosistemas y el fomento de una gestión sostenible de los recursos naturales.

2.1.2 Normativa europea

En el marco legislativo destacan:

- **Directiva 92/43/CEE** del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.
- **Directiva 1999/105/CE** del Consejo de 22 de diciembre de 1999 sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción.
- **Directiva 2000/60/CE** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- **Directiva 2009/147/CE**, del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres.
- **Directiva 2011/92/UE** del Parlamento europeo y del Consejo de 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. Modificado el 15/05/2014.
- **Reglamento (UE) 2016/2031** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de octubre de 2016, relativo a las medidas de protección contra plagas de los vegetales, por el que se modifican los Reglamentos (UE) nº 228/2013, (UE) nº 652/2014 y (UE) nº 1143/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan las Directivas 69/464/CEE, 74/647/CEE, 93/85/CEE, 98/57/CEE, 2000/29/CE, 2006/91/CE y 2007/33/CE del Consejo.
- **Reglamento (UE) 2024/1991** del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de junio de 2024, relativo a la restauración de la naturaleza y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2022/869.
- **Reglamento (CEE) nº1485/2001** del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de junio de 2001 por el que se modifica el Reglamento (CEE) en 2158/92 del Consejo relativo a la protección de los bosques comunitarios contra los incendios.
- **Reglamento de Ejecución (UE)** nº 607/2012 de la Comisión, de 6 de julio de 2012, relativo a las normas detalladas en relación con el sistema de diligencia debida y con la frecuencia y la naturaleza de los controles sobre las entidades de supervisión contempladas en el Reglamento (UE) n ° 995/2010 del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las obligaciones de los agentes que comercializan madera y productos de la madera.
- **Reglamento CE 1107/2009** del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009 relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo. Ultima modificación el 21/11/2022.
- **Reglamento CE 1737/2006** de la Comisión, de 7 de noviembre de 2006, por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) 2152/2003 del

Parlamento Europeo y del Consejo sobre el seguimiento de los bosques y de las interacciones medioambientales en la Comunidad.

- **2012/90/UE**: Recomendación de la Comisión de 14 de febrero de 2012 por la que se establecen las directrices para la presentación de la información relativa a la identificación de los lotes de materiales forestales de reproducción y de la información que debe figurar en la etiqueta o el documento del proveedor.

2.2 Normativa nacional

2.2.1 Políticas y estrategias actuales

El territorio español cuenta con distintas políticas y estrategias para la protección ambiental, constituyendo una herramienta clave para la conservación de los recursos del suelo y el agua, la defensa frente a la erosión y la desertificación, la recuperación de paisajes degradados y de la funcionalidad de los ecosistemas. Algunas de esas políticas son:

- **Plan Forestal Español 2022-2032**: desarrolla líneas de restauración ecológica, recuperación de masas forestales, lucha contra la erosión, desertificación e incendios y promoción de la gestión sostenible del territorio forestal.
- **Estrategia Forestal Española Horizonte 2050**: busca conseguir la gestión correcta de los sistemas forestales, considerando la resiliencia ante el cambio climático y realizando su protección frente a amenazas como el abandono forestal o los incendios.
- **Plan Nacional de Actuaciones Prioritarias en materia de Restauración Hidrológico-Forestal, Control de la Erosión y Defensa contra la Desertificación**: herramienta que planifica las actuaciones de restauración, conservación y mejora de la cubierta vegetal.
- **Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas**: herramienta que busca asegurar la funcionalidad de los ecosistemas, la conectividad ecológica, la mitigación del cambio climático, la desfragmentación de hábitats y la prevención y restauración del territorio nacional.
- **Planes de Acción Nacional contra la Desertificación**: estrategia para combatir la erosión, pérdida de suelo y desertificación, y la recuperación de terrenos degradados.
- **Plan Nacional de Restauración**: en redacción y vinculado al Reglamento de la Restauración de la Naturaleza de la UE. Este plan se construye sobre iniciativas como la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas y el Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

2.2.2 Legislación sobre montes

- **Ley 43/2003**, de 21 de noviembre, de Montes, modificada por la ley 21/2015, de 20 de julio.

- **Decreto 485/1962**, de 22 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Montes.

2.2.3 Legislación sobre material forestal

- **Ley 43/2002**, de 20 de noviembre, de Sanidad Vegetal.
- **Ley 30/2006**, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos.
- **Real Decreto 289/2003**, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción.
- **Real Decreto 1891/2008**, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento para la autorización y registro de los productores de semillas y plantas de vivero y su inclusión en el Registro nacional de productores.
- **Orden de 17 de mayo de 1993** por la que se establece la normalización de los pasaportes fitosanitarios destinados a la circulación de determinados vegetales, productos vegetales y otros objetos dentro de la comunidad, y por la que se establecen los procedimientos para la expedición de tales pasaportes y las condiciones y procedimientos para su sustitución.
- **Resolución de 28 de julio de 2009**, de la Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos, por la que se autoriza y publica el Catálogo Nacional de las Regiones de Procedencia relativa a diversas especies forestales.

2.2.4 Legislación de impacto ambiental

- **Ley 26/2007**, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- **Ley 42/2007**, de 13 de diciembre, del Patrimonio Nacional y de la Biodiversidad
- **Ley 21/2013**, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental.
- **Ley 9/2018**, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013, de diciembre, de evaluación ambiental.
- **Real Decreto 1997/1995**, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Actualizado el 14/12/2007.
- **Real Decreto 556/2011**, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.

2.2.5 Legislación de aguas

- **Real Decreto Legislativo 1/2001**, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- **Ley 10/2001,** de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional.

2.3 Legislación autonómica

Es necesario considerar el conjunto de disposiciones autonómicas que establecen el marco jurídico al que debe ajustarse la actuación, garantizando que las medidas propuestas se desarrollen conforme a los criterios de sostenibilidad, coherencia ecológica y protección del patrimonio natural definidos por comunidad autónoma.

2.3.1 Políticas y estrategias actuales

- **Plan Forestal de Castilla y León 2002-2029**
- **Plan director para la implantación y gestión de la Red Natura 2000** en Castilla y León, aprobado por Acuerdo 15/2015, de 19 de marzo, de la Junta de Castilla y León.
- **Ley 3/2009** del 6 de abril de Montes de Castilla y León.
- **Ley 4/2015**, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León.
- **Decreto 55/2002** del 11 de abril, por el que se aprueba el Plan Forestal de Castilla y León.
- **Decreto 12/2025,** de 4 de septiembre, por el que se regula la planificación y ordenación forestal en Castilla y León.

3. Legislación de seguridad y salud laboral

El proyecto debe garantizar la protección de los trabajadores y trabajadoras, y la prevención de riesgos laborales durante todas las fases de actuación. Esta legislación establece la normativa que deben cumplir promotores, contratistas y personal técnico en materia de evaluación de riesgos, planificación preventiva, formación y adopción de medidas de seguridad. Con el cumplimiento de esta normativa se garantiza que las actuaciones de restauración se ejecuten de manera segura y minimizando riesgos.

- Constitución Española del 6 de diciembre de 1978, artículos 40 y 43.
- Estatuto de los trabajadores.
- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- **Ley 54/2003**, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- **Real Decreto 39/1997** del 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 487/1997** de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores.
- **Real Decreto 664/1997**, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- **Real Decreto 665/1997**, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- **Real Decreto 773/1997** del 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.

- **Real Decreto 1215/1997** del 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 1627/1997** del 24 de octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- **Real Decreto 614/2001**, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- **Real Decreto 212/2002**, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- **Real Decreto 1311/2005**, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.
- **Real Decreto 920/2017** de 23 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos.
- **Ley Orgánica 3/2007**, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres. Disposición adicional duodécima. Modificaciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

4. Legislación sobre redacción de proyectos

La redacción del proyecto debe realizarse conforme al marco legal vigente en materia de contratación pública y normativa técnica aplicable, garantizando la coherencia entre los objetivos del proyecto, los criterios de seguridad, funcionalidad, sostenibilidad y eficiencia económica para llevar a cabo el proyecto.

- **Ley 9/2017**, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público
- **Reglamento 1098/2001**, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- **ORDEN CIRCULAR 2/1986**. Normas para la redacción de proyectos básicos.
- **ORDEN CIRCULAR 1/2009**. Instrucciones complementarias para la tramitación de proyectos.
- **RESOLUCIÓN CIRCULAR 3/2006**. Sobre medidas a adoptar en materia de seguridad en el uso de instalaciones y medios auxiliares de obra.
- Norma UNE 157001:2014. Criterios generales para la elaboración formal de los documentos que constituyen un proyecto técnico.
- Norma ISO 21500 de 2013. Directrices para la Dirección y Gestión de Proyectos.

5. Referencias bibliográficas

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Agenda para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. Recuperado el 19 de octubre de: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Naciones Unidas. Recuperado el 19 de octubre de: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Comisión Europea. (2020). *Estrategia de la Unión Europea sobre la biodiversidad de aquí a 2030: Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas*. Comisión Europea. Recuperado el 19 de octubre de: https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en?prefLang=es&etrans=es

Comisión Europea. (2021). *Estrategia de la Unión Europea sobre el suelo para 2030: Cuidar el suelo, es cuidar la vida*. Comisión Europea. Recuperado el 19 de octubre de: https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health/soil-strategy-2030_en

Comisión Europea. (2019). *Pacto Verde Europeo (European Green Deal)*. Comisión Europea. Recuperado el 19 de octubre de: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Boletín Oficial del Estado (BOE). (s.f). *Base de datos de legislación vigente de España*. Gobierno de España. https://www.boe.es/

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XVII. Estudio básico de seguridad y salud

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XVII. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

1. Antecedentes y datos generales 1
1.1 Justificación del estudio básico de seguridad y salud 1
1.2 Objeto del estudio básico de seguridad y salud 1
1.3 Agentes implicados 1
1.4 Características del proyecto 2
1.5 Servicios sanitarios 2
1.5.1 Medidas preventivas 2
1.5.2 Centros sanitarios 3
1.5.3 Información de interés 3
1.6 Descripción de la obra 3
2. Normativa de seguridad aplicable 4
3. Identificación de riesgos laborales y medidas preventivas 5
3.1 Descripción de los puestos de trabajo 5
3.2 Identificación de los riesgos laborales y medidas preventivas en los diferentes puestos de trabajo 5
3.2.1 Lugar de trabajo 5
3.2.2 Manejo de herramientas manuales 5
3.2.3 Afecciones al tráfico 6
3.2.4 Desplazamientos en vehículo 6
4. Equipos de protección de la obra 6
4.1 Protección individual 6
4.2 Protección colectiva 7
5. Obligaciones del promotor 7
6. Coordinador en materia de seguridad y salud 8
7. Formación de los trabajadores 8
8. Servicios comunes 8
9. Libro de incidencias 9
10. Paralizaciones en los trabajos 9
11. Presupuesto 9
11.1 Presupuesto parcial en Seguridad y Salud 9
11.2 Presupuesto general 11

1. Antecedentes y datos generales

1.1 Justificación del estudio básico de seguridad y salud

El estudio básico de seguridad y salud se realiza de acuerdo con el Real Decreto 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, que obligan a realizar un Estudio de Seguridad y Salud o un Estudio Básico de Seguridad y Salud. Este estudio pone de manifiesto las normas de seguridad y salud aplicables a las obras, para evitar accidentes laborales y velando por el bienestar físico de los trabajadores.

Las premisas requeridas para la elaboración de un Estudio de Seguridad y Salud completo son:

- Que el presupuesto de Ejecución por Contrata incluido del Proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas o 450.000€ aproximadamente al cambio.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose como tal la suma de los días del total de los trabajadores de la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

Como el proyecto no cumple ninguna de estas premisas, se elaborará un estudio Básico de Seguridad y Salud.

1.2 Objeto del estudio básico de seguridad y salud

El objetivo general del estudio es realizar las actuaciones que forman parte del proyecto, de forma segura, mediante el cumplimiento de los siguientes objetivos:

- Establecimiento de normativa sobre el uso de equipo para evitar riesgos.
- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Informar al personal de las responsabilidades sobre seguridad y dar formación extra en caso de que sea necesario.
- Organización del trabajo para minimizar riesgos.
- Evitar situaciones peligrosas y accidentes producto de la improvisación o falta de medios.
- Señalar los riesgos y detectarlos a tiempo para garantizar la seguridad.

1.3 Agentes implicados

Los agentes implicados en el proyecto en relación con la información de seguridad y salud son los siguientes:

- Promotor: Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato.
- Autor del proyecto: Sheila Aparicio Iñigo.
- Autor del Estudio Básico de Seguridad y Salud: Sheila Aparicio Iñigo.
- Jefe de obra: a determinar.
- Coordinador de Seguridad y Salud: a determinar.

1.4 Características del proyecto

- Proyecto de referencia: Restauración Hidrológico-Forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato.
- Objeto del proyecto: realizar una restauración de la ladera para revertir su degradación mediante la creación de microcuencas y la introducción de vegetación autóctona.
- Emplazamiento: ladera "Valdenebro", en el término municipal de Reinoso de Cerrato. Para más información consultar el Plano 1 Localización y el Plano 2 Situación.
- Presupuesto de Ejecución Material: 36012,42€
- Presupuesto de Ejecución por Contrata: 51822,51€
- Número de trabajadores: 3 peones y 1 jefe de cuadrilla
- Calendario de ejecución: la preparación del terreno se realizará la tercera y cuarta semana de septiembre, la plantación se realizará la cuarta semana de octubre, coincidiendo con la realización de las microcuencas y la colocación de los tubos protectores, y finalmente la siembra se realizará la tercera semana de marzo, coincidiendo con la realización de microcuencas y la colocación de la malla cinegética.

1.5 Servicios sanitarios

1.5.1 Medidas preventivas

De acuerdo con el Real Decreto 486/97, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, toda obra debe disponer de material de primeros auxilios en función del número de trabajadores, los riesgos a los que se vean expuestos y la distancia al centro de asistencia médica más cercano.

El material de primeros auxilios debe ser accesible, estar bien señalizado y debe contar con una revisión periódica para su reposición. Este material debe ser como mínimo, un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

En el caso de que la obra tenga más de 50 trabajadores, de que la actividad desarrollada sea de gran peligrosidad o que el centro de asistencia médica más próximo sea difícil de acceder, deberá disponer de un local de primeros auxilios que deberá tener como mínimo, de un botiquín, una camilla y una fuente de agua potable.

1.5.2 Centros sanitarios

Los centros sanitarios más cercanos y accesibles a la zona del proyecto son:

- Centro de Salud de Baltanás:
  - Dirección: Avenida Juan José Lucas, 0 S/N, 34240 Baltanás, Palencia
  - Distancia: 16 km
  - Tipo de asistencia: primaria
  - Teléfono: 979 79 03 69
- Centro Médico de Magaz de Pisuerga:
  - Dirección: Avenida Virgen de Villaverde, 2, 34220 Magaz de Pisuerga, Palencia
  - Distancia: 10 km
  - Tipo de asistencia: primaria
  - Teléfono: 979 78 40 52
- Hospital San Telmo de Palencia:
  - Dirección: Avenida San Telmo, 34004 Palencia
  - Distancia: 14 km
  - Tipo de asistencia: primaria y urgencias
  - Teléfono: 979 16 70 00
- Hospital General Río Carrión de Palencia:
  - Dirección: Avenida Donantes de Sangre, s/n, 34005 Palencia
  - Distancia: 17 km
  - Tipo de asistencia: primaria y urgencias
  - Teléfono: 979 16 70 00
- Centro de Salud La Puebla de Palencia:
  - Dirección: Avenida Modesto Lafuente, 2, 34002 Palencia
  - Distancia: 16 km
  - Tipo de asistencia: primaria y urgencias
  - Teléfono: 979 76 01 85

1.5.3 Información de interés

Adicionalmente, se muestran los números de teléfono considerados de interés para cualquier tipo de incidencia.

- Emergencias: 112
- Bomberos: 080
- Guardia Civil: 062
- Policía Nacional: 091
- Policía Local: 092

1.6 Descripción de la obra

El objetivo de la obra es realizar una restauración hidrológico-forestal en la zona del proyecto, mediante la realización de una repoblación forestal buscando mejorar la calidad del suelo y revertir el daño causado por los procesos erosivos. Las actuaciones que se realizarán para conseguirlo serán:

- Marcado de puntos
- Preparación del terreno mediante ahoyado manual y posterior realización de alcorque.
- Implantación del material vegetal mediante siembra y plantación.
- Protección del material vegetal mediante la colocación de malla cinegética en las zonas de siembra y tubos protectores en las zonas de plantación.
- Instalación del sistema de monitoreo de riego, mediante la instalación de sensores en campo.
- Retirada de tubos protectores una vez que las plantas alcancen cierto vigor.
- Reposición de marras en caso de ser necesario.

2. Normativa de seguridad aplicable

- Constitución Española del 6 de diciembre de 1978, artículos 40 y 43.
- Estatuto de los trabajadores.
- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.
- **Ley 54/2003**, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- **Real Decreto 39/1997** del 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- **Real Decreto 486/1997**, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- **Real Decreto 487/1997** de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- **Real Decreto 664/1997**, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- **Real Decreto 665/1997**, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- **Real Decreto 773/1997** del 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización por los trabajadores de Equipos de Protección Individual.
- **Real Decreto 1215/1997** del 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- **Real Decreto 1627/1997** del 24 de octubre por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- **Real Decreto 614/2001**, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- **Real Decreto 212/2002**, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- **Real Decreto 1311/2005**, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas.

- **Real Decreto 920/2017** de 23 de octubre, por el que se regula la Inspección Técnica de Vehículos.
- **Ley Orgánica 3/2007**, de 22 de marzo, para la igualdad efectiva de mujeres y hombres. Disposición adicional duodécima. Modificaciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

3. Identificación de riesgos laborales y medidas preventivas

3.1 Descripción de los puestos de trabajo

En este proyecto, el puesto de trabajo que requiere mayor atención y es más susceptible a sufrir un accidente laboral es el Peón Especialista Forestal, ya que es el que realiza la preparación del terreno, la plantación y la colocación de protectores.

3.2 Identificación de los riesgos laborales y medidas preventivas en los diferentes puestos de trabajo

Los riesgos laborales que se pueden producir en los distintos puestos de trabajo son los siguientes.

3.2.1 Lugar de trabajo

Las actuaciones del proyecto se realizan en la propia ladera, en una zona con pendientes pronunciadas, por lo que los riesgos que se pueden producir en el lugar de trabajo son los siguientes:

- Caídas, tropiezos y resbalones.
- Golpes, cortes o pinchazos en la cabeza, torso, brazos, manos y piernas
- Cortes (malezas o alambradas)
- Inhalación de polvo ambiental
- Picaduras de insectos
- Sobreesfuerzos o carga física
- Exposición a temperaturas ambientales extremas
- Insolación o golpes de calor por la exposición prolongada al sol

3.2.2 Manejo de herramientas manuales

El proyecto incluye actuaciones como la elaboración de microcuencas, plantaciones y siembras, de forma manual con herramientas que pueden ocasionar ciertos riesgos.

- Caída de materiales o herramientas
- Sobreesfuerzos
- Golpes, cortes o pinchazos en cabeza, torso, brazos y piernas.
- Proyección de partículas

3.2.3 Afecciones al tráfico

En principio las actuaciones no afectarán a ninguna obra vecina ni provocarán afecciones al tráfico. En caso de afectar, se deberán realizar cortes puntuales de tráfico con pequeños desvíos, y en ese caso se producirán ciertos riesgos:

- Atropellos, vuelcos, atrapamientos y colisiones entre vehículos
- Choques contra objetos
- Golpes
- Proyección de partículas
- Polvo ambiental

3.2.4 Desplazamientos en vehículo

Se tendrán en cuenta tanto los desplazamientos de los trabajadores en su vehículo personal desde su lugar de residencia, como los movimientos con vehículos dentro de la obra. Aunque en las actuaciones no se utilicen vehículos, se tendrá en cuenta la llegada en vehículo de empresa hasta el lugar de trabajo. Riesgos del uso de vehículos todoterreno:

- Caídas
- Atropellos, vuelcos, atrapamientos y colisiones entre vehículos
- Golpes, cortes o pinchazos en cabeza, torso, brazos y piernas
- Choques contra objetos

4. Equipos de protección de la obra

4.1 Protección individual

Según el Artículo 2 del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, un Equipo de Protección Individual o EPI es cualquier dispositivo o medio del que puede disponer un trabajador con el fin de que le proteja contra uno o varios riesgos que pueden amenazar su salud y seguridad.

Por esta razón, es necesario y obligatorio que el trabajador lleve un equipo de protección individual para realizar las distintas actuaciones.

La lista de equipos de protección que viene en el Anexo II, del Real Decreto 773/1997 es la siguiente:

- Protección para la cabeza:
  - Cascos o gorras/pasamontañas/protectores
- Protección auditiva:
  - Orejeras
  - Tapones para los oídos
- Protección para los ojos y la cara:
  - Gafas de montura universal, gafas de montura integral y pantallas faciales
- Protección respiratoria:
  - Equipos filtrantes
- Protección para manos y brazos:
  - Guantes

- Protección para pies y piernas y protección antideslizante:
    - Calzado, incluyendo aquel con puntera reforzada de protección
    - Protectores de empeine extraíbles
    - Rodilleras
- Protección para la piel
    - Crema y lociones barrera
- Protección del cuerpo distinta de la protección de la piel:
    - EPI
    - Ropa de protección

4.2 Protección colectiva

Se considera preciso implementar en la ejecución del proyecto diversas medidas y elementos de protección colectiva que garanticen la seguridad de los trabajadores, y al mismo tiempo, informen y protejan a personas ajenas, en el caso de que puedan acceder o transitar por la zona de actuación. Estas medidas tienen un doble propósito, prevenir riesgos comunes en el entorno de trabajo y favorecer la comunicación y señalización adecuada. Las protecciones colectivas son las siguientes:

- Señales de tráfico en los accesos para las obras
- Señales de seguridad que expongan la existencia de obras
- Señales de acceso restringido únicamente al personal de obra
- Vallas perimetrales en zonas con peligro
- Señales de uso obligatorio de casco
- Señalización de la ubicación del botiquín de primeros auxilios
- Botiquín de primeros auxilios
- Extintor
- Baliza reflectante ubicada en la zona de trabajo
- Cinta y cono de balizamiento

5. Obligaciones del promotor

El promotor está obligado a designar a una persona responsable de Seguridad y Salud antes del comienzo de las labores de trabajo. Esta persona será el Coordinador de Seguridad y Salud durante el proyecto, de obligado nombramiento cuando intervenga más de una empresa o una empresa y trabajadores autónomos.

Además, el promotor debe dar aviso antes del inicio de las obras a la autoridad competente para redactar el Anexo III del Real Decreto 1627/1997, en el que se incluye el tipo de obra, el proyectista a cargo, la duración de las obras y el número estimado de trabajadores, entre otros.

6. Coordinador en materia de seguridad y salud

Durante la obra, el Coordinador de Seguridad y Salud deberá llevar a cabo las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad, al tomar decisiones de planificación y organización de los diferentes trabajos o fases que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente, así como mediante la estimación de la duración requerida de estos trabajos o fases de trabajo.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que el personal aplique los principios de acción preventiva
- Aprobar el plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y en caso de haberlas, las modificaciones
- Adoptar medidas pertinentes para evitar el acceso a la obra de personal no autorizado
- Asegurar el cumplimiento de las medidas de protección y los métodos de trabajo

7. Formación de los trabajadores

Antes del comienzo de las obras, todo el personal recibirá formación previa sobre métodos de trabajo establecidos y los riesgos asociados a cada tarea. Esta formación será específica para cada puesto, adaptándose a las funciones que desempeñe cada trabajador. En caso de producirse cambios en los puestos o en las condiciones de trabajo, los empleados afectados serán informados y formados nuevamente sobre los nuevos riesgos derivados de sus actividades.

Asimismo, se garantizará que todos los trabajadores conozcan la señalización de seguridad y salud vigente en la obra, comprendiendo el significado de las señales y las conductas adecuadas que deben adoptar ante ellas. Finalmente, se impartirá también formación básica en primeros auxilios, con el fin de poder actuar correctamente ante cualquier emergencia.

8. Servicios comunes

Los servicios comunes que debe tener la zona de la obra y que deben estar situados en las cercanías para su uso, son los siguientes:

- Aseos
- Local de primeros auxilios
- Vestuarios con aire acondicionado
- Vehículo

9. Libro de incidencias

En el área de trabajo deberá estar disponible un Libro de Incidencias destinado al control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud. Este documento, compuesto por hojas por duplicado, será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico responsable de la redacción o aprobación del citado plan. Este libro debe permanecer en el recinto de la obra y se utilizará para notar cualquier incidencia, modificación, observación o suceso relevante que tenga lugar durante la ejecución de los trabajos, garantizando así un adecuado registro y supervisión del desarrollo de la obra.

10. Paralizaciones en los trabajos

Si durante la ejecución de las obras, el Coordinador de Seguridad y Salud detecta incumplimientos de las normas del Plan, lo comunicará y dejará constancia en el Libro de Incidencias. Ante situaciones de riesgo grave e inminente o incumplimientos reiterados, podrá ordenar la paralización parcial o total de los trabajos, e incluso la suspensión completa de la obra en caso de ser necesario. En estos casos, se informará a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia donde ser realicen los trabajos, y se notificará al contratista, así como, cuando proceda, a subcontratistas, autónomos afectados y a los representantes de los trabajadores.

11. Presupuesto

El presupuesto de Seguridad y Salud se estructura de la siguiente manera:

- Seguridad y salud propiamente dicha, que incluye el reconocimiento médico anual y los Equipos de Protección Individual (EPIs) necesarios para cada trabajador.
- Equipo médico, compuesto por un botiquín portátil.
- Equipo de extinción de pequeños fuegos, compuesto por un extintor adecuado para el tipo de obra.
- Instalaciones e higiene, que engloba las dependencias destinadas al aseo, cambio de ropa y descanso del personal, garantizando espacios seguros y climatizados.

Para el cálculo de los precios del presente presupuesto se ha considerado una dotación de 3 peones y 1 jefe de cuadrilla, acorde con la organización prevista de los trabajos. Se asigna a cada peón y al jefe de cuadrilla una unidad completa de los EPIs contemplados.

11.1 Presupuesto parcial en Seguridad y Salud

Tabla 1. Presupuesto parcial en Seguridad y Salud

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1	SS.1.1	Ud	Casco de seguridad homologado	4	2,85	**11,4**

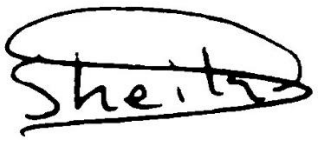
4.2	SS.1.3	Ud	Gafas protectoras homologadas	4	7,28	**29,12**
4.3	SS.1.5	Ud	Mascarilla de 1 filtro	8	1,78	**14,24**
4.4	SS.2.1	Ud	Cinturón antilumbago	4	14,18	**56,72**
4.5	SS.2.3	Ud	Mono de trabajo de poliéster-algodón	4	15,58	**62,32**
4.6	SS.2.8	Ud	Peto reflectante	4	9,93	**39,72**
4.7	SS.3.1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón	4	1,84	**7,36**
4.8	SS.4.6	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente	4	26,41	**105,64**
4.9	SS.4.1	Ud	Par de botas altas de agua	4	8,50	**34**
4.10	SS.6.8	Ud	Extintor polvo (9kg)	1	65,54	**65,54**
4.11	SS.6.10	Ud	Botiquín portátil	1	46,63	**46,63**
4.12	YMR010	Ud	Reconocimiento médico anual obligatorio	4	156,16	**624,64**
4.13	P40205	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra	3	92,77	**278,31**
4.14	P40208	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de vestuarios	3	122,32	**366,96**
4.15	P40213	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento	3	97,27	**291,81**
4.16	YPC060	Ud	Transporte de caseta de obra prefabricada hasta una distancia máxima de 200 km	6	316,11	**1896,66**

11.2 Presupuesto general

- Presupuesto en Seguridad y Salud:	3931,07€
PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL	3931,07€
- Gastos generales (13%)	511,04€
- Beneficio industrial (6%)	235,86€
- IVA (21%)	825,53€
TOTAL PRESUPUESTO DE SEGURIDAD Y SALUD	5503,50€

ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO A LA CANTIDAD DE **CINCO MIL QUINIENTOS TRES EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS (5503,50€).**

En Palencia, en noviembre de 2025



Fdo: Sheila Aparicio Iñigo

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XVIII. Evaluación simplificada de impacto ambiental

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XVIII EVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE IMPACTO AMBIENTAL

1. Introducción 1
2. Descripción del medio físico y estado inicial de la ladera 1
2.1 Descripción topográfica 1
2.2 Descripción edáfica 2
2.3 Descripción de la cobertura vegetal 2
2.4 Procesos erosivos 3
3. Número de curva 3
4. Estimación de escorrentía 5
4.1 Condiciones actuales 5
4.1.1 Rodal 1 5
4.1.2 Rodal 2 5
4.2 Condiciones post restauración 6
4.2.1 Rodal 1 6
4.2.2 Rodal 2 7
4.3 Conclusiones 7
5. Cálculo de la erosión 8
5.1 Rodal 1 antes de la actuación 8
5.1.1 Factor de erosividad de la lluvia “R” 8
5.1.2 Factor de erosionabilidad del suelo “K” 9
5.1.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación 9
5.1.4 Factor de gestión de la cobertura “C” 10
5.1.5 Factor de práctica de apoyo “P” 10
5.1.6 Cálculo de la pérdida media anual del suelo 11
5.2 Rodal 1 después de la actuación 11
5.2.1 Factor de erosividad de la lluvia “R” 11
5.2.2 Factor de erosionabilidad del suelo “K” 11
5.2.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación 11
5.2.4 Factor de gestión de la cobertura “C” 11
5.2.5 Factor de práctica de apoyo “P” 11
5.2.6 Cálculo de la pérdida anual de suelo 12

5.3 Rodal 2 antes de la actuación 12
5.3.1 Factor de erosividad de la lluvia “R” 12
5.3.2 Factor de erosionabilidad del suelo “K” 12
5.3.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación 12
5.3.4 Factor de gestión de la cobertura 12
5.3.5 Factor de práctica de apoyo 13
5.3.6 Cálculo de la pérdida media anual de suelo 13
5.4 Rodal 2 después de la actuación 13
5.4.1 Factor de la erosividad de la lluvia “R” 13
5.4.2 Factor de erosionabilidad del suelo “K” 13
5.4.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación 13
5.4.4 Factor de la gestión de la cobertura “C” 13
5.4.5 factor de práctica de apoyo 13
5.4.6 Cálculo de la pérdida media anual de suelo 13
5.5 Conclusiones 14
6. Respaldo científico 14
7. Referencias bibliográficas 16

1. Introducción

La revegetación de laderas degradadas constituye una de las actuaciones más eficaces para mejorar la estabilidad hidrológica y edáfica de un terreno. La presencia de cubierta vegetal reduce significativamente el volumen de escorrentía superficial, aumenta la infiltración, mejora la estructura del suelo y disminuye el riesgo de erosión, especialmente en zonas con pendientes pronunciadas o suelos con horizontes superficiales poco desarrollados. En el marco del presente proyecto, se considera necesario evaluar de forma cuantitativa el efecto que la implantación de la nueva vegetación tendrá sobre el comportamiento hidrológico de la ladera.

Este anejo tiene por objeto analizar el estado inicial de la ladera y compararlo con el escenario resultante tras la implantación de la masa vegetal propuesta, determinando en qué medida la actuación reducirá la escorrentía superficial y mejorará las condiciones edáficas del terreno. Para ello, se aplicará el método del Número de Curva (SCS-CN), ampliamente utilizado en hidrología forestal para estimar la capacidad de infiltración y el volumen de escorrentía asociado a un determinado evento de lluvia.

Mediante esta comparación se podrá valorar de manera objetiva el impacto positivo de la revegetación sobre los procesos hidrológicos de la ladera, identificando la reducción de escorrentía esperada, la mejora del potencial de retención del suelo y la contribución de la actuación a la disminución de la erosión y el arrastre de partículas. El análisis servirá además como apoyo técnico para justificar la necesidad y viabilidad de la intervención propuesta dentro del proyecto de restauración.

2. Descripción del medio físico y estado inicial de la ladera

La descripción detallada del medio físico y del estado inicial de la ladera constituye un elemento fundamental en cualquier estudio ambiental. Conocer las características actuales del terreno permite identificar los factores que condicionan su funcionamiento hidrológico y que determinan, en última instancia, su vulnerabilidad frente a procesos erosivos y pérdida de suelo.

Además, constituye el punto de referencia sobre el cual se compararán los resultados obtenidos tras la implantación de la masa vegetal proyectada y sirve para justificar de forma técnica la necesidad o no de la actuación de restauración.

2.1 Descripción topográfica

La ladera objeto de estudio se localiza en los Montes del Cerrato, con un conjunto de relieves característicos de la comarca, definidos por pendientes acusadas y una marcada modelación estructural sobre materiales calizos. Presenta una pendiente media del 35,8 %, valor que condiciona significativamente los procesos hidrológicos, la dinámica de escorrentía y la susceptibilidad a la erosión superficial.

En cuanto a su orientación, la ladera muestra una exposición preferente hacia el Norte, lo que influye directamente en el régimen de humedad del suelo, la disponibilidad lumínica y las condiciones microclimáticas que afectan al establecimiento y desarrollo de la vegetación. Esta orientación suele favorecer una mayor retención de humedad y temperaturas más moderadas respecto a laderas de exposición sur, factores que tendrán relevancia en la evaluación de la aptitud del terreno para la revegetación proyectada.

El área se estructura en tres zonas diferenciadas, definidas por la presencia o ausencia de vegetación y por las variaciones en las condiciones edáficas. Estas diferencias condicionan la infiltración, la estabilidad del suelo y el comportamiento hidrológico, por lo que su delimitación es esencial para establecer un diagnóstico preciso del estado inicial y para la posterior asignación de tratamientos de restauración adaptados a cada unidad.

2.2 Descripción edáfica

El suelo de la ladera presenta unas características edáficas marcadas por su origen calizo, con presencia de yesos, propio de los Montes del Cerrato palentino. En los horizontes superficiales, el suelo muestra una textura franco-arcillosa, que favorece la capacidad de retención de agua y aporta una adecuada superficie de intercambio catiónico, especialmente relevante para la infiltración y el mantenimiento de la humedad en las capas más expuestas a la erosión. Estos horizontes presentan además una buena proporción de materia orgánica**,** indicador de cierta actividad biológica y de un potencial fértil aceptable para el establecimiento de la vegetación proyectada.

En los horizontes más profundos, la textura pasa a ser franco-arenosa, lo que implica una mayor permeabilidad y una menor capacidad de retención hídrica respecto a las capas superiores. Esta transición textural tiene implicaciones directas en la circulación del agua en el perfil, facilitando la infiltración vertical pero también aumentando el riesgo de percolación rápida en episodios de lluvia intensa.

El pH del suelo es de carácter básico, coherente con la litología calcárea predominante en la zona. Este pH elevado condiciona la disponibilidad de diversos nutrientes, favoreciendo la presencia de excesos de calcio y, al mismo tiempo, una insuficiencia relativa de otros elementos.

En conjunto, estas características edáficas definen un suelo con buena capacidad de retención en superficie, permeabilidad creciente en profundidad y ciertas limitaciones químicas derivadas de su alcalinidad y su elevado contenido en calcio.

2.3 Descripción de la cobertura vegetal

El área de estudio presenta una clara diferenciación interna que permite dividir la ladera en tres zonas, definidas por la distribución de la vegetación, las condiciones edáficas y el grado de cobertura del suelo.

- Zona 1 o zona baja: corresponde a la parte inferior de la ladera y se caracteriza por una cobertura dominante de vegetación herbácea**,** con escasa presencia de especies arbóreas y la aparición puntual de algunos arbustos. La discontinuidad de la cobertura le confiere una mayor susceptibilidad a la escorrentía superficial, especialmente en episodios de lluvia intensa.

- Zona 2 o zona media: se trata de un sector con disposición en pisos, donde se concentra el escaso arbolado existente, distribuido de forma muy dispersa. Presenta gran presencia de *Ononis tridentata*, especie adaptada a ambientes secos y suelos calizos. Esta zona representa una transición entre el dominio herbáceo de la parte baja y las condiciones más limitantes de la zona alta.
- Zona 3 o zona alta: es la parte superior de la ladera y constituye el área más expuesta a la erosión y a la incidencia directa del viento. La cobertura vegetal es muy reducida, dominada por especies de porte almohadillado adaptadas a condiciones extremas de insolación y desecación.

2.4 Procesos erosivos

La ladera muestra evidencias claras de degradación asociada a procesos erosivos activos, perceptibles tanto en la morfología del terreno como en el estado de la vegetación. A simple vista se observa un empobrecimiento del suelo superficial, acompañado de una vegetación con signos de sequía y estrés hídrico, lo cual indica que el agua procedente de los episodios de lluvia no permanece en el perfil edáfico el tiempo suficiente para ser aprovechada por las plantas. Este comportamiento es característico de zonas donde predomina la escorrentía superficial frente a la infiltración, favoreciendo la pérdida progresiva del horizonte fértil.

Los resultados obtenidos en el Anejo II Estudio Edafológico, donde se analizaron dos índices de erosión aplicados a la ladera (Índice de Bouyoucos y SEI) confirman esta observación visual, al arrojar valores que sitúan la ladera en un rango de susceptibilidad a la erosión, debido fundamentalmente a las pendientes pronunciadas, la escasa cobertura vegetal en ciertos sectores y la presencia de horizontes poco desarrollados.

3. Número de curva

El Número de Curva es un índice empírico desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) que permite estimar la escorrentía superficial generada en función de las características físicas del terreno y de su uso. Su valor oscila entre 0 y 100, representando de forma inversa la relación entre infiltración y escorrentía: valores bajos indican alta capacidad de infiltración, mientras que valores cercanos a 100 reflejan suelos impermeables o con gran escorrentía.

El cálculo del CN se determina a partir de tres elementos fundamentales:

- Tipo de suelo: define su capacidad de infiltración y su clasificación.
- Cobertura vegetal: condiciona la protección frente a la lluvia, la rugosidad superficial y la resistencia al flujo.
- Condición hidrológica del terreno: relacionada con el grado de compactación, la continuidad de la cobertura vegetal y el estado general del terreno.

Para realizar los cálculos se definirá un número de curva para cada zona, basando su definición en la siguiente tabla.

Tabla 1. Número de curva según el tipo de suelo, condición hidrológica y uso de suelo.

Uso de la tierra / Cobertura	Condición hidrológica	Grupo A (alta infiltración)	Grupo B (moderado)	Grupo C (baja infiltración)	Grupo D (muy bajo)
Bosque (natural)	Bien	30	55	70	77
Bosque (pastoreo)	Justo	36	60	73	80
Pradera	Bien	39	61	74	80
Pradera	Justo	49	69	79	84
Tierras de cultivo (agricultura de contorno)	Bien	62	71	78	81
Tierras de cultivo (sin prácticas)	Pobre	68	79	86	89
Suelo desnudo	—	77	86	91	94
Urbano (impermeable)	—	98	98	98	98

Para la definición del número de curva de cada rodal, se tendrá en cuenta su descripción.

Tabla 2. Descripción de la vegetación en cada rodal.

Rodal	Superficie	Tipo de vegetación
1	3,87	Herbácea y arbustiva, con poca presencia de arbolado
2	1,14	Arbolado disperso con poca presencia arbustiva
3	0,093	Vegetación de porte almohadillado

Para la situación actual:

- En el caso del rodal 1, al tratarse en su mayoría de una cubierta herbácea, con poca presencia de arbolado, se tomará como número de curva el valor medio comprendido entre 84 y 89, que es 87.
- En el caso del rodal 2, al tener algún pie arbóreo, su número de curva desciende a 80.

Para la situación post proyecto:

- En el caso del rodal 1, su cubierta mejorará al introducir especies herbáceas y arbustivas, adquiriendo un número de curva de 80.
- En el caso del rodal 2, al realizar una repoblación con un buen número de pies, su número de curva se situaría en 77.

En ambos casos no se realiza ningún calculo para el rodal 3 ya que no se va a realizar ninguna intervención y por tanto no se va a producir una mejora de la cubierta vegetal.

4. Estimación de escorrentía

Una vez definido el numero de curva se procede a estimar la escorrentía total en las condiciones iniciales y las condiciones tras la restauración, para observar si las condiciones edáficas del suelo han mejorado y se logra una disminución de la escorrentía y una mayor disponibilidad hídrica.

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0{,}8 * S}$$

$$Q_{total} = Q * Área$$

4.1 Condiciones actuales

4.1.1 Rodal 1

Teniendo en cuenta que el número de curva actual es 87, se calcula la escorrentía total de la siguiente forma.

$$S = \left(\frac{25400}{CN}\right) - 254$$
$$S = \left(\frac{25400}{87}\right) - 254 = 37{,}95\ mm$$

Al igual que para el cálculo en el Anejo VIII Modelado Hidrológico, se utiliza el valor de la precipitación máxima en 24 horas como episodio intenso de lluvia, siendo este igual a 98,5 mm.

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0{,}8 * S}$$
$$Q = \frac{(98{,}5 - 0{,}2 * 37{,}95)^2}{98{,}5 + 0{,}8 * 37{,}95} = 64{,}14\ mm$$

Una vez calculada la profundidad de escorrentía en milímetros, se calcula la escorrentía total con el área del rodal, igual a 3,87 ha, que viene definido en la Tabla 2.

$$Q_{total} = Q * Área$$
$$Q_{total} = 0{,}06414 * 38700 = 2482{,}22\ m^3$$

4.1.2 Rodal 2

Teniendo en cuenta que el número de curva actual es 80, se calcula la escorrentía total de la siguiente forma.

$$S = \left(\frac{25400}{CN}\right) - 254$$
$$S = \left(\frac{25400}{80}\right) - 254 = 63{,}5\ mm$$

Al igual que para el cálculo en el Anejo VIII Modelado Hidrológico, se utiliza el valor de la precipitación máxima en 24 horas como episodio intenso de lluvia, siendo este igual a 98,5 mm.

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0{,}8 * S}$$
$$Q = \frac{(98{,}5 - 0{,}2 * 63{,}5)^2}{98{,}5 + 0{,}8 * 63{,}5} = 49{,}31\ mm$$

Una vez calculada la profundidad de escorrentía en milímetros, se calcula la escorrentía total con el área del rodal, igual a 1,14 ha, que viene definido en la Tabla 2.

$$Q_{total} = Q * Área$$
$$Q_{total} = 0{,}04931 * 11400 = 562{,}134\ m^3$$

4.2 Condiciones post restauración

4.2.1 Rodal 1

Para realizar la comparación, ahora se calcula de la misma forma, pero para el nuevo valor del número de curva del rodal 1, obtenido tras las labores de restauración.
Teniendo en cuenta que el número de curva tras la actuación será aproximadamente 80, se calcula la escorrentía total de la siguiente forma.

$$S = \left(\frac{25400}{CN}\right) - 254$$
$$S = \left(\frac{25400}{80}\right) - 254 = 63{,}5\ mm$$

Al igual que para el cálculo en el Anejo VIII Modelado Hidrológico, se utiliza el valor de la precipitación máxima en 24 horas como episodio intenso de lluvia, siendo este igual a 98,5 mm.

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0{,}8 * S}$$
$$Q = \frac{(98{,}5 - 0{,}2 * 63{,}5)^2}{98{,}5 + 0{,}8 * 63{,}5} = 49{,}31\ mm$$

Una vez calculada la profundidad de escorrentía en milímetros, se calcula la escorrentía total con el área del rodal, igual a 3,87 ha, que viene definido en la Tabla 2.

$$Q_{total} = Q * Área$$

$$Q_{total} = 0{,}04931 * 38700 = 1908{,}297\ m^3$$

4.2.2 Rodal 2

Para realizar la comparación, ahora se calcula de la misma forma, pero para el nuevo valor del número de curva del rodal 2, obtenido tras las labores de restauración.

$$S = \left(\frac{25400}{CN}\right) - 254$$
$$S = \left(\frac{25400}{77}\right) - 254 = 75{,}87\ mm$$

Una vez calculada la retención máxima en mm, se calcula la profundidad de escorrentía y posteriormente la escorrentía total, con la superficie del Rodal 2.

$$Q = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0{,}8 * S}$$
$$Q = \frac{(98{,}5 - 0{,}2 * 75{,}87)^2}{98{,}5 + 0{,}8 * 75{,}87} = 43{,}61\ mm$$

$$Q_{total} = Q * Área$$
$$Q_{total} = 0{,}04361 * 11400 = 497{,}154\ m^3$$

4.3 Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran una reducción significativa de la escorrentía superficial tras la actuación de repoblación en ambos rodales. En la situación actual, los valores elevados del número de curva reflejan una cubierta vegetal escasa y, por tanto, una capacidad limitada del suelo para infiltrar el agua de lluvia. Tras el proyecto, la mejora de la cubierta vegetal permite disminuir los números de curva hasta 80 y 77 respectivamente, lo que se traduce en un comportamiento hidrológico más favorable.

Esta mejora se refleja claramente en los volúmenes de escorrentía total. En el rodal 1, la escorrentía pasa de 2.382,22 m³ a 1.908,30 m³, lo que supone una reducción notable cercana al 20 %. En el rodal 2, aunque la disminución es algo más moderada, de 562,13 m³ a 497,15 m³, también evidencia una mejora hidrológica consistente con la repoblación prevista. En conjunto, estas reducciones, especialmente relevantes en el rodal 1, indican que el incremento de la cubierta vegetal y la incorporación de microcuencas o estructuras de captación mejoran de manera apreciable la infiltración y disminuyen tanto la escorrentía como el potencial erosivo

Por tanto, puede concluirse que la repoblación no solo favorece el establecimiento de vegetación autóctona, sino que contribuye directamente a reducir la pérdida de suelo y a aumentar la disponibilidad de agua en el perfil edáfico. Este efecto es fundamental para acelerar la recuperación ecológica de los rodales, estabilizar el terreno y mejorar las condiciones edáficas a medio y largo plazo.

5. Cálculo de la erosión

Con el fin de evaluar la eficacia de la actuación propuesta, se ha realizado también una estimación de la erosión del suelo en cada uno de los rodales tanto en la situación actual como tras la ejecución del proyecto. Este análisis comparativo permite determinar si las medidas planteadas contribuyen a reducir la pérdida de suelo y, por tanto, a mejorar la estabilidad del terreno y su funcionalidad hidrológica. La evolución de los valores de erosión constituye un indicador clave para valorar el estado de degradación de la ladera y el impacto real de la restauración hidrológico forestal.

Para llevar a cabo esta estimación se emplea la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE), un modelo empírico que permite cuantificar la erosión originada por la acción de la lluvia y la escorrentía superficial. RUSLE surge como actualización de la ecuación USLE, incorporando mejoras derivadas de nuevos conocimientos científicos y de bases de datos más amplias, lo que amplía su aplicabilidad a distintos tipos de uso del suelo, incluidos entornos forestales o áreas alteradas. Este modelo es una herramienta de referencia en la planificación territorial, en la gestión de cuencas y en proyectos de conservación y restauración, debido a su capacidad para estimar de forma práctica y comparativa la pérdida de suelo bajo diferentes escenarios de manejo y cobertura vegetal.

La ecuación de la RUSLE que se va a utilizar se expresa de la siguiente forma:

$$A = R * K * LxS * C * P$$

Siendo:

A: Pérdida media anual de suelo (toneladas/ha/año)
R: Factor de erosividad de lluvia-escorrentía
K: factor de erosionabilidad del suelo
LxS: Longitud de la pendiente y factor de inclinación
C: Factor de gestión de cobertura
P: Factor de práctica de apoyo

5.1 Rodal 1 antes de la actuación

5.1.1 Factor de erosividad de la lluvia "R"

El factor R representa la erosividad de la lluvia, es decir, la capacidad de las precipitaciones para desprender y transportar partículas de suelo debido al impacto de las gotas y al volumen de escorrentía generado. Su valor depende principalmente de la intensidad de los episodios de lluvia y de la energía cinética asociada, y presenta variaciones significativas entre regiones. Habitualmente se estima a partir de registros pluviométricos de largo periodo.

Tabla 3. Valores típicos de R según Morgan (2009)

Valor(MJ*mm/ha*h*año)	Descripción geográfica
30-100	Zonas áridas
200-500	Zonas templadas húmedas
500-1000+	Zonas tropicales

Dado que la zona de estudio se caracteriza por un clima mediterráneo semiárido con influencia continental y una precipitación media anual en torno a 421 mm, se ha adoptado un valor intermedio del factor R dentro del rango propuesto para zonas áridas por Morgan (2009) (30–100 MJ·mm/ha·h·año). En concreto, se ha considerado un valor de R = 65 MJ·mm/ha·h·año, que representa una situación de erosividad moderada, coherente con la baja precipitación anual, pero con la presencia de episodios de lluvia de cierta intensidad propios del clima mediterráneo.

5.1.2 Factor de erosionabilidad del suelo "K"

El factor K expresa la vulnerabilidad del suelo frente al desprendimiento y arrastre de sus partículas por la acción de la lluvia. Su valor está determinado por propiedades intrínsecas del suelo, como la textura, la estructura, el contenido en materia orgánica y su permeabilidad.

Tabla 4. Erosionabilidad del suelo por tipo de suelo. Fuente: Renard (1997), Panagos et al. (2014)

Tipo de suelo	Clase de textura	Valor K típico (SI)
Arena gruesa / arena	Grupo A	0.003 – 0.007
Franco arenoso	Grupo B	0.013 – 0.026
Franco / franco limoso	Grupo B-C	0.026 – 0.042
Franco arcilloso limoso / franco arcilloso	Grupo C-D	0.037 – 0.053
Limo (no estructurado)	Suelos erosionables (raros)	0.059 – 0.066

El tipo de suelo es franco arcilloso, por lo que se selecciona un valor de K = 0.053 para realizar los cálculos.

5.1.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación

El factor LxS explica la influencia de la topografía en la erosión, aumentando tanto con la longitud como con la inclinación de la pendiente. Para su cálculo se usa la siguiente fórmula simplificada de Renard (1997):

$$LxS = (\lambda / 22.13)^{m} \times (65.41 \times \sin^2\theta + 4.56 \times \sin\theta + 0.065)$$

En el caso del rodal 1, la pendiente es del 35% y la longitud de pendiente es 137,34 m. En primer lugar, es necesario pasar la pendiente de porcentaje a grados, en este caso, para ello hay que dividir el porcentaje entre 100 y aplicarle la función arcotangente al resultado. Una pendiente del 35% equivale a 19,29º.

También es necesario elegir el valor m, que representa al exponente relacionado con el gradiente de pendiente.

Tabla 5. Valores típicos de m según el gradiente de pendiente.

Pendiente (%)	Valor "m" típico
<1%	0,2
1-3%	0,3
3-5%	0,4
>5%	0,5

Se escoge el valor de m=0,5 debido a que el gradiente de pendiente es superior al 5%. Una vez que se tienen todos los datos se calcula el factor LxS.

$$LxS = (137{,}34 / 22.13)^{0{,}5} \times (65.41 \times \sin^2(19{,}29^\circ) + 4.56 \times \sin(19{,}29^\circ) + 0.065)$$

$$LxS = 21{,}7$$

5.1.4 Factor de gestión de la cobertura "C"

El factor C expresa la influencia de la cubierta vegetal y de las prácticas de manejo sobre las tasas de erosión, incorporando tanto el grado de protección que ofrece la vegetación como las condiciones de la superficie del suelo y el nivel de perturbación asociado a su uso.

Tabla 6. Valores típicos de C según Morgan (2009)

Cubierta vegetal	Valor de C
Bosque	0,001-0,005
Vegetación arbustiva	0,01-0,1
Pastizales	0,01-0,05
Tierras de cultivo labradas	0,1-0,4
Suelo desnudo	0,8-1

Al tratarse de un rodal con una preferencia de presencia de pastizal, se tomará un valor intermedio, siendo en este caso C = 0,03.

5.1.5 Factor de práctica de apoyo "P"

El factor P refleja la eficiencia de las prácticas de conservación del suelo, como las franjas vegetadas o las terrazas, en su capacidad para disminuir la velocidad de la escorrentía y, con ello, la erosión asociada.

Tabla 7. Valores de P según el tipo de práctica que se realice. Fuente: Wischmeier y Smith (1978)

Práctica	Valor de P
Agricultura de contorno	0,5-0,8
Recorte en franjas	0,25-0,5
Terrazas	0,1-0,3
Sin práctica	1

En el caso del rodal 1, no presenta ninguna práctica, asique el valor de P = 1.

5.1.6 Cálculo de la pérdida media anual del suelo

Una vez que se tienen todos los valores calculados, se utiliza la fórmula y se calcula la estimación de la erosión anual del suelo.

$$A = R * K * LxS * C * P$$
$$A = 65 * 0{,}053 * 21{,}7 * 0{,}03 * 1$$
A = 2,24 toneladas/ha/año

5.2 Rodal 1 después de la actuación

5.2.1 Factor de erosividad de la lluvia "R"

El factor "R" en este caso no cambia, debido a que la zona de estudio sigue perteneciendo a un clima mediterráneo semiárido con influencia continental y una precipitación media anual en torno a 421 mm, por lo que el valor de R = 65 MJ*mm/ha*h*año.

5.2.2 Factor de erosionabilidad del suelo "K"

El factor K es el mismo antes y después de las actuaciones, debido a que el suelo sigue siendo franco arcilloso. Por lo que K = 0,053.

5.2.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación

Para el calculo del factor LxS, se da el mismo caso que en los anteriores factores, antes y después de la actuación tendrá el mismo valor, ya que la actuación no cambia el porcentaje de pendiente. Por lo que LxS = 21,7.

5.2.4 Factor de gestión de la cobertura "C"

La vegetación del rodal 1 será la misma después de la actuación, ya que se van a utilizar especies herbáceas y algunas arbustivas, de manera que seguirá siendo un pastizal, pero con especies seleccionadas por sus valores ecosistémicos y su riqueza en materia de recursos. Por lo que el factor C = 0,03.

5.2.5 Factor de práctica de apoyo "P"

En el caso del factor de práctica de apoyo, este si que cambia, debido a que se realiza una actuación, en este caso se han creado microcuencas para mejorar la disponibilidad hídrica de las especies implantadas. El valor de P = 0,3.

5.2.6 Cálculo de la pérdida anual de suelo

$$A = R * K * LxS * C * P$$
$$A = 65 * 0{,}053 * 21{,}7 * 0{,}03 * 0{,}3$$

A = 0,67 toneladas/ha/año

5.3 Rodal 2 antes de la actuación

5.3.1 Factor de erosividad de la lluvia "R"

El factor "R" tampoco varía de un rodal a otro, debido a que al encontrarse en la misma zona, tiene el mismo clima y las mismas precipitaciones, por lo que el valor de R = 65 MJ*mm/ha*h*año.

5.3.2 Factor de erosionabilidad del suelo "K"

Según el estudio edafológico realizado, el rodal 2 presenta un suelo franco arcilloso al igual que el rodal 1, por lo que su factor K será igual, siendo K=0,053.

5.3.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación

Como se indico anteriormente el factor LxS se calcula con la siguiente fórmula:

$$LxS = (\lambda / 22.13)^{m} \times (65.41 \times \sin^2\theta + 4.56 \times \sin\theta + 0.065)$$

En este caso el rodal 2 presenta una pendiente del 41,6% y una longitud de pendiente de 75,07 metros.

El valor de "m" seguirá siendo 0,5 debido a que el gradiente de pendiente es superior al 5%.

Para calcular el ángulo de la pendiente, se divide el porcentaje entre 100 y se le aplica la función arcotangente al resultado, obteniendo en este caso un ángulo de 22,59º.

$$LxS = (75{,}07 / 22.13)^{0{,}5} \times (65.41 \times \sin^2(22{,}59º) + 4.56 \times \sin(22{,}59º) + 0.065)$$

LxS = 21,1

5.3.4 Factor de gestión de la cobertura

En el caso del rodal 2, este cuenta con algunos pies arbóreos de *Quercus faginea*, pero en su mayoría presenta un terreno desnudo, en estado de degradación.

Para calcular el valor se opta por realizar la media del valor de C para un suelo desnudo que sería 0,9 y la media para un suelo con bosque que sería 0,003, debido a que la presencia de los pies es algo dispersa, se le aplicará un 50% y al suelo desnudo un 50%, de acuerdo a la superficie ocupada y a la superficie desnuda, de esta manera el factor C = 0,45.

5.3.5 Factor de práctica de apoyo

El rodal 2 no presenta ningún tipo de actuación por lo que el valor de P = 1.

5.3.6 Cálculo de la pérdida media anual de suelo

$$A = R * K * LxS * C * P$$

$$A = 65 * 0{,}053 * 21{,}1 * 0{,}45 * 1$$

A = 33,7 toneladas/ha/año

5.4 Rodal 2 después de la actuación

5.4.1 Factor de la erosividad de la lluvia "R"

El factor R es igual al que había antes de la actuación, debido a que la zona climática no varía. Por lo tanto, R=65.

5.4.2 Factor de erosionabilidad del suelo "K"

El suelo del rodal 2 sigue siendo franco arcilloso tras la actuación, por lo que K=0,053.

5.4.3 Longitud de la pendiente y factor de inclinación

La pendiente y la longitud siguen siendo las mismas tras la actuación, por lo que el factor LxS = 21,1.

5.4.4 Factor de la gestión de la cobertura "C"

Las actuaciones de repoblación en el rodal 2 permiten el aumento de la cobertura vegetal a través de la plantación de pies de *Quercus faginea*, de este modo, se evoluciona a un estado de bosque repoblado y se reduce la superficie de suelo desnudo.

Por ello, el factor C = 0,003.

5.4.5 factor de práctica de apoyo

Al igual que en el rodal 1, la actuación que se realiza es la creación de microcuencas para que las especies vegetales tengan una mayor disponibilidad hídrica y puedan cubrir sus requerimientos y desarrollarse.

El factor P = 0,3.

5.4.6 Cálculo de la pérdida media anual de suelo

$$A = R * K * LxS * C * P$$

$$A = 65 * 0{,}053 * 21{,}1 * 0{,}003 * 0{,}3$$

A = 0,066 toneladas/ha/año

5.5 Conclusiones

Los resultados obtenidos para la pérdida media anual de suelo muestran una mejora muy significativa tras la aplicación de las medidas de restauración hidrológico-forestal. En el rodal 1, la erosión estimada antes de la intervención era de 2,24 t/ha·año, un valor relativamente moderado pero coherente con una ladera de pendiente fuerte (35 %) y una cubierta vegetal insuficiente. Tras la actuación, la erosión se reduce hasta 0,67 t/ha·año, esta reducción evidencia la influencia positiva del incremento de la vegetación y de la mejora de la estructura superficial del suelo, que aumentan la infiltración y disminuyen la escorrentía.

El rodal 2 presenta inicialmente un comportamiento muy distinto. Antes del proyecto, la pérdida de suelo asciende a 32,71 t/ha·año, un valor claramente indicativo de alto riesgo de degradación. Esta cifra es coherente con sus características: una pendiente muy pronunciada (41,6 %)**,** una longitud de pendiente considerable y una elevada proporción de suelo desnudo, lo que favorece el desprendimiento y transporte de partículas. Sin embargo, tras la restauración, la erosión se reduce drásticamente hasta 0,066 t/ha·año**,** este descenso tan acusado refleja el enorme efecto protector de la nueva cubierta vegetal y de las actuaciones asociadas, que estabilizan el terreno, amortiguan el impacto de las precipitaciones y limitan la generación de escorrentía superficial.

En conjunto, ambos rodales muestran una tendencia clara: las actuaciones propuestas no solo son eficaces, sino que resultan determinantes para transformar áreas con riesgo de erosión moderado o severo en zonas con pérdidas de suelo prácticamente despreciables. Esta mejora confirma la idoneidad del diseño de la restauración hidrológico-forestal y refuerza la importancia de la cubierta vegetal como herramienta clave para la conservación del suelo y la reducción del potencial erosivo en laderas de fuerte pendiente.

6. Respaldo científico

Diversos estudios coinciden en que el aumento de la cobertura vegetal constituye una de las medidas más eficaces para reducir la erosión en ambientes mediterráneos. La vegetación actúa simultáneamente como barrera física y como elemento estabilizador del suelo: las raíces refuerzan la cohesión interna del perfil y la parte aérea amortigua el impacto de las gotas de lluvia, disminuye la velocidad del agua y favorece la infiltración.

Según García (2016), un suelo cubierto por vegetación multiestrato es considerablemente menos vulnerable a los procesos erosivos que uno desnudo o con escasa cobertura, debido a que la biomasa aérea reduce la energía cinética del escurrimiento y la materia orgánica aportada mejora la estructura edáfica.

Esta idea se refuerza con los resultados obtenidos por Escobar y De los Reyes (2024), quienes demostraron experimentalmente que los suelos con menor cobertura vegetal sufren tasas mucho más elevadas de erosión y transporte de sedimentos, incluso bajo precipitaciones de distinta intensidad.

Además, la literatura subraya la importancia del tipo de vegetación implantada: especies de porte bajo y estructura densa, como *Salvia lavandulifolia*, han mostrado ser especialmente eficaces reduciendo la escorrentía y la pérdida de suelo en laderas mediterráneas, superando en rendimiento a arbustos más altos y abiertos (Durán Zuazo et al., 2006). Como señalan García-Fayos (2004), pequeños incrementos en la cobertura vegetal producen reducciones muy significativas en las tasas de erosión hasta alcanzar un punto de inflexión, momento a partir del cual la mejora continua, pero de forma más moderada.

En conjunto, estos trabajos respaldan científicamente que las actuaciones de restauración basadas en incrementar la cobertura vegetal, especialmente mediante especies autóctonas de porte bajo y adaptadas al medio, son una herramienta eficaz para disminuir la erosión, mejorar la estabilidad del suelo y favorecer su funcionalidad hidrológica.

7. Referencias bibliográficas

Durán Zuazo, V.H., Martínez, J.R.F., Pleguezuelo, C.R.R. et al. *Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (se spain): Implications for sustainable agriculture*. Environmentalist 26, 309–319 (2006). https://doi.org/10.1007/s10669-006-0160-4

García, V. A. (2016). *La vegetación como factor de control de la erosión*. Repertorio Científico, 19(1), 13-17.

Escobar, A., & De Los Reyes, F. (2024). *Los efectos de la erosión hídrica estudiados a través de la experimentación.* Revista Nothofagus, 9(1), 26-32

García-Fayos, P. (2004). *Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica*.

Morgan, R.P.C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.

Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., & Alewell, C. (2014). *Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS*. Science of the Total Environment, 479, 189–200.

Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).* US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning* (Issue 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.

ANEJOS A LA MEMORIA

Anejo XIX. Bibliografía

Estudiante: Sheila Aparicio Iñigo
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID –(CAMPUS DE PALENCIA)-E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS
Titulación: Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

ÍNDICE DEL ANEJO XIX BIBLIOGRAFÍA

1. Referencias bibliográficas 1
2. Páginas webs 5

1. Referencias bibliográficas

Albor, C., Ashman, T. L., Stanley, A., Martel, C., & Arceo-Gómez, G. (2022). Flower colour and flowering phenology mediate plant–pollinator interaction assembly in a diverse co-flowering community. *Functional Ecology*, *36*(10), 2456–2468. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14142

Alla, A. Q., Camarero, J., & Montserrat-Martí, G. (2013). Seasonal and inter-annual variability of bud development in two Mediterranean *Quercus* species. *Annals of Botany*, *111*(2), 261–270.

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements* (FAO Irrigation and Drainage Paper 56). FAO.

Andrades Rodríguez, M. (2012). *Prácticas de edafología y climatología*. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.

Andrades, M., & Martínez, M. E. (2022). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen* (4.ª ed.). Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones.

Andrés, J., De, O., & Salgueiro, R. (2015). Los paisajes vegetales de Palencia. *PITTM*, *86*, 21–84.

AEMET & ITACyL. (2013). *Atlas Agroclimático de Castilla y León*. Junta de Castilla y León.

Carrión, E. (2024). *Proyecto de repoblación y tratamientos selvícolas de las laderas ubicadas dentro del término municipal de Mojados (Valladolid)*. Universidad de Valladolid.

Castroviejo Bolibar, S., et al. (Eds.). (1986). *Flora iberica: Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Real Jardín Botánico, CSIC.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada* (Trad. J. G. Saldarriaga). McGraw-Hill.

Consejo de las Comunidades Europeas. (1992). Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 206, 22 de julio de 1992, 7–50.

Durán Zuazo, V. H., Martínez, J. R. F., Pleguezuelo, C. R. R., et al. (2006). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain):

Implications for sustainable agriculture. *Environmentalist, 26*, 309–319. https://doi.org/10.1007/s10669-006-0160-4

Escobar, A., & De Los Reyes, F. (2024). Los efectos de la erosión hídrica estudiados a través de la experimentación. *Revista Nothofagus, 9*(1), 26–32.

FAO & IFA. (2005). *Los fertilizantes y su uso: Guía de bolsillo para la utilización eficiente de los fertilizantes*. FAO.

FAO & UNESCO. (1981). *Soil map of the world. Volume V: Europe*. UNESCO.

FAO. (2009). *Guía para la descripción de suelos* (4.ª ed.). FAO.

FAO. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014: Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos*. FAO.

Fuentes, J. F. (2024). *Apuntes Forest Hidrology*. [Apuntes docentes].

Fuentes-Pérez, J. F., Martínez-Miguel, M., Ruiz-Coello, M. X., García-Vega, A., Bravo-Córdoba, F. J., & Sanz-Ronda, F. J. (2026). OASIS: An open-source based IoT framework for adaptive irrigation using a self-calibrating, “empirical signature” methodology. *Under review in Computers and Electronics in Agriculture*.

García, V. A. (2016). La vegetación como factor de control de la erosión. *Repertorio Científico, 19*(1), 13–17.

García-Fayos, P. (2004). *Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica*. [Monografía/Capítulo].

Guía de gestión integrada de plagas para el cultivo de alfalfa. (2020). [Guía técnica].

Hamdaoui, M., Mehdadi, Z., & Chalane, F. (2017). Effect of some physical and chemical treatments and temperature on the seeds germination of Hawthorn (*Crataegus monogyna* Jacq.). *Asian Journal of Plant and Soil Sciences, 1*(1), 17–26.

Hu, W., Ran, J., Dong, L., Du, Q., Ji, M., Yao, S., Sun, Y., Gong, C., Hou, Q., Gong, H., Chen, R., Lu, J., Xie, S., Wang, Z., Huang, H., Li, X., Xiong, J., Xia, R., Wei, M., … Deng, J. (2021). Aridity-driven shift in biodiversity–soil multifunctionality relationships. *Nature Communications, 12*(1), 1–15. https://doi.org/10.1038/S41467-021-25641-0

Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES). (2016). *Summary for policymakers of the assessment report on pollinators, pollination and food production*. IPBES.

Li, S., Wang, Z., & Stutz, H. H. (2023). State-of-the-art review on plant-based solutions for soil improvement. *Biogeotechnics*, *1*(3), 100035. https://doi.org/10.1016/j.bgtech.2023.100035

Ma, R., Hu, F., Xu, C., Liu, J., Yu, Z., Liu, G., Zhao, S., & Zheng, F. (2023). Vegetation restoration enhances soil erosion resistance through decreasing the net repulsive force between soil particles. *CATENA*, *226*, 107085. https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107085

Martínez de Azagra Paredes, A., & Navarro Hevia, J. (1996). *Hidrología forestal: El ciclo hidrológico*. Universidad de Valladolid.

Martínez de Azagra, A., Mongil, J., & del Río, J. (2003). *Pequeña guía de uso del modelo MODIPÉ*. [Guía técnica].

Martins, A. E., Camargo, M. G. G., & Morellato, L. P. C. (2021). Flowering phenology and the influence of seasonality in flower conspicuousness for bees. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 594538. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.594538

Meléndez Ramírez, V., Chablé Santos, J., & Selém Salas, C. (2020). Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias*, *13*(2), 109–119.

Morgan, R. P. C. (2009). *Soil erosion and conservation*. John Wiley & Sons.

Mosquera-Losada, M. R., Rigueiro-Rodríguez, A., López-Díaz, M. L., & Rodríguez-Barreira, S. (2001). Efecto del sombreado y la época de siembra en el establecimiento y producción de varias especies pratenses. *Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetal*, *16*(2), 169–186.

Muñoz López, C. (2011). *Sanidad forestal: Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los bosques*. Mundi-Prensa.

Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, *120*(3), 321–326.

Onoro, J., Villar, P., & Robredo, F. (2001). Supervivencia y crecimiento de encina y quejigo en repoblaciones del centro de España. En *Actas del III Congreso Forestal Español* (Granada).

Oria de Rueda y Salgueiro, J. A. (2018). *Historia de los bosques y de la naturaleza de Palencia*. [Libro].

Oria, J. A. (2020). *Apuntes de Botánica Forestal*. [Apuntes docentes].

Panagos, P., Meusburger, K., Ballabio, C., Borrelli, P., & Alewell, C. (2014). Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS. *Science of the Total Environment*, *479*, 189–200.

Peddle, S. D., Hodgson, R. J., Borrett, R. J., Brachmann, S., Davies, T. C., Erickson, T. E., Liddicoat, C., Muñoz-Rojas, M., Robinson, J. M., Watson, C. D., Krauss, S. L., & Breed, M. F. (2025). Practical applications of soil microbiota to improve ecosystem restoration: Current knowledge and future directions. *Biological Reviews, 100*(1), 1–18. https://doi.org/10.1111/brv.13124

Pemán García, J., Navarro Cerrillo, R. M., Prada Sáez, M. A., & Serrada Hierro, R. (Coords.). (2021). *Bases técnicas y ecológicas del proyecto de repoblación forestal* (Tomo 1). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

Rivas-Martínez, S., Gutiérrez, G., Andrade, J. M. A., Montero, J. L., & González Rebollar, B. J. L. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. [Informe/Monografía].

Ruess, L., Kolb, S., Eisenhauer, N., & Ristok, C. (2025). Soil biodiversity promotes key ecosystem functions by its complex structure and interactions – state and perspectives. *Soil Organisms, 97*(2). https://doi.org/10.25674/450

Saxton, K. E., & Rawls, W. J. (2006). Soil water characteristic estimates by texture and organic matter for hydrologic solutions. *Soil Science Society of America Journal, 70*(5), 1569–1578. https://doi.org/10.2136/sssaJ2005.0117

Timberlake, T. P., Vaughan, I. P., & Memmott, J. (2019). Phenology of farmland floral resources reveals seasonal gaps in nectar availability for bumblebees. *Journal of Applied Ecology, 56*(7), 1585–1596. https://doi.org/10.1111/1365-2664.13403

Unión Europea. (2009). Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 20, 26 de enero de 2010, 7–25.

Universidad de Granada. (2006). *Ministerio de Medio Ambiente: Provincia de Granada*. [Informe].

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning* (Agriculture Handbook No. 537). U.S. Department of Agriculture.

2. Páginas webs

Agencia Estatal de Meteorología. (s. f.). *Agroclimap*. Recuperado el 20 de septiembre de 2025, de https://agroclimap.aemet.es/

AGRI Nova Science. (s. f.). *La utopía del 5% de la materia orgánica*. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/

Anthos. Sistema de información sobre las plantas de España. (s. f.). Recuperado el 10 de septiembre de 2025, de http://www.anthos.es/

Apolo (Observatorio de agentes polinizadores). (s. f.). *Polinizadores y biodiversidad*. https://apolo.entomologica.es/cont/materiales/informe_tecnico.pdf

Árboles Ibéricos. (s. f.). *Sorbus domestica L.* Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://www.arbolesibericos.es/genre/sorbus/species/sorbusdomestica

Boletín Oficial del Estado. (s. f.). *Base de datos de legislación vigente de España*. Gobierno de España. https://www.boe.es/

Centro de Descargas del CNIG (IGN). (s. f.). Recuperado el 5 de septiembre de 2025, de https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/home

Comisión Europea. (2019). *Pacto Verde Europeo (European Green Deal)*. Recuperado el 19 de octubre de 2025, de https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

Comisión Europea. (2020). *Estrategia de la Unión Europea sobre la biodiversidad de aquí a 2030: Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas*. Recuperado el 19 de octubre de 2025, de https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en?prefLang=es&etrans=es

Comisión Europea. (2021). *Estrategia de la Unión Europea sobre el suelo para 2030: Cuidar el suelo, es cuidar la vida*. Recuperado el 19 de octubre de 2025, de https://environment.ec.europa.eu/topics/soil-health/soil-strategy-2030_en

FAO. (s. f.). *Clasificación de suelos*. Portal de Suelos de la FAO. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/clasificacion-de-suelos/es/

FAO. (s. f.). *El suelo: Diferencias según su aspecto físico y químico*. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/4/ah645s/ah645s04.htm

FAO. (s. f.). *Mapa mundial de suelos de FAO/UNESCO*. Portal de Suelos de la FAO. Recuperado el 30 de octubre de 2025, de https://www.fao.org/soils-

portal/soil-survey/mapas-historicos-de-suelos-y-bases-de-datos/mapa-mundial-de-suelos-de-faounesco/es/

Guía nueva – SEO/BirdLife. (s. f.). Recuperado el 21 de octubre de 2025, de https://seo.org/guia-de-aves/

IGME. (s. f.). *Mapa geológico de España escala 1:50.000: Baltanás*. [Visor/Documento].

Indicadores y cartografía. (s. f.). Recuperado el 3 de septiembre de 2025, de https://mpt.gob.es/reto_demografico/Indicadores_cartografia.html

INE. Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). Recuperado el 1 de septiembre de 2025, de https://www.ine.es/

Instituto Geográfico Nacional. (s. f.). *Suelos. Atlas Nacional de España*. Recuperado el 27 de octubre de 2025, de https://atlasnacional.ign.es/wane/Suelos

Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León. (s. f.). *Mapa de suelos de Castilla y León*. Recuperado el 25 de octubre de 2025, de https://suelos.itacyl.es/mapas

IUCN. (s. f.). *IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado el 21 de octubre de 2025, de https://www.iucnredlist.org/

La Tienda del Agricultor. (s. f.). *Fitosanitarios, plagas y enfermedades*. Recuperado el 22 de septiembre de 2025, de https://sanidadyproteccionvegetal.com/

Mapa Forestal de España (MFE50). (s. f.). Recuperado el 10 de septiembre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/mfe50.html

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). *Estrategia nacional para la conservación de los polinizadores* (Aprobada por Conferencia Sectorial de Medio Ambiente de 21 de septiembre de 2020).

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.). *Prunus spinosa L.* Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/Prunus_spinosa_tcm30-200487.pdf

Natusfera. (s. f.). *Una comunidad para naturalistas*. Recuperado el 1 de octubre de 2025, de https://spain.inaturalist.org/

Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Agenda para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas. Recuperado el 19 de octubre de 2025, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/

Organización de las Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Naciones Unidas. Recuperado el 19 de octubre de 2025, de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/

Practical Plants. (2024). *Rhamnus saxatilis*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de https://practicalplants.org/wiki/rhamnus_saxatilis/

Reinoso de Cerrato. (s. f.). Recuperado el 18 de octubre de 2025, de https://reinosodecerrato.blogspot.com/

Sociedad de Ciencias Aranzadi. (s. f.). *Prunus spinosa L.* Proyecto Flora de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Recuperado el 17 de octubre de 2025, de https://monteriza.aranzadi.eus/wp-content/uploads/flora/134.prunus-spinosa.pdf

Situación actual del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y Catálogo Español de Especies Amenazadas. (s. f.). Recuperado el 21 de octubre de 2025, de https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/especies-proteccion-especial/ce-proteccion-listado-situacion.html

Universidad Politécnica de Madrid. (s. f.). *Moodle UPM – Cursos en abierto*. Recuperado el 21 de septiembre de 2025, de https://moodle.upm.es/en-abierto/

University of Florida, IFAS. (2024). *Rosa canina – Landscape plants of Florida*. Recuperado el 20 de octubre de 2025, de https://hort.ifas.ufl.edu/database/lppi/sp339.shtml

Visor SIG. (s. f.). Recuperado el 15 de septiembre de 2025, de https://idecyl.jcyl.es/vcig/

Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Documento 2. Planos

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo

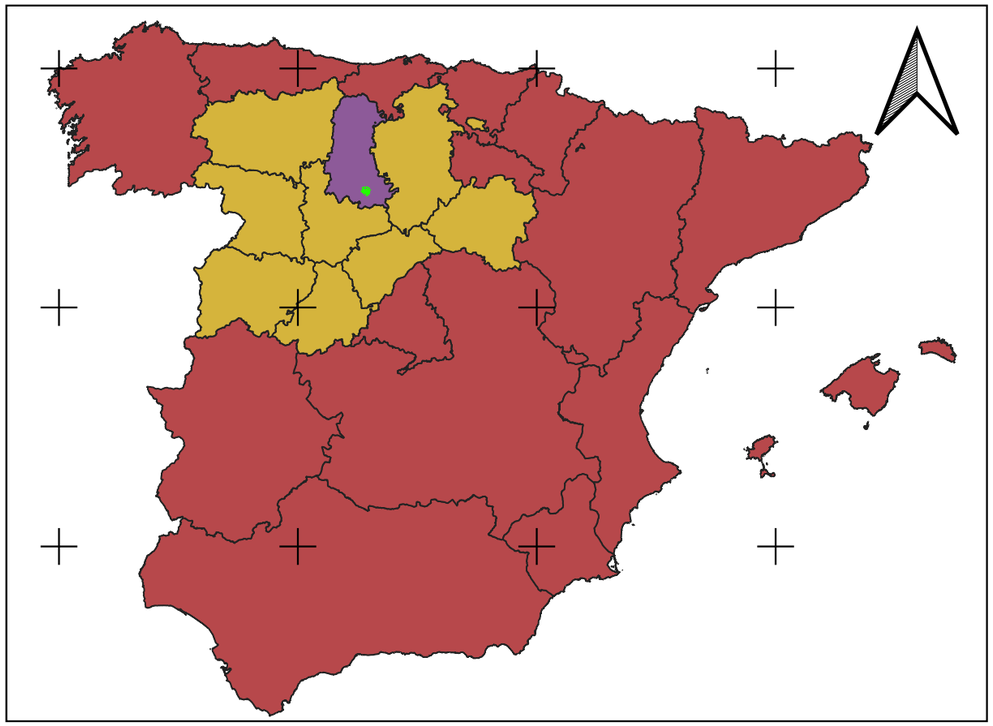
Tutora: Ana García Vega

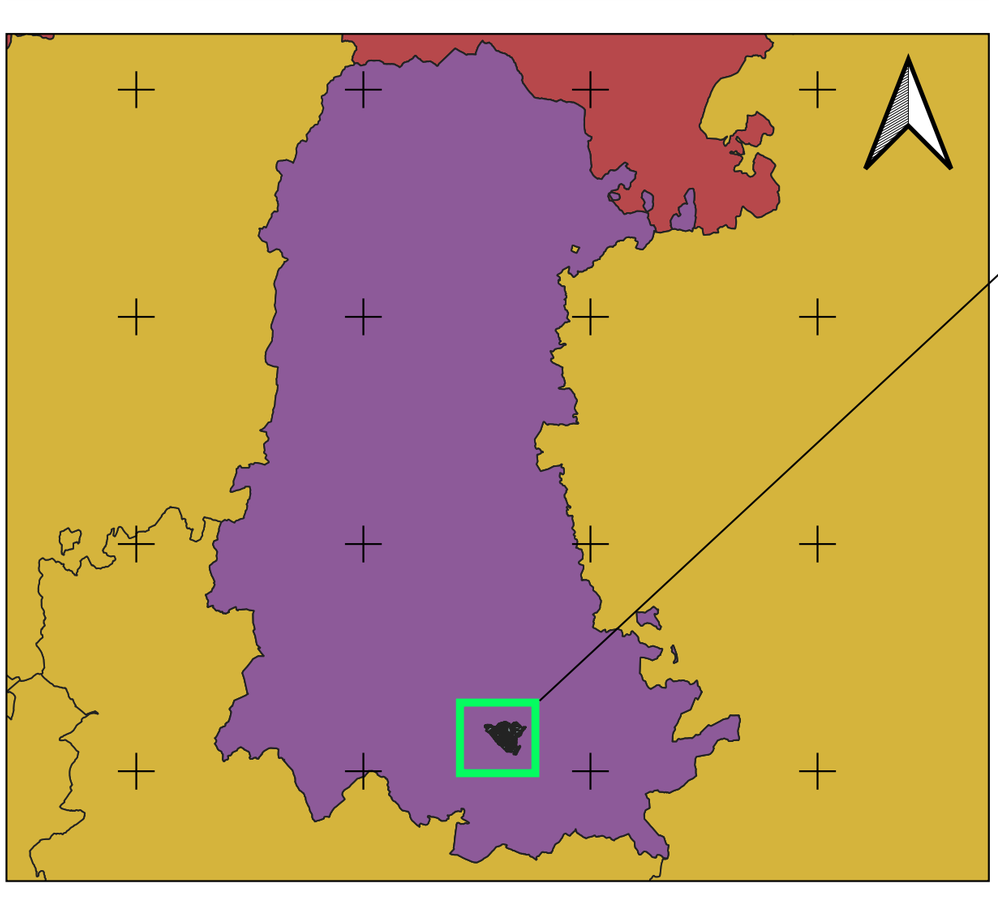
Cotutora: María Isabel Pozo Romero

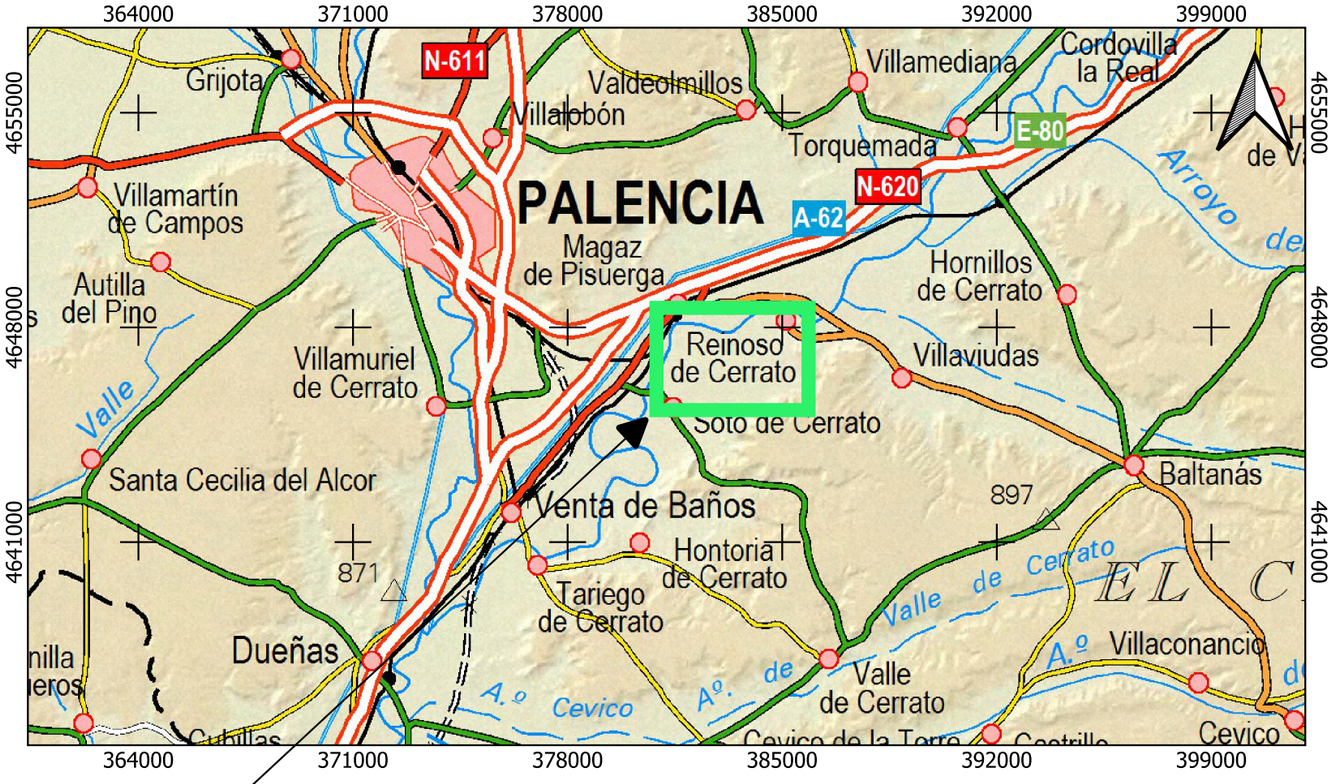
Noviembre de 2025

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 2: PLANOS

1. **PLANO Nº1. LOCALIZACIÓN**
2. **PLANO Nº2. SITUACIÓN**
3. **PLANO Nº3. SITUACIÓN ACTUAL**
4. **PLANO Nº4. RELIEVE**
5. **PLANO Nº5. LITOLOGÍA**
6. **PLANO Nº6. SERIES DE VEGETACIÓN**
7. **PLANO Nº7. RODALES Y DESCRIPCIÓN**
8. **PLANO Nº8. ACTUACIONES**







0 2,5 5 km

Escala 1:200000

Leyenda

- España
- Castilla y León
- Palencia
- Reinoso de Cerrato
- Parcelas Reinoso de Cerrato

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Mapa de España 500
Zona 30 E
Centro de descargas del CNIG

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO

Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

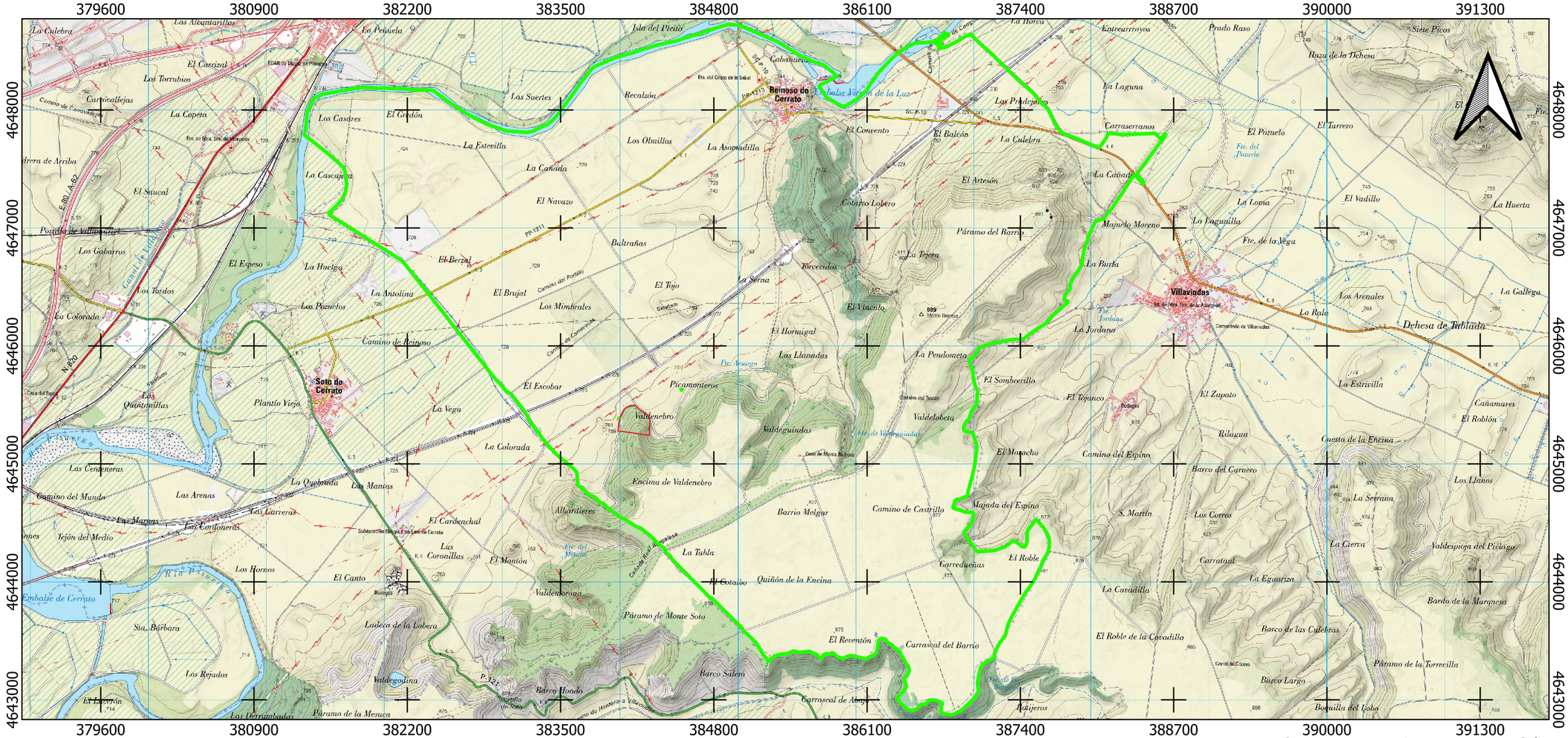
TÍTULO DEL PLANO	Nº PLANO
Localización del proyecto	1

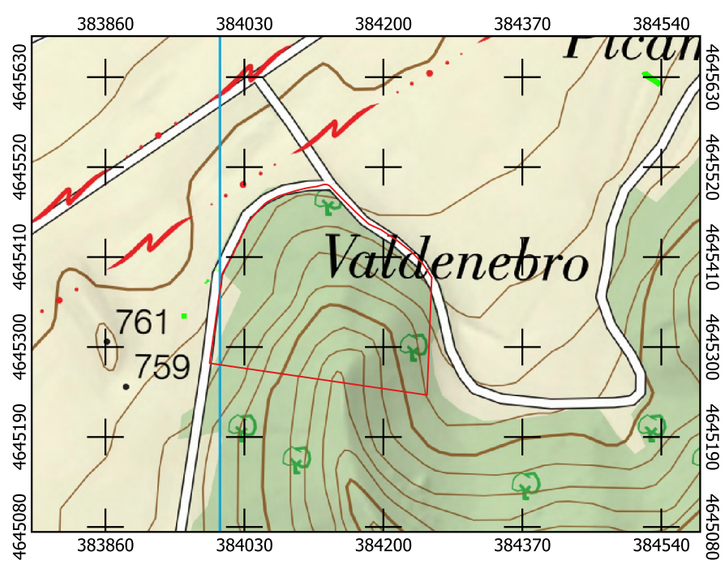
PROMOTOR	EMPLAZAMIENTO	ESCALA
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato	Término municipal de Reinoso de Cerrato	Varias

FIRMA
En Palencia, a 17 de Junio de 2025

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Fdo.: Sheila Aparicio





Escala 1:7500

0 75 150 m

Leyenda

- Municipio Reinoso de Cerrato
- Parcela

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Base Topográfica Nacional, Hoja 0312-1
Centro de descargas del CNIG

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Situación del proyecto

Nº PLANO
2

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

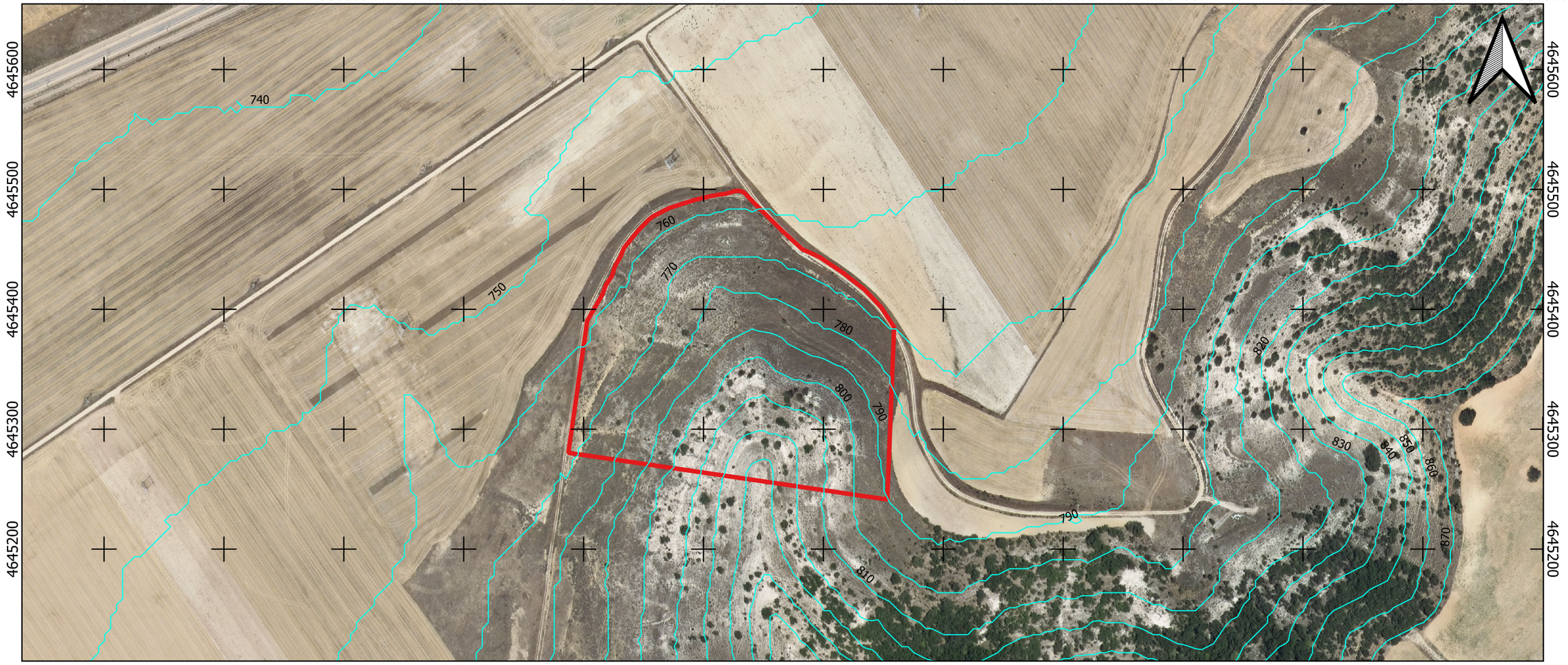
EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

ESCALA
Varias

FIRMA
En Palencia a 17 de junio de 2025

Fdo.: Sheila Aparicio

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural





0 0,1 0,2 km

Escala 1:15000

0 100 200 m

Escala 1:3500

Leyenda

- Curvas de nivel
- Parcela
- Líneas de ferrocarril

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Ortofoto PNOA máx actualidad
Centro de descargas del CNIG

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Situación actual del proyecto

Nº PLANO
3

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

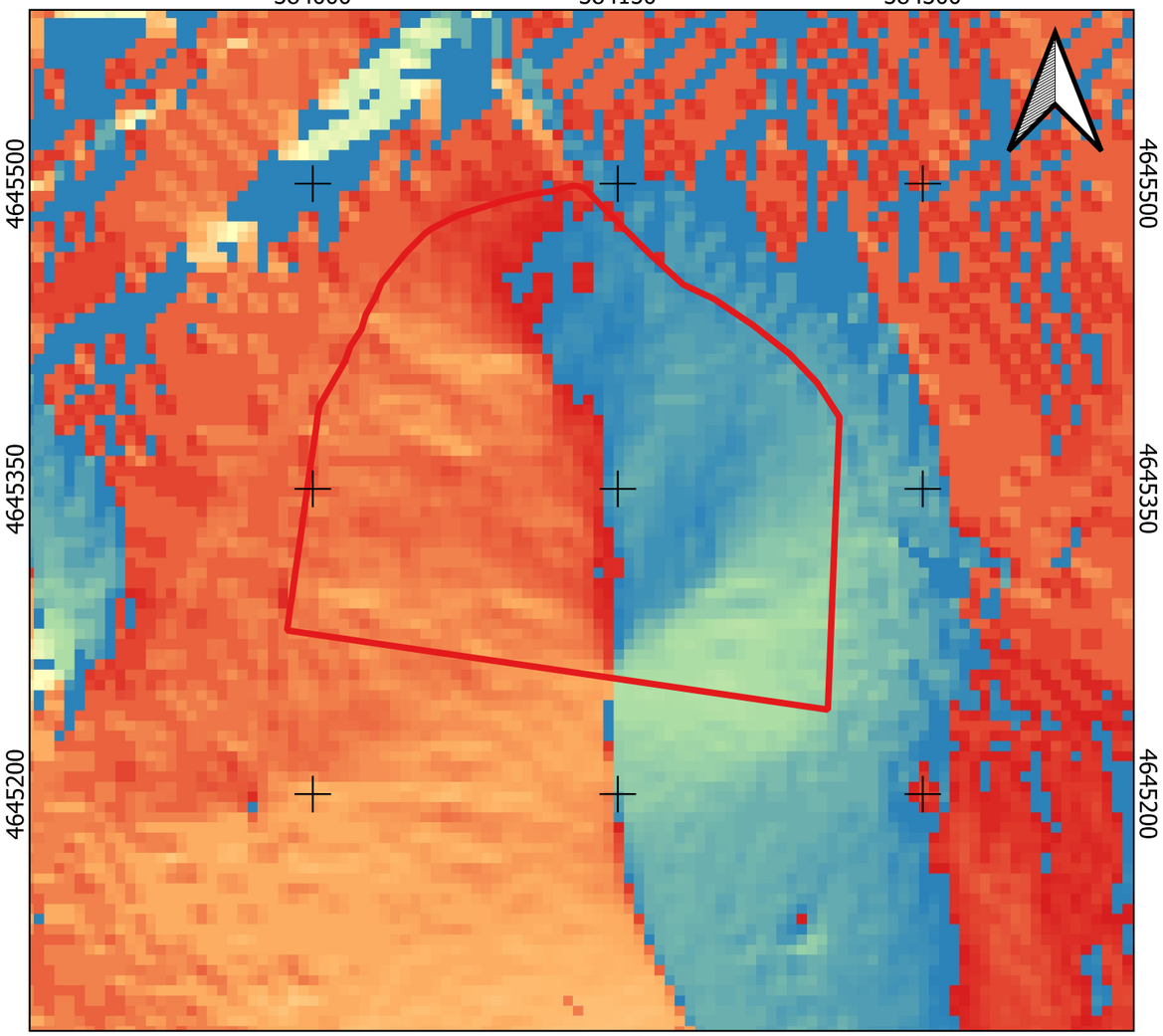
ESCALA
Varias

FIRMA
En Palencia a 17 de junio de 2025

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Fdo.: Sheila Aparicio

Plano de Orientaciones



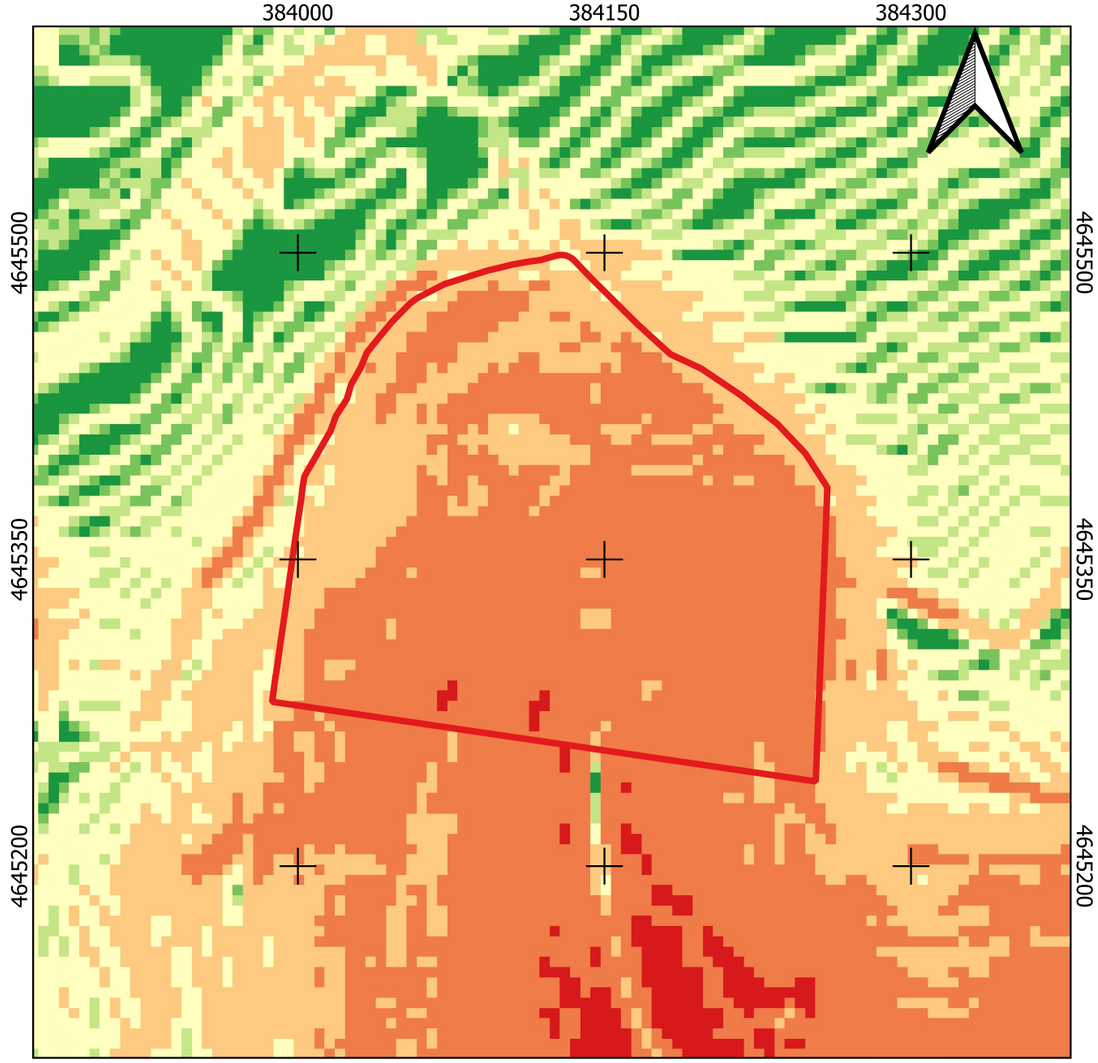
Leyenda

Parcela

Orientaciones

- Norte
- Noreste
- Este
- Sureste
- Sur
- Suroeste
- Oeste
- Noroeste
- Norte

Plano de Pendientes



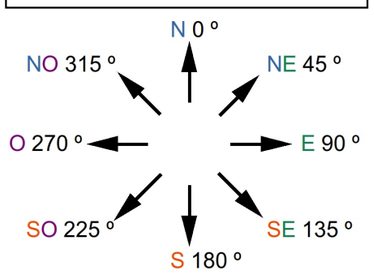
Leyenda

Parcela

Clasificación de pendientes

- Plano (0-1%)
- Ligeramente inclinado (2-5%)
- Inclinado (5-10%)
- Fuertemente inclinado (10-15%)
- Moderadamente escarpado (15-30%)
- Escarpado (30-60%)
- Muy escarpado(>60%)

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Modelo Digital del Terreno 2ª Cobertura Centro de descargas del CNIG



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Relieve (Orientaciones y Pendientes)

Nº PLANO
4

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

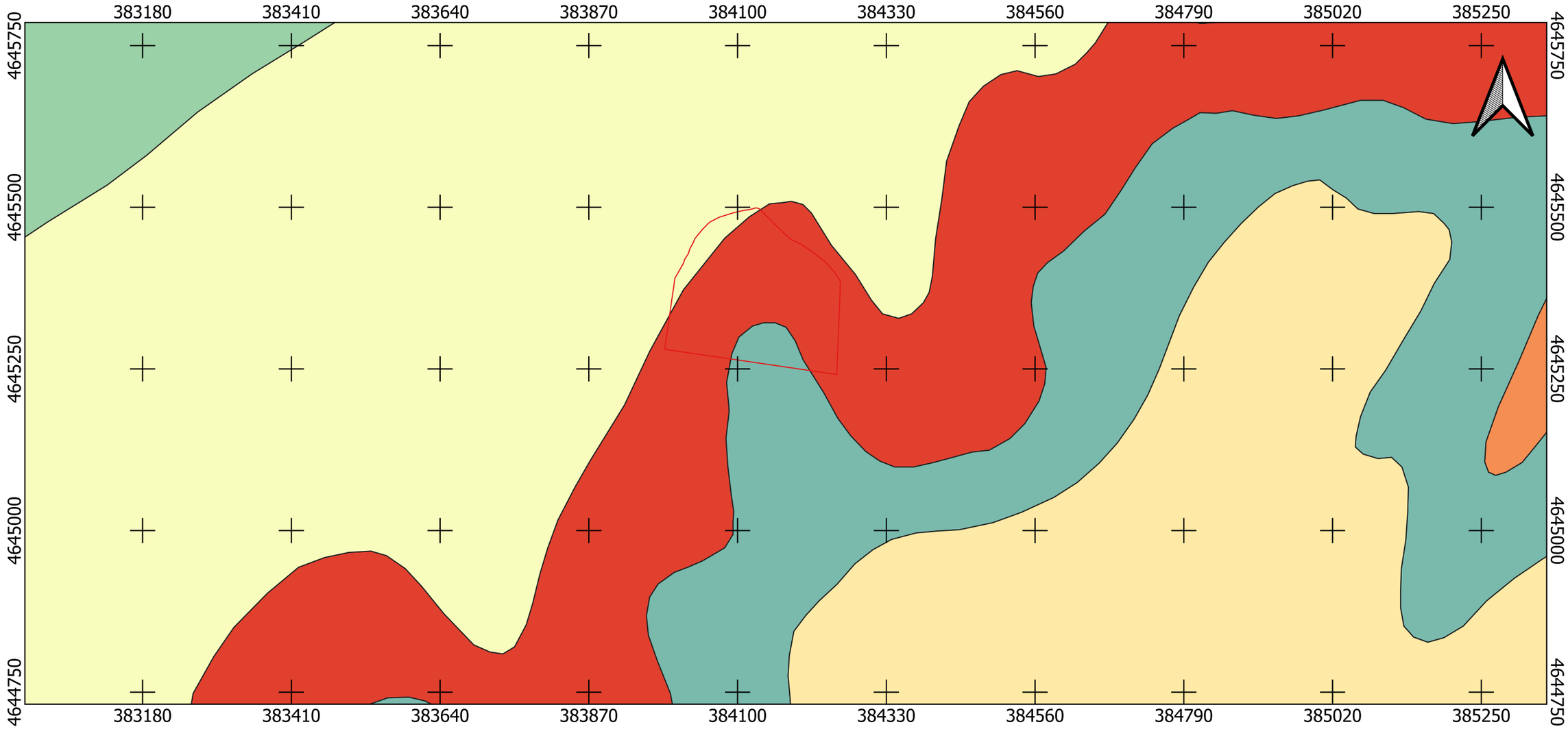
EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

ESCALA
1:3000

FIRMA
En Palencia a 18 de octubre de 2025

Fdo.: Sheila Aparicio

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



0 100 200 m

Leyenda

- Parcela
- Arcillas y limos, areniscas, microconglomerados, areniscas y margas
- Calizas con gasterópodos, dolomías e intercalaciones de margas con yesos
- Calizas, calizas detríticas, margocalizas y margas blancas
- Margas, arcillas margosas, niveles calcáreos y yesíferos

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Mapa litología Palencia Centro de descargas del CNIG

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Litología

Nº PLANO
5

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

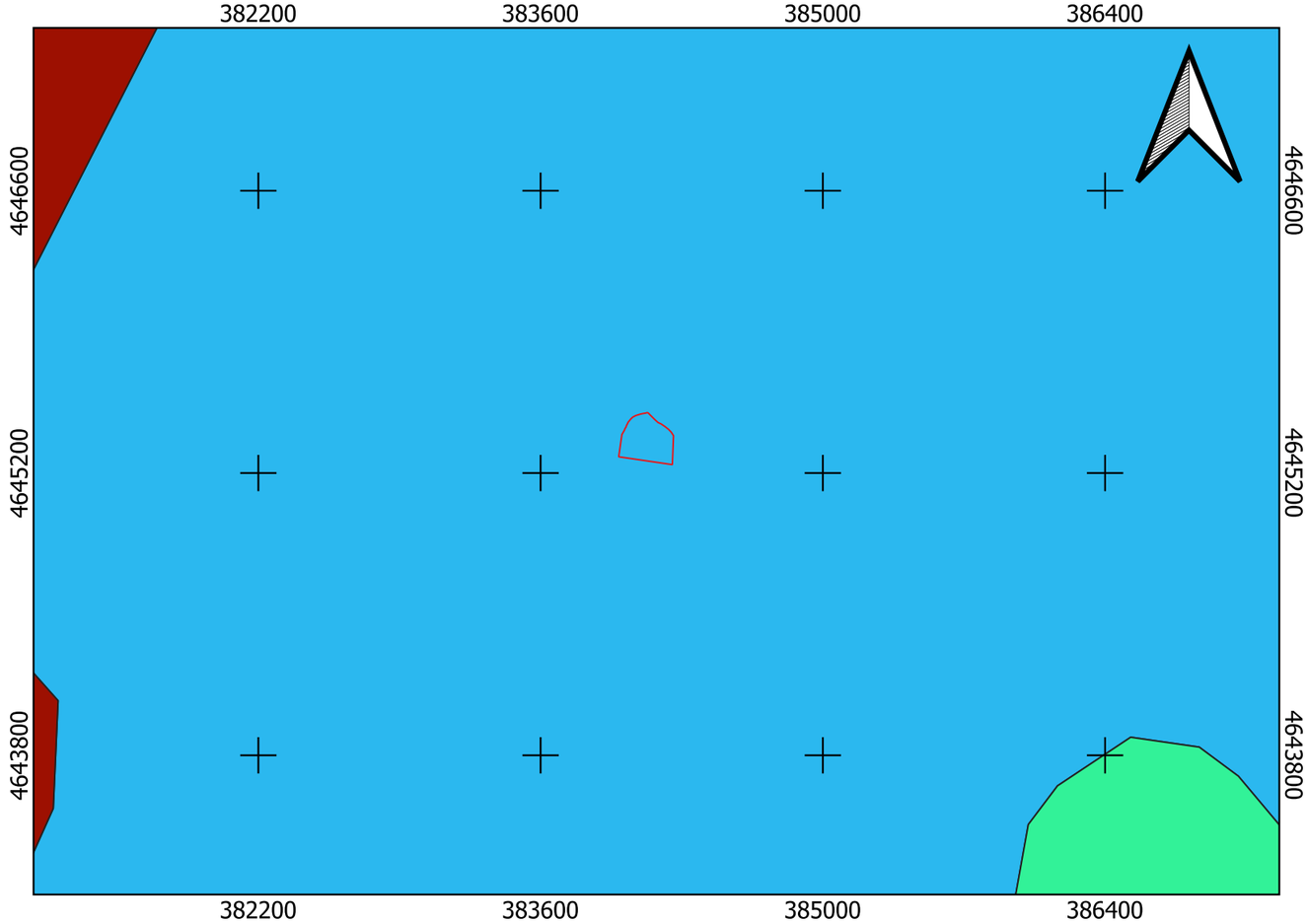
EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

ESCALA
1:6500

FIRMA
En Palencia a 18 de junio de 2025

Fdo.: Sheila Aparicio

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



Escala 1:30000

0 250 500 m

Leyenda

Parcela

Series vegetación Rivas Martínez

19b

22a

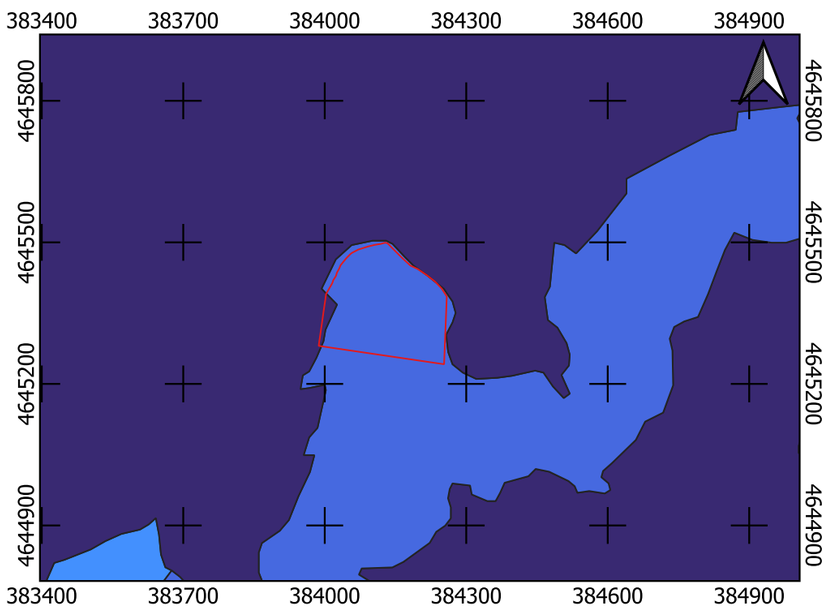
I

19b: Serie supra-mesomediterranea castellano-alcarreno-manchega basofila de Quercus faginea o quejigo (Cephalanthero longifoliae-Querceto fagineae sigmetum). VP,quejigares.

22a: Serie supramediterranea castellano-maestrazgo-manchega basofila de Quercus rotundifolia o encina (Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum). VP,encinares.

I: Geomegaseries riparias mediterraneas y regadios(R).

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: Banco de Datos de la Naturaleza (BDN)



Escala 1:13000

0 100 200 m

Leyenda

Parcela

Mapa Forestal de España

Quejigares

Sin formación arbolada

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Series de vegetación

Nº PLANO
6

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

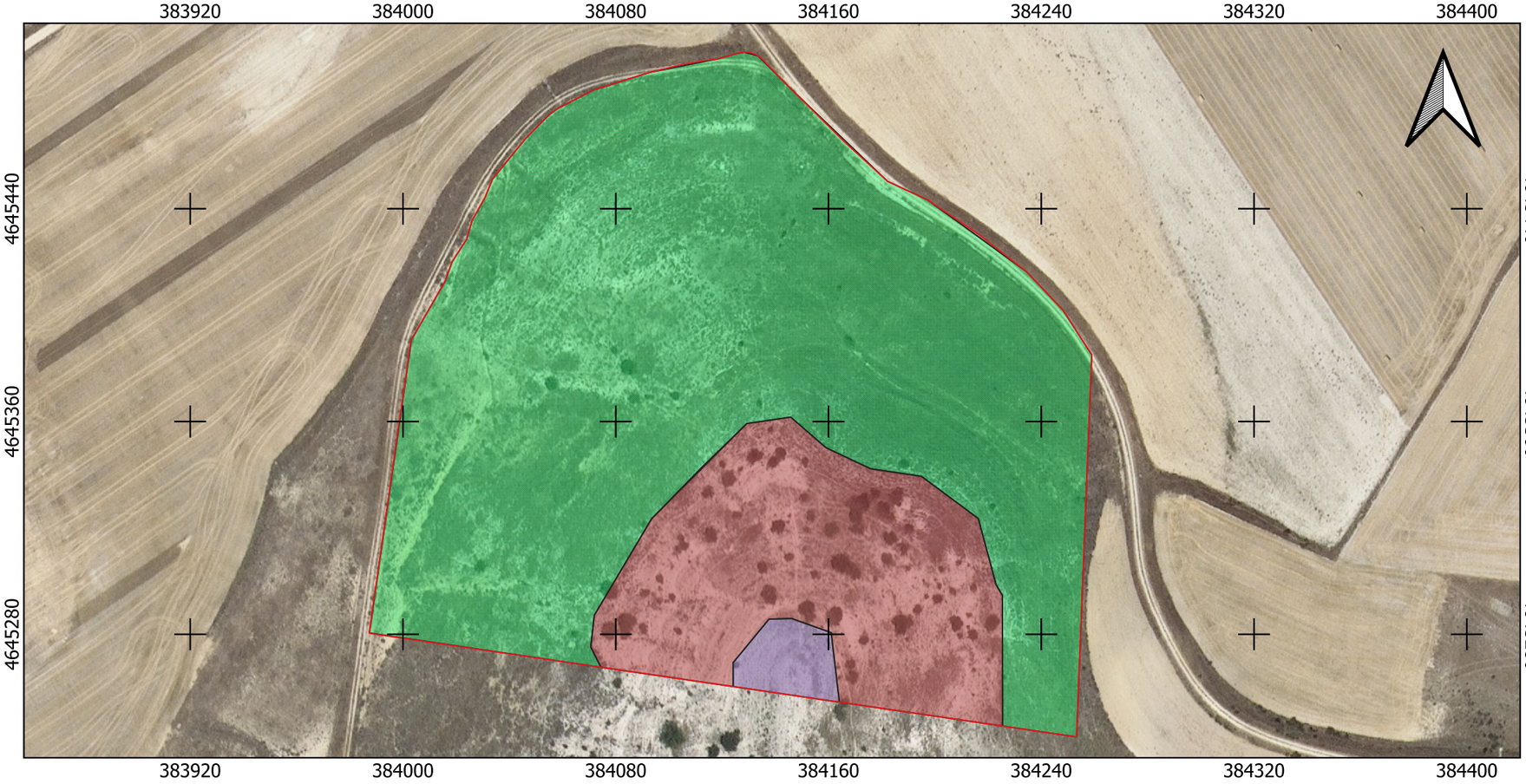
EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

ESCALA
Varias

FIRMA
En Palencia a 20 de junio de 2025

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Fdo.: Sheila Aparicio



0 25 50 m

Escala 1:2000

Leyenda

Parcela

Zonas

Zona 3 (alta)

Zona 2 (media)

Zona 1 (baja)

Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: PNOA Máxima actualidad
Centro de descargas del CNIG

Escala 1:5000



Escala 1:3000



Escala 1:800



Zonas

- Zona 3 (alta): alta incidencia de fuertes vientos, casi sin vegetación, solo presentes especies de porte almohadillado
- Zona 2 (media): presencia de pies de quejigo y un número reducido de especies arbustivas. Presenta manchas de Ononis spp.
- Zona 1 (baja): presencia abundante de vegetación herbácea con un número reducido de especies arbóreas y arbustivas.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO
Rodales y descripción

Nº PLANO
7

PROMOTOR
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato

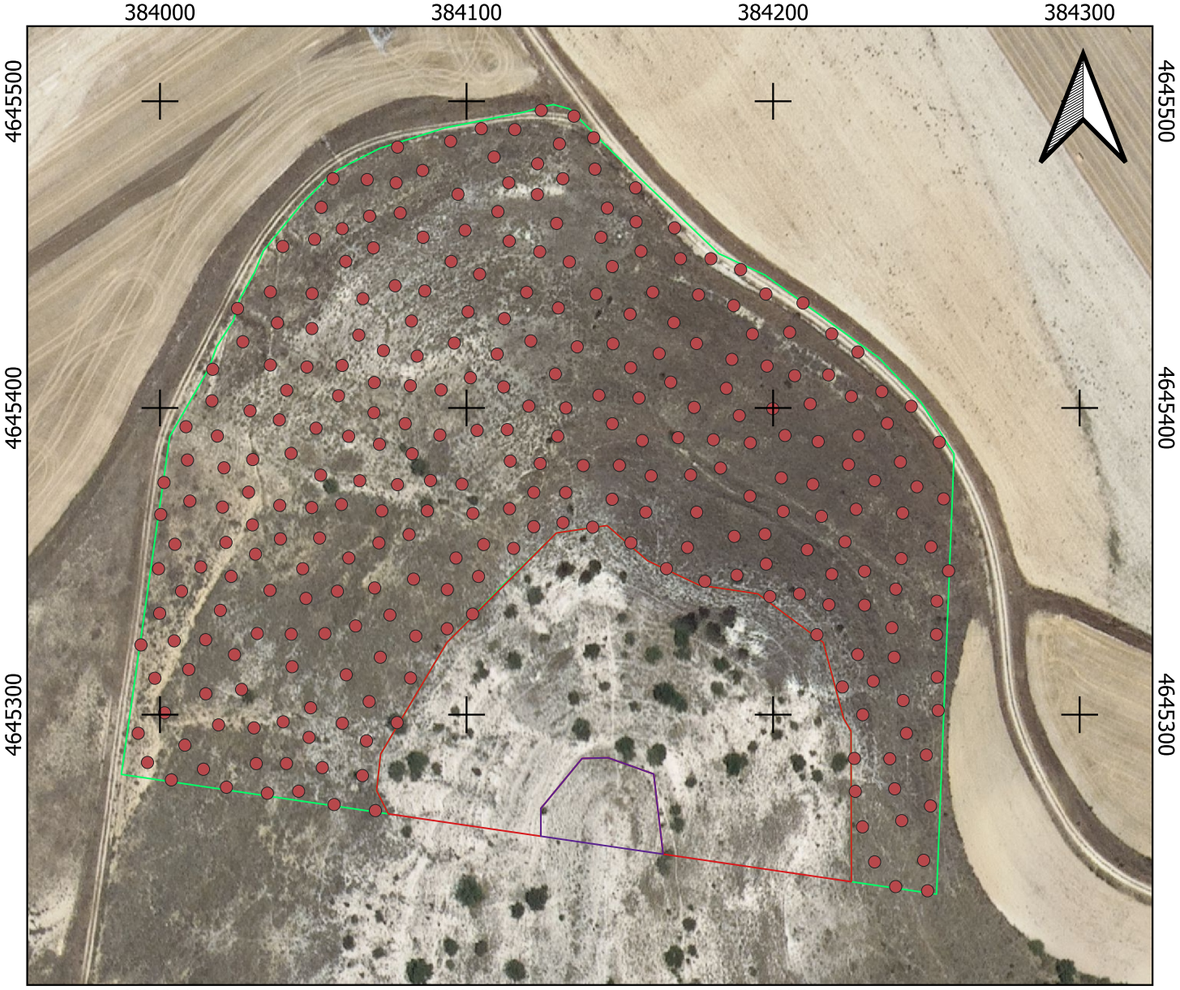
EMPLAZAMIENTO
Término municipal de Reinoso de Cerrato

ESCALA
Varias

FIRMA
En Palencia a 10 de noviembre de 2025

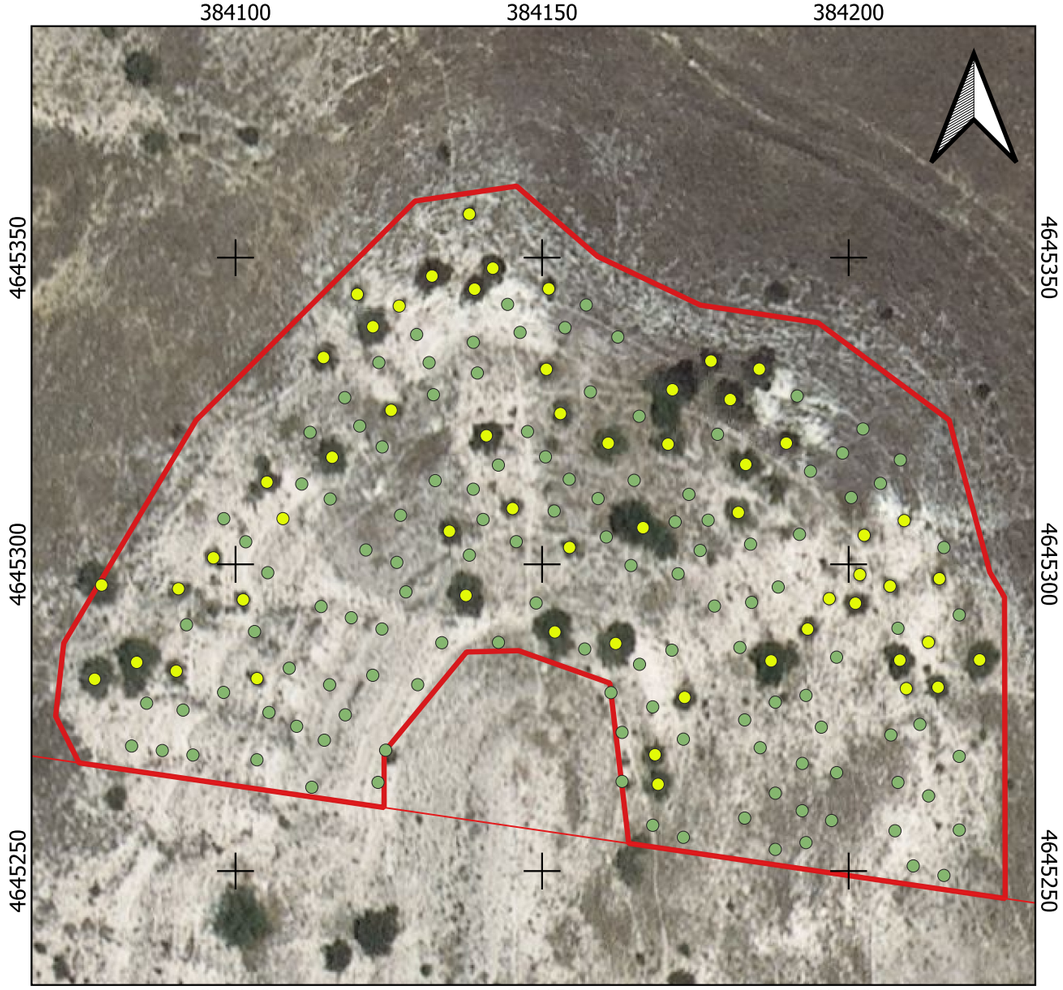
Fdo.: Sheila Aparicio

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural



0 25 50 m

Escala 1:2000



Escala 1:1000

0 10 20 m

Leyenda

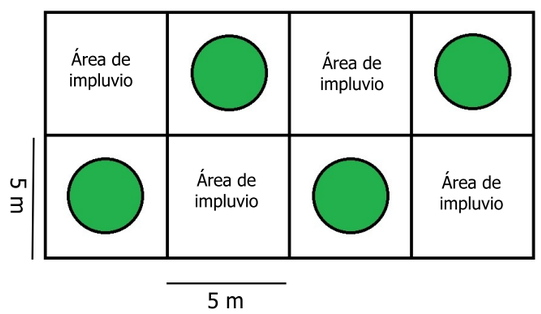
- Distribución de bosquetes
- Quejigos presentes
- Quejigos a introducir

Zonas

- Zona 3 (alta)
- Zona 2 (media)
- Zona 1 (baja)

Rodal 1: siembra manual
Rodal 2: ahoyado y plantación manuales
Rodal 3: sin intervención

Marco de plantación 5x5



Información Cartográfica
Sistema de Referencia ETRS89
Proyección Cartográfica: UTM huso 30N
Cotas en metros (m)
Fuente: PNOA Máxima actualidad
Centro de descargas del CNIG

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

TITULO PROYECTO
Restauración hidrológico-forestal de la ladera de Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

TÍTULO DEL PLANO	Nº PLANO
Actuaciones	8

PROMOTOR	EMPLAZAMIENTO	ESCALA
Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato	Término municipal de Reinoso de Cerrato	Varias

TITULACIÓN
Ingeniería Forestal y del Medio Natural

FIRMA
En Palencia a 11 de noviembre de 2025

Fdo.: Sheila Aparicio



Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Documento 3. Pliego de condiciones

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo
Tutora: Ana García Vega
Cotutora: María Isabel Pozo Romero

Noviembre de 2025

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 3 PLIEGO DE CONDICIONES

TITULO I: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA) 2

1. Descripción de las obras 2

1.1 Alcance de las prescripciones 2

1.2 Localización de las obras 2

1.3 Descripción de las obras 2

1.4 Objeto de las obras 3

1.5 Instrucciones para la forma de tratamiento del suelo 3

2. Unidades de obra 3

2.1 Materiales vegetales 3

2.1.1 Condiciones relativas a las plantas en envase o contenedor 3

2.1.2 Condiciones relativas a las semillas 4

2.1.3 Transporte del material vegetal 5

2.1.4 Recepción del material vegetal 5

2.1.5 Control de planta 6

3. Mano de obra 6

3.1 Realización de las actuaciones 6

3.1.1 Apeo de rodales 6

3.1.2 Marcado de puntos 7

3.1.3 Preparación del terreno 7

3.1.4 Implantación del material vegetal 8

3.1.5 Realización del alcorque 9

3.1.6 Colocación de la malla cinegética 9

3.1.7 Colocación de los tubos protectores 9

3.1.8 Instalación del sistema de monitorización 10

3.2 Periodos de ejecución de las obras 10

3.3 Programa de pruebas a los que debe someterse la repoblación 10

3.3.1 Control de la preparación del terreno 10

3.3.2 Control de la implantación 10

3.3.3 Control de la colocación de la protección 10

3.3.4 Control posterior a la plantación 11

3.3.5 Parcelas de contraste 11

TÍTULO II. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA) 12

1. Dirección e inspección de las obras 12

1.1 Dirección de las obras 12

1.2 Ingeniero Director de Obras 12

1.3 Unidad administrativa a pie de obra 12

1.4 Inspección de obras 12

1.5 Funciones del ingeniero director de obras 12

1.6 Representante del contratista 13

1.7 Partes e informes 14

1.8 Órdenes al contratista 14

1.9 Libro de órdenes 14

2. Trabajos preparatorios para la ejecución de las obras 14

2.1 Comprobación del replanteo 14

2.2 Fijación de los puntos de replanteo y conservación de los mismos 14

3. Desarrollo y control de las obras 15

3.1 Replanteo de detalle de las obras 15

3.2 Equipos y herramienta 15

3.3 Ensayos 15

3.4 Materiales 16

3.5 Trabajos nocturnos 16

3.6 Trabajos no autorizados o defectuosos 17

3.7 Vicios ocultos 17

3.8 Construcción y conservación de desvíos 17

3.9 Señalización de las obras 17

3.10 Precauciones especiales durante la realización de las obras 18

3.10.1 Lluvias 18

3.10.2 Sequía 18

3.10.3 Heladas, nieve y granizo 18

3.10.4 Viento 18

3.10.5 Niebla 19

3.10.6 Plagas y enfermedades 19

3.10.7 Incendios 19

3.11 Modificaciones de obra 19
4. Responsabilidades especiales del contratista durante la ejecución de las obras..... 19
4.1 Daños y perjuicios 19
4.2 Objetos encontrados 20
4.3 Emisión de contaminantes 20
4.4 Permisos y licencias 20
4.5 Personal del contratista 21
4.6 Edificios o materiales entregados por parte de la administración forestal al contratista para su utilización 21
4.7 Envases recuperables 21
5. Disposiciones generales 22
5.1 Periodos de ejecución 22
5.1.1 Repoblación 22
5.2 Conservación durante la ejecución y plazo de garantía 22
6. Disposiciones varias 23
6.1 Cuestiones no previstas en el pliego 23
TÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA) 24
1. Medición y abono de las obras 24
1.1 Condiciones generales de medición y abono de las obras 24
1.2 Abono de las obras 24
1.2.1 Obras que se abonarán al adjudicatario 24
1.2.2 Precio de valoración de las obras certificadas 25
1.2.3 Partidas alzadas 25
1.2.4 Instalaciones 25
1.2.5 Certificaciones 26
1.2.6 Recepción de la obra 26
1.2.7 Plazo de garantía 27
1.2.8 Liquidación 27
1.3 Otros gastos por cuenta del contratista 27
TÍTULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA) 29
1. Documentos que definen 29

1.1 Descripción 29
1.2 Planos 29
1.3 Contraindicaciones, omisiones o errores 29
1.4 Planos de detalle 30
1.5 Documentos que se entregan al contratista 30
1.5.1 Documentos contractuales 30
1.5.2 Documentos informativos 30
1.6 Rescisión del contrato 31
2. Tramitación de las propuestas 31
3. Accidentes de trabajo y daños producidos a terceros 32
4. Cuestiones no previstas en el Pliego 33

En el presente Pliego de Condiciones dirigido a las obras de restauración hidrológico forestal de la ladera de "Valdenebro" perteneciente al término municipal de Reinoso de Cerrato (Palencia), se recogen las instrucciones y especificaciones necesarias para la adecuada ejecución de las actuaciones proyectadas. El documento contiene las condiciones técnicas y constructivas relativas a materiales, especies vegetales, maquinaria, procedimientos de ejecución y control, así como las prescripciones generales que deberán observarse durante la realización de las obras, de acuerdo con la legislación y normativa vigente.

Asimismo, se establecen los criterios de medición y valoración de las distintas unidades de obra, junto con las disposiciones generales y administrativas que regirán durante la ejecución del contrato.

Las condiciones e instrucciones aquí descritas serán de obligado cumplimiento para todos los agentes intervinientes en la obra, y su observancia será controlada, inspeccionada y dirigida por la Dirección Facultativa o el ingeniero responsable del proyecto.

Cualquier modificación o variación que deba realizarse durante la ejecución será comunicada previamente a la Dirección Facultativa, y no podrá llevarse a cabo sin su autorización expresa.

La estructura del presente Pliego de Condiciones se organiza del siguiente modo:

- Título I: Pliego de Condiciones de Índole Técnica.
- Título II: Pliego de Condiciones de Índole Facultativa.
- Título III: Pliego de Condiciones de Índole Económica.
- Título IV: Pliego de Condiciones de Índole Legal.

En caso de discrepancia entre los distintos documentos contractuales, corresponderá a la Dirección de Obra la interpretación final. Como criterio general, salvo indicación contraria, prevalecerá lo establecido en el presente Pliego de Condiciones.

De igual modo, si se produjesen contradicciones entre lo dispuesto en el proyecto y la legislación o normativa técnica aplicable, prevalecerán las disposiciones legales y reglamentarias vigentes. No obstante, cuando se indique expresamente en el Pliego la aplicación preferente de un artículo o norma técnica concreta, prevalecerá lo definido en dicho artículo.

TITULO I: PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA)

1. Descripción de las obras

1.1 Alcance de las prescripciones

Las presentes Prescripciones Técnicas Particulares serán de aplicación a la ejecución de las obras incluidas en el Proyecto de Restauración Hidrológico Forestal de la ladera de Valdenebro, situada en el término municipal de Reinoso de Cerrato, en Palencia, y especialmente a aquellas actuaciones que impliquen labores de repoblación forestal y siembra, según la descripción y planificación detalladas en la Memoria del Proyecto.

El presente documento recoge las condiciones y especificaciones técnicas complementarias que, junto con las indicadas en el Pliego de Condiciones Generales y en el Contrato de Obras, deberán regir durante la ejecución de los trabajos.

Estas prescripciones establecen los criterios técnicos de calidad, ejecución, control y verificación relativos al material vegetal, los métodos de plantación y siembra, las técnicas de preparación del terreno y las operaciones posteriores de mantenimiento y reposición, garantizando así la correcta implementación de las medidas previstas en el proyecto.

Las condiciones aquí definidas serán de obligado cumplimiento para la empresa adjudicataria y el resto de los agentes que intervengan en la obra, y su cumplimiento será controlado y supervisado por la Dirección Facultativa, que velará por la correcta ejecución de las actuaciones de restauración conforme a las especificaciones del proyecto y la normativa técnica aplicable.

1.2 Localización de las obras

Las obras se van a realizar en la ladera “Valdenebro”, perteneciente al término municipal de Reinoso de Cerrato, en la provincia de Palencia.

La parcela de estudio se ubica en la ladera, siendo propiedad del Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato, tratándose de la parcela 60 del polígono 517 (34146A517000600000PD).

1.3 Descripción de las obras

La restauración busca generar una cubierta vegetal y reducir la degradación mediante la repoblación con especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Las actuaciones para lograr la restauración incluyen el marcado de los puntos, el ahoyado manual, la realización de las microcuencas, la implantación de la vegetación mediante la siembra y la plantación, colocación de malla cinegética, colocación de tubos protectores, la reposición de marras y la instalación de un sistema de monitorización del riego.

La parcela en la que se van a realizar las actuaciones cuenta con una superficie de 5,1 hectáreas, dividida en tres rodales, en los que se implantarán distintas especies y en distintas densidades.

1.4 Objeto de las obras

Las obras tienen una finalidad protectora, buscando generar una cubierta vegetal para frenar la erosión y mejorar las condiciones edáficas. Además, se busca una mejora de los servicios ecosistémicos y conseguir un aumento de biodiversidad que aumente el valor ecológico del entorno.

1.5 Instrucciones para la forma de tratamiento del suelo

El suelo en el que se asienta la actuación de restauración hidrológico forestal, constituye un elemento fundamental para el éxito de la repoblación y el posterior desarrollo de la masa vegetal. Por ello las presentes Prescripciones Técnicas deberán considerar las características edáficas y topográficas descritas en la Memoria del Proyecto, de modo que las actuaciones de preparación del terreno se orienten a mejorar la infiltración, favorecer el crecimiento radicular y reducir los procesos erosivos en las laderas.

De acuerdo con lo establecido en el proyecto, se realizarán 683 microcuencas, adaptadas a la distribución de especies y a las condiciones locales del terreno. Estas microcuencas contarán con un área de recepción variable según la especie y, en algunos casos, incluirán un área de impluvio adicional destinada a aumentar la captación de agua y satisfacer las necesidades hídricas de las plantas durante las primeras fases de desarrollo. Cada microcuenca contará con un alcorque de altura específica dependiendo de la especie y la superficie total.

De acuerdo con la Memoria, no será necesario realizar tratamientos sobre la vegetación preexistente, salvo en aquellos puntos donde interfiera con la apertura de las microcuencas o la implantación de la vegetación.

Cualquier modificación de los criterios aquí definidos que resulte necesaria durante la ejecución de las obras deberá ser evaluada y autorizada por la Dirección Facultativa o el Ingeniero Director, quien determinará las adaptaciones oportunas conforme a las condiciones reales del terreno y a los objetivos del proyecto.

2. Unidades de obra

2.1 Materiales vegetales

2.1.1 Condiciones relativas a las plantas en envase o contenedor

Todo el material vegetal utilizado deberá cumplir lo establecido en el Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo y en el Decreto 54/2007, de 24 de mayo, así como las especificaciones del Proyecto sobre especie, subespecie, procedencia, región de procedencia, origen y categoría. El pasaporte fitosanitario y el documento del proveedor serán obligatorios. La Dirección Facultativa aprobará previamente la planta; su aceptación en un momento no impide un rechazo posterior si se detectan defectos. La Administración no garantiza la disponibilidad de planta/procedencias; si el mercado fuese

insuficiente o inadecuado, el Director de Obra fijará nuevo origen conforme a las Regiones de Procedencia y podrá proponer ajustes de precios/programa. No se admitirán orígenes de fuera de la Península Ibérica.

El contratista podrá elegir vivero cuando no esté fijado en el Proyecto, pero deberá comunicarlo con antelación al Director de Obra y aportar, si se requiere, muestras y datos que acrediten calidad y cantidad; también deberá acatar las instrucciones de manejo y cuidado de la planta. Cualquier partida que no cumpla el Pliego será separada sin riesgo de confusión y sustituida. Los viveros deberán estar inscritos en el Registro Oficial de Proveedores de Vegetales de CyL y situados preferentemente, a menos de 100 km de la zona de actuación.

En cuanto a las condiciones de calidad y morfología de la planta, esta deberá presentar un buen estado sanitario, turgencia y coloración adecuadas, cuello lignificado y tejidos endurecidos. Se rechazarán aquellas plantas que presenten signos deficientes, como desecación, daños térmicos o mecánicos, clorosis, deficiencias, tallo múltiple, daños por organismos o defectos radiculares. Es necesario un equilibrio entre raíz y parte aérea con la robustez adecuada.

El envase tendrá como mínimo 235 cm^3 en el caso de las frondosas y 200 cm^3 en el caso de coníferas y deberán incorporar un sistema antiespiralización, autorepicado, paredes impermeables y deberán permitir la extracción íntegra y sencilla del cepellón. El sustrato deberá ser adecuado y con más del 80% de porosidad.

A efectos funcionales, Pemán et al (2021) establece que la planta en contenedor es la opción prioritaria en ambientes mediterráneos degradados por su protección radicular, menor desecación, mayor supervivencia y ventana más amplia de plantación.

El contratista notificará con antelación la adquisición de planta, aportará la documentación de origen y categoría, y Pasaporte Fitosanitario. La planta estará sujeta a inspección antes y en el momento de la plantación por la Dirección de Obra. La inspección en vivero no implica su aceptación definitiva, cualquier incumplimiento del manejo o requisitos podrá conllevar a la eliminación de la planta y la repercusión de costes al contratista según Proyecto.

2.1.2 Condiciones relativas a las semillas

Las semillas empleadas en la restauración deberán ajustarse también a lo dispuesto en el Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de materiales forestales de reproducción, y en el Decreto 54/2007, de 24 de mayo, que regula dicha comercialización en la Comunidad de Castilla y León. Deberán proceder de casas comerciales o proveedores acreditados, inscritos en el Registro Oficial de Proveedores de Vegetales, y presentar las garantías de origen, categoría y trazabilidad exigidas por la legislación vigente. Toda la partida deberá acompañarse del certificado oficial de procedencia y categoría, así como del pasaporte fitosanitario y la documentación del proveedor, los cuales se pondrán a disposición de la Dirección de Obra antes de su utilización.

Según Pemán et al. (2021) el uso de semillas certificadas y de procedencia conocida es esencial para garantizar la adaptación genética, la viabilidad germinativa y el éxito de la

repoblación. Estas semillas deben conservar su poder germinativo y vigor fisiológico, evitando el empleo de material envejecido o de almacenamiento prolongado. En consecuencia, el material vegetal deberá ser reciente, no superior a dos años de antigüedad, y mantenerse en condiciones de conservación adecuadas, en bolsas de polipropileno selladas, con humedad controlada y temperatura entre -3ºC y 5ºC, asegurando la preservación de su capacidad germinativa hasta su utilización.

Las semillas deberán ser del tamaño, color y aspecto característico de la especie botánica correspondiente, libres de impurezas, hongos o parásitos, y sin indicios de alteraciones por enfermedades micológicas o insectos. Cada lote deberá contener al menos un 80% de semilla pura y viva, con un poder germinativo superior al 80% del total envasado. Los envases deberán llegar a la obra precintados y etiquetados con la correspondiente garantía oficial. En caso de duda sobre su calidad, la Dirección de Obra podrá ordenar ensayos de control en un laboratorio autorizado.

Cualquier partida que no cumpla estos requisitos será rechazada, debiendo el Contratista sustituirla por otra que satisfaga las condiciones exigidas, asumiendo los costes derivados. La correcta selección, trazabilidad y manejo de las semillas, junto con un almacenamiento y transporte adecuados, son factores determinantes para el éxito de las siembras directas, garantizando que el material forestal conserve su viabilidad y asegure la regeneración natural y sostenible de las comunidades vegetales en entornos mediterráneos degradados.

2.1.3 Transporte del material vegetal

La preparación y el traslado de la planta hasta el área de plantación se realizarán conforme a las necesidades específicas de cada especie, su edad y el método de transporte utilizado. Las plantas deberán colocarse de forma ordenada, asegurando su estabilidad y evitando el contacto directo entre ellas para prevenir daños durante el trayecto.

El transporte se planificará para que sea lo más ágil posible, adoptando las medidas necesarias de protección a los agentes meteorológicos. En ningún caso se emplearán vehículos descubiertos, y se procurará efectuar el traslado en las horas frescas del día para minimizar el riesgo de desecación. Las plantas se colocarán en el vehículo con las guías orientadas hacia la parte posterior, a fin de reducir la exposición al viento y la pérdida de humedad.

La descarga se efectuará de manera manual, manipulando cuidadosamente el material para evitar golpes o daños. En el lugar de acopio provisional, las plantas se dispondrán sin superponerse ni aplastarse, preferiblemente en zonas sombreadas y con una humedad controlada del suelo mediante riegos periódicos. Además, el punto de recepción deberá disponer de acceso a agua para riego y contar con protección perimetral en caso de riesgo de entrada de fauna que pudiera ocasionar daños al material vegetal.

2.1.4 Recepción del material vegetal

La recepción del material vegetal debe realizarse bajo supervisión de la Dirección de Obra, garantizando que cada lote cumple los requisitos técnicos, genéticos y sanitarios

establecidos en el Proyecto y en la normativa vigente. El Contratista asumirá la obligación de sustituir, a su propio coste, todas las plantas o semillas que sean rechazadas por no ajustarse a las condiciones exigidas, sin que ello implique ampliación de los plazos de ejecución. Cada entrega de planta estará acompañada de la documentación oficial correspondiente, que permitirá identificar el lote desde su origen hasta su destino final.

En el momento de la recepción se elaborará un acta o documento de control, firmada tanto por el representante de la contrata como por la Dirección de Obra o la persona designada para esta función, en la que se hará constar la conformidad o el rechazo del material recibido. Una copia de dicha documentación se archivará junto al expediente técnico del proyecto.

La correcta identificación, trazabilidad y documentación de los lotes son condiciones imprescindibles para su aceptación definitiva en la obra.

2.1.5 Control de planta

Antes de la recepción definitiva, la Dirección de Obra comprobará que las plantas cumplen las exigencias genéticas y las condiciones de calidad exterior. Este control se centra en evaluar las características morfológicas, sanitarias y dimensionales de las plantas que integran el lote. Para ser aceptado, el lote deberá contar al menos con un 95% de ejemplares de calidad cabal y comercial, entendiendo por ello aquellas plantas que presentan una conformación adecuada, buen estado sanitario y las dimensiones exigidas para su especie y edad.

El procedimiento de muestreo consiste en la extracción aleatoria de cajas o mazos de plantas, con el fin de obtener una muestra representativa.

Durante la inspección se registrarán las plantas defectuosas y se anotarán en una ficha de control. Si el porcentaje de ejemplares no conformes supera los límites establecidos, el lote será rechazado. El método de control que garantiza que los lotes aceptados mantengan un nivel de calidad elevado y homogéneo, reduciendo el riesgo de incorporar plantas inadecuadas para la repoblación.

3. Mano de obra

3.1 Realización de las actuaciones

3.1.1 Apeo de rodales

Los rodales constituyen una unidad variable dentro del monte que mantiene cierta homogeneidad en sus características, por ello, en la zona de actuación se ha dividido la ladera en 3 rodales, aunque uno de ellos, el que se encuentra a mayor altitud no va a ser objeto de repoblación ni de ningún tipo de actuación.

Los otros dos rodales presentan las siguientes características:

- Rodal 1:
    - Superficie: 3,87 ha

  - Tipo de vegetación: gran presencia de herbáceas ruderales y arbolado muy disperso.
  - Preparación del terreno: ahoyado manual
  - Tipo de implantación: plantación y siembra
  - Densidad: 77,5 pies/ha
  - Especies: *Rhamnus saxatilis, Crataegus monogyna, Rosa canina, Genista scorpius, Ononis tridentata, Fumana ericifolia, Lonicera etrusca, Lavandula latifolia, Salvia lavandulifolia, Satureja montana, Sideritis hyssopifolia y Thymus vulgaris*.
- Rodal 2:
  - Superficie: 1,14 ha
  - Tipo de vegetación: presencia de arbolado y algunos arbustos dispersos.
  - Preparación del terreno: ahoyado manual
  - Tipo de implantación: plantación
  - Densidad: 106 pies/ha
  - Especies: *Quercus faginea*

3.1.2 Marcado de puntos

La primera actuación previa al inicio de las labores de plantación consistirá en el marcado de los puntos de implantación del material vegetal. Esta operación se llevará a cabo sobre el terreno conforme a la distribución establecida en el proyecto, garantizando la correcta localización de los bosquetes y el marco de plantación, respetando las distancias y alineaciones previstas. El replanteo se realizará con instrumentos de medida adecuados y sin el uso de maquinaria pesada, bajo la supervisión de la Dirección de Obra, de modo que sirva como referencia precisa para la posterior apertura de hoyos y ejecución de las unidades de plantación.

3.1.3 Preparación del terreno

Dado que el suelo constituye un elemento esencial en el éxito de toda repoblación, en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se aborda su tratamiento conforme al carácter protector que define esta actuación. El objetivo es que las labores de preparación del terreno favorezcan una implantación efectiva del material vegetal, así como su posterior desarrollo, logando una estructura edáfica que garantice la estabilidad y vitalidad de la vegetación establecida, permitiendo a largo plazo la autoperpetuación de la masa forestal.

Resulta imprescindible tener en cuenta la información recogida en la Memoria del Proyecto, especialmente la referente a las pendientes, la vegetación existente y el tipo de suelo en los diferentes rodales. En función de estos condicionantes, se contempla el ahoyado manual como método de preparación del terreno.

Cualquier aspecto no detallado en este apartado, se encuentra desarrollado en la Memoria, los Anejos y los Planos del Proyecto.

- Ahoyado manual: en ambos rodales se llevará a cabo un ahoyado manual, ejecutado por el personal de campo mediante el uso de herramientas para la apertura de hoyos de 40x40x40 cm. Esta metodología se adopta con el propósito de evitar el empleo de maquinaria pesada, ya que su uso podría incrementar la degradación del suelo, provocar compactación y favorecer la pérdida de material edáfico en un terreno ya vulnerable.

  Si bien el rendimiento de trabajo es inferior al de los métodos mecanizados, esta técnica asegura una mayor conservación del suelo y un impacto mínimo sobre la superficie de la ladera. Además, teniendo en cuenta que la pendiente media del terreno es del 35,7%, la ejecución manual se considera la opción más recomendable y segura, al permitir un control preciso sobre la ubicación y las dimensiones de los hoyos y garantizar la correcta implantación del material vegetal dentro de un enfoque de restauración sostenible.

3.1.4 Implantación del material vegetal

3.1.4.1 Plantación manual

La plantación manual en los terrenos previamente acondicionados se llevará a cabo con una azada de boca estrecha, provista en el extremo del mango de un refuerzo metálico que facilita la apertura del hoyo. Esta operación comprende desde el reparto del material vegetal en el monte, hasta la colocación y asentamiento de las plantas en los puntos definidos.

Una vez que las plantas llegan del vivero serán distribuidas con un vehículo todoterreno, efectuando tanto su carga como su descarga de manera manual cuidando las plantas de manera que no se dañen.

Una vez marcados los puntos y con el conocimiento de la densidad especificada en el proyecto, el operario realizara la colocación de la planta en el centro del hoyo para aprovechar al máximo la tierra suelta y favorecer el desarrollo radicular. Como los hoyos se han abierto con dimensiones ligeramente superiores al cepellón de la planta, se coloca la planta de manera que las raíces queden extendidas y sin pliegues. Una vez colocada la planta, se rellena y compacta el terreno para evitar la aparición de bolsas de aire.

En el rodal 1, correspondiente a la parte baja de la ladera, se han proyectado 300 bosquetes, aunque únicamente 98 puntos se destinarán a plantación de especies arbustivas, combinadas de forma heterogénea y adaptadas a las condiciones locales. En el rodal 2, situado en la parte media, se ejecutará la plantación de 121 ejemplares de quejigo (*Quercus faginea*)**,** con un marco de 5 × 5 m, favoreciendo la cobertura vegetal y la mejora edáfica.

3.1.4.2 Siembra

Las tareas de siembra se ejecutarán de manera manual, dado que la pendiente del terreno y la tipología establecida de las labores impiden el uso de maquinaria sin comprometer la estabilidad del suelo. En el rodal 1, correspondiente a la parte baja de la ladera, la

actuación se centrará únicamente en especies herbáceas, cuya implantación favorecerá la cobertura del terreno, la protección frente a la erosión y una mejora de la biodiversidad.

La cantidad de semilla a emplear se establecerá conforme a las densidades indicadas para las distintas especies en el Anejo XIII: Ingeniería del Proyecto, adaptándose a las condiciones específicas del rodal. Para la distribución de las semillas se realizarán bosquetes monoespecíficos dispuestos de manera aleatoria con una distancia entre centros de entre 10 y 12 metros.

Para la apertura de los pequeños hoyos se utilizará una azada de boca estrecha, retirando una porción de tierra hasta dejar una base nivelada. En cada punto se depositarán de 20 a 30 semillas, que se cubrirán con una fina capa de tierra suelta para facilitar la germinación y la emergencia de las plántulas.

3.1.5 Realización del alcorque

Con el objetivo de aumentar la disponibilidad hídrica del terreno y satisfacer las necesidades de agua de las especies vegetales, en torno a cada planta se construirá una microcuenca diseñada para favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial, minimizando así el riesgo de desecación y estrés hídrico durante los periodos secos.

El tamaño del área de recepción de cada microcuenca, y en algunos casos la presencia de un área de impluvio adicional variará en función de la especie plantada, según los cálculos hidrológicos detallados en el Anejo VIII Modelado hidrológico. Asimismo, la altura del alcorque se determinará de acuerdo con las características de cada especie y los valores definidos en dicho anejo, garantizando una retención óptima del agua y un aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos disponibles en la ladera.

3.1.6 Colocación de la malla cinegética

Para proteger la repoblación frente a la fauna silvestre se instalará una malla cinegética perimetral en las zonas de siembra. Este sistema de defensa tiene como finalidad evitar el acceso de animales como corzos, conejos u otras especies cuya actividad podría provocar el consumo o desenterramiento de las semillas y, en consecuencia, el fracaso de la siembra.

El cerramiento estará formado por postes de madera sin tornear y malla anudada galvanizada, constituyendo un vallado continuo que rodeará todo el perímetro de la zona de actuación. Es necesario que este vallado cumpla con las indicaciones de resistencia y normativa del Director de Obra, y antes de su instalación será sometido a una inspección para comprobar su calidad.

3.1.7 Colocación de los tubos protectores

Al igual que la colocación de la malla cinegética, los tubos protectores se instalan para proteger las zonas de plantación de la fauna silvestre, evitando así el posible daño producido por corzos o conejos, entre otras especies, a las plántulas y su elevado riesgo de mortalidad.

Los tubos deberán cumplir las indicaciones del Director de Obra y también serán revisados antes de su colocación en campo.
Los tubos protectores colocados son de 120 cm de altura, de polipropileno, con doble pared y borde superior curvado, con tutor de acacia o similar.
Se colocarán de manera vertical con la planta centrada en el interior, de manera que pueda desarrollarse sin ningún problema, introducidos en el suelo unos 5 centímetros para que se queden fijos en el suelo y no puedan ser movidos.

3.1.8 Instalación del sistema de monitorización

Con el fin de analizar la humedad del suelo y de optimizar los riegos, se instalarán dos sensores de suelo y dos de pluviometría en cada rodal, conectados a un Gateway principal situado en el Ayuntamiento de Reinoso de Cerrato.

Los sensores deberán cumplir con las especificaciones y contar con un buen funcionamiento.

3.2 Periodos de ejecución de las obras

Los periodos de ejecución de las actuaciones del proyecto deberán ajustarse a los plazos establecidos en la Memoria, desarrollándose cada fase en el momento previsto y siguiendo el orden planificado. Solo se permitirá la modificación de dichos plazos cuando las condiciones edafoclimáticas impidan la correcta realización de los trabajos o puedan comprometer el éxito de la repoblación.

En el caso de la restauración, las labores se distribuyen en dos fases diferenciadas con el fin de optimizar el crecimiento y desarrollo del material vegetal. La plantación se llevará a cabo durante el otoño, mientras que la siembra se realizará en primavera. Esta planificación permite maximizar la supervivencia de las especies y evitar las pérdidas asociadas al frío invernal.

3.3 Programa de pruebas a los que debe someterse la repoblación

Para el control de la ejecución de las obras de repoblación se establecerá un programa de pruebas que se desarrollará en las fases expuestas a continuación.

3.3.1 Control de la preparación del terreno

Se controlará el número, dimensiones y distribución de los hoyos, de manera que se encuentren distanciados la distancia establecida.

3.3.2 Control de la implantación

Será importante controlar el tamaño de los hoyos y el estado y calidad tanto de las plántulas como de las semillas.

3.3.3 Control de la colocación de la protección

Realizar una revisión de la colocación tanto de la malla cinegética como de los tubos protectores para asegurar la protección de la repoblación.

3.3.4 Control posterior a la plantación

Controlar el marco de plantación y la distribución diseñada, y comprobar si ha quedado colocada correctamente la plántula mediante el descalce de alguna de ellas.

El resultado de las comprobaciones realizadas deberá corresponderse con las condiciones establecidas previamente para cada procedimiento operativo definido en el proyecto. El Director de Obra podrá efectuar estos controles en el momento y con la frecuencia que considere necesarios, así como incorporar otras verificaciones complementarias que estime oportunas con el fin de asegurar la correcta ejecución y calidad de los trabajos.

Finalizado el periodo de garantía, se llevará a cabo un muestreo sistemático para evaluar el porcentaje de marras, preferentemente durante el tercer otoño posterior a la repoblación. Este porcentaje no podrá superar el 5 % establecido en la documentación del proyecto. Todas las plantas que se consideren fallidas serán repuestas con ejemplares de las mismas características y procedencia que las originalmente utilizadas, independientemente de la causa de la pérdida.

En el caso de las siembras, al haberse introducido varias semillas por hoyo, es posible que germinen varias plántulas. Para evitar la competencia y favorecer un crecimiento equilibrado, se seleccionará el brote que presente mejor desarrollo y vigor, eliminando el restante.

3.3.5 Parcelas de contraste

Para evaluar con precisión el porcentaje de marras atribuibles a posibles deficiencias en las técnicas de plantación o siembra, se establecerán parcelas de contraste que sirvan como referencia frente al conjunto de la repoblación. Estas parcelas, definidas por la Administración, se ubicarán dentro del área de actuación, disponiéndose una en cada rodal y bajo las mismas condiciones edáficas y ambientales que el resto de la superficie repoblada. Su tamaño será representativo, adoptándose una superficie tipo de 1.000 m² para garantizar la validez de los resultados.

El replanteo de las parcelas se realizará de forma simultánea al de los rodales de repoblación, y los costes asociados correrán a cargo del contratista. La ejecución de la plantación en estas parcelas se llevará a cabo bajo la supervisión directa del Director de Obra, con la colaboración de los representantes de la Administración y del personal operario del contratista.

Las plantas utilizadas en las parcelas de contraste deberán ser idénticas en procedencia y características a las empleadas en el resto de la obra, de manera que los resultados obtenidos permitan determinar con objetividad las posibles responsabilidades en el caso de fallos de implantación o mortalidad excesiva.

TÍTULO II. PLIEGO DE CONDICIONES FACULTATIVAS PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA)

1. Dirección e inspección de las obras

1.1 Dirección de las obras

Las obras serán ejecutadas bajo la dirección y supervisión del Director de Obra, quien asumirá la responsabilidad del control y seguimiento de todas las actuaciones previstas. Esta función deberá ser desempeñada por un técnico con titulación habilitante en la materia, poseyendo al menos una de las siguientes titulaciones: Ingeniería Técnica Forestal, Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Ingeniería de Montes o Máster en Ingeniería de Montes.

1.2 Ingeniero Director de Obras

El Ingeniero Director de las Obras será el encargado principal de la comprobación y vigilancia de la correcta realización de las obras contratadas.

1.3 Unidad administrativa a pie de obra

La unidad responsable de la organización inmediata de las obras será la encargada de coordinar y ejecutar las actuaciones que conforman el proyecto. Durante el desarrollo de los trabajos, el Director de Obra podrá apoyarse en personal colaborador que desempeñe sus funciones conforme a las competencias derivadas de su titulación profesional o de sus conocimientos técnicos específicos. Todo este equipo formará parte de lo que, a efectos del presente Pliego, se considera dirección de obra.

1.4 Inspección de obras

Durante la ejecución de las obras previstas en el proyecto, podrán realizarse inspecciones por parte del personal designado por la Administración, en cualquier momento del desarrollo de los trabajos. En caso de llevarse a cabo una de estas revisiones, tanto el Director de Obra como el contratista deberán facilitar al personal inspector toda la documentación y los medios necesarios para garantizar el correcto desarrollo de la inspección y su adecuada verificación.

1.5 Funciones del ingeniero director de obras

Las funciones del Director de Obra comprenden todas aquellas tareas necesarias para garantizar la correcta ejecución del proyecto, velando por su adecuación técnica, administrativa y legal. Entre sus responsabilidades principales se encuentran la obtención de los permisos y autorizaciones exigidos por la Administración, la verificación del replanteo previo al inicio de los trabajos y la resolución de las incidencias que puedan

surgir durante la ejecución, dejando constancia de las instrucciones dadas en el Libro de Órdenes y Asistencias.

Le corresponde asimismo aprobar el Plan de Seguridad y Salud, cuando no exista un coordinador específico, definir las condiciones en las que la ejecución de los trabajos no resulte viable (por heladas, lluvias o altas temperaturas), y participar en la redacción y firma de los documentos técnicos asociados al desarrollo de las obras, incluyendo actas de replanteo, certificaciones parciales, liquidaciones y el certificado final. También podrá elaborar o autorizar modificaciones del proyecto siempre que estén justificadas y cumplan con la normativa vigente.

El Director de Obra asumirá la representación de la propiedad ante el contratista, garantizando el cumplimiento del contrato, la calidad de los materiales y la correcta interpretación de los planos y especificaciones. En caso de que reúna también la condición de Director de Ejecución, verificará directamente los productos y materiales empleados, ordenará las pruebas y ensayos necesarios, y supervisará la ejecución material de la obra.

Además, deberá mantener una relación técnica y profesional adecuada con el contratista, exigiendo el cumplimiento de las condiciones del proyecto sin interferir en la organización interna de la empresa. El contratista, por su parte, tiene la obligación de colaborar plenamente con el Director de Obra para facilitar el correcto desarrollo de los trabajos y garantizar la consecución de los objetivos establecidos en el proyecto.

1.6 Representante del contratista

El contratista deberá designar a un ingeniero cualificado, con alguna de las titulaciones indicadas en el apartado correspondiente del presente Pliego (Ingeniería Técnica Forestal, Ingeniería de Montes, Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural o Máster en Ingeniería de Montes). Este técnico, plenamente familiarizado con el contenido del proyecto, actuará ante la Administración como Delegado de la Obra del Contratista, contando con la autoridad necesaria para representar a la empresa en todos los asuntos relacionados con la ejecución de los trabajos.

Entre las funciones que deberá desempeñar figuran:

- Representar al contratista cuando así se requiera conforme al Reglamento General de Contratos y a los Pliegos de Cláusulas Administrativas, así como asumir las responsabilidades derivadas del cumplimiento de las obligaciones contractuales.
- Implementar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por la empresa contratista y aprobado por la Dirección de Obra.
- Organizar la ejecución de los trabajos, garantizando su desarrollo conforme a las instrucciones emitidas por el Director de Obra.
- Colaborar con la Dirección de Obra en la resolución de las incidencias o dificultades que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos.

Este ingeniero será, por tanto, el enlace técnico y operativo entre la empresa contratista y la Dirección de Obra, asegurando una correcta coordinación y el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

1.7 Partes e informes

El contratista tendrá la obligación de firmar los partes e informes relativos a la obra siempre que le sean requeridos, manifestando en ellos su conformidad, posibles dudas u observaciones que considere oportunas.

1.8 Órdenes al contratista

Tal como se indicó anteriormente entre las funciones del Director de Obra, las órdenes dirigidas al contratista se comunicarán por escrito, debidamente numeradas y firmadas. El contratista deberá firmar el acuse de recibo en el duplicado correspondiente, dejando constancia de su recepción.

1.9 Libro de órdenes

Desde el momento en que se emita la orden de inicio de las obras, será obligatoria la apertura, en el propio emplazamiento, de un Libro de Órdenes. En él se registrarán por duplicado todas las instrucciones que se dicten, indicando el día de trabajo y las incidencias que se produzcan con el contratista. Cada orden deberá ser firmada por el Jefe de la Unidad de Obras y revisada por el Director de Obra, entregándose al contratista una copia debidamente firmada.

2. Trabajos preparatorios para la ejecución de las obras

2.1 Comprobación del replanteo

Una vez aprobado el proyecto y antes de iniciar el expediente de contratación de la obra, deberá realizarse el replanteo obligatorio del mismo. Esta operación tiene por objeto verificar la correspondencia entre el proyecto y la realidad geométrica del terreno, así como confirmar la disponibilidad de los espacios necesarios para su ejecución.

Las obras no podrán comenzar hasta que la Administración haya efectuado la comprobación del replanteo en presencia del contratista. De esta actuación se levantará el correspondiente Acta de Comprobación del Replanteo, en la que se harán constar las incidencias y observaciones relevantes que pudieran influir en la correcta ejecución del contrato.

2.2 Fijación de los puntos de replanteo y conservación de los mismos

Para la verificación de las actividades de replanteo se deberá delimitar, dentro del perímetro de cada rodal, el trazado aproximado de las vías de acceso y los puntos de referencia necesarios. Estos puntos se marcarán preferentemente con estacas de madera pintadas en su parte superior; en aquellos casos en los que exista riesgo de pérdida o deterioro, podrán sustituirse por mojones de hormigón o piedra.

De los trabajos efectuados se levantará un acta de replanteo en la que se recogerán las cotas y datos técnicos de los puntos establecidos. Dicha acta se incorporará al expediente de la obra y una copia será entregada al contratista, quien asumirá la responsabilidad de conservar los puntos de referencia señalados durante la ejecución de los trabajos.

3. Desarrollo y control de las obras

3.1 Replanteo de detalle de las obras

Corresponde al contratista la realización de los replanteos de detalle necesarios para ejecutar correctamente los distintos elementos que componen la obra, siendo también responsable de su exactitud. Estos trabajos se llevarán a cabo con la asistencia y supervisión del Director de Obra, quien proporcionará la información técnica necesaria y aprobará los replanteos antes de su ejecución.

La Dirección de Obra podrá verificar, siempre que lo considere oportuno, la precisión de los replanteos parciales efectuados por el contratista, sin que su conformidad implique reducción alguna en la responsabilidad de este último. Para la ejecución de dichos trabajos, el contratista deberá disponer, a su cargo, del personal, equipos y materiales necesarios para determinar y mantener los puntos de control establecidos.

3.2 Equipos y herramienta

Dado que en la ejecución de este proyecto no se empleará maquinaria pesada, el contratista deberá disponer de las herramientas manuales necesarias para la correcta realización de los trabajos previstos, así como del personal cualificado para su manejo. Estas herramientas deberán encontrarse en buen estado y mantenerse operativas durante todo el proceso de ejecución de las unidades de obra a las que estén destinadas.

El Director de Obra revisará y aprobará los medios de trabajo empleados, asegurando que resulten adecuados para las labores manuales planificadas. Las herramientas y útiles asignados a la obra no podrán retirarse del emplazamiento sin la autorización expresa del Director de Obra, garantizando así la continuidad y el correcto desarrollo de las actuaciones

3.3 Ensayos

En el marco del presente proyecto de restauración, el contratista deberá someter en cualquier momento las actuaciones ejecutadas o en curso a las comprobaciones que el Director de Obra considere necesarias para asegurar la correcta realización de los trabajos y la calidad del material vegetal empleado. Estas verificaciones podrán incluir revisiones de la plantación, la siembra, la estabilidad de las microcuencas o el estado de los protectores y cerramientos, entre otros aspectos.

La evaluación de los resultados corresponderá exclusivamente al Director de Obra, quien podrá ordenar la repetición o corrección de aquellas unidades que no cumplan las especificaciones técnicas establecidas en el proyecto o en el presente Pliego.

Todas las comprobaciones se efectuarán conforme a las instrucciones dictadas por la Dirección de Obra. Los posibles gastos derivados de la toma de muestras, transporte o ensayos específicos se ajustarán a lo establecido en las disposiciones administrativas aplicables.

3.4 Materiales

Todos los materiales empleados en la ejecución de la restauración deberán cumplir las especificaciones establecidas en el presente Pliego y las indicaciones del Director de Obra. Este podrá ordenar, en cualquier momento del desarrollo o dentro del periodo de garantía, la retirada o sustitución de aquellos materiales o elementos que considere inadecuados o que puedan afectar negativamente a la calidad, estabilidad o aspecto de la restauración.

Dado el carácter del proyecto, los materiales a utilizar estarán relacionados principalmente con la plantación y la siembra, incluyendo planta en contenedor, semillas, protectores, tutores y mallas. Todos ellos deberán ser de primera calidad, cumplir con las normas técnicas y fitosanitarias vigentes y proceder de viveros o proveedores acreditados.

El contratista deberá comunicar con la debida antelación la procedencia y características de los materiales, aportando muestras o documentación que permita su evaluación por parte de la Dirección de Obra. Esta podrá rechazar cualquier partida que no cumpla los requisitos exigidos, incluso si ya se encuentra en la zona de trabajo, debiendo el contratista retirarla a su costa.

En los casos en los que el Pliego no establezca zonas concretas para el acopio de materiales o elementos auxiliares, será el contratista quien las proponga, asumiendo la responsabilidad y los trámites necesarios para su uso, incluidos permisos, arrendamientos o compensaciones. En todo momento, se garantizará que las operaciones de transporte, almacenamiento y manipulación no generen impactos sobre el terreno ni sobre la vegetación existente.

3.5 Trabajos nocturnos

En el presente proyecto de restauración no está prevista la realización de trabajos nocturnos, dado que las labores manuales de plantación y siembra requieren condiciones de visibilidad y temperatura adecuadas para garantizar su correcta ejecución y seguridad.

No obstante, en caso excepcional de que fuera necesario prolongar alguna tarea fuera del horario habitual, esta deberá contar previamente con la autorización expresa del Director de Obra y limitarse únicamente a las unidades que este determine. En tal situación, el contratista será responsable de disponer los medios de iluminación necesarios, con la intensidad y tipo que indique la Dirección de Obra, asegurando en todo momento su correcto funcionamiento y un nivel de seguridad adecuado para el personal y el entorno.

3.6 Trabajos no autorizados o defectuosos

Cualquier actuación que el contratista ejecute modificando lo establecido en el presente Pliego o en la documentación del proyecto, sin contar con la autorización previa de la Dirección de Obra, no será objeto de abono en ningún caso. El contratista estará obligado a restituir, a su cargo, las condiciones originales del terreno o de la unidad afectada.

Del mismo modo, será responsable de los posibles daños ocasionados por una ejecución inadecuada o por la utilización de materiales o métodos distintos a los aprobados. En caso de detectarse trabajos defectuosos, el Director de Obra podrá exigir su corrección o repetición total o parcial, hasta que las actuaciones se ajusten a las especificaciones técnicas del proyecto de restauración y garanticen la correcta implantación del material vegetal y la estabilidad del terreno.

3.7 Vicios ocultos

En el contexto del presente proyecto de restauración, si la Dirección de Obra detecta o tiene indicios fundados de la existencia de defectos ocultos en las actuaciones ejecutadas, ya sean labores de plantación, siembra, preparación del terreno o instalación de elementos protectores, podrá ordenar, en cualquier momento previo a la recepción definitiva, la realización de las correcciones o reposiciones que considere necesarias para garantizar la calidad y funcionalidad de los trabajos.

El contratista será responsable de dichas actuaciones y deberá asumir los costes derivados de la reparación o reconstrucción de las zonas afectadas, siempre que se confirme la existencia real de los defectos. En caso contrario, los gastos correrán a cargo de la Administración.

Asimismo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 244 de la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público, modificada en agosto de 2024, el contratista mantiene la responsabilidad sobre los posibles vicios ocultos de la obra durante un plazo de quince años desde su recepción, debiendo responder ante cualquier deficiencia que afecte al correcto establecimiento de la restauración forestal e hidrológica.

3.8 Construcción y conservación de desvíos

En caso de que durante la ejecución del proyecto surgiera la necesidad de habilitar accesos provisionales o senderos para facilitar el traslado del material vegetal o de las herramientas manuales, estos se ejecutarán únicamente cuando sea imprescindible y siempre conforme a las indicaciones del Director de Obra. Dichos accesos se adaptarán a la topografía del terreno, evitando movimientos de tierra innecesarios y garantizando que no se produzcan impactos adicionales sobre la ladera o sobre la vegetación existente.

3.9 Señalización de las obras

En el marco del presente proyecto de restauración, el contratista será responsable de la correcta señalización de las zonas de trabajo, de acuerdo con las indicaciones del Director

de Obra. La señalización se instalará en lugares visibles y seguros, advirtiendo de la presencia de labores de plantación, siembra o mantenimiento, y delimitando las áreas en las que se esté actuando.
Los elementos de señalización deberán ser estables, resistentes y adecuados al entorno, procurando una integración visual con el paisaje y evitando impactos innecesarios sobre el terreno. En caso de deterioro, pérdida de legibilidad o daños en los soportes, el contratista deberá sustituirlos o repararlos a su cargo, sin derecho a compensación económica.

Una vez finalizado el periodo de garantía y comprobada la correcta implantación de la restauración, la Dirección de Obra determinará la retirada de la señalización, salvo que el contratista manifieste su voluntad de hacerse cargo de dicha tarea.

3.10 Precauciones especiales durante la realización de las obras

3.10.1 Lluvias

Durante los episodios de lluvias intensas o prolongadas, la Dirección de Obra podrá suspender temporalmente las labores de preparación del terreno, plantación o siembra cuando la saturación del suelo o su excesiva pesadez impidan trabajar con seguridad o puedan generar compactación y erosión. Los trabajos se reanudarán únicamente cuando el terreno recupere un nivel de humedad adecuado.

3.10.2 Sequía

En situaciones de falta de tempero o de sequía prolongada, el Director de Obra podrá ordenar la suspensión de las labores de plantación o siembra, ya que la escasez de humedad podría comprometer la viabilidad de las plántulas y semillas. Las actuaciones se reprogramarán una vez se restablezcan condiciones más favorables para el arraigo.

3.10.3 Heladas, nieve y granizo

Durante los meses de invierno, y especialmente entre noviembre y marzo, las heladas pueden ser frecuentes en la zona. En tales casos, la hora de inicio de los trabajos será determinada por el Director de Obra, pudiendo retrasarse o suspenderse completamente las labores en jornadas con temperaturas bajo cero o con presencia de nieve o granizo, que dificulten la manipulación del suelo o dañen el material vegetal.

3.10.4 Viento

En días con vientos fuertes, se suspenderán las labores de plantación y siembra, ya que podrían afectar a la estabilidad de las plántulas recién colocadas y a la seguridad del personal. En caso de ser estrictamente necesario continuar, se evitará el riego y la manipulación del terreno hasta que las condiciones mejoren.

3.10.5 Niebla

La presencia de niebla densa, que reduce notablemente la visibilidad, podrá dar lugar a la interrupción de los trabajos, especialmente los relacionados con el replanteo o la plantación manual, en los que es necesaria una localización precisa de los puntos de actuación. La reanudación de los trabajos quedará a criterio del Director de Obra.

3.10.6 Plagas y enfermedades

Si durante la ejecución de las labores se detecta la aparición o propagación de plagas o enfermedades que puedan afectar al material vegetal, la Dirección de Obra podrá ordenar la suspensión total o parcial de las actividades hasta que se controle la incidencia, adoptando las medidas fitosanitarias necesarias.

3.10.7 Incendios

El contratista deberá cumplir las disposiciones vigentes en materia de prevención y control de incendios, especialmente durante la temporada de riesgo estival, y acatar las instrucciones complementarias dictadas por la Dirección de Obra. Será responsable de evitar cualquier práctica que pueda originar fuego y de actuar de forma inmediata en caso de detectar un conato, respondiendo de los posibles daños o perjuicios ocasionados.

3.11 Modificaciones de obra

Durante la ejecución de las labores de restauración podrán surgir circunstancias técnicas imprevistas que dificulten o impidan la realización de las actuaciones proyectadas. Entre estas situaciones pueden encontrarse la falta de disponibilidad de planta o semilla de las especies previstas, la aparición de afloramientos rocosos, la escasa profundidad del suelo en determinadas zonas o cualquier otra condición no contemplada inicialmente que afecte a la viabilidad de las tareas de plantación o siembra.

Ante este tipo de incidencias, el Director de Obra podrá ordenar las variaciones técnicas que considere necesarias para garantizar la correcta ejecución del proyecto, siempre dentro del marco legal vigente y sin que ello suponga alteraciones en los precios unitarios aprobados ni en el presupuesto total.

En caso de que el contratista no esté de acuerdo con las instrucciones emitidas por el Director de Obra, podrá elevar su disconformidad al Órgano de Contratación de la Administración, que resolverá sobre la procedencia o no de la modificación técnica. En ningún caso se podrán introducir cambios en las actuaciones previstas sin la aprobación expresa y por escrito de la Dirección de Obra o de la Administración competente.

4. Responsabilidades especiales del contratista durante la ejecución de las obras

4.1 Daños y perjuicios

Durante la ejecución del proyecto de restauración, el contratista será responsable de cualquier daño o perjuicio, directo o indirecto, que pudiera ocasionarse a personas, propiedades, infraestructuras o al propio terreno, ya sea como consecuencia de una

deficiencia en la ejecución de las labores, del uso inadecuado de herramientas, de una organización deficiente de los trabajos o por negligencia del personal a su cargo.

En caso de producirse daños sobre elementos naturales o artificiales, como suelos, vegetación preexistente, cerramientos, caminos rurales o infraestructuras agrícolas y forestales, el contratista estará obligado a su reparación o restitución a su estado original, asumiendo íntegramente los costes derivados.

De igual modo, cualquier afectación a servicios públicos o privados deberá ser corregida conforme a la normativa vigente, garantizando la plena funcionalidad de los mismos. Las personas o entidades que pudieran verse perjudicadas deberán ser compensadas de forma justa y adecuada, sin perjuicio de las responsabilidades adicionales que puedan derivarse según la legislación aplicable.

4.2 Objetos encontrados

Si durante la ejecución de las labores de restauración se localizaran objetos, restos o materiales no previstos en el terreno, el contratista deberá comunicarlo de forma inmediata al Director de Obra. Este será el encargado de determinar las actuaciones a seguir y de asumir la custodia de los hallazgos hasta que se adopte la decisión correspondiente.

El contratista deberá abstenerse de manipular, trasladar o retirar cualquier elemento encontrado sin autorización expresa de la Dirección de Obra, asumiendo la responsabilidad de su conservación provisional y garantizando que no se vea alterado ni dañado.

4.3 Emisión de contaminantes

El contratista deberá aplicar todas las medidas necesarias para evitar cualquier tipo de contaminación en la zona de restauración y su entorno, especialmente en el suelo, el agua y la vegetación. Se prestará especial atención a prevenir vertidos accidentales de combustibles, aceites, pinturas, restos orgánicos o cualquier otro material que pueda alterar el equilibrio natural del terreno o afectar a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Durante la ejecución de los trabajos, todos los residuos generados deberán ser recogidos y retirados diariamente para su vertido en los puntos autorizados, evitando en todo momento su acumulación o dispersión en el monte.

Asimismo, se garantizará el cumplimiento de los límites de contaminación establecidos por la normativa ambiental vigente y por las autoridades competentes, adoptando en todo momento una actitud preventiva y respetuosa con el medio natural donde se desarrollan las actuaciones.

4.4 Permisos y licencias

El contratista será responsable de gestionar y obtener, a su cargo, todos los permisos, licencias y autorizaciones necesarias para la ejecución de las labores de restauración,

incluyendo aquellas relacionadas con el transporte, acopio de materiales, uso de caminos o aprovechamiento temporal de espacios.

Quedan excluidos de esta obligación los permisos vinculados a posibles expropiaciones, servidumbres o servicios que ya estén contemplados y regulados en el contrato. En todos los casos, el contratista deberá garantizar que las actuaciones se desarrollen conforme a la normativa vigente y a las disposiciones emitidas por las autoridades competentes.

4.5 Personal del contratista

El contratista deberá disponer para la ejecución de los trabajos del personal técnico y de campo comprometido durante la licitación, garantizando que cuente con la cualificación y experiencia necesarias para realizar adecuadamente las labores de restauración, como la apertura manual de hoyos, la plantación, la siembra o la instalación de protectores.

El Director de Obra tendrá la facultad de exigir la sustitución o retirada del personal que, por falta de disciplina, respeto o por actuaciones que dificulten el normal desarrollo de las tareas, perturbe el correcto avance de los trabajos. Si el contratista considera que esta decisión carece de fundamento, podrá presentar recurso ante el órgano correspondiente.

Asimismo, el contratista estará obligado a cumplir lo dispuesto en el Estatuto de los Trabajadores y en el resto de la normativa laboral y de prevención de riesgos vigente, garantizando en todo momento unas condiciones de trabajo seguras y adecuadas para su personal.

4.6 Edificios o materiales entregados por parte de la administración forestal al contratista para su utilización

En caso de que el contratista utilice herramientas, materiales o equipos pertenecientes a la Administración durante la ejecución del proyecto de restauración, deberá conservarlos en buen estado y devolverlos al finalizar los trabajos en las mismas condiciones en que le fueron entregados.

El contratista será responsable de cualquier daño, pérdida o deterioro que sufran dichos materiales, sin derecho a compensación por las reposiciones efectuadas ni por las posibles mejoras introducidas en los equipos utilizados.

Si al término del contrato los materiales no fueran devueltos en condiciones adecuadas, la Administración procederá a su reparación o sustitución, repercutiendo los costes correspondientes al contratista.

4.7 Envases recuperables

El contratista deberá devolver al vivero de origen todos los envases y recipientes utilizados en las labores de plantación que sean de carácter retornable. En caso de no realizar la devolución completa, deberá abonar el importe correspondiente al valor unitario fijado por la Sección de Coordinación del Medio Natural por cada envase no retornado.

Esta medida busca garantizar el aprovechamiento responsable de los materiales empleados en la restauración y evitar la acumulación de residuos en el entorno del proyecto.

5. Disposiciones generales

5.1 Periodos de ejecución

5.1.1 Repoblación

- Marcado de hoyos: se realizan la cuarta semana de septiembre.
- Ahoyado manual: se realiza la primera semana de octubre.
- Plantación: se realiza la cuarta semana de octubre, ya que es necesario dejar el suelo entre dos y cuatro semanas para realizar la plantación.
- Siembra: se realiza en la tercera semana de marzo, coincidiendo con el inicio de la primavera.
- Realización de alcorque: se realiza en dos períodos, uno coincidiendo con la plantación y otro con la siembra.
- Colocación de malla cinegética: se realiza a continuación de la siembra, para garantizar la protección de los puntos de siembra.
- Colocación de tubos protectores: se realiza nada más realizar la plantación, para garantizar la protección de las plántulas.
- Colocación de sensores: se lleva a cabo tras finalizar la siembra, durante la cuarta semana de marzo. Esta programación se debe a que el periodo más crítico para las plantas será el verano, marcado por una intensa sequía estival. Por ello, los sensores se instalan con antelación, de modo que la actuación quede completada y el sistema quede preparado para el seguimiento durante la época seca.

5.2 Conservación durante la ejecución y plazo de garantía

El contratista estará obligado a conservar, a su cargo, todas las actuaciones comprendidas en el proyecto de restauración hasta su recepción definitiva. Esta obligación incluye tanto las labores principales, como la plantación, la siembra y la formación de microcuencas, como las obras complementarias o auxiliares, tales como cerramientos, protectores y medidas de prevención frente a la erosión o los incendios.

Durante el periodo de garantía, contado a partir de la fecha de recepción provisional, el contratista deberá realizar todas las labores necesarias para mantener las actuaciones en buen estado y asegurar su correcto funcionamiento, conforme a lo establecido en la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público. La conservación de los trabajos deberá garantizar la estabilidad del terreno, la viabilidad de la vegetación implantada y la integridad de los elementos auxiliares de la restauración.

6. Disposiciones varias

6.1 Cuestiones no previstas en el pliego

Cualquier cuestión de carácter técnico que pudiera surgir entre el contratista y la Administración y que no esté contemplada expresamente en las disposiciones del presente Pliego se resolverá conforme a lo establecido en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, así como en el resto de normativa vigente aplicable en la materia.

De este modo, todas las decisiones y actuaciones que se deriven de situaciones no previstas deberán ajustarse al marco legal correspondiente, garantizando la correcta interpretación y aplicación de las condiciones técnicas del proyecto de restauración.

TÍTULO III: PLIEGO DE CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA)

1. Medición y abono de las obras

1.1 Condiciones generales de medición y abono de las obras

Todos los precios unitarios indicados en el presente Pliego de Condiciones comprenden el suministro, manejo y utilización de los materiales, herramientas y mano de obra necesarios para la correcta ejecución de las actuaciones contempladas en el proyecto de restauración. Asimismo, incluyen todas las operaciones complementarias que sean precisas para que los trabajos, realizados conforme a lo establecido en este documento y en los planos, sean aprobados por la Dirección de Obra.

Dentro de estos precios se consideran incluidos los gastos derivados de la reparación de posibles daños inevitables causados durante los trabajos, las labores de conservación durante el periodo de garantía, y los costes asociados al replanteo y a la medición de las unidades ejecutadas.

Todas las mediciones se referirán a proyecciones sobre el plano horizontal. Los métodos y unidades de medida aplicables para cada unidad de obra están definidos en el Título I del presente Pliego. Solo podrá realizarse la conversión entre longitudes y superficies cuando así se autorice expresamente, utilizando los factores de conversión especificados o, en su defecto, los aprobados por escrito por el Director de Obra.

Para la comprobación y medición de las actuaciones se emplearán levantamientos topográficos obtenidos mediante GPS de precisión, con un margen de error máximo de 0,05 metros. Los datos serán recopilados y validados por la Dirección de Obra. Todas las mediciones que sirvan de base para el abono al contratista deberán ser conformadas conjuntamente por el Jefe de la Unidad Administrativa a pie de obra y el representante del contratista, requiriendo en todo caso la aprobación final del Director de Obra.

1.2 Abono de las obras

1.2.1 Obras que se abonarán al adjudicatario

El contratista será retribuido únicamente por las actuaciones efectivamente ejecutadas conforme a lo establecido en el proyecto de restauración o, en su caso, a las modificaciones que hayan sido debidamente aprobadas por la autoridad competente. En consecuencia, las cantidades o unidades indicadas en el presupuesto tienen carácter orientativo y no podrán ser utilizadas como base para formular reclamaciones o solicitudes de compensación económica adicionales

El abono se realizará en función del trabajo real desarrollado y comprobado por la Dirección de Obra, garantizando que las unidades medidas correspondan a las actuaciones

efectivamente realizadas y que estas cumplan con las especificaciones técnicas y de calidad definidas en el proyecto.

1.2.2 Precio de valoración de las obras certificadas

A las actuaciones efectivamente ejecutadas dentro del proyecto de restauración se les aplicarán los precios unitarios de ejecución material establecidos en el presupuesto del proyecto, incrementados según los porcentajes correspondientes a los gastos generales, beneficio industrial e impuestos vigentes**,** conforme a lo dispuesto en la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público**,** actualizada en diciembre de 2023.

Los precios unitarios definidos cubrirán la totalidad de los costes necesarios para la ejecución de cada unidad, incluyendo el suministro, transporte, manipulación y empleo de materiales, así como la utilización de herramientas, mano de obra y cualquier otra operación auxiliar o circunstancial necesaria para la correcta realización de los trabajos de restauración y la consecución de los objetivos establecidos.

En el caso de que el contratista, con la autorización expresa del Director de Obra, decidiera utilizar materiales de mayor calidad o realizar mejoras respecto a las dimensiones o características contempladas en el proyecto, y aunque dichas mejoras resulten beneficiosas desde el punto de vista técnico o ambiental, el abono se efectuará únicamente conforme a los precios y unidades definidos en el contrato original, sin que proceda compensación adicional.

1.2.3 Partidas alzadas

Las partidas alzadas incluidas en el proyecto se abonarán de manera íntegra al contratista cuando correspondan a trabajos cuyo alcance no sea susceptible de medición directa como unidad de obra y siempre que su ejecución haya sido completada conforme al proyecto y a las indicaciones de la Dirección de Obra.

En el caso de partidas alzadas que puedan desglosarse o medirse parcialmente, se aplicará el mismo criterio de medición utilizado para las unidades de obra, garantizando la precisión requerida. Dichas partidas se abonarán atendiendo a los precios establecidos en el contrato o, en su defecto, a los valores aprobados por la Dirección de Obra si se trata de nuevas unidades no previstas inicialmente.

El Director de Obra podrá autorizar, cuando lo considere oportuno, el fraccionamiento de estas partidas, proporcional al grado de avance o al número de elementos ejecutados, siempre que ello permita reflejar de forma más ajustada la realidad de los trabajos realizados.

1.2.4 Instalaciones

Los gastos derivados de las instalaciones temporales necesarias para el desarrollo de los trabajos como áreas de acopio, señalización, almacenamiento de planta o herramientas, y puntos de agua, se considerarán incluidos dentro de los precios unitarios de las unidades de obra correspondientes.

Por tanto, no se abonarán de forma independiente, salvo que en el contrato se establezca expresamente lo contrario. Dado que las labores se ejecutan de manera manual y sin empleo de maquinaria pesada, cualquier instalación auxiliar será de carácter simple y estará destinada exclusivamente a facilitar la organización y ejecución de los trabajos en campo.

1.2.5 Certificaciones

Las certificaciones de obra son los documentos mediante los cuales la Dirección de Obra acredita oficialmente los trabajos realizados dentro de un periodo determinado, permitiendo al contratista recibir los pagos correspondientes por las actuaciones ejecutadas hasta ese momento. Estas certificaciones se elaborarán de acuerdo con lo establecido en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, y serán emitidas por la Dirección de Obra dentro de los primeros diez días de cada mes, salvo que se disponga lo contrario en las condiciones particulares del contrato.

Las certificaciones incluirán únicamente las labores realmente ejecutadas como la plantación, siembra, formación de microcuencas, colocación de protectores o cerramientos y no supondrán, en ningún caso, la aprobación o recepción definitiva de las obras.

Los pagos parciales que se deriven de estas certificaciones tendrán carácter de abono provisional y servirán para compensar los gastos asumidos por el contratista durante la ejecución de los trabajos. Si las actuaciones no se hubieran realizado conforme al proyecto o presentaran defectos, el Director de Obra no podrá emitir la certificación correspondiente, debiendo comunicar por escrito al contratista las instrucciones necesarias para subsanar las deficiencias detectadas.

En todo caso, las obras deberán completarse dentro del plazo previsto en el contrato, cumpliendo las especificaciones técnicas y las condiciones establecidas para la correcta ejecución de la restauración forestal.

1.2.6 Recepción de la obra

De acuerdo con lo establecido en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, la recepción de las obras del proyecto de restauración se realizará mediante un acto formal de conformidad dentro del mes siguiente a la finalización de los trabajos o en el plazo que se determine en el pliego de cláusulas administrativas particulares, atendiendo a las características específicas del proyecto.

A este acto asistirán el técnico designado por la Administración, responsable de la dirección de las obras, y el contratista, pudiendo estar acompañado por su personal técnico si se considera necesario. Si los trabajos se encuentran correctamente ejecutados y cumplen las condiciones establecidas en el proyecto y en el presente Pliego, el representante de la Administración declarará formalmente la recepción, levantando el acta correspondiente, momento en el que comenzará el plazo de garantía.

En caso de detectarse deficiencias o trabajos incompletos, estas quedarán reflejadas en el acta, señalando el Director de Obra las correcciones que deban realizarse y el plazo

máximo para su subsanación. Si el contratista no cumple dentro de ese periodo, podrá otorgársele un nuevo plazo improrrogable o, en su defecto, procederse a la resolución del contrato.

En un plazo máximo de tres meses a partir de la recepción, el órgano de contratación aprobará la certificación final de las obras ejecutadas, que será abonada al contratista conforme a lo previsto legalmente y servirá como liquidación del contrato.

1.2.7 Plazo de garantía

Según lo dispuesto en la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público, el plazo de garantía se determinará en el pliego de cláusulas administrativas particulares, teniendo en cuenta la naturaleza y el grado de complejidad de las actuaciones de restauración proyectadas. En este caso, dada la tipología de los trabajos, centrados en la plantación, siembra, protección del material vegetal y estabilización del terreno, el periodo de garantía se fijará atendiendo al ciclo vegetativo de las especies utilizadas y a la necesidad de comprobar su correcta implantación y supervivencia.

En cualquier caso, dicho plazo no podrá ser inferior a un año, salvo circunstancias excepcionales justificadas por la Administración, garantizando así el adecuado seguimiento de la restauración y la posibilidad de reponer marras o corregir incidencias que puedan surgir tras la ejecución inicial.

1.2.8 Liquidación

Una vez finalizadas las actuaciones de restauración y realizada la recepción formal de las obras por parte de la Administración y el contratista, el órgano de contratación dispondrá de un plazo máximo de tres meses para aprobar la certificación final. Dicha certificación recogerá el conjunto de trabajos efectivamente ejecutados y servirá como base para la liquidación definitiva del contrato.

Conforme a lo establecido en la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público, la Administración deberá efectuar el pago correspondiente dentro de los treinta días siguientes a la presentación de la certificación final. En caso de retraso en el abono, el contratista tendrá derecho a percibir los intereses de demora y la compensación económica por los costes de cobro, según lo previsto en la Ley 3/2004, de 29 de diciembre, relativa a la lucha contra la morosidad en las operaciones comerciales.

Este procedimiento garantiza que los trabajos de restauración queden verificados y liquidados conforme a las condiciones técnicas y contractuales establecidas, asegurando su correcta ejecución y la compensación económica del contratista dentro del plazo legal.

1.3 Otros gastos por cuenta del contratista

Salvo que el contrato disponga expresamente lo contrario, los siguientes gastos serán asumidos íntegramente por el contratista en el marco de la restauración:

- Los derivados de la construcción, desmontaje o eliminación de instalaciones auxiliares y elementos provisionales empleados durante las labores de plantación o siembra.
- Los gastos de protección y conservación del material vegetal y de los suministros utilizados, evitando cualquier tipo de deterioro o daño y garantizando un almacenamiento adecuado según la normativa vigente.
- Los costes de limpieza del área de trabajo, así como la retirada y correcta gestión de restos vegetales, envases y residuos generados.
- Los gastos de conservación de la obra durante el periodo de garantía establecido en el presente Pliego.
- Los costes asociados al uso y mantenimiento de herramientas y materiales auxiliares necesarios para la ejecución manual de las labores.
- Los gastos relacionados con la captación, transporte y suministro del agua empleada en el riego inicial o en la ejecución de las plantaciones.
- Los trabajos de reparación o restitución de accesos o caminos que pudieran deteriorarse por el paso del personal o de los medios auxiliares utilizados.
- Los costes derivados de la reproducción o copia de documentos, planos o informes técnicos requeridos por la Dirección de Obra.
- Los gastos ocasionados por la retirada de materiales rechazados y la corrección de deficiencias detectadas durante los controles y comprobaciones.
- Los gastos asociados al replanteo y verificación de las zonas de actuación.
- Los seguros y medidas de protección necesarias para garantizar la integridad de las obras durante y después de su ejecución.
- Finalmente, los gastos vinculados a la liquidación o desmontaje de las instalaciones provisionales en caso de rescisión o finalización del contrato, cualquiera que sea su causa.

TÍTULO IV. PLIEGO DE CONDICIONES LEGALES PARA EL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO (PALENCIA)

1. Documentos que definen

1.1 Descripción

La información relativa a las actuaciones previstas en este proyecto se desarrolla principalmente en el Título I: Pliego de Condiciones Técnicas, complementándose con la Memoria y los Planos, donde se detalla con mayor precisión la localización, el alcance y las características de cada intervención.

En estos apartados se incluyen tanto la descripción general de las obras y su emplazamiento como las especificaciones sobre los materiales a emplear y las directrices que deben seguirse durante su ejecución, especialmente en lo referente a la restauración hidrológico-forestal y a las labores de plantación y siembra.

Por su parte, el Título III: Pliego de Condiciones Económicas establece las pautas que deberá seguir el contratista en materia de medición, valoración y abono de las unidades de obra ejecutadas, sirviendo de referencia para la gestión y el control económico del proyecto.

1.2 Planos

Los planos del proyecto conforman el conjunto de documentos en los que se representa de manera geométrica y espacial cada una de las actuaciones previstas. En ellos se recoge la localización exacta del monte, la delimitación de las zonas de intervención y los detalles necesarios para la correcta ejecución de las obras, sirviendo como guía visual para situar y comprender sobre el terreno todas las tareas contempladas en la restauración.

1.3 Contraindicaciones, omisiones o errores

El contratista deberá comunicar a la Dirección Facultativa, antes del inicio de los trabajos, cualquier incoherencia u omisión detectada entre los distintos documentos del Proyecto, con el fin de que puedan aclararse adecuadamente. Si no lo hace, se entenderá que las descripciones recogidas en uno de los documentos y ausentes en otros forman parte del conjunto completo.

En caso de discrepancia entre los planos y el Pliego de Prescripciones Técnicas, prevalecerá lo indicado en este último. De igual modo, cualquier información recogida en uno de estos documentos, pero no en el otro deberá ejecutarse como si figurase en ambos, siempre que el Ingeniero Director considere que la unidad de obra está suficientemente definida y cuente con precio contractual.

Si existiera contradicción entre la Memoria y los Pliegos, será la Memoria la que tenga prioridad. Tanto las omisiones como los errores detectados, ya sea por la Dirección de

Obra o por el propio contratista, deberán quedar reflejados obligatoriamente en el Acta de Comprobación del Replanteo.

1.4 Planos de detalle

Todos los planos de detalle que se generen a lo largo de la ejecución deberán contar con la aprobación previa del Director de Obra, siendo esta conformidad indispensable para poder llevar a cabo los trabajos asociados a dichos documentos.

1.5 Documentos que se entregan al contratista

Los documentos que la Administración facilite al contratista, tanto los propios del Proyecto como aquellos que lo complementen pueden tener carácter estrictamente contractual o funcionar únicamente como material informativo, dependiendo de su naturaleza y de lo establecido en el expediente.

1.5.1 Documentos contractuales

Los documentos que adquieren carácter contractual, salvo exclusión expresa en el contrato, son:

- Pliego de Condiciones.
- Planos.
- Cuadro de Precios Unitarios.
- Presupuesto General.

Aunque las mediciones también formen parte del contrato, su inclusión no garantiza que reflejen con exactitud la realidad del terreno. Asimismo, el Estudio de Seguridad y Salud debe incorporarse al conjunto documental contractual.

La normativa aplicable en materia de contratación pública se rige por la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público. Conforme a esta ley, los contratos formalizados por las Administraciones Públicas deben plasmarse en un documento administrativo dentro del plazo establecido tras la notificación de la adjudicación definitiva, documento que habilita su acceso a los registros públicos. El contratista puede solicitar, si lo estima oportuno, la elevación del contrato a escritura pública, asumiendo los gastos derivados de ello. El contrato recogerá todas aquellas condiciones acordadas entre las partes, complementando lo dispuesto en el presente Pliego de Condiciones, que se incorporará al documento contractual formando parte integrante del mismo.

1.5.2 Documentos informativos

La información relativa al medio físico, a la vegetación, a la fauna y, en general, al entorno donde se desarrolla la restauración, recogida fundamentalmente en la Memoria y en los Anejos, tiene un carácter exclusivamente orientativo, salvo aquellos documentos que el presente Pliego establece como contractuales. Estos contenidos sirven como apoyo para comprender el ámbito de actuación, pero no garantizan la absoluta precisión de los datos

aportados.
Por ello, corresponde al contratista verificar directamente sobre el terreno cualquier información necesaria para la adecuada planificación y ejecución de los trabajos. La falta de comprobación o la obtención incompleta de dichos datos será responsabilidad exclusiva del contratista, quien deberá asumir las consecuencias de los errores derivados de una interpretación incorrecta del medio, de la documentación o de las condiciones reales en las que se ejecuta la restauración.

1.6 Rescisión del contrato

La contratación con empresas externas se rige por lo establecido en los Capítulos I y II del Título II, Libro I, de la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público. La adjudicación deberá estar debidamente motivada, notificarse a todos los licitadores y publicarse en el perfil del contratante en un plazo máximo de quince días. Con carácter general, la formalización del contrato se realizará mediante documento administrativo dentro del mes siguiente a la notificación oficial, según lo previsto en el artículo 153 de la citada ley.

El contrato incorporará las condiciones acordadas entre la Administración y el adjudicatario, complementando lo establecido en este Pliego de Condiciones, que pasa a formar parte del mismo a todos los efectos. Asimismo, la legislación vigente contempla una serie de situaciones que implican la resolución del contrato:

- Muerte o incapacidad del contratista individual.
- extinción de la personalidad jurídica en el caso de sociedades; así como la declaración de concurso

En tales supuestos, la Administración podrá decidir si acepta o no la continuidad del contrato a propuesta de herederos o síndicos, sin que estos tengan derecho a indemnización.

También pueden dar lugar a la extinción del contrato causas como el acuerdo mutuo entre las partes, incumplimientos graves de los plazos imputables al contratista, retrasos injustificados en los pagos por parte de la Administración o la existencia de impagos del contratista hacia sus propios trabajadores durante la ejecución de los trabajos.

2. Tramitación de las propuestas

El proceso administrativo asociado al contrato se rige íntegramente por lo establecido en la Ley 9/2017, de Contratos del Sector Público, que determina los distintos hitos y documentos que deben formalizarse a lo largo de la tramitación. Entre los aspectos principales contemplados en dicha normativa se encuentran:

- **Formación del expediente de contratación**, cuyo contenido mínimo y procedimiento de inicio quedan definidos en el artículo 116 de la Ley.
- **Aprobación del expediente**, regulada en el artículo 117, que habilita su posterior licitación.

- **Certificaciones mensuales**, contempladas en el artículo 240, mediante las cuales la Administración reconoce la obra ejecutada en cada período y ordena los pagos a cuenta.
- **Acta de recepción de los trabajos**, formalizada conforme al artículo 243, que marca el cierre de la fase de ejecución y el inicio del periodo de garantía.
- **Liquidación del contrato**, regulada en los artículos 243 y 246, que debe aprobarse en los seis meses siguientes a la recepción, determinando el saldo definitivo con el contratista.
- **Plazo de garantía**, que comienza a contar desde la fecha del acta de recepción y se define en el artículo 108, debiendo adecuarse a la naturaleza y complejidad de los trabajos.
- **Devolución de la garantía definitiva**, prevista en el artículo 111, que solo se realizará una vez aprobada la liquidación y finalizado el plazo de garantía, salvo que existan responsabilidades pendientes. Si transcurre un año desde la finalización del contrato sin que se haya producido la recepción y liquidación por motivos no imputables al contratista, podrá ordenarse igualmente su devolución.

Este conjunto de actuaciones constituye el marco administrativo que regula la relación entre la Administración y el contratista, garantizando que el desarrollo del proyecto se ajuste a la normativa vigente y cuente con los mecanismos de control, supervisión y cierre establecidos legalmente.

3. Accidentes de trabajo y daños producidos a terceros

El contratista asume plenamente la responsabilidad derivada del cumplimiento de la normativa vigente en materia de prevención de riesgos laborales, debiendo aplicar todas las medidas necesarias para garantizar la seguridad del personal durante la ejecución de los trabajos. Además de lo exigido legalmente, deberá atender las indicaciones que formule la Dirección de Obra con el fin de asegurar la correcta realización de las tareas y minimizar cualquier situación de riesgo. El cumplimiento de estas obligaciones no exime en ningún caso al contratista de su responsabilidad directa.

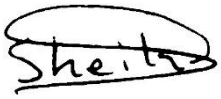
En caso de producirse un accidente durante el desarrollo de las actuaciones, el contratista deberá ajustarse estrictamente a lo establecido en la legislación aplicable, siendo el único responsable tanto de su cumplimiento como de las consecuencias que puedan derivarse. Le corresponde, por tanto, adoptar todas las medidas preventivas necesarias para evitar daños a los trabajadores o a terceros en el entorno de la obra.

Cualquier siniestro o perjuicio ocasionado por negligencia, falta de experiencia o descuido del contratista o del personal bajo su dirección, será de su exclusiva responsabilidad, debiendo afrontar las indemnizaciones y costes derivados. Se entiende, además, que los precios contratados contemplan los gastos necesarios para el adecuado cumplimiento de las obligaciones legales en materia de seguridad y salud laboral. Cuando la Administración lo requiera, el contratista deberá acreditar documentalmente que cumple con todas estas disposiciones.

4. Cuestiones no previstas en el Pliego

Cualquier aspecto que no aparezca contemplado expresamente en este Pliego, o que no esté descrito con el nivel de detalle necesario, así como todas las interrelaciones entre los distintos elementos que conforman el Proyecto, se resolverán de acuerdo con la normativa vigente aplicable en cada caso.

Palencia, noviembre de 2025



Fdo: Sheila Aparicio Iñigo
Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Documento 4. Mediciones

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo
Tutora: Ana García Vega
Cotutora: María Isabel Pozo Romero

Noviembre de 2025

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 4 MEDICIONES

Capítulo I: Preparación del terreno 1
Capítulo II: Plantación y siembra 1
Capítulo III: Monitorización de riego 4
Capítulo IV: Seguridad y salud 4

Capítulo I: Preparación del terreno

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Medición
1.1	NRPO032	m	Metro lineal de replanteo o señalamiento sobre el terreno empleando estacas marcadas con spray ecológico y localizando los puntos con GPS de precisión.		
			Total partida 1.1	3905	**3905**
1.2	NRPT021	Ud	Ahoyado manual, mediante la apertura de hoya semiabierta, en suelo tránsito con pendiente menor del 50% y densidad menor de 400 pies/ha.		
			Total partida 1.2	219	**219**

Capítulo II: Plantación y siembra

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Medición
2.1	NRPO003	Ud	Distribución de la planta en envase con una pendiente menor del 50%		
			Total partida 2.1	219	**219**
2.2	NRPP009	Ud	Plantación de tipo 2, en suelo suelto o tránsito, con pendiente menor del 50% y densidad menor de 400 pies/ha.		
			Total partida 2.2	219	**219**

2.3	VFA1	Ud	Unidad de planta de *Quercus faginea* en alveolo forestal de 250 cm^3		
			Total partida 2.3	122	**122**
2.4	VFA2	Ud	Unidad de planta de *Rhamnus saxatilis* en alveolo forestal de 250 cm^3		
			Total partida 2.4	22	**22**
2.5	VFA3	Ud	Unidad de planta de *Crataegus monogyna* en alveolo forestal de 250 cm^3		
			Total partida 2.5	37	**37**
2.6	VFA4	Ud	Unidad de planta de *Rosa canina* en alveolo forestal de 250 cm^3		
			Total partida 2.6	15	**15**
2.7	VFA5	Ud	Unidad de planta de *Genista scorpius* en alveolo forestal de 250 cm^3		
			Total partida 2.7	28	**28**
2.8	MO21	Ud	Siembra de especies previamente seleccionadas, a poca profundidad con preparación manual del hoyo de siembra		
			Total partida 2.8	202	**202**
		Ud	Unidad de semilla de *Fumana ericifolia*		
			Total partida 2.10	815	**815**
2.9	SV1	Ud	Unidad de semilla de *Lonicera etrusca*		
			Total partida 2.11	453	**453**
2.10	SV2	Ud	Unidad de semilla de *Lavandula latifolia*		

			Total partida 2.12	885	**885**
2.11	SV3	Ud	Unidad de semilla de *Salvia lavandulifolia* **Total partida 2.13**	634	**634**
2.12	SV4	Ud	Unidad de semilla de *Satureja montana* **Total partida 2.14**	634	**634**
		Ud	Unidad de semilla de *Sideritis hyssopifolia* **Total partida 2.15**	724	**724**
2.13	SV5	Ud	Unidad de semilla de *Thymus vulgaris* **Total partida 2.16**	905	**905**
2.14	SV6	Ud	Unidad de semilla de *Ononis tridentata* **Total partida 2.9**	603	**603**
2.15	NRPO017	Ud	Realización de microcuenca con pequeño alcorque **Total partida 2.17**	421	**421**
2.16	F02136	m	Colocación de malla protectora cinegética de 2 m ceñida alrededor de tres postes sin tornear, diámetro 6-8 cm con punta separados un metro **Total partida 2.18**	770	**770**
2.17	NRPO007	Ud	Colocación de tubo protector de 120 cm de altura con tutor **Total partida 2.19**	219	**219**

2.18	NRPM0403	Ud	Retirada con tutor de tubo protector de 120 cm de altura **Total partida 2.20**	219	**219**

Capítulo III: Monitorización de riego

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Medición
3.1	-	Ud	Nodo de suelo **Total partida 3.1**	4	**4**
3.2	-	Ud	Nodo de pluviometría **Total partida 3.2**	4	**4**
3.3	-	Ud	Gateway **Total partida 3.3**	1	**1**
3.4	-	Ud	Instalación, configuración y puesta en marcha **Total partida 3.4**	1	**1**

Capítulo IV: Seguridad y salud

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Medición
4.1	SS.1.1	Ud	Casco de seguridad homologado **Total partida 4.1**	4	**4**
4.2	SS.1.3	Ud	Gafas protectoras homologadas **Total partida 4.2**	4	**4**
4.3	SS.1.5	Ud	Mascarilla de 1 filtro de partículas **Total partida 4.3**	8	**8**
4.4	SS.2.1	Ud	Cinturón antilumbago **Total partida 4.4**	4	**4**
4.5	SS.2.3	Ud	Mono de trabajo poliéster-algodón **Total partida 4.5**	4	**4**
4.6	SS.2.8	Ud	Peto reflectante		

			Total partida 4.6	4	**4**
4.7	SS.3.1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón **Total partida 4.7**	4	**4**
4.8	SS.4.6	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente a perforación **Total partida 4.8**	4	**4**
4.9	SS.4.1	Ud	Par de botas altas de agua **Total partida 4.9**	4	**4**
4.10	SS.6.8	Ud	Extintor polvo ABC 9 kg **Total partida 4.10**	1	**1**
4.11	SS.6.10	Ud	Botiquín portátil de obra **Total partida 4.11**	1	**1**
4.12	YMR010	Ud	Reconocimiento médico anual **Total partida 4.12**	4	**4**
4.13	P40205	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra de 1,70x0,90x2,30 m **Total partida 4.13**	3	**3**
4.14	P40208	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de vestuarios en obra de 4,20x2,33x2,30 m **Total partida 4.14**	3	**3**
4.15	P40213	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento **Total partida 4.14**	3	**3**
4.16	YPC060	Ud	Transporte de caseta prefabricada de obra hasta una distancia máxima de 200 km **Total partida 4.16**	6	**6**



Universidad de Valladolid

Campus de Palencia

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍAS AGRARIAS (ETSIIAA)

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Proyecto de restauración hidrológico-forestal de la ladera Valdenebro en el término municipal de Reinoso de Cerrato

Documento 5. Presupuesto

Alumna: Sheila Aparicio Iñigo
Tutora: Ana García Vega
Cotutora: María Isabel Pozo Romero

Noviembre de 2025

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

1. Cuadro de precios nº1 1
1.1 Capítulo I: Preparación del terreno 1
1.2 Capítulo II: Plantación y siembra 1
1.3 Capítulo III: Monitorización de riego 3
1.4 Capítulo IV: Seguridad y salud 3
2. Cuadro de precios nº2 5
2.1 Capítulo I: Preparación del terreno 5
2.2 Capítulo II: Plantación y siembra 5
2.3 Capítulo III: Monitorización de riego 8
2.4 Capítulo IV: Seguridad y salud 8
3. Presupuestos parciales 11
3.1 Capítulo I: Preparación del terreno 11
3.2 Capítulo II: Plantación y siembra 11
3.3 Capítulo III: Monitorización de riego 12
3.4 Capítulo IV: Seguridad y salud en las obras 13
4. Presupuesto general 14
4.1 Presupuesto de ejecución material 14
4.2 Presupuesto de ejecución por contrata 15

1. Cuadro de precios nº1

1.1 Capítulo I: Preparación del terreno

Nº orden	Código	Unidad	Descripción de la unidad de obra	Importe (€)	
				Letra	Cifra
1.1	NRPO032	m	Metro lineal de replanteo o señalamiento sobre el terreno empleando estacas marcadas con spray ecológico y localizando los puntos con GPS de precisión	CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS	**0,57**
1.2	NRPT021	Ud	Ahoyado manual, hoya semiabierta, en suelo tránsito, pendiente menor del 50% y una densidad menor de 400 pies/ha	UN EURO Y SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS	**1,67**

1.2 Capítulo II: Plantación y siembra

Nº orden	Código	Unidad	Descripción de la unidad de obra	Importe (€)	
				Letra	Cifra
2.1	NRPO003	Ud	Distribución de planta en envase en terreno con pendiente menor del 50%	CUATRO CÉNTIMOS	**0,04**
2.2	NRPP009	Ud	Plantación de Tipo 2, en suelo suelto o tránsito, con pendiente menor del 50% y una densidad menor de 400 pies/ha	SETENTA Y CINCO CÉNTIMOS	**0,75**
2.3	VFA1	Ud	Unidad de planta de *Quercus faginea* en alveolo de 250 cc con transporte incluido	CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS	**0,58**
2.4	VFA2	Ud	Unidad de planta de Rhamnus saxatilis en alveolo de 250 cc con transporte incluido	SETENTA Y DOS CÉNTIMOS	**0,72**
2.5	VFA3	Ud	Unidad de planta de *Crataegus monogyna* en alveolo de 250 cc con transporte incluido	SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	**0,64**
2.6	VFA4	Ud	Unidad de planta de *Rosa canina* en alveolo de 250 cc con transporte incluido	SESENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	**0,64**
2.7	VFA5	Ud	Unidad de planta de *Genista scorpius* en alveolo de 250 cc con transporte incluido	SETENTA Y DOS CÉNTIMOS	**0,72**

2.8	SOGF24.C.2.14	Ud	Siembra de especies previamente seleccionadas, a poca profundidad con preparación manual del hoyo de siembra	CINCUENTA Y SIETE CÉNTIMOS	**0,57**
2.9	SV1	g	Semilla de *Lonicera etrusca*	TRES EUROS	**3,00**
2.10	SV2	100 Ud	Semilla de *Lavandula latifolia*	DOS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	**2,50**
2.11	SV3	60 Ud	Semilla de *Salvia lavandulifolia*	DOS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	**2,50**
2.12	SV4	50 Ud	Semilla de *Satureja montana*	DOS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	**2,50**
2.13	SV5	300 Ud	Semilla de *Thymus vulgaris*	DOS EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	**2,50**
2.14	NRPO017	Ud	Realización de microcuenca con pequeño alcorque	SETENTA Y DOS CÉNTIMOS	**0,72**
2.15	F02136	m	Colocación de malla protectora cinegética de 2 m ceñida alrededor de tres postes sin tornear, diámetro 6-8 cm con punta separados un metro	VEINTIOCHO EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS	**28,42**
2.16	NRPO007	Ud	Colocación de tubo protector de 120 cm de altura con tutor	OCHO EUROS Y VEINTISIETE CÉNTIMOS	**8,27**
2.17	NRPM0403	Ud	Retirada con tutor de tubo protector de 120 cm de altura	UN EURO CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS	**1,96**

1.3 Capítulo III: Monitorización de riego

Nº orden	Código	Unidad	Descripción de la unidad de obra	Importe (€)	
				Letra	Cifra
3.1	-	Ud	Nodo de suelo	TRESCIENTOS NUEVE EUROS	**309**
3.2	-	Ud	Nodo de pluviometría	DOSCIENTOS SEIS EUROS	**206**
3.3	-	Ud	Gateway	CUATROCIENTOS DOCE EUROS	**412**
3.4	-	Ud	Instalación, configuración y puesta en marcha de sensores	DOS MIL SESENTA EUROS	**2060**

1.4 Capítulo IV: Seguridad y salud

Nº orden	Código	Unidad	Descripción de la unidad de obra	Importe (€)	
				Letra	Cifra
4.1	SS.1.1	Ud	Casco de seguridad homologado, para la protección de la cabeza	DOS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS	**2,85**
4.2	SS.1.3	Ud	Gafas protectoras homologadas contra partículas y polvo	SIETE EUROS Y VEINTIOCHO CÉNTIMOS	**7,28**
4.3	SS.1.5	Ud	Mascarilla de 1 filtro contra partículas	UN EURO Y SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS	**1,78**
4.4	SS.2.1	Ud	Cinturón antilumbago	CATORCE EUROS Y DIECIOCHO CÉNTIMOS	**14,18**
4.5	SS.2.3	Ud	Mono de trabajo de poliéster-algodón	QUINCE EUROS Y CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS	**15,58**
4.6	SS.2.8	Ud	Peto reflectante	NUEVE EUROS CON NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS	**9,93**
4.7	SS.3.1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón	UN EURO Y OCHENTA Y	**1,84**

				CUATRO CÉNTIMOS	
4.8	SS.4.6	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente a la perforación	VEINTISEIS EUROS CON CURENTA Y UN CÉNTIMOS	**26,41**
4.9	SS.4.1	Ud	Par de botas altas de agua	OCHO EUROS CON CINCUENTA CÉNTIMOS	**8,50**
4.10	SS.6.8	Ud	Extintor en polvo ABC 9 kg	SESENTA Y CINCO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	**65,54**
4.11	SS.6.10	Ud	Botiquín portátil de obra	CUARENTA Y SEIS EUROS CON SESENTA Y TRES CÉNTIMOS	**46,63**
4.12	YMR010	Ud	Reconocimiento médico anual obligatorio	CIENTO CINCUENTA Y SEIS EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS	**156,16**
4.13	P40205	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra de 1,70x0,90x2,30 metros	NOVENTA Y DOS EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS	**92,77**
4.14	P40208	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de vestuarios en obra de 4,20x2,33,2,30 metros	CIENTO VEINTIDOS EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS	**122,32**
4.15	P40213	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento	NOVENTA Y SIETE EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS	**97,27**
4.16	YPC060	Ud	Transporte de caseta prefabricada de obra hasta una distancia máxima de 200 km	TRESCIENTOS DIECISEIS EUROS CON ONCE CÉNTIMOS	**316,11**

2. Cuadro de precios nº2

2.1 Capítulo I: Preparación del terreno

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
1.1	NRPO032		m	Metro lineal de replanteo o de señalamiento sobre terreno			
	O001	0,005	h	Peón forestal R.G	22	0,11	
	O002	0,005	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,14	
	P0427	0,01	l	Spray ecológico	18,15	0,182	
	P0428	0,1	ud	Estaca de madera	0,53	0,053	
	MX020	0,005	h	GPS de precisión	10,34	0,0517	
	%	1	%	Medios auxiliares	0,54	0,0054	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,55	0,02	
					Total partida:		**0,57**
1.2	NRPT021		ud	Ahoyado manual, hoya semiabierta, suelo tránsito, pte<50% y d:<400 pies/ha			
	O001	0,0615	h	Peón forestal R.G	22	1,353	
	O002	0,0086	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,2408	
	%	1	%	Medios auxiliares	1,59	0,016	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,62	0,05	
					Total partida:		**1,67**

2.2 Capítulo II: Plantación y siembra

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
2.1	NRPO003		Ud	Distribución de planta en envase en terreno con pendiente <50% (mu)			
	O001	0,00153	h	Peón forestal R.G	22	0,03	
	O002	0,00022	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,0062	
		1	%	Medios auxiliares	0,036	0,0036	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,04	0,0012	
					Total partida:		**0,04**
2.2	NRPP009		Ud	Plantación T2, suelo suelto-tránsito, pte<50% y d:<400 pies/ha			
	O001	0,0282	h	Peón forestal R.G	22	0,6204	
	O002	0,004	h	Jefe cuadrilla R.G	28	0,112	
		1	%	Medios auxiliares		0,001	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,73	0,02	
					Total partida:		**0,75**

2.3	VFA1		Ud	Ud de planta *Quercus faginea* en alveolo 250 cc con trasporte incluido			
		1	Ud	*Quercus faginea* alveolo 250 cc	0,583	0,583	
					Total partida:		**0,583**
2.4	VFA2		Ud	Ud de planta de *Rhamnus saxatilis* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	Rhamnus saxatilis alveolo 250 cc	0,715	0,715	
					Total partida:		**0,715**
2.5	VFA3		Ud	Ud de planta de *Crataegus monogyna* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Crataegus monogyna* alveolo 250 cc	0,638	0,64	
					Total partida:		**0,64**
2.6	VFA4		Ud	Ud de planta de *Rosa canina* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Rosa canina* alveolo 250 cc	0,638	0,64	
					Total partida:		**0,64**
2.7	VFA5		Ud	Ud de planta de *Genista scorpius* en alveolo de 250 cc con transporte incluido			
		1	Ud	*Genista scorpius* alveolo 250 cc	0,715	0,715	
					Total partida:		**0,715**
2.8	SOGF24.C.2.14		Mil	Siembra de especies previamente seleccionadas, a poca profundidad con preparación manual del hoyo de siembra			
	MO1	0,043	h	Peón	11,08	0,48	
	MO21	0,004	h	Capataz	15,06	0,06	
	%	1	%	Medios auxiliares	0,54	0,0054	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,55	0,016	
					Total partida:		**0,57**
2.9	SV1			Semilla de *Lonicera etrusca*			
		1	g	*Lonicera etrusca*	3	3	
					Total partida:		**3,00**
2.10	SV2			Semilla de *Lavandula latifolia*			
		100	Ud	*Lavandula latifolia*	2,5	2,5	

					Total partida:		**2,50**
2.11	SV3			Semilla de *Salvia lavandulifolia*			
		60	uds	*Salvia lavandulifolia*	2,5	2,5	
					Total partida:		**2,50**
2.12	SV4			Semilla de *Satureja montana*			
		50	Ud	*Satureja montana*	2,50	2,50	
					Total partida:		**2,50**
2.13	SV5			Semilla de *Thymus vulgaris*			
		300	Ud	*Thymus vulgaris*	2,50	2,50	
					Total partida:		**2,50**
2.14	NRPO017		Ud	Realización de microcuenca con pequeño alcorque			
	O001	0,0263	h	Peón	22	0,5786	
	O002	0,0038	H	Jefe	28	0,1064	
		1	%	Medios auxiliares		0,01	
	%001	3	%	Costes indirectos	0,695	0,021	
					Total partida:		**0,716**
2.15	F02136		m	Colocación de malla protectora cinegética de 2 m ceñida alrededor de tres postes sin tornear, diámetro 6-8 cm con punta separados un metro			
	O01007	0,219	h	Peón	21,76	4,77	
	O01009	0,029	h	Jefe	22,54	0,65	
	P06004	3	Ud	Poste	5,4	16,2	
	P06027	3	m	Malla anudada galvanizada	1,9	5,7	
		1	%	Medios auxiliares		0,27	
	%001	3	%	Costes indirectos	27,59	0,83	
					Total partida:		**28,42**
2.16	NRPO007		ud	Colocación de tubo protector de 120 cm de altura con tutor			
	O001	0,1328	h	Peón	22	2,92	
	O002	0,019	h	Jefe	28	0,532	
	MA028	0,0185	h	Vehículo todoterreno	11,13	0,21	
	P0402	1	Ud	Tubo protector	1,72	1,72	
	P0413	1	Ud	Tutor de madera o similar	2,57	2,57	
		1	%	Medios auxiliares		0,08	
	%001	3	%	Costes indirectos	8,03	0,24	
					Total partida:		**8,27**
2.17	NRPM0403		Ud	Retirada con tutor de tubo protector de 120 cm de altura			
	O001	0,066	h	Peón	22	1,45	

	O002	0,008	h	Jefe	28	0,22	
	MA028	0,019	h	Vehículo todoterreno	11,13	0,212	
		1	%	Medios auxiliares		0,02	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,9	0,06	
					Total partida:		**1,96**

2.3 Capítulo III: Monitorización de riego

Nº orden	Ud	Descripción de la unidad de obra	Nº uds	Precio (€/ud)	Importe (€/ud)
3.1	Ud	Nodo de suelo	1	300	300
	%	Costes indirectos	3		9
			Total partida:		**309**
3.2	Ud	Nodo de pluviometría	1	200	200
	%	Costes indirectos	3		6
			Total partida:		**206**
3.3	Ud	Gateway	1	400	400
	%	Costes indirectos	3		12
			Total partida:		**412**
3.4	Ud	Instalación, configuración y puesta en marcha de sensores	1	2000	2000
	%	Costes indirectos	3		60
			Total partida:		**2060**

2.4 Capítulo IV: Seguridad y salud

Nº orden	Código	Cantidad	Ud	Descripción de la unidad de obra	Precio (€)	Subtotal (€)	Importe (€)
4.1	SS.1.1	1	Ud	Casco de seguridad homologado, para la protección de la cabeza de golpes	2,74	2,74	
		1	%	Medios auxiliares		0,03	
	%001	3	%	Costes indirectos	2,77	0,08	
					Total partida:		**2,85**
4.2	SS.1.3	1	Ud	Gafas protectoras homologadas contra partículas y polvo	7	7	
		1	%	Medios auxiliares		0,07	
	%001	3	%	Costes indirectos	7,07	0,21	
					Total partida:		**7,28**
4.3	SS.1.5	1	Ud	Mascarilla de 1 filtro contra partículas	1,71	1,71	
		1	%	Medios auxiliares		0,02	

	%001	3	%	Costes indirectos	1,73	0,05	
					Total partida:		**1,78**
4.4	SS.2.1	1	Ud	Cinturón antilumbago	13,63	13,63	
		1	%	Medios auxiliares		0,14	
	%001	3	%	Costes indirectos	13,77	0,41	
					Total partida:		**14,18**
4.5	SS.2.3	1	Ud	Mono de trabajo de poliéster-algodón	14,98	14,98	
		1	%	Medios auxiliares		0,15	
	%001	3	%	Costes indirectos	15,13	0,45	
					Total partida:		**15,58**
4.6	SS.2.8	1	Ud	Peto reflectante	9,55	9,55	
		1	%	Medios auxiliares		0,096	
	%001	3	%	Costes indirectos	9,65	0,29	
					Total partida:		**9,93**
4.7	SS.3.1	1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón	1,77	1,77	
		1	%	Medios auxiliares		0,018	
	%001	3	%	Costes indirectos	1,79	0,05	
					Total partida:		**1,84**
4.8	SS.4.6	1	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente a la perforación	25,39	25,39	
		1	%	Medios auxiliares		0,254	
	%001	3	%	Costes indirectos	25,64	0,77	
					Total partida:		**26,41**
4.9	SS.4.1	1	Ud	Par de botas altas de agua	8,17	8,17	
		1	%	Medios auxiliares		0,082	
	%001	3	%	Costes indirectos	8,25	0,25	
					Total partida:		**8,50**
4.10	SS.6.8	1	Ud	Extintor polvo ABC 9 kg	63	63	
		1	%	Medios auxiliares		0,63	
	%001	3	%	Costes indirectos	63,63	1,91	
					Total partida:		**65,54**
4.11	SS.6.10	1	Ud	Botiquín portátil de obra	44,82	44,82	
		1	%	Medios auxiliares		0,448	
	%001	3	%	Costes indirectos	45,27	1,36	
					Total partida:		**46,63**
4.12	YMR010	1	Ud	Reconocimiento médico anual obligatorio	150,11	150,11	
		1	%	Medios auxiliares		1,50	
	%001	3	%	Costes indirectos	151,61	4,55	
					Total partida:		**156,16**

4.13	P40205	1	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra de 1,70x0,90x2,30 metros	89,18	89,18	
		1	%	Medios auxiliares		0,982	
	%001	3	%	Costes indirectos	90,07	2,70	
					Total partida:		**92,77**
4.14	P40208	1	Mes	Alquiler caseta prefabricada vestuarios en obra de 4,20x2,33,2,30 metros	117,58	117,58	
		1	%	Medios auxiliares		1,176	
	%001	3	%	Costes indirectos	118,76	3,56	
					Total partida:		**122,32**
4.15	P40213	1	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento	93,5	93,5	
		1	%	Medios auxiliares		0,935	
	%001	3	%	Costes indirectos	94,44	2,83	
					Total partida:		**97,27**
4.16	YPC060	1	Ud	Transporte de caseta prefabricada de obra hasta una distancia máxima de 200 km	303,86	303,86	
		1	%	Medios auxiliares		3,04	
	%001	3	%	Costes indirectos	306,9	9,21	
					Total partida:		**316,11**

3. Presupuestos parciales

3.1 Capítulo I: Preparación del terreno

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1	NRPO032	m	Metro lineal de replanteo o señalamiento sobre el terreno empleando estacas marcadas con spray ecológico y localizando los puntos con GPS de precisión.	3905	0,57	**2225,85**
1.2	NRPT021	Ud	Ahoyado manual, hoya semiabierta, suelo tránsito, pte<50% y d:<400 pies/ha	219	1,67	**365,73**

3.2 Capítulo II: Plantación y siembra

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1	NRPO003	Ud	Distribución de planta en envase en terreno con pendiente <50%	219	0,04	**8,76**
2.2	NRPP009	Ud	Plantación de tipo 2, en suelo suelto o tránsito, con pendiente menor del 50% y densidad menor de 400 pies/ha.	219	0,75	**164,25**
2.3	VFA1	Ud	Unidad de planta *Quercus faginea* en alveolo de 250 cc	122	0,58	**70,76**
2.4	VFA2	Ud	Unidad de planta *Rhamnus saxatilis* en alveolo de 250 cc	22	0,715	**15,73**
2.5	VFA3	Ud	Unidad de planta *Crataegus monogyna* en alveolo de 250 cc	37	0,64	**23,68**
2.6	VFA4	Ud	Unidad de planta *Rosa canina* en alveolo de 250 cc	15	0,64	**9,60**

2.7	VFA5	Ud	Unidad de planta *Genista scorpius* en alveolo de 250 cc	28	0,715	**20,02**
2.8	SOGF24.C.2.14	Ud	Siembra a poca profundidad con preparación manual del hoyo	202	0,57	**115,14**
2.9	SV1	g	Semilla de *Lonicera etrusca*	3	3,00	**9,00**
2.10	SV2	g	Semilla de *Lavandula latifolia*	9	2,50	**22,50**
2.11	SV3	g	Semilla de *Salvia lavandulifolia*	11	2,50	**27,50**
2.12	SV4	g	Semilla de *Satureja montana*	13	2,50	**32,50**
2.13	SV5	g	Semilla de *Thymus vulgaris*	4	2,50	**10,00**
2.14	SV6	g	Unidad de semilla de *Ononis tridentata*	3	0,48	**1,44**
2.15	NRPO017	Ud	Realización de microcuenca con pequeño alcorque	421	0,72	**303,12**
2.16	F02136	Ud	Colocación de malla protectora cinegética	770	28,42	**21883,40**
2.17	NRPO007	Ud	Colocación de tubo protector de 120 cm de altura con tutor	219	8,27	**1811,13**
2.18	NRPM0403	Ud	Retirada con tutor de tubo protector de 120 cm de altura	219	1,96	**429,24**

3.3 Capítulo III: Monitorización de riego

Nº orden	**Código**	**Ud**	**Descripción de la unidad de obra**	**Medición**	**Precio (€)**	**Importe (€)**
3.1	-	Ud	Nodo de suelo	4	309	**1236,00**
3.2	-	Ud	Nodo pluviométrico	4	206	**824,00**
3.3	-	Ud	Gateway	1	412	**412,00**
3.4	-	Ud	Instalación, configuración y puesta en marcha	1	2060	**2060,00**

3.4 Capítulo IV: Seguridad y salud en las obras

Nº orden	Código	Ud	Descripción de la unidad de obra	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1	SS.1.1	Ud	Casco de seguridad homologado	4	2,85	**11,40**
4.2	SS.1.3	Ud	Gafas protectoras homologadas	4	7,28	**29,12**
4.3	SS.1.5	Ud	Mascarilla de 1 filtro	8	1,78	**14,24**
4.4	SS.2.1	Ud	Cinturón antilumbago	4	14,18	**56,72**
4.5	SS.2.3	Ud	Mono de trabajo de poliéster-algodón	4	15,58	**62,32**
4.6	SS.2.8	Ud	Peto reflectante	4	9,93	**39,72**
4.7	SS.3.1	Ud	Par de guantes de lona fuerte o algodón	4	1,84	**7,36**
4.8	SS.4.6	Ud	Par de botas de monte con puntera resistente	4	26,41	**105,64**
4.9	SS.4.1	Ud	Par de botas altas de agua	4	8,50	**34,00**
4.10	SS.6.8	Ud	Extintor polvo (9kg)	1	65,54	**65,54**
4.11	SS.6.10	Ud	Botiquín portátil	1	46,63	**46,63**
4.12	YMR010	Ud	Reconocimiento médico anual obligatorio	4	156,16	**624,64**
4.13	P40205	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de aseos en obra	3	92,77	**278,31**
4.14	P40208	Mes	Alquiler de caseta prefabricada de vestuarios	3	122,32	**366,96**
4.15	P40213	Mes	Alquiler de caseta prefabricada para almacenamiento	3	97,27	**291,81**
4.16	YPC060	Ud	Transporte de caseta de obra prefabricada hasta una distancia máxima de 200 km	6	316,11	**1896,66**

4. Presupuesto general

4.1 Presupuesto de ejecución material

- Grupo de inversión 1: Repoblación
  - Capítulo I: Preparación del terreno 2591,58€
  - Capítulo II: Plantación y siembra 24957,77€

  Total del grupo de inversión 1 27549,35€

- Grupo de inversión 2: Actuaciones complementarias
  - Capítulo 3: Monitorización de riegos 4532,00€

  Total del grupo de inversión 2 4532,00€

- Grupo de inversión 3: Seguridad y salud
  - Capítulo 4: Seguridad y salud 3931,07€

  Total del grupo de inversión 3 3931,07€

PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN MATERIAL 36012,42€

ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO A TREINTA Y SEIS MIL DOCE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS (36012,42€)

Palencia, noviembre de 2025



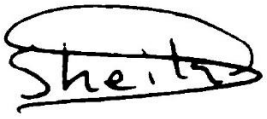
Fdo: Sheila Aparicio Iñigo

4.2 Presupuesto de ejecución por contrata

- Presupuesto de Ejecución Material	36012,42€
o PEM Obras y Varios	35769,69€
o PEM Planta y Semilla	242,73€
- Gastos Generales (13%)	4681,62€
o Sobre Obras	4650,06€
o Sobre Planta y Semilla	31,56€
- Beneficio Industrial (6%)	2160,75€
o Sobre Obras	2146,18€
o Sobre Planta y Semilla	14,57€
- Subtotal (Base Imponible)	42854,78€
o Base para IVA 21% General	42656,93€
o Base para IVA 10% Planta y Semilla	288,85€
- IVA General (21%)	8938,85€
- IVA Planta y Semilla (10%)	28,89€
TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA	51822,51€

ASCIENDE EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA DEL PROYECTO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL DE LA LADERA DE VALDENEBRO EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE REINOSO DE CERRATO A CINCUENTA Y UN MIL OCHOCIENTOS VEINTIDOS EUROS CON CINCUENTA Y UN CÉNTIMOS (51822,51€)

Palencia, noviembre de 2025



Fdo: Sheila Aparicio Iñigo