



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

# Índice General

## Contenido

### **Documento 1: Memoria**

- Anejos a la memoria
  1. Anejo Climático
  2. Anejo Edáfico
  3. Anejo de Flora y Fauna
  4. Anejo de Caracterización del Paisaje
  5. Anejo de Conservación del Suelo y Estudio de Erosión
  6. Anejo de Estudio de Alternativas
  7. Anejo de Estudio Básico de Seguridad y Salud

### **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**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

# **Documento 1: Memoria**



# Índice

## Contenido

1. Objeto del proyecto.....	4
1.1 Carácter de la transformación .....	4
1.2 Localización .....	4
1.3 Dimensiones del proyecto .....	5
1.4 Promotor del proyecto .....	6
2. Antecedentes.....	6
2.1 Motivación del proyecto .....	8
2.1.1 Protección del terreno .....	8
2.2.1 Valores añadidos .....	9
2.2 Estudios previos.....	11
2.3 Planes y programas previos.....	11
3. Bases del proyecto .....	11
3.1 Directrices del proyecto.....	12
3.1.1 Finalidad del proyecto .....	12
3.1.2 Condicionantes impuestos por el promotor .....	12
3.1.3 Criterios de valor.....	12
3.2 Condicionantes del proyecto .....	13
3.2.1 Estado legal .....	13
3.2.2 Estado económico y social.....	14
3.2.3 Estado natural.....	19
3.2.4 Clima .....	19
3.2.5 Geología y litología .....	21
3.2.6 Fauna .....	22
3.2.7 Flora .....	23
4. Apeo de rodales.....	25
4.1 Agrupación en tipologías homogéneas .....	25
4.1.1 Tipología A.....	25
4.2.2 Tipología B.....	27
4.2.3 Tipología C .....	30
5. Programación de las obras .....	34
5.1 Jornadas del personal implicado .....	34
5.2 Jornadas de maquinaria implicada.....	34
5.3 Dimensionamiento de medios materiales.....	35
6. Programación de las obras .....	35
7. Presupuesto.....	37

## 1. Objeto del proyecto

### 1.1 Carácter de la transformación

En este proyecto se plantea la planificación de las obras cuyo objetivo es la revegetación de 23,5 hectáreas correspondientes a las laderas que circundan al embalse de Valdemudarra.

Actualmente, dichas laderas se encuentran desprovistas de vegetación más allá de la vegetación esclerófila herbácea y puntualmente arbustiva propia de las pendientes calizas que dominan sobre los valles de la cuenca del Duero.

El objetivo que se persigue es lograr repoblar con especies arbóreas, limitando la erosión hídrica, ofreciendo refugio a las especies animales y fortaleciendo la integración paisajística del lugar, sin desplazar en ningún caso el uso principal del embalse, es decir, el acopio y distribución de agua para la comunidad de regantes del embalse de Valdemudarra.

### 1.2 Localización

El embalse se encuentra en la provincia de Valladolid, enclavado entre los términos municipales de Peñafiel, Manzanillo, Langayo y Torre de Peñafiel. La pertenencia de los polígonos que conforman las inmediaciones objeto del proyecto es de Peñafiel y Manzanillo. (Véase Plano 1: Localización).

Las coordenadas en las que se encuentra el centroide del polígono formado por el embalse y sus inmediaciones son:

X: 403.259,258  
Y: 4.603.158,673

(Huso 30, sistema de referencia ETRS 89, coordenadas UTM).

Existen 3 formas principales de acceso (Figura 1: Representación resumida de los accesos)

#### 1. Desde Peñafiel:

Transcurriendo por la carretera provincial de Peñafiel VA-210, se toma el desvío hacia el Camino de la Salud, a la altura de la ermita del Santo Cristo del Humilladero, estando ésta ya dentro del propio municipio de Peñafiel, y una vez en el mencionado Camino de la Salud, se continúa durante aproximadamente 4 kilómetros hasta llegar al embalse, por su zona norte. El camino tiene alguna señalización hacia el embalse, siendo el único entre las tres opciones

#### 2. Desde Manzanillo:

Transcurriendo por la misma carretera provincial (VA-210), pero a la altura de Manzanillo, concretamente en calle Cantarranas, que es desde la que se accede al pueblo, existe un desvío perpendicular, que discurre en paralelo al arroyo de Valdemanco, cruza perpendicularmente el Camino de la Fuente, asciende por la Cuesta Benita, pasa, dejándolo a la derecha, por el Pico de la Chabola (892 m), y va a dar al embalse tras aproximadamente 2,5 km, entrando por el noroeste.

### 3. Desde Aldeyuso:

Desde la carretera provincial VA-223, llegando a Aldeyuso, tomar el Camino de las Heras, y después tomar el primer desvío a la izquierda. Este camino asciende por el valle, dejando a la derecha el pico de las cuevas. Una vez llegados al páramo que corona el valle, tomar el Camino de las Herrerías en una curva muy pronunciada. Continuando por el ramal derecho de este camino, se atraviesa perpendicularmente el Camino del Henar, se deja a la derecha la Corrala de la Fuente del Pollo, y tras haber recorrido aproximadamente 2,8 km, se alcanza el embalse por su sección sureste. Este acceso destaca por pasar por las formaciones del Pico de las Cuevas, interesante enclave calizo del terreno, se trata de un pico en forma de cuchilla completamente horadado por cuevas de pequeño tamaño, pero en las que se puede entrar.



Figura 1: Representación resumida de los accesos

Tabla 1: Resumen de distancias de los accesos

Municipio	Distancia al embalse (m)
Peñafiel	3935,9
Manzanillo	2538,5
Aldeyuso	2844,7

- Si llueve, nieva, o ha llovido en los últimos días y el suelo se encuentra húmedo, se recomienda el acceso desde Peñafiel, porque es el único que vence la pendiente de llegada al embalse por un camino artificial de gravas, que carece del barro arcilloso que se forma en los demás caminos, y que puede dar lugar a derrapes y pérdida del control del vehículo.

### 1.3 Dimensiones del proyecto

El dimensionamiento del proyecto se encuentra actualmente definido por los siguientes polígonos, reflejados en la tabla 2: Resumen dimensionamiento SIG.

Tabla 2: Resumen dimensionamiento SIG

Rodal	Área (ha)	Perímetro (m)	Pendiente media (%)
1	3,43	1133,92	24,32
2	0,55	583,61	20,56
3	1,23	1150,60	29,95
4	4,55	2082,67	33,25
5	0,67	384,02	31,60
6	0,67	485,93	27,33
7	2,28	682,82	26,36
8	1,39	657,29	37,91

Rodal	Área (ha)	Perímetro (m)	Pendiente media (%)
9	1,20	517,22	34,96
10	1,41	543,82	24,71
11	1,03	675,42	41,68
12	1,35	540,06	27,27
13	1,09	556,61	27,06
14	2,65	749,09	21,94
Media	1,68	767,36	29,21
TOTAL	23,50	10743,07	-

La disposición de los rodales queda definida en la siguiente figura (Figura 2)



Figura 2: Disposición de los rodales de actuación

## 1.4 Promotor del proyecto

Ayuntamientos de Peñafiel y Manzanillo, en unión con la Comunidad de Regantes de Valdemudarra.

## 2. Antecedentes

- Cercanos:



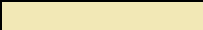



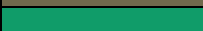

Atendiendo a el mapa de uso de suelos del SIOSE (Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España) del año 2005, el uso del suelo era “infraestructura de residuos”, información que corroboran vecinos de Manzanillo, que recuerdan algunas zonas del valle como una “escombrera”, dedicada fundamentalmente al almacenamiento de residuos de la construcción.

En el mapa del SIOSE de 2009 ya se aprecia el comienzo del almacenamiento del agua en el embalse, y la zona de escombrera se desplaza aguas arriba del valle. También se aprecia una nueva zona, la presa de materiales sueltos.

En 2011 se encuentran unas condiciones similares a las que existen actualmente, la presa constituida, y el embalse lleno de agua, pero se mantiene la zona de almacenamiento de residuos.

Por último, en el mapa de 2014 encontramos el embalse tal y como se puede ver actualmente, lleno de agua, y sin una zona de almacenamiento de residuos.

Tabla 3: Leyenda del mapa extraído del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE,2024)

Leyenda	
Código color	Tipo de uso de suelo (SIOSE)
	Presa
	Embalse
	Cultivo herbáceo
	Matorral
	Combinación de cultivos con vegetación
	Infraestructura de residuos
	Bosque de coníferas
	Viñedo

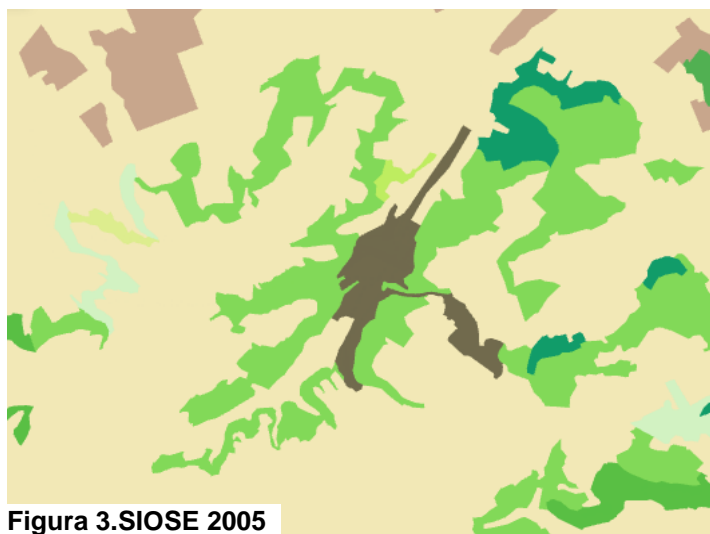


Figura 3.SIOSE 2005

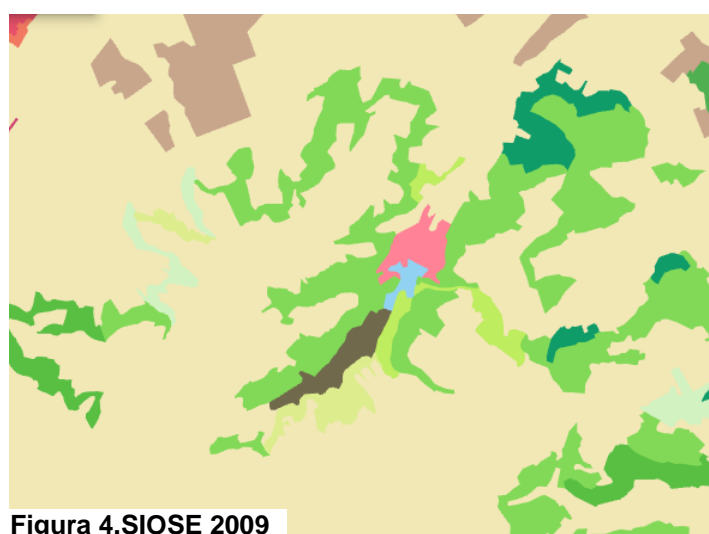


Figura 4.SIOSE 2009

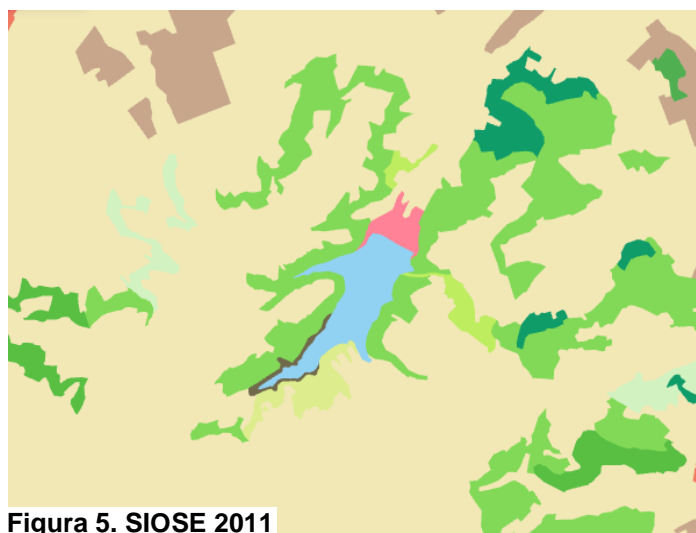


Figura 5. SIOSE 2011

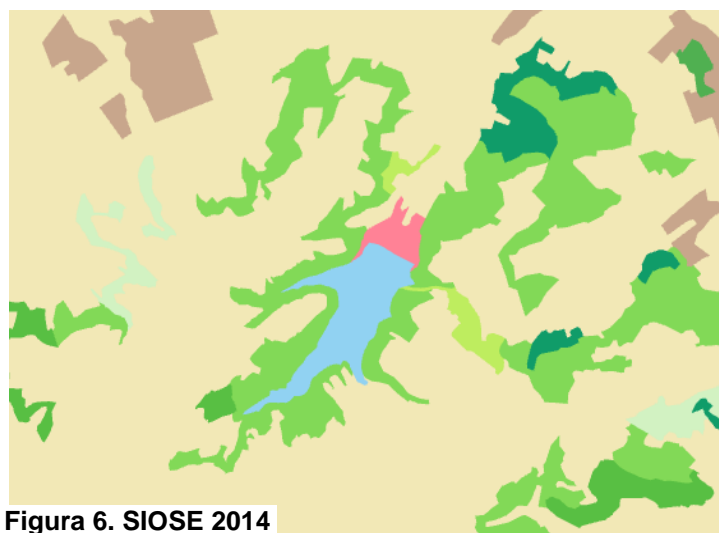


Figura 6. SIOSE 2014



Las zonas objeto del proyecto en todos los casos se clasifican como zonas de matorral.

- Lejanos:

Por su parte, el uso del suelo que marca el mapa de CORINE (Coordination of Information of the Environment, Agencia Europea de Medio Ambiente) del año 1990, clasifica el suelo como zona de cultivos agrícolas de secano, y las inmediaciones, el objeto del proyecto, las clasifica como zonas de vegetación esclerófila.

Con respecto a los vuelos históricos americanos, al parecer no sobrevolaron esta zona, y por tanto no existen datos al respecto. El primer vuelo que toma fotografías aéreas del lugar con una resolución visible es el del 2011, fomentado por el Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.



**Figura 7: Ortofoto PNOA 2011**

Aunque no da información sobre el uso de suelo histórico, si resulta útil para corroborar la descrita evolución de la vegetación espontánea, concretamente, los chopos. Este hecho se estudia con mayor profundidad en el Anejo de Flora y Fauna de este proyecto. No existe más información cartográfica histórica digitalizada sobre esta zona concreta,

pero dado el carácter de los suelos, improductivos, con altas pendientes, afloramientos rocosos, zonas calizas descubiertas de vegetación (véase Anejo edáfico), zonas de erosión acusada (véase anejo de Anejo de Conservación del Suelo y Estudio de Erosión), y otra serie de factores limitantes al crecimiento de muchas especies o al laboreo del suelo, se estima que la zona ha sido en los últimos tiempos similar a lo que se puede encontrar ahora, es decir, laderas desprotegidas de vegetación arbórea, con herbáceas esclerófilas acompañadas de arbustos puntuales.

## 2.1 Motivación del proyecto

El actual proyecto tiene dos líneas de actuación fundamentales, la protección del terreno frente a la erosión, y la generación de valores añadidos al lugar.

### 2.1.1 Protección del terreno

La erosión que se produce sobre las desprotegidas laderas que circundan el embalse puede acarrear diversos problemas, sedimentación, turbidez del agua, proliferación de colonias de bacterias o 'blooms' que pueden generar subproductos metabólicos tóxicos, oclusión de infraestructura de riego, eutrofización...

Es por ello que se plantea repoblar con árboles que generen masa forestal, aumentando la fracción de cabida cubierta, disminuyendo en consecuencia la acción erosiva de la lluvia.

En el Anejo de Conservación del Suelo y Estudio de Erosión, se plantea la situación actual, y siguiendo el método de cálculo de la MUSLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Modificada), adaptado por Martínez de Azagra y Navarro Hevia (1996) , y posteriormente se compara con dos situaciones potenciales teóricas tras la implantación del proyecto:

- **Situación actual:**

Se demuestra, siguiendo el procedimiento de la MUSLE, que las condiciones de erosión actuales para un tiempo de retorno de cincuenta años suponen una pérdida de 35,70 t/ha/año. Si se compara este valor con otros tabulados estudiados en territorio nacional, como los propuestos por Merchán et al. (2023), en la siguiente tabla. (Tabla 4)

Tabla 4: Clasificación de pérdidas de suelo (Merchán et al. (2023))

Tipo de erosión	Pérdidas de suelo (t/ha/año)
Erosión muy baja y tolerable	< 5
Erosión baja y tolerable	5- 10
Erosión leve	10 – 25
Erosión moderada	25 – 50
Erosión severa	50 – 100
Erosión muy severa	100 – 200
Erosión extrema	>200

La situación actual por tanto se encuentra bajo condiciones de erosión moderada, o lo que es lo mismo, la pérdida de suelo supera su capacidad de generación.

- **Pasados diez años tras la repoblación exitosa**

Bajo el planteamiento hipotético de una implantación correcta del proyecto, se disponen las nuevas condiciones potenciales, que afectan sobre todo al coeficiente de escorrentía del suelo, a través de la reducción del número de curva.

Bajos las nuevas condiciones planteadas, la nueva cifra de pérdida de suelo se fija en 26,02 t/ha/año, lo que supone una reducción de la erosión de casi el 25 % en tan solo 10 años.

- **Pasados cincuenta años tras la repoblación exitosa**

De forma análoga al apartado anterior, se plantean los supuestos sobre las condiciones de implantación del proyecto y repoblación exitosa en un plazo futuro de 50 años. En este caso, con el descenso de la escorrentía que se produce al conseguir la fijación de un dosel arbóreo en buenas condiciones, la pérdida teórica de suelo rondaría las 9,19 t/ha/año, pasando, como se refleja en la siguiente tabla (tabla 5), de una situación de erosión moderada a otra en la que la erosión es baja y tolerable.

Tabla 5: Clasificación de pérdidas de suelo (Merchán et al. (2023))

Tipo de erosión	Pérdidas de suelo (t/ha/año)
Erosión muy baja y tolerable	< 5
Erosión baja y tolerable (Situación futura potencial, 50 años tras la implantación del proyecto)	5- 10
Erosión leve	10 – 25
Erosión moderada (Situación actual)	25 – 50
Erosión severa	50 – 100
Erosión muy severa	100 – 200
Erosión extrema	>200

## 2.2.1 Valores añadidos

Al tratarse de una gran superficie de agua en régimen léntico, circunstancia poco habitual en la provincia de Valladolid, posee ciertas condiciones que hacen que se deba tener en cuenta su valor.

- Refugio: Funciona como refugio para multitud de especies (véase Anejo de Fauna y Flora), y también como zona de parada para algunas aves migratorias.
- Turismo: La condición de embalse en una zona tan desprovista de agua atrae a visitantes, como también lo hacen las comunidades de fauna antes mencionadas.
- Paisaje: La presa del embalse resulta una obra paradigmática en términos de integración paisajística, y de la repoblación de sus laderas se espera que la percepción del paisaje mejore, tanto desde el punto de vista humano, como de la biodiversidad (véase Anejo de Caracterización del Paisaje).

Para cumplir con los dos ejes que vertebran este proyecto, la propuesta sugerida, justificada debidamente en el Anejo de Estudio de Alternativas, es una repoblación selectiva en función de las condiciones del entorno. A continuación, se muestra el estado actual y el futuro que se proyecta y se pretende alcanzar. (imágenes 1 y 2).



**Imagen 1: Situación actual del embalse**

**Fuente:**

<https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recursos-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra>



**Imagen 2: Situación potencial futura del embalse (Imagen generada con IA, mediante una descripción detallada, empleando el motor DALL-E, diseñado y desarrollado por OpenAI.)**

Con respecto a al empleo de IA para este tipo de modelos de visualización de realidades potenciales futuras, queda patente en este tipo de imágenes la potencia y capacidad de adaptación que ofrecen las inteligencias artificiales a día de hoy, y entendidas como herramientas de soporte para el trabajo técnico, desde luego suponen un aliado de valor incalculable. Darle la espalda a este poderoso recurso estos tiempos resta capacidad de adaptación, pero también tiene su contraparte, abusar de estos motores hace que el criterio y el esfuerzo personal tienda a diluirse.

La imagen generada recoge las principales características que se pretenden alcanzar, esto es, chopos naturalizados, junto con vegetación de ribera en el entorno próximo al agua, y por encima de los caminos, un paisaje mosaico compuesto por densos parches de vegetación, formados principalmente por pinos, alternados con otras áreas donde las sabinas y los matorrales dejan el espacio mucho más abierto, pudiendo diferenciarse entornos y condiciones ecológicas diversas.



## 2.2 Estudios previos

El proyecto cuya modificación es más notable en el área es sin duda el que desarrolla los planes de ejecución y construcción de las obras en el valle de Valdemudarra para construir la presa que clausura la sección de cierre, es decir, el proyecto "Obra de toma sobre el río Duratón y presa sobre el Arroyo Valdemudarra en Peñafiel, Valladolid".

En este proyecto se sientan las bases para la construcción de la presa, y dado que el caudal del arroyo de Valdemudarra resulta totalmente insuficiente para llenar los 5 hectómetros cúbicos, se plantea el bombeo de caudal del Duratón.

La Confederación Hidrográfica del Duero realiza un estudio de viabilidad y se determina que, para mantener la compatibilidad de todos los usos del recurso hídrico, es necesario asegurar que las tomas detraen una cantidad no superior a 308 l/s en el período del 1 de noviembre al 30 de marzo.

Esta información, junto con otros condicionantes, se recoge y publica en el «BOE» núm. 248, de 16 de octubre de 2003, páginas 37135 a 37136 (2 págs.), bajo el título: "Resolución de 22 de septiembre de 2003, de la Secretaría General de Medio Ambiente, sobre la evaluación de impacto ambiental del proyecto "obra de toma sobre el río Duratón y presa sobre el Arroyo Valdemudarra en Peñafiel, Valladolid", de la Consejería de Agricultura y Ganadería de la Junta de Castilla y León."

Cuando se cumplen las condiciones exigidas por la administración, se resuelve: "Con fecha 24 de febrero de 2005 se solicita informe a la Subdelegación del Gobierno en Valladolid, Unidad de Agricultura, recibándose en sentido favorable con fecha 1 de abril de 2005." (Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid, núm 134).

Las obras de construcción de la toma y la presa comenzaron por tanto en 2005, y se culminaron en 2009, aunque el llenado del embalse no comenzó hasta el 5 de marzo de 2010, cuando finalmente se cerró el acuerdo entre la Confederación Hidrográfica del Duero y la empresa adjudicataria (Iberdrola Renovables, S.A.).

En dicho acuerdo, la Confederación emite una concesión de la propiedad a Iberdrola Renovables, S.A. durante el plazo de 25 años.

## 2.3 Planes y programas previos

La misma empresa concesionaria, Iberdrola Renovables S.A. plantea una serie de proyectos de aprovechamiento de especies energéticas, siguiendo el marco teórico que propone el proyecto europeo Lignocrop (2011), un proyecto piloto de I+D cuyo objetivo es la plantación de especies con alta capacidad energética para su aprovechamiento en calderas de biomasa.

No obstante, las inmediaciones del embalse, propósito de proyecto, no se ven afectadas en modo alguno por esta propuesta, ni por ninguna actuación, aprovechamiento, proyecto, o amparo por parte de ningún organismo de protección, dado su bajo valor relativo, y la ausencia de historial de gestión forestal de la zona, especialmente marcada por la consecución de ciclos de manejo agrícola.

## 3. Bases del proyecto

## 3.1 Directrices del proyecto

### 3.1.1 Finalidad del proyecto

El fin último de este proyecto consiste en lograr la implantación, adaptación, y posterior sucesión vegetal autónoma de un dosel arbóreo que ofrezca protección contra la erosión, mejora de la biodiversidad por el aumento de la capacidad de hábitat, e incremento de la percepción paisajística.

### 3.1.2 Condicionantes impuestos por el promotor

El marco teórico y operativo que dirige el proyecto viene dado por algunas directrices:

1. Conforme al punto anterior, la prioridad y el foco principal de los esfuerzos es conseguir la implantación de masa forestal protectora, resistente, adaptada a las condiciones, y, sobre todo, con capacidad de perpetuarse en sucesivos años para ofrecer una solución duradera.
2. La funcionalidad del embalse, es decir, el acopio y distribución del agua para la comunidad de regantes, es el uso principal del terreno adyacente, y ninguna de las actuaciones llevadas a cabo pondrá en peligro su desempeño.
3. Por todas las medidas disponibles, se mitigará el impacto ambiental sobre la zona, dado que el proyecto tiene un enfoque protector.
4. De igual forma, se minimizará el gasto injustificado, implementando técnicas actualizadas, que reduzcan costes evitables en medida de lo posible, y siempre que sea posible se aprovecharán las ayudas provenientes de iniciativas de colaboración exterior.
5. La elección de especies estará enfocada en la mejora de la capacidad de hábitat, y en acuerdo a la mejora de las condiciones del paisaje. En ambos casos, se dará prioridad a aquellas especies de reconocida resiliencia, especialmente en la situación actual de cambio climático.

### 3.1.3 Criterios de valor

Los valores a tener en cuenta de la zona son diversos:

1. Fauna: Este lugar ampara a especies poco comunes en la provincia de Valladolid, por su ausencia de lagunas, charcas o cualquier tipo de gran superficie de inundación. Así lo atestiguan las parejas de somormujos (*Podiceps cristatus*), las ciguñuelas (*Himantopus himantopus*), las gaviotas tridáctilas (*Rissa tridactyla*) o los zampullines (*Tachybaptus ruficollis*). El valor ecológico de la zona es importante, y pretende amplificarse con las medidas propuestas (Véase el Anejo de Fauna y Flora).
2. Paisaje y turismo: La mejoría del potencial valor paisajístico, así como la implementación de planes para el desarrollo del turismo pueden hacer de este lugar un destino turístico que atraiga la atención de los visitantes. De esta forma se logra el impulso económico que se persigue (Véase el Anejo de Caracterización del Paisaje).

3. Vegetación espontánea y preexistente: La vegetación espontánea está constituida por herbáceas y matorrales xerófilos en las zonas de las laderas, y chopos en las zonas inundadas donde alcanzan las aguas del embalse. Al tener esta repoblación un objetivo enfocado en la protección del terreno, las actuaciones llevadas a cabo tendrán especial cuidado en respetar la vegetación ya instalada ((Véase el Anejo de Fauna y Flora).

4. Accesibilidad: Incrementando la capacidad de alcance y el interés de los visitantes, mediante el acondicionamiento del espacio con cartelería, como ya se encuentra actualmente dispuesta, se puede acrecentar el interés, y en última instancia, motivar las exigencias de mantenimiento de la población.

5. Tasa de retorno: La generación de trabajo, aunque sea de carácter temporal, se buscará cubrir con candidatos de las poblaciones aledañas, de forma que parte de los recursos invertidos retornen a la zona implicada, impulsando la economía local.

## 3.2 Condicionantes del proyecto

### 3.2.1 Estado legal

Actualmente el Embalse pertenece a la Confederación Hidrográfica del Duero, y ésta cede la concesión de la presa, la toma de agua, y los recursos hídricos extraídos del Duratón a Iberdrola Renovables S.A. durante un plazo de 25 años.

Los terrenos objeto de proyecto pertenecen enteramente a los términos municipales de Peñafiel y Manzanillo, como se refleja en la tabla siguiente (Tabla 6: Entidad propietaria de los terrenos).

Tabla 6: Entidad propietaria de los terrenos

Rodal	Propietario	Área (ha)
1	Ayuntamiento de Manzanillo	3,43
2	Ayuntamiento de Manzanillo	0,55
3	Ayuntamiento de Manzanillo	1,23
4	Ayuntamiento de Manzanillo	4,55
5	Ayuntamiento de Peñafiel	0,67
6	Ayuntamiento de Peñafiel	0,67
7	Ayuntamiento de Peñafiel	2,28
8	Ayuntamiento de Peñafiel	1,39
9	Ayuntamiento de Peñafiel	1,20
10	Ayuntamiento de Peñafiel	1,41
11	Ayuntamiento de Peñafiel	1,03
12	Ayuntamiento de Peñafiel	1,35
13	Ayuntamiento de Peñafiel	1,09
14	Ayuntamiento de Manzanillo	2,65
Superficie total perteneciente a Manzanillo		12,41
Superficie total perteneciente a Peñafiel		11,08
Superficie total general		23,50

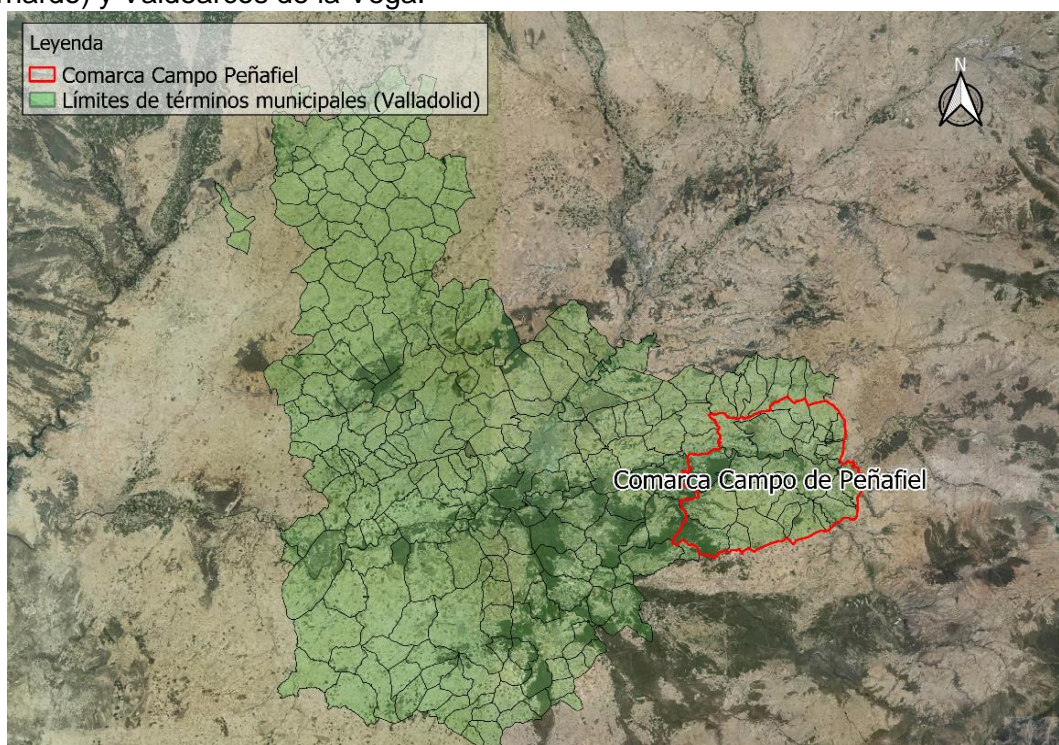
Los beneficiarios del uso del embalse, integran la “Comunidad de Regantes de Valdemudarra”, una empresa con residencia en Peñafiel cuyo principal funcionamiento consiste en: captación, depuración y distribución de agua (CNAE 3600).

### 3.2.2 Estado económico y social

La comarca Campo de Peñafiel integra de municipios de la zona este de la provincia de Valladolid, la gran mayoría al sur del Duero. (Figura 8)

Dichos municipios son:

Bahabón, Bocos de Duero, Campaspero, Canalejas de Peñafiel, Castrillo de Duero, Cogeces del Monte, Corrales de Duero, Curiel de Duero, Fompedraza, Langayo, Manzanillo, Pesquera de Duero, Olmos de Peñafiel, Peñafiel (incluyendo a Aldeyuso, Mérida y Padilla de Duero), Piñel de Abajo, Piñel de Arriba, Quintanilla de Arriba, Quintanilla de Onésimo, Rábano, Roturas, San Llorente, Torrecárcela, Torre de Peñafiel (incluyendo a Molpeceres), Valbuena de Duero (incluyendo a San Bernardo) y Valdearcos de la Vega.



**Figura 8: Representación general de la comarca “Campo de Peñafiel”.**

- Estado económico

La comarca de Campo de Peñafiel, como gran parte de la provincia de Valladolid, vive de actividades del sector primario, esto es: producción cerealista de secano, sector vitivinícola, ganadería intensiva de porcino, producción láctea...

Entre las empresas con mayor movimiento de volumen económico en Valladolid, se encuentran tres bodegas presentes en el territorio de Peñafiel, Vega Sicilia, Protos, y Bodegas Palacio 1894, en respectivo orden de facturación anual. A éstas, se suman otras 35 bodegas dentro del territorio vallisoletano, conformando el total de las pertenecientes a la denominación de origen Ribera de Duero en Valladolid.

Otro gran productor en la zona es Lactalis, quien posee la fábrica de quesos de Peñafiel, productora de artículos tan famosos en la provincia como el queso 'Flor de Esgueva'.

Por otro lado, el sector turístico es un factor a tener en cuenta, pues se estima que Peñafiel ha recibido unos ciento cincuenta mil visitantes en el período 2023 – 2024, la mayor parte motivados por el museo del vino presente en el Castillo de Peñafiel.

Para terminar, cabe destacar el sector de servicios, hostelería, talleres, producción de semillas, almacenamiento de productos agrícolas, atención sanitaria, asesoría... etc, que sostiene las actividades humanas de la zona, especialmente desarrollado en el mencionado municipio de Peñafiel.

- Estado social:

Entre los cuatro pueblos que circundan la zona, según el Instituto Nacional de Estadística, se cuentan 5460 habitantes, distribuidos de la siguiente manera, 254 habitantes en Langayo, 5104 habitantes en Peñafiel (conteniendo entre sus números a los habitantes de sus pedanías, Aldeyuso, Mérida y Padilla de Duero), 54 habitantes en Manzanillo y 48 habitantes en Torre de Peñafiel.

Gráfico 1: Evolución demográfica del Manzanillo (Instituto Nacional de Estadística)

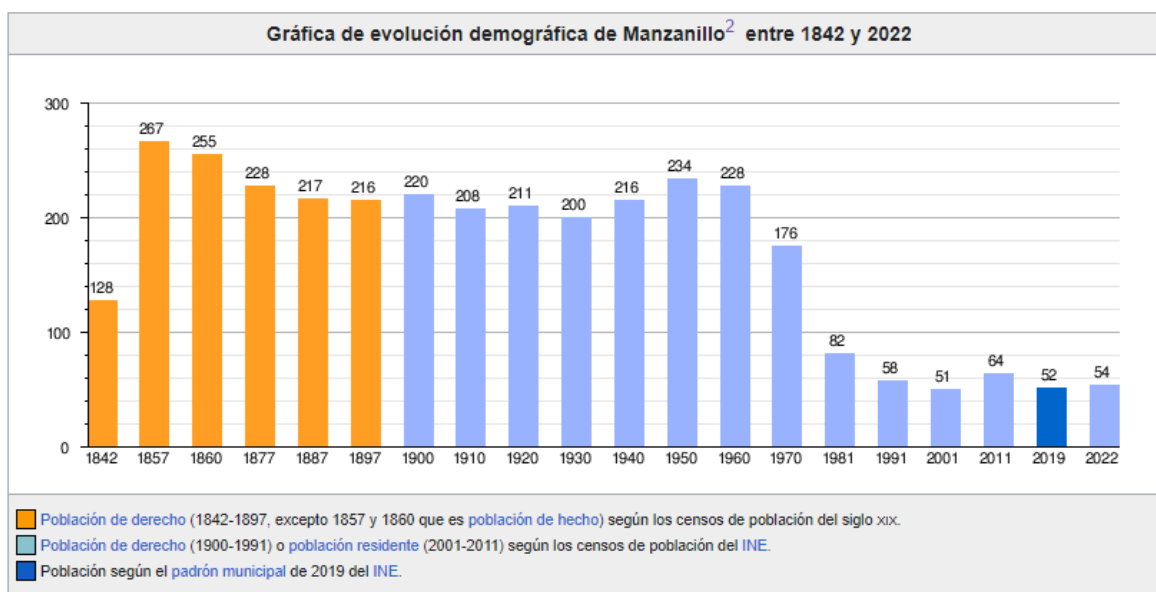


Gráfico 2: Evolución demográfica de Peñafiel (Instituto Nacional de Estadística)

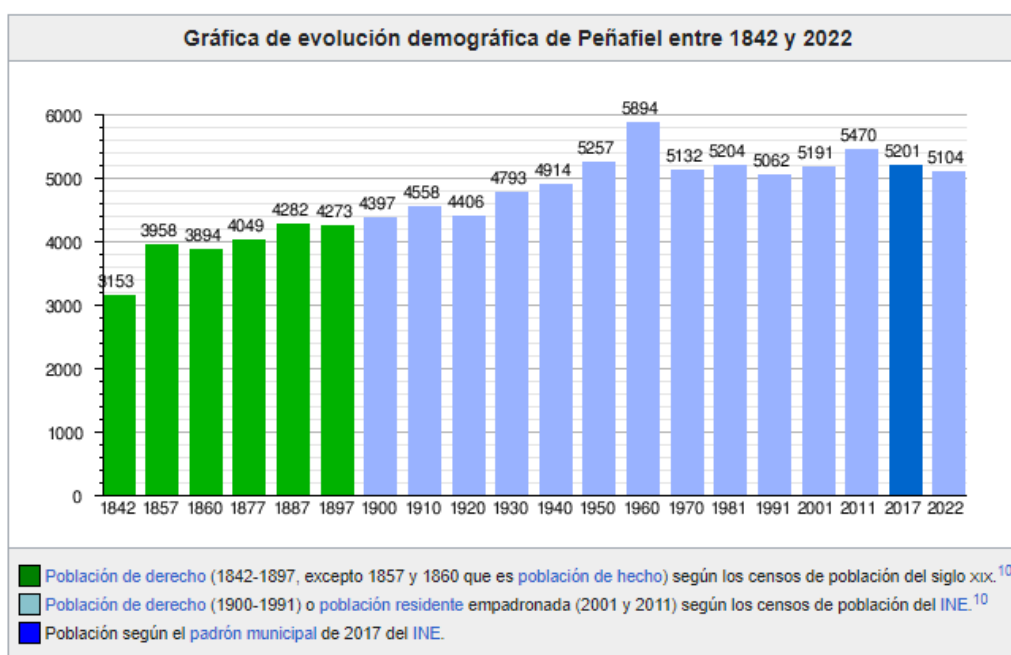


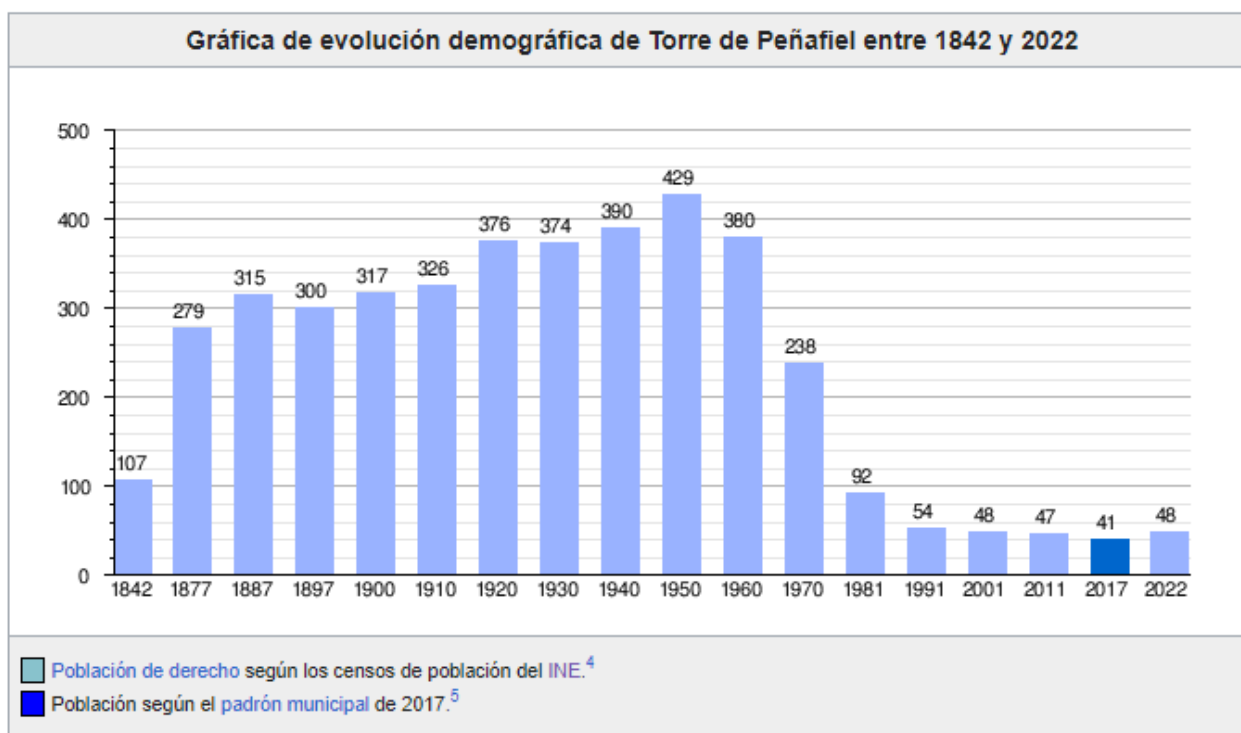
Gráfico 3: Evolución demográfica de Langayo (Instituto Nacional de Estadística)

**Evolución demográfica de Langayo**

1900	1910	1920	1930	1940	1960	1990	1996	2001	2004	2011	2014	2015	2022
695	750	817	829	901	917	563	490	426	398	320	284	268	254

(Fuente: Instituto Nacional de Estadística (España))

Gráfico 4: Evolución demográfica del municipio de Torre de Peñafiel (Instituto Nacional de Estadística)

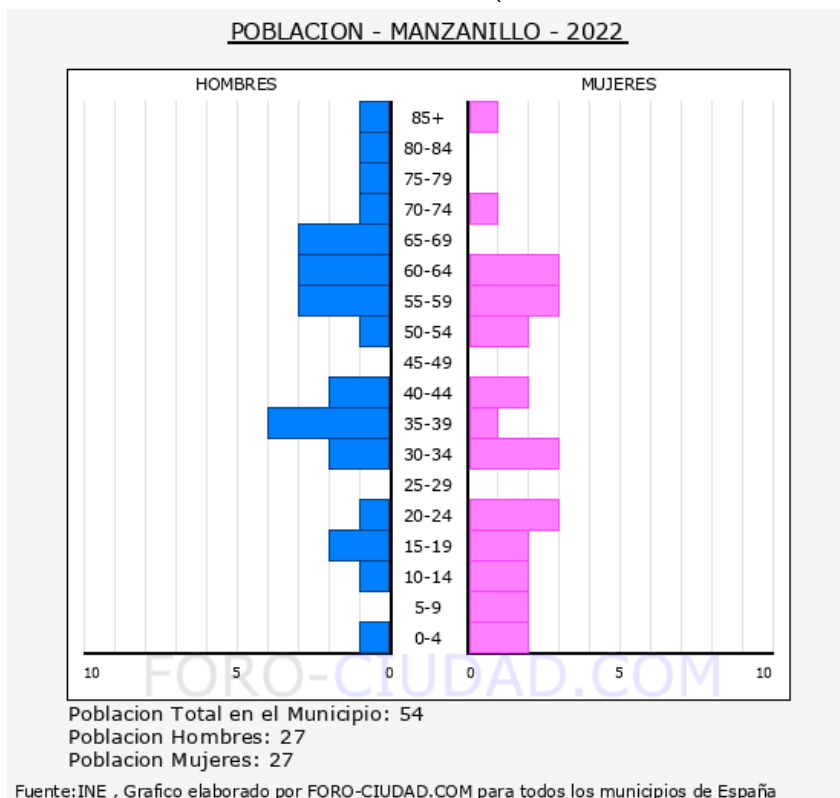


De las anteriores gráficas se extrae la conclusión de que toda la zona se encuentra en un pronunciado declive poblacional, tendencia marcada en todo el entorno rural de muchas zonas de Castilla y León por el éxodo rural hacia municipios más grandes. Es por ello, que el municipio más grande, Peñafiel, ha conseguido mantener su número de habitantes relativamente estable a lo largo de los años, puesto que la mayor cantidad de población ofrece más opciones de trabajo y facilita la posibilidad de establecerse.

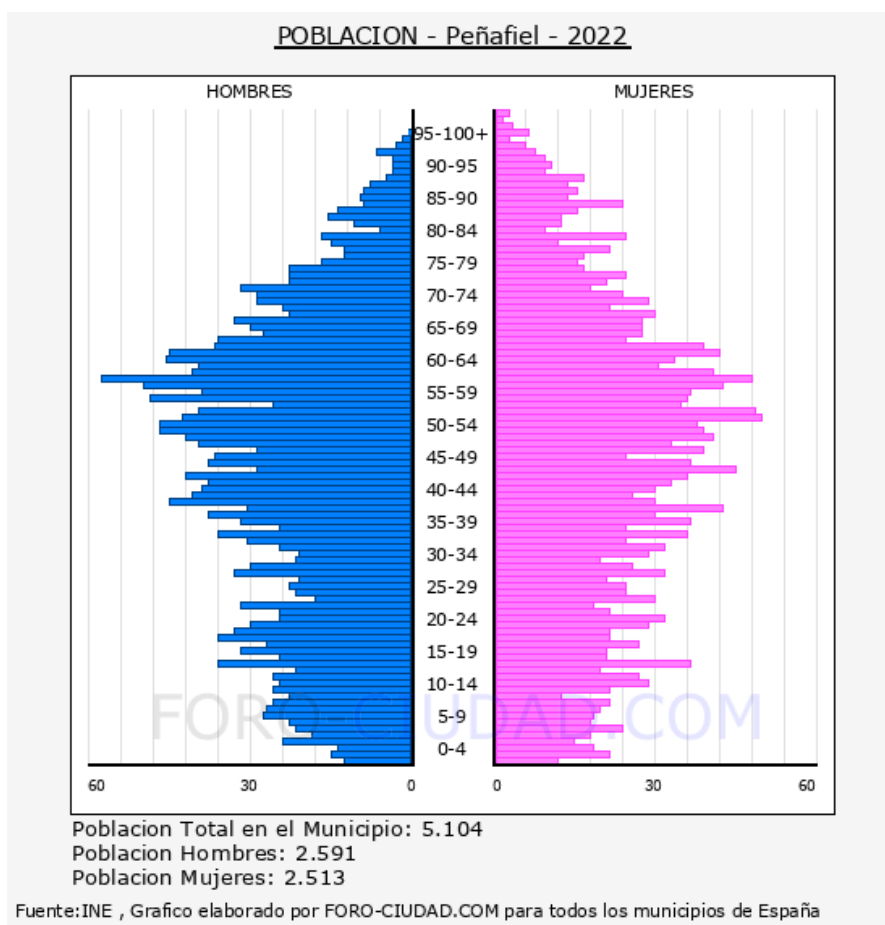
A continuación, para complementar la información sobre la situación demográfica de la zona, se presentan las gráficas de distribución de población por edades, que aportan información sobre el perfil medio de habitante de esta comarca.



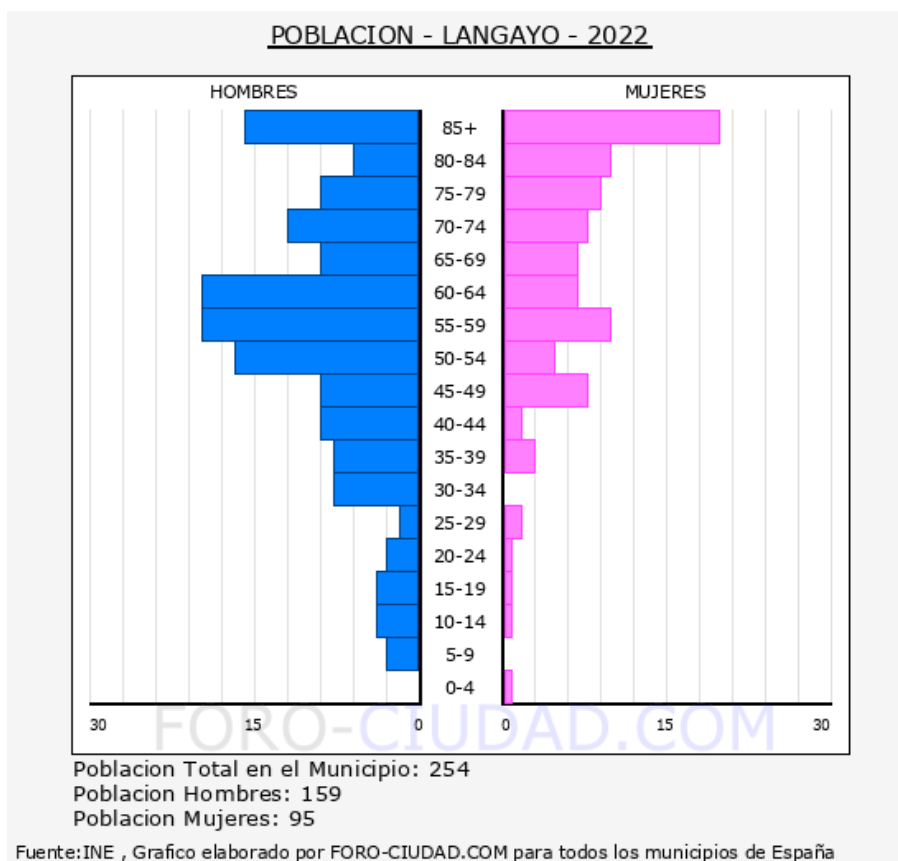
Gráfica 5: Distribución de edades de Manzanillo (Instituto Nacional de Estadística)



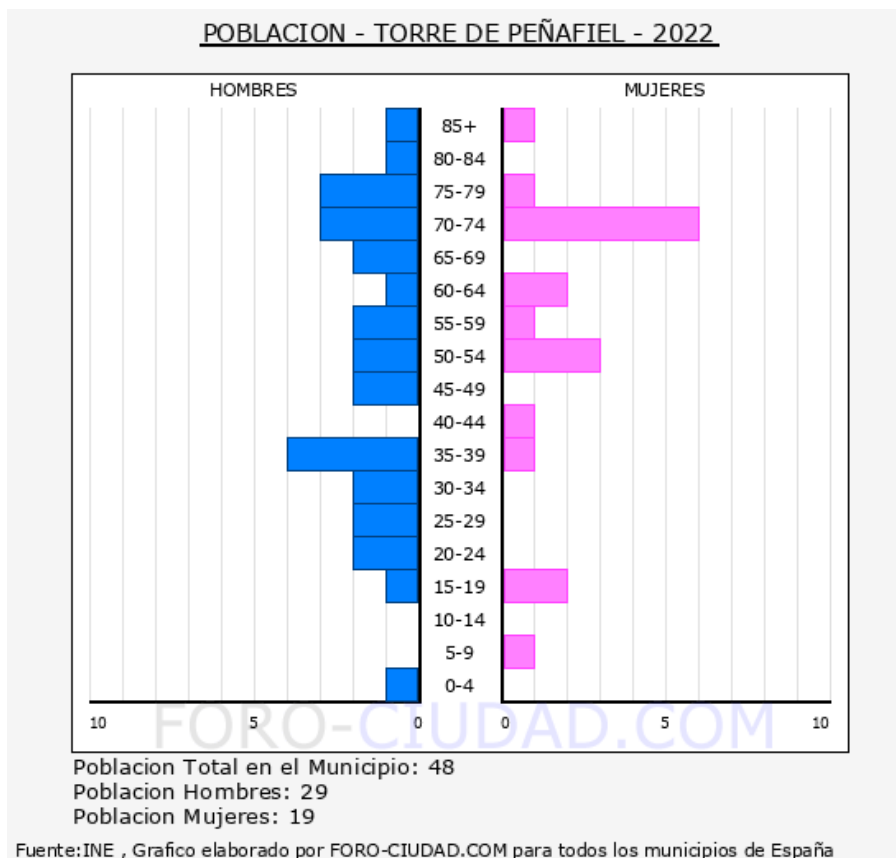
Gráfica 6: Distribución de edades de Peñafiel (Instituto Nacional de Estadística)



Gráfica 7: Distribución de edades de Langayo (Instituto Nacional de Estadística)



Gráfica 8: Distribución de edades de Torre de Peñafiel (Instituto Nacional de Estadística)





De las anteriores gráficas (números 4 a 8, gráficas de distribución de edades por municipio), se extrae la conclusión de que la población de la zona está en estado maduro, y en la mayor parte de los pueblos, tiende directamente al envejecimiento.

Los estratos superiores de edad son los que mayor número de individuos recogen, dando lugar a las dinámicas de envejecimiento rural que se presentan cada vez más a menudo en los pueblos con menos de 500 habitantes a lo largo de toda la Comunidad de Castilla y León.

Sin embargo, los estratos inferiores, o los potenciales nuevos vecinos de los municipios no representan un porcentaje muy notable del total, puesto que la tendencia natural es la pérdida de habitantes por defunción o emigración, que no son capaces de equilibrarse con las llegadas por nacimiento o inmigración a este tipo de espacios rurales.

La previsión para años venideros, a pesar de las iniciativas lanzadas por el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico, que tiene por objetivo frenar parte del antes descrito éxodo rural, no parecen dar un resultado definitivo, por lo menos a corto plazo.

### 3.2.3 Estado natural

El estado natural está definido por varios factores, como el clima, la litología, la vegetación, la fauna...

A continuación, se desglosa el resumen de algunos de los factores más influyentes:

### 3.2.4 Clima

Toda la información recopilada a continuación parte del Anejo Climático de este mismo estudio.

#### 1. Temperatura

La temperatura de la zona será analizada a través de los datos extraídos del observatorio de Peñafiel (Fábrica de quesos), que dista tan solo 3,70 kilómetros de la zona de estudio, y tiene condiciones homogéneas.

Dicho observatorio pertenece a la red de observatorios de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), y se dispone de los datos gracias al departamento de Edafología de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias de Palencia.

Sus atributos son:

**Tabla 7: Resumen atributos observatorio Peñafiel**

Nombre	Peñafiel (Fábrica de quesos)
Código	2166Y
Municipio	Peñafiel
Tipo de observatorio	Termopluviométrico
Distancia a la zona de estudio	3,70 kilómetros
Provincia	Valladolid
Latitud	413535
Longitud	407292
Altitud	756

Nombre	Peñafiel (Fábrica de quesos)
Período de observaciones disponibles	2003 – 2022
Período de observaciones utilizadas	2004 – 2022
Lagunas existentes	2004: Falta agosto 2005: Faltan junio, julio, septiembre, octubre y noviembre 2008: Faltan abril, agosto y diciembre 2009: Falta enero 2010: Falta julio

Se trabaja con la serie más larga de años de los que hay registro completo o poco incompleto, de 2006 a 2022 (serie de 18 años). Este observatorio no servirá para el estudio de precipitaciones, puesto que para eso se precisa una serie mínima de 30 años, y los datos el comienzo de la toma de datos de éste se remonta a 2004.

## 2. Precipitaciones:

De acuerdo con el apartado anterior, los datos de temperatura no están completos en la serie mínima necesaria de 30 años, por tanto, se acude a otro observatorio cercano para completar los datos.

Este observatorio se encuentra en Cogeces del Monte, a 14,22 kilómetros de la zona de estudio, y sus atributos son:

**Tabla 8: Resumen atributos observatorio Cogeces**

Nombre	Cogeces del Monte
Código	2170
Municipio	Cogeces del Monte
Tipo de observatorio	Termopluviométrico
Distancia a la zona de estudio	14,22 kilómetros
Provincia	Valladolid
Latitud	419062
Longitud	413036
Altitud	887
Período de observaciones disponibles	1956 - 2022
Período de observaciones utilizadas	1982 - 2022
Lagunas existentes	1988: Falta noviembre 1994: Falta mayo, agosto y septiembre 1997: Falta agosto 2003: Falta agosto 2004: Falta febrero 2006: Falta mayo, junio, agosto, septiembre y octubre 2008: Falta el año completo 2009: Falta enero, febrero, marzo, y abril

A través de los datos analizados, se alcanzan las conclusiones recogidas en la siguiente tabla (Tabla 9).

Tabla 9: Resumen de condiciones climáticas de la zona.

Resumen temperaturas	
Temperatura media anual	12,1 °C
Temperatura máxima registrada	39,0 °C
Temperatura mínima registrada	-12,7 °C
Amplitud térmica	16,6 °C
Período medio libre de heladas	214,1 días
Resumen precipitaciones	
Precipitación anual media	487,4 mm
Precipitación anual mediana	474,7 mm
Precipitación anual máxima registrada	757,8 mm
Precipitación anual mínima registrada	328,3 mm
Evento de precipitación máxima en 24 h	61,9 mm
Índices de continentalidad	
Índice de continentalidad de Gorzynsky	Continental
Índice de continentalidad Kerner	Continental
Índice de Rivas – Martínez	Continental (Subcontinental acusado)
Índices climáticos	
Índice de Lang	Zonas húmedas de estepa o sabana
Índice de Martonne	Subhúmeda
Índice de Dantín – Revenga	Semiárido
Índice de Emberger	Piso mediterráneo templado
Clasificación climática de Köppen	
Grupo : C	Templado húmedo, cálido mesotérmico
Subgrupo: s	La estación seca es el verano
Suddivisión: b	Veranos cálidos

Las circunstancias climáticas listadas en la tabla anterior resultan vitales para comprender las condiciones de la zona, y adecuar la elección de las especies al lugar. En resumen, la climatología del lugar es un limitante para aquellas plantas que por un lado no soporten heladas, y por otro, condiciones de semi – aridez, expresadas en altas temperaturas y sequías estivales.

### 3.2.5 Geología y litología

Toda la información recopilada a continuación parte del Anejo Edáfico de este mismo estudio.

Las características del suelo son especialmente importantes, pudiendo modificar la forma en la que se toman decisiones, puesto que facilitan o impiden el empleo de ciertas especies vegetales.

Se dividen en tres grupos, características físicas, químicas e hídricas, aunque están plenamente relacionadas entre sí, pero se estudian de forma separada para poder abarcarlas en su justa medida.

A partir de los parámetros estudiados, se desarrolla la siguiente tabla (Tabla 10)

Tabla 10: Resumen de características edáficas

Características físicas
-------------------------

Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
Profundidad	Entre 5 y + 50 cm	En algunas zonas, especialmente las desprovistas de vegetación, el lecho calizo puede dificultar la preparación del terreno.
Textura	Franco- arcillosa arenosa.	Textura intermedia, con cualidades adecuadas para diversidad, pero sin ser óptimo para nada.
Estructura	Granular 1 – 4 cm	Suelo con estructura intermedia, al igual que el caso de la textura, adecuado, sin destacar.
Afloramientos rocosos	Delgados y en bloque	Los afloramientos delgados permiten laboreo, el trabajo sobre afloramientos en bloque es irrealizable.
Permeabilidad	Entre 29,2 y 35,2 mm/día	Velocidad de infiltración moderadamente lenta, puede implicar problemas en los riegos y favorecer la erosión.
<b>Características químicas</b>		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
pH	8,352 – 8,356	Suelo moderadamente alcalino, requiere especies adaptadas a suelo básico y calizo, con elevada concentración de CaCO <sub>3</sub> .
Fósforo Olsen	27,73 – 31,75 mg/kg	Nivel intermedio, sin limitación al crecimiento.
Nitrógeno (Nitratos)	3 – 14,88 mg/l	Nivel bajo, puede limitar el crecimiento de plantas sensibles a su ausencia.
Potasio	255,04 – 275,73 ppm	Nivel alto, en plantas sensibles, puede causar toxicidad por exceso.
Materia orgánica	1,819 – 1,880 %	Nivel medio, puede limitar el crecimiento.
<b>Características hídricas</b>		
Parámetro	Valor/ Estado	Interpretación
Humedad de saturación	43,168 – 43,648 %	Humedad máxima del suelo, en condiciones de saturación total
Capacidad de campo	26,010 – 28,350 %	Humedad disponible para la vegetación
Punto de marchitez permanente	13,556 – 14,657 %	Punto a partir del cual las plantas son incapaces de superar el potencial hídrico de este suelo y mueren por sequía.
Humedad higroscópica	No evaluada	Humedad residual del suelo seco, no estudiada para este caso.

De toda esta información, se resumen las limitaciones en escoger plantas con elevada y reconocida resistencia a suelos alcalinos, con abundancia de calizas, y evitar zonas donde el laboreo sea mecánicamente imposible por estructuras calizas que lo impiden, como los bloques calizos que coronan las laderas.

### 3.2.6 Fauna

La información recogida a continuación se expresa con más detalle en el Anejo de Flora y Fauna.

Los apartados anteriores hacían referencia al medio abiótico, sin embargo, este y el siguiente, fauna y flora, siempre estrechamente ligadas, se refieren al medio biótico.

Dado que el objetivo de este trabajo es la diversificación y fijación del ecosistema, el enfoque al medio biótico es de especial relevancia, puesto que es motivación del proyecto, y al mismo tiempo, objeto de sus consecuencias.

La composición faunística del lugar es la propia de ésta parte de la provincia, con todos sus estratos bien definidos. Las familias y especies más reseñables que se encuentran aquí se listan a continuación (tabla 11):

Tabla 11: Miembros de la fauna más reseñables en el entorno

<b>Mamíferos</b>
1. Familia Leporidae a. <i>Oryctolagus cuniculus</i> b. <i>Lepus europaeus</i>
2. Familia Cervidae a. <i>Capreolus capreolus</i>
3. Familia Suidae a. <i>Sus scrofa</i>
4. Familia Canidae a. <i>Vulpes vulpes</i> b. <i>Canis lupus</i> c. <i>Canis lupus familiaris</i>
5. Orden Rodentia
<b>Aves</b>
6. Familia Podicipedidae a. <i>Podiceps cristatus</i>
7. Familia Anatidae a. <i>Anas platyrhynchos</i>
8. Familia Rallidae a. <i>Fulica atra</i>
9. Familia Phasianidae a. <i>Alectoris rufa</i>
10. Familia Accipitridae a. <i>Aquila chrysaetos</i>
<b>Peces</b>
11. Familia esocidae a. <i>Esox lucius</i>
12. Familia Cyprinidae a. <i>Cyprinus carpio</i>
<b>Reptiles</b>
13. Familia Colubridae a. <i>Zamenis scalaris</i>
14. Familia Lamprophiidae a. <i>Malpolon monspessulanus</i>
<b>Anfibios</b>
15. Familia bufonidae a. <i>Epidalea calamita</i> b. <i>Bufo bufo</i>
<b>Diversos invertebrados</b>

De éstos, la presencia en gran número de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) es especialmente importante, ya que implica la necesidad de instalar los plantones con un protector, para evitar que sufran daños por herbivoría.

### 3.2.7 Flora

La información recogida a continuación se expresa con más detalle en el Anejo de Flora y Fauna.

El estudio sobre la flora es extenso, porque conocer las cualidades de la vegetación de este lugar aporta valiosísima información de cara al proyecto, ya que aquellas plantas que ya habitan aquí se encuentran aclimatadas, y pueden ser candidatas ejemplares para escoger entre todas las posibilidades disponibles.

A continuación, se listan las especies vegetales más reseñables. (Tabla 12)

Tabla 12: Especies vegetales más reseñables

<b>Árboles</b>
1. Familia Pinaceae a. <i>Pinus halepensis</i>
2. Familia Cupressaceae a. <i>Juniperus thurifera</i>
3. Familia Fagaceae a. <i>Quercus ilex</i> subs. <i>rotundifolia</i> b. <i>Quercus faginea</i>
4. Familia Rosaceae a. <i>Prunus dulcis</i>
5. Familia Salicaceae a. <i>Salix alba</i> b. <i>Populus nigra</i>
<b>Arbustos</b>
6. Familia Lamiaceae a. <i>Lavandula angustifolia</i> b. <i>Salvia lavandulifolia</i> c. <i>Thymus zygis</i> d. <i>Thymus mastichina</i> e. <i>Salvia rosmarinus</i> f. <i>Pholmis sp.</i>
7. Familia Rosaceae a. <i>Rosa canina</i>
8. Familia Fabaceae a. <i>Genista scorpius</i> b. <i>Dorcnium pentaphyllum</i> c. <i>Medicago sativa</i>
9. Familia Linaceae a. <i>Linum suffruticosum</i>
10. Familia Boraginaceae a. <i>Lithodora fruticosa</i>
11. Familia Rhamnaceae a. <i>Rhamnus lycioides</i>
12. Familia Tamaricaceae a. <i>Tamaris sp.</i>
<b>Herbáceas</b>
13. Familia Asteraceae a. <i>Stahelina dubia</i> b. <i>Santolina chamaecyparissus</i>
14. Familia Rosaceae a. <i>Potentilla reptans</i>

En lo referido a la flora, se valora un planteamiento mixto, dado que la dirección del proyecto se orienta hacia la biodiversidad. Para reforzar la optativa del tratamiento

mixto, también se encuentra un fundamento en la resiliencia de las masas arbóreas, siempre mayor en sistemas complejos, por ejemplo ante el ataque de una plaga.

## 4. Apeo de rodales

Una vez recopilados todos los condicionantes que dan forma al proyecto, limitan y ofrecen posibilidades concretas de actuación, y teniendo definidos los rodales sobre los que se actúa, y en consecuencia con lo descrito en el Anejo de Estudio de Alternativas, se procede a la toma de decisiones.

### 4.1 Agrupación en tipologías homogéneas

Para afrontar la toma de decisiones de forma ordenada, se procede a organizar los rodales atendiendo a sus condiciones, de forma que se puedan agrupar en grupos homogéneos, sobre los que las actuaciones que se planteen sean similares.

#### 4.1.1 Tipología A

Estos rodales se caracterizan por su orientación sureste y pendiente moderada (24,32 – 33,25 %)

Se trata de rodales en condiciones de exposición solar totales, así lo refleja la vegetación de los mismos, si bien el entorno no goza de especies vegetales propias de ambientes frescos, las plantas de estos rodales son un caso aparte en capacidad de resistencia a condiciones adversas.

Bajo esta categoría se recogen los rodales 1, 2, 4 y 14, con las siguientes características (tabla 13 y figura 9)



Figura 9: Modelo 3-D Rodales de tipología homogénea A (Herramienta Qgis2threejs)

Tabla 13: Características de los rodales de tipología A.

Rodal	Superficie (ha)	Pendiente media (%)
1	3,43	24,32
2	0,55	20,56
4	4,55	33,25
14	2,65	21,94

### ➤ Planta necesaria

En estas zonas (véase Anejo de Estudio de Alternativas), el planteamiento es la plantación de pino carrasco (*Pinus halepensis*) a un marco cuadrado de 3,8 \* 3,8 , es decir 700 plantas por hectárea, y el planteamiento de preparación del terreno es el subsolado lineal con Ripper.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 14):

Tabla 14: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Superficie (ha)	Pendiente media (%)
1	3,37	24,32
2	0,55	20,56
4	4,47	33,25
14	2,65	21,94
Media	2,76	25,02
Total	11,03	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 700 pies/ha, con su correspondiente marco de 3,8 x 3,8 m, y una pendiente del 25 %.

Con estos datos:

$$11,03 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 7721 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
 Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
 A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,75.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$7721 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 7721 * 1,1 * 0,75 = 6369,82 \text{ pies}$$

Redondeando, se considera apropiada la cantidad de 6400 pies de pino carrasco (*Pinus halepensis*) para la repoblación de las laderas agrupadas bajo la tipología homogénea B.



### ➤ Preparación del terreno

Según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 25 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina. Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 3,8 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 15: Resumen estadísticas SIG:

```
'RANGE': 760.9584159081866,  
'STD_DEV': 89.35632848296285,  
'SUM': 21909.378020858006,  
'THIRDQUARTILE': 43.91006074880273,  
'UNIQUE': 466}
```

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 3,8 m es de 21909.38 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

## 4.2.2 Tipología B

Estos rodales están determinados por su orientación predominante hacia el norte, y pendientes de moderadas a importantes (24,71 – 37,91 %). No sufren las adversidades sobre insolación de los anteriores, al menos tienen sombra una mayoría del tiempo. Sin embargo, eso tampoco es beneficioso para muchas especies, porque lo que implica es que el sol no calienta estas zonas y en invierno las temperaturas descienden bajo 0 con cierta facilidad.

No obstante, especies tolerantes al frío sobreviven en estos rodales sin problema, de hecho, es la tipología más benigna, y la única donde se encuentran especies del género *Quercus* (Anejo de Flora y Fauna).

Bajo esta categoría se recogen los rodales 3, 6, 8, 10 y 12, con las siguientes características (tabla 16 y figura 10).

Tabla 16: Características de los rodales de tipología B.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
3	1,23	29,95
6	0,67	27,33
8	1,39	37,91
10	1,41	24,71
12	1,35	27,27



Figura 10: Modelo 3-D. Rodales de tipología B (Herramienta Qgis2threejs)

➤ **Planta necesaria**

En estos rodales (véase Anejo de Estudio de Alternativas), se plantea la plantación de encinas (*Quercus ilex*) y sabinas (*Juniperus thurifera*), con una densidad final de 625 pies/ha, siendo el porcentaje de representación de las especies 80 – 20 %, respectivamente.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 17):

Tabla 17: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
3	1,22	29,95
6	0,62	27,33
8	1,37	37,91
10	1,38	24,71
12	1,31	27,27
Media	1,18	29,43
Total	5,90	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 625 pies/ha, con su correspondiente marco de 4 x 4 m, y una pendiente media del 29,43 %.

Con estos datos:

$$5,9 \text{ ha} * 625 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 3687,5 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,75.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$3687,5 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 3687 * 1,1 * 0,75 = 2765,25 \text{ pies}$$

Aplicando los porcentajes de representación especificados para cada especie:

- 1- Encina (80%) =  $2765,25 * 0,8 = 2212,2$
- 2- Sabina (20%) =  $2765,25 * 0,2 = 553,05$

Redondeando se considera que la cantidad necesaria de encinas es de 2300 ejemplares, mientras que se precisarán 570 sabinas.

- Preparación del terreno

Según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 29,43 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina. Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 4 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 18: Resumen estadísticas SIG:

```
'RANGE': 474.047,  
'STD DEV': 55.33499975171199,  
'SUM': 13917.492,  
'THIRDQUARTILE': 52.519,  
'UNIQUE': 337}
```

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 4 m es de 13917,49 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

### 4.2.3 Tipología C

Los rodales con tipología C se caracterizan por tener una orientación predominante suroeste, encontrándose en un punto intermedio entre los dos anteriores. Esta tipología permite buenas condiciones para la vegetación general, sin embargo, dos de sus rodales tienen un gran inconveniente de otro tipo, la pendiente. Sus pendientes oscilan entre moderadas e intensas, con valores entre 26,36 y 41,68 %.

Bajo esta categoría se recogen los rodales 5, 7, 9, 11 y 13, con las siguientes características (tabla 19 y figura 11)

Tabla 19: Características de los rodales de tipología C.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
5	0,67	31,60
7	2,28	26,36
9	1,20	34,96
11	1,03	41,68
13	1,09	27,06



Figura 11: Modelo 3-D. Rodales de tipología C (Herramienta Qgis2threejs)

#### ➤ Planta necesaria

En estos rodales (véase Anejo de Estudio de Alternativas), se plantea la plantación de pino carrasco (*Pinus halepensis*), con la misma densidad que en los de tipología A, 800 pies/ha.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno

por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 20):

Tabla 20: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
5	0,64	31,60
7	2,26	26,36
9	1,17	34,96
11	0,99	41,68
13	1,09	27,06
Media	1,23	32,33
Total subsolado	3,99	-
Total retroaraña	2,15	-
Total	6,14	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 700 pies/ha, con su correspondiente marco de 3,8 x 3,8 m, y una pendiente media del 32,33 %.

Con estos datos:

$$6,14 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 4298 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayorará un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,70. En este caso, se aumenta porque la pendiente del rodal es aun más pronunciada y limitante.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$4298 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 4298 * 1,1 * 0,70 = 3444,7 \text{ pies}$$

Redondeando se considera que la cantidad necesaria pinos para esta tipología de rodal es de 3500.

- Preparación del terreno

En el caso de los rodales de tipología C, la preparación del terreno se divide según la pendiente de cada rodal, dado que hay dos que son problemáticos, con puntos que llegan a alcanzar pendientes del 86 %, resultando imposible ningún tipo de preparación del terreno por subsolado lineal.



## 1. Preparación del terreno mediante subsolado lineal (Rodales 5, 7 y 13)

De forma análoga a las dos tipologías anteriores, siguiendo el método según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 28,34 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina.

Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 3,8 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 21: Resumen estadísticas SIG:

'RANGE': 254.303,
'STD DEV': 51.993946114157794,
SUM': 7243.3530000000002,
'THIRDQUARTILE': 31.7375,
'UNIQUE': 195}

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 3,8 m es de 7243,35 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

La preparación del terreno siguiendo este método afecta a 3,99 de las 6,14 hectáreas que reúnen los rodales de tipología C.

## 1. Preparación del terreno mediante ahoyado mecanizado con retroaraña (Rodales 9 y 11)

Los rodales 7 y 9 alcanzan pendientes muy pronunciadas, como puede apreciarse en sus perfiles de corte (Figuras 12 y 13), si se comparan con perfiles de corte de otros rodales (figuras 14). Estos perfiles se realizan cortando el terreno de arriba abajo en línea de máxima pendiente. Todos los cortes tienen una longitud de 100 m, para que la comparación resulte equivalente y justa.

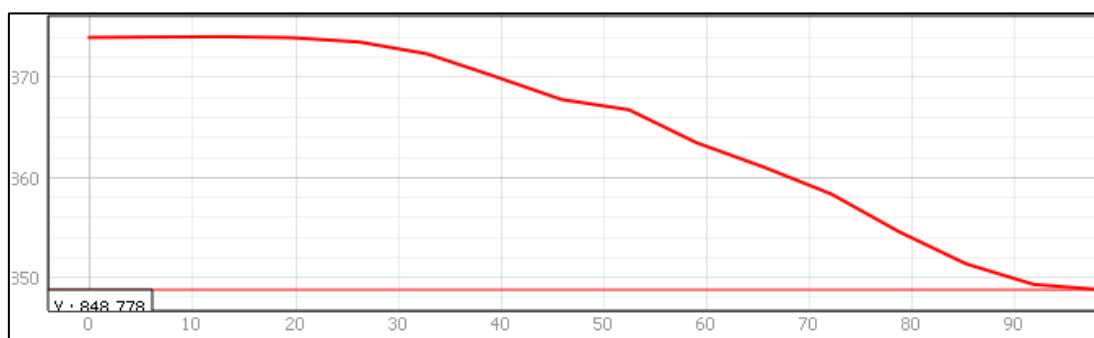
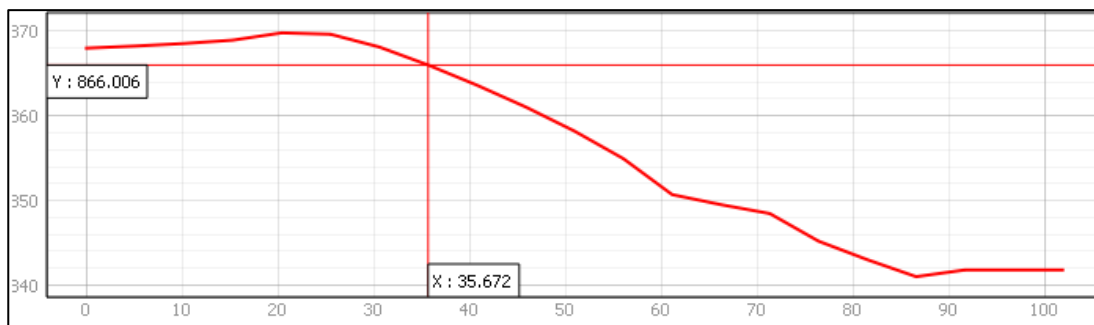
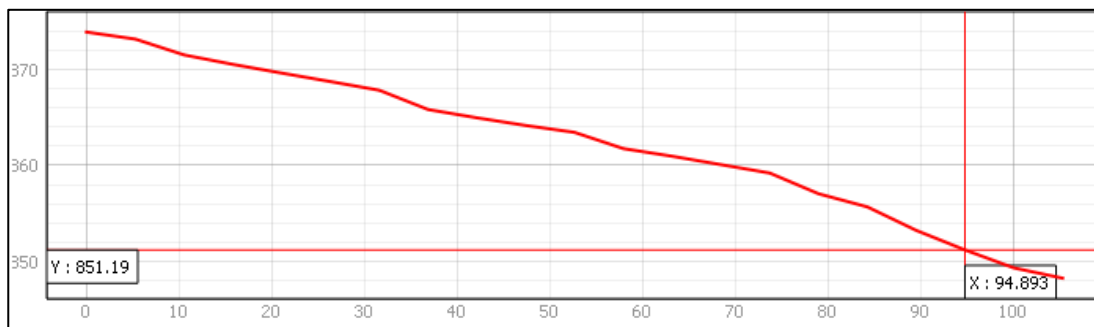


Figura 12: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 9 (Herramienta Profile Tool de Qgis)



**Figura 13: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 11 (Herramienta Profile Tool de Qgis)**



**Figura 14: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 5 (Herramienta Profile Tool de Qgis)**

Por tanto, esta limitación de pendiente implica que la preparación del terreno no puede ser el subsolado lineal, por propias limitaciones de la máquina, que, si bien podría trabajar en algunas partes porque la distribución de la pendiente es heterogénea, no alcanzaría la totalidad del rodal, tarea que sí puede llevar a cabo una retroaraña.

Manteniendo la densidad, para un terreno de 2,15 hectáreas, y aplicando los factores de corrección, el número de plantas final es:

$$2,15 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 1505 \text{ pies}$$

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,70. En este caso, se aumenta porque la pendiente del rodal es aun más pronunciada y limitante.

$$1505 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 1505 * 1,1 * 0,70 = 1053,5 \text{ pies}$$

Para las condiciones de los rodales 9 y 11, el número total de plantas se redondea a 1100, que serán los hoyos que deberá cavar la retroaraña para llevar a término la obra.

## 5. Programación de las obras

Con objeto de dimensionar el tiempo y plazos totales de la obra, se desarrollan los siguientes apartados.

### 5.1 Jornadas del personal implicado

Se plantea el empleo de una cuadrilla para las tareas de plantación, compuesta por 4 operarios más un capataz (4+1). (Tabla 21)

Tabla 21: Dimensionamiento horario del personal implicado

Personal	Rendimiento por persona (horas/1000 plantas)	Número de personas	Rendimiento por cuadrilla (horas/mil plantas)	Rendimiento por cuadrilla (Horas/planta)	Número de plantas	Horas necesarias	Jornadas (8h/día)
Cuadrilla	43,8	4	10,95	0,01095	12770	139,83	17,48
Jefe de cuadrilla	6,258	1	6,258	0,006258	12770	79,91	9,98

De la cuadrilla de 4 trabajadores se espera que sean capaces de realizar toda la plantación de las plántulas en los hoyos derivados de la preparación del terreno el 18 jornadas, y de forma simultánea, vayan colocando los protectores sobre las plantas.

El capataz, por otro lado, ha de organizar las tareas y dirigir el grupo empleando 10 jornadas útiles de trabajo. El planteamiento horario incluye que esté los primeros días acompañando a la cuadrilla para establecer las directrices presentes en los Pliegos de Condiciones Técnicas y asegurar su cumplimiento, luego, se alternan sus visitas, y la semana final de la implantación de las obras aumenta su presencia para asegurar el cumplimiento del objetivo

### 5.2 Jornadas de maquinaria implicada

Se hace uso de dos máquinas especializadas para la tarea, un tractor de cadenas para el subsolado lineal y una retroaraña para el ahoyado mecanizado de los rodales 9 y 11. El dimensionamiento horario se desarrolla en la siguiente tabla. (Tabla 22)

Tabla 22: Dimensionamiento horario de la maquinaria implicada

Máquina	Rendimiento máquina (h/km)	Distancia total (km)	Horas necesarias	Jornadas (8h/día)
Tractor de cadenas	1,3	43,07	55,991	6,998875
Máquina	Rendimiento (h/1000 hoyos)	Hoyos totales (miles)	Horas necesarias	Jornadas (8h/día)
Retroaraña	12,15	1,1	13,365	1,670625



Por tanto, se espera que la tarea de subsolado se lleve a término en 7 jornadas aproximadamente, mientras que la de ahoyado mecanizado solamente lleve 2 jornadas,

### 5.3 Dimensionamiento de medios materiales

En la siguiente tabla se plantea el dimensionamiento de las necesidades materiales. (Tabla 23).

Tabla 23: Dimensionamiento de necesidades materiales

Tipología del rodal	Especies	Densidad (ud/ha)	Superficie	Plantas (ud)	Subsolado lineal (m)	Retroaraña (número de hoyos)	Colocación de protectores
Tipología A	Pino (100%)	700	11,03	6400	21909,37	0	6400
Tipología B	Encina y sabina (80 / 20%)	625 (500 encina) (125 sabina)	5,9	2300 + 570	13917,49	0	2870
Tipología C	Pino (100%)	700	3,99 (bulldozer) / 2,15 (retroaraña)	2400 + 1100	7243	1100	3500

La cantidad de planta, así como la de protectores, asciende a 12770 unidades.

## 6. Programación de las obras

### ➤ Preparación del terreno

La preparación del terreno, el ahoyado mecanizado por un lado, y el subsolado lineal por otro, se realizarán en paralelo, al no compartir zonas de trabajo, no existen problemas por proximidad.

Las tareas de preparación del terreno se realizarán con una antelación de tres meses con respecto a la plantación, que se realizará al comienzo del mes de octubre, dependiendo de la entrada de días laborables. Por tanto, la preparación se lleva a cabo en julio, a primeros.

Según lo establecido, teniendo en cuenta la posibilidad de trabajo simultáneo en la preparación del terreno, se estiman unas 7 jornadas útiles (8h/día) para lograr el objetivo marcado.

### ➤ Plantación

Tras los tres meses especificados, se procede a la plantación, a primeros de octubre, tras algún episodio de precipitación moderada, con el suelo en tempero.

Las tareas que los operarios tienen que llevar a cabo en esta parte son dos, la colocación de la planta sobre el punto de plantación previamente dispuesto, y posteriormente, la plantación y tapado manual de la planta con envase rígido o termoformado con capacidad  $\leq 250 \text{ cm}^3$ .

➤ Trabajos posteriores

La reposición de marras se llevarán a cabo pasado un año tras la plantación de las mismas. De acuerdo al Pliego de Condiciones Técnicas, se plantea un porcentaje admisible del 10%.

La programación de las obras en un esquema Gantt se plantea a continuación, suponiendo que las obras se realizaran en el año siguiente a la redacción del presente proyecto, en 2025.

En verde se plantea la duración en jornadas para cada tarea establecida.

En rojo se marca el día límite para cumplimentar cada tarea.

En gris se marcan los días no laborables

Tabla 24: Diagrama de Gantt para la programación de las obras

Tarea	Primera semana de julio de 2025							Segunda semana de julio de 2025				
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Subsolado												
Ahoyado												

Tareas	Primera semana de octubre de 2025							Segunda semana de octubre de 2025						
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	-	-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distribución planta														
Distribución tutor														
Plantación														
Ubicación tutor														
Supervisión (Capataz)														

Tareas	Tercera semana de octubre de 2025							Cuarta semana de octubre de 2025						
	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Distribución planta														
Distribución tutor														
Plantación														
Ubicación tutor														
Supervisión (Capataz)														

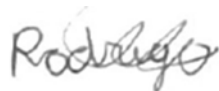
## 7. Presupuesto

Para mayor desarrollo, véase el Documento 5: Presupuesto

Proyecto: Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra (Peñafiel, Valladolid)

Capítulo	Importe (€)
Capítulo 1 Preparación del terreno	6.908,20
Capítulo 2 Implantación de la vegetación	25.156,16
Capítulo 3 Cuidados posteriores	271,44
Capítulo 4 Seguridad y Salud	379,24
Presupuesto de ejecución material	32.715,04
13% de gastos generales	4.252,96
6% de beneficio industrial	1.962,90
5% de honorarios al proyectista	1635,75
Suma	40.566,65
21% IVA	8.518,99
Presupuesto de ejecución por contrata	49.085,65

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA Y NUEVE MIL OCHENTA Y CINCO EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.





---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

**Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)**

**Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo**

**Tutor/a: : José Arturo Reque Kilchenmann**  
**Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco**

**Junio de 2024**

# **1. Anejo climático**

# Índice

## Contenido

1. Datos .....	4
2. Disponibilidad de datos y elección de los observatorios.....	4
3. Características de los observatorios .....	4
4. Temperatura .....	5
4.1 Tratamiento de datos ausentes.....	5
4.2 Resumen de temperaturas.....	6
5. Precipitación .....	9
5.1 Tratamiento de datos ausentes.....	9
5.2 Resumen de precipitaciones .....	9
5.3 Quintiles y evolución de las temperaturas anuales.....	10
5.3 Estudio de las precipitaciones máximas.....	11
5.4 Eventos meteorológicos.....	13
5.5 Diagramas .....	13
6. Índices de continentalidad.....	15
6.1 Índice de continentalidad de Gorzynsky .....	15
6.2 Índice de oceanidad de Kerner .....	16
6.3 Índice de Rivas – Martínez.....	16
7. Índices climáticos.....	17
7.1 Índice de Lang .....	17
7.2 Índice de Martonne .....	18
7.3 Índice de aridez Dantín – Revenga .....	18
7.4 Índice de Emberger.....	19
8. Índice de productividad forestal de Patterson.....	21
9. Clasificación climática de Köppen.....	21
10. Descripción resumida del clima de la zona .....	25
11. Recopilatorio de tablas empleadas en este anejo .....	27



# Anejo 1: Anejo climático

## 1. Datos

Se dispone de los datos gracias al Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (Etsiiaa), que proporciona de forma desinteresada los registros del AEMET para los observatorios que tiene en toda Castilla y León.

El tratamiento de los datos se desarrolla en el siguiente anejo.

## 2. Disponibilidad de datos y elección de los observatorios

Según el mismo Departamento de Edafología y Química, se establece 15 años como período mínimo para hacer estudios de temperatura, y 30 para estudios de precipitación.

1. Temperatura: Dicha condición resulta relevante para la elección de observatorios, existiendo un candidato inmediato, el de la fábrica de quesos de Peñafiel, distante menos de 4 kilómetros de la zona de estudio. No obstante, solo se utilizará de este observatorio para la caracterización de temperatura, puesto que la serie de datos disponible es desde 2004 a 2022.
2. Precipitación: Dada la ausencia de registros anteriormente mencionada, se acude a otro observatorio de la zona, con una serie suficiente como para cubrir las necesidades. Se trata del observatorio de Cogeces del Monte, a unos 14 kilómetros de la zona de estudio. En este caso, la serie de datos recogidos está comprendida entre 1956 y 2022.
3. La elección se fundamentará en la

## 3. Características de los observatorios

A continuación, se presentan las características de los dos observatorios escogidos.

Tabla 1: Resumen características observatorio Peñafiel:

Nombre	Peñafiel (Fábrica de quesos)
Código	2166Y
Municipio	Peñafiel
Tipo de observatorio	Termopluviométrico
Distancia a la zona de estudio	3,70 kilómetros
Provincia	Valladolid
Latitud	413535
Longitud	407292
Altitud	756
Período de observaciones disponibles	2003 – 2022
Período de observaciones utilizadas	2004 – 2022
Lagunas existentes	2004: Falta agosto

Nombre	Peñafiel (Fábrica de quesos)
	2005: Faltan junio, julio, septiembre, octubre y noviembre 2008: Faltan abril, agosto y diciembre 2009: Falta enero 2010: Falta julio

De este observatorio (Tabla 1: Características observatorio Peñafiel) se tomarán y analizarán los datos de temperatura para la serie de años 2004 – 2022. Como se señalaba anteriormente, se recurre a otro para estudiar el régimen de precipitaciones por la ausencia de datos. Las cualidades del otro observatorio se recogen en la Tabla 2: Resumen características observatorio Cogeces del Monte.

Tabla 2: Resumen características observatorio Cogeces del Monte:

Nombre	Cogeces del Monte
Código	2170
Municipio	Cogeces del Monte
Tipo de observatorio	Termopluviométrico
Distancia a la zona de estudio	14,22 kilómetros
Provincia	Valladolid
Latitud	419062
Longitud	413036
Altitud	887
Período de observaciones disponibles	1956 - 2022
Período de observaciones utilizadas	1982 - 2022
Lagunas existentes	1988: Falta noviembre 1994: Falta mayo, agosto y septiembre 1997: Falta agosto 2003: Falta agosto 2004: Falta febrero 2006: Falta mayo, junio, agosto, septiembre y octubre 2008: Falta el año completo 2009: Falta enero, febrero, marzo, y abril

## 4. Temperatura

### 4.1 Tratamiento de datos ausentes

Todo el apartado de temperatura se desarrolla con los datos del observatorio de Peñafiel (Fábrica de Quesos, indicativo 2166Y). Como se detallaba en las tablas 1 y 2, algunos meses presentan lagunas en los datos, de forma que se pierde la continuidad en la información.

La estructura que siguen los datos se recopila en la tabla siguiente (Tabla 3), y a partir de su procesado se llega a las conclusiones establecidas.

Tabla 3: Recopilación datos de ejemplo

AÑO	T_MAX	T_MIN	TM_MAX	TM_MIN	TM_MES
2005	365	68	306	121	214
2006	340	69	278	113	196
2007	374	54	275	113	194
2009	353	80	305	136	221
2010	347	67	292	126	209
2011	360	52	292	131	212
2012	377	81	298	129	214
2013	357	76	293	120	207
2014	323	49	280	125	203
2015	349	84	289	132	211
2016	359	71	307	128	218
2017	358	74	293	130	212
2018	364	87	306	129	218
2019	342	79	295	132	214
2020	377	29	290	124	207
2021	379	69	306	121	214
2022	370	83	313	152	233
Promedio	358,47	68,94	295,18	127,18	211,59

## 4.2 Resumen de temperaturas

A continuación, en distintas tablas se presenta el resumen obtenido tras el tratamiento de los datos del observatorio de Peñafiel, para una serie de 19 años.

Tabla 4: Resumen de temperaturas por mes

Mes/ T (°C)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ta	17,9	22,3	24,9	29,3	34,3	38,4	39,0	37,9	36,5	30,6	23,1	17,7
T'a	14,9	18,1	21,5	24,3	29,2	34,0	33,8	35,5	31,9	27,5	20,2	15,8
T	8,3	11,4	14,2	16,0	21,2	24,7	26,7	26,4	24,0	19,3	12,4	9,3
tm	4,2	5,6	7,8	10,5	14,2	18,5	20,2	20,9	17,5	13,2	7,8	5,1
t	-0,5	-0,4	1,4	4,0	7,2	10,4	11,6	11,4	9,2	5,8	2,4	0,4
t'a	-6,9	-5,5	-4,6	-1,9	0,5	5,1	6,5	6,8	3,1	-1,1	-4,2	-6,7
ta	-12,7	-9,2	-11,3	-5,4	-1,9	1,8	0	2,9	-1,8	-4	-10,8	-11,2

En la Tabla 4: Resumen de temperaturas, se resumen las temperaturas de los distintos años, siendo:

- Ta: Temperatura máxima absoluta
- T'a: Temperatura media de las máximas absolutas
- T: Temperatura media de las máximas
- tm: Temperatura media

t: Temperatura media de las mínimas  
 t'a: Temperatura media de las mínimas absolutas  
 ta: Temperatura mínima absoluta

Adicionalmente, se establece la Tabla 5: Resumen de temperaturas por estación, manteniendo las mismas magnitudes:

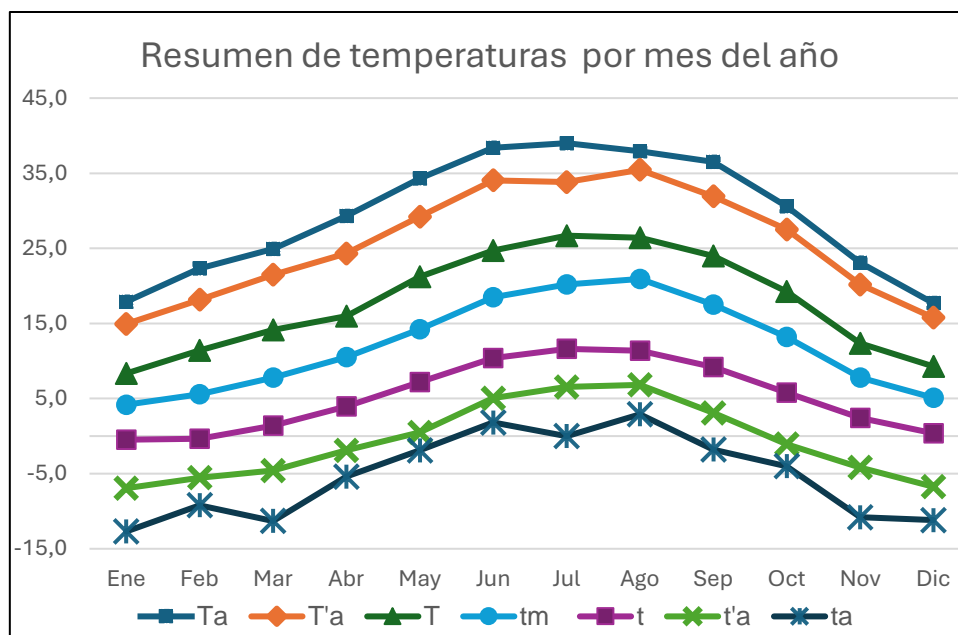
Tabla 5: Resumen de temperaturas por estación

Estación/ T (°C)	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Ta	34,3	39,0	36,5	22,3
T'a	25,0	34,4	26,5	16,3
T	17,1	25,9	18,5	9,7
tm	10,8	19,9	12,8	4,9
t	4,2	11,1	5,8	-0,2
t'a	-2,0	6,1	-0,7	-6,4
ta	-11,3	0,0	-10,8	-12,7

En la anterior tabla queda patente la elevada variación térmica que sufre esta zona, con un rango de amplitud térmica que va desde 39 °C en veranos especialmente calurosos a -12,7 °C en inviernos muy fríos. Esa diferencia de más de 50 °C entre los puntos de temperaturas más extremos del año será un importante condicionante a la hora de establecer el estudio de alternativas.

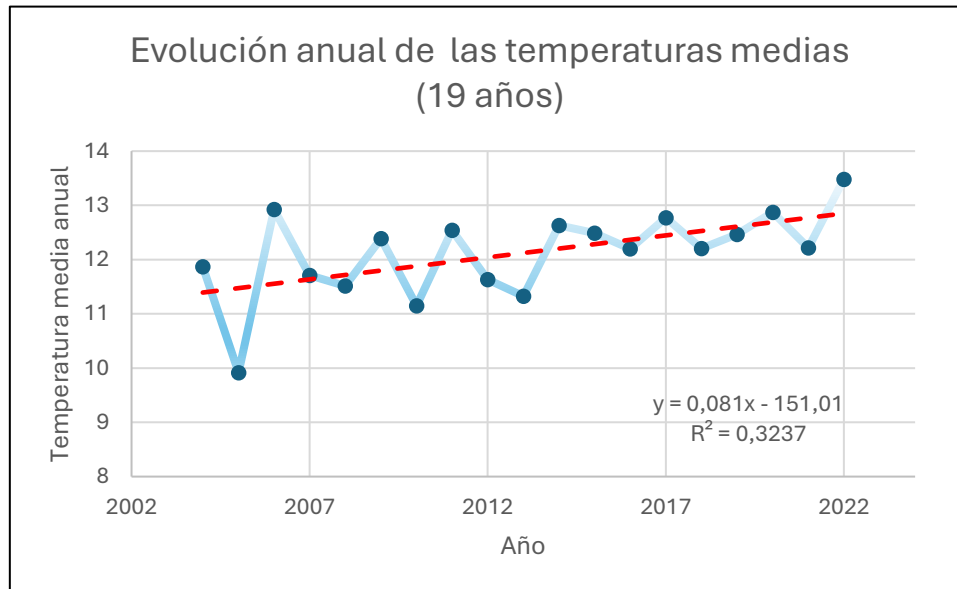
A partir de la anterior tabla (Tabla 4: Resumen de temperaturas por mes), se desarrolla el siguiente gráfico, que representa la evolución anual de las distintas temperaturas, Gráfico 1: Resumen de temperaturas por mes del año. Este gráfico representa las temperaturas de un año promedio para el observatorio de la Peñafiel (Fábrica de Quesos, indicativo 2166Y). Puede apreciarse un claro ascenso de las temperaturas durante la época estival, propio y habitual de esta zona de España.

Gráfico 1: Resumen de temperaturas por mes del año.



Por otro lado, a partir de las temperaturas medias de cada año, para la serie de 19 años, se desarrolla el siguiente gráfico (Gráfico 2: Evolución anual de las temperaturas).

Gráfico 2: Evolución anual de las temperaturas



En el anterior gráfico (Gráfico 2: Evolución anual de las temperaturas), se aprecia un tenue aumento de la temperatura, acorde con las teorías actualmente aceptadas en el escenario del cambio climático actual, sin embargo, con una serie de datos tan corta, no puede afirmarse con mucha seguridad ningún tipo de tendencia.

En cualquier caso, tomando como referencia esta fórmula, y dando por hecho que efectivamente el cambio climático es una realidad actual y futura, se puede calcular la temperatura media que habrá en la zona de estudio cuando la masa sea madura con la simple aplicación de la fórmula.

Por tanto, planteando los siguientes supuestos:

- 1: El cambio climático es una realidad actual y la fórmula obtenida refleja perfectamente la tendencia.
- 2: La obra comenzará y terminará en el 2025, y por tanto la madurez temprana de los árboles se alcanzará en torno a 2050.

Puede calcularse que la temperatura media para aquel entonces será:

$$0,081 * (2050) - 151,01 = 15,04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Es decir, la temperatura media dentro de 25 años sería unos tres grados centígrados ( $3^\circ\text{C}$ ) más alta que la actual, factor importante a tener en cuenta en la elección de especie. Por supuesto, tratándose de un caso hipotético, basado en una serie de años insuficiente y con una premisas muy sencillas, no es un resultado muy cercano a la realidad, pero en cualquier caso, se tendrá en cuenta la tendencia actual de las temperaturas a la que apunta la comunidad científica a la hora de afrontar la elección de alternativas, teniendo especialmente en cuenta que el presente proyecto busca formar una masa protectora longeva y resiliente.

Sobre estos datos base de temperatura se calcularán más adelante distintos índices, que permiten realizar una caracterización climática de la zona.

## 5. Precipitación

Para el apartado de temperaturas se emplean los datos del observatorio de Cogeces del Monte (Indicativo: 2170).

### 5.1 Tratamiento de datos ausentes

De forma idéntica al apartado de temperaturas anterior, las lagunas que existan se compensarán sustituyendo los datos ausentes por el valor medio de datos tomados para ese mes.

### 5.2 Resumen de precipitaciones

A continuación, se presenta a través de tablas el resumen de precipitaciones según los datos del observatorio de Cogeces del Monte, para una serie de 40 años.

Primero, las tablas donde se recogen las precipitaciones medias por mes (Tabla 6: Precipitación media por mes)

Tabla 6: Precipitaciones medias por mes

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
P media (mm)	35,8	40,4	47,6	52,9	36,2	17,0	16,6	26,7	53,6	53,9	58,3	48,4

Derivada de la tabla anterior, se puede resumir por estaciones, la tabla 7: Precipitaciones medias por estación.

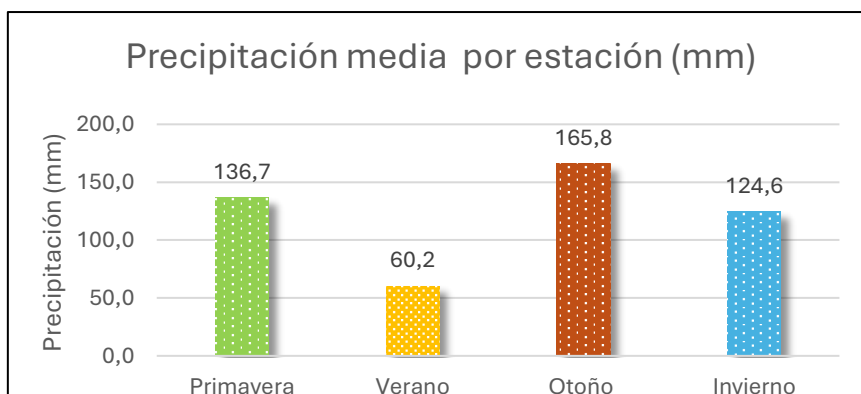
Tabla 7: Precipitaciones medias por estación

Estación	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Total anual medio
P media (mm)	136,7	60,2	165,8	124,6	487,4
% Representación	28,0	12,4	34,0	25,6	100

Como puede apreciarse, las precipitaciones están concentradas fuera de la época estival, que resulta la más seca de las cuatro, representando apenas el 12 % de la precipitación total anual. El resto de las estaciones tienen valores similares, destacando el otoño como la estación más lluviosa de las 4, con un 34% de la precipitación total anual.

Esta situación queda reflejada en el siguiente gráfico, Gráfico 3: Precipitaciones medias por estación.

Gráfico 3: Precipitaciones medias por estación





Las sequías estivales representan un compromiso para la supervivencia de las plantas de reciente plantación, pero un punto a favor de realizar la repoblación sobre las laderas de un embalse es la disponibilidad de agua en las cercanías.

### 5.3 Quintiles y evolución de las temperaturas anuales

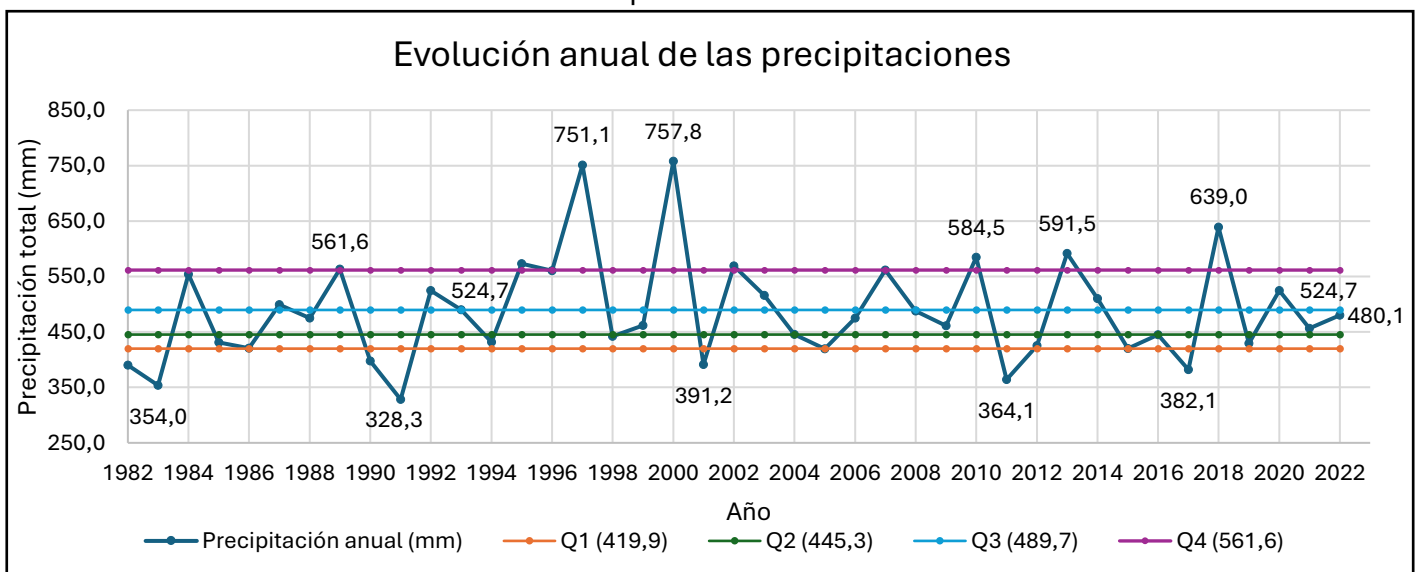
Otra herramienta empleada para la evaluación de las situación hídrica de la zona es el estudio de quintiles y la evolución anual de temperaturas. El estudio de quintiles, para una serie de datos de 41 años, resulta en la tabla 8: Quintiles y precipitación mediana

Tabla 8: Quintiles y precipitación mediana

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Quintil 1	7,8	14,8	23,9	31,8	15,6	4,2	1,8	6,8	24,0	17,4	26,2	21,9	419,9
Quintil 2	31,4	24,7	39,6	47,3	23,5	7,6	11,0	20,6	41,3	40,4	40,8	39,3	445,3
Mediana	35,8	30,2	45,5	52,9	26,5	9,5	15,1	26,7	47,5	49,1	46,0	44,4	474,7
Quintil 3	38,8	40,4	49,4	54,9	36,2	12,3	16,6	30,1	53,6	58,3	55,4	48,4	489,7
Quintil 4	51,6	58,0	75,1	67,5	53,8	25,8	26,2	44,4	72,0	80,1	93,4	59,9	561,6

Conociendo los quintiles, se puede clasificar la información de la evolución de las precipitaciones a lo largo de los años, tal y como se muestra en el siguiente gráfico (Gráfico 4: Evolución anual de las precipitaciones)

Gráfico 4: Evolución anual de las temperaturas



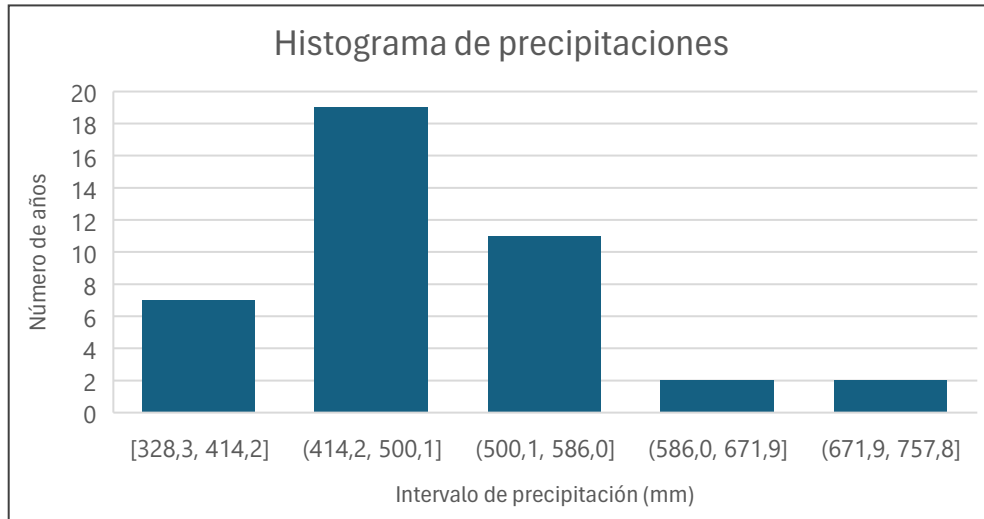
Con las precipitaciones se presenta la misma problemática anteriormente descrita que con las temperaturas, la variación interanual es muy notable, en un año muy lluvioso puede llover más del doble que un año convencional.

En función de los quintiles calculados, se clasifica el año de precipitaciones:

1. Muy seco = Por debajo del quintil 1 (precipitación anual < 419,9 mm).
2. Seco = Entre quintiles 1 y 2 (419 mm < precipitación anual < 445,3 mm).
3. Normal = Entre quintiles 2 y 3 (445,3 mm < precipitación anual < 489,7 mm).
4. Húmedo = Entre quintiles 3 y 4 (489,7 mm < precipitación anual < 561,6 mm)
5. Muy húmedo = Por encima del quintil 4 (Precipitación anual > 561,6 mm)

De forma complementaria, puede establecerse un histograma de las precipitaciones, donde se sitúan los años en función de intervalos de precipitación. (Gráfico 5: Histograma de precipitaciones). Dicho gráfico refleja que el año tipo sitúa sus precipitaciones entre 412 y 500 mm.

Gráfico 5: Histograma de precipitaciones anuales



### 5.3 Estudio de las precipitaciones máximas

Dado que el lugar es un embalse, las precipitaciones máximas seguramente resultaron importantes para su dimensionamiento, pero este embalse tiene una peculiaridad en este sentido, y es que no se alimenta directamente del agua de ningún río, si no que el agua se bombea desde el Duratón, por lo que, por mucho que llueva, en principio, el volumen del embalse no debería verse afectado.

De cualquier forma, la instalación cuenta con medidas de evacuación por si fuera necesario actuar en alguna emergencia fuera de lo común.

También cabría la posibilidad de bombear agua de vuelta al río si se pronostica un evento fuera de lo común, o bien, utilizar las instalaciones de bombeo secundarias para riego para deshacerse de parte del caudal.



**Ilustración 1: Canal de desagüe**



**Ilustración 2: Sumidero**

La parte de las precipitaciones máximas que sí comprende parte de la elaboración de este proyecto es la erosión (véase Anejo de Conservación del Suelo y Estudio Erosivo). Estos eventos de máxima precipitación son los que desencadenan los mayores efectos erosivos por escorrentía, comenzando a erosionar laminarmente el terreno, y posteriormente encauzándose, profundizando más aun en el suelo, llegando a formar regueros e incluso cárcavas

Para el estudio de estos fenómenos, se recurre a la tabla 9: Precipitaciones máximas en 24 h.

Tabla 9: Precipitaciones máximas en 24 horas según las estaciones

	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Máxima absoluta en 24h (mm)	41	28	26,5	27,8	36,8	34,4	32,5	36,7	34	38,8	48	61,9
Media de las máximas absolutas (mm)	13,6	11,0	11,5	13,5	15,5	12,6	8,2	8,4	11,5	17,4	15,9	17,6
Frecuencia	4	1	1	0	5	4	2	1	0	8	6	8
Estación	Invierno			Primavera			Verano			Otoño		
Frecuencia estacional	6			9			3			22		
% Representación	15,0			22,5			7,5			55,0		

De la anterior tabla se extrae que en más de la mitad de ocasiones, los eventos de lluvia máxima se dan en otoño, donde además está el máximo absoluto, 61,9 litros en un solo día, una cantidad que teniendo en cuenta las precipitaciones medias de la zona, (487,4) supone que en un solo día precipitó más del 13 % de todo lo que llueve en un año medio.

De este dato, también podría conocerse el volumen total de agua que se movió aquel día en la cuenca, sabiendo que aproximadamente la cuenca tiene unas 33 hectáreas desde la cabecera hasta el punto de cierre de la presa:

$$330000 \text{ m}^2 * 61,9 \frac{\text{l}}{\text{m}^2} = 20.427.000 \text{ l}$$

Es decir, aquel día, el embalse recibió de su cuenca hidrológica unos 20 millones de litros.

Teniendo en cuenta que la capacidad del mismo es de 5 hectómetros cúbicos (cinco mil millones de litros), este evento fuera de lo común solamente aportó en torno a un 0,4 % de su volumen total al embalse, es decir, un volumen poco efectivo, sin embargo, los eventos erosivos que desencadena un fenómeno de estas características sí son importantes.

## 5.4 Eventos meteorológicos

Para conocer más a fondo el clima de la zona, se estudian los fenómenos atmosféricos propios de la zona. A continuación, se presenta la media del recuento de dichos fenómenos para cada mes del año. (Tabla 10: Días con fenómenos meteorológicos importantes)

Tabla 10: Días con fenómenos meteorológicos importantes

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días de lluvia	5,6	6,8	7,6	8,1	6,7	3,5	2,7	4,8	7,8	8,9	8,9	7,1
Días de nieve	1,6	1,0	0,4	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,8	1,7
Días de granizo	0,4	0,5	1,1	0,8	0,4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
Días de tormenta	0,1	0,1	0,8	1,9	2,3	2,1	2,3	1,4	0,4	0,2	0,1	0,0
Días de niebla	1,2	0,5	0,3	0,3	0,1	0,2	0,1	0,4	0,9	2,1	2,9	3,2
Días de rocío	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,1	0,0
Días de escarcha	4,1	2,6	2,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	1,1	3,8	4,8	5,6

La escala de color en esta tabla (Tabla 10) es un formato condicional, marca del rojo al verde las casillas con los valores de más bajos a más altos, respectivamente.



Con los datos sobre la concentración de estos fenómenos según el mes, se extrae información de valor, como que, aunque los días de lluvia, nieve y granizo se concentran fuera de la época estival, los días de tormenta ocurren con más frecuencia en el período de abril a agosto, coincidiendo con la subida de las temperaturas.

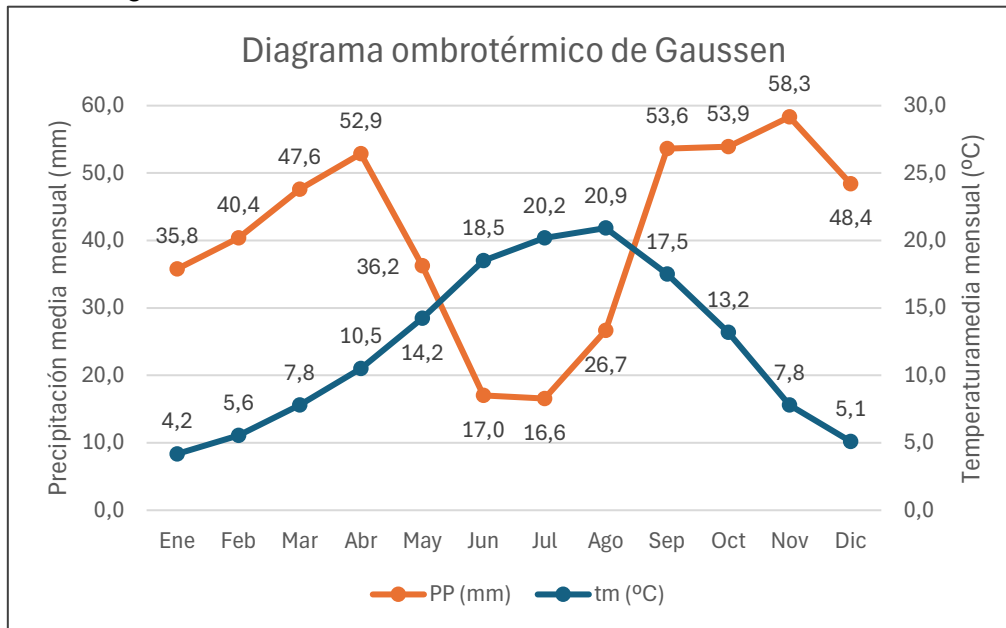
## 5.5 Diagramas

Para comparar la evolución de las temperaturas y las precipitaciones a lo largo de los años, se emplea el gráfico 6: Diagrama ombrotérmico de Gausson. Dicho gráfico se construye con la serie de datos de la tabla 11: Temperaturas y precipitaciones medias mensuales.

Tabla 11: Temperaturas y precipitaciones medias mensuales

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
tm (°C)	4,2	5,6	7,8	10,5	14,2	18,5	20,2	20,9	17,5	13,2	7,8	5,1
PP (mm)	35,8	40,4	47,6	52,9	36,2	17,0	16,6	26,7	53,6	53,9	58,3	48,4

Gráfico 6: Diagrama ombrotérmico de Gausсен.



En el anterior gráfico, las escalas se disponen de forma que la temperatura media mensual (escala derecha) es la mitad que la precipitación media mensual (escala izquierda), de forma que se pueda comparar la evolución de cada parte y el conjunto.

A continuación, se procede a un breve análisis de los datos:

- **Tendencia:** En este caso, en torno a abril, las temperaturas comienzan a aumentar, y las precipitaciones disminuyen súbitamente, volviendo a crecer de forma simultánea con disminución de las temperaturas en otoño. Esta estructura en diagramas de Gausсен es común en zonas con influencia mediterránea, donde la precipitación se concentra fuera del período estival, donde se producen grandes sequías, y las pocas lluvias que se producen son habitualmente tormentas con altas precipitaciones muy concentradas en el tiempo.

- **Amplitud térmica:** Por otro lado, queda reflejada la amplitud térmica de la zona, anteriormente descrita sobre los valores máximos, que en el caso de los valores medios alcanza:

$$20,9 - 4,2 = 16,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Por tanto, se estima que la diferencia entre las medias más cálidas del año y las más frías es de más de 16 °C, circunstancia lógica teniendo en cuenta la lejanía del mar, y el efecto de la continentalidad en las parameras mesetarias.

- **Temperaturas de verano:** La temperatura media máxima anual se da en agosto (20,9 °C), por tanto, se pueden dividir los veranos en calurosos y frescos, calurosos cuando la media de temperatura mensual de algún mes supera los 20,9 °C, y frescos cuando la media de temperatura mensual de algún mes no supera los 20,9 °C.
- **Temperaturas de invierno:** Para el caso de la temperatura invernal, el dato de referencia es la temperatura media del mes más frío, en ese caso, enero (4,2

°C), pudiendo compararse con las categorías cualitativas para el invierno, donde se clasifican en:

- Inviernos suaves (media mínima > 10 °C)
- Inviernos moderados (10°C > media mínima > 6 °C)
- Inviernos fríos ( media mínima < 6 °C)

Los inviernos de la zona de estudio, por tanto, siguiendo esta clasificación, son fríos.

- Precipitación anual: La media de precipitación anual para la zona es 487,4 mm. De igual forma que en el caso anterior, atendiendo a las distintas clasificaciones:
  - Precipitación muy abundante (precipitación media > 1000 mm)
  - Precipitación abundante (1000 < precipitación media < 800 mm)
  - Precipitación escasa (800 < precipitación media < 300 mm)
  - Precipitación muy escasa (precipitación media < 300 mm)

De acuerdo con esta clasificación, la precipitación anual es escasa.

- Patrón de precipitaciones: Las precipitaciones se concentran fuera de la época estival, distribuidas de forma más o menos uniforme entre invierno, primavera y otoño. Modelo continental de precipitaciones.  
Por otro lado, en junio, julio y agosto se cumple que la precipitación media es menos de la mitad de la temperatura, por tanto, se puede afirmar que son meses de sequía

## 6. Índices de continentalidad

A partir de los índices de continentalidad, se puede clasificar el régimen climático de la zona. A través de distintas categorías, se puede estimar la influencia que tiene la proximidad o lejanía del lugar respecto a grandes masas de agua, y el efecto que tiene esto sobre el clima.

### 6.1 Índice de continentalidad de Gorzynsky

Se define con la fórmula:

$$I_{Gorzynsky} = 1,7 \left[ \frac{(tm_{12} - tm_1)}{\text{sen}(L)} \right] - 20,4$$

Donde:

$Tm_{12}$  = la temperatura media del mes más cálido. (agosto, 20,9 °C)

$Tm_1$  = la temperatura media del mes más frío. (enero, 4,2°C)

L = latitud en grados. (41.570419°)

Por tanto, sustituyendo en la ecuación, se obtiene:

$$I_{Gorzynsky} = 1,7 \left[ \frac{(20,9 - 4,2)}{\text{sen}(41,570419)} \right] - 20,4 = 22,38$$



Tabla 12: Clasificación climática de Gorzynsky

I <sub>Gorzynski</sub>	TIPO DE CLIMA
<10	Marítimo
≤10 y >20	Semimarítimo
≤20 y >30	Continental
≥ 30	Muy Continental

Según la clasificación climática de Gorzynsky (tabla 12), la zona de estudio se caracteriza por tener un clima continental. Resulta acorde con la realidad del lugar, alejado del mar, y caracterizado por una moderada amplitud térmica (16,6°C).

## 6.2 Índice de oceanidad de Kerner

Se define con la fórmula:

$$I = 100 \frac{(tm_X - tm_{IV})}{(tm_{12} - tm_1)}$$

Donde:

T<sub>m<sub>X</sub></sub> = temperatura media de octubre (13,2 °C)

T<sub>m<sub>IV</sub></sub> = temperatura media de abril (10,5 °C)

T<sub>m<sub>12</sub></sub> = temperatura media del mes más cálido (agosto, 20,9°C)

T<sub>m<sub>1</sub></sub> = temperatura media del mes más frío (enero, 4,2 °C)

$$I = 100 \frac{(13,2 - 10,5)}{(20,9 - 4,2)} = 16,17$$

Tabla 13: Clasificación de oceanidad de Kerner

I <sub>Kerner</sub>	TIPO DE CLIMA
≥26	Marítimo
≥18 y <26	Semimarítimo
≥10 y <18	Continental
<10	Muy Continental

Según la clasificación de oceanidad de Kerner, la zona se considera continental, coincidente con la clasificación anterior, y compatible con la realidad anteriormente descrita.

## 6.3 Índice de Rivas – Martínez

El índice de Rivas – Martínez se define como :

$$I_{Rivas-Martínez} = (tm_{12} - tm_1) + \left[ altitud * \frac{0,6}{100} \right]$$

Donde :

T<sub>m<sub>12</sub></sub> = temperatura media del mes más cálido (agosto, 20,9°C)

T<sub>m<sub>1</sub></sub> = temperatura media del mes más frío (enero, 4,2 °C)



Altitud = Elevación sobre el nivel del mar (altitud media de las laderas 836 m)

$$I_{Rivas-Martínez} = (20,9 - 4,2) + \left[ 836 * \frac{0,6}{100} \right] = 21,72$$

Tabla 14: Índice de Rivas – Martínez

Tipos	Subtipos	<i>I<sub>Rivas-Martínez</sub></i>
Hiperocéánico (0-11)	Ultrahiperocéánico acusado	0-2,0
	Ultrahiperocéánico atenuado	2,0-4,0
	Euhiperocéánico acusado	4,0-6,0
	Euhiperocéánico atenuado	6,0-8,0
	Subhiperoocéánico acusado	8,0-10,0
	Subhiperoocéánico atenuado	10,0-11,0
Océánico (11-21)	Semihiperocéánico acusado	11,0-13,0
	Semihiperocéánico 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

## 7. Índices climáticos

Los índices climáticos resultan útiles para definir y resumir las características concretas del clima de la zona de estudio, mediante la clasificación en categorías cualitativas conocidas y comparables con la realidad.

### 7.1 Índice de Lang

Se define con la fórmula:

$$I_{Lang} = \frac{P}{tm}$$

Donde:

P: precipitación anual (487,4 mm)

Tm = temperatura media anual (12,1 °C)

$$I_{Lang} = \frac{487,4}{12,1} = 40,28$$

Tabla 15: Índice de Lang

<b>I<sub>Lang</sub></b>	<b>Tipos según LANG</b>
0-20	Desiertos
20-40	Zonas áridas
<b>40-60</b>	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

Según la tabla anterior (Tabla 15, Índice de Lang), la zona se categoriza como zona húmeda de estepa o sabana. Cabe destacar que el número obtenido se acerca mucho a la categoría anterior, zonas áridas, lo cual permite clasificar la zona como al borde de la aridez.

## 7.2 Índice de Martonne

Se define con la fórmula:

$$I_{Martonne} = \frac{P}{(tm + 10)}$$

Donde:

P: precipitación anual (487,4 mm)

Tm = temperatura media anual (12,1 °C)

$$I_{Martonne} = \frac{487,4}{(12,1 + 10)} = 22,05$$

Tabla 16: Índice de Martonne

<b>I<sub>Martonne</sub></b>	<b>Tipos según MARTONNE</b>
< 5	Desiertos
5 – 10	Semidesierto
10 – 20	Semiárido tipo Mediterráneo
<b>20 – 30</b>	Subhúmeda
30 – 60	Húmeda
> 60	Perhúmeda

El índice de Martonne clasifica la zona como subhúmeda.

## 7.3 Índice de aridez Dantín – Revenga

Se define con la fórmula:

$$I_{Vernet} = \frac{100 tm}{P}$$

Donde:

P: precipitación anual (487,4 mm)

Tm = temperatura media anual (12,1 °C)

$$I_{Vernet} = \frac{100 * (12,1)}{487,4} = 2,48$$

Tabla 17: Índice de Dantín – Revenga

Valores de $I_{Dantín-Revenga}$	TIPOS de CLIMA
0 a 2	Húmedo
2 a 3	Semiárido
3 a 6	Árido
> 6	Subdesértico

El índice de Dantín – Revenga cataloga la zona como semiárida, de forma similar al resto de índices.

## 7.4 Índice de Emberger

Se define con la fórmula:

$$I_{Emberger} = \frac{K * P}{(T12^2 - t1^2)}$$

Donde:

T12 = Temperatura media de las máximas más alta (julio, 26,7 °C, 299,85 °K)

t1 = Temperatura media de las mínimas más baja (enero, -0,5 °C, 272.65 °K)

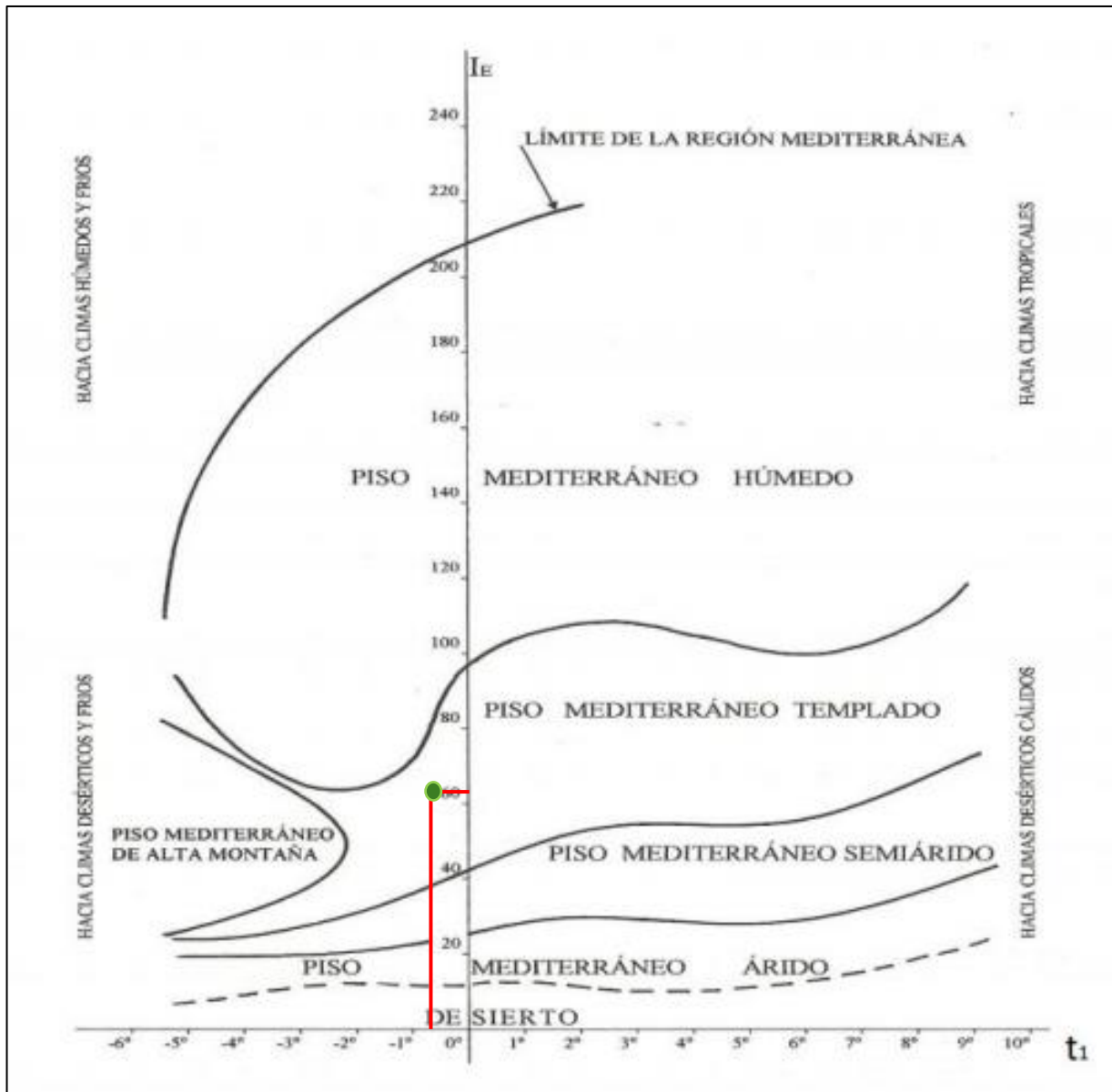
P = Precipitación anual media (487,4 mm)

K = Cumple la condición ( $t1 < 0^{\circ}\text{C} \Rightarrow T12$ ), por tanto, las temperaturas se introducirán en la fórmula en grados y la constante 'K' = 2000, según las propias condiciones de definición de la fórmula.

$$I_{Emberger} = \frac{2000 * 487,4}{(299,9^2 - 272,7^2)} = 62,59$$

Con esta información, se procede a comparar con el gráfico de definición de Emberger (Gráfico 7: Índice de Emberger).

Gráfico 7: Índice de Emberger



Comparando en el gráfico las dimensiones obtenidas ( $t_1 = -0,5 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $I_{\text{Emberger}} = 62,59$ ), se cataloga la zona como piso mediterráneo templado. Además de esto, se puede categorizar el tipo de invierno de la zona a través de la tabla 18: Tipo de invierno según Emberger.

Tabla 18: Tipo de invierno según Emberger

TIPO DE INVIERNO	$t_1$ ( $^\circ\text{C}$ )	HELADAS
Muy frío	$< -3^\circ\text{C}$	Muy frecuentes e intensas
<b>Frío</b>	<b><math>\geq -3</math> y <math>&lt; 0^\circ\text{C}</math></b>	<b>Muy frecuentes</b>
Fresco	$\geq 0$ y $< 3^\circ\text{C}$	Frecuentes
Templado	$\geq 3$ y $< 7^\circ\text{C}$	Débiles
Cálido	$\geq 7^\circ\text{C}$	Libre de heladas

Según lo expuesto en la tabla 1, el invierno según Emberger se clasifica como frío, con heladas muy frecuentes.

Si se acude a la información que facilita el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, el período libre de heladas para la zona es:

Tabla 19: Período libre de heladas (Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2024)

Año	Última helada primavera	Primera helada otoño	Nº de días
2001	21 de abril	19 de noviembre	212
2003	10 de abril	17 de diciembre	251
2004	8 de mayo	13 de octubre	158
2005	10 de abril	24 de noviembre	228
2006	12 de abril	30 de noviembre	232
2007	1 de abril	6 de noviembre	219
2008	12 de abril	4 de octubre	175
2009	13 de abril	17 de octubre	187
2010	6 de mayo	20 de octubre	167
2011	6 de marzo	21 de octubre	229
2012	19 de marzo	28 de octubre	223
2013	7 de abril	31 de octubre	207
2014	27 de marzo	8 de diciembre	256
2015	26 de marzo	15 de octubre	203
2016	2 de abril	8 de noviembre	220
2017	28 de abril	7 de noviembre	193
2018	22 de marzo	29 de noviembre	252
2019	13 de abril	16 de noviembre	217
2020	28 de marzo	16 de octubre	202
2021	24 de marzo	24 de octubre	214
2022	6 de abril	2 de diciembre	240
2023	13 de abril	24 de noviembre	225

En la tabla anterior (tabla 19: Período libre de heladas), se recogen los períodos libres de heladas de los últimos años, promediando 214,1 días consecutivos sin heladas, y por tanto, un período medio de potenciales heladas de 150,9 días.

## 8. Índice de productividad forestal de Patterson

Para el caso concreto del presente proyecto, se desestima la necesidad de calcular índices de productividad forestal, ya que el enfoque productor está completamente descartado, por el contrario, se busca un efecto protector sobre el entorno.

## 9. Clasificación climática de Köppen

La clasificación climática de Köppen está muy extendida y es ampliamente utilizada para categorizar las distintas regiones climáticas. Define los climas a través de tres letras:

1. La primera letra, mayúscula, corresponde con el grupo principal del clima.
2. La segunda, minúscula, se corresponde con el tipo de precipitación.

3. La tercera, también minúscula, se corresponde con el régimen de temperaturas.

Se apoya firmemente en la fitogeología, aprovechando la asociación entre precipitaciones de una zona concreta y la vegetación climática asociada. También tiene en cuenta la aridez, comparando con las temperaturas que allí se den. En el caso que compete:

**1. Primera letra (tabla 20: Asignación del grupo climático en la clasificación de Köppen)**

Tabla 20: Asignación del grupo climático en la clasificación de Köppen

Grupo	$t_{m1}$	$t_{m12}$	Sequedad	Nomenclatura
A	$> 18^{\circ}\text{C}$			Tropical lluvioso
B			$P_{inv} > 0,7P$ y $P < 2t_m$ ó $P_{ver} > 0,7P$ y $P < 2t_m + 28$ ó $P < 2t_m + 14$	Seco
C	$< 18^{\circ}\text{C}$ $> 0^{\circ}\text{C}$ ó $> -3^{\circ}\text{C}$ Según autores	$> 10^{\circ}\text{C}$		Templado húmedo, Cálido mesotérmico
D	$< -3^{\circ}\text{C}$	$> 10^{\circ}\text{C}$		Boreal, de nieve y bosque, microtérmico
E		$< 10^{\circ}\text{C}$		Polar

Datos:

1. Temperatura media más baja  $t_{m1} = 4,2^{\circ}\text{C}$ , enero
2. Temperatura media más alta  $t_{m12} = 20,9^{\circ}\text{C}$ , agosto
3. Temperatura media anual  $t_m = 12,1^{\circ}\text{C}$
4. Precipitación invernal media  $P_{inv} = 12,46$  cm
5. Precipitación estival media  $P_{ver} = 6,02$  cm
6. Precipitación anual media  $P = 48,74$  cm

Grupo A: No se cumple porque  $4,2 < 18^{\circ}\text{C}$ .

Grupo B: No se cumple porque ni  $P_{inv} > 0,7 * P$  (12,46 no es mayor que 34,11) y  $P < 2t_m$  (48,74 no es menor que 24,2), ni  $P_{ver} > 0,7P$  (6,02 no es mayor que 34,11) y  $P < 2t_m + 28$  (48,74 sí es menor que 52,2, pero son dos condiciones y la anterior no se cumple), ni  $P < 2t_m + 14$  (48,74 no es menor que 38,2).

Grupo C: Cumple, puesto que  $t_{m1} < 18^{\circ}\text{C}$  ( $4,2 < 18$ ), y además,  $t_{m1} > 0^{\circ}\text{C}$  ( $4,2 > 0$ )

Grupo D: No cumple,  $t_{m1} < -3^{\circ}\text{C}$  ( $4,2$  no es menor que  $-3^{\circ}\text{C}$ )

Grupo E: No cumple  $t_{m12} < 10^{\circ}\text{C}$  ( $20,9$  no es menor que 10).

Por tanto, el grupo climático que corresponde es el C, templado húmedo, cálido mesotérmico.

## 2. Segunda letra (tabla 21: Asignación del subgrupo climático)

Tabla 21: Asignación del subgrupo climático

Subgrupo	Posible	Condición	Significado
<b>s</b> (Sommer)	A, C, D	$P_{inv6} > 3P_{ver1}$	La estación seca es en verano
<b>w</b> (Winter)	A, C, D	$P_{ver6} > 10P_{inv1}$	La estación seca es en invierno
<b>f</b> (fehlt)	A, C, D	$P_1 > 6$ o no se cumple ni <b>s</b> ni <b>w</b>	No hay estación seca
<b>m</b> (Monsum)	A	$6 > P_1 > 10 - 0,04 P$	Monzónico
<b>W</b> (Wüste)	B	$t_m < P$ y $P_{inv} > 0,7P$	La precipitación máxima es en invierno
		$P < t_m + 14$ y $P_{ver} > 0,7 P$	La precipitación máxima es en invierno
		$P < t_m + 7$	Precipitaciones uniformemente distribuidas
<b>S</b> (Steppe)	B	$t_m < P < 2t_m$	La precipitación máxima es en invierno
		$t_m + 14 < P < 2t_m + 28$	La precipitación máxima es en invierno
		$t_m + 7 < P < 2t_m + 14$	Precipitaciones uniformemente distribuidas

Al ser una zona con grupo "C", directamente quedan descartadas los tres últimos subgrupos.

Datos:

1. Precipitación mayor de los 6 meses más fríos (en cm), es decir, posición 6ª de menor a mayor ( $P_{inv6}$  = noviembre, 5,83 cm).
2. Precipitación mayor de los 6 meses más cálidos (en cm), es decir, posición 6ª de menor a mayor ( $P_{ver6}$  = octubre, 5,39 cm).
3. Precipitación menor de los 6 meses más fríos (en cm), es decir, posición 1ª de menor a mayor ( $P_{inv1}$  = enero, 3,58 cm)
4. Precipitación menor de los 6 meses más cálidos (en cm), es decir, posición 1ª de menor a mayor ( $P_{ver1}$  = julio, 1,66 cm)
5. Precipitación media del mes más seco ( $P_1$  = julio, 1,66 cm)

Subgrupo s: Cumple, puesto que  $P_{inv6} > 3P_{ver1}$  (5,83 es mayor que 4,98)

Subgrupo w: No cumple, puesto que  $P_{ver6} > P_{inv1}$  (5,39 no es mayor que 35,8)

Subgrupo f : No cumple que  $P_1 > 6$  (1,66 no es mayor que 6)

Quedando el resto de subgrupos descartados, se clasifica el subgrupo como s, siendo la estación seca el verano, situación que coincide con lo expuesto en el gráfico 6: Diagrama ombrotérmico de Gaussen.

## 3. Tercera letra (tabla 22: Subdivisión climática en la clasificación de Köppén)



Tabla 22: Subdivisión climática en la clasificación de Koppën

Subdivisión	Condición	G. posibles
a veranos calurosos	$t_{m12} > 22^{\circ}\text{C}$	C, D
<b>b veranos cálidos</b>	<b><math>t_{m9} &gt; 10^{\circ}\text{C}</math></b>	<b>C, D</b>
c veranos cortos y frescos	$t_{m10} \text{ o } t_{m11} \text{ o } t_{m12} > 10^{\circ}\text{C}$	C, D
d inviernos muy fríos	$t_{m1} < 3,8^{\circ}\text{C}$	D
h seco y caluroso	$t_m > 18^{\circ}\text{C}$	B
k seco y frío	$t_m < 18^{\circ}\text{C}$ y $t_{m12} > 18^{\circ}\text{C}$	B

Ocurre algo similar al caso anterior, las tres últimas categorías quedan directamente excluidas por no pertenecer al grupo C.

Datos:

1. Temperatura media más baja  $t_{m1} = 4,2^{\circ}\text{C}$ , enero
2. Temperatura media más alta  $t_{m12} = 20,9^{\circ}\text{C}$ , agosto
3. Temperatura media del noveno mes, ordenados de menor a mayor por su temperatura media =  $t_{m9} = 17,5^{\circ}\text{C}$ , septiembre.
4. Temperatura media del noveno mes, ordenados de menor a mayor por su temperatura media =  $t_{m10} = 18,5^{\circ}\text{C}$ , junio.
5. Temperatura media del noveno mes, ordenados de menor a mayor por su temperatura media =  $t_{m11} = 17,5^{\circ}\text{C}$ , septiembre.
6. Temperatura media anual  $t_m = 12,1^{\circ}\text{C}$
7. Precipitación invernal media  $P_{inv} = 12,46 \text{ cm}$
8. Precipitación estival media  $P_{ver} = 6,02 \text{ cm}$
9. Precipitación anual media  $P = 48,74 \text{ cm}$

Subdivisión a: no cumple  $t_{m12} > 22^{\circ}\text{C}$  ( $20,9 > 22$ )

Subdivisión b: se cumple que  $t_{m9} > 10^{\circ}\text{C}$  ( $17,5 > 10$ )

Subdivisión c : se cumple que  $t_{m10} > 10^{\circ}\text{C}$  ( $18,5 > 10$ )

El resto de subdivisiones no se tienen en cuenta por no poder pertenecer al grupo C, y entre las subdivisiones b y c, aunque las dos cumplen condiciones, se toma por buena la subdivisión b, puesto que es más restrictiva, y se ajusta mejor a la realidad.

Teniendo en cuenta las tres letras, se obtiene la tabla 23: Resumen clasificación de Koppën.

Tabla 23: Resumen clasificación de Koppën

	Clasificación	Tipo
Grupo (1º letra)	C	Templado húmedo, cálido mesotérmico
Subgrupo (2º letra)	s	La estación seca es en verano
Subdivisión (3º letra)	b	Veranos cálidos
Clasificación final	Csb	

Como se plasma en la tabla anterior, la zona tiene una clasificación Csb, es decir, una zona templada húmeda, cálida mesotérmica, con veranos cálidos y sequía estival.

## 10. Descripción resumida del clima de la zona

El clima de la zona se resume en la tabla presentada a continuación (tabla 24: Resumen de condiciones climáticas de la zona)

Tabla 24: Resumen de condiciones climáticas de la zona

Resumen temperaturas	
Temperatura media anual	12,1 °C
Temperatura máxima registrada	39,0 °C
Temperatura mínima registrada	-12,7 °C
Amplitud térmica	16,6 °C
Período medio libre de heladas	214,1 días
Resumen precipitaciones	
Precipitación anual media	487,4 mm
Precipitación anual mediana	474,7 mm
Precipitación anual máxima registrada	757,8 mm
Precipitación anual mínima registrada	328,3 mm
Evento de precipitación máxima en 24 h	61,9 mm
Índices de continentalidad	
Índice de continentalidad de Gorzynsky	Continental
Índice de continentalidad Kerner	Continental
Índice de Rivas – Martínez	Continental (Subcontinental acusado)
Índices climáticos	
Índice de Lang	Zonas húmedas de estepa o sabana
Índice de Martonne	Subhúmeda
Índice de Dantín – Revenga	Semiárido
Índice de Emberger	Piso mediterráneo templado
Clasificación climática de Köppen	
Grupo : C	Templado húmedo, cálido mesotérmico
Subgrupo: s	La estación seca es el verano
Suddivisión: b	Veranos cálidos

En resumen:

a) Resumen temperaturas:

En resumen, se trata de una zona con influencia continental, con una amplitud térmica media entre máximas y mínimas de 16,6°C, mínima y máxima absoluta de -12,7 y 39 °C, respectivamente y un período medio libre de heladas de 214,1 días.

La evolución de las temperaturas se caracteriza por tener sus mínimos entre enero y diciembre, y a partir de ahí ascender de forma sostenida hasta julio y agosto, donde alcanzan los máximos, para luego disminuir de forma igualmente sostenida hasta los mencionados mínimos, completando el ciclo.

Las primaveras y otoños son suaves, con temperaturas medias similares entre sí, entre 10 y 12 °C.

La gráfica de evolución de temperaturas es similar a la curva de una función cuadrática negativa.

b) Resumen precipitaciones:

Las precipitaciones anuales medias son de aproximadamente 487,4 mm, por lo tanto, se trata de una zona subhúmeda, próxima a la aridez en algunos índices climáticos.

El año con mayor registro de precipitaciones se alcanzaron los 757,8 mm, mientras que el más seco solamente 328,3 mm.

Por su parte, el evento de mayor precipitación registrada en veinticuatro horas fue 61,9 mm.

En cuanto a la tendencia anual de precipitaciones, es prácticamente una imagen especular de la tendencia en temperaturas, el crecimiento de precipitaciones coincide con la bajada de temperaturas, el decrecimiento de estas está asociado al aumento de temperaturas, dando lugar a sequías estivales pronunciadas. Por su parte, las estaciones húmedas, invierno, primavera y otoño, tienen las precipitaciones distribuidas de forma más o menos uniforme, ninguna destaca por encima de las demás en cuanto a cantidad precipitada.

#### c) Índices de continentalidad

Los índices de continentalidad ofrecen respuestas muy uniformes, en todos los casos la zona está clasificada como continental, por la ausencia de grandes masas de agua y su efecto en las cercanías.

La construcción del embalse ha podido tener un efecto sobre las temperaturas, pero este efecto solamente estaría patente desde 2014, que es cuando se terminó de llenar completamente, no obstante, una vez analizada la tendencia de las temperaturas no hay ningún cambio aparente desde esa fecha. Este hecho puede deberse a la distancia entre el embalse y el observatorio, aunque solamente se trate de 3 kilómetros, la influencia de una masa de agua de 30 hectáreas es bastante limitada. Cabe destacar, al respecto de esta cuestión, que las brisas son constantes, por el efecto del valle y de la lámina plana de agua. Dichas brisas son especialmente frías en invierno.

#### d) Índices climáticos

Por su parte, los índices climáticos también resultan aproximadamente coincidentes, en un rango de clasificación entre subhúmedo y semiárido. El índice de Emberger, especialmente adaptado al entorno mediterráneo, define el lugar como piso mediterráneo templado.

El piso mediterráneo templado, por su parte, se caracteriza por sus veranos cálidos e inviernos templado, circunstancia no acorde con la realidad.

La vegetación climática de este piso son habitualmente los alcornoques (*Quercus suber*) y olivos (*Olea europea*), árboles que no se encuentran en las inmediaciones, por el contrario, sí aparecen los pinos de alepo (*Pinus halepensis*), por supuesto, fruto de las repoblaciones y la dispersión espontánea, no de forma natural. También aparece, de forma espontánea, en las zonas inundadas, próximas al nivel freático, el chopo negrillo (*Populus nigra*), aunque no es un criterio útil para la clasificación climática, porque cuando se encuentra en zonas inundadas, es capaz de resistir un amplio rango de climas.

#### e) Clasificación de Koppén

El grupo es el **C** de la clasificación climática de Koppén, es decir, clima templado húmedo, cálido mesotérmico. Es un clima moderado, de invierno y verano variable pero raramente extremo.

El subgrupo es **s** (sommer, verano en alemán), haciendo referencia a la estación seca, el verano, que como se señalaba anteriormente, el aumento de temperaturas coincide con la caída de las precipitaciones.

La subdivisión es **b**, por tanto, los veranos son cálidos y no muy largos.

## 11. Recopilatorio de tablas empleadas en este anejo

Todas ellas son de elaboración propia, mediante el procesado de los datos disponibles para el caso, cortesía del departamento de Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias (ETSIIAA),  
 Tabla 25: Temperaturas máximas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	16,9	21,9	21,5	25,2	27,6	35,7	36,0	32,1	30,4	30,6	17,2	16,0
2005	13,6	15,9	23,8	29,3	34,3	32,3	0,0	36,5	30,3	26,1	19,2	14,3
2006	11,8	17,6	22,4	25,0	31,7	34,5	36,7	34,0	36,5	29,4	21,7	16,2
2007	15,9	19,0	21,1	26,4	27,2	30,8	36,9	37,4	31,0	24,2	20,9	14,3
2008	16,1	19,9	21,9	23,1	26,8	33,0	36,3	32,1	28,8	27,7	20,6	15,0
2009	14,2	20,7	22,5	23,9	30,7	33,8	35,3	35,3	32,9	28,4	21,2	16,1
2010	14,8	19,0	19,9	27,9	27,5	31,0	32,1	34,7	32,6	26,4	19,7	17,0
2011	13,6	17,9	19,4	28,1	30,2	35,7	32,5	36,0	33,2	29,4	23,1	14,4
2012	12,6	19,2	23,7	19,9	31,5	36,1	34,4	37,7	31,4	28,4	19,0	16,2
2013	15,3	14,0	16,7	25,6	23,2	31,9	35,2	35,7	30,8	26,0	20,7	14,1
2014	14,1	16,7	21,8	25,8	26,4	30,7	35,5	32,3	33,0	27,4	22,6	13,6
2015	14,2	13,9	22,3	23,5	33,3	36,7	37,8	34,9	28,0	24,5	22,8	17,7
2016	17,5	15,5	20,2	19,6	26,2	34,1	36,2	35,9	35,9	28,1	22,1	16,2
2017	15,9	19,4	24,9	25,3	30,8	36,6	35,6	35,8	30,1	29,3	21,4	14,2
2018	14,4	14,8	17,4	25,6	24,2	34,0	32,8	36,4	33,0	26,9	17,6	17,6
2019	13,0	22,3	23,3	22,2	29,6	38,4	36,7	34,2	28,8	29,1	18,4	15,6
2020	14,7	20,8	23,7	21,0	29,9	33,1	37,3	37,7	33,0	24,8	19,7	17,6
2021	17,9	18,0	24,1	22,3	30,0	31,0	36,2	37,9	32,7	26,4	15,8	16,2
2022	17,2	18,3	17,5	22,2	34,0	37,4	39,0	37,0	34,2	29,4	19,5	17,3
Ta (Máxima absoluta mensual)	17,9	22,3	24,9	29,3	34,3	38,4	39,0	37,9	36,5	30,6	23,1	17,7
T'a (Máxima absoluta mensual media)	14,9	18,1	21,5	24,3	29,2	34,0	33,8	35,5	31,9	27,5	20,2	15,8

Tabla 26: Temperaturas mínimas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	-4,8	-5,6	-7,8	-1,6	-1,9	6,4	4,6	6,2	3,2	-1,0	-3,9	-7,4
2005	-7,8	-8,6	-11,3	-2,2	0,2	4,8	0,0	6,8	2,9	-1,0	-4,0	-10,3
2006	-7,2	-9,2	-6,8	-2,4	-0,5	3,0	10,5	6,9	4,5	1,1	-1,8	-7,6
2007	-9,0	-4,5	-5,1	-3,6	2,2	5,5	7,2	5,4	-1,8	-1,4	-10,8	-7,1
2008	-5,6	-4,3	-6,3	-1,8	0,5	6,6	5,7	6,2	2,6	-2,2	-7,1	-6,4
2009	-6,6	-6,3	-3,3	-3,4	0,6	6,5	7,1	8,0	1,8	-3,7	-4,1	-10,1
2010	-7,9	-6,6	-5,7	-2,3	-1,7	4,5	0,0	6,7	0,1	-4,0	-8,3	-11,2
2011	-9,9	-4,4	-3,2	0,7	3,0	6,2	6,4	5,2	1,9	-2,9	-2,3	-6,2
2012	-7,1	-7,5	-4,2	-0,8	0,3	4,6	6,6	8,1	4,8	-3,6	-3,7	-4,0
2013	-3,5	-4,2	-4,4	-2,4	-0,6	2,6	9,4	7,6	5,0	-1,2	-7,5	-8,9
2014	-2,5	-3,5	-2,3	2,2	0,8	4,9	7,3	4,9	4,6	3,1	-0,1	-6,6
2015	-5,4	-3,6	-4,6	-1,4	1,7	6,9	9,8	8,4	4,0	-2,9	-5,2	-3,4
2016	-4,5	-6,1	-4,8	-2,3	-1,2	3,4	6,0	7,1	3,9	-1,3	-2,8	-9,2
2017	-9,3	-3,2	-1,6	-3,3	-0,4	5,2	3,7	7,4	2,2	-0,4	-5,5	-5,6
2018	-5,9	-8,0	-1,7	0,5	-0,8	7,4	10,6	8,7	3,9	-0,7	-3,2	-5,3
2019	-7,7	-5,1	-3,4	-2,8	-0,1	1,8	7,8	7,9	5,7	1,5	-2,1	-4,5
2020	-5,9	-4,8	-3,4	-1,5	3,0	4,4	7,8	2,9	1,9	-1,7	-2,6	-4,0
2021	-12,7	-1,7	-4,2	-2,4	2,1	6,7	5,9	6,9	4,9	-2,1	-2,6	-4,1
2022	-8,5	-8,1	-2,9	-5,4	2,0	4,7	7,7	8,3	2,6	4,3	-1,7	-5,9
ta (Mínima absoluta media mensual)	-12,7	-9,2	-11,3	-5,4	-1,9	1,8	0,0	2,9	-1,8	-4,0	-10,8	-11,2
t'a (Mínima absoluta mensual)	-6,9	-5,5	-4,6	-1,9	0,5	5,1	6,5	6,8	3,1	-1,1	-4,2	-6,7

Tabla 27: Temperatura media de las máximas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	9,9	12,6	13,3	15,8	19,3	28,9	29,7	0,0	27,0	19,7	10,5	8,9
2005	7,4	8,8	15,8	17,9	23,1	0,0	0,0	30,6	0,0	0,0	0,0	9,8
2006	7,4	10,6	15,1	18,2	24,0	28,6	31,9	27,8	27,0	21,8	16,4	9,4
2007	9,5	12,7	13,9	18,0	20,3	24,0	28,3	27,5	25,9	19,6	14,2	9,6
2008	11,2	15,0	13,7	0,0	18,2	24,0	27,9	0,0	23,7	18,6	12,0	0,0
2009	0,0	13,2	16,7	15,6	23,2	26,5	29,2	30,5	25,3	21,2	14,7	8,4
2010	7,4	8,4	11,9	17,9	18,3	23,7	0,0	29,2	24,7	18,5	10,9	8,6
2011	7,8	11,9	13,5	20,5	23,2	25,6	27,2	29,2	27,5	22,1	13,5	9,4
2012	8,2	8,7	16,2	12,6	22,4	26,8	28,5	29,8	24,5	18,5	12,5	9,4
2013	8,9	8,9	11,9	14,9	16,4	23,2	30,8	29,3	25,2	19,1	11,3	8,7
2014	10,0	9,8	15,0	19,0	20,4	25,2	27,2	28,0	25,3	22,7	13,7	7,8
2015	7,8	8,2	14,4	17,7	22,7	27,2	32,2	28,9	23,2	18,9	14,4	12,9
2016	10,2	10,3	11,5	14,4	19,0	26,1	31,1	30,7	26,6	21,3	12,4	9,9
2017	9,0	12,6	16,4	20,3	23,5	29,4	29,8	29,3	24,4	23,4	13,9	9,0
2018	8,8	8,4	10,8	16,5	19,5	24,4	28,7	30,6	27,9	18,9	12,9	10,7
2019	8,8	14,9	16,3	15,4	21,5	27,0	30,5	29,5	24,2	20,2	11,3	10,9
2020	8,4	15,1	14,9	16,8	23,1	24,6	31,5	29,0	24,7	17,4	15,2	9,3
2021	6,8	13,3	15,1	16,0	20,7	25,7	29,0	30,6	23,9	20,9	10,7	11,5
2022	10,9	13,6	12,5	15,7	24,3	28,6	33,5	31,3	25,0	23,1	14,2	11,7
T (Media de las máximas)	8,3	11,4	14,2	16,0	21,2	24,7	26,7	26,4	24,0	19,3	12,4	9,3

Tabla 28: Temperatura media de las mínimas

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	1,6	-1,1	1,0	2,5	6,4	11,6	11,7	0,0	9,1	7,1	1,0	-0,1
2005	-2,3	-3,6	-0,5	4,0	7,8	0,0	0,0	12,1	0,0	0,0	0,0	-1,5
2006	-1,2	-2,6	3,0	4,4	7,9	11,8	14,6	11,3	10,6	7,7	4,9	-1,1
2007	-0,5	2,6	0,2	3,7	7,1	9,6	11,3	11,3	8,6	4,4	-1,3	-0,4
2008	0,6	1,1	0,6	0,0	7,6	10,6	11,2	0,0	7,7	4,3	0,7	0,0
2009	0,0	-3,2	-0,8	2,2	7,2	11,4	12,2	13,6	9,9	7,0	4,0	0,7
2010	0,5	0,1	1,6	4,7	5,6	10,4	0,0	12,6	9,0	3,7	1,1	-0,4
2011	1,0	-0,6	2,4	6,3	8,0	10,7	11,1	13,1	9,5	3,8	4,3	-0,2
2012	-1,7	-3,3	-0,1	3,3	7,5	11,3	11,3	12,9	10,0	5,5	2,4	1,3
2013	0,6	-0,6	2,7	3,0	4,2	8,7	14,2	12,0	9,6	7,7	2,5	-2,1
2014	2,3	1,3	1,4	6,3	6,5	9,9	12,6	12,5	11,6	8,7	4,9	0,2
2015	-2,1	-0,4	1,4	5,3	7,9	11,6	15,3	13,2	8,4	6,7	2,9	0,5
2016	2,7	1,3	0,3	3,4	6,6	10,1	13,8	12,8	9,8	5,9	1,9	0,4
2017	-2,9	1,3	2,2	2,9	8,7	13,7	13,3	13,0	8,5	5,4	-0,9	-0,2
2018	0,5	-1,4	2,8	5,2	7,2	11,7	13,5	12,9	11,3	5,5	4,2	0,9
2019	-2,3	-1,6	0,5	3,8	5,4	10,2	14,3	13,2	10,3	7,5	4,6	1,9
2020	0,3	2,0	2,6	7,3	9,1	10,8	13,7	12,4	9,7	5,3	3,9	1,6
2021	-2,1	3,4	1,3	4,3	7,2	10,9	12,0	12,1	11,3	4,9	0,8	1,9

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2022	-4,1	-1,5	4,1	2,8	8,5	12,4	14,5	15,2	10,1	8,7	4,2	3,9
t (Media de las mínimas)	-0,5	-0,4	1,4	4,0	7,2	10,4	11,6	11,4	9,2	5,8	2,4	0,4

Tabla 29: Temperatura media mensual

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	5,8	5,8	7,1	9,2	12,9	20,3	20,7	18,9	18,1	13,4	5,8	4,4
2005	2,6	2,7	7,7	10,9	15,5	17,6	0,0	21,4	16,6	12,5	7,4	4,1
2006	3,1	4,1	9,0	11,3	16,0	20,2	23,3	19,6	18,8	14,8	10,7	4,2
2007	4,6	7,7	7,1	10,8	13,7	16,8	19,9	19,4	17,3	12,1	6,5	4,6
2008	5,9	8,0	7,2	10,0	12,9	17,3	19,6	18,9	15,7	11,5	6,4	4,8
2009	4,0	5,0	8,0	8,9	15,3	19,0	20,7	22,1	17,7	14,1	9,3	4,6
2010	4,0	4,3	6,8	11,4	12,0	17,1	19,2	20,9	16,9	11,1	6,0	4,1
2011	4,4	5,6	7,9	13,4	15,6	18,2	19,2	21,2	18,5	13,0	8,9	4,6
2012	3,3	2,7	8,0	8,0	15,0	19,1	19,9	21,4	17,3	12,0	7,5	5,4
2013	4,8	4,2	7,3	9,0	10,4	16,0	22,5	20,7	17,4	13,4	6,9	3,3
2014	6,2	5,6	8,2	12,7	13,5	17,6	19,9	20,3	18,5	15,8	9,3	4,0
2015	2,9	3,9	8,0	11,5	15,3	19,4	23,8	21,1	15,9	12,8	8,6	6,7
2016	6,5	5,8	5,9	8,9	12,8	18,1	22,5	21,8	18,2	13,6	7,1	5,2
2017	3,1	7,0	9,3	11,6	16,1	21,6	21,6	21,2	16,5	14,4	6,5	4,4
2018	4,7	3,5	6,8	10,9	13,4	18,1	21,1	21,8	19,6	12,2	8,6	5,8
2019	3,3	6,7	8,5	9,6	13,5	18,6	22,4	21,4	17,3	13,9	8,0	6,4
2020	4,4	8,5	8,8	12,1	16,1	17,7	22,6	20,7	17,2	11,4	9,6	5,4
2021	2,4	8,4	8,2	10,2	14,0	18,3	20,6	21,4	17,6	12,9	5,8	6,8
2022	3,4	6,1	8,3	9,2	16,4	20,5	24,0	23,3	17,6	15,9	9,2	7,9
tm (Media mensual)	4,2	5,6	7,8	10,5	14,2	18,5	20,2	20,9	17,5	13,2	7,8	5,1

Tabla 30: Primera helada

Fecha más temprana de primera helada ■

Fecha más tardía de primera helada ■

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	1	6	1	9	8					13	17	3
2005	3	2	1	9								6
2006	2	1	1	11	1						15	9
2007	2	1	8	1					28	20	1	1
2008	1	2	4		1					4	12	
2009		6	6	1						16	9	1
2010	6	1	2	1	6					19	10	2
2011	20	1	1							21	18	1
2012	1	1	1	17						28	6	1
2013	2	2	1	5	4					30	15	2
2014	10	1	6								18	4
2015	1	1	4	2						15	12	2
2016	13	4	1	1	1					30	1	1



Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2017	1	8	15	2	1					23	1	1
2018	7	1	2		13					25	3	5
2019	1	2	1	3	4						16	3
2020	1	5	7	3						16	21	1
2021	1	14	9	4						14	5	1
2022	1	1	1	1							5	2

Tabla 31: Última helada

Fecha más temprana de última helada ■

Fecha más tardía de última helada ■

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2004	30	29	27	15	8					13	30	29
2005	31	28	19	17								29
2006	31	28	15	30	1						30	29
2007	31	26	28	5					28	28	30	31
2008	31	22	23		1					29	28	
2009		28	31	23						19	30	27
2010	30	20	17	13	16					27	30	30
2011	31	28	20							22	30	31
2012	31	29	30	17						31	29	30
2013	30	26	21	28	30					31	30	30
2014	30	24	27								18	31
2015	27	28	26	6						16	30	30
2016	20	29	24	29	2					31	25	31
2017	31	26	29	28	1					31	30	25
2018	31	27	22		13					29	29	31
2019	26	28	30	13	6						19	31
2020	23	24	31	4						17	30	30
2021	20	28	28	18						28	30	31
2022	31	28	6	6							27	17

Tabla 32: Precipitaciones medias mensuales

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1982	32,2	27,2	6,7	22,3	55,4	24,1	10,2	4,8	68,7	44,9	54,2	39,3
1983	5,9	32,1	8,3	63,7	47,0	25,8	10,6	46,5	5,8	10,6	46,0	51,7
1984	44,6	11,9	52,5	49,0	105,3	50,9	7,8	18,4	12,9	50,7	134,0	16,0
1985	47,5	51,1	23,9	73,3	52,6	19,7	15,2	0,0	3,4	4,1	64,2	76,1
1986	36,9	108,3	24,0	53,5	24,7	0,0	1,5	18,6	50,2	44,0	28,4	30,5
1987	73,4	60,7	27,8	67,5	20,6	22,3	32,0	6,8	44,8	62,8	29,0	51,4
1988	69,0	17,6	6,1	125,0	65,2	77,6	25,5	5,2	1,6	23,9	58,3	0,0
1989	21,5	40,4	16,1	73,7	106,6	10,7	42,5	5,8	25,3	11,5	93,2	115,8
1990	44,0	6,8	14,4	55,6	58,2	45,0	0,5	2,9	24,6	59,7	50,3	35,8
1991	31,4	49,9	49,4	31,2	26,5	4,7	0,7	41,0	41,3	27,9	14,2	10,1
1992	6,0	9,9	31,9	61,1	89,2	8,4	55,7	37,2	153,8	7,9	60,6	3,0
1993	5,1	25,1	47,1	64,6	32,8	2,0	26,2	56,7	139,7	32,9	6,5	51,0
1994	46,9	12,0	12,3	52,9	16,2	13,7	16,6	26,7	75,7	78,9	41,9	38,0
1995	51,1	12,8	24,4	42,9	22,0	7,9	16,6	44,4	24,0	111,0	148,5	67,5
1996	31,0	69,6	29,2	66,4	7,0	25,6	13,8	32,9	18,0	50,9	153,7	62,4
1997	7,8	0,0	50,8	97,6	48,2	58,5	39,9	38,9	41,3	183,5	139,7	44,9
1998	13,0	24,7	91,1	85,5	18,9	4,5	15,7	30,3	17,1	40,4	40,8	59,8
1999	21,4	26,2	77,6	42,6	6,4	1,8	28,5	67,3	109,5	15,7	45,1	19,4
2000	0,5	21,1	127,4	54,9	25,1	9,5	11,0	26,9	72,0	124,2	99,7	185,5
2001	33,3	103,9	6,3	36,0	3,5	48,8	11,6	31,4	64,5	2,1	5,4	44,4
2002	18,3	30,2	39,6	41,7	15,6	9,5	33,8	47,2	78,2	114,6	80,2	59,9
2003	43,5	38,7	65,5	22,7	22,0	5,7	16,6	20,6	121,0	80,4	37,7	41,4
2004	35,8	57,0	36,4	93,5	36,1	4,5	28,9	20,3	64,3	39,5	26,2	2,8
2005	5,0	14,2	24,5	59,1	14,2	0,0	1,6	6,9	142,8	65,7	55,4	30,4
2006	51,6	60,3	54,0	52,9	36,2	4,3	16,6	26,7	53,6	68,5	27,3	22,8
2007	77,5	24,0	75,1	78,9	48,4	4,2	26,1	62,8	65,5	49,1	1,6	48,4
2008	35,8	40,4	47,6	52,9	36,2	17,0	16,6	26,7	53,6	53,9	58,3	48,4
2009	35,8	40,4	47,6	31,8	42,3	0,4	8,2	1,7	42,7	31,1	125,3	53,6
2010	84,7	58,0	53,3	45,2	71,0	1,7	0,0	22,7	54,1	46,0	93,4	54,4
2011	27,8	42,1	55,6	29,8	17,7	3,0	63,1	0,0	27,2	58,3	17,6	21,9
2012	5,1	16,7	100,5	29,0	25,8	12,3	2,2	30,4	38,5	80,1	27,2	57,3
2013	38,8	152,0	45,5	47,3	19,8	20,0	0,0	54,7	51,1	8,8	76,6	76,9
2014	80,9	24,0	43,1	39,8	12,2	31,7	1,4	55,7	45,7	118,5	14,6	42,7
2015	34,0	19,5	43,9	6,1	37,7	4,4	16,3	30,1	38,3	25,3	21,4	142,9
2016	76,1	32,7	102,0	54,3	7,2	11,8	1,8	14,5	33,1	82,9	11,0	17,7
2017	41,8	20,8	8,5	54,6	23,5	39,2	19,6	1,0	14,2	17,4	42,2	99,3
2018	66,9	133,6	88,8	95,6	67,5	7,6	0,0	8,1	22,3	81,9	34,0	32,7
2019	1,9	14,8	61,4	6,4	14,9	10,7	10,3	28,8	70,5	78,0	106,7	25,2
2020	1,1	52,9	94,1	37,5	39,2	43,8	14,6	58,1	75,0	13,0	53,4	42,0
2021	74,3	1,2	95,7	64,3	53,8	4,9	4,5	24,1	47,5	37,0	35,1	13,8
2022	8,0	70,7	41,7	4,5	13,2	0,0	15,1	9,0	64,5	72,8	132,2	48,4
Promedio	35,8	40,4	47,6	52,9	36,2	17,0	16,6	26,7	53,6	53,9	58,3	48,4

Tabla 33: Precipitaciones máximas

PMAX (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1982	17,5	7,3	4,9	6,7	18,1	8,6	4,2	1,9	29,2	12,7	15,0	10,3
1983	4,5	12,0	5,9	18,8	10,8	17,0	10,6	18,7	3,0	5,5	11,9	11,8
1984	13,0	5,1	15,1	10,0	11,9	17,1	7,8	18,4	11,2	17,3	30,6	5,6
1985	14,3	12,7	9,7	20,1	16,5	12,5	10,0	0,0	3,4	3,1	17,8	11,4
1986	9,1	17,5	13,9	12,2	15,2	-0,3	1,5	17,3	27,3	18,0	15,6	16,3
1987	21,2	26,3	15,7	18,6	9,2	7,8	11,2	6,2	29,6	21,5	14,3	13,5
1988	23,9	4,1	3,1	24,4	28,1	14,2	19,6	5,2	1,6	20,0	0,0	0,0
1989	21,5	12,4	8,0	20,0	34,4	7,3	13,3	4,4	18,4	7,2	18,3	21,7
1990	10,2	3,4	12,8	11,3	17,7	21,3	0,3	1,0	8,3	13,7	23,4	9,6
1991	18,3	14,2	10,5	15,0	22,7	3,1	0,7	11,8	12,7	7,0	5,7	8,2
1992	5,8	4,3	12,9	16,8	20,7	4,0	25,9	24,0	28,4	3,0	26,5	3,0
1993	2,1	7,0	6,0	11,4	7,6	2,0	22,9	18,8	38,8	9,7	3,7	16,7
1994	11,7	10,3	7,3	0,0	9,1	11,1	0,0	0,0	20,7	22,3	15,9	11,5
1995	16,3	6,8	10,5	16,4	8,4	5,4	0,0	18,1	12,6	35,2	61,9	13,0
1996	8,3	21,9	12,8	18,8	4,2	12,8	8,7	16,5	10,0	10,4	36,1	14,4
1997	4,9	0,0	23,0	25,4	18,0	11,1	23,3	25,0	14,6	48,0	39,4	13,8
1998	8,0	14,6	12,4	34,1	9,9	3,7	8,6	8,5	9,6	28,2	13,0	33,3
1999	9,6	7,0	23,0	13,5	6,4	1,5	11,1	17,5	29,5	5,2	14,6	7,8
2000	0,3	7,9	27,8	18,7	9,4	3,0	10,7	10,6	32,5	25,3	16,1	34,4
2001	22,1	20,7	5,1	18,5	3,5	32,5	8,4	17,0	20,5	0,5	5,3	12,7
2002	9,6	6,9	18,7	13,4	6,0	7,8	8,3	13,5	24,0	28,0	26,0	19,2
2003	13,0	17,2	21,0	12,4	7,3	4,9	0,0	12,0	30,5	15,0	10,0	23,0
2004	0,0	22,0	10,0	32,7	22,6	3,2	13,5	9,2	15,0	17,0	11,0	2,8
2005	5,0	3,9	7,2	34,8	6,3	0,0	1,6	3,9	37,7	25,2	25,8	14,8
2006	0,0	22,0	16,5	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	17,0	12,0	15,5
2007	21,3	12,0	21,8	31,5	23,0	2,4	25,4	32,8	24,0	33,0	1,6	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2009	0,0	0,0	0,0	11,0	12,0	0,4	3,8	0,9	15,7	13,5	17,2	12,9
2010	16,2	11,5	18,2	18,5	26,3	1,0	0,0	11,4	12,6	18,8	15,4	17,3
2011	9,0	9,4	27,6	11,9	12,6	3,0	36,7	0,0	13,1	12,1	5,8	9,0
2012	2,0	8,0	16,0	8,4	10,6	9,1	1,7	14,3	18,4	14,1	5,8	19,9
2013	16,0	26,5	19,8	14,2	7,7	8,4	0,0	34,0	18,6	3,4	35,6	11,2
2014	18,7	7,8	21,8	9,7	6,7	15,5	1,4	19,5	17,1	25,4	8,2	18,0
2015	7,5	14,9	7,0	5,6	17,9	3,1	8,0	17,0	11,4	10,0	11,4	41,0
2016	22,0	6,2	14,4	11,4	4,9	8,6	1,8	10,0	14,4	27,8	5,5	10,0
2017	10,1	6,2	4,6	13,4	15,8	23,1	10,3	1,0	11,1	9,4	11,7	37,0
2018	28,0	26,4	20,0	20,0	12,1	3,9	0,0	2,4	6,0	22,2	18,5	10,9
2019	1,5	13,0	22,0	5,7	10,0	5,8	7,1	20,1	22,0	13,0	59,0	5,3
2020	1,0	22,6	16,3	11,5	13,5	31,0	14,1	17,1	26,3	7,1	10,2	11,4
2021	22,6	0,6	22,1	36,8	14,8	4,9	3,9	5,8	17,1	11,7	13,0	7,9
2022	3,6	18,1	8,7	3,6	5,5	0,0	7,2	5,5	15,0	12,8	33,1	0,0
Máxima absoluta 24h	28	26,5	27,8	36,8	34,4	32,5	36,7	34	38,8	48	61,9	41

PMAX (mm)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media máximas absolutas	11,0	11,5	13,5	15,5	12,6	8,2	8,4	11,5	17,4	15,9	17,6	13,6



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

## **Anejo Edáfico**

# Índice

## Contenido

1. Introducción .....	4
2. Geología .....	4
2.1 Antecedentes .....	4
2.2 Actualidad .....	5
2.2.1 Puntos de muestreo .....	6
2.2.2 Resumen de las características de los puntos de muestreo.....	10
3. Caracterización del suelo.....	12
3.1 Propiedades físicas.....	12
3.1.1 Profundidad .....	12
3.1.2 Textura .....	12
3.1.3 Estructura .....	13
3.1.4 Afloramientos rocosos .....	14
3.1.5 Permeabilidad.....	16
3.2 Propiedades químicas.....	16
3.2.1 pH.....	16
3.2.2 Fósforo Olsen en ppm.....	17
3.2.3 Nitrógeno (Nitratos).....	18
3.2.4 Potasio.....	18
3.2.5 Materia orgánica .....	19
3.3 Propiedades hídricas del suelo .....	20
3.3.1 Humedad de saturación .....	21
3.3.2 Capacidad de campo .....	21
3.3.3 Punto de marchitez permanente .....	21
3.3.4 Humedad higroscópica .....	22
4. Resumen de parámetros estudiados .....	22
5. Bibliografía.....	23



## 1. Introducción

El suelo constituye el soporte vital más importante para el desarrollo de las actividades humanas. Tanto es así, que el año 2015 fue declarado Año Internacional de los suelos por las Naciones Unidas, en el marco teórico de la Alianza Mundial por el Suelo, en colaboración con gobiernos y la organización Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (Miteco, 2024).

Las funciones del suelo son muy variadas, es medio físico que sostiene y aporta nutrientes a la vegetación, regula el ciclo del agua, filtrando, conduciendo y almacenando los reservorios de este precioso bien, funciona como hábitat para los organismos terrestres, produce recursos para la alimentación humana, es el soporte del ciclo del carbono...

Constituye el pilar de tres funciones vitales para el ser humano.

1. Medio físico que soporta las actividades humanas.
2. Emisor de recursos, fundamento de la seguridad alimentaria.
3. Receptor de efluentes, contaminantes o no.

Determinada la importancia del suelo como entidad, un objetivo a cumplir es su cuidado, a través del conocimiento de sus principales características.

## 2. Geología

Para conocer más a fondo las cualidades del suelo del lugar, se comienza por investigar la roca madre de la que procede y los procesos geológicos que han llevado a la situación actual a lo largo de muchos millones de años.

### 2.1 Antecedentes

La formación de la meseta castellana comenzó hace unos 65 millones de años (era mesozoica), cuando la placa africana se mueve hacia el norte, mientras que la placa euroasiática lo hace hacia el suroeste, comprimiendo entre ambas a la placa ibérica, generando los relieves que actualmente se conocen, Pirineos, Sistema Ibérico, Cordilleras Béticas, Sistema Central... Entre estos principales relieves, quedan zonas deprimidas, como la Meseta Norte, que reciben durante el Terciario sedimentos de los relieves que quedan por encima.

Se forma, de esta manera, cuenca del Duero, que es receptora de grandes volúmenes de sedimentos. Inicialmente se trataba de una cuenca endorreica, sin salida al mar, por ello, durante unos 60 millones de años, la meseta norte funciona como cavidad que se va llenando de sedimentos, generando a su vez una red hidrológica cuyo componente más importante es el Duero.

Debido al proceso de llenado por arrastre y aportes, se diferencian orlas concéntricas correspondientes a los distintos estratos sedimentarios, lecho lacustre en el centro, lechos fluviales alrededor y aluviales en el cinturón externo.

Hace aproximadamente 2 millones de años, la acción erosiva de la cuenca del Duero, en su recorrido descendente hacia el atlántico, genera una apertura en Zamora, finalizando la etapa de llenado de la Cuenca Terciaria del Duero, comenzando el Cuaternario, con la actual erosión y encajamiento de la red fluvial actual. (J. Delgado, 2011)

Una vez definida la generalidad geológica de la meseta, se define la zona objeto del proyecto. En “Análisis sedimentológico y paleogeografía en el Mioceno del sector Sacramenia (Segovia)-Peñañiel (Valladolid)”, se detalla:

*‘Los depósitos de Peñañiel corresponden a una paleogeografía muy somera con precipitación de  $CO_3Ca$ . A ésta se asocia un conjunto de extensas áreas llanas circundantes, donde, a causa de la climatología de carácter semiárido imperante en la cuenca, se desarrollan procesos post-sedimentarios que conducen al desarrollo de yeso y dolomía (I. Armenteros, 1986).’*

## 2.2 Actualidad

Las laderas de los páramos Valladolid habitualmente están labradas en terrenos blandos margosos (mezcla de caliza y arcilla), a veces con yeso, sobre las que apenas se puede desarrollar un débil horizonte de alteración capaz de sustentar un matorral herbáceo de tomillos, salvias y linos.

Para dimensionar la realidad del lecho con el que se pretende trabajar, el día 10 de agosto de 2024 se realizó una prospección para conocer el terreno y sus distintos suelos.

Se tomaron 5 puntos de muestreo a lo largo de las laderas, como se muestra en el plano siguiente (Plano 1: Puntos de muestreo), cada uno con sus características concretas (recopiladas en la Tabla 5: Características de los puntos de muestreo)



**Plano 1: Situación de los puntos de muestreo**

Los perfiles se cavaron de forma manual, con pico y azadón, hasta la profundidad a la que apareciera el depósito de caliza, punto a partir de cual se considera que la vegetación va a encontrar problemas para introducir las raíces.

Cabe considerar que este estrato de roca caliza o ‘tobiza’ como se conoce popularmente en la zona, es una roca caliza de origen sedimentario extremadamente blanda, con algún depósito puntual de yeso. Su falta de dureza hace que sea un material desechado para la construcción, por eso son famosos pueblos de alrededor como Campaspero, donde la piedra es mucho más dura y resistente.



## 2.2.1 Puntos de muestreo

Para los puntos de muestreo, se tomaron zonas lo más heterogéneas posible, con el fin de conocer las distintas tipologías edafológicas que se pueden encontrar.

### Zona 1:

Fundamentalmente cubierta de matorral, las herbáceas no proliferan con tanto éxito como en otras zonas.

Las especies son principalmente aulaga (*Genista scorpius*), salvia (*Salvia lavandulifolia*), tomillo rastrero (*Thymus zygis*), y hierba pincel (*Stachelina dubia*). Donde la cubierta de matorral no está presente, el suelo carece de vegetación (imagen 2: Área representativa del primer punto).

Para este caso y los sucesivos se utiliza una multiusos como referencia, puesto que no disponía de cinta métrica durante la prospección.

Dicha multiusos mide unos 10 cm, como se muestra a continuación (imagen 1: Multiusos de referencia).



Imagen 1: Multiusos de referencia



Imagen 2: Área representativa del primer punto (10/08/2024)

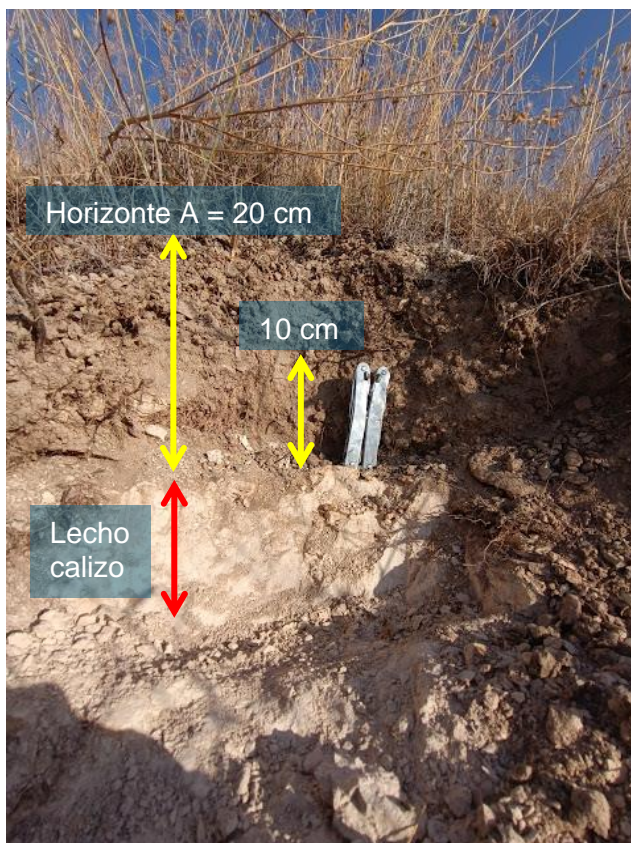


Imagen 3: Perfil del punto 1 (10/08/2024)



Este primer perfil, (imagen 3: Perfil del punto 1) tiene dos horizontes diferenciados, circunstancia que comparten el resto de los puntos de muestreo. Dichos horizontes, son un primer horizonte de tipo A, con abundantes raíces, insectos, y cierta actividad ecológica, y un segundo horizonte de tipo C o D, con carencia total de actividad, formado por el mencionado estrato calizo. Carece de horizonte orgánico tipo 'O' en la parte superior.

Fue en este primer punto de muestreo donde se tomó la decisión de no profundizar más allá de la roca caliza por el esfuerzo que supone y por la anchura variable de la zapata de roca, en algunos puntos es muy fina, en otros, puede alcanzar metros de profundidad, según los constructores de los municipios cercanos, que habitualmente tienen que trabajar este tipo de perfiles para asentar los cimientos de los edificios que construyen.

### Zona 2:

Para la segunda zona se escogió un ambiente distinto, desprovisto de vegetación en su mayoría, para comprobar la profundidad del suelo en puntos distintos. En este caso, los arbustos son menos abundantes y las herbáceas prácticamente no aparecen. Mayor pedregosidad, y piedras de mayor tamaño que en el caso anterior.



Imagen 4: Área representativa del segundo punto ((10/08/2024))



Imagen 5: Perfil del punto 2 (10/08/2024)

En este caso, como en el anterior, aparecen dos horizontes diferenciados, pero con una importante distinción, aquí el horizonte A apenas alcanza los 5 centímetros de profundidad, lo que supone un importante impedimento para la realización de tareas de preparación del terreno y la fijación de vegetación.



Para evitar este tipo de zonas, se planteará un plano de actuación excluyendo aquellos puntos donde la preparación del terreno sea muy dificultosa, y además no asegure la implantación de vegetación, tales como afloramientos rocosos, o este tipo de calveras, que en el fondo son también afloramiento rocoso, pero con una fina capa de suelo que los cubre (imagen 6: Lecho calizo cubierto de suelo)



Imagen 6: Lecho calizo cubierto de suelo (10/08/2024)

### Zona 3:

Este punto de muestreo se caracteriza por su abundante vegetación herbácea, sin afloramientos, calvas, o zonas estériles. Puntualmente aparece algún arbusto, o matas aromáticas rastreras (imagen 7: Área representativa del tercer punto)

La pendiente y la pedregosidad son menores que en el resto de zonas.



Imagen 7: Área representativa del tercer punto (10/08/2024)



Imagen 8: Perfil del punto 3 (10/08/2024)



Este punto de muestreo la profundidad es mucho mayor que en los anteriores, alcanzando aproximadamente 30 centímetros, cifra que hace más probable la implantación de vegetación y su futura persistencia.

#### Zona 4:

La vegetación predominante son las lavandas (*Lavandula latifolia*), con raíces en principio más profundas que las plantas anteriores. Abundantes herbáceas complementan el terreno.



Imagen 9: Área representativa del cuarto punto (10/08/2024)



Imagen 10: Perfil del punto 4 (10/08/2024)

Como se podía vaticinar por la vegetación del área, el perfil necesariamente ha de ser más profundo que en otros casos. Al excavar, se confirma que efectivamente la losa caliza es mucho más profunda en esta ocasión, no llegando siquiera a topar con ella tras realizar un agujero de más de medio metro. Este es el caso donde la preparación del terreno y la implantación de vegetación serán más sencillas.

#### Zona 5:

Se caracteriza por una mayor pedregosidad y la presencia de matas de bocha (*Dorycnium pentaphyllum*).

Es el perfil más alto tomado en la vertical de la ladera, lo cual conlleva una particularidad, la pedregosidad vista en la superficie no está patente bajo el suelo, por tanto, es probable que dichas piedras vengan de las tierras que quedan por encima, fruto del trabajo de muchas generaciones de labradores que las han ido echando ladera abajo para poder trabajar la tierra.



Por tanto, ésta pedregosidad superficial no debería suponer un impedimento para la preparación del terreno, dado que no se mantiene a lo largo del perfil.



Imagen 11: Área representativa de la quinta zona (10/08/2024)

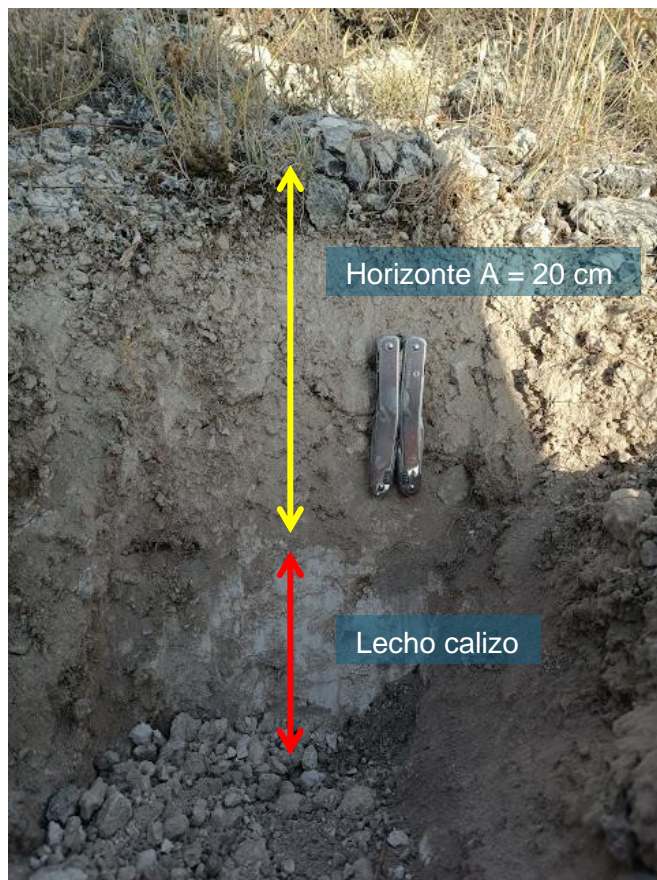


Imagen 12: Perfil del punto 5 (10/08/2024)

Por su parte, el perfil es menos profundo que en los casos anteriores, aunque como se comentaba anteriormente, carece de pedregosidad. El lecho calizo apenas a los 20 centímetros de profundidad, lo que dificulta como en otros casos la preparación del terreno.

### 2.2.2 Resumen de las características de los puntos de muestreo.

Con el fin de conseguir una visión de conjunto de las características de los puntos de muestreo, se elabora la siguiente tabla. (Tabla 1: Resumen de características de los puntos de muestreo).

Tabla 1: Resumen de características de los puntos de muestreo.

Característica	Perfil	Descripción
Vegetación	1	Aulaga ( <i>Genista scorpius</i> ), salvia ( <i>Salvia lavandulifolia</i> ), tomillo rastrero ( <i>Thymus zygis</i> ), y hierba pincel ( <i>Staehelina dubia</i> ). Puntualmente aparece el espino negro ( <i>Rhamnus lycioides</i> ) Especies herbáceas ausentes.
	2	Hierba pincel ( <i>Staehelina dubia</i> ) y bocha ( <i>Dorichium pentaphyllum</i> )



Característica	Perfil	Descripción
		Especies herbáceas ausentes.
	3	Matas rastreras de tomillo tapizan gran parte de la superficie ( <i>Thymus zygis</i> ). Especies herbáceas muy abundantes, cubren todo el suelo.
	4	Arbustos de lavanda ( <i>Lavandula latifolia</i> ) abundantes. Todo el resto de suelo cubierto por herbáceas
	5	Espino negro ( <i>Rhamnus lycioides</i> ), bocha ( <i>Dorcnium pentaphyllum</i> ) Herbáceas presentes, pero con menor densidad
Profundidad (Horizonte O ausente, lecho calizo con profundidad variable)	1	Horizonte A: 20 cm
	2	Horizonte A: 5 cm
	3	Horizonte A: 30 cm
	4	Horizonte A: 50 cm
	5	Horizonte A: 20 cm
Porcentaje de suelo cubierto por la vegetación	1	40 – 60 %
	2	10 – 20 %
	3	90 – 100 %
	4	80 – 90 %
	5	60 – 70 %
Pedregosidad y tamaño de las piedras	1	Elevada, piedra fina (0,5 – 2 cm)
	2	Elevada, piedra fina y grava (0,5 – 4 cm)
	3	Media, piedra fina (0,5 - 2 cm)
	4	Elevada, piedra fina (0,5 – 2 cm)
	5	Elevada, rocas provenientes de perfiles superiores (5 – 20 cm)
Pendiente	1	22,83 %
	2	36,64 %
	3	20,70 %
	4	17,44 %
	5	31,74 %
Preparación del terreno	1	Difícil, las tareas de ahoyado rápidamente toparán con el lecho calizo.
	2	Muy difícil, apenas hay suelo en este perfil, si es posible, evitar zonas con estas características, poniendo atención a los parches ausentes de vegetación y a los afloramientos calizos.
	3	Moderadamente complicada, el lecho calizo aparece pronto.
	4	Sencilla, suelo muy profundo, lecho calizo ausente.
	5	Difícil, las tareas de ahoyado rápidamente toparán con el lecho calizo.
Altitud	1	860,53 m
	2	861,87 m
	3	857,83 m
	4	859,02 m
	5	867,41 m
Coordenadas (UTM 30N, EPSG 25830)	1	X = 402892,255    Y = 4602640,815
	2	X = 403008,671    Y = 4603064,952
	3	X = 403449,415    Y = 4602696,784
	4	X = 403082,238    Y = 4602400,864
	5	X = 402596,342    Y = 4602431,299

### **3. Caracterización del suelo.**

Todos los datos con los que se trabaja a continuación proceden del Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León (Itacyl). A través de los servicios WMS (Web Map Service) se estudian los parámetros principales que afectan a la composición química del suelo, para posteriormente poder plantear alternativas ajustadas a la realidad.

Los datos se presentan como intervalos, dado que hay distintas informaciones en función del punto de referencia, es decir, las propiedades no son homogéneas a lo largo de toda la zona de estudio, por ello, normalmente se emplea el dato medio. De cualquier forma, en no hay mucha diferencia entre los valores máximos y mínimos de las magnitudes estudiadas.

#### **3.1 Propiedades físicas**

Características que afectan al comportamiento del suelo en distintas situaciones. Entre ellas, afecta principalmente al alcance del proyecto la profundidad, la textura, la estructura, los afloramientos rocosos y la permeabilidad, aunque hay muchos otros parámetros físicos que no se tienen en cuenta, por ejemplo, la porosidad, la posible formación de costra de laboreo, la densidad...

##### **3.1.1 Profundidad**

Para la profundidad se atiende especialmente al horizonte A, que se extiende desde la superficie hasta la roca. No se divide en más horizontes porque el perfil resulta bastante homogéneo en todas las zonas estudiadas.

La profundidad describe en el apartado anterior (2.2.2 Resumen de las características de los puntos de muestreo), y resulta muy variable a lo largo de las zonas. En términos generales, oscila entre 5 y 60 centímetros, entre la superficie del suelo y la roca caliza.

Ésta es una roca incoherente muy meteorizada, que puede destruirse para profundizar sin complicación, pero ofrece un importante impedimento a la proliferación de los árboles y sus raíces por ser un medio bastante inerte, carente de agua y con pocos nutrientes.

##### **3.1.2 Textura**

La estructura se estima en función de las proporciones de arena, limo y arcilla, que según el Itacyl para el lugar son:

###### **1. Arena**

Los porcentajes de arena oscilan entre 46,21 % y 53,20 %. Se trabaja con el valor medio en este intervalo (49,70 %).

###### **2. Limo**

Los porcentajes de limo oscilan entre 28,52 % y 30,34 %. Se trabaja con el valor medio en este intervalo (29,43 %).

###### **3. Arcilla**

Los porcentajes de arcilla oscilan entre 21,12 % y 24,15 %. Se trabaja con el valor medio en este intervalo (22,64 %)

Con estos datos, la textura se puede calcular a partir del triángulo de texturas, tomando los porcentajes de cada una de las partes por separado, tal y como se muestra en la imagen siguiente (imagen 13: Triángulo de texturas).

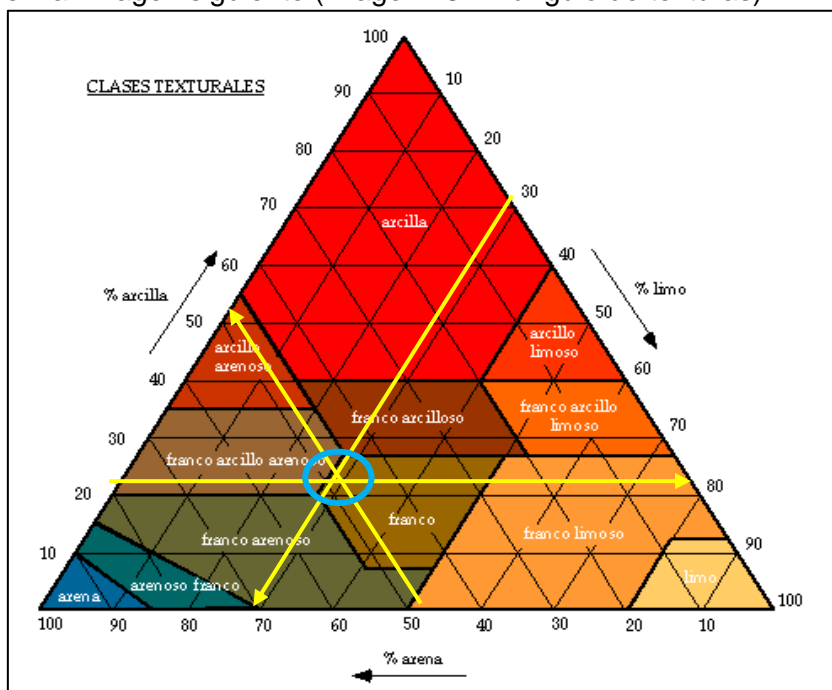


Imagen 13: Triángulo de texturas (USDA)

La textura, por tanto, según los datos analizados, se encuentra en la frontera entre suelo franco y suelo franco arcilloso arenoso.

### 3.1.3 Estructura



Imagen 14: Agregados del suelo (10/08/2024)

La estructura es una cualidad importante para la vegetación, puesto que será determinante para las plantas, modificando la capacidad de penetración de las raíces, el aireado del suelo, la permeabilidad y conductividad hidráulica del suelo, etc.

En este caso, macroscópicamente pueden apreciarse grandes grupos de agregados en las zonas provistas de vegetación (imagen 14: Agregados del suelo).

Se trata de cúmulos de partículas de suelo de entre 1 y 4 centímetros entre sus dos extremos opuestos, dado que tienen eje dominante habitualmente.

Estos agregados se encuentran principalmente en la primera capa de suelo, allí donde las raíces de las plantas pioneras han conseguido introducirse, y son menos comunes conforme

aumenta la profundidad, formando el suelo un estado más uniforme, donde el suelo se encuentra prieto y sin aireación, hasta llegar a la capa de roca madre meteorizada.

### 3.1.4 Afloramientos rocosos

Los afloramientos son comunes, y se disponen como largas líneas de roca perpendiculares al sentido del perfil.

El perfil transversal se asemeja a un panel con distintas capas apiladas, donde se alternan los afloramientos y las zonas con suelo, debido a distintos procesos geológicos de sedimentación.

Esta circunstancia es fácilmente observable en los perfiles de desmonte, donde se cortó el terreno para construir los terraplenes que forman el camino que rodea el embalse (imágenes 15 y 16: Perfiles de desmonte).



Imagen 15: Perfil de desmonte  
(10/08/2024)

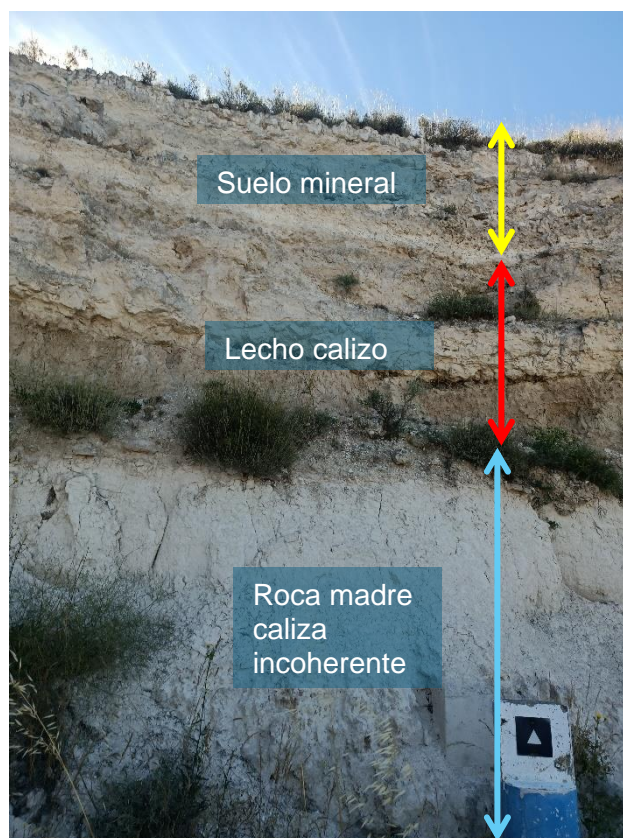


Imagen 16: Perfil de desmonte  
(10/08/2024)

En aquellas zonas donde el suelo no alcanza a cubrir esas líneas calizas, aparecen los afloramientos.

Hay de diversos tipos y tamaños, en algunas zonas apenas alcanzan 5 centímetros de grosor (imagen 17: Afloramientos delgados), mientras que en otras son verdaderos bloques que impiden totalmente la preparación del terreno o cualquier otra labor (imagen 18: Afloramientos en bloque).

Mientras que los afloramientos delgados son de un material muy meteorizado y se pueden trabajar sin demasiadas limitaciones, los bloques son de piedra mucho más dura y menos alterada, e impiden su trabajo por completo, siendo la única alternativa sacarlos del terreno y moverlos a otro sitio, aunque este tipo de actuaciones no tienen cabida y no se llevarán a cabo en este proyecto.





**Imagen 17: Afloramientos delgados (10/08/2024)**

Como se ve en la imagen 17, aparece un afloramiento de poco grosor. Este tipo de afloramientos aparece distribuido de forma salteada por todas partes, aunque no supone un grave impedimento para el trabajo porque se trata de perfiles muy alterados y se pueden romper con facilidad.



**Imagen 18: Afloramientos en bloque (10/08/2024)**

Por su parte, los afloramientos en bloque aparecen especialmente en la parte superior de las laderas de la mitad sureste del embalse. Son menos comunes, pero impiden totalmente las labores de preparación del terreno. Por ello, y por las zonas de difícil laboreo, se plantea un plano que recoge las áreas a evitar a la hora de preparar el terreno (Plano 4: Afloramientos rocosos y zonas de difícil laboreo), donde se recogen lugares con pendientes extremas, afloramientos en bloque, zonas totalmente carente de vegetación donde no se espera lograr la repoblación...

### 3.1.5 Permeabilidad

La permeabilidad se define como 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.

En este caso, los datos del ITACyL reflejan una permeabilidad del suelo oscilante entre 292,78 y 352,26 mm/día.

Tomando datos de referencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se pueden encontrar tablas como la siguiente tabla 2 : Clases de permeabilidad según la FAO

Tabla 2: Clases de permeabilidad según la FAO (fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)

Clases de permeabilidad de los suelos	Índice de permeabilidad <sup>1</sup>	
	cm/hora	cm/día
Muy lenta	menor de 0.13	menor de 3
Lenta	0.13 - 0.3	3 - 12
Moderadamente lenta	0.5 - 2.0	12 - 48
Moderada	2.0 - 6.3	48 - 151
Moderadamente rápida	6.3 - 12.7	151 - 305
Rápida	12.7 - 25	305 - 600
Muy rápida	mayor de 25	mayor de 600

La tabla anterior refleja las categorías en cm/día, mientras que los datos de los que se dispone están en mm/día, por lo que se debe hacer una conversión de unidades.

$$292,78 \frac{mm}{día} = 29,2 \frac{cm}{día}$$

Por tanto, la permeabilidad de este suelo puede clasificarse como moderadamente lenta según la FAO, circunstancia que seguramente fue determinante a la hora de proponer el proyecto del embalse.

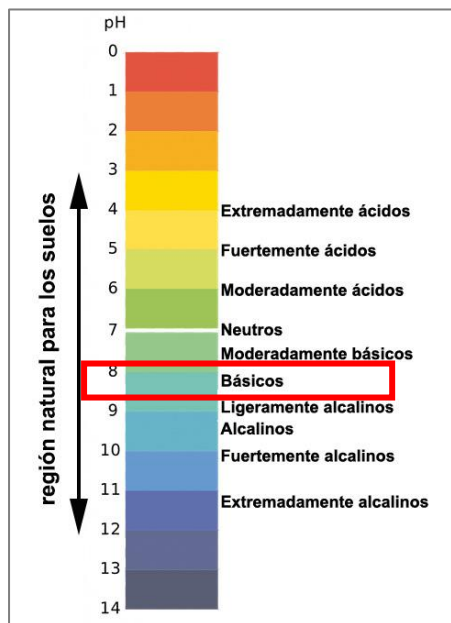
De cara al proyecto actual, es interesante conocer la permeabilidad por dos motivos, por un lado, para hacer cálculos sobre las condiciones de erosión del suelo, y por otro, para determinar la eficiencia de los riegos.

### 3.2 Propiedades químicas

De igual forma que las propiedades físicas, las propiedades químicas modelan el comportamiento del suelo ante distintas situaciones, y determinarán la capacidad del suelo para sustentar la vegetación potencial.

#### 3.2.1 pH

El pH se define como el logaritmo decimal negativo de la actividad de los protones en la fase líquida del suelo, de manera que, cuanto menor es el valor del pH, mayor es la acidez o la actividad de los protones.



La reacción del suelo (o grado de acidez, basicidad o neutralidad) es una propiedad físico-química que se expresa por medio del pH.

El pH de la zona se encuentra entre 8,352 y 8,356, es decir, se trata de un suelo básico (imagen 19: Escala edáfica de pH).

Habitualmente se trata de suelos poco fértiles, con problemas de salinidad, por elevada concentración de sales minerales.

Por otro lado, es habitual en estos suelos la ausencia o carencia de hierro, zinc o magnesio.

Las especies vegetales que se elijan para la repoblación deberán estar acondicionadas a este tipo de suelo.

Imagen 19: Escala edáfica de pH

### 3.2.2 Fósforo Olsen en ppm

El fósforo en el suelo es un nutriente esencial para las plantas interviene en procesos como la fotosíntesis y la síntesis de ácidos nucleicos.

El método Olsen, desarrollado por Sterling Olsen en 1954 se adapta especialmente a suelos calizos con pH elevado, coincidiendo a la perfección con las características del lugar.

El intervalo de valores se encuentra entre 27,73 y 31,75 mg/kg, de media, se emplea 29,74 mg/kg como valor de referencia.

Atendiendo a los modelos de la FAO, de donde se extrae la tabla 3: Categorización cualitativa de la concentración de fósforo Olsen Según la FAO, se puede poner en contexto este valor.

Tabla 3: Categorización cualitativa de la concentración de fósforo Olsen según la Fao (fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

Categoría	Concentración de Fósforo Olsen (mg/kg)	Interpretación
Bajo	< 12	Crecimiento deficitario, desarrollo radicular limitado, coloración púrpura en plantas. Requiere fertilización.
Medio	12 – 24	En plantas sensibles se pueden observar signos leves de deficiencia. Requiere enmienda.
Óptimo	24 – 36	Nivel adecuado para la mayoría de plantas para un crecimiento adecuado y sano.
Alto	36 – 80	Nivel por encima de la suficiencia, precaución con las fertilizaciones por posible impacto ambiental.
Muy alto	> 80	Puede inducirse toxicidad, afectando la absorción de otros nutrientes como el zinc.

Según los datos obtenidos, el suelo tiene una cantidad óptima de fósforo disponible, suficiente para el desarrollo de las plantas, pero dentro del margen para evitar toxicidad por exceso.

### 3.2.3 Nitrógeno (Nitratos)

El contenido de nitrógeno en el suelo es otro factor determinante para el desarrollo normal de las plantas. En el suelo, se encuentra principalmente en su forma salina ( $\text{NO}_3^-$ ), formándose habitualmente mediante la nitrificación de formas inorgánicas como el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ).

Según los datos del ITACyL, el valor de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en la zona es de entre 3 – 14,88 mg/l en la solución de suelo, se empleará el valor medio para el análisis: 8,94 mg/l. Tomando como referencia las tablas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (tabla 4: Categorización de la concentración de nitratos en el agua del suelo según la FAO).

Tabla 4: Categorización cualitativa de la concentración de nitratos en el agua del suelo según la FAO  
(Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

Categoría	Concentración de Nitrato (mg/l)	Interpretación
Muy bajo	<5	Deficiencia grave, se precisa una fertilización de los cultivos.
Bajo	5 – 10	Moderado déficit, suele requerir enmienda para que las plantas se desarrollen con normalidad.
Medio	10 – 20	Nivel adecuado para la gran mayoría de las plantas
Alto	20 – 30	Nivel más que adecuado, precisa precaución si las plantas son sensibles.
Muy alto	>30	Riesgo de lixiviación a aguas subterráneas, evitar fertilizaciones adicionales.

En este caso, la cantidad de nitratos en el suelo es deficitaria para algunas plantas, por lo tanto, habrá que tener en cuenta la elección de especies que se lleve a cabo en la zona para encontrar una que pueda adaptarse bien a los condicionantes locales.

### 3.2.4 Potasio

El potasio es el último de los tres elementos fundamentales en los cultivos, al menos en el manejo agrícola tradicional, pues configuran el archiconocido trío NPK, suponiendo los tres macronutrientes más esenciales el crecimiento y desarrollo de las plantas en condiciones normales.

El potasio en las plantas cumple diferentes funciones, regula el equilibrio osmótico, el transporte de nutrientes, mejora la resistencia al estrés de las plantas, regula la activación de enzimas presentes en procesos fotosintéticos...

Según los datos del ITACyL, la concentración de potasio en el suelo es de entre 255,04 y 275,73 ppm en la zona de estudio.



Atendiendo, como en el resto de casos, a los datos de referencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Tabla 6: Clasificación cualitativa de la concentración en el suelo de Potasio según la FAO), se puede comparar con los valores obtenidos.

Tabla 6: Clasificación cualitativa de la concentración en el suelo de Potasio según la FAO (Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación)

Categoría	Concentración de Potasio (ppm)	Interpretación
Muy bajo	< 50	Deficiencia severa, procesos fotosintéticos muy degradados, apertura estomática anormal. Fertilización necesaria.
Bajo	50 – 100	Alto déficit, problemas en la mayoría de los cultivos, requiere enmienda.
Moderado	100 – 150	Problemas en plantas sensibles a bajo contenido en potasio, puede requerir enmienda.
Adecuado	150 – 250	Nivel suficiente para la mayoría de las plantas, en algunas ocasiones requiere enmiendas de reconstitución.
Alto	250 – 400	Disponibilidad abundante de potasio para todas las plantas, incluso algunas sensibles pueden verse afectadas por toxicidad.
Muy alto	> 400	Nivel de abundancia superior, en muchos casos, puede suponer un problema de toxicidad por antagonismo en la absorción de nutrientes.

El potasio no supondrá un condicionante por su falta, como ocurre con el nitrato, si no por su concentración relativamente elevada, pudiendo dar problemas si las especies seleccionadas para la repoblación son especialmente sensibles a la toxicidad por antagonismo en la absorción de otros nutrientes.

### 3.2.5 Materia orgánica

El contenido en materia orgánica de un suelo es una de sus propiedades más importantes, porque incide directamente en otras propiedades.

Muchas de estas propiedades se deben a la carga que poseen algunos grupos funcionales, como el carboxilo (-COO<sup>-</sup>) o el fenólico (-OH). Esta carga negativa atrae a partículas pequeñas cargadas positivamente como las arcillas, favoreciendo la formación de agregados a través de moléculas con carga positiva, como el calcio (Ca<sup>2+</sup>).

Según los datos del ITACyL, la concentración de materia orgánica en la zona se encuentra entre 1,887 y 1,819, siendo la media de los dos valores 1,845. Este valor se encuentra expresado en porcentaje sobre el total del peso del suelo.

Para cuantificar esta cantidad, se acude a valores tabulados, en este caso, por la empresa AgriNova Science, especializada en el desarrollo de productos

bioestimulantes para uso agrícola (tabla 7: Concentración de materia orgánica en el suelo.)

Tabla 7: Concentración de materia orgánica en el suelo.  
(Fuente: AgriNova Science)

<b>Materia orgánica</b>	
<b>Clase</b>	<b>(Porcentaje)</b>
Extremadamente pobre	0.00-0.60
Pobre	0.61-1.20
Medianamente pobre	1.21-1.80
<b>Mediano</b>	<b>1.81-2.40</b>
Medianamente rico	2.41-3.00
Rico	3.01-4.20
Extremadamente rico	Mayor de 4.20

En el artículo del que se extrae la información, se asegura que con un porcentaje de materia orgánica cercano al 5% se favorecen factores como la retención de agua en el suelo, y también se mejora la aireación del mismo. Por tanto, con un contenido tan bajo, el efecto será mediocre.

También es cierto que es una empresa dedicada a la venta productos destinados a la venta de fertilizantes y bioestimulantes, de cara a su línea de productos, la idea que tienen que vender es que cuanto más materia orgánica, mejor.

### 3.3 Propiedades hídricas del suelo

Las propiedades hídricas del suelo hacen referencia al comportamiento del agua dentro del perfil, cómo se almacena, donde se encuentra y la forma en la que se encuentra disponible para las plantas.

Para comprender el comportamiento del agua en el suelo resulta imprescindible conocer el lugar en el que se almacena y se mueve, es decir, los poros del suelo.

La porosidad es una cualidad crítica del suelo en materia de retención y disponibilidad de agua, y el tamaño de los poros condiciona en gran medida estas dos características.

- Poros grandes ( tamaño > 0,8 mm):

Los poros grandes permiten que el agua fluya rápidamente a través del suelo por gravedad, por lo que durante la saturación, el agua ocupa estos espacios.

Los suelos arenosos tienen abundancia de poros de gran tamaño, de ahí su alta capacidad de drenaje.

- Poros de tamaño medio (tamaño entre 0,02 y 0.8 mm):

Los poros de tamaño medio retienen agua de manera capilar, es decir, el agua se adhiere a las paredes de los poros.

Este agua es la que está disponible para las plantas, ya que no es tan fácilmente drenada por gravedad, pero tampoco está tan fuertemente unida como en los poros más pequeños.

- Poros pequeños (Tamaño: < 0.02 mm.)

Los poros más pequeños retienen el agua de forma más fuertemente adherida a las partículas del suelo, lo que hace que esta agua no sea accesible para las plantas.

Actúan fuerzas como la tensión superficial, la cohesión entre partículas y la adhesión de moléculas de agua al suelo, haciendo que el agua quede unida con una fuerza suficiente como para que las raíces de las plantas no puedan extraerla.

A continuación, se listan las características hídricas del suelo, de mayor a menor contenido en agua.

### 3.3.1 Humedad de saturación

La humedad de saturación representa el momento en el que todos los poros del suelo están completamente llenos de agua. Sería la condición en la que se encontraría el suelo inmediatamente después de un riego abundante o un evento de lluvia.

Según el ITACyL, la humedad de saturación de los suelos de la zona se encuentra entre 43,168 y 43,648 % , expresado como humedad volumétrica en porcentaje, es decir, el volumen de la fracción líquida con respecto al volumen de la muestra de suelo.

La expresión de este valor en porcentaje según lo indicado se mantiene para el resto de características del suelo.

### 3.3.2 Capacidad de campo

Hace referencia a la cantidad de agua que queda en el suelo después de un evento de lluvia, tras haber perdido todo el exceso por percolación. Lo que es lo mismo, es el punto en el que los poros grandes (tamaño > 0,8 mm) han drenado todo el agua que hay en ellos, quedando el agua de los poros medianos y pequeños.

Un suelo en capacidad de campo es el momento de disponibilidad hídrica ideal para las plantas.

Según el ITACyL, el valor de la capacidad de campo para la zona está entre 26,010 y 28,350 %.

### 3.3.3 Punto de marchitez permanente

Representa el estado del suelo cuando solamente los poros pequeños (tamaño < 0,02 mm) están saturados, mientras que los medianos y los grandes han perdido el agua y se encuentran ahora llenos de aire.

En este estado, la fuerza de adhesión que ejercen las partículas de suelo sobre las moléculas de agua hace que sea imposible para las plantas extraer agua, o dicho de otra forma, el potencial hídrico del suelo se vuelve tan bajo que las plantas no pueden superarlo.

Según el ITACyL, el valor se encuentra entre 13,556 y 14,657 %.

### 3.3.4 Humedad higroscópica

Representa el contenido de agua en el suelo cuando únicamente queda la fracción adsorbida sobre partículas de suelo. En esta situación, es imposible para las plantas extraer nada del suelo, siendo una situación más restrictiva aún que el punto de marchitez permanente.

El contenido en humedad higroscópica de un suelo es el más pequeño de todos, y su estudio requiere de un análisis especializado en laboratorio, con su consiguiente acarreo económico. Sumado esto a que es una condición en la que ninguna planta puede sobrevivir, su estudio no se considera primordial en muchos casos.

Puede que por esta misma razón, el ITACyL no tenga medida esta característica, así que no se lista en el estudio.

## 4. Resumen de parámetros estudiados

Para poder acceder a la información obtenida de forma rápida, se plantea la siguiente tabla (Tabla 8: Resumen de características edáficas)

Tabla 8: Resumen de características edáficas.

Características físicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
Profundidad	Entre 5 y + 50 cm	En algunas zonas, especialmente las desprovistas de vegetación, el lecho calizo puede dificultar la preparación del terreno.
Textura	Franco- arcillosa arenosa.	Textura intermedia, con cualidades adecuadas para diversidad, pero sin ser óptimo para nada.
Estructura	Granular 1 – 4 cm	Suelo con estructura intermedia, al igual que el caso de la textura, adecuado, sin destacar.
Afloramientos rocosos	Delgados y en bloque	Los afloramientos delgados permiten laboreo, el trabajo sobre afloramientos en bloque es irrealizable.
Permeabilidad	Entre 29,2 y 35,2 mm/día	Velocidad de infiltración moderadamente lenta, puede implicar problemas en los riegos y favorecer la erosión.
Características químicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
pH	8,352 – 8,356	Suelo moderadamente alcalino, requiere especies adaptadas a suelo básico y calizo, con elevada concentración de CaCO <sub>3</sub> .
Fósforo Olsen	27,73 – 31,75 mg/kg	Nivel intermedio, sin limitación al crecimiento.
Nitrógeno (Nitratos)	3 – 14,88 mg/l	Nivel bajo, puede limitar el crecimiento de plantas sensibles a su ausencia.

Características físicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
Potasio	255,04 – 275,73 ppm	Nivel alto, en plantas sensibles, puede causar toxicidad por exceso.
Materia orgánica	1,819 – 1,880 %	Nivel medio, puede limitar el crecimiento.
Características hídricas		
Parámetro	Valor/ Estado	Interpretación
Humedad de saturación	43,168 – 43,648 %	Humedad máxima del suelo, en condiciones de saturación total
Capacidad de campo	26,010 – 28,350 %	Humedad disponible para la vegetación
Punto de marchitez permanente	13,556 – 14,657 %	Punto a partir del cual las plantas son incapaces de superar el potencial hídrico de este suelo y mueren por sequía.
Humedad higroscópica	No evaluada	Humedad residual del suelo seco, no estudiada para este caso.

## 5. Bibliografía

1. Armenteros, I., Fernández Macarro, B., Recio, C., & Blanco, J. A. (1986). *Análisis sedimentológico y paleogeografía en el Mioceno del sector Sacramenia (Segovia)-Peñañiel (Valladolid)*. Studia Geológica Salmanticensia, 22, 247-262.
2. Delgado, J (2011) *Un paseo de 25 millones de años con los fósiles y minerales como testigos de la historia geológica de Valladolid*. Geología Valladolid, Universidad de Valladolid.
3. J. D. Etchevers, C. H. Moreno (2021) *Procedimiento de operación estándar para fósforo disponible. 'Método Olsen'*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
4. R. V. Rojas (2009) *Guía para la descripción de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*.
5. 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.
6. Agri Nova Science. (2024). *La utopía del 5% de la materia orgánica*. AGRI Nova Science.  
<https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafoel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

## **3. Anejo de Flora y Fauna**

# Índice

## Contenido

1. Introducción y objetivos .....	4
2. Flora .....	4
2.1 Arbolado y su evolución .....	4
2.2 Especies de arbolado.....	7
2.2.1 Pinaceae.....	7
2.2.2 Cupressaceae.....	8
2.2.3 Fagaceae.....	8
2.2.4 Rosaceae.....	9
2.2.5 Salicaceae .....	10
2.3 Arbustos.....	11
2.3.1 Lamiaceae .....	11
2.3.2 Rosaceae.....	13
2.3.3 Fabaceae.....	14
2.3.4 Linaceae .....	15
2.3.5 Boraginaceae.....	15
2.3.6 Rhamnaceae .....	16
2.3.7 Tamaricaceae .....	16
2.4 Herbáceas .....	16
2.4.1 Asteraceae.....	17
2.4.2 Rosaceae.....	17
3. Fauna .....	18
3.1 Mamíferos.....	18
3.1.1 Familia Leporidae .....	18
3.1.2 Familia Cervidae .....	20
3.1.3 Familia Suidae .....	21
3.1.4 Orden Rodentia .....	21
3.1.5 Familia Canidae .....	22
3.2 Aves.....	23
3.2.1 Familia Podicipedidae .....	25
3.2.2 Familia Anatidae .....	25
3.2.3 Familia Rallidae .....	25
3.2.4 Familia Phasianidae.....	26
3.2.5 Familia Accipitridae .....	26
3.3 Fauna acuática .....	27
3.3.1 Familia Esocidae:.....	27
3.3.2 Familia Cyprinidae .....	28
3.3.3 Otros integrantes .....	28
3.4 Reptiles.....	28
3.4.1 Familia Colubridae .....	28
3.4.2 Familia Lamprophiidae.....	29
3.5 Anfibios .....	29
3.5.1 Familia Bufonidae .....	29
3.6 Invertebrados .....	30
4. Conclusiones .....	31
5. Bibliografía.....	31



## 1. Introducción y objetivos

En el presente anejo se pretende establecer un resumen de las especies, tanto animales como vegetales, que pueblan el entorno objeto de repoblación, desde las laderas que circundan el embalse, a las aguas del mismo, pasando por las aves que surcan el cielo que lo corona.

## 2. Flora

Tal y como se ha descrito con anterioridad, la flora se caracteriza por estar fundamentalmente compuesta de especies xerófilas, como arbustos y matas aromáticas, siempre acompañadas de abundantes herbáceas que tapizan un importante porcentaje del terreno.

Los árboles juegan un papel secundario, por lo menos en las laderas objeto de repoblación, donde se encuentran a duras penas una encina, un quejigo, una sabina, y un puñado de pinos de Alepo.

A continuación, se desarrollará más este apartado.

### 2.1 Arbolado y su evolución

La caracterización del arbolado en este caso resulta sencilla; no hay árboles apenas, al menos en la zona que se busca repoblar, por encima del camino.

Por debajo del camino, en la zona en contacto directo con el agua, se ha producido un espectacular avance espontáneo de los chopos (*Populus nigra* L.), que puede incluso apreciarse en las fotos (imágenes 1 y 2, Evolución de la vegetación en el embalse).

De las citadas, la imagen 1 (Evolución de la vegetación en el embalse (2017) guarda especial significado en este proyecto, pues a través de su fuente, un vídeo subido a Youtube de mano de Ecogeo Drones S.L., (fuente : <https://youtu.be/CP2JS62S3xk>), pude conocer por primera vez este paraje y comenzar a visitarlo.

En la imagen aérea (imagen 1) es evidente que la vegetación arbórea aún no estaba desarrollada, circunstancia lógica si se tiene en cuenta que las obras y el llenado terminaron en 2015, y que cambia radicalmente en la siguiente imagen (Imagen 2: Evolución de la vegetación (2022)).



**Imagen 1: Evolución del embalse (2017)** (Fuente : Ecogeo Drones S.L.  
<https://youtu.be/CP2JS62S3xk> )



**Imagen 2: Evolución del embalse (2022)** (Fuente: Ruta del  
Vino <https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra> )

Aunque las imágenes están tomadas desde distinto ángulo, es evidente que la vegetación ha avanzado en gran medida. Desde el punto de vista del camino también es una cualidad que se percibe, se puede ver a continuación, en las imágenes 3 y 4.



**Imagen 3: Evolución del embalse (2015)** (Fuente:  
<https://es.wikiloc.com/rutas-mountain-bike/olombrada-embalse-de-manzanillo-10539396> )



**Imagen 4: Evolución del embalse (20/05/2023)**

Las anteriores imágenes (imágenes 3 y 4) están tomadas desde puntos cercanos, pero enfocan a distinto lugar. En cualquier caso, se ve claramente la diferencia en la evolución de la vegetación, por un lado, (imagen 3), se trata de una fotografía tomada en 2015 por un usuario de wikiloc, que subió la instantánea de su paseo en bicicleta con un paisaje sin arbolado aparente, por otro (imagen 4), se trata de una fotografía propia en la que los árboles impiden la visión del embalse, tomada 8 años después.



Se trata, por tanto, de una colonización relativamente rápida, en unos 9 años se han establecido y multiplicado los chopos con gran éxito.

Se pueden apreciar estructuras reproductivas, como los amentos, largas cadenas de cápsulas donde se almacenan las semillas, que, recubiertas de un tejido algodonoso, vuelan llevadas por el viento.

En la imagen (imagen 5) se encuentra un chopo hembra con los citados amentos, y la semilla recubierta de sustancia algodonosa.

**Imagen 5: Estructuras reproductivas en chopo hembra (pelusa) (20/05/2023)**

En lo referente al resto de árboles, se encuentran muy pocos, toda la zona que no está en contacto directo con el agua está esencialmente desprovista de vegetación.

Se pueden encontrar algunos árboles sueltos y un puñado de pinos de Alepo (imagen 6).



**Imagen 6: (de izq. a dcha.) Almendro, sabina y pino (14/07/2024)**

A continuación, se detallan las especies de árboles presentes en el embalse, atendiendo exactamente a los ejemplares presentes, puesto que su reducido número permite contarlos con exactitud.



## 2.2 Especies de arbolado

### 2.2.1 Pinaceae

- Pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.)



**Imagen 7: Pequeño rodal de pino de alepo (14/07/2024)**

Justamente por debajo de la línea del camino, se encuentra el único rodal de pino, constituido por 7 ejemplares vivos y otros cuantos muertos, aparentemente por la acción erosiva del embalse, que ha hecho que se socaven sus raíces por debajo. (imagen 7: Pequeño rodal de pino de Alepo).

Este hecho, unido a la falta total de resistencia del pino a la asfixia radicular, ha llevado a varios de estos árboles a un destino fatal.

(imagen 8: Pinos caídos por asfixia y erosión del suelo)

El efecto erosivo de las aguas del embalse en esta zona queda patente si se observa la socavación que han sufrido los árboles y su posterior caída sobre el plano.



**Imagen 8: Pinos caídos por asfixia y erosión del suelo (14/07/2024)**

En cualquier caso, la persistencia del resto de pinos, que no están en contacto directo con el agua, es un testimonio vivo de la capacidad de estos árboles para resistir las condiciones del hábitat, punto interesante a la hora de tomarlos como alternativa de repoblación.

Lo mismo ocurre con todas las demás especies que se recogen a continuación.

## 2.2.2 Cupressaceae

- Enebro (*Juniperus thurifera* L.)



Otra especie de reconocida resistencia en la zona es el enebro, que, si bien es muy escaso en el propio lugar, aparece continuamente mezclado en muchas zonas forestales cercanas.

En las laderas y sus inmediaciones pueden encontrarse exactamente dos ejemplares.

Esta especie, con un comportamiento similar al pino, pero de crecimiento mucho más lento, tiene una ventaja sobre el anterior, y es que ofrece abundantes gábulos, que sirven como alimento a multitud de pequeñas aves, como los pinzones, verderones, mirlos, estorninos...

**Imagen 9: Enebro (5/9/2024)**

## 2.2.3 Fagaceae

- Encina (*Quercus ilex* subs. *rotundifolia* L.)



Se trata sin duda de la especie más reconocida, y de las más abundantes a nivel nacional.

Habita, junto con la otra especie de esta familia, el quejigo, en la vaguada más amplia y profunda de las inmediaciones.

El porte de este árbol puede deberse al ramoneo intenso, al menos en el pasado, al parecer, se prohibió el acceso de ganado trashumante al valle tras la construcción del embalse, y, por tanto, ha rebrotado en un eje dominante claro, donde cada vez gana más altura.

Además del porte, se puede comprobar que las hojas de la falda del árbol son mucho más espinosas que las de la pequeña copa, lo que añadiría aún más fuerza a la teoría de la presión herbívora sobre el árbol.

**Imagen 10: Encina (5/9/2024)**

A pesar de las complicadas condiciones en las que se encuentra este árbol, se aprecia producción de fruto.

- Quejigo (*Quercus faginea* Lam.)





Este quejigo se encuentra en la misma vaguada que la encina anteriormente descrita. (Imagen 11: Quejigo)

A juzgar por su porte, parece compartir con la encina el haber sufrido condiciones de herbivoría, apreciándose hojas muy reviradas y espinosas cerca del suelo, donde el ganado, principalmente ovejas, ha tenido mayor incidencia, mientras que, por el contrario, las hojas de la copa se tornan gradualmente más inermes con la altura.

Éste ejemplar también presenta una cierta producción de fruto.

También aparece, muy cercano a éste, otro pequeño ejemplar con porte puramente arbustivo (Imagen 12: Quejigo arbustivo).

**Imagen 11: Quejigo (5/9/2024)**

La presencia de esta familia en esta vaguada es muy importante de cara a la toma de decisiones, puesto que las quercíneas son una excelente forma de repoblación, son capaces de suministrar alimento a muchas especies, desde lepidópteros que se alimentan de sus hojas hasta ungulados como el jabalí, que consumen las bellotas.

Por tanto, esta área será de gran interés para la implantación de especies que den alimento y refugio a la fauna.



**Imagen 12: Quejigo arbustivo (5/9/2024)**

## 2.2.4 Rosaceae

- Almendro (*Prunus dulcis* Mill.)



**Imagen 13: Almedro (14/07/2024)**

Otro árbol interesante desde el punto de vista de la producción de fruto es el almendro.

Solamente se puede encontrar uno, en el extremo izquierdo de la presa, seguramente plantado.

Produce una pequeña cantidad de fruto, que puede servir de alimento a roedores como el ratón de campo, o incluso para algunas aves cuando el fruto se encuentra aún verde.

En muchos municipios de la zona, con condiciones climáticas y suelos parecidos, el almendro es una especie muy habitual que habita en laderas, acompañado de encinas y pinos, y constituyen lugares donde a finales de

verano se reúne la gente a recoger las almendras de aquellos árboles de los que se sabe que dan fruto dulce.

Algunos ejemplos de esto son los almendros de la ladera noreste del Castillo de Peñafiel, las laderas del Pico del Calvario de Portillo, la ladera de la cuesta del Gurugú en Montemayor de Pililla, la ladera orientada al este del Arroyo del Prado en Molpeceres, la ladera sureste del Camino de los Requetés de Manzanillo, la ladera al oeste del pico Pichón de Aldeyuso...

Los ejemplos en la provincia, y en las inmediaciones son muy abundantes y atestiguan la capacidad y la resistencia de esta especie a las condiciones.

## 2.2.5 Salicaceae

- Sauce blanco (*Salix alba* L.)



Otra especie de árboles representada por un solo individuo es el sauce blanco.

Se encuentra, dada su natural hidrofilia, muy cerca de las aguas del embalse, donde crece rodeado de chopos negros.

Su elevada densidad de copa, ofrece refugio a multitud de pequeñas aves, que reposan o anidan entre sus ramas.

Además, esta especie puede servir como alimento a herbívoros como corzos o conejos, muy habituales en la zona.

**Imagen 14: Sauce blanco (5/9/2024)**

- Chopo negro (*Populus nigra* L.)



Para terminar, cabe mencionar el ya descrito chopo, que ha sido capaz de colonizar de forma muy exitosa todas aquellas zonas donde el agua está en contacto directo con el suelo.

Forma una masa más o menos densa, con representación de individuos de diversas edades, acompañados de varios arbustos o tapizantes del suelo.

**Imagen 15: Masa de chopo (5/9/2024)**

También constituye una fuente de alimento actual, y dado el ciclo rápido de estos árboles, en un futuro próximo los que vayan muriendo servirán de alimento a diversos organismos xilófagos y hongos



descomponedores, conformando otro estrato de alimentación que actualmente no se puede encontrar por la ausencia de materia muerta abundante en la zona.

Esta especie por tanto constituye un importante eje para la biodiversidad del lugar.

## 2.3 Arbustos

Respecto a los arbustos, la diversidad es mayor. Todos ellos son de tipo xerófilo, adecuados a ambientes donde las precipitaciones son poco abundantes. A continuación, se presentan, categorizados por familias, los arbustos cuya presencia es más común.

### 2.3.1 Lamiaceae

La familia de las labiadas es la que mayor representación de especies tiene, y está formada principalmente por seis especies:

- Espliego (*Lavandula angustifolia* Mill.)
- Salvia (*Salvia lavandulifolia* Vahl.)
- Tomillo salsero (*Thymus zygis* Loefl.)
- Tomillo blanco (*Thymus mastichina* L.)
- Romero (*Salvia rosmarinus* Spenn.)
- *Pholmis* sp.

Cubren el suelo en parches heterogéneos, y algunas especies, como el espliego, resultan útiles por ser indicadoras de suelos profundos y de baja resistencia al laboreo, mientras que otros, como el tomillo salsero, actúan de forma totalmente contraria, habitando en lugares donde la profundidad apenas alcanza unos centímetros.



**Imagen 16: Varios arbustos de espliego (10/08/2024)**

- Espliego (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Como se decía anteriormente, el espliego constituye un buen indicador de la profundidad de los suelos, allí donde se encuentra esta planta, suele coincidir que la capa de suelo tiene mayor grosor, y por tanto, el laboreo resultará más sencillo por la ausencia de una capa de roca cerca de la superficie.

Se distribuye normalmente en zonas agrupadas con otros tantos arbustos de la misma especie, y por la zona, cuando se encuentran en flor, es muy habitual encontrar abejas sueltas haciendo sus labores.





- Salvia (*Salvia lavandulifolia* Vahl.)

Otra aromática habitual es la salvia, aunque no forma grupos abundantes, se encuentra de forma dispersa por muchos lugares.

Su intolerancia a suelos mal drenados hace que sea un buen indicador de zonas aireadas y con buena estructura, donde habita de forma principal.

Como otras labiadas, su capacidad melífera es abundante, razón por la que atrae a multitud de insectos cuando florece.

**Imagen 17: Mata de salvia**  
(13/07/2024)



- Tomillo salsero (*Thymus zygis* Loefl.)

El tomillo salsero es una planta de gran éxito en las laderas, tapizando el terreno con sus matas, como la de la imagen (imagen 18).

Sus características alelopáticas hacen que habitualmente pueda encontrarse aislado unos centímetros de otras plantas competidoras, apareciendo individualizado, al contrario que otras labiadas, que se desarrollan completamente rodeadas de otros arbustos o herbáceas.

**Imagen 18: Tomillo salsero**  
(13/07/2024)



- Tomillo blanco (*Thymus mastichina* L.)

Su porcentaje de cobertura es mucho menor que el del tomillo salsero, es mucho menos abundante, pudiendo encontrar apenas un puñado de pequeñas matas durante largos recorridos.

Su color blanco característico hace además que en ocasiones pase desapercibido sobre el calizo color del suelo.

Curiosamente, aunque se trata de una especie silicícola en la mayoría de casos, es capaz de prosperar en estos suelos calizos.

**Imagen 19: Tomillo blanco**  
(5/10/2024)



- Romero (*Salvia rosmarinus* Spenn.)

El romero se encuentra concentrado en la punta del embalse más distal al paramento, aguas arriba. Se trata de unos arbustos plantados en línea, seguramente de algún proyecto anterior, del que no existe información alguna. Mas allá de esa repoblación lineal, no aparece en las laderas en ningún otro punto.

Como muchas otras labiadas, habita el suelo calizo, resiste a la sequía y es buen productor melífero.

**Imagen 20: Romero  
(13/07/2024)**



- *Phlomis* sp.

Seguramente la especie concreta sea *Phlomis herba – venti*, no obstante, al encontrarse la planta seca, no puede garantizarse el reconocimiento completo de la especie.

En cualquier caso, se trata de un género de plantas muy resistentes a la sequía, y que normalmente se asocian bien con otras labiadas, como es el caso en esta ocasión.

No obstante, en contra al resto, es anual, mientras que las demás labiadas del entorno son perennes.

**Imagen 21: Phlomis (5/10/2024)**

Estas seis especies, como se ha comentado anteriormente, constituyen un dosel de vegetación arbustiva baja o rastrera, potente aliado contra la erosión, y además, atraen multitud de insectos polinizadores, con la consiguiente sucesión de la cadena trófica que los acompaña, atrayendo aves y otros depredadores.

Además, dado que la mayoría son perennes, mitigan en gran medida los posibles efectos de la erosión hídrica.

### 2.3.2 Rosaceae

- Rosa silvestre o escaramujo (*Rosa canina* L.)

El escaramujo o rosa silvestre es un arbusto muy común en castilla y león, y también en la zona. Habita en lugares diversos, siendo capaz de establecerse entre los chopos cercanos al agua, al sol, o en las partes más altas de las laderas, en plena solana.





En la imagen de la izquierda se aprecia un arbusto de escaramujo en flor.

Este arbusto es de gran importancia de cara a la biodiversidad, su naturaleza espinosa hace que sirva de refugio a múltiples especies, sus flores atraen a múltiples insectos, y las bayas que produce funcionan como alimento. Además, se trata de una especie muy elegida por pequeñas aves para establecer sus nidos.

Dentro del embalse, tolera condiciones muy diversas de exposición, pero necesita suelos profundos.

**Imagen 22: Rosal silvestre en flor (20/05/2024)**

### 2.3.3 Fabaceae



**Imagen 23: Aliaga (20/05/2024)**

- Aliaga (*Genista scorpius* L.)

La aliaga es un arbusto muy espinoso de flores amarillas que frecuenta las zonas medias y bajas de las laderas. De nuevo, y al igual que casi todos los arbustos espinosos, funciona como refugio para multitud de especies animales.

Esta especie está bien adaptada al fuego, es de las primeras que brota tras los incendios, en gran número por las semillas que se encontraban en el suelo.

Además, como todas las fabáceas es fijadora de nitrógeno a través de rizomas en las raíces, así que es un potente aliado para la colonización y mejora de las condiciones del suelo en el que habitan.

- Bocha (*Dorcnium pentaphyllum* Scop.)



La bocha es una planta muy abundante en las laderas, formando grupos en las zonas un poco resguardadas de las condiciones, especialmente del viento y el sol.

Se trata de una planta pionera, con muchas aptitudes para sobrevivir en entornos con grave escasez de recursos.

De igual forma que el resto de fabáceas, su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico, por su asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, es de gran ayuda para el resto de vegetales y minimiza la necesidad de enmienda nitrogenada.

**Imagen 24: Bocha (13/07/2024)**





- Mielga o alfalfa salvaje (*Medicago sativa* L.)

La alfalfa habita siempre cerca de los bordes de camino y en las zonas cercanas a los chopos y al agua, y muy raramente en las laderas.

Es una especie ampliamente reconocida, y empleada como alimento forrajero para el ganado desde tiempo inmemorial, e incluso en tiempos de hambre ha sido consumida como guarnición por seres humanos.

Al contrario que las dos especies de leguminosas anteriores, ésta es herbácea, y aunque forma pequeñas matas como las de la imagen, nunca tiene crecimiento secundario y tiene ciclo anual.

**Imagen 25: Alfalfa salvaje o mielga ((13/07/2024)**

### 2.3.4 Linaceae



- Lino (*Linum suffruticosum* L.)

El lino, conocido por sus propiedades para uso textil, es poco abundante en la zona, se encuentra en zonas descubiertas donde recibe plenamente la luz directa del sol, y dado que existen cada vez menos zonas como ésta, esta planta queda relegada a espacios concretos.

Además del aprovechamiento textil, también tiene una importante función alimentaria, las semillas (linaza), son un alimento ideal para muchas aves, por su gran contenido energético y riqueza en ácidos grasos.

**Imagen 25: Lino (20/05/2024)**

### 2.3.5 Boraginaceae



- Carrasquilla, borraja (*Lithodora fruticosa* L.)

La carrasquilla, extremadamente áspera al tacto, aparece en abundancia en zonas soleadas, medias y altas de las laderas.

Se trata de una planta con enorme resistencia a condiciones adversas, falta de humedad, suelos muy alcalinos, y pobres en nutrientes.

Por otro lado, es una planta perenne, de forma que constituye un dosel arbustivo constante en contra de la erosión del suelo.

**Imagen 26: Carrasquilla o borraja (5/09/2024)**

### 2.3.6 Rhamnaceae



- Espino negro, cambrón (*Rhamnus lycioides* L.)

El espino negro o cambrón es un arbusto espinoso, con hojas delgadas y coriáceas, persistentes a lo largo del año.

Habita especialmente las vaguadas más frescas del entorno, desapareciendo en aquellas zonas donde el sol incide con mayor intensidad.

Sus frutos, en forma de drupas verdes apiladas en capítulos, adquieren color negro al madurar, y aunque son levemente tóxicos para el ser humano, constituyen una fuente de alimento para varias especies de aves.

Imagen 27: Espino negro o cambrón (5/09/2024)

### 2.3.7 Tamaricaceae



- Tamariz (*Tamaris* sp.)

Bajo la sombra proyectada por los recientemente establecidos chopos, abunda el tamariz.

Entre sus principales características, destaca su capacidad de establecimiento en suelos donde la elevada evapotranspiración hace que aumente la concentración salina. También tolera la inundación del terreno en períodos poco prolongados.

Además tiene una floración veraniega, sobre la madera del mismo año, que resulta muy vistosa y atrae multitud de insectos.

Imagen 28: Tamariz bajo chopos (5/09/2024)

## 2.4 Herbáceas

En el caso de las herbáceas el análisis no es extenso, existe una gran cantidad de variedades, que van rotando de forma anual o bianual, por lo que llevar un registro de la evolución de las especies a lo largo del año conlleva una gran cantidad de esfuerzo.

Dado este carácter de constante evolución, y teniendo en cuenta que a efectos paisajísticos, erosivos y ecológicos, son el estrato de vegetación que menos afecta, o que cambia con mayor facilidad, solo se comentará un par de casos aislados.

Las plantas mencionadas a continuación se consideran relevantes por su elevada densidad, provisión de servicios ecosistémicos, o singularidad.



### 2.4.1 Asteraceae



- Hierba pincel (*Stahelina dubia* L.)

Se trata de una pequeña mata que abunda en aquellas zonas donde la incidencia del sol es total, siendo fácilmente reconocible por sus brácteas rojizas, de las que a finales de invierno pueden asomar multitud de pelillos que dan lugar al nombre común de esta especie.

En las laderas, se asocia principalmente con zonas rocosas, donde habita cerca de los afloramientos, en suelos poco profundos.

Imagen 29: Hierba pincel (5/09/2025)



- Abrótano (*Santolina chamaecyparissus* L.)

Esta herbácea aromática cubre grandes extensiones formando grupos en los lugares donde llega la sombra proyectada por los chopos. En primavera, florecen todos los grupos a la vez, tapizando parches amarillos por doquier.

Sus adaptaciones a condiciones adversas son numerosas, resiste la sequía minimizando su evapotranspiración, elimina posibles competidores liberando sustancias alelopáticas, produce un fuerte olor que ahuyenta a los posibles herbívoros...

Imagen 30: Abrótano (20/05/2023)

### 2.4.2 Rosaceae



- Potentilla, cincoenrama (*Potentilla reptans* L.)

La cincoenrama, una planta herbácea rastrera, está plenamente extendida por debajo de los chopos, en lugares siempre sombreados y muy cercanos al agua.

Forma una auténtica manta vegetal que tapiza todo el suelo, sobre la que se ven habitualmente diversidad de insectos, como abejas, escarabajos y caballitos del diablo.

Imagen 31: Cincoenrama bajo chopos (5/09/2024)





Su morfología tapizante hace de ella una importante aliada contra la erosión.

Se la conoce por su capacidad colonizadora de espacios húmedos, bordes de caminos, herbazales, suelos arenosos, y zonas agrícolas y ajardinadas, donde puede llegar a considerarse incluso especie invasora por la elevada capacidad de expansión.

En un área alterada, como la que se encuentra en las cercanías del agua del embalse, ésta planta encuentra su espacio ideal para desarrollarse con mucho éxito.

**Imagen 32: Cincoenrama y dos caballitos del diablo azules.**

### 3.Fauna

Una vez descritas las especies vegetales más representativas, el foco se posa sobre las especies animales.

Se puede decir que son las propias de los páramos y valles de Valladolid, añadiendo por supuesto algunas no tan comunes, que aparecen aquí por la particular circunstancia del entorno, y la presencia de una superficie considerable de agua confinada.

#### 3.1 Mamíferos

Son los animales terrestres más representativos, pudiendo encontrarse las especies más conocidas a nivel general.

##### 3.1.1 Familia Leporidae

- Conejo (*Oryctolagus cuniculus*)



El conejo, o más bien, sus rastros (madrigueras, deposiciones), se pueden encontrar por todas partes en las laderas del embalse. Este hecho resulta determinante para la toma de decisiones, puesto que los protectores contra herbívoros van a resultar muy necesarios, de no emplearlos, los plantones sufrirán importantes daños prematuramente.

**Imagen 33: Sistema de madrigueras de conejo (13/07/2024)**



**Imagen 34: Escarbaderos de conejo (13/07/2024)**

La abundante vegetación herbácea tierna, propia de zonas húmedas como ésta, hace que estos pequeños lagomorfos encuentren aquí un lugar ideal para encontrar alimento y habitar.

La gran mayoría de sus sistemas de madrigueras (Imagen 33) se encuentran en los taludes y terraplenes del camino, donde la acción de la maquinaria hace que sea más sencillo excavar para estos animales.

Es fácil encontrar escarbaderos, resultado del comportamiento instintivo de estos animales.

Por último, se pueden apreciar también con cierta facilidad letrinas en diversos puntos, aunque ninguna demasiado grande.



**Imagen 35: Múltiples rastros de conejo (13/07/2024)**

Otro factor que favorece a esta especie en este lugar es la constante presencia del ser humano, al igual que pasa en los márgenes de las carreteras, donde hay humanos, los depredadores del conejo se acercan de forma más precavida y con menos frecuencia.

No obstante, algunas rapaces no tienen tanto miedo y son vistas con frecuencia en los alrededores.

Su tendencia a vivir en colonias y elevado número hacen del conejo un importante componente del ecosistema, siendo la base de la alimentación de muchos depredadores ibéricos.



- Liebre (*Lepus europaeus*)

Mucho menos habitual que su pariente el conejo, se ve en ocasiones en las zonas altas de las laderas, donde se encama y pasa totalmente desapercibida, a no ser que te acompañe un perro, o pases muy cerca de ella, no levanta de su lugar y escapa.

Se diferencia del conejo por sus orejas más largas, y terminadas en una punta negra característica.

**Imagen 36: Liebre común. Fuente (<https://www.flickr.com/photos/eb3alfmiquel/40572274220> )**



### 3.1.2 Familia Cervidae



Imagen 37: Cartel informativo (17/02/2024)

Según un cartel informativo que hay en el acceso desde Aldeyuso, hay tres especies de cérvidos que habitan la zona, el gamo, el ciervo y el corzo.



Imagen 38: Detalle mamíferos (17/02/2024)

Sin embargo, aunque el cartel indique tal cosa, los ciervos y los gamos no se encuentran de forma silvestre en la zona, salvo que se escapen de alguna finca o reserva de caza donde habiten, por ejemplo, hay un grupo de ciervos en la finca “La Planta”, asociada a las bodegas Arzuaga, a unos 15 kilómetros de Peñafiel.

Esta circunstancia, por ejemplo, se dio en 2018 en la finca “Monte Bayón”, cuando unos ladrones asaltaron la propiedad a través de un agujero que hicieron en la valla, por el cual escaparon unas cuantas ciervas que fueron recapturándose con esfuerzo posteriormente.

Dado que éstas cosas en ocasiones ocurren, las noticias de animales salvajes que se escapan de fincas privadas corren como la pólvora, llegando incluso al extremo de despertarse la alarma en ciertos municipios por bulos extendidos, como el caso del jaguar de Montemayor de Pililla. (Fuente: <https://escuellar.es/el-ayuntamiento-de-montemayor-de-pililla-advierte-de-la-posible-existencia-de-un-felino-jaguar-suelto-en-la-zona/> ).

De cualquier manera, las poblaciones animales son dinámicas, y que no haya grandes cérvidos de forma silvestre no quiere decir que en un futuro no cambie la situación.



- Corzo (*Capreolus capreolus*)

Se trata sin duda del herbívoro más fácil de ver en éstos parajes. Su población ha aumentado en los últimos años, tanto, que, junto con los jabalíes, han desatado el estado de emergencia cinegética. Han pasado de ser un animal esquivo, visto solamente en los sembrados al amanecer y al atardecer, a estar prácticamente por todas partes a plena luz del día.

Los efectos de esa elevada población son problemáticos para las repoblaciones, la excesiva presión herbívora hace que sean necesarias medidas especiales para evitar o contrarrestar el efecto.

Imagen 39: Corzo en campo de cereal (6/07/2020)

### 3.1.3 Familia Suidae

- Jabalí (*Sus scrofa*)

Otro mamífero abundante y ampliamente reconocible es el jabalí. Sus hábitos de alimentación nocturna hacen que sea más difícil avistarlo, aunque sus rastros, huellas y zonas de baño, se encuentran con frecuencia.



Imagen 40: Baña de jabalíes en Riaza (Segovia, 01/11/2024)

Junto a las zonas de baño (imagen 40), es normal ver árboles marcados, donde se frota tras meterse en el barro. Gracias a la altura que alcance el barro en el tronco del árbol, se puede estimar la altura del animal que frecuenta ese charco. En el caso de la imagen, la marca alcanzaba unos 50 centímetros, tratándose por tanto de un ejemplar mediano, puesto que llegan incluso a los 70.



Imagen 41: Jabalí (Fuente: <https://www.club-caza.com/article/art/21058> )

Este gran mamífero no se ve con frecuencia en el embalse, pero habita en los valles cercanos de Valimón, Valdecascón y Valcorba, y también en los montes de Quintanilla.

Es omnívoro, se alimenta en las tierras de cultivo, donde causa estragos, pero está muy asociado a ecosistemas forestales, donde se refugia en las horas centrales del día. Por ello, si la repoblación sale adelante, puede que este animal frecuente la zona de forma más común, aunque huye de las zonas con humanos.



### 3.1.4 Orden Rodentia

Las madrigueras de pequeños roedores son muy abundantes, no obstante, es complicado averiguar la especie de la que se tratan concretamente.

Estos pequeños mamíferos pueden encontrar aquí un hábitat con múltiples posibilidades, agua, herbáceas tiernas durante todo el año, refugio en sus madrigueras o en arbustos espinosos...

Imagen 42: Grupo de madrigueras de pequeños roedores (5/10/2024)



### 3.1.5 Familia Canidae

Los cánidos son depredadores y carroñeros exitosos. Dado que alrededor del agua se reúnen muchos animales, los depredadores también juegan un importante papel ecosistémico.

- Zorro común (*Vulpes vulpes*)



El zorro es un astuto cánido, de tamaño mediano, con una asombrosa capacidad de adaptación, llegando incluso a acercarse a núcleos de población grandes como Valladolid en busca de comida, o habituándose al contacto con humanos que lo alimentan, yendo a visitarlos con frecuencia.

La presencia de agua, conejos, y roedores, hace del embalse un lugar de querencia para estos animales, haciendo que sea frecuente encontrarlos en las inmediaciones.

**Imagen 43: Zorro en Valladolid ciudad (Fuente: [https://www.abc.es/espana/castilla-leon/abc-imagen-zorro-paseando-valladolid-capital-202102092028\\_noticia.html](https://www.abc.es/espana/castilla-leon/abc-imagen-zorro-paseando-valladolid-capital-202102092028_noticia.html) )**

- Lobo (*Canis lupus*)



**Imagen 44: Lobo captado mediante fototrampeo en Medina del Campo (Fuente:**

**[https://www.elespanol.com/castilla-y-leon/region/valladolid/20240813/captan-lobos-provincia-valladolid/877912312\\_0.html](https://www.elespanol.com/castilla-y-leon/region/valladolid/20240813/captan-lobos-provincia-valladolid/877912312_0.html) )**

El lobo, mucho más grande y esquivo que su pariente anteriormente descrito es mucho más escaso. Muy de vez en cuando se deja ver, normalmente machos solitarios en busca de un lugar donde establecerse, aunque normalmente están solo de paso.

En cualquier caso, no es un componente habitual de la fauna, aunque merece la pena mencionar que en los valles de Valdecascón y Valcorba se avistan en raras ocasiones en invierno, observando el paisaje desde las formaciones calizas que coronan los valles.

Comparte con el zorro la capacidad de adaptación, es depredador, pero también hace las veces de carroñero en caso de necesidad.

- Perro (*Canis lupus familiaris*)

Los perros, aunque no son silvestres, también forman parte de la fauna característica del embalse. No está fuera de lo común encontrarlos campando a sus anchas por los caminos y laderas.

En realidad, es el humano quien hace que este animal llegue hasta aquí, normalmente para pasearlos, y en para entrenarlos en otras ocasiones.



Un ejemplo claro de entrenamiento es el que se da con los galgos. La tradición galguera está extendida en Peñafiel, donde se practica la caza de liebre con éstos animales.

Para que corran a sus anchas, algunos vecinos de la localidad suben acompañándolos con sus vehículos, y los pasean para que se mantengan en forma.

En algunas ocasiones, los animales se escapan por algún estímulo inesperado y terminan vagando sin rumbo, hasta que el dueño vuelve a recogerlos.



**Imagen 45: Dos galgos perdidos mantienen la distancia**  
(5/09/2024)



**Imagen 46: Los mismos galgos de la imagen anterior se reúnen con su dueño y juntos retornan a Peñafiel**  
(5/09/2024)

### 3.2 Aves

Las aves constituyen uno de los principales atractivos faunísticos del entorno. Dadas las singulares circunstancias del embalse, y siendo uno de los solamente cuatro presentes en la provincia de Valladolid, es un lugar donde se observan con facilidad especies que son difíciles de ver en otros lugares de la provincia.



**Imagen 47: Cartel informativo (13/07/2024)**

Otro cartel informativo, describe las especies de aves que se pueden observar aquí.

En éste cartel se asegura que se pueden observar las siguientes especies:

1. Perdiz roja (*Alectoris rufa*)
2. Búho real (*Bubo bubo*)
3. Azor (*Accipiter gentilis*)
4. Petirrojo (*Erithacus rubecula*)
5. Porrón moñudo (*Aythya fuligula*)
6. Ánade rabudo (*Anas acuta*)
7. Ánade silbón (*Mareca penelope*)
8. Ánade real (*Anas platyrhynchos*)
9. Ánade frisón (*Anas strepera*)
10. Cerceta (*Anas crecca*)

11. Gavilán (*Accipiter nisus*)
12. Aguilicho lagunero (*Circus aeruginosus*)
13. Milano negro (*Milvus migrans*)
14. Paloma turca (*Streptopelia turtur*)
15. Paloma torcaz (*Columba palumbus*)
16. Golondrina (*Hirundo rustica*)
17. Focha común (*Fulica atra*)
18. Porrón común (*Aythya ferina*)
19. Pato cuchara (*Anas clypeata*)
20. Cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*)
21. Milano real (*Milvus milvus*)
22. Porrón pardo (*Aythya nyroca*)
23. Águila imperial (*Aquila adalberti*)
24. Ruiseñor (*Luscinia megarhynchos*)
25. Tórtola europea (*Streptopelia turtur*)
26. Tarabilla común (*Saxicola torquata*)
27. Gaviota reidora (*Chroicocephalus ridibundus*)
28. Somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*)
29. Ratonero (*Buteo buteo*)
30. Cigüeñuela (*Himantopus himantopus*)
31. Zampullín (*Tachybaptus ruficollis*)
32. Cuervo (*Corvus corax*)
33. Lavandera (*Motacilla alba*)
34. Vencejo común (*Apus apus*)
35. Vuelvepiedras (*Arenaria interpres*)
36. Lavandera boyera (*Motacilla flava*)
37. Gallineta (*Gallinula chloropus*)
38. Rabilargo (*Cyanopica cyanus*)
39. Garza real (*Ardea cinerea*)
40. Cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*)
41. Alcaudón real (*Lanius meridionalis*)
42. Halcón peregrino (*Falco peregrinus*)
43. Urraca (*Pica pica*)
44. Chorlitejo chico (*Charadrius dubius*)



De todos los anteriores, solamente se caracterizarán los más comunes y representativos a continuación. Para ello, se mencionan aquellos que se ven de forma más común, o que son especialmente vistosos.

Para observar las especies, se dispone de un telescopio terrestre marca TASCÓ. Resulta útil para esta tarea, pero su antigüedad hace que no sea suficientemente estable como para tomar fotografías con el teléfono a través de su lente.

**Imagen 48: Punto de avistamiento con telescopio terrestre. (10/08/2024)**

### 3.2.1 Familia Podicipedidae

- Somormujo lavanco (*Podiceps cristatus*)



**Imagen 49: Somormujo lavanco en las aguas del embalse (Fuente: <https://elornitoblog.blogspot.com/2017/07/un-pequeno-pueblo-llamado-rabano.html>)**

Por sus vistosas formas, constituye un atractivo interesante, sumado a que no es habitual verlo en la provincia, es una de las aves más reseñables.

Se trata de un animal con elevada capacidad de adaptación, especialmente a ambientes artificiales y obras hidráulicas, por tanto, se encuentra en su ambiente ideal.

Aquí, se alimenta de pequeños peces, y se puede observar cómo se zambulle repetidamente, quedando sumergido por varios minutos, y volviendo a la superficie en puntos muy lejanos al comienzo de su inmersión. Se ha observado que algunas parejas crían en la zona.

### 3.2.2 Familia Anatidae

- Ánade real (*Anas platyrhynchos*)



El ánade resulta representativo del lugar, especialmente por su elevado número.

Estas aves se alimentan de algas que crecen en el agua, y también se los ve caminando en ocasiones por zonas bajas buscando granos de las herbáceas.

**Imagen 50: Pareja de ánades en el Campo Grande (12/07/2020)**

Actualmente hay una colonia de más de un centenar de ejemplares viviendo de forma permanente en el embalse, algunos de ellos incluso criando allí (Imagen 51), al igual que los somormujos.

**Imagen 51: Hembra de ánade vigila a su poyuelo, que camina por la orilla (22/04/2024)**



### 3.2.3 Familia Rallidae

- Focha común (*Fulica atra*)

También se encuentran, normalmente en la zona de la cabecera del embalse, una pequeña población de unas veinte fochas durante todo el año.





Se reconocen en la distancia por que siempre todas van juntas, y sus picos blancos destacan mucho sobre su cuerpo negro.

No se ha observado que críen en el embalse, pero no se descarta la posibilidad tampoco, ya que el número es menor a los ánades y los polluelos podrían pasar más desapercibidos.

**Imagen 52: Grupo de fochas (Fuente : <https://unpaseomancheego.blogspot.com/2012/01/focha-moruna-y-comun-ahora-en-grupos.html> )**

### 3.2.4 Familia Phasianidae

- Perdiz roja (*Alectoris rufa*)



La perdiz, siempre tan vistosa, se ve en muchas ocasiones al amanecer, correteando por los caminos, o bien entre los canchales calizos de la zona alta de las laderas.

Al caer el sol, en las tardes de verano, se escucha su canto, dado que el valle de Valdemudarra es estrecho en esa zona, con bastante eco.

La enorme cantidad de herbáceas gramíneas que crecen en las inmediaciones, además de los propios campos sembrados alrededor, alimentan a esta especie, tan significativa de estos parajes.

**Imagen 53: Perdiz roja (Fuente : <https://seo.org/ave/perdiz-roja/> )**

### 3.2.5 Familia Accipitridae

- Águila real (*Aquila chrysaetos*)

Una de las ventajas de la ausencia de árboles, es que la fauna aérea se puede observar con unos prismáticos fácilmente. Entre las aves que sobrevuelan, las rapaces son siempre de las más interesantes.

Pueden verse buitres con cierta frecuencia rondando la zona, siempre sin batir las alas, cernícalos estacionarios en el aire aguardando alguna presa, milanos reconocibles por su cola ahorquillada, ratoneros posados en los postes, aguiluchos laguneros...

Pero sin duda, la rapaz más impresionante que aparece por el lugar es el águila real.



Su formidable tamaño y oscuro color hacen que sea reconocible a simple vista en muchas ocasiones.

En verano, sobrevuela el embalse una pareja de estas majestuosas aves, con relativa frecuencia, quizá motivadas por la abundante presencia de conejos.



Imagen 54: Águila real (Fuente: <https://seo.org/ave/aguila-real/#> )

### 3.3 Fauna acuática

La fauna acuática está presente, desde el camino se ven bancos de alevines, y en ocasiones, algún pez de mayor tamaño salta sobre la lámina de agua al cazar algún insecto sobre la superficie.

No obstante, es complicado describir la fauna acuática sin tener la posibilidad de hacer muestreos específicos. Sin embargo, en este lugar se goza de un recurso empírico valioso, los pescadores que suben las fotos de sus capturas a las redes sociales.

Así, se puede confirmar la presencia de ejemplares de alguna especies, por ejemplo:

#### 3.3.1 Familia Esocidae:



- Lucio (*Esox lucius*)  
Gracias al usuario Cosmín Ivascu, y su fotografía tomada en mayo de 2020, se puede confirmar la presencia de éste voraz depredado acuático.

No existe información al respecto de la forma en la que la fauna acuática ha sido capaz de llegar al embalse, pero al no estar comunicados con ninguna corriente fluvial natural, se supone que éstos animales han llegado aquí de forma artificial.

Imagen 55: Lucio pescado en el embalse por el usuario Cosmín Ivascu (Fuente: <https://www.google.com/maps/place/Embalse+de+Valdemudarra>)

### 3.3.2 Familia Cyprinidae



**Imagen 56: Carpa pescada en el embalse por el usuario Blas Burgos.**

- **Carpa (*Cyprinus carpio*)**  
Otro usuario, Blas Burgos, aporta esta imagen a la red en 2022. En este caso, se trata de una carpa de buen tamaño, especie también introducida.

Esta especie tiene una elevada capacidad de adaptación a múltiples tipos de entorno, teniendo una alimentación omnívora oportunista, lo que hace que encuentre aquí un buen lugar para prosperar.

Se trata de una especie a tener en cuenta desde el punto de vista de la salud del ecosistema acuático, puesto que su alimentación, muy ligada al estrato bentónico, hace que las aguas puedan revolverse y favorece la turbidez, pudiendo desencadenar problemas por eutrofización.

### 3.3.3 Otros integrantes

Además de los dos citados anteriormente, hay registros de otras especies presentes en el embalse cuya vida está vinculada al ecosistema acuático, como el cangrejo señal, la bermejuela o el black – bass, todos ellos necesariamente introducidos de forma artificial, pero desde luego desarrollando un importante cometido, que es mantener el equilibrio del ecosistema, funcionando como consumidores de alimento y también como alimento para otras especies.

## 3.4 Reptiles

Por sus adaptaciones ecológicas, esta clase de animales son complicados de encontrar, suelen ser muy huidizos o frecuentar lugares donde no es sencillo acceder para el ser humano. No obstante, están presentes, y son muy importantes para el equilibrio del ecosistema.

### 3.4.1 Familia Colubridae



- **Culebra de escalera (*Zamenis scalaris*)**

La culebra de escalera, llamada así por el patrón de su lomo, ya desaparecido en el caso de la de la imagen (imagen 57) por su edad de maduración, es uno de los ofidios más habituales en esta parte de España.

Se alimenta de pequeños roedores, pájaros, u otros reptiles como lagartijas y lagartos. Es inofensiva para el ser humano, aunque el rechazo que producen éstos animales hace que sean sistemáticamente aniquilados, especialmente cuando aparecen cerca de poblaciones.

**Imagen 57: Culebra de escalera con patrón de adulto (27/05/2023)**

### 3.4.2 Familia Lamprophiidae

- Culebra bastarda (*Malpolon monspessulanus*)

Esta preciosa especie de culebra es la más grande de España y de Europa, llegando a registrarse ejemplares de más de dos metros y medio.

La culebra bastarda sí tiene veneno, pero sus colmillos inyectores se encuentran en la parte trasera de la boca, es opistoglifa, por lo tanto, es muy complicado que llegue a inocular a un ser humano, pues la apertura de su boca no es suficiente para abarcar una pierna, que es donde más habitualmente ocurren los mordiscos de estos animales, normalmente motivados por un reflejo instintivo de defensa.

Sí pueden ocasionar problemas a niños o mascotas, que tienen las extremidades más delgadas, aunque normalmente los síntomas son una hinchazón localizada y rara vez



se complican, de hecho, no hay ninguna muerte registrada. De nuevo, es una especie que despierta temor y recelo, y se mata sistemáticamente, como el ejemplo de la imagen (imagen 58).

**Imagen 58: Culebra bastarda muerta, con un conejo recién capturado en la boca (13/06/2024)**

La abundancia de conejos en el embalse hace que de vez en cuando puedan verse ejemplares grandes, y normalmente alertan a perros y mascotas, que se inquietan mucho ante la cercanía de este animal.

### 3.5 Anfibios

De igual forma que los reptiles, los anfibios habitan lugares donde no suele tener contacto con el ser humano, en madrigueras, huecos, zonas húmedas, bajo rocas... En muchos casos, sus hábitos son nocturnos, lo que dificulta aún más encontrarlos.

#### 3.5.1 Familia Bufonidae



- Sapo corredor (*Epidalea calamita*)

Se trata del anfibio más común en el área, siendo común ver ejemplares jóvenes en las orillas o adultos agrupados en las arquetas de los caminos.

Su nombre proviene en la forma en la que se desplaza, al contrario que muchos de sus congéneres, lo hace corriendo en lugar de saltar.

Se alimenta de gran cantidad de insectos, y al mismo tiempo, es presa de diversas aves asociadas a ecosistemas acuáticos, como la garza real (*Ardea cinerea*).

**Imagen 59: Cría de sapo corredor (18/06/2021)**



- Sapo común (*Bufo bufo*)



Imagen 60: Sapo común  
(31/10/2022)

Aunque es mucho menos habitual encontrar un sapo común, también aparecen en ocasiones, especialmente en noches frescas tras alguna lluvia. Salen precisamente a la caza de insectos, y si se cruzan en su camino, otros anfibios, como los anteriores sapos corredores, que, si son pequeños, pueden caer presa del sapo común.

En el dorso de su cabeza, tienen unas glándulas que secretan una sustancia irritante, la bufotoxina, por lo que se debe evitar tener contacto con mucosas tras manipular a éste animal, o bien lavarse las manos.

También es importante, si se pretende manipular anfibios, tener las manos limpias, puesto que son extremadamente permeables a las sustancias externas, por lo que cualquier contaminante que esté presente en la piel puede ser absorbido por estos animales.

### 3.6 Invertebrados

Los invertebrados son la base de la pirámide alimenticia de todos los demás miembros de la fauna de los que se ha hablado. Cumplen otras importantes funciones, como la polinización, tan importante en el ecosistema, y que asegura la supervivencia y perpetuación de multitud de especies.

No obstante, al igual que ocurría con las plantas herbáceas, caracterizar los insectos que pueblan el entorno es muy complejo sin métodos o trabajos específicos, por su enorme diversidad, capacidad de movimiento, cambio de ciclo según el momento del año, explosiones y reducciones drásticas de las poblaciones...



Las estaciones también suponen un condicionante para la presencia de éstos animales, por ejemplo, la primavera hace que la cantidad de mariposas en las flores se dispare, y las flores de la labiadas se llenan de abejas y otros insectos libadores.

En verano las hormigas son muy comunes, y las moscas, tábanos y otros dípteros abundan en las zonas someras del embalse, donde se reproducen exitosamente.

En resumen, son un extracto base del ecosistema, pero las especies concretas predominantes son difíciles de determinar.

Imagen 61: Escarabajo (*Blaps mucronata*, 5/10/2024)



## 4. Conclusiones

El objetivo de este trabajo es la diversificación y fijación del ecosistema. Por ello, el enfoque al medio biótico es de especial relevancia, puesto que es motivación del proyecto, y al mismo tiempo, objeto de sus consecuencias.

Así, es preciso definir el ecosistema en su conjunto, así como las dinámicas que integran todo el proceso. Eso es lo que se pretende en los apartados anteriores.

## 5. Bibliografía

1. Ecogeo Drones S.L. (2024) Carrera BTT Corazón de piedra Campaspero 2017. [<https://youtu.be/CP2JS62S3xk> ]
2. Ruta del vino Ribera del Duero. (2024). Embalse de Valdemudarra. [<https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra>]
3. Wikiloc. (2024). Olombrada - Embalse de Valdemudarra (Usuario pedal13). [<https://es.wikiloc.com/rutas-mountain-bike/olombrada-embalse-de-manzanillo-10539396>]
4. Flickr (2024). Liebre europea (*Lepus europaeus*) (Usuario eb3alfmiguél). [<https://www.flickr.com/photos/eb3alfmiguél/40572274220>]
5. esCuellar. (2024) El Ayuntamiento de Montemayor de Pililla advierte de la posible existencia de un felino jaguar suelto. [<https://escuellar.es/el-ayuntamiento-de-montemayor-de-pililla-advierte-de-la-posible-existencia-de-un-felino-jaguar-suelto-en-la-zona/>]
6. Club de caza. (2024). Un gran jabalí impregna de olor su terreno. [<https://www.club-caza.com/article/art/21058>]
7. ABC. (2024). La imagen de un zorro caminando por Valladolid capital. [[https://www.abc.es/espana/castilla-leon/abci-imagen-zorro-paseando-valladolid-capital-202102092028\\_noticia.html](https://www.abc.es/espana/castilla-leon/abci-imagen-zorro-paseando-valladolid-capital-202102092028_noticia.html)]
8. El Español. (2024). Captan lobos en la provincia de Valladolid. [[https://www.elespanol.com/castilla-y-leon/region/valladolid/20240813/captan-lobos-provincia-valladolid/877912312\\_0.html](https://www.elespanol.com/castilla-y-leon/region/valladolid/20240813/captan-lobos-provincia-valladolid/877912312_0.html)]
9. El Ornitoblog (2024). Un pequeño pueblo llamado Rábano. [<http://elornitoblog.blogspot.com/2017/07/un-pequeno-pueblo-llamado-rabano.html> ]
10. Un paseo manchego (2024). Focha moruna y común, ahora en grupos. [<https://unpaseomanchego.blogspot.com/2012/01/focha-moruna-y-comun-ahora-en-grupos.html>]
11. SEO Birdlife. (2024). Perdiz roja. [<https://seo.org/ave/perdiz-roja/>]

12. SEO BirdLife. (2024). Águila real .  
[\[https://seo.org/ave/aguila-real/?gad\\_source=1&qclid=Cj0KCQiA\\_9u5BhCUARIsABbMSPtGTBKROTYILueOV1uRBpcuA1ImEmv9FFE2jIFWgKxxE4-ZgyU\\_xQMaAt00EALw\\_wcB\]](https://seo.org/ave/aguila-real/?gad_source=1&qclid=Cj0KCQiA_9u5BhCUARIsABbMSPtGTBKROTYILueOV1uRBpcuA1ImEmv9FFE2jIFWgKxxE4-ZgyU_xQMaAt00EALw_wcB).
13. Google Maps. (2024). Embalse de Valdemudarra, usuario Cosmín Ivascu.  
[\[https://www.google.com/maps/place/Embalse+de+Valdemudarra/@41.573975,-4.158669,3a,75y/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipOKNmr67Q982F4wFkqGWvXJxV6Jzwjz3zBL65ID!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipOKNmr67Q982F4wFkqGWvXJxV6Jzwjz3zBL65ID%3Dw150-h150-k-no-p!7i3000!8i4000!4m8!3m7!1s0xd46e97b046bbf95:0x8b4d19667293a431!8m2!3d41.573975!4d-4.158669!9m1!1b1!16s%2Fg%2F1z44bw46m?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D \]](https://www.google.com/maps/place/Embalse+de+Valdemudarra/@41.573975,-4.158669,3a,75y/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipOKNmr67Q982F4wFkqGWvXJxV6Jzwjz3zBL65ID!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipOKNmr67Q982F4wFkqGWvXJxV6Jzwjz3zBL65ID%3Dw150-h150-k-no-p!7i3000!8i4000!4m8!3m7!1s0xd46e97b046bbf95:0x8b4d19667293a431!8m2!3d41.573975!4d-4.158669!9m1!1b1!16s%2Fg%2F1z44bw46m?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D)
14. Google Maps. (2024). Embalse de Valdemudarra, usuario Blas Burgos.  
[\[https://www.google.com/maps/place/Embalse+de+Valdemudarra/@41.573975,-4.158669,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipNoPTZ19ouV78qdq64ByO4oFFzcQSqr-PS6yBY9!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipNoPTZ19ouV78qdq64ByO4oFFzcQSqr-PS6yBY9%3Dw150-h150-k-no-p!7i3000!8i4000!4m8!3m7!1s0xd46e97b046bbf95:0x8b4d19667293a431!8m2!3d41.573975!4d-4.158669!9m1!1b1!16s%2Fg%2F1z44bw46m?entry=tту&g\\_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D \]](https://www.google.com/maps/place/Embalse+de+Valdemudarra/@41.573975,-4.158669,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipNoPTZ19ouV78qdq64ByO4oFFzcQSqr-PS6yBY9!2e10!3e12!6shhttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipNoPTZ19ouV78qdq64ByO4oFFzcQSqr-PS6yBY9%3Dw150-h150-k-no-p!7i3000!8i4000!4m8!3m7!1s0xd46e97b046bbf95:0x8b4d19667293a431!8m2!3d41.573975!4d-4.158669!9m1!1b1!16s%2Fg%2F1z44bw46m?entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTExMy4xIKXMDSOASAFQAw%3D%3D)



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

## **4. Anejo de Caracterización del Paisaje**



# Índice

## Contenido

1. Introducción: .....	4
2. Evolución del paisaje .....	4
3. Caracterización del paisaje según la metodología de F.J. Barbadillo .....	6
3.1 Metodología .....	6
3.1.1 Identificación del paisaje .....	6
3.1.2 Componentes del paisaje.....	6
3.1.3 Dinámica del paisaje .....	7
3.1.4 Criterios de valor.....	13
3.1.5 Propuestas de conservación y mejora .....	15
4. Bibliografía.....	16

## 1. Introducción:

En el presente anejo se presenta una definición del paisaje y sus valores según la metodología de F.J. Barbadillo.

Conociendo el paisaje, su actualidad y sus potencialidades, se puede ajustar mejor el alcance del proyecto para que resulte idóneo al objetivo de diversificación y equilibrio del ecosistema.

## 2. Evolución del paisaje

La evolución del paisaje es uno de los puntos clave, y uno de los ejes que vertebra este proyecto.

Actualmente, el paisaje se encuentra definido por dos entornos claramente diferenciables:

1. Por debajo del camino:

Debajo del camino se encuentra la zona en contacto directo con el agua. Sobre este estrato, el chopo (*Populus nigra*) constituye la especie vegetal dominante, ha conseguido establecerse, formar masa, y reproducirse rápidamente, como puede verse en las siguientes imágenes (imágenes 1 y 2), tomadas en puntos parecidos.

La estación también influye sobre la percepción del paisaje, el volumen visual de las copas aumenta en gran medida cuando tienen hojas, en comparación a cuando no las tienen. La evolución del paisaje con las estaciones se tratará en profundidad más adelante.



Imagen 1: Febrero de 2021



Imagen 2: Julio de 2024

En este estrato, además de los chopos, también se establecen otra gran cantidad de especies adaptadas a suelos húmedos o inundables, como el tamariz (*Tamarix sp.*), algún sauce blanco (*Salix alba*), o la tapizante cincoenrama (*Potentilla reptans*).

Un poco más arriba, en suelos próximos al agua, pero sin posibilidad de inundación, se fijan otro tipo de plantas, muchas de ellas labiadas aromáticas, como la salvia (*Salvia lavandulifolia*), el espliego (*Lavandula latifolia*), la santolina (*Santolina chamaecyparissus*), y otras como el lino (*Linum suffruticosum*), la hierba pincel

(*Stachelina dubia*), la mielga (*Medicago sativa*) o las archiconocidas amapolas (*Papaver rhoeas*).

## 2. Por encima del camino:

Por encima del camino, la situación es radicalmente distinta. El propio camino, y los desmontes y terraplenes asociados a su obra de construcción, hace que el entorno quede dividido por una barrera artificial muy definida.

Dicha barrera está más presente en la mitad noroeste del embalse, donde el tráfico de coches de los visitantes es más frecuente por la cercanía de los accesos desde Peñafiel y Manzanillo.

En la mitad sureste, múltiples especies colonizan la medianera del camino, por lo que ese efecto borde se diluye un poco más.

En cualquier caso, la diferencia de especies entre las dos partes es muy perceptible, como se ejemplifica en las siguientes imágenes (imágenes 3 y 4).



Imagen 3: Entorno bajo el camino (13/05/2023)



Imagen 4: Entorno sobre el camino (13/05/2023)

En las imágenes queda patente la diferencia, a pesar de esta tomadas el mismo día, la presencia de flores y especies más verdes y vivaces es más notable por debajo del camino, mientras que por encima dominan pequeñas matas arbustivas de carácter xerófilo.

Entre las plantas de este estrato, destacan otras aromáticas, principalmente tomillos (*Thymus zygis*, *Thymus mastichina*), plantas ruderales como la bocha (*Dorycnium pentaphyllum*), la borraja (*Lithodora fruticosa*), y arbustos o matas como la aulaga (*Genista scorpius*) y el espino cambrón (*Rhamnus lycioides*).

La repoblación se centra sobre este estrato, puesto que se trata del más degradado. La evolución que se busca es una transición paulatina a un paisaje tipo mosaico, conformado por distintas especies, donde el estrato arbóreo aporte sombra y refugio, sin dejar de lado las zonas abiertas también necesarias para multitud de especies.

## **3. Caracterización del paisaje según la metodología de F.J. Barbadillo**

### **3.1 Metodología**

La metodología de Francisco Javier Barbadillo resulta de mucha utilidad para definir el paisaje en su conjunto. Se recoge la esencia del método en su título *Manual para observar y sintetizar paisajes*, publicado en 2016, donde, a través de una serie de indicadores, integrando el conocimiento técnico y la percepción estética, se busca lograr una comprensión integral del paisaje.

Estos apartados se desarrollan a continuación.

#### **3.1.1 Identificación del paisaje**

Para identificar el paisaje, es preciso acotar primero su definición. Según el BOE 2008, traducido de documento del Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje, redactado en Florencia el 20 de octubre del 2000, el paisaje es: “por «paisaje» se entenderá cualquier parte del territorio tal como la percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos”.

Esta definición aparta una circunstancia singular del concepto del paisaje, que es la subjetividad de quién lo observa.

Cada paisaje, a ojos del observador, además de los componentes bióticos y abióticos, y todas las relaciones, procesos y dinámicas que los integran, también tiene un componente particular para cada uno, que se expresa mediante las sensaciones y evocaciones de cada persona, en tanto que sus sentidos le aporten. La imagen, el olor, la temperatura, la estación, o los recuerdos, producen en cada particular un sentido único y personal.

Es por ello, que una definición más completa, de las muchas que hay, es por ejemplo la que propone en 1974 Yi – Fu Tuan, considerado el padre de la geografía humanística, que afirma:

“El paisaje es el espacio vivido, percibido y representado, un concepto que está estrechamente vinculado a la manera en que los seres humanos sienten y perciben su entorno a través de los sentidos y la cultura.”

#### **3.1.2 Componentes del paisaje**

Apartando la subjetividad del observador, imposible de definir por su propia naturaleza, se atiende a conceptos más tangibles para identificar los factores que dimensionan el conjunto paisajístico, a partir de la siguiente imagen (imagen 5: Componentes del paisaje)





**Imagen 5: Componentes del paisaje (Modificado de la original, extraída de [https://www.mapa.gob.es/images/es/ponenciamariagonzalezcorral\\_tcm30-430082.pdf](https://www.mapa.gob.es/images/es/ponenciamariagonzalezcorral_tcm30-430082.pdf))**

Cada punto numerado de la imagen se describe a continuación:

1. Masa de agua contenida por el embalse.
2. Camino que circunda al embalse por todo su perímetro.
3. Presa que cierra el embalse, con núcleo de hormigón, pero naturalizada con una cobertura empedrada sobre la que se ha colocado tierra y posteriormente se ha hidrosembrado.
4. Tierras de cultivo en ladera, viñas dedicadas a la producción de vino.
5. Ladera con algún núcleo disperso de arbolado, con patentes marcas de erosión hídrica, donde aflora el color blanco del suelo calizo, predominante en la zona.
6. Tierras de cultivo que dominan en los páramos, fundamentalmente de uso cerealista.
7. Edificación, centro donde se encuentran las bombas que traen agua desde el Duratón.
8. Aliviadero, de hormigón, con resaltos hidráulicos formados por rocas introducidas en el cemento.
9. Tierras de cultivo de los fondos de valle, también principalmente cerealistas, alternadas con algunos cultivos de regadío, como la remolacha.
10. Laderas que circundan el embalse, sin vegetación arbórea, provistas de vegetación xerófila herbácea y arbustiva. El objetivo es la fijación de vegetación sobre este estrato.

### 3.1.3 Dinámica del paisaje

Una vez descritos los componentes que integran el conjunto del paisaje, se definen las dinámicas que afectan al sistema, mediante su identificación y descripción, mediante la imagen 6: Dinámicas del paisaje.



**Imagen 6: Dinámicas del paisaje (Modificado de la original, extraído de: <https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra>)**

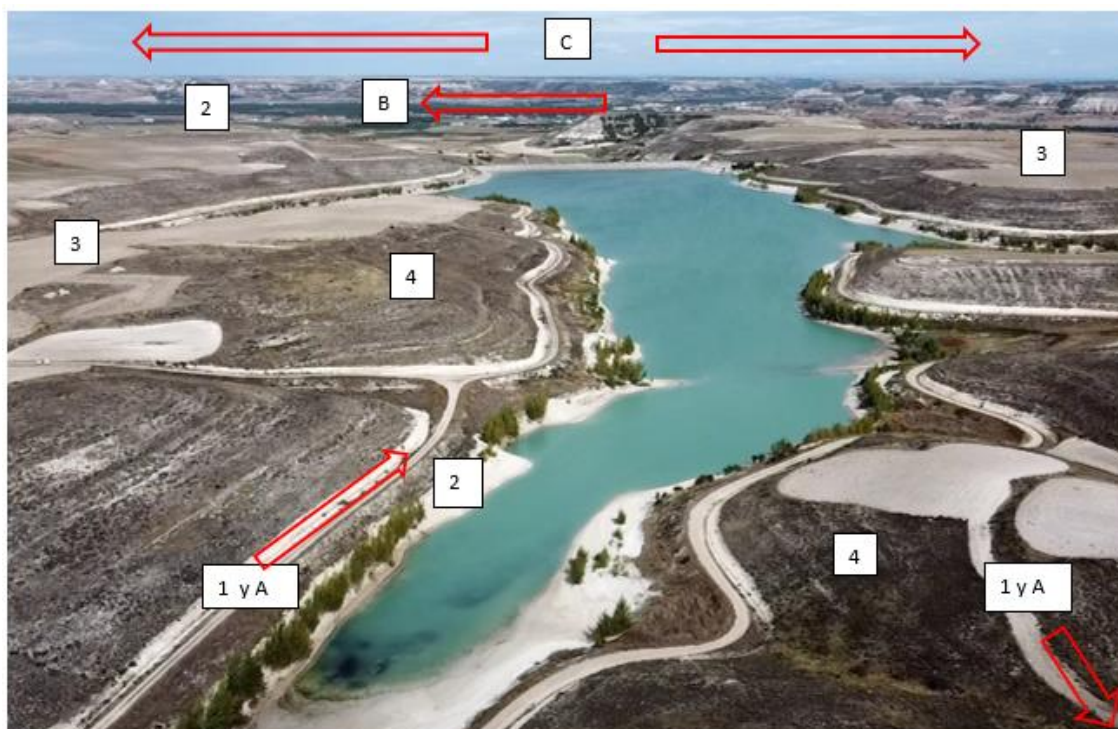
Dinámica horizontal del paisaje:

- A. Lámina de agua en régimen léntico, movimiento inapreciable sobre su superficie en días sin viento. Se encuentra enclavada en el comienzo de un valle, en concreto, el excavado por el arroyo de Valdemudarra, que comunica directamente con las tierras del valle del Duero.
- B. Línea de conexión entre el agua y el terreno, provista de vegetación riparia espontánea capaz de soportar inundación, dado que el color blanco de la tierra indica aproximadamente el nivel máximo de cota piezométrica que alcanza el agua.
- C. Valle muy vegetado que se presenta perpendicularmente al eje de la fotografía, y que se corresponde con la cuenca y las riberas del río Duero.
- D. Páramos, en la época del año en la que se toma la foto, ya cosechados y a la espera del siguiente ciclo agrícola.
- E. Línea del horizonte, que, dada la orografía plana predominante, presenta una rectitud formidable y una total ausencia de obstáculos visuales.

Dinámica vertical del paisaje:

- f. Laderas con vegetación arbustiva puntual y gran cantidad de herbáceas agostadas, con algunos puntos erosionados donde resalta el color blanco de las tierras predominantemente calizas de la zona.
- g. Caminos, presentes paralelamente a las líneas de cota, que circundan el embalse, y dan acceso a las tierras de cultivo que se encuentran por encima.
- h. Línea de árboles que pueblan la intersección entre agua y tierra.
- i. Línea del cielo, con nubes dispersas y poco notables.

Determinadas las dinámicas entre elementos que conforman el paisaje, se atiende a los patrones que lo integran, a través de las relaciones que se establecen entre ellos. De igual forma, se determinan mediante una visualización (imagen 7: Patrones y relaciones del paisaje).



**Imagen 7: Patrones y relaciones del paisaje (Modificado de la original, extraído de: <https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra>)**

#### Patrones:

1. Caminos
2. Líneas de vegetación arbórea
3. Zonas de cultivo
4. Páramos, laderas y valles.

#### Corredores:

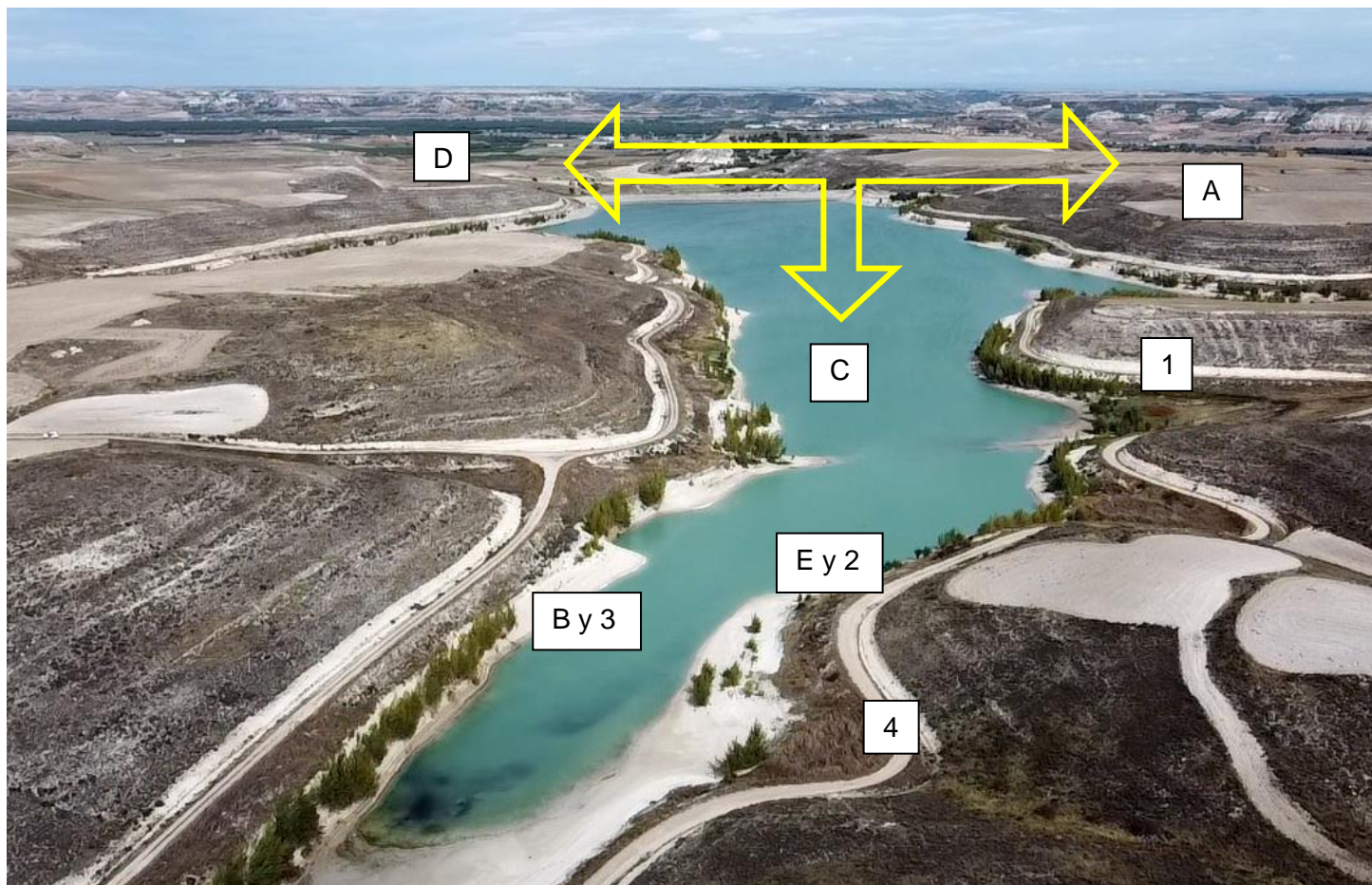
- A. Caminos
- B. Valle del Duero
- C. Línea del horizonte

Los patrones y corredores del paisaje permiten diferenciar el paisaje e integrarlo como unidad.

- Los patrones son elementos reconocibles, repetidos y diferenciados de la estructura del paisaje, conformados por la conjunción entre procesos naturales y antrópicos. Un buen ejemplo son los caminos, que actúan como barreras de dispersión ecológica, separando zonas naturales y creando diferentes ecotipos.
- Un corredor se entiende como aquella estructura del paisaje que constituye conexiones entre sus distintas franjas del terreno, siendo una unidad en sí, y no solo una zona de separación entre dos partes. En este caso, el valle del Duero es el corredor natural más reseñable.

Los patrones, corredores, dinámicas y elementos se relacionan estrechamente, formando, como tal, lo que se conoce y se percibe como el paisaje. A este conjunto, se le añade la energía que lo hace evolucionar, determinando su propio dinamismo natural y antrópico.





**Imagen 8: Dinamismo y relaciones del paisaje (Modificado de la original, extraído de:**

[\[https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra\]](https://www.rutadelvinoriberadelduero.es/es/recurso-natural-birding-humedales/embalse-valdemudarra)

Los procesos dinámicos y las relaciones que integran el paisaje se definen a continuación, apoyándose en la siguiente imagen (imagen 8: Dinamismo y relaciones del paisaje).

Al tratarse de un paisaje con una tendencia tan marcada por las actividades humanas de cultivo, muchos de sus elementos están condicionados por su uso, y se presentan cambiantes a lo largo del año, dependiendo del momento en el que se encuentre el ciclo agrícola.

Las grandes extensiones de cultivo sufren importantes cambios de coloración conforme avanza el año, comenzando con los colores propios de la tierra en invierno, porque el suelo se termina de arar y la temperatura impide la proliferación de ningún tipo de pasto (A).

Conforme la temperatura se incrementa y llega la primavera, las semillas sembradas en las tierras comienzan a germinar y la tierra se cubre de un manto verde, que se mantendrá hasta la entrada del verano, donde el calor y el ciclo biológico de los cereales los llevará a su maduración, tomando colores pardos y marrones. Tras la cosecha, puede reverdecer el terreno con las primeras lluvias del otoño, lo que denominan otoñada, formada por vegetación herbácea, que perecerá con la llegada del invierno, perpetuando así el ciclo.

Los pocos árboles que circundan el embalse pierden sus hojas en invierno. (B)



En cuanto al mismo embalse, presenta cambios en el nivel de sus aguas a lo largo del año, puesto que su aprovechamiento principal es la colecta, almacenamiento y distribución de agua para los regantes de la comunidad. (C)

La mediterraneidad del clima del lugar incrementa esa pérdida de nivel del agua, dado que la mayor demanda de agua se produce en la época de menor precipitación, que coincide con el verano.

Los páramos cerealistas no requieren mucha agua, sin embargo, los cultivos hortícolas y las vides de los valles (D) mejoran mucho su producción si se puede garantizar un aporte hídrico sostenido, que se extrae del embalse, por lo que ve su nivel mermado en verano, recuperando su nivel con las lluvias de otoño y primavera, y los aportes que se bombean desde el Duero.

Como cualquier lámina de agua extensa y profunda, refleja el color del cielo, alcanzando algunos días azules próximos al turquesa, y tomando otras veces tonos mucho más oscuros cuando el cielo se nubla. (E)

### **Relaciones:**

Dada, como se comentaba en el punto anterior, la dinámica antrópica que modifica el paisaje con sus actividades, ocurren una serie de consecuencias y relaciones entre sus diferentes elementos.

1. Erosión: El movimiento de maquinaria por los caminos o la acción de la lluvia sobre el suelo desprotegido por las actividades de gradeo o arado, producen una erosión. Como el embalse es un punto de vertiente natural por su conformación de valle, buena parte del material erosionado va a parar a sus aguas, donde, dependiendo de su grosor, queda en suspensión o sedimenta. (Imagen 9).



**Imagen 9: Líneas de marcada erosión en regueros (20/05/2023)**

2. El acopio, almacenamiento y gestión del recurso hídrico favorecen a los cultivos de la zona, y aumenta las posibilidades agrícolas de los alrededores. Además, las grandes superficies de agua como ésta pueden funcionar como puntos de toma de agua, cuestión relevante a la hora de la lucha contra los incendios, como puede verse en la imagen 10.



Imagen 10: Helicóptero de la ELIF-V1 tomando agua del embalse para la extinción de un incendio en las orillas del Duratón en la vecina localidad de Peñafiel (20/05/2023) (Suceso: <https://www.elnortedecastilla.es/valladolid/provincia/incendio-ribera-duraton-penafiel-20230519002740-ga.html#firstImage> )

3. Nichos ecológicos: La inundación del territorio, que anteriormente sólo se encontraba recorrido por el humilde arroyo de Valdemudarra, conlleva la pérdida de un hábitat para multitud de especies, pero también genera posibilidades para muchas otras, por ejemplo, los chopos que habitan sus orillas (imagen 11), que en el pasado hubieran tenido muchos problemas para colonizar un lugar fundamentalmente seco.

Imagen 11: Chopos que colonizan las orillas del embalse. (20/05/2023)



4. Los caminos componen la forma principal de movimiento, empleados principalmente por maquinaria, pero también por los visitantes que acuden al lugar de forma recreativa.

Una relación de factores que se extrae de este proyecto es la que ocurre entre las actividades humanas, que modifican el medio, dando lugar a pérdidas y ganancias del los espacios naturales sobre los que se llevan a cabo las actividades, entorpeciendo algunos procesos naturales y catalizando otros. En el caso competente, la inundación de esas tierras es aprovechada por algunas especies de árboles, que logran establecerse con éxito, frenando parte de un problema derivado de las actividades humanas como es la erosión hídrica, de forma que las condiciones tras la ejecución del proyecto vuelven a cambiar, en este caso, en favor de las actividades humanas.

Estas relaciones son dinámicas y constantes, y conviene tenerlas en cuenta y respetarlas para evitar problemas derivados de la sobreexplotación. Aunque en el gráfico se muestra una relación básica, las relaciones nunca son unívocas, hay muchos otros sucesos que no se muestran, pero que están ocurriendo de forma simultánea y pueden ser desde muy beneficiosos a muy negativos.



### 3.1.4 Criterios de valor

A pesar de no tratarse de un entorno natural, desde luego, esta zona reúne las condiciones precisas para ser meritorio de protección y visita. Por ejemplo, aún especies de fauna interesantes bajo unas condiciones muy poco habituales dentro de la realidad de la provincia.

También es ejemplar en algunas cuestiones, como la integración en el entorno natural de obras hidráulicas de cierta envergadura. Desde luego, la propia presa constituye un ejemplo paradigmático en lo que a integración paisajística se refiere.

Para aclarar este aspecto, se acude a la siguiente serie de imágenes (Imágenes 12-16: Integración paisajística del embalse).





**Imagen 12: Integración paisajística del embalse. Vista desde las plantaciones de viñas de la ribera del Duero (13/07/2024)**



**Imagen 13: Integración paisajística del embalse. Vista desde las plantaciones de las viñas de la ribera, con zoom (13/07/2024)**



**Imagen 14: Integración paisajística del embalse. Vista desde los campos de cultivo (13/07/2024)**



**Imagen 15: Integración paisajística del embalse. Vista desde los campos de cultivo, con zoom (13/07/2024)**



**Imagen 16: Integración paisajística del embalse. Detalle de la presa que cierra el embalse (13/07/2024)**



En la anterior sucesión de fotos queda patente el hecho de la integración de obras hidráulicas en el paisaje. En lugar de los clásicos paramentos de hormigón gris, que chocan directamente con la continuidad de la visión, el planteamiento de esta obra acompaña la forma natural de las laderas, haciendo que la intervención humana pase desapercibida, reduciendo el impacto visual en su conjunto.

Esta circunstancia se debe a prácticas de construcción cuidadosamente escogidas, como uso de materiales sueltos sobre el núcleo de hormigón, y la posterior hidrosiembra de la pendiente, sumado a la posterior colonización espontánea por parte de la vegetación.

El trabajo de ingeniería en este caso da con una respuesta creativa, naturalizada, y funcional, alejada de obras prefabricadas y soluciones rápidas, y el buen resultado es consecuencia de un proceso de profundo y certero análisis del territorio.

### 3.1.5 Propuestas de conservación y mejora

Para continuar con la percepción agradable y naturalizada del paisaje, lo que se propone en este proyecto es aportar más profundidad al paisaje.

En palabras del licenciado en Ciencias Biológicas en la Universidad de Barcelona, Josep Selga Casarramona, experto en estudio del paisaje, "Los gradientes térmicos del océano dieron origen y posibilitan el desarrollo de la vida, en sus distintas tipologías, bajo el mar. Esa misma profundidad, donde nace la vida, es la que le aportan los árboles al territorio."

Además de por razones operativas, como frenar la erosión, los árboles cumplen con el importante papel de cubrir el paisaje, y dotarlo de identidad.

En este sentido, se considera que el impacto de una repoblación resultaría en beneficio visual, ecológico y ecosistémico. A continuación, se presenta un planteamiento visual de cómo podría afectar el proyecto, generado con inteligencia artificial empleando la siguiente descripción:

*"Una vista aérea del embalse de Valdemudarra en Peñafiel, Valladolid, España, transformado en un entorno naturalizado que combina elementos naturales y agrícolas. El agua del embalse aparece de un color azul turquesa claro, rodeado por laderas, anteriormente desprovistas de vegetación, y ahora cubiertas en su mayoría por bosques de pinos dispersos. Los pinos crecen en grupos, formando un paisaje tipo mosaico, con zonas abiertas que alternan con los parches de bosque. Los bordes del embalse y algunas partes más elevadas de las laderas tienen cobertura vegetal natural con tonos verdosos claros y oscuros, representando diferentes tipos de densidad arbórea. Los chopos son el componente más importante de este estrato.*

*En las zonas más planas cercanas al embalse, permanecen los campos de cultivo bien estructurados, con patrones geométricos y tonos terrosos típicos de una región agrícola activa. Estos cultivos incluyen pequeñas áreas de viñedos y parcelas de cereales que se integran perfectamente con el entorno natural.*

*El cielo es despejado con tonos azul claro y algunas nubes blancas dispersas, proporcionando iluminación natural que resalta el contraste entre las zonas verdes de los bosques y los colores marrones de los campos. La escena refleja un equilibrio entre naturaleza y agricultura, con caminos rurales visibles como líneas delgadas que*

*cruzan el paisaje, conectando los campos con las áreas boscosas. Es un ejemplo armonioso de regeneración paisajística, donde el embalse es el elemento central rodeado de vegetación rejuvenecida y áreas agrícolas activas.”*

La IA procesó esta información y planteó las siguiente imagen (imagen 17):



**Imagen 17: Potencial situación del embalse tras el proyecto (Imagen generada con IA , mediante una descripción detallada, empleando el motor DALL-E, diseñado y desarrollado por OpenAI.)**

Queda patente en este tipo de imágenes la potencia y capacidad de adaptación que ofrecen las inteligencias artificiales a día de hoy, y entendidas como herramientas de soporte para el trabajo técnico, desde luego suponen un aliado de valor incalculable. Darle la espalda a este poderoso recurso estos tiempos resta capacidad de adaptación, pero también tiene su contraparte, abusar de estos motores hace que el criterio y el esfuerzo personal tienda a diluirse.

La imagen generada resume perfectamente lo buscado, en las zonas cercanas al agua predominan los chopos, y las laderas quedan cubiertas por vegetación más ruda, como pinos y sabinas, dejando también algunos espacios cubiertos por matorral y matojos de pequeño tamaño, quedando reflejados distintos ambientes, colonizables por especies diversas, y un entorno maduro pero en constante evolución.

## 4. Bibliografía

1. Barbadillo, F.J. (2016). *Manual para entender e identificar el paisaje*. Editorial Tundra.
2. Consejo de Europa. (2000). *Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje (número 176 del Consejo de Europa)*. Hecho en Florencia el 20 de octubre de 2000.  
[https://www.boe.es/eli/es/ai/2000/10/20/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/ai/2000/10/20/(1))

3. Corral, M. G. (2017). *Aplicación de la Innovación Tecnológica en la Implantación de los Planes de Emergencia en el ITACYL*. Instituto Técnico Agrario de Castilla y León.  
[[https://www.mapa.gob.es/images/es/ponenciamariagonzalezcorral\\_tcm30-430082.pdf](https://www.mapa.gob.es/images/es/ponenciamariagonzalezcorral_tcm30-430082.pdf) ]
4. Selga, J. (2012). *El árbol urbano, recurso de futuro*. Butlletí Territori i Ciutat, Diputación de Barcelona.
5. OpenAI. (2024). *Imagen generada por IA utilizando DALL·E* [Imagen]. ChatGPT.



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafiel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024



## **5. Anejo de conservación del suelo y estudio de erosión**

# Índice

## Contenido

1. Introducción .....	4
2. Estimación de precipitaciones máximas en 24 h.....	4
2.1 Precipitaciones máximas según la distribución de Weibull (Ajustado por Gumbel y Kolmogorov – Smirnov) .....	4
2.2 Precipitaciones máximas según el Método de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento) .....	8
3. Cálculo del caudal punta.....	10
3.1 Cálculo del caudal punta según la fórmula de García Nájera .....	10
4. Estimación de la erosión y pérdidas de suelo. (Método MUSLE) .....	11
4.1 Erosión y transporte de sedimentos. ....	11
4.1.1 Estimación de la escorrentía (Es) .....	12
4.1.2 Factor de erosividad del suelo ( $K$ ) .....	15
4.1.3 Factor topográfico (L x S).....	16
4.1.4 Factor de vegetación (C).....	18
4.1.5 Factor de conservación (P) .....	19
4.2 Cálculo final del modelo .....	19
4.3 Recalculado del modelo suponiendo una repoblación exitosa .....	20
4.2.1 Pasados diez años tras la repoblación .....	20
4.2.2 Pasados cincuenta años tras la repoblación .....	21
5 . Bibliografía.....	24

## 1. Introducción

Tal y como se indica en la memoria, este proyecto está vertebrado por dos ejes, la protección del terreno y otros valores añadidos, como la diversificación de la biodiversidad, la mejora del ecosistema y el impulso turístico.

Para dimensionar la protección del terreno, es preciso conocer el daño que está sufriendo el mismo.

Hay múltiples causas por las que un ecosistema puede verse degradado, pero solo algunas de ellas son modificables con medidas de mitigación.

Muchos de estos factores son producto de las actividades del ser humano, por ejemplo, las obras, la sobrefertilización, los movimientos de tierras, las cortas desproporcionadas...

Sin embargo, esta zona carece de uso humano del suelo, por tanto, la degradación de este se debe a causas naturales, en concreto, a eventos de precipitación torrencial que implican arrastres de material y su posterior sedimentación.

Para calcular el efecto de las posibles avenidas, se procede con el método propuesto por Martínez de Azagra & Navarro.

## 2. Estimación de precipitaciones máximas en 24 h.

Para la estimación de las precipitaciones máximas, se dispone de distintas metodologías. Todas ellas tienen fundamentos estadísticos, y se basan en las series de años analizadas.

Para el caso de las precipitaciones máximas, se calculan en función a un período de retorno de 50 años, que es el valor de referencia para la mayoría de obras hidráulicas.

### 2.1 Precipitaciones máximas según la distribución de Weibull (Ajustado por Gumbel y Kolmogorov – Smirnov)

El primero de los métodos es el propuesto por Weibull, y las modificaciones posteriores de Gumbel y Kolmogorov – Smirnov.

Weibull nos permite establecer una distribución flexible para eventos extremos, que se acota posteriormente con la distribución de Gumbel, que aporta un ajuste adicional para los valores máximos. Por último, se evalúa la bondad del ajuste con el método de Kolmogorov – Smirnov.

- Distribución de Weibull:

$$Fr = \frac{n}{N + 1}$$

Donde:

- n = número de orden de la serie de valores muestrales ordenados en sentido creciente.
- N = número total de elementos de la muestra

El cálculo se presenta en la siguiente tabla. (Tabla 1: Distribución de Weibull).

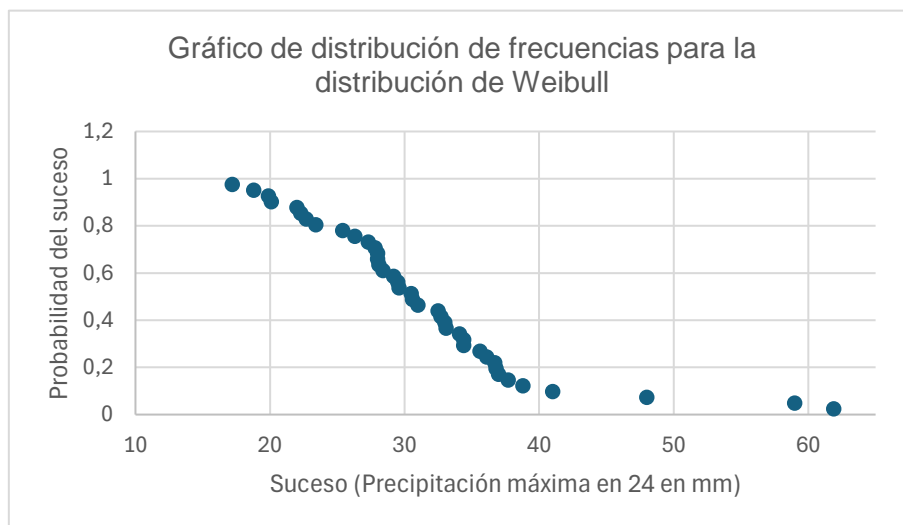
Tabla 1: Distribución de Weibull para la serie de 40 datos.

Año	Max 24h	Mes	F(Weibull)
1995	61,9	Sep	0,024390244
2018	59	Ago	0,048780488
1997	48	Nov	0,073170732
2014	41	Abr	0,097560976
1993	38,8	Sep	0,12195122
2005	37,7	Sep	0,146341463
2016	37	May	0,170731707
2020	36,8	May	0,195121951
2010	36,7	Nov	0,219512195
1996	36,1	May	0,243902439
2012	35,6	Sep	0,268292683
1989	34,4	Sep	0,292682927
2000	34,4	Oct	0,317073171
1998	34,1	Nov	0,341463415
2021	33,1	Nov	0,365853659
2007	33	Oct	0,390243902
2004	32,7	Abr	0,414634146
2001	32,5	Sep	0,43902439
2019	31	Dic	0,463414634
1984	30,6	Jun	0,487804878
2003	30,5	Oct	0,512195122
1987	29,6	Sep	0,536585366
1999	29,5	Abr	0,56097561
1982	29,2	Sep	0,585365854
1992	28,4	Feb	0,609756098
1988	28,1	Oct	0,634146341
2002	28	Nov	0,658536585
2017	28	May	0,682926829
2015	27,8	Jul	0,707317073
1986	27,3	Dic	0,731707317
2009	26,3	Nov	0,756097561
2013	25,4	Oct	0,780487805
1990	23,4	Dic	0,804878049
1991	22,7	Oct	0,829268293
1994	22,3	Dic	0,853658537
2006	22	Ene	0,87804878
1985	20,1	Nov	0,902439024
2011	19,9	Jun	0,926829268
1983	18,8	Abr	0,951219512
2008	17,2	Nov	0,975609756

La nube de puntos obtenida mediante la aplicación de esta distribución es la expresada en la siguiente figura (Figura 1: Nube de puntos de la distribución de Weibull).



**Figura 1: Nube de puntos de la distribución de Weibull)**



Una vez aplicada la distribución sobre el total de los datos, previamente ordenados de mayor a menor, se procede a ajustar los máximos empleando la distribución de Gumbel.

Lo primero, es calcular la desviación típica de la muestra, en este caso  $S = 9,325$ , y la media, en este caso es  $\bar{P} = 31,723$ .

A partir de ahí, se aplica sobre la nube de puntos la mencionada distribución de Gumbel, que sigue la fórmula:

$$F(x) = P(x_i \leq x) = e^{-\alpha(x-\mu)}$$

Donde:

- $\alpha = \frac{1,28255}{S}$  siendo "S" la desviación típica.
- $\mu = \bar{P} - 0,450047 * S$ , siendo " $\bar{P}$ " la precipitación media y "S" la desviación típica.

Calculando ambas, se obtiene:

- $\alpha = 0,138$
- $\mu = 27,526$

Por tanto, la distribución final sería:

$$F(x) = P(x_i \leq x) = e^{-e^{-0,138(x-27,526)}}$$

Con esta distribución, lo que se plantea es que la precipitación máxima diaria sea menor o igual a x.

Este ajuste tiene en cuenta la cantidad de datos que se toman, de los que salen la media y la desviación típica, calculando el valor máximo de las diferencias entre frecuencias observadas y teóricas, comprobando que ese valor no es superior al máximo establecido por Kolmogorov, para un tamaño de muestra "N" con un nivel de significación  $\alpha$ . En este caso, para un  $\alpha = 0,138$  y una serie de 40 años, el umbral de rechazo de hipótesis es:

$$D_{crit} = \frac{0,138}{\sqrt{40}} = 0,021$$

Por tanto, se aproximan los valores a una distribución de Weibull, y a través de Kolmogorov - Smirnov se comprueba si dichos valores se corresponden o no con tal distribución, tal y como se muestra a continuación en la tabla 2.

Tabla 2: Test de bondad de Kolmogorov – Smirnov

Año	Max 24h	Mes	F(Weibull)	F (Estimada)	Diferencia	D crítica	Resta
1995	61,9	Sep	0,024390244	0,025	0,00060976	0,021	-0,0204
2018	59	Ago	0,048780488	0,05	0,00121951	0,021	-0,0198
1997	48	Nov	0,073170732	0,075	0,00182927	0,021	-0,0192
2014	41	Abr	0,097560976	0,1	0,00243902	0,021	-0,0186
1993	38,8	Sep	0,12195122	0,125	0,00304878	0,021	-0,0180
2005	37,7	Sep	0,146341463	0,15	0,00365854	0,021	-0,0173
2016	37	May	0,170731707	0,175	0,00426829	0,021	-0,0167
2020	36,8	May	0,195121951	0,2	0,00487805	0,021	-0,0161
2010	36,7	Nov	0,219512195	0,225	0,0054878	0,021	-0,0155
1996	36,1	May	0,243902439	0,25	0,00609756	0,021	-0,0149
2012	35,6	Sep	0,268292683	0,275	0,00670732	0,021	-0,0143
1989	34,4	Sep	0,292682927	0,3	0,00731707	0,021	-0,0137
2000	34,4	Oct	0,317073171	0,325	0,00792683	0,021	-0,0131
1998	34,1	Nov	0,341463415	0,35	0,00853659	0,021	-0,0125
2021	33,1	Nov	0,365853659	0,375	0,00914634	0,021	-0,0119
2007	33	Oct	0,390243902	0,4	0,0097561	0,021	-0,0112
2004	32,7	Abr	0,414634146	0,425	0,01036585	0,021	-0,0106
2001	32,5	Sep	0,43902439	0,45	0,01097561	0,021	-0,0100
2019	31	Dic	0,463414634	0,475	0,01158537	0,021	-0,0094
1984	30,6	Jun	0,487804878	0,5	0,01219512	0,021	-0,0088
2003	30,5	Oct	0,512195122	0,525	0,01280488	0,021	-0,0082
1987	29,6	Sep	0,536585366	0,55	0,01341463	0,021	-0,0076
1999	29,5	Abr	0,56097561	0,575	0,01402439	0,021	-0,0070
1982	29,2	Sep	0,585365854	0,6	0,01463415	0,021	-0,0064
1992	28,4	Feb	0,609756098	0,625	0,0152439	0,021	-0,0058
1988	28,1	Oct	0,634146341	0,65	0,01585366	0,021	-0,0051
2002	28	Nov	0,658536585	0,675	0,01646341	0,021	-0,0045
2017	28	May	0,682926829	0,7	0,01707317	0,021	-0,0039
2015	27,8	Jul	0,707317073	0,725	0,01768293	0,021	-0,0033
1986	27,3	Dic	0,731707317	0,75	0,01829268	0,021	-0,0027
2009	26,3	Nov	0,756097561	0,775	0,01890244	0,021	-0,0021
2013	25,4	Oct	0,780487805	0,8	0,0195122	0,021	-0,0015
1990	23,4	Dic	0,804878049	0,825	0,02012195	0,021	-0,0009
1991	22,7	Oct	0,829268293	0,85	0,02073171	0,021	-0,0003
1994	22,3	Dic	0,853658537	0,875	0,02134146	0,021	0,0003
2006	22	Ene	0,87804878	0,9	0,02195122	0,021	0,0010
1985	20,1	Nov	0,902439024	0,925	0,02256098	0,021	0,0016
2011	19,9	Jun	0,926829268	0,95	0,02317073	0,021	0,0022
1983	18,8	Abr	0,951219512	0,975	0,02378049	0,021	0,0028

Año	Max 24h	Mes	F(Weibull)	F (Estimada)	Diferencia	D crítica	Resta
2008	17,2	Nov	0,975609756	1	0,02439024	0,021	0,0034

Estos 6 últimos datos, rotulados en amarillo, son puntos que no se ajustan bien a la distribución de Weibull, por tanto, son considerados outlayers (puntos fuera de la distribución). Su incidencia sobre los datos finales hace que sea recomendable quitarlos de la ecuación, eliminando de ésta forma los posibles errores que esto pueda conllevar.

Redefiniendo en este caso la fórmula que conforma la distribución, con los puntos discordantes eliminados, se obtiene (Con una  $S = 8,548$  y  $\bar{P} = 33,78$ ):

- $\alpha = 0,150$
- $\mu = 29,932$

Obteniendo finalmente por tanto, una distribución de Gumbel corregida definida con la fórmula:

$$F(x) = P(x_i \leq x) = e^{-e^{-0,150(x-29,932)}}$$

Aplicando para la serie de años, período de retorno de 50 años, mediante la relación :

$$F(x) = 1 - \frac{1}{T}$$

Donde T es el período de años a estudiar, es decir  $T = 50$ , por consiguiente:

$$F(x) = 1 - \frac{1}{50} = 0,98$$

Con respecto al valor calculado, se estima que las precipitaciones máximas, para un período de retorno de 40 años, con los datos tomados, es de :

$$e^{-e^{-0,150(x-29,932)}} = 0,98$$

$$x = 55,945 \text{ mm}$$

Por tanto, la precipitación máxima real será en un 98 % de las ocasiones menor que la calculada con este método. O lo que es lo mismo, en un 2 % de las ocasiones, las precipitaciones máximas superarán los 55,945 mm máximos calculados.

Éste es solamente uno de los varios métodos que existen para calcular la precipitación máxima en 24 horas.

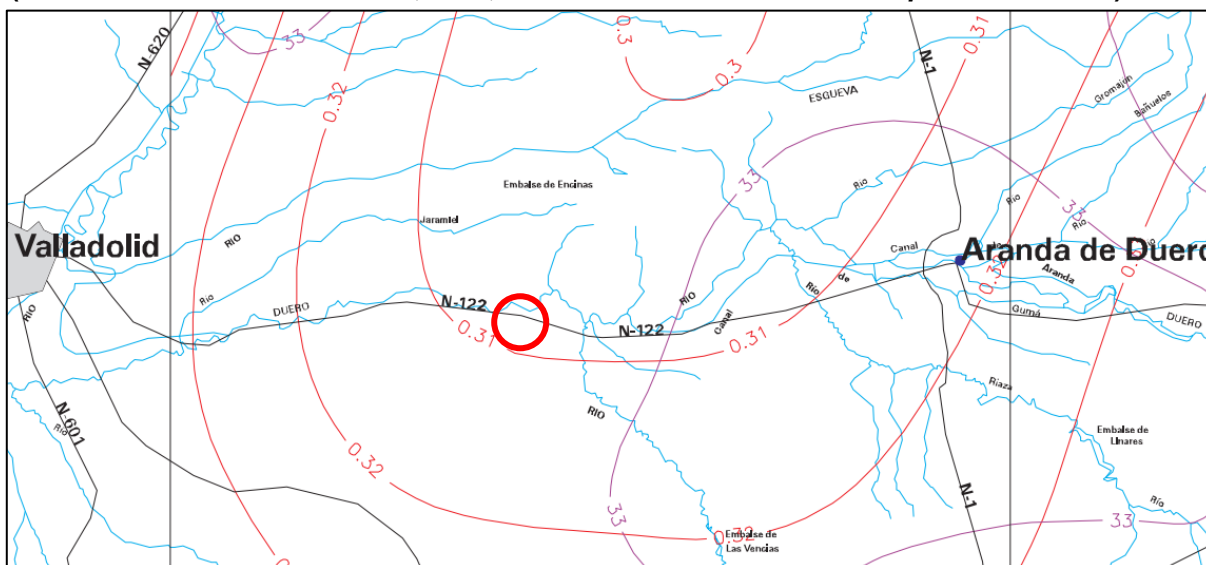
## 2.2 Precipitaciones máximas según el Método de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento)

El Método de la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Fomento de España se utiliza para estimar las precipitaciones máximas con el fin de diseñar infraestructuras viales como carreteras y puentes, y prever condiciones extremas de lluvia.

Para agilizar este tipo de cálculos, se dispone de un mapa de isolíneas, que delimitan zonas donde las precipitaciones máximas son estadísticamente lo suficientemente similares, teniendo en cuenta datos de los observatorios climáticos y propiedades físicas de las zonas implicadas.

Para la zona de estudio, se cuenta con el plano siguiente (Figura 2: Mapa de isólinas de la DGC)

**Figura 2: Recorte extraído del mapa de isólinas de la Dirección General de Carreteras (Fuente: Ministerio de Fomento, 1999, *Máximas luvias diarias en la España Peninsular*)**



La zona de estudio queda comprendida bajo la línea de precipitación media máxima de 33 mm (línea morada). El coeficiente de variación (línea roja) es  $C_v = 0,31$ .

La distribución desarrollada por el Ministerio de Fomento tiene la siguiente estructura:

$$P_{max} = \bar{P} * K_T$$

Donde:

- $\bar{P}$  = Precipitación media máxima (línea morada)
- $K_T$  = Coeficiente de corrección, que a su vez es función del coeficiente de variación  $C_v$  (línea roja), y se relacionan mediante la siguiente tabla (tabla 3)

Tabla 3: Recortada y extraída del documento *Máximas luvias diarias en la España Peninsular*, Ministerio de Fomento, 1999.

$C_v$	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831

Para el coeficiente de corrección establecido por el mapa, y el tiempo de retorno con el que se está trabajando, el factor de corrección  $K_t = 1,854$

Por tanto, las precipitaciones máximas en 24 horas según esta metodología son:



$$P_{max} = 33 * 1,854 = 61,182 \text{ mm}$$

Con este método, la precipitación máxima teórica en 24 horas es ligeramente superior a la calculada anteriormente.

Tabla 4: Comparativa entre métodos de cálculo

Precipitaciones máximas en 24 horas	
Método de Gumbel	55,945 mm
Método de la DGC	61,182 mm

En la tabla anterior (tabla 4) se comparan los dos valores obtenidos por distinto procedimiento.

Para el dimensionamiento de los posibles daños que pueda ocasionar la escorrentía sobre las laderas, se opta por tomar el valor más desfavorable, para así poder dimensionar la situación más compleja.

### 3. Cálculo del caudal punta

Una vez calculadas las precipitaciones máximas, se procede a estimar el caudal punta o máximo, que será el causante de la erosión que sufra el suelo.

Existen muchos métodos para cumplimentar este propósito, por ejemplo, el método racional modificado de Témez (1991), pero se descarta su uso por no funcionar bien en cuencas con efectos de laminación, como es el caso de la estudiada, por consecuencia del embalse.

Por ello, se recurre a la fórmula de García Nájera (1962).

#### 3.1 Cálculo del caudal punta según la fórmula de García Nájera

Se trata de un método adaptado especialmente para cuencas con pequeña superficie, idónea para el caso de esta cuenca, que cuenta con una superficie de 95 hectáreas (0,95 km<sup>2</sup>), desde la zona de cabecera hasta su zona de cierre artificial, el embalse en sí.

La fórmula de García Nájera tiene tres expresiones distintas en función de la superficie de la cuenca:

$$\text{Si } S < 0,4 \text{ km}^2 \text{ entonces: } Q_p = \frac{a * p(42 + 0,525 * S)S}{(1 + S)(1 + 0,025 * S)(0,5 + \sqrt{S})}$$

$$\text{Si } 0,4 \text{ km}^2 < S < 2,5 \text{ km}^2 \text{ entonces: } Q_p = a * p * (12,21 * S + 5,74)$$

$$\text{Si } S > 2,5 \text{ km}^2, \text{ entonces: } Q_p = \frac{a * p(42 + 0,525 * S)S}{(1 + S)(1 + 0,025 * S)(0,5 + \sqrt{S})}$$

Para el caso que compete, siendo la superficie de 0,95 kilómetros cuadrados, la fórmula de Nájera indicada es la segunda, se cumple la condición  $0,4 \text{ km}^2 < S < 2,5 \text{ km}^2$ .

En consecuencia, se toma como referencia la fórmula:

$$Q_p = a * p * (12,21 * S + 5,74)$$

Donde:

- $Q_p$  = Caudal punta ( $m^3/s$ )
- $a = 1 - 0,75 * \frac{S_c}{S}$
- $p = 0,75$  si menos de la tercera parte de la cuenca tiene pendientes mayores del 30%
- $p = 1$  si menos de las dos terceras partes de la cuenca tienen pendientes mayores del 30 %
- $p = 1,25$  si más de las dos terceras partes tienen pendientes mayores al 30%
- $S$  = Superficie total de la cuenca en  $km^2$ .
- $S_c$  = Superficie arbolada de la cuenca en  $km^2$ .

Evaluación de coeficientes:

- $a = 1 - 0,75 * \frac{S_c}{S} = 1 - 0,75 * \frac{0}{0,95} = 1$        $S_c = 0$  por la ausencia de masas de árboles reseñables, al menos por encima de los caminos, que son la parte que compete a estos efectos.
- $p = 1,25$ , teniendo en cuenta que la pendiente media de las laderas es 38,972 %, superando en algunas zonas los 50 %.
- $S = 0,95 km^2$ .

Descritos los parámetros, se calcula el caudal punta:

$$Q_p = 1 * 1,25 * (12,21 * 0,95 + 5,74) = 21,67 \frac{m^3}{s}$$

## 4. Estimación de la erosión y pérdidas de suelo. (Método MUSLE)

Siguiendo con la metodología propuesta por Martínez de Azagra y Navarro, se procede a calcular las pérdidas de suelo propiamente dichas mediante el modelo MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), modificada por Williams W. Williams en 1975 a partir del modelo USLE, desarrollado a su vez por los investigadores del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en la década de los cincuenta.

### 4.1 Erosión y transporte de sedimentos.

La fórmula modificada que sugirió Williams en 1975 tiene la siguiente estructura:

$$Y(t) = 11,8 * (E_s * Q_p)^{0,56} * \bar{K} * \bar{L} * \bar{S} * \bar{C} * \bar{P}$$

Donde:

- $Y$  : Peso de los sedimentos transportados, en este caso, a las aguas del embalse, o a las cunetas (t).
- $E_s$ : Escorrentía superficial generada por el aguacero de cálculo ( $m^3$ )
- $Q_p$ : Caudal punta del aguacero ( $m^3/s$ )
- $\bar{K}$  : Factor de erodabilidad del suelo, función de la expresión  $\bar{K} = \frac{t * m^2 * h}{ha * J * cm}$
- $\bar{L} * \bar{S}$  : Factores adimensionales propios de la pendiente de la cuenca.
- $\bar{P}$ : Factor referido a las prácticas de conservación de los suelos.

#### 4.1.1 Estimación de la escorrentía (Es)

Para la estimación de la escorrentía se procede con los métodos y tablas desarrolladas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), posteriormente adaptadas por Martínez de Azagra y Navarro Hevia en 1996.

Lo primero es conocer la tipología del suelo con el que se trabaja, en función de las categorías desarrolladas en la siguiente tabla (tabla 5).

Tabla 5: Grupos hidrológicos del suelo (SCS 1964 en Bradbury et al., 2000)

Grupo hidrológico del suelo	Infiltración cuando están muy húmedos	Características	Textura
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa Arenosa-limosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración <13 mm/h	Arcillosa

Atendiendo a la tabla anterior, sabiendo que la permeabilidad del suelo, según el servicio WMS del Instituto Técnico Agrícola de Castilla y León (ITACyL) es de entre 302,22 y 352,26 mm/día (12,59 – 14,68 mm/h), y la textura predominante (véase anejo edáfico) está en la frontera entre suelo franco y suelo franco arcilloso arenoso, se puede concluir que el grupo hidrológico de suelo más ajustado a la realidad de las laderas de estudio es el “C”.

Una vez definido el grupo hidrológico, se procede a buscar el número de curva en condiciones medias de humedad de suelo NII. Se escoge esta categoría de humedad por ser la más cercana a la potencial realidad del suelo cuando se enfrente a eventos de máximas precipitaciones.

Para hallar el número de curva, se recurre a las tablas de Martínez de Azagra y Navarro (1996).

En la siguiente tabla (tabla 6) se recopilan los números de curva en función del grupo hidrológico del suelo y la vegetación presente, en este caso, matorral – herbazal siendo el matorral preponderante.

Dadas los eventos erosivos registrados, la gran cantidad de zonas carentes de vegetación, y las condiciones climáticas adversas que se dan en esta zona, la condición hidrológica global se considera pobre.

Tabla 6: Número de curva en función del grupo de suelo (Martínez de Azagra y Navarro Hevia, 1996)

Tabla 1a (cont.): Números de Curva en condiciones medias de humedad de suelo (NII) según SCS (en Martínez de Azagra y Navarro Hevia, 1996)						
TIPO DE VEGETACIÓN	LABOREO	CONDICIÓN N HIDROLOGICA	TIPO DE SUELO.			
			A	B	C	D
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	pobres		48	67	77	83
	regulares		35	56	70	77
	buenas		53	48	65	73

Por tanto, para suelos pobres, con el tipo de vegetación propuesto, para el grupo hidrológico "C", el número de curva es 77.

Una vez conocido el número de curva para la condición de humedad II, se procede a determinar la escorrentía, a partir de la expresión:

$$Es = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4P_o}$$

Donde:

- Es: Escorrentía superficial (mm)
- P: Precipitación de cálculo en (mm).
- Po : Umbral de escorrentía: altura de la lluvia a partir de la cual se produce escorrentía superficial. Se define con la fórmula:  

$$P_o = 0,2 * S$$
- Parámetro propio de la cuenca, obtenido a partir del número de curva recién calculado.

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N}$$

Siguiendo el esquema de cálculo planteado, primero se procede a calcular el parámetro "S" de la cuenca, mediante la expresión:

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N} = \frac{25400 - 254(77)}{77} = 75,87 \text{ mm}$$

El umbral de escorrentía por tanto se calcula:

$$P_o = 0,2 * S = 0,2 * 75,87 = 15,17 \text{ mm}$$

Por su parte, la precipitación de cálculo no se corresponde directamente con la precipitación máxima en 24 horas calculada anteriormente, si no con la precipitación más desfavorable que la cuenca pueda enfrentar, es decir, aquella en la que coincida un evento de máxima precipitación con el tiempo de concentración de la cuenca.

Para su cálculo, es preciso determinar dos valores fundamentales, el tiempo de concentración y la intensidad del aguacero de cálculo. Para ambos, hay multitud de métodos.

Tiempo de concentración:



### 1. Método de Kirpich (1940)

$$tc = 0,0078 * \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$

Donde:

- L = Longitud del cauce principal desde la cabecera de la cuenca hasta la sección de cierre (m). En este caso L = 1790,73 m, midiendo desde la cabecera de la cuenca hasta la sección de cierre artificial que constituye la propia presa.
  - S = Pendiente media del caudal principal (m/m)
- Teniendo en cuenta que la diferencia de altura entre la cabecera y la sección de cierre es (878 – 821 = 57 m), la pendiente media es:

$$\frac{57}{1790,73} = 0,0318, \text{ es decir } 3,18 \%$$

Aplicando en la fórmula de Kirpich:

$$tc = 0,0078 * \left( \frac{1790,73^{0,77}}{3,18^{0,385}} \right) = 1,59 \text{ h}$$

### 2. Método del Soil Conservation Service (USDA):

$$tc = \left( \frac{0,01947 * L^{0,77}}{P^{0,385}} \right)$$

Donde:

- L: Longitud del cauce más largo (m).
- P: Pendiente media del cauce (%)

Aplicando el método de forma idéntica al caso anterior, se obtiene:

$$tc = \left( \frac{0,01947 * 1790,73^{0,77}}{3,18^{0,385}} \right) = 3,98 \text{ h}$$

### 3. Método de Giandotti

$$tc = \frac{4 * \sqrt{A} + 1,5 * L}{0,8 * \sqrt{H}}$$

Donde:

- A = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>). En este caso, 0,95 km<sup>2</sup>
- L: Longitud del cauce principal (km). Al igual que antes, 1,79 km.
- H: Diferencia de altura entre el punto más alto y el punto de salida (m). Entre la cabecera y el cierre, 57 m .

Aplicando la fórmula anterior:

$$tc = \frac{4 * \sqrt{0,95} + 1,5 * 1790,73}{0,8 * \sqrt{57}} = 1,09 \text{ h}$$

A pesar de estar todos los valores en el mismo orden de magnitud, los cálculos se continúan con el tiempo de concentración obtenido por el método de Kirpich. En otras ocasiones, el criterio ha sido tomar siempre los valores más desfavorables, de cara a dimensionar las peores situaciones posibles. En este caso, se toma este valor teniendo en cuenta este mismo criterio, pero eliminando el obtenido por la fórmula de Giandotti, que está especialmente calibrada para entornos de la montaña italiana, en condiciones que no se asemejan en absoluto a la zona de estudio.

Por tanto, de los tres métodos, se da por bueno el cálculo con la fórmula de Kirpich, en este caso, dando un tiempo de concentración de 1,59, es decir, que en algo más de 1 hora y media, la intensidad de desagüe teórica de esta cuenca será máxima.

A partir del tiempo de concentración, se establece la intensidad del aguacero de cálculo, mediante la relación establecida, teniendo en cuenta la precipitación máxima en un período de 24 horas calculada a partir del método de la Dirección General de Carreteras.

$$I = \frac{P_{max}}{T_c} = \frac{61,182 \frac{mm}{24h}}{1,59 h} = 38,36 mm$$

Volviendo a los cálculos sobre la escorrentía, y a la fórmula:

$$Es = \frac{(P - P_o)^2}{P + 4P_o}$$

Donde, tras los cálculos apropiados, se concluye que:

- P = 38,36 mm
- P<sub>o</sub> = 27,35 mm

Sustituyendo en la fórmula, se obtiene:

$$Es = \frac{(38,36 - 15,17)^2}{38,36 + 4 * 15,17} = 5,42$$

Este valor es el coeficiente de escorrentía, adimensional, y hace referencia al agua que se arrastra y escurre por el terreno, en lugar de infiltrarse directamente.

#### 4.1.2 Factor de erosividad del suelo (K)

Se trata del factor de la fórmula de la MUSLE que hace referencia a la capacidad de erosión de la lluvia sobre el suelo. Algunas fuentes denominan a este término erodebilidad, en referencia a la resistencia que opone un suelo a ser erosionado, o más bien a la falta de ella.

La fórmula generalizada para su cálculo es:

$$K = 10^{-6} * 2,71 * M^{1,14} (12 - a) + 0,042(b - 2) + 0,0323 (c - 3)$$

Donde:

- a: Materia orgánica del suelo
- b: Grado de estructura del suelo
  1. Granular muy fina ( $\emptyset < 1$  mm)
  2. Granular fina ( $\emptyset = 1 - 2$  mm)
  3. Granular media o gruesa ( $\emptyset = 2 - 10$  mm)
  4. Granular maciza o masiva ( $\emptyset > 10$  mm)
- 1. c: Grado de permeabilidad del suelo
  1. Rápida o muy rápida (125 – 250 mm/h)
  2. Moderadamente rápida (62 – 125 mm/h)
  3. Moderada (20 – 62 mm/h)
  4. Moderadamente lenta (5 – 20 mm/h)
  5. Lenta (1,2 – 5 mm/h)
  6. Muy lenta (<1,2 mm/h)

Además, el factor “M” se calcula en función de las características texturales del suelo, definiéndose como:

$$M = (\% \text{ limo} + \% \text{ arena muy fina}) (100\% - \% \text{ arcilla}).$$

Siendo :

- % limo = 29,43
- % arena muy fina = 34,3%
- % arcilla= 22,64

$$M = (29,43 + 34,3) (100\% - 22,64) = 4930,15$$

Calculado este parámetro, se procede a evaluar el valor de la K (para entender los valores, véase el anejo edáfico):

1. a: 1,845 %
2. b: 3 (Estructura granular media o gruesa)
3. c: 4 (Permeabilidad moderadamente lenta, aproximadamente 13 mm/h).

Sustituyendo en la expresión;

$$K = 10^{-6} * 2,71 * 4930,15^{1,14} (12 - 1,845) + 0,042(3 - 2) + 0,0323 (4 - 3) = 0,52$$

Por tanto, el valor de la K del modelo de la MUSLE es 0,52 (t\*m<sup>2</sup>\*h)/(ha \* j\* cm)

#### 4.1.3 Factor topográfico (L x S)

- L (*Slope Length Factor* - Factor de Longitud de Pendiente):

Este factor representa el efecto de la longitud de la pendiente en la erosión del suelo. A medida que la pendiente es más larga, el volumen de agua y su velocidad aumentan, lo que incrementa la capacidad de la escorrentía para transportar sedimentos.

- S (*Slope Steepness Factor* - Factor de Inclinação de Pendiente):

Este factor mide el efecto de la inclinación de la pendiente en la erosión del suelo. Pendientes más inclinadas generan escorrentías más rápidas, lo que tiende a aumentar la erosión.

Ambos factores se calculan de manera conjunta, mediante la expresión:

Cuando la pendiente es menor del 9%:

$$L \times S = \left( \frac{y}{22,13} \right)^{0,3} * (0,065 + 0,0454 s + 0,0065s^2)$$

Cuando la pendiente es mayor del 9%:

$$L \times S = \left( \frac{y}{22,13} \right)^{0,3} * \left( \frac{s}{9} \right)^{1,3}$$

De la fórmula anterior se derivan las siguientes fórmulas:

1. Pendiente media de la ladera

$$s (\%) = \frac{Dcn (km) * Ltcn (km)}{S (km^2)} * 100$$

2. Longitud media de la ladera

$$y (m) = 500 * \frac{S (km^2)}{Lrios (km)}$$

Donde:

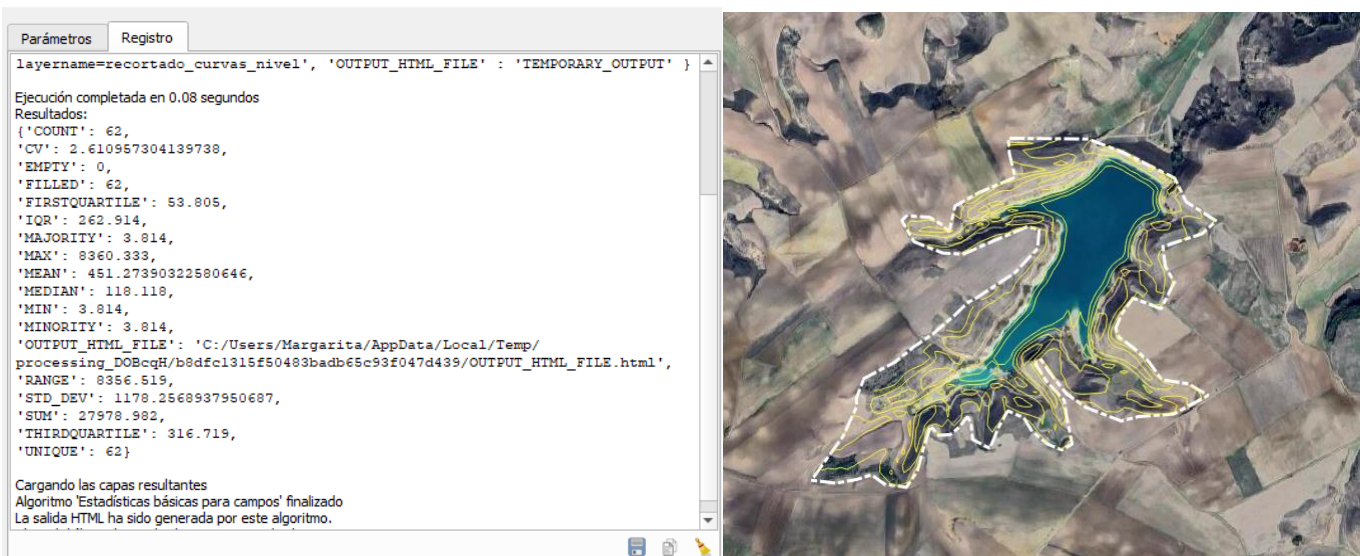
- y = longitud media de la ladera (m)
- S = pendiente media de la ladera (%)
- Lrios = Longitud de los cursos de agua de la cuenca (km)
- Dcn : Distancia entre curvas de nivel (km)
- Ltcn: Longitud de todas las curvas de nivel (km)

Primero se procede calculando la pendiente media de la ladera, sustituyendo en la expresión.

$$s (\%) = \frac{Dcn (km) * Ltcn (km)}{9,5 (km^2)} * 100$$

Los cálculos de las curvas de nivel se apoyan con el uso de la herramienta Qgis, extrayendo las curvas de nivel con una equidistancia de 10 m entre sí, recortando las curvas para toda la extensión de la cuenca, y posteriormente extrayendo las estadísticas de las polilíneas calculadas, tal y como se puede apreciar en la siguiente figura (figura 3)

Figura 3: Cálculo de longitud de curvas de nivel con una equidistancia de 10 m entre sí.



La suma total se corresponde con el parámetro 'SUM', en este caso, 27978,98 m. Una vez obtenido este valor, se sustituye en la fórmula de la pendiente.

$$s (\%) = \frac{0,01 * 27,98}{0,95} * 100 = 29,45 \%$$

Posteriormente, se procede con el cálculo de la longitud media de la ladera. Cabe resaltar que la cuenca no tiene ríos más allá del antiguo cauce del arroyo de Valdemudarra, que da nombre al valle y al embalse, y medido desde la cabecera hasta la sección de cierre, tiene 1790,73 m.

$$y (m) = 500 * \frac{0,95}{1,79} = 265,36 m$$

Por último, habiendo asegurado que la pendiente media es superior al 9%, se procede a calcular el factor L x S, sustituyendo en la expresión original, obteniendo:

$$L \times S = \left(\frac{265,36}{22,13}\right)^{0,3} * \left(\frac{29,45}{9}\right)^{1,3} = 9,84$$

#### 4.1.4 Factor de vegetación (C)

La vegetación es un factor muy importante a la hora de detener o controlar la erosión. Las plantas no solamente tapizan el suelo, evitando que la energía de las gotas golpee con fuerza, produciendo más levantamiento de sedimentos, si no que con la penetración de sus raíces favorecen la infiltración de agua en el suelo.

Con los datos de partida observados, se compara con la tabla de factor C (tabla 8: Valores de factor C).

- El dato que se toma de la tabla ha de pertenecer a la fila W, puesto que la fila G implica la formación de una capa de 5 mm de humus, circunstancia incompatible con la realidad de la zona de estudio.
- El recubrimiento de la vegetación sobre el suelo se fija en 80%, el suelo se encuentra cubierto en la mayoría de las zonas, excepto donde hay afloramientos del terreno o calvas por falta de profundidad del mismo.
- La categoría de la vegetación es plantas herbáceas y matorrales (0,5 m), que es el tamaño normal de los arbustos de la zona, superando únicamente los *Rhamnus lycioides*, pero son muy poco abundantes.

Tabla 7: Valores del factor C de vegetación (Martínez de Azagra y Navarro Hevia, 1996)

FACTOR C								
VALORES DE C PARA PASTIZALES, MATORRAL Y ARBUSTOS								
Cubierta vegetal			Cubierta en contacto con el suelo					
Tipo y altura de la cubierta	Recubrimiento (%)	Tipo	Porcentaje de cubrimiento del suelo					
			0	20	40	60	80	95-100
Columna núm.	2	3	4	5	6	7	8	9
Cubierta inapreciable		G	.45	.20	.10	.042	.013	.003
		W	.45	.24	.15	.090	.043	.011
Plantas herbáceas y matorrales (0,5 m.)	25	G	.36	.17	.09	.038	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.082	.041	.011
	50	G	.26	.13	.07	.035	.012	.003
		W	.26	.16	.11	.075	.039	.011
	75	G	.17	.10	.06	.031	.011	.003
		W	.17	.12	.09	.067	.038	.011
Matorral (2 m.)	25	G	.40	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.40	.22	.14	.085	.042	.011
	50	G	.34	.16	.085	.038	.012	.003
		W	.34	.19	.13	.081	.041	.011
	75	G	.28	.14	.08	.036	.012	.003
		W	.28	.17	.12	.077	.040	.011
Arbolado sin matorral pequeño apreciable (4 m.)	25	G	.42	.19	.10	.041	.013	.003
		W	.42	.23	.14	.087	.042	.011
	50	G	.39	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.39	.21	.14	.085	.042	.011
	75	G	.36	.17	.09	.039	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.083	.041	.011

G = cubierta en contacto con el suelo formada por pastizal con al menos 5 cm. de humus.  
 W = idem por plantas herbáceas con restos vegetales sin descomponer.

Por tanto, para los condicionantes anteriormente establecidos, el coeficiente C se fija en C = 0,041



#### 4.1.5 Factor de conservación (P)

El último de los factores de la fórmula de la MUSLE hace referencia a las prácticas de conservación del suelo, por ejemplo, si el tipo de laboreo se adapta de alguna manera para mitigar los efectos erosivos, este valor disminuye, haciendo que el peso de material erosionado disminuya.

En el caso de estudio, no se aplica ninguna práctica de mitigación, por tanto, este factor será  $P = 1$ .

#### 4.2 Cálculo final del modelo

Una vez recopilados los distintos índices y valores numéricos necesarios para el planteamiento final de la fórmula de la MUSLE, es posible pasar a calcularla. Siendo la expresión:

$$Y(t) = 11,8 * (E_s * Q_p)^{0,56} * \bar{K} * \bar{L} * \bar{S} * \bar{C} * \bar{P}$$

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$Y(t) = 11,8 * (5,42 * 21,67)^{0,56} * 0,52 * 9,84 * 0,041 * 1 = 35,70 \text{ t/ha}$$

Es decir, en un evento climático adverso, para un período de retorno de 50 años, la pérdida de suelo por erosión hídrica sería de 12,40 toneladas por hectárea. Para contextualizar este valor, se acude a tablas donde se clasifica los suelos en función de sus pérdidas, como la propuesta por Merchán et al (2023).

Tabla 8: Clasificación de pérdidas de suelo

Tipo de erosión	Pérdidas de suelo (t/ha/año)
Erosión muy baja y tolerable	< 5
Erosión baja y tolerable	5- 10
Erosión leve	10 – 25
Erosión moderada	25 – 50
Erosión severa	50 – 100
Erosión muy severa	100 – 200
Erosión extrema	>200

Para este caso, el nivel de erosión estaría comprendido dentro del grupo de erosión moderada, teniendo en cuenta que el valor obtenido tras la serie de cálculo es 35,7. Este valor, implica que la erosión de la zona es media, no se considera tolerable, este hecho quiere decir que actualmente, el suelo se degrada, o lo que es lo mismo, se erosiona el suelo a más velocidad de la que consigue formarse.

Las pérdidas de suelo constituyen una preocupación y un problema a escala mundial, impulsando medidas como la declaración en 2015 de Año Internacional de los Suelos, por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), o la declaración de 2019 como Año de la Erosión del Suelo, promovida por la Unión Internacional de las Ciencias del Suelo (IUSS).

Para dar respuesta a esta problemática, se desarrollan multitud de técnicas de fijación de taludes, bioingeniería, restauraciones hidrológicas, hidrosembrado, repoblaciones forestales...

En el caso del presente proyecto, para reducir la erosión a un margen tolerable, el planteamiento es realizar una repoblación. A continuación se evalúa el efecto que tiene una masa arbolada sobre los efectos erosivos.

### 4.3 Recalculado del modelo suponiendo una repoblación exitosa

Una forma de comparar la efectividad de una repoblación es recalculando el factor C de la MUSLE, el relacionado con la vegetación, para concluir si la integración de un dosel arbóreo es suficiente para mitigar los efectos de la erosión, y cuantificar el hecho.

De esta forma, sin modificar ninguno de los otros factores de cálculo, se recalcula este factor C.

#### 4.2.1 Pasados diez años tras la repoblación

Suponiendo que pasen diez años tras la plantación, y esta resulte exitosa, llegando a una situación de combinación de arbolado y herbazal, en buenas condiciones hidrológicas, el número de curva de la escorrentía se vería modificado (tabla 9: Número de curva a los 10 años de vida del proyecto)

Tabla 9: Número de curva a los 10 años de vida del proyecto

Tabla 1a (cont.): Números de Curva en condiciones medias de humedad de suelo (NII) según SCS (en Martínez de Azagra y Navarro Hevia, 1996)						
TIPO DE VEGETACIÓN	LABOREO	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	TIPO DE SUELO.			
			A	B	C	D
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	pobres		57	73	82	86
	regulares		43	65	76	82
	buenas		32	58	72	79

Para las condiciones dadas, el nuevo número de curva sería 72, por tanto, se modifican las expresiones:

$$Es = \frac{(P - Po)^2}{P + 4Po}$$

Donde:

- Es: Escorrentía superficial (mm)
- P: Precipitación de cálculo en (mm).
- Po : Umbral de escorrentía: altura de la lluvia a partir de la cual se produce escorrentía superficial. Se define con la fórmula:

$$Po = 0,2 * S$$

- Parámetro propio de la cuenca, obtenido a partir del número de curva recién calculado.

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N}$$

Siguiendo el esquema de cálculo planteado, primero se procede a calcular el parámetro “S” de la cuenca, mediante la expresión:

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N} = \frac{25400 - 254(72)}{72} = 98,7 \text{ mm}$$

El umbral de escorrentía por tanto se calcula:

$$P_o = 0,2 * S = 0,2 * 98,7 = 19,75 \text{ mm}$$

Por tanto:

$$E_s = \frac{(38,36 - 19,75)^2}{38,36 + 4 * 19,75} = 2,95$$

El nuevo valor de la escorrentía será 2,95

El valor de vegetación (C) también varía, suponiendo que se alcance la condición de arbolado sin matorral pequeño apreciable C = 0,042, tal y como se puede ver en la siguiente tabla. (Tabla 10)

Tabla 10: Factor C a los 10 años de vida del proyecto

FACTOR C								
VALORES DE C PARA PASTIZALES, MATORRAL Y ARBUSTOS								
Cubierta vegetal			Cubierta en contacto con el suelo					
Tipo y altura de la cubierta	Recubrimiento (%)	Tipo	Porcentaje de cubrimiento del suelo					
			0	20	40	60	80	95-100
Columna núm.	2	3	4	5	6	7	8	9
Cubierta inapreciable		G	.45	.20	.10	.042	.013	.003
		W	.45	.24	.15	.090	.043	.011
Plantas herbáceas y matorros (0,5 m.)	25	G	.36	.17	.09	.038	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.082	.041	.011
	50	G	.26	.13	.07	.035	.012	.003
		W	.26	.16	.11	.075	.039	.011
	75	G	.17	.10	.06	.031	.011	.003
		W	.17	.12	.09	.067	.038	.011
Matorral (2 m.)	25	G	.40	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.40	.22	.14	.085	.042	.011
	50	G	.34	.16	.085	.038	.012	.003
		W	.34	.19	.13	.081	.041	.011
	75	G	.28	.14	.08	.036	.012	.003
		W	.28	.17	.12	.077	.040	.011
Arbolado sin matorral pequeño apreciable (4 m.)	25	G	.42	.19	.10	.041	.013	.003
		W	.42	.23	.14	.087	.042	.011
	50	G	.39	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.39	.21	.14	.085	.042	.011
	75	G	.36	.17	.09	.039	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.083	.041	.011

G = cubierta en contacto con el suelo formada por pastizal con al menos 5 cm. de humus.  
 W = idem por plantas herbáceas con restos vegetales sin descomponer.

Recalculando la expresión de la MUSLE con los dos nuevos valores, se obtiene:

$$Y(t) = 11,8 * (2,95 * 21,67)^{0,56} * 0,52 * 9,84 * 0,042 * 1 = 26,02 \text{ t/ha}$$

Es decir, la erosión se habría reducido aproximadamente un 25 % en diez años tras la puesta en marcha del proyecto, teniendo en cuenta que la repoblación fuera exitosa y los valores recalculados se asemejen a la realidad.

El valor sigue dentro de la categoría de erosión moderada.

#### 4.2.2 Pasados cincuenta años tras la repoblación

De forma análoga al proceso anterior, se recalcula la fórmula de la MUSLE, pero en este caso, para una repoblación exitosa mucho más avanzada, unos 50 años después, cuando los árboles plantados ya han alcanzado la madurez y un porte similar al definitivo.

El número de curva en este caso sería, para un bosque con una buena condición hidrológica, y grupo hidrológico C:

Tabla 11: Número de curva a los 50 años de vida del proyecto

Tabla 1a (cont.): Números de Curva en condiciones medias de humedad de suelo (NII) según SCS (en Martínez de Azagra y Navarro Hevia, 1996)						
TIPO DE VEGETACIÓN	LABOREO	CONDICIÓN HIDROLOGICA	TIPO DE SUELO.			
			A	B	C	D
Bosques	I muy pobres		56	75	86	91
	II pobres		46	68	78	84
	III regubres		36	60	70	76
	IV buenas		26	52	63	69
	V muy buenas		15	44	54	61

Los cálculos de escorrentía quedan modificados de la siguiente forma:

$$Es = \frac{(P - Po)^2}{P + 4Po}$$

Donde:

- Es: Escorrentía superficial (mm)
- P: Precipitación de cálculo en (mm).
- Po : Umbral de escorrentía: altura de la lluvia a partir de la cual se produce escorrentía superficial. Se define con la fórmula:  

$$Po = 0,2 * S$$
- Parámetro propio de la cuenca, obtenido a partir del número de curva recién calculado.

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N}$$

Siguiendo el esquema de cálculo planteado, primero se procede a calcular el parámetro "S" de la cuenca, mediante la expresión:

$$S = \frac{25400 - 254 N}{N} = \frac{25400 - 254(63)}{63} = 149,17 \text{ mm}$$

El umbral de escorrentía por tanto se calcula:

$$P_o = 0,2 * S = 0,2 * 75,87 = 29,83 \text{ mm}$$

Por tanto:

$$E_s = \frac{(38,36 - 29,83)^2}{38,36 + 4 * 29,83} = 0,46$$

El nuevo valor de la escorrentía será 0,46.

El valor de vegetación (C) también varía, suponiendo que se alcance la condición de arbolado sin matorral pequeño apreciable  $C = 0,042$ , tal y como se puede ver en la siguiente tabla. (Tabla 12)

Tabla 12: Factor C a los 50 años de vida del proyecto.

FACTOR C								
VALORES DE C PARA PASTIZALES, MATORRAL Y ARBUSTOS								
Cubierta vegetal			Cubierta en contacto con el suelo					
Tipo y altura de la cubierta	Recubrimiento (%)	Tipo	Porcentaje de cubrimiento del suelo					
			0	20	40	60	80	95-100
Columna núm.	2	3	4	5	6	7	8	9
Cubierta inapreciable		G	.45	.20	.10	.042	.013	.003
		W	.45	.24	.15	.090	.043	.011
Plantas herbáceas y matorros (0,5 m.)	25	G	.36	.17	.09	.038	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.082	.041	.011
	50	G	.26	.13	.07	.035	.012	.003
		W	.26	.16	.11	.075	.039	.011
	75	G	.17	.10	.06	.031	.011	.003
		W	.17	.12	.09	.067	.038	.011
Matorral (2 m.)	25	G	.40	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.40	.22	.14	.085	.042	.011
	50	G	.34	.16	.085	.038	.012	.003
		W	.34	.19	.13	.081	.041	.011
	75	G	.28	.14	.08	.036	.012	.003
		W	.28	.17	.12	.077	.040	.011
Arbolado sin matorral pequeño apreciable (4 m.)	25	G	.42	.19	.10	.041	.013	.003
		W	.42	.23	.14	.087	.042	.011
	50	G	.39	.18	.09	.040	.013	.003
		W	.39	.21	.14	.085	.042	.011
	75	G	.36	.17	.09	.039	.012	.003
		W	.36	.20	.13	.083	.041	.011

G = cubierta en contacto con el suelo formada por pastizal con al menos 5 cm. de humus.  
 W = ídem por plantas herbáceas con restos vegetales sin descomponer.

Recalculando la expresión de la MUSLE con los dos nuevos valores, se obtiene:

$$Y(t) = 11,8 * (0,46 * 21,67)^{0,56} * 0,52 * 9,84 * 0,042 * 1 = 9,19 \text{ t/ha}$$

De esta forma, la erosión se habría reducido hasta en un 73 % aproximadamente con respecto a las condiciones originales en las que se encontraba, además, la clasificación del tipo de erosión también se vería modificada, pasando de erosión moderada a erosión baja y tolerable.

Tabla 13: Clasificación de la erosión

Tipo de erosión	Pérdidas de suelo (t/ha/año)
Erosión muy baja y tolerable	< 5
Erosión baja y tolerable	5- 10
Erosión leve	10 – 25
Erosión moderada	25 – 50
Erosión severa	50 – 100
Erosión muy severa	100 – 200
Erosión extrema	>200



## 5 . Bibliografía

1. Martínez de Azagra, A. y Navarro Hevia, J. (1996). *Hidrología forestal. El ciclo hidrológico*. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid.
2. Mongil, J., Martín, L. , Navarro , J. Martínez de Azagra, A. (2012) *Series de vegetación, números de curva y disponibilidades hídricas. Aplicación a la restauración forestal en zonas secas*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA)
3. Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras y Transportes Dirección General de Carreteras. (1999) *Máximas llluvias diarias en la España Peninsular*. Series monográficas.
4. Saxton y Rawls (2006) 2006 “*Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions*”.
5. Kirpich, Z. A. (1940). *Time of concentration of small agricultural watersheds*. Revista Civil Engineering, número 10.
6. Kirkby, M. J., & Morgan, R. P. C. (1980). *Soil erosion and its control*. John Wiley & Sons.
7. Merchán, L. Martínez-Graña, A.M., Alonso, P., Criado, M. (2023). *Water erosion Risk Analysis in the Arribes del Duero Natural Park (Spain) Using RUSLE and GIS techniques*. ResearchGate.



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafoel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

## **6.Anejo de Estudio de alternativas**

# Índice

## Contenido

1. Introducción: .....	4
2. Condicionantes .....	4
2.1 Climáticos .....	4
2.1.1 Precipitaciones:.....	4
2.1.2 Temperaturas: .....	4
2.1.3 Clasificación climática:.....	5
2.2 Edáficos .....	6
2.2.1 Factores físicos.....	6
2.2.2 Factores químicos.....	7
2.2.3 Factores hídricos. ....	9
3. Vegetación potencial.....	9
3.1 Densidades de plantación .....	12
4. Agrupación en tipologías homogéneas .....	13
4.1 Tipología A.....	13
4.2 Tipología B.....	16
4.3 Tipología C .....	18
5. Bibliografía:.....	23

## 1. Introducción:

El estudio de alternativas resulta fundamental para determinar las opciones que más se ajusten a la realidad del territorio, y por otro lado, a los condicionantes impuestos por las distintas circunstancias que lo envuelven, estudiadas en el presente proyecto.

Por tanto, los condicionantes más importantes, y que han de cumplirse o subsanarse para que el proyecto llegue a buen término se listan a continuación

## 2. Condicionantes

Los condicionantes estudiados se reparten entre el resto de anejos del presente documento.

Se establecen siguiendo la siguiente configuración.

### 2.1 Climáticos

En el anejo de climatología se estiman los condicionantes relacionados con las condiciones climáticas del lugar que puedan tener mayor incidencia sobre las condiciones del proyecto. A continuación se listan los más relevantes de cara al establecimiento de una masa arbolada resiliente y con capacidad de perpetuación.

#### 2.1.1 Precipitaciones:

Las precipitaciones medias anuales que se dan en la zona, para la serie de datos de 40 años estudiada es de 487,4 mm (tabla 1: Resumen precipitaciones). Para muchos árboles, esta cifra es insuficiente, de querer plantar o favorecer dichas especies, el planteamiento de riegos resultaría indispensable, o bien se puede optar por otras opciones mejor adaptadas a la sequía.

Tabla 1: Resumen precipitaciones (Extraído del anejo climático desarrollado en este proyecto)

Resumen precipitaciones	
Precipitación anual media	487,4 mm
Precipitación mediana	474,7 mm
Precipitación máxima registrada	757,8 mm
Precipitación mínima registrada	328,3 mm
Evento de precipitación máxima en 24 h	61,9 mm

En este caso, aunque los riegos son técnicamente sencillos por la cercanía del agua del embalse, se limitarán a las primeras etapas de establecimiento de las especies. Plantar especies que requieran riegos a lo largo de todas sus etapas de vida supone un gasto de recursos que aleja la principal idea de la que se parte, que es conseguir una masa autosostenible y resiliente, no una que dependa de las aportaciones humanas para evolucionar.

#### 2.1.2 Temperaturas:

El factor de la temperatura limita tanto por encima como por debajo, imposibilita la fijación de aquellas plantas que no soportan las elevadas temperaturas estivales, pero también elimina la posibilidad de supervivencia de aquellas que no soportan heladas.



La temperatura media anual (12,1°C) en este caso es un dato interesante, pero que no revela la realidad de la gran amplitud térmica que se vive en los páramos de Valladolid, porque, como todas las medias, es sensible a los valores extremos, y no es medida de la dispersión de los datos.

Lo que sí aporta información más sencilla de identificar a simple vista son las máximas y mínimas registradas, (39,0 y -12,7 °C, respectivamente).

Teniendo en cuenta estos datos, queda patente que la elección de las especies es un punto crítico para conseguir una repoblación exitosa, puesto que se van a ver sometidas a temperaturas extremas.

Tabla 2: Resumen de temperaturas (Extraído del anejo climático desarrollado en este proyecto)

Resumen temperaturas	
Temperatura media anual	12,1 °C
Temperatura máxima registrada	39,0 °C
Temperatura mínima registrada	-12,7 °C
Amplitud térmica	16,6 °C
Período medio libre de heladas	214,1 días

### 2.1.3 Clasificación climática:

La clasificación climática de Köppen es una de las más aceptadas a nivel general para este tipo de actuaciones. En este caso, se trata de un clima tipo Csb, cuyas características se recopilan en la tabla siguiente (Tabla 3)

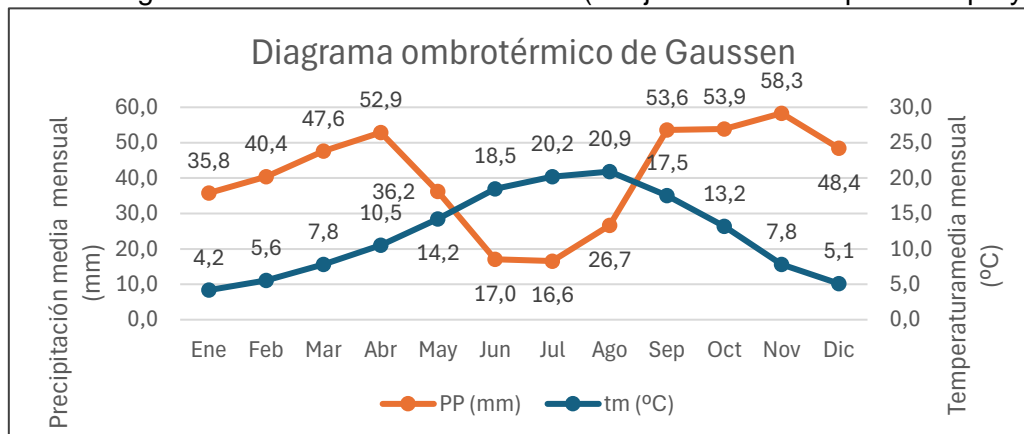
Tabla 3: Clasificación climática de Köppen ((Extraído del anejo climático desarrollado en este proyecto)

Clasificación climática de Köppen	
Grupo : C	Templado húmedo, cálido mesotérmico
Subgrupo: s	La estación seca es el verano
Suddivisión: b	Veranos cálidos

Las condiciones anteriormente listadas también se tendrán en cuenta a la hora de escoger las especies, en este caso, atendiendo a su capacidad de tolerar veranos cálidos y secos.

Para profundizar más en este condicionante sobre la sequía estival, basta con acudir al diagrama ombrotérmico (Gráfico 1)

Gráfico 1: Diagrama ombrotérmico de Gausson (Anejo climático del presente proyecto)



En el gráfico anterior, se aprecia fácilmente la zona seca del año, cuando la línea de temperaturas se sobrepone a la de precipitaciones, en los meses de junio, julio y agosto.

Las especies escogidas, deberán estar adaptadas a este tipo de situaciones, muy comunes en la cuenca mediterránea.

También cabe destacar el papel del tantas veces referido cambio climático, y contar con que las especies que se plantan ahora han de ser capaces y adaptables, porque las condiciones de las que se parte actualmente pueden no tener nada que ver con las del futuro.

Un buen ejemplo de eso son los pinos carrascos (*Pinus halepensis*) muy plantados en repoblaciones cercanas con la misma intención que la presente, criticados en su momento por su baja adecuación a la zona, y sin embargo, actualmente es una de las especies con menos síntomas de decaimiento, mientras que otras, como el pino negral (*Pinus pinaster*), más conocidas y extendidas en su momento por el uso resinero, muestran muchas señales de decadencia.

## 2.2 Edáficos

### 2.2.1 Factores físicos

En la siguiente tabla (Tabla 4), se clasifican cualitativamente los condicionantes edáficos de mayor incidencia para la aplicación del proyecto.

Tabla 4: Características físicas del suelo. (Extraído del anejo edáfico)

Características físicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
Profundidad	Entre 5 y + 50 cm	En algunas zonas, especialmente las desprovistas de vegetación, el lecho calizo puede dificultar la preparación del terreno.
Textura	Franco- arcillosa arenosa.	Textura intermedia, con cualidades adecuadas para diversidad, pero sin ser óptimo para nada.
Estructura	Granular 1 – 4 cm	Suelo con estructura intermedia, al igual que el caso de la textura, adecuado, sin destacar.
Afloramientos rocosos	Delgados y en bloque	Los afloramientos delgados permiten laboreo, el trabajo sobre afloramientos en bloque es irrealizable.
Permeabilidad	Entre 29,2 y 35,2 mm/día	Velocidad de infiltración moderadamente lenta, puede implicar problemas en los riegos y favorecer la erosión.

#### 1. Profundidad.

La profundidad limita directamente la capacidad de penetración de las raíces en el suelo, pero además, también incide sobre la capacidad de preparación del terreno, puesto que la ruptura del lecho calizo implica la utilización de maquinaria específica para esta tarea.

#### 2. Textura:

La composición del suelo y su textura, en este caso, franco – arcillosa arenosa, hacen que el sustrato sea equilibrado, no suponiendo grandes ventajas, ni extrema desventaja para muchos tipos de vegetación.

### 3. Estructura

La estructura juega un papel importante en el desarrollo de la vegetación, determina la capacidad de penetración de raíces en el suelo, la capacidad de infiltración o permeabilidad del agua, la aireación del sustrato...

Para este caso, no es limitante, pero tampoco óptima.

### 4. Permeabilidad

Como se señalaba anteriormente, es una cualidad directamente derivada de la estructura. En este caso, su bajo valor hace que el suelo pueda tener dos problemas especialmente importantes de cara a las repoblaciones protectoras, por un lado, al infiltrarse poco agua en el perfil del suelo, los riegos pueden no ser óptimos, por otro al generarse escorrentía sobre el perfil del suelo, la capacidad erosiva de la lluvia aumenta.

### 5. Pedregosidad.

Las piedras son muy abundantes, en sus diversos tamaños. Las zonas extremadamente pedregosas pueden suponer un impedimento a la proliferación de vegetación arbórea.

Por otro lado, la presencia de afloramientos rocosos en estructura de bloque es un impedimento total para la implantación de vegetación en todas sus fases, desde la preparación del terreno a la plantación propiamente dicha de la vegetación.

Es por ello que algunas zonas directamente se van a evitar tratar. (Véase el Plano 4).

### 6. Pendiente

Aunque la vegetación en muchos casos no sufra sus limitaciones de forma directa, más allá de la erosión de los terrenos inclinados, o la exposición de las laderas, la maquinaria que se emplee sí debe estar acorde con las particularidades del lugar, para desarrollar el trabajo de forma efectiva.

### 7. Preparación del terreno

La preparación del terreno se ve influenciada por la unión de todos los factores anteriores, hay zonas donde las actuaciones quedan limitadas por el efecto de la pendiente, otras donde la escasa profundidad del lecho hace que se necesiten máquinas potentes para penetrar la capa caliza, otras donde directamente se desestima actuar por la presencia de grandes bloques calizos...

## 2.2.2 Factores químicos

La química del suelo, su composición, da lugar a otra lista de condiciones que actúan en consonancia o detrimento de las proposiciones que se planteen.

En consecuencia, la elección de especies se ha de adecuar a estos condicionantes.

Tabla 5: Características químicas del suelo (Extraído del anejo edáfico)

Características químicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
pH	8,352 – 8,356	Suelo moderadamente alcalino, requiere especies adaptadas a suelo básico y calizo, con elevada concentración de CaCO <sub>3</sub> .

Características químicas		
Parámetro	Valor / Estado	Interpretación
Fósforo Olsen	27,73 – 31,75 mg/kg	Nivel intermedio, sin limitación al crecimiento.
Nitrógeno (Nitratos)	3 – 14,88 mg/l	Nivel bajo, puede limitar el crecimiento de plantas sensibles a su ausencia.
Potasio	255,04 – 275,73 ppm	Nivel alto, en plantas sensibles, puede causar toxicidad por exceso.
Materia orgánica	1,819 – 1,880 %	Nivel medio, puede limitar el crecimiento.

### 1. pH

El potencial de hidrógeno de un suelo se relaciona de forma directa con la composición del mismo. En este caso, la abundancia de complejos calizos, estructuras con abundancia de  $\text{CaCO}_3$ , hace que el pH sea moderadamente alcalino, con los problemas que ello implica, como el lavado de algunos minerales y la acumulación de otros, conllevando el aumento de la salinidad. Este factor influencia en gran medida a las consecutivos.

### 2. Fósforo

El fósforo en el suelo desempeña un papel crucial en el crecimiento de las plantas al ser un nutriente esencial para la fotosíntesis, la formación de raíces y la transferencia de energía.

Su disponibilidad está influenciada por el pH del suelo: en suelos con pH moderadamente alcalino, como aquellos con abundancia de  $\text{CaCO}_3$  el fósforo puede formar complejos poco solubles, lo que limita su disponibilidad para las plantas. Esto puede generar deficiencias de fósforo, a pesar de su presencia en el suelo, afectando el crecimiento vegetal.

### 3. Nitrógeno

El nitrógeno en el suelo es esencial para la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetal. En suelos con pH moderadamente alcalino, como los ricos en  $\text{CaCO}_3$ , el nitrógeno suele estar presente principalmente como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Sin embargo, un pH alto puede favorecer la nitrificación excesiva, lo que puede provocar la lixiviación de nitratos y la reducción de su disponibilidad para las plantas. Esto también puede contribuir al aumento de la salinidad del suelo, afectando la absorción de nutrientes.

### 4. Potasio

La acumulación de sales en suelos alcalinos puede reducir la movilidad del potasio, dificultando su disponibilidad para las plantas. Además, un exceso de calcio puede competir con el potasio por los sitios de intercambio catiónico, afectando negativamente su absorción y a la formación de estructura del suelo. Esto impacta la salud general y productividad de las plantas.

### 5. Materia orgánica

La materia orgánica en el suelo es fundamental para la fertilidad, ya que mejora la estructura, capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrientes. En las condiciones de la zona, con ausencia de alta humedad y temperaturas suaves, la microfauna edáfica difícilmente es capaz de interactuar con la materia orgánica para humificarla.

Esto puede limitar la liberación de nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo. Además, la acumulación de sales en estos suelos puede impactar negativamente la estabilidad y función de la materia orgánica en el ecosistema del suelo.

En resumen, las características químicas edáficas están altamente condicionadas por la composición caliza del suelo, y por la alcalinidad moderada del mismo. De esto se extrae la necesidad de emplear plantas con resistencia patente a condiciones de suelo calizo, para evitar problemas de adaptación.

### 2.2.3 Factores hídricos.

Para finalizar los condicionantes impuestos por los factores edáficos, se encuentran los condicionantes hídricos, siendo el comportamiento del agua en los perfiles edáficos un aspecto crítico, especialmente aquí, donde las precipitaciones anuales son tan escasas.

Las características principales se recopilan a continuación (tabla 6: Características hídricas)

Tabla 9: Características hídricas

Características hídricas		
Parámetro	Valor/ Estado	Interpretación
Humedad de saturación	43,168 – 43,648 %	Humedad máxima del suelo, en condiciones de saturación total
Capacidad de campo	26,010 – 28,350 %	Humedad disponible para la vegetación
Punto de marchitez permanente	13,556 – 14,657 %	Punto a partir del cual las plantas son incapaces de superar el potencial hídrico de este suelo y mueren por sequía.
Humedad higroscópica	No evaluada	Humedad residual del suelo seco, no estudiada para este caso.

Las características hídricas no se someten a análisis extendido, carecen de valores con los que compararse porque dependen directamente de las características físicas del suelo.

Si se pretendiera modificar las físicas mediante abonados o enmiendas del suelo, sería oportuno prestar atención a este punto concreto.

Por lo demás, la capacidad de campo es adecuada, resulta más limitante la propia precipitación del lugar, 487 mm anuales, con situaciones puntuales en las que esta cifra apenas llega a los 300, y en una dinámica de cambio climático en la que esa cifra tiene tendencia a bajar.

## 3. Vegetación potencial

Una vez definidas las condiciones que integran el entorno del embalse, corresponde seleccionar, entre las alternativas disponibles, aquellas que se ajusten mejor a el tipo de situaciones.

Para acotar las posibilidades estrictamente a la realidad del lugar, el siguiente estudio se lleva a cabo exclusivamente sobre las especies definidas en el apartado de arbolado del Anejo de Flora y Fauna, puesto que está plenamente demostrada su capacidad para sobrevivir y proliferar en este entorno. Dichas especies se listan a continuación.



1. Pino carrasco (*Pinus halepensis*)
2. Enebro (*Juniperus thurifera*)
3. Encina (*Quercus ilex rotundifolia*)
4. Quejigo (*Quercus faginea*)
5. Almendro (*Prunus dulcis*)
6. Populus nigra (*Populus nigra*)
7. Sauce blanco (*Salix alba*)

Con las especies listadas, se desarrolla una matriz de características relevantes para el proyecto, donde se recogen las principales aptitudes de cada una. Las características del proyecto se escogen en función de las condiciones más importantes para cumplir con el objetivo de la protección del territorio.

Tabla 10: Matriz de idoneidad

Especie	Resistencia al frío	Resistencia a la asfixia radicular	Exposición preferente	Tolerancia a la mezcla	Precipitación mínima requerida	Precipitación óptima	Tolerancia a suelos calizos	Velocidad de crecimiento
<i>Pinus halepensis</i>	Media	Nula	Solana	Baja	350 mm/año	400 - 500 mm/año	Alta	Rápida
<i>Juniperus thurifera</i>	Alta	Nula	Solana - umbría	Alta	300 mm/año	400 - 600 mm/año	Alta	Lenta
<i>Quercus ilex rotundifolia</i>	Alta	Nula	Solana - umbría	Alta	300 mm/año	400 - 800 mm/año	Alta	Lenta
<i>Quercus faginea</i>	Media	Nula	Solana - umbría	Alta	450 mm/año	600 - 800 mm/año	Media	Lenta
<i>Prunus dulcis</i>	Alta	Nula	Solana	Baja	300 mm/año	400 - 600 mm/año	Alta	Media
<i>Populus nigra</i>	Media	Alta	Solana - umbría	Alta	500 mm/año	800 - 1200 mm/año	Baja	Rápida
<i>Salix alba</i>	Media	Alta	Umbría	Alta	600 mm/año	800 - 1200 mm/año	Baja	Rápida

Con la matriz de condicionantes anterior, se sostiene la toma de decisiones sobre las opciones de vegetación más adecuadas al entorno.

Con la siguiente matriz (Tabla 11), se pauta la toma de decisiones.

Tabla 11: Matriz de toma de decisiones

Especie	Ventajas	Inconvenientes	Elección	Descarte
<i>Pinus halepensis</i>	1. Crecimiento rápido 2. Necesidades hídricas bajas 3. Heliófilo	1. Precisa mucha luz 2. Muy competitivo	✓	
<i>Juniperus thurifera</i>	1. Adaptado a las condiciones 2. Interesante para la biodiversidad	1. Crecimiento muy lento 2. Aprovechamiento difícil	✓	

Especie	Ventajas	Inconvenientes	Elección	Descarte
<i>Quercus ilex rotundifolia</i>	1. Adaptado a las condiciones 2. Productor de fruto con hoja permanente	1. Crecimiento lento 2. Precisa zonas menos áridas	✓	
<i>Quercus faginea</i>	1. Interesante para la biodiversidad 2. Productor de fruto con hoja permanente	1. Crecimiento lento 2. Precisa zonas menos áridas		✗
<i>Prunus dulcis</i>	1. Floración vistosa (paisaje) 2. Productor de fruto	1. Crecimiento lento 2. Infradesarrollo en terreno muy alcalino		✗
<i>Populus nigra</i>	1. Crecimiento rápido 2. Soporta asfixia radicular	1. Precisa contacto directo con el freático o mucha humedad		✗
<i>Salix alba</i>	1. Crecimiento rápido 2. Soporta asfixia radicular	1. Precisa contacto directo con el freático o mucha humedad		✗

Se aceptan:

1. Pino carrasco (*Pinus halepensis*): Resulta la especie ideal para la cobertura de laderas con exposiciones muy soleadas, por su rápido crecimiento, reducirá la erosión en un plazo corto y aportará textura y altura al ecosistema y al paisaje. Empíricamente comprobable, las laderas de los valles aledaños (Valdecascón, Valimón, Valcorba...) están repobladas con pinos de esta especie, y su establecimiento es el buscado.

2. Sabina (*Juniperus thurifera*): A pesar de no ser una especie muy habitual en este tipo de planteamientos, está adaptada al lugar, como lo demuestran el par de ejemplares que pueden encontrarse (véase Anejo de Flora y Fauna).

Que carezca de aprovechamiento es una condición valorada positivamente, porque ese es precisamente el objetivo, que la masa se establezca y no haya tentación de cortarla, simplemente con estar ahí sujetando el terreno cumple a la perfección con su función.

También se considera positivo que tolere la mezcla con otras especies, como la encina, planteándose como opción una repoblación mixta de ambas especies en las zonas más benignas para la vegetación.

3. Encina (*Quercus ilex*): Por razones muy similares a la sabina, se considera adecuada para este ambiente, además, añade dos valores importantes, es una frondosa, y además, da fruto. Ambas condiciones hacen que sirva de alimento para una gran cantidad de animales, desde invertebrados a grandes herbívoros como el jabalí, haciendo que sea una opción muy acorde con lo buscado, aumentar la biodiversidad y establecerse.

Se rechazan:

4. Quejigo (*Quercus faginea*): A pesar de ser capaz de proliferar aquí, y poder asociarse bien con la encina y el pino, tiene un problema, y es que aquí se encuentra un tanto fuera de su zona. Las precipitaciones mínimas que requiere están muy cerca de la media anual para este sitio, haciendo que esté constantemente presionado por la falta de agua, y que cualquier otro factor que en otras condiciones no sería un problema termine por limitar su crecimiento o capacidad de expansión.
5. Almendro (*Prunus dulcis*): Si bien es una opción fantástica desde el punto de vista paisajístico, porque en su época de floración viste los paisajes de sus flores blancas como nadie, sufre un poco en la misma línea que el quejigo, esta es su zona limítrofe, las precipitaciones pueden resultar limitantes, y además, tolera mejor los suelos ácidos que los alcalinos que aquí se encuentran. Estos dos factores hacen que su posible debilidad e infradesarrollo desaconsejen su plantación.
6. Chopo (*Populus nigra*): Su proliferación está más que patente, es el árbol con más éxito en la zona, además, de manera espontánea. Sería la opción ideal si la repoblación se proyectase sobre las zonas en contacto directo con el agua, ya que este árbol, si tiene sus raíces en contacto directo con el agua, es capaz de soportar casi cualquier situación. Esta circunstancia se encuentra repetida en muchas otras especies habituales en ribera.
7. Sauce blanco (*Salix alba*): En la misma línea que el chopo, prolifera sin limitaciones cuando sus raíces tocan el freático. Fuera de ese entorno, no tiene cabida en laderas alcalinas con una precipitación media tan baja.

### 3.1 Densidades de plantación

En todo este capítulo se ha de tener en cuenta el objetivo protector del proyecto, circunstancia que siempre hace que las densidades de plantación sean menores, más en este caso.

Esto ocurre porque la directriz, expresada en los condicionantes impuestos por el promotor es respetar la vegetación ya establecida. Si se replican las condiciones de una repoblación al uso, con un marco de plantación más denso, con el plan de desarrollar un programa de clareos posterior, que vuelva a implicar el impacto de maquinaria sobre el suelo, se retrocede en lugar de avanzar.

Por ello, el marco de plantación propuesto es similar al marco final recomendado, con la idea de intervenir en el medio la menor cantidad de veces que sea posible, al menos con maquinaria pesada. De hacer algún tipo de tratamiento, se llevaría a cabo con cuadrillas “a mano”.

#### 1. Densidad para el pino:

En Del Río et al. se valora una densidad para masas protectoras de pino carrasco de entorno a 600 – 800 pies/ha como resultado final de una serie de cortas partiendo de una densidad inicial de 1000 – 1500 pies.

Para limitar las cortas, por los parámetros establecidos anteriormente, se busca directamente una densidad inicial de 700 pies/ha, y se deja evolucionar de forma autónoma.

## 2. Densidad de la sabina y la encina:

Dado que estas dos especies son tolerantes a las condiciones de laderas norte, se plantea, siguiendo las proporciones propuestas por Denia et al. (1996), un porcentaje de representación sobre el total de 80 % encina y 20 % sabina, para una densidad total de 625 pies /ha. Esta mezcla se propone para la reforestación de zonas de umbría, con condiciones de irradiación menos restrictivas que los rodales orientados a caras sureste.

## 3. Ajuste de la densidad:

Por último, conviene señalar que a pesar de darse estos números por globales, y se pretendan llevar a término, las limitaciones topográficas son un componente muy importante de este lugar. Por ello, se plantea un coeficiente de reducción de la densidad, para ajustar el número de plantas requeridas a la imposibilidad de realizar una adecuada preparación del terreno en ciertos lugares.

Lo que se pretende con esto, es que si se presta atención a una parcela donde todo ha ido bien, la densidad sea la propuesta, sin embargo, la densidad global del rodal puede no ser la final propuesta por encontrarse calvas del terreno donde la preparación del terreno no es posible.

Una vez definidas las especies elegidas para la repoblación, y propuestas las densidades de plantación de cada una de ellas, se procede a identificar las distintas posibilidades de plantación, caracterizando el entorno mediante la agrupación de rodales en categorías con situaciones homólogas.

## 4. Agrupación en tipologías homogéneas

Para afrontar la toma de decisiones de forma ordenada, se procede a organizar los rodales atendiendo a sus condiciones, de forma que se puedan agrupar en grupos homogéneos, sobre los que las actuaciones que se planteen sean similares.

### 4.1 Tipología A

Estos rodales se caracterizan por su orientación sureste y pendiente moderada (24,32 – 33,25 %)

Se trata de rodales en condiciones de exposición solar totales, así lo refleja la vegetación de los mismos, si bien el entorno no goza de especies vegetales propias de ambientes frescos, las plantas de estos rodales son un caso aparte en capacidad de resistencia a condiciones adversas.

Bajo esta categoría se recogen los rodales 1, 2, 4 y 14, con las siguientes características (tabla 13 y figura 9)



Figura 9: Modelo 3-D Rodales de tipología homogénea A (Herramienta Qgis2threejs)

Tabla 13: Características de los rodales de tipología A.

Rodal	Superficie (ha)	Pendiente media (%)
1	3,43	24,32
2	0,55	20,56
4	4,55	33,25
14	2,65	21,94

#### ➤ Planta necesaria

En estas zonas el planteamiento es la plantación de pino carrasco (*Pinus halepensis*) a un marco cuadrado de 3,8 \* 3,8 , es decir 700 plantas por hectárea, y el planteamiento de preparación del terreno es el subsolado lineal con Ripper.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 14):

Tabla 14: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Superficie (ha)	Pendiente media (%)
1	3,37	24,32
2	0,55	20,56
4	4,47	33,25
14	2,65	21,94
Media	2,76	25,02
Total	11,03	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 700 pies/ha, con su correspondiente marco de 3,8 x 3,8 m, y una pendiente del 25 %.



Con estos datos:

$$11,03 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 7721 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,75.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$7721 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 7721 * 1,1 * 0,75 = 6369,82 \text{ pies}$$

Redondeando, se considera apropiada la cantidad de 6400 pies de pino carrasco (*Pinus halepensis*) para la repoblación de las laderas agrupadas bajo la tipología homogénea B.

- Preparación del terreno

Según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 25 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina.

Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 3,8 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 15: Resumen estadísticas SIG:

```
'RANGE': 760.9584159081866,  
'STD DEV': 89.35632848296285,  
'SUM': 21909.378020858006,  
'THIRDQUARTILE': 43.91006074880273,  
'UNIQUE': 466}
```

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 3,8 m es de 21909.38 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

## 4.2 Tipología B

Estos rodales están determinados por su orientación predominante hacia el norte, y pendientes de moderadas a importantes (24,71 – 37,91 %). No sufren las adversidades sobre insolación de los anteriores, al menos tienen sombra una mayoría del tiempo. Sin embargo, eso tampoco es beneficioso para muchas especies, porque lo que implica es que el sol no calienta estas zonas y en invierno las temperaturas descienden bajo 0 con cierta facilidad.

No obstante, especies tolerantes al frío sobreviven en estos rodales sin problema, de hecho, es la tipología más benigna, y la única donde se encuentran especies del género *Quercus* (Anejo de Flora y Fauna).

Bajo esta categoría se recogen los rodales 3, 6, 8, 10 y 12, con las siguientes características (tabla 16 y figura 10).

Tabla 16: Características de los rodales de tipología B.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
3	1,23	29,95
6	0,67	27,33
8	1,39	37,91
10	1,41	24,71
12	1,35	27,27



Figura 10: Modelo 3-D. Rodales de tipología B (Herramienta Qgis2threejs)

### ➤ Planta necesaria

En estos rodales (véase Anejo de Estudio de Alternativas), se plantea la plantación de encinas (*Quercus ilex*) y sabinas (*Juniperus thurifera*), con una densidad final de 625 pies/ha, siendo el porcentaje de representación de las especies 80 – 20 %, respectivamente.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 17):

Tabla 17: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
3	1,22	29,95
6	0,62	27,33
8	1,37	37,91
10	1,38	24,71
12	1,31	27,27
Media	1,18	29,43
Total	5,90	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 625 pies/ha, con su correspondiente marco de 4 x 4 m, y una pendiente media del 29,43 %.

Con estos datos:

$$5,9 \text{ ha} * 625 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 3687,5 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,75.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$3687,5 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 3687 * 1,1 * 0,75 = 2765,25 \text{ pies}$$

Aplicando los porcentajes de representación especificados para cada especie:

- 1- Encina (80%) = 2765,25 \* 0,8 = 2212,2
- 2- Sabina (20%) = 2765,25 \* 0,2 = 553,05

Redondeando se considera que la cantidad necesaria de encinas es de 2300 ejemplares, mientras que se precisarán 570 sabinas.

- Preparación del terreno

Según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 29,43 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina. Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 4 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 18: Resumen estadísticas SIG:

```
'RANGE': 474.047,  
'STD DEV': 55.33499975171199,  
'SUM': 13917.492,  
'THIRDQUARTILE': 52.519,  
'UNIQUE': 337}
```

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 4 m es de 13917,49 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

### 4.3 Tipología C

Los rodales con tipología C se caracterizan por tener una orientación predominante suroeste, encontrándose en un punto intermedio entre los dos anteriores. Esta tipología permite buenas condiciones para la vegetación general, sin embargo, dos de sus rodales tienen un gran inconveniente de otro tipo, la pendiente. Sus pendientes oscilan entre moderadas e intensas, con valores entre 26,36 y 41,68 %.

Bajo esta categoría se recogen los rodales 5, 7, 9, 11 y 13, con las siguientes características (tabla 19 y figura 11)

Tabla 19: Características de los rodales de tipología C.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
5	0,67	31,60
7	2,28	26,36
9	1,20	34,96
11	1,03	41,68
13	1,09	27,06



Figura 11: Modelo 3-D. Rodales de tipología C (Herramienta Qgis2threejs)

### ➤ Planta necesaria

En estos rodales (véase Anejo de Estudio de Alternativas), se plantea la plantación de pino carrasco (*Pinus halepensis*), con la misma densidad que en los de tipología A, 800 pies/ha.

Para la superficie de cálculo, se ha hecho un ajuste, que se repite en todo el resto de casos, de las zonas en las que no es posible llevar a cabo la preparación del terreno por la presencia de afloramientos rocosos en bloque que impiden el paso de maquinaria. Por tanto, las superficies corregidas para la nueva zona son (tabla 20):

Tabla 20: Superficies corregidas en función de las zonas de imposible laboreo.

Rodal	Área (ha)	Pendiente media (%)
5	0,64	31,60
7	2,26	26,36
9	1,17	34,96
11	0,99	41,68
13	1,09	27,06
Media	1,23	32,33
Total subsolado	3,99	-
Total retroaraña	2,15	-
Total	6,14	-

Una vez tenida en cuenta la superficie real, se calcula el número de árboles a plantar, sabiendo que la densidad final para una repoblación de estas características es de 700 pies/ha, con su correspondiente marco de 3,8 x 3,8 m, y una pendiente media del 32,33 %.



Con estos datos:

$$6,14 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 4298 \text{ pies}$$

Sobre este número se aplican ahora dos factores:

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mejora un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,70. En este caso, se aumenta porque la pendiente del rodal es aun más pronunciada y limitante.

Por tanto, la cantidad final de planta necesaria será:

$$4298 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 4298 * 1,1 * 0,70 = 3444,7 \text{ pies}$$

Redondeando se considera que la cantidad necesaria pinos para esta tipología de rodal es de 3500.

- Preparación del terreno

En el caso de los rodales de tipología C, la preparación del terreno se divide según la pendiente de cada rodal, dado que hay dos que son problemáticos, con puntos que llegan a alcanzar pendientes del 86 %, resultando imposible ningún tipo de preparación del terreno por subsolado lineal.

1. Preparación del terreno mediante subsolado lineal (Rodalet 5, 7 y 13)

De forma análoga a las dos tipologías anteriores, siguiendo el método según el Anejo de Estudio de Alternativas, como esta zona tiene una pendiente media del 28,34 %, se plantea la preparación del terreno mediante el subsolado lineal, con profundidad superior a 50 centímetros.

Los rendimientos y el precio de este tipo de máquina se dan en kilómetros recorridos, por tanto, es necesario conocer la distancia que recorre la máquina.

Para ello, sabiendo que la equidistancia entre pasadas del subsolado es de 3,8 m, se extraen líneas paralelas a las curvas de nivel empleando una capa de polilíneas en un sistema de información geográfica (Qgis).

Posteriormente, se calcula la longitud de las mencionadas polilíneas y se extraen sus estadísticas, presentadas a continuación:

Tabla 21: Resumen estadísticas SIG:

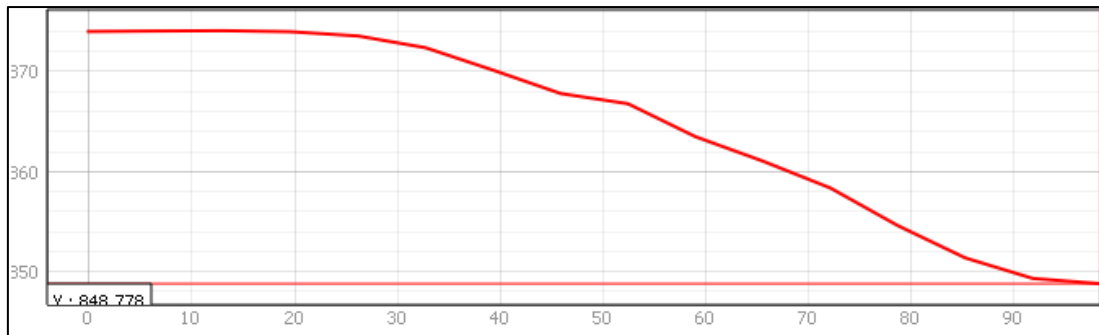
```
'RANGE': 254.303,  
'STD_DEV': 51.993946114157794,  
'SUM': 7243.3530000000002,  
'THIRDQUARTILE': 31.7375,  
'UNIQUE': 195}
```

Por consiguiente, la suma de la longitud de todas las polilíneas, planteadas en paralelo a las curvas de nivel, con una equidistancia entre sí de 3,8 m es de 7243,35 m, que es el recorrido, en metros, que habrá de realizar el tractor de cadenas que porta el rejón.

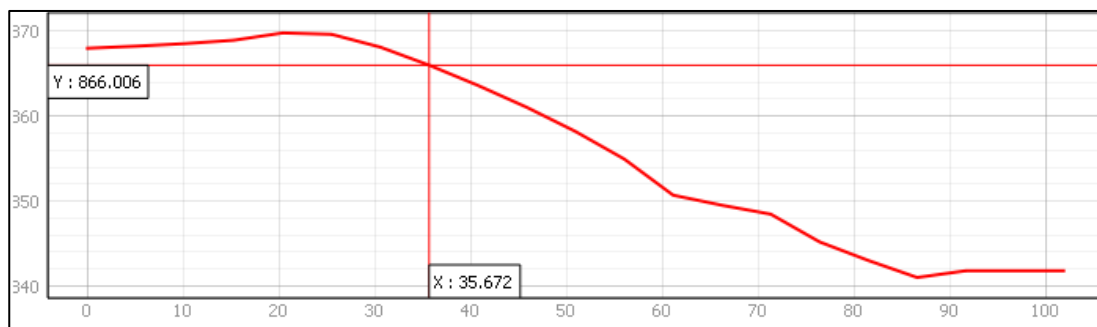
La preparación del terreno siguiendo este método afecta a 3,99 de las 6,14 hectáreas que reúnen los rodales de tipología C.

### 1. Preparación del terreno mediante ahoyado mecanizado con retroaraña (Rodaes 9 y 11)

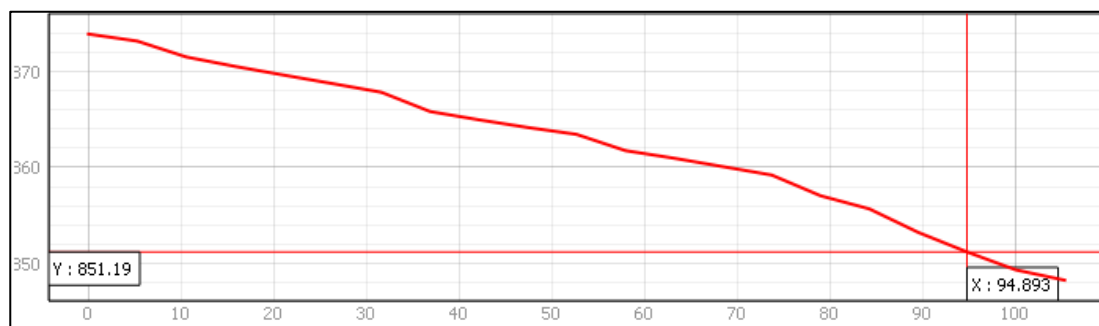
Los rodaes 7 y 9 alcanzan pendientes muy pronunciadas, como puede apreciarse en sus perfiles de corte (Figuras 12 y 13), si se comparan con perfiles de corte de otros rodaes (figuras 14). Estos perfiles se realizan cortando el terreno de arriba abajo en línea de máxima pendiente. Todos los cortes tienen una longitud de 100 m, para que la comparación resulte equivalente y justa.



**Figura 12: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 9 (Herramienta Profile Tool de Qgis)**



**Figura 13: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 11 (Herramienta Profile Tool de Qgis)**



**Figura 14: Perfil de la línea de máxima pendiente del rodal 5 (Herramienta Profile Tool de Qgis)**

Por tanto, esta limitación de pendiente implica que la preparación del terreno no puede ser el subsolado lineal, por propias limitaciones de la máquina, que, si bien podría trabajar en algunas partes porque la distribución de la pendiente es heterogénea, no alcanzaría la totalidad del rodal, tarea que sí puede llevar a cabo una retroaraña.

Manteniendo la densidad, para un terreno de 2,15 hectáreas, y aplicando los factores de corrección, el número de plantas final es:

$$2,15 \text{ ha} * 700 \frac{\text{pies}}{\text{ha}} = 1505 \text{ pies}$$

- Factor de reposición:  
Según el Pliego de Condiciones Técnicas, se establece un requerimiento de proliferación de planta del 90%, por tanto, para la reposición, se mayor a un 10% extra sobre el total.
- Factor de limitación del terreno:  
A pesar de limitar las posibilidades de error en el cálculo eliminando las superficies con afloramientos imposibles de trabajar, se considera que la pendiente en algunas zonas es limitante o que hay zonas imposibles de trabajar no inventariadas, por tanto, el número de plantas se reduce empleando un factor de reducción de 0,70. En este caso, se aumenta porque la pendiente del rodal es aun más pronunciada y limitante.

$$1505 \text{ pies} * f_{\text{reposición}} * f_{\text{limitación}} = 1505 * 1,1 * 0,70 = 1053,5 \text{ pies}$$

Para las condiciones de los rodales 9 y 11, el número total de plantas se redondea a 1100, que serán los hoyos que deberá cavar la retroaraña para llevar a término la obra.

## 5. Bibliografía:

- Del Río, M. , Calama, R. , Montero, G. (2000). *Selvicultura del Pinus halepensis*. Instituto Nacional de Investigación Tecnológica Agraria y Alimentaria (INIA).
- Serrada, R. y Ayanz, A. (2005). *Selvicultura en dehesas*. Departamento de Silvopascicultura. Universidad Politécnica de Madrid.
- M. Selva Denia, ., & E. Orozco Bayo, . (1996). *Evolución de las masas mixtas de sabina albar (Juniperus thurifera L.) y encina (Quercus ilex subsp. Rotundifolia) en la provincia de Albacete (España)*. Cuadernos De La Sociedad Española De Ciencias Forestales
- Instituto Geográfico Nacional. (2024). Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo en España (SIOSE). <https://www.siose.es/>
- Agencia Europea del Medio Ambiente. (2024). (Coordination of Information of the Environment). <https://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaigncic2018>
- Boletín Oficial de la Provincia de Valladolid, (2010), Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Confederación Hidrográfica del Duero, número 134, pp 16-27. <https://bop.sede.diputaciondevalladolid.es/boletines/2010/junio/15/BOPVA-A-2010-04818.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). [https://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=evolucion+demogr%C3%A1fica&Menu\\_botonBuscador=&searchType=DEF\\_SEARCH&startat=0&L=0](https://www.ine.es/buscar/searchResults.do?searchString=evolucion+demogr%C3%A1fica&Menu_botonBuscador=&searchType=DEF_SEARCH&startat=0&L=0)
- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). (2024).



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafoel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024



# Índice

## Contenido

Cuadro de precios descompuesto

<b>Capítulo 1: Servicios de higiene y bienestar.....</b>	<b>1</b>
<b>Capítulo 2: Protección colectiva.....</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 3: Protección individual.....</b>	<b>3</b>
Cuadro de precios número 1.....	4
Cuadro de precios número 2.....	5

---

## Cuadro de Precios Descompuestos

---

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
<b>1 Servicios de higiene y bienestar</b>					
1.1	E38BM110	ud	<b>Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.</b>		
	O01OA070	0,10 h.	Peón ordinario	10,24	1,02
	P31BM110	1,00 ud	Botiquín de urgencias	80,43	80,43
		3,00 %	Costes indirectos	81,45	2,44
			<b>Precio total por ud .....</b>		<b>83,89</b>
					<b>Son ochenta y tres Euros con ochenta y nueve céntimos</b>

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 Protección colectiva</b>				
2.1	E38PCF010	ud	<b>Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada. s/ R.D. 486/97.</b>	
	O01OA070	0,10 h.	Peón ordinario	10,24
	P31CI010	1,00 ud	Extintor polvo ABC 6 kg.	46,23
		3,00 %	Costes indirectos	47,25
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>48,67</b>
<b>Son cuarenta y ocho Euros con sesenta y siete céntimos</b>				
2.2	E38ES060	ud	<b>Señal de seguridad manual a dos caras: Stop-Dirección obligatoria, tipo paleta. (amortizable en dos usos). s/ R.D. 485/97.</b>	
	P31SV090	0,50 ud	Paleta manual 2c. stop-d.obli	13,29
		3,00 %	Costes indirectos	6,65
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>6,85</b>
<b>Son seis Euros con ochenta y cinco céntimos</b>				
2.3	E38ES080	ud	<b>Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.</b>	
	O01OA070	0,15 h.	Peón ordinario	10,24
	P31SV120	0,33 ud	Placa informativa PVC 50x30	5,20
		3,00 %	Costes indirectos	3,26
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>3,36</b>
<b>Son tres Euros con treinta y seis céntimos</b>				
2.4	E38EV080	ud	<b>Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31SS080	0,20 ud	Chaleco de obras reflectante	17,26
		3,00 %	Costes indirectos	3,45
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>3,55</b>
<b>Son tres Euros con cincuenta y cinco céntimos</b>				

## Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>3 Protección individual</b>				
3.1	E38PIA010	ud	<b>Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA010	1,00 ud	Casco seguridad homologado	2,00
		3,00 %	Costes indirectos	2,00
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>2,06</b>
<b>Son dos Euros con seis céntimos</b>				
3.2	E38PIA060	ud	<b>Pantalla para protección contra partículas, con sujeción en cabeza, (amortizable en 5 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA110	0,20 ud	Pantalla protección c.partículas	5,13
		3,00 %	Costes indirectos	1,03
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>1,06</b>
<b>Son un Euro con seis céntimos</b>				
3.3	E38PIA070	ud	<b>Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA120	0,33 ud	Gafas protectoras homologadas	2,00
		3,00 %	Costes indirectos	0,66
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>0,68</b>
<b>Son sesenta y ocho céntimos</b>				
3.4	E38PIA100	ud	<b>Semi-mascarilla antipolvo un filtro, (amortizable en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA150	0,33 ud	Semi-mascarilla 1 filtro	6,80
		3,00 %	Costes indirectos	2,24
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>2,31</b>
<b>Son dos Euros con treinta y un céntimos</b>				
3.5	E38PIA120	ud	<b>Protectores auditivos con arnés a la nuca, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA200	0,33 ud	Cascos protectores auditivos	6,00
		3,00 %	Costes indirectos	1,98
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>2,04</b>
<b>Son dos Euros con cuatro céntimos</b>				
3.6	E38PIA130	ud	<b>Juego de tapones antiruido de silicona ajustables. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IA210	1,00 ud	Juego tapones antiruido silicona	0,99
		3,00 %	Costes indirectos	0,99
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>1,02</b>
<b>Son un Euro con dos céntimos</b>				
3.7	E38PIM040	ud	<b>Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.</b>	
	P31IM030	1,00 ud	Par guantes uso general serraje	1,00
		3,00 %	Costes indirectos	1,00
			<b>Precio total por ud .....</b>	<b>1,03</b>
<b>Son un Euro con tres céntimos</b>				

## Cuadro de precios nº 1

Nº	Designación	Importe	
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)
1.1	<b>1 Servicios de higiene y bienestar</b> ud Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado.	83,89	OCHENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS
2.1	<b>2 Protección colectiva</b> ud Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada. s/ R.D. 486/97.	48,67	CUARENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y SIETE CÉNTIMOS
2.2	ud Señal de seguridad manual a dos caras: Stop-Dirección obligatoria, tipo paleta. (amortizable en dos usos). s/ R.D. 485/97.	6,85	SEIS EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS
2.3	ud Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97.	3,36	TRES EUROS CON TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS
2.4	ud Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	3,55	TRES EUROS CON CINCUENTA Y CINCO CÉNTIMOS
3.1	<b>3 Protección individual</b> ud Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	2,06	DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS
3.2	ud Pantalla para protección contra partículas, con sujeción en cabeza, (amortizable en 5 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	1,06	UN EURO CON SEIS CÉNTIMOS
3.3	ud Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	0,68	SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS
3.4	ud Semi-mascarilla antipolvo un filtro, (amortizable en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	2,31	DOS EUROS CON TREINTA Y UN CÉNTIMOS
3.5	ud Protectores auditivos con arnés a la nuca, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	2,04	DOS EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS
3.6	ud Juego de tapones antiruido de silicona ajustables. Certificado CE. s/ R.D. 773/97.	1,02	UN EURO CON DOS CÉNTIMOS
3.7	ud Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97.	1,03	UN EURO CON TRES CÉNTIMOS



## Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
1.1	<b>1 Servicios de higiene y bienestar</b> ud Botiquín de urgencia para obra con contenidos mínimos obligatorios, colocado. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,02 80,43 2,44	83,89
2.1	<b>2 Protección colectiva</b> ud Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa de eficacia 34A/233B, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y boquilla con difusor. Medida la unidad instalada. s/ R.D. 486/97. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,02 46,23 1,42	48,67
2.2	ud Señal de seguridad manual a dos caras: Stop-Dirección obligatoria, tipo paleta. (amortizable en dos usos). s/ R.D. 485/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	6,65 0,20	6,85
2.3	ud Placa señalización-información en PVC serigrafiado de 50x30 cm., fijada mecánicamente, amortizable en 3 usos, incluso colocación y desmontaje. s/ R.D. 485/97. <i>Mano de obra</i> <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,54 1,72 0,10	3,36
2.4	ud Chaleco de obras reflectante. Amortizable en 5 usos. Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	3,45 0,10	3,55
3.1	<b>3 Protección individual</b> ud Casco de seguridad con arnés de adaptación, homologado. Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	2,00 0,06	2,06
3.2	ud Pantalla para protección contra partículas, con sujeción en cabeza, (amortizable en 5 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,03 0,03	1,06
3.3	ud Gafas protectoras contra impactos, incoloras, homologadas, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	0,66 0,02	0,68
3.4	ud Semi-mascarilla antipolvo un filtro, (amortizable en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	2,24 0,07	2,31
3.5	ud Protectores auditivos con arnés a la nuca, (amortizables en 3 usos). Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> 3 % Costes indirectos	1,98 0,06	2,04

## Cuadro de precios nº 2

Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
3.6	ud Juego de tapones antiruido de silicona ajustables. Certificado CE. s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	0,99 0,03	1,02
3.7	ud Par de guantes de uso general de lona y serraje. Certificado CE; s/ R.D. 773/97. <i>Materiales</i> <i>3 % Costes indirectos</i>	1,00 0,03	1,03

Proyecto: SEGURIDAD Y SALUD

<b>Capítulo</b>	<b>Importe</b>
Capítulo 1 Servicios de higiene y bienestar	83,89
Capítulo 2 Protección colectiva	97,74
Capítulo 3 Protección individual	81,75
Presupuesto de ejecución material	263,38
13% de gastos generales	34,24
6% de beneficio industrial	15,80
Suma	313,42
21% IVA	65,82
Presupuesto de ejecución por contrata	379,24

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS.



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

# Índice

## Contenido

Plano 1: Plano de localización.....	1
Plano 2: Plano de representación de rodales.....	2
Plano 3: Plano de representación de tipologías homogéneas.....	3
Plano 4: Plano de representación de afloramientos rochosos y zonas de imposible laboreo.....	4

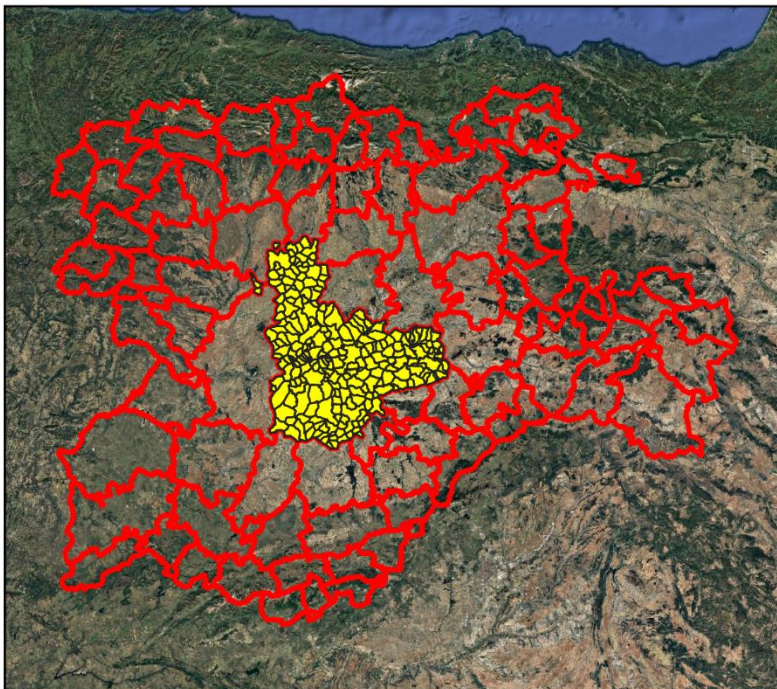


Plano 1: Plano de localización

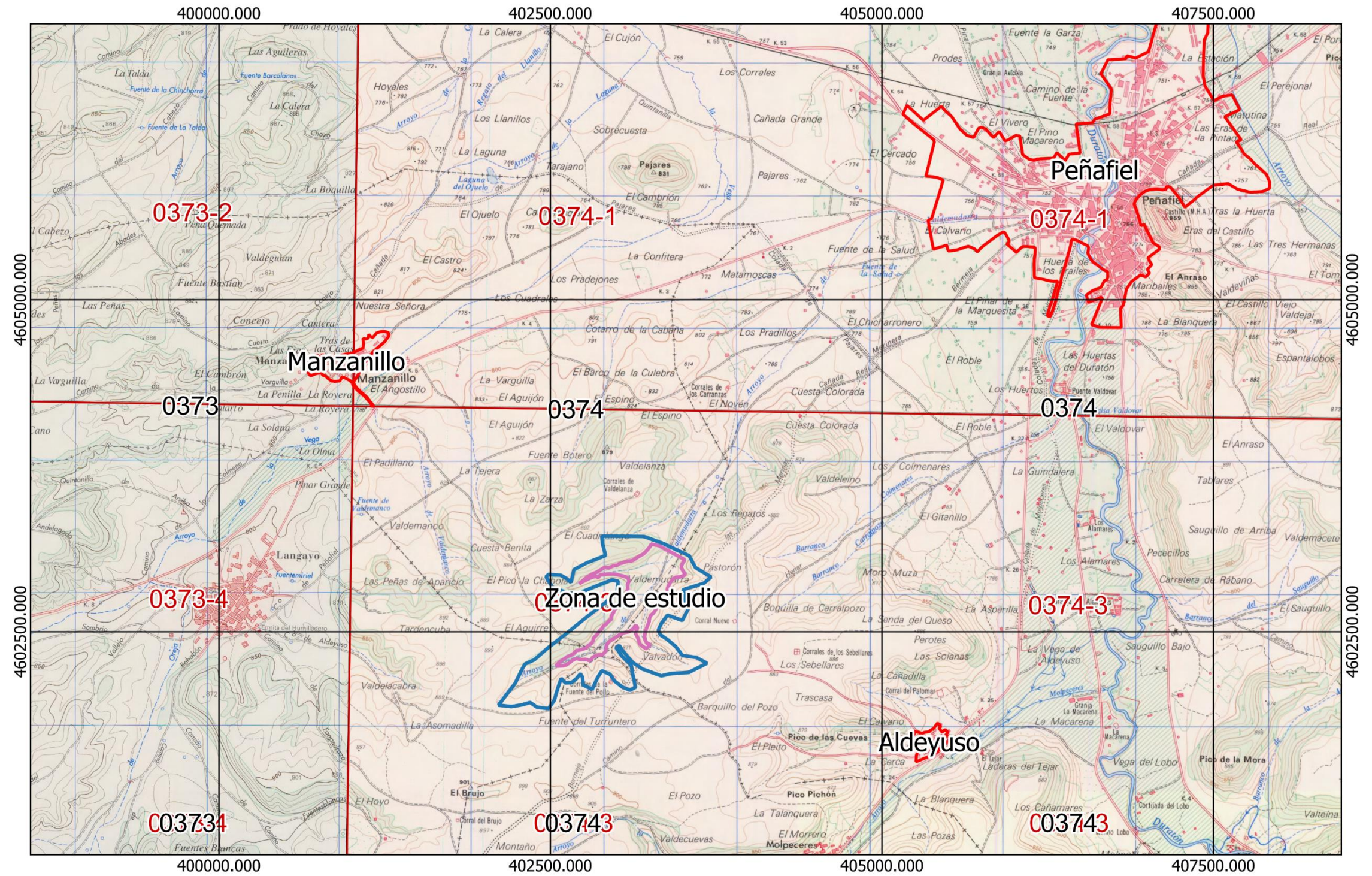
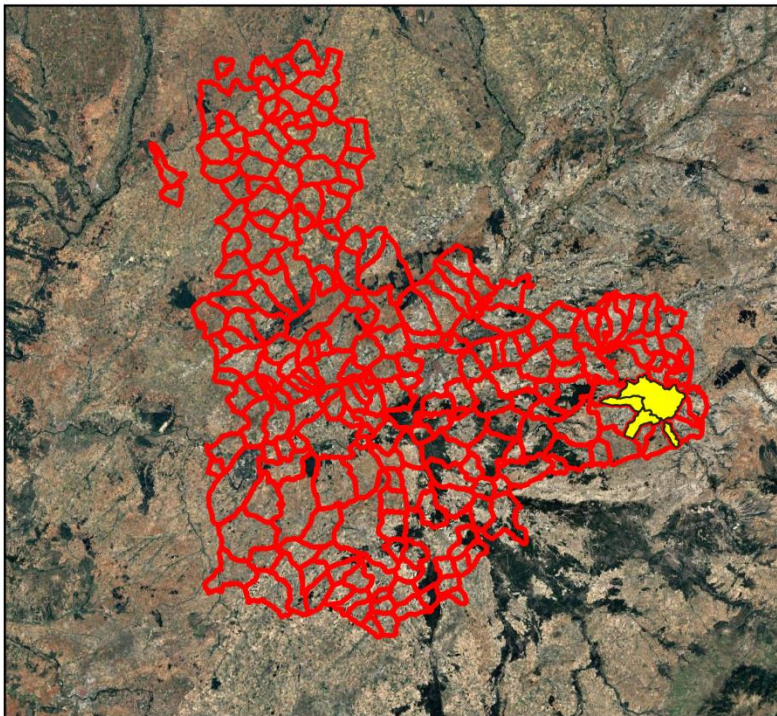
País : España



Comunidad autónoma : Castilla y León

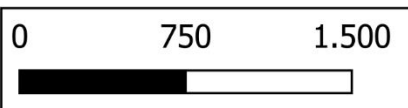


Provincia : Valladolid



Leyenda

- Zona de estudio
- Límite interior
- Límite exterior

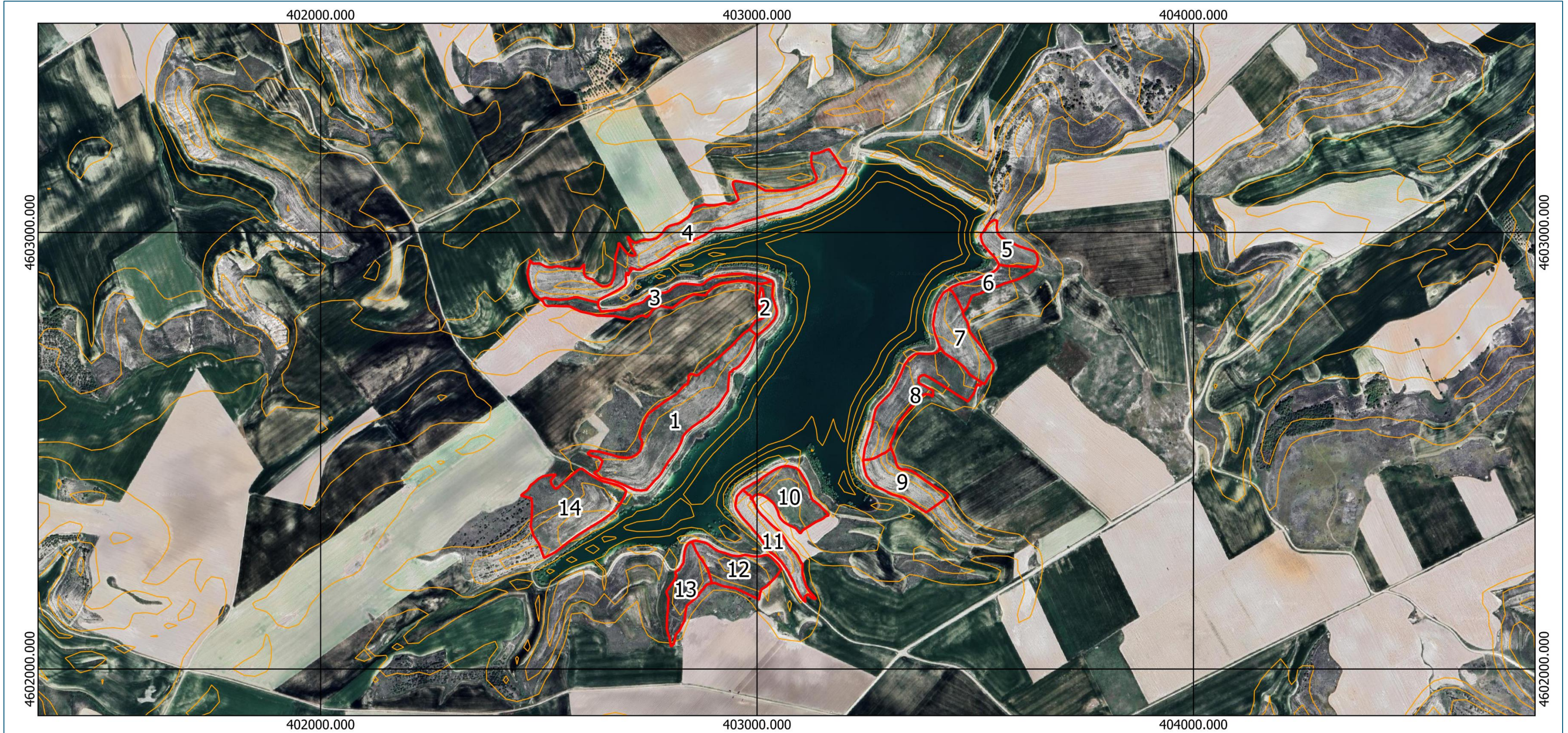


Información sobre la proyección  
 Sistema de Referencia ETRS89  
 Proyección UTM 30N

<b>UNIVERSIDAD DE VALLADOLID</b> <b>E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)</b>		
Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra (Peñafiel, Valladolid)		
TÍTULO DEL PROYECTO _____		
Ayuntamiento de Peñafiel y Ayuntamiento de Manzanillo	1 / 35000	1
PROMOTOR _____	ESCALA _____	Nº PLANO _____
Plano de localización		ALUMNO/A: Rodrigo Martín Palomo
TÍTULO DEL PLANO _____		
Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural		FECHA: 5/11/2024
TITULACIÓN _____		FIRMA _____



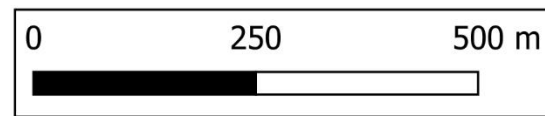
Plano 2: Plano de representación de rodales



Rodal	Propietario	Área (ha)
1	Ayuntamiento de Manzanillo	3,43
2	Ayuntamiento de Manzanillo	0,55
3	Ayuntamiento de Manzanillo	1,23
4	Ayuntamiento de Manzanillo	4,55
5	Ayuntamiento de Peñañiel	0,67
6	Ayuntamiento de Peñañiel	0,67
7	Ayuntamiento de Peñañiel	2,28
8	Ayuntamiento de Peñañiel	1,39
9	Ayuntamiento de Peñañiel	1,20
10	Ayuntamiento de Peñañiel	1,41
11	Ayuntamiento de Peñañiel	1,03
12	Ayuntamiento de Peñañiel	1,35
13	Ayuntamiento de Peñañiel	1,09
14	Ayuntamiento de Manzanillo	2,65
Superficie total perteneciente a Manzanillo		12,41
Superficie total perteneciente a Peñañiel		11,08
Superficie total general		23,50

**Leyenda**

- Rodales
- Curvas de nivel



Información sobre la proyección  
Sistema de Rereencia ETRS89  
Proyección UTM 30N



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)**

Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra  
(Peñañiel, Valladolid)

\_\_\_\_\_ TÍTULO DEL PROYECTO \_\_\_\_\_



Ayuntamiento de Peñañiel y Ayuntamiento de Manzanillo

\_\_\_\_\_ PROMOTOR \_\_\_\_\_

1 / 8500

\_\_\_\_\_ ESCALA \_\_\_\_\_

2

\_\_\_\_\_ Nº PLANO \_\_\_\_\_

Plano de representación de rodales

\_\_\_\_\_ TÍTULO DEL PLANO \_\_\_\_\_

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

\_\_\_\_\_ TITULACIÓN \_\_\_\_\_

ALUMNO/A: Rodrigo Martín Palomo

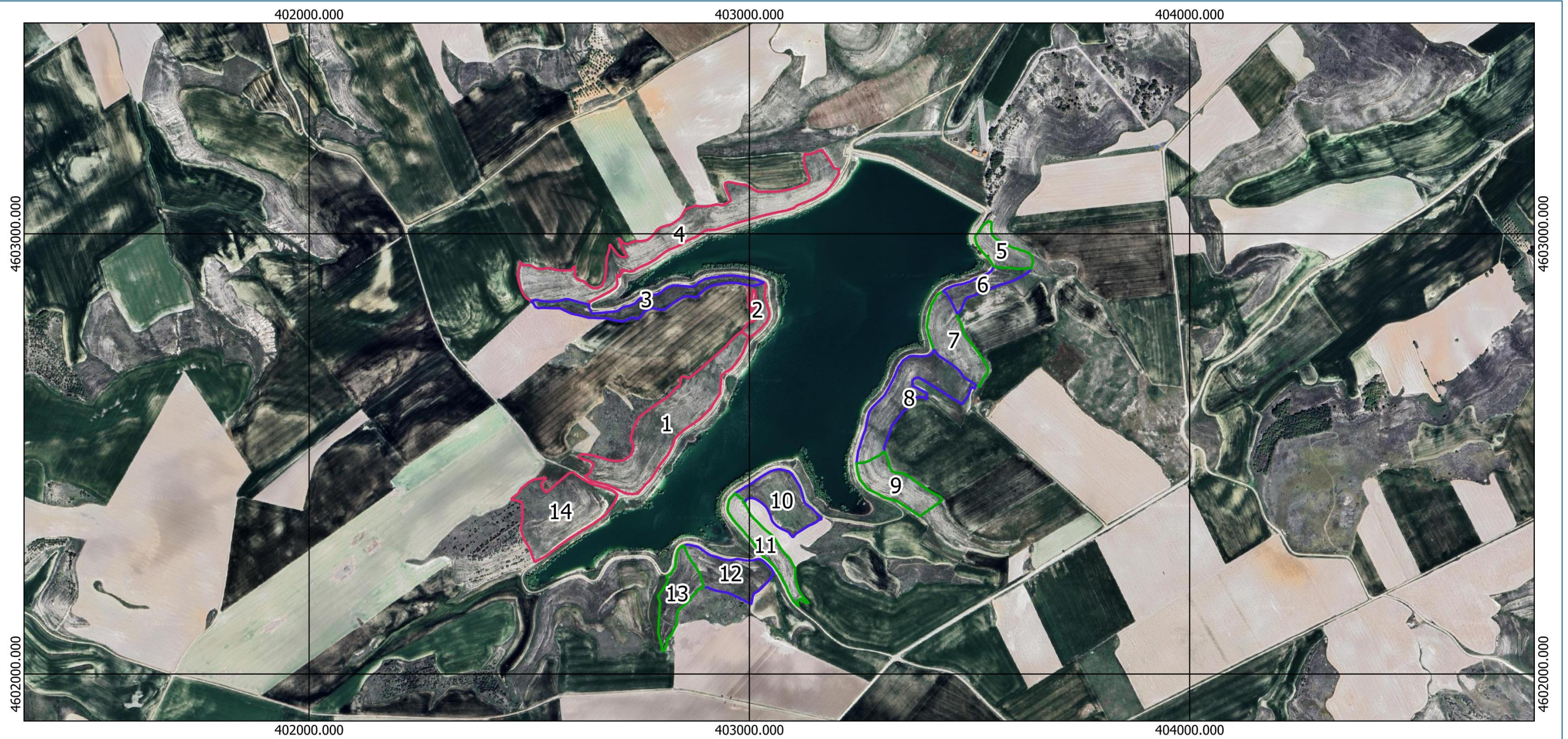
*Rodrigo*

FECHA: 5/11/2024

\_\_\_\_\_ FIRMA \_\_\_\_\_



Plano 3: Plano de representación de tipologías homogéneas



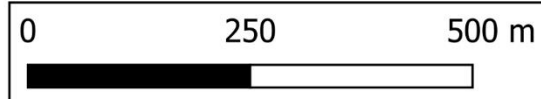
Acciones a llevar a cabo en cada tipología

Tipología del rodal	Especies	Densidad (ud/ha)	Superficie	Plantas (ud)	Subsolado lineal (m)	Retroaraña (número de hoyos)	Colocación de protectores
Tipología A	Pino (100%)	700	11,03	6400	21909,37	0	6400
Tipología B	Encina y sabina (80 / 20%)	625 (500 encina) (125 sabina)	5,9	2300 + 570	13917,49	0	2870
Tipología C	Pino (100%)	700	3,99 (bulldozer) / 2,15 (retroaraña)	2400 + 1100	7243	1100	3500

Leyenda

Clasificación por tipología

- Tipología A
- Tipología B
- Tipología C



Información sobre la proyección  
Sistema de Referencia ETRS89  
Proyección UTM 30N

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)**

Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra  
(Peñañiel, Valladolid)

TÍTULO DEL PROYECTO \_\_\_\_\_

---

Ayuntamiento de Peñañiel y Ayuntamiento de Manzanillo

PROMOTOR \_\_\_\_\_

1 / 8500

ESCALA \_\_\_\_\_

3

Nº PLANO \_\_\_\_\_

---

Plano de representación de tipologías homogéneas

TÍTULO DEL PLANO \_\_\_\_\_

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

TITULACIÓN \_\_\_\_\_

ALUMNO/A: Rodrigo Martín Palomo

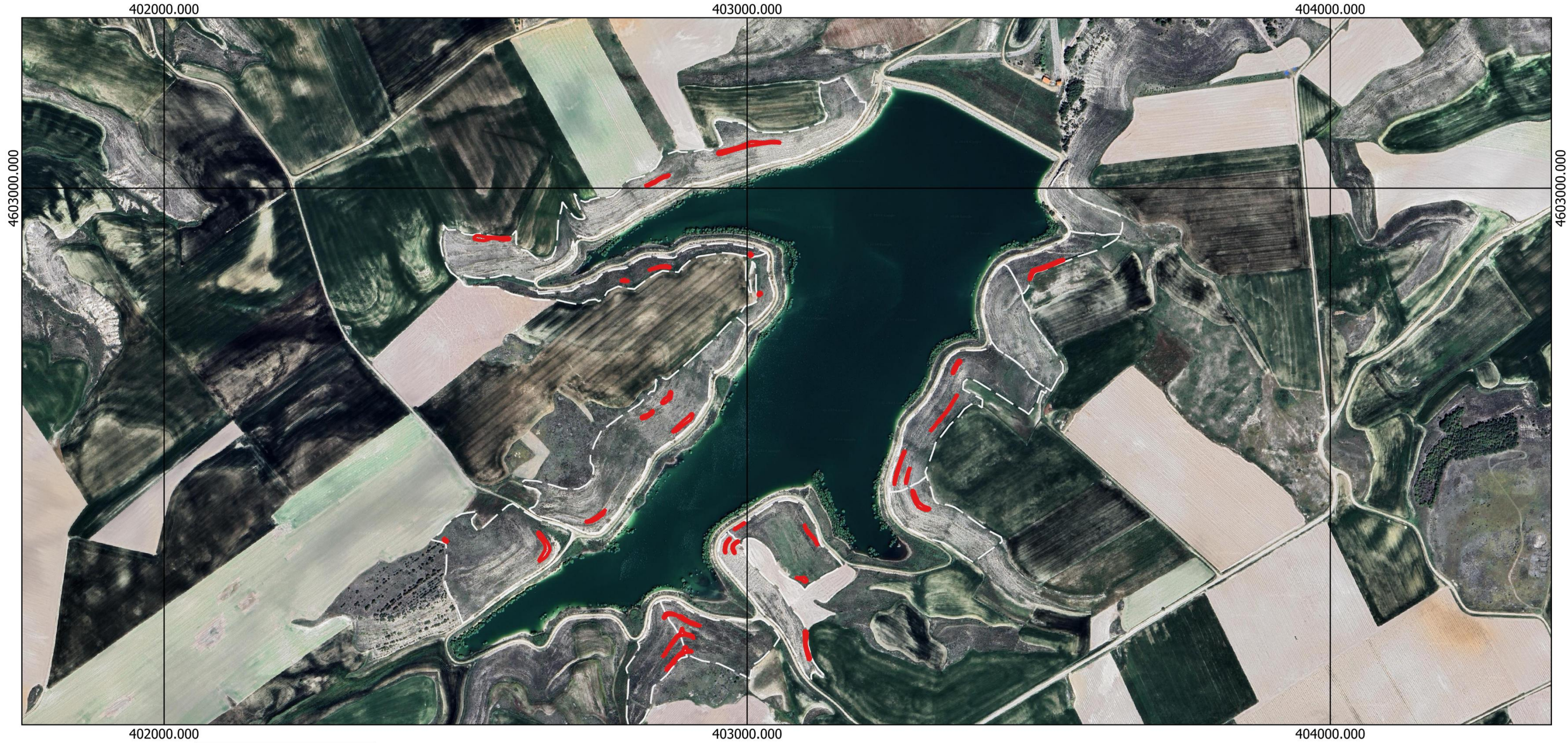
*Rodrigo*

FECHA: 5/11/2024

FIRMA \_\_\_\_\_



Plano 4: Plano de representación de afloramientos rocosos y zonas de imposible laboreo

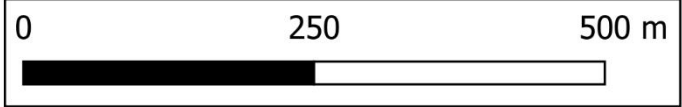


Inventario de afloramientos rocosos de imposible laboreo

id	Rodal al que pertenece	Area (m <sup>2</sup> )	id	Rodal al que pertenece	Area (m <sup>2</sup> )
1	8	163,953	15	6	277,63
2	8	63,01	16	11	75,059
3	8	108,427	16	11	76,416
4	4	465,339	17	11	190,181
5	4	278,422	18	4	130,254
6	2	25,772	19	10	77,571
7	3	27,761	21	10	88,929
8	3	32,618	22	13	231,993
9	3	90,8	23	12	232,121
10	1	134,856	24	13	243,235
11	1	243,637	25	10	42,609
12	1	104,192	26	8	131,406
13	1	142,59	27	14	28,945
14	14	346,466	27	9	249,216

**Leyenda**

- Afloramientos rocosos
- Polígonos



Información sobre la proyección  
Sistema de Rereencia ETRS89  
Proyección UTM 30N

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**  
**E.T.S. DE INGENIERÍAS AGRARIAS (PALENCIA)**

Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra  
(Peñafiel, Valladolid)

TÍTULO DEL PROYECTO \_\_\_\_\_

Ayuntamiento de Peñafiel y Ayuntamiento de Manzanillo

PROMOTOR \_\_\_\_\_

1 / 6500

ESCALA \_\_\_\_\_

4

Nº PLANO \_\_\_\_\_

Plano de representación de afloramientos rocosos y zonas de imposible laboreo

TÍTULO DEL PLANO \_\_\_\_\_

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

TITULACIÓN \_\_\_\_\_

ALUMNO/A: Rodrigo Martín Palomo

*Rodrigo*

FECHA: 5/11/2024

FIRMA \_\_\_\_\_





---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024



# **Documento 3: Pliego de Prescripciones técnicas**

# Índice

## Contenido

1. Alcance del pliego y descripción de las obras .....	5
1.1 Objeto y contenido del pliego .....	5
1.2 Normativa de aplicación .....	5
1.2.1 Normativa Europea .....	5
1.2.2 Normativa Estatal .....	5
1.2.3 Normativa Autonómica .....	5
1.3 Situación .....	6
1.4 Principales características geométricas de las obras .....	6
1.5 Contradicciones, omisiones o errores .....	6
1.6 Dirección de las obras .....	6
1.7 Descripción de las obras a realizar .....	7
1.8 Capítulos de la obra .....	7
1.9 Mediciones y valoraciones .....	7
1.10 Seguridad y salud .....	7
1.11 Prevención de incendios forestales .....	7
1.12 Protección del medio ambiente .....	7
2. Disposiciones generales relativas a materiales y obras .....	8
2.1 Materiales .....	8
2.2 Análisis de calidad de los materiales .....	8
2.3 Materiales no específicos en el pliego .....	8
2.4 Trabajos en general .....	9
2.5 Equipos mecánicos .....	9
2.6 Recursos humanos .....	9
2.7 Análisis y ensayos para el control de calidad de las obras .....	9
2.8 Trabajos no descritos en el Pliego .....	9
3. Trabajos descritos en el pliego .....	9
3.1 Plantaciones y material vegetal empleado .....	9
3.1.1 Descripción de los trabajos .....	9
3.1.2 Disposiciones generales relativas a los materiales y a las obras .....	10
3.1.3 Requisitos de calidad que deberán reunir las plantas suministradas en alveolo forestal .....	10
3.1.4 Requisitos relativos al transporte, suministro y recepción de la planta .....	12
3.1.5 Requisitos generales de la plantación .....	13
3.1.5.1 Mano de obra .....	13
3.1.5.2 Replanteo .....	13
3.1.5.3 Preparación del terreno .....	13
3.1.5.4 Transporte, recepción y almacenamiento de la planta .....	14
3.1.5.5 Plantación .....	15
3.1.5.5.1 Época de plantación .....	15
3.1.5.6 Cuidados posteriores .....	16
3.2 Disposiciones generales .....	16
3.2.1 Responsabilidades del contratista .....	16
3.2.2 Estado final de monte .....	16
3.2.3 Plazo de Ejecución .....	16



# 1. Alcance del pliego y descripción de las obras

## 1.1 Objeto y contenido del pliego

En el presente documento se presentan las prescripciones técnicas generales que afectan a la ejecución del contrato "Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra (Peñañiel, Valladolid). Se listan las condiciones que se han de cumplir y que son indispensables por definir el objetivo del proyecto.

Las obras objeto del presente proyecto se ejecutarán conforme a los planos, mediciones y cuadros de precios incluidos en la documentación técnica. Cualquier discrepancia que pudiera surgir durante la ejecución será resuelta por la persona que ostente la Dirección Facultativa de la obra. En caso de que, bajo su criterio, resulte necesaria alguna modificación, esta deberá formalizarse mediante la redacción de un proyecto reformado, el cual pasará a integrarse como parte inseparable del proyecto original desde la fecha de su emisión. Este proyecto reformado quedará sujeto a las mismas especificaciones y condiciones establecidas en los documentos del proyecto inicial, salvo en aquellos aspectos en los que se disponga expresamente lo contrario.

## 1.2 Normativa de aplicación

Serán de aplicación general los siguientes documentos y reglamentos vigentes:

### 1.2.1 Normativa Europea

- Directiva 1999/105/CE, del Consejo, de 22 de diciembre de 1999, sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción.
- 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 2001/42/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio, sobre evaluación de las repercusiones de determinados planes y programas en el medio ambiente

### 1.2.2 Normativa Estatal

- Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos.
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas.
- Decreto-ley 2/2023, de 13 de abril, de Medidas Urgentes sobre Prevención y Extinción de Incendios Forestales.
- Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción.
- Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.
- Ley 43/2002, de 20 de noviembre, de sanidad vegetal.
- Ley 21/2015, de 20 de julio, por la que se modifica la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes.

### 1.2.3 Normativa Autonómica

- Ley 4/2015, de 24 de marzo, del Patrimonio Natural de Castilla y León.

- Ley 21/2015, de 20 de abril, de Montes de Castilla y León.
- Ley 1/1999, de 4 de febrero, de Ordenación de los Recursos
- Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera Agropecuarios Locales.
- Decreto 115/1999, de 3 de junio, por el que se aprueba la Estrategia Forestal de la Comunidad de Castilla y León.
- Decreto legislativo 1/2015, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

### **1.3 Situación**

Las obras se encuentran situadas en las laderas del embalse de Valdemudarra, situado entre los términos municipales de los municipios de Manzanillo y Peñafiel. (Véase: Plano 1: Localización).

### **1.4 Principales características geométricas de las obras**

En la Memoria, el Presupuesto y los Planos que conforman este proyecto se describen, con el detalle necesario, las obras a ejecutar y las características específicas de cada actuación. Por tanto, todo lo contenido en dichos documentos se considerará, a todos los efectos legales, parte integrante del presente Pliego.

### **1.5 Contradicciones, omisiones o errores**

El contratista deberá comunicar a la Dirección Facultativa, antes del inicio de las obras, cualquier contradicción u omisión detectada entre los documentos del Proyecto, a fin de que se proceda a su aclaración. De no realizarse dicha comunicación, se considerará que las descripciones incluidas en un documento del Proyecto y omitidas en los demás forman parte de todos ellos.

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo establecido en este último.

Todo aquello mencionado en el Pliego pero omitido en los planos, o viceversa, deberá ejecutarse como si estuviera contemplado en ambos documentos, siempre que, a juicio de la Dirección Facultativa, la unidad de obra correspondiente esté suficientemente definida y tenga un precio asignado en el contrato. En caso de discrepancia entre la Memoria y el Pliego, prevalecerá lo expuesto en la Memoria.

Cualquier contradicción, omisión o error identificado por la Dirección Facultativa o el contratista deberá quedar registrado, de forma obligatoria, en el acta de comprobación del replanteo.

### **1.6 Dirección de las obras**

La dirección, control y vigilancia de las obras estarán encomendadas a una persona con la titulación correspondiente a Técnico Facultativo, Graduado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural, Ingeniero Técnico Forestal o Ingeniero Superior de Montes.



## **1.7 Descripción de las obras a realizar**

El proyecto comprende las obras precisas para la reforestación de las laderas y entorno natural que rodea al embalse de Valdemudarra (Peñafiel, Valladolid), ascendiendo el total a 23,07 hectáreas objeto de intervención. (Véase el Documento 4: Mediciones).

## **1.8 Capítulos de la obra**

El planteamiento por secciones de la obra comprende:

- Preparación del terreno
- Implantación de la vegetación
- Cuidados posteriores

## **1.9 Mediciones y valoraciones**

La Dirección Facultativa se encarga de escoger materiales y técnicas empleadas en mediciones. Las mediciones se realizarán de la siguiente manera:

- Las unidades medidas en hectáreas, llevarán hasta dos decimales.
- Las unidades medidas en metros lineales, metros cuadrados, estéreos y metros cúbicos, hasta dos decimales.
- Para las unidades medidas como tales no cabrá otra cosa que números enteros.
- Las partidas alzadas se evitarán siempre que sea posible.

## **1.10 Seguridad y salud**

La responsabilidad en el cumplimiento de lo establecido en el estudio básico de Seguridad y Salud recae en el contratista, estando el mismo necesariamente obligado a cumplir y hacer que se cumplan las disposiciones vigentes en materia de protección laboral, adoptando las medidas necesarias para garantizar la higiene en los trabajos.

## **1.11 Prevención de incendios forestales**

La responsabilidad en el cumplimiento de las medidas de mitigación por riesgos derivados del incendio, así como el establecimiento del plan de emergencias, y las salidas propuestas en caso de accidente recae en el Contratista.

Para asegurar una respuesta efectiva en una circunstancia de incendio, se precisa que al menos uno de los cuatro integrantes de la cuadrilla tenga vigente el título de extinción y actuación en incendios forestales CUA.0, y el capataz encargado tendrá vigente el título CAP.0.

## **1.12 Protección del medio ambiente**

El Contratista será responsable y estará obligado a prevenir la contaminación del aire, de los cursos y masas de agua, de los cultivos, montes y, en general, de cualquier bien público o privado que pudiera verse afectado por la ejecución de las obras, así como por la explotación de canteras, talleres u otras instalaciones auxiliares, incluso cuando se encuentren en terrenos de su propiedad. Los niveles de contaminación

permitidos deberán ajustarse a los límites establecidos como aceptables por la normativa vigente o por la Autoridad competente.

Es derecho de la Dirección Facultativa detener la ejecución de las obras si se vulneran aspectos ambientales que puedan tener un dilatado impacto ambiental.

## **2. Disposiciones generales relativas a materiales y obras**

### **2.1 Materiales**

Todos los materiales que vayan a emplearse en la ejecución de las obras deberán reunir las características indicadas en este Pliego y en los Cuadros de Precios, y merecer la conformidad de la persona Dirección Facultativa, aun cuando su procedencia esté fijada en el Proyecto.

La Dirección Facultativa tiene potestad para decidir retirar, discontinuar, o rechazar cualquier unidad de obra, que bajo juicio técnico justificado no se ajuste a las condiciones requeridas en el presente Pliego de Prescripciones Técnicas.

Los materiales rechazados deberán eliminarse de la obra dentro del plazo que señale la Dirección Facultativa.

El Contratista tiene obligación de informar con antelación la procedencia de los materiales empleados en la obra, y la Dirección Facultativa tiene pleno derecho a aceptar o rechazar dichas procedencias.

La aceptación de la procedencia de los materiales no es determinante para su uso, tras la evaluación del material puesto en obra, puede sugerirse su rechazo si la Dirección Facultativa así lo considera, siempre que se cumplan las condiciones necesarias en el presente Pliego de Prescripciones.

### **2.2 Análisis de calidad de los materiales**

El Contratista tiene el deber de aceptar todas las inspecciones propuestas por parte de la Dirección Facultativa, con objeto de garantizar el cumplimiento de las condiciones de calidad previstas para los materiales empleados.

Si se precisa externalizar el análisis de calidad de los materiales, es la Dirección Facultativa de la obra el organismo que tiene plena potestad en esta materia, pudiendo encargar los exámenes a la entidad que sea oportuna para el caso.

El análisis de los resultados es, de la misma forma, obligación y competencia única de la Dirección Facultativa.

### **2.3 Materiales no específicos en el pliego**

Aquellos materiales no listados en la redacción del proyecto serán sometidos a análisis por parte de la Dirección Facultativa, quien en última instancia decide si se permite o no su uso en la obra pertinente.

## **2.4 Trabajos en general**

Como norma general, el Contratista deberá realizar todos los trabajos, adoptando la mejor técnica que se requiera para su ejecución y cumpliendo, para cada una de las distintas unidades, las disposiciones que se prescriben en este Pliego.

Así mismo, la subcontrata o externalización de cualquier servicio no estará permitida, salvo excepción expresamente evaluada y posteriormente aceptada por parte de la Dirección Facultativa.

## **2.5 Equipos mecánicos**

Previo a la ejecución del contrato, es obligación del Contratista justificar la maquinaria empleada, mediante el aporte de su correspondiente ficha técnica o similar, y es obligación de la Dirección Facultativa el análisis de dicha información, y la aceptación o no de las alternativas propuestas.

## **2.6 Recursos humanos**

De forma análoga, es responsabilidad del Contratista el aporte de los datos de Alta en la Seguridad Social de los trabajadores integrados en su plantilla.

La Dirección Facultativa derecho a solicitar personal cualificado o certificado bajo cierta titulación si así lo requieren los trabajos.

## **2.7 Análisis y ensayos para el control de calidad de las obras**

De forma análoga a los análisis propios aplicados a los materiales, es obligación del Contratista facilitar el examen de control de calidad, en las líneas en las que se desarrolle por parte de la Dirección Facultativa.

## **2.8 Trabajos no descritos en el Pliego**

De forma análoga a los materiales empleados que no estén recogidos en el Documento de Mediciones de este proyecto, las obras que no estén directamente definidas serán expuestas y sujetas a evaluación por parte de la Dirección Facultativa, siendo su competencia la aceptación o no de la alternativa.

# **3. Trabajos descritos en el pliego**

## **3.1 Plantaciones y material vegetal empleado**

A continuación se especifican las prescripciones y requerimientos técnicos de los trabajos definidos en los distintos capítulos de esta obra.

### **3.1.1 Descripción de los trabajos**

Las actuaciones afectadas por el presente pliego se refieren a las actuaciones de restauración del medio natural descritas en la Memoria, Presupuesto y Planos del presente proyecto de "Repoblación del entorno del Embalse de Valdemudarra, (Peñañiel, Valladolid).

### **3.1.2 Disposiciones generales relativas a los materiales y a las obras**

En acuerdo a lo establecido en el punto 2 de este mismo documento, se acotan las condiciones técnicas para los materiales implicados en el proyecto.

La Dirección Facultativa tiene potestad para rechazar o reemplazar, en cualquier momento, aquellos materiales, elementos, etc., que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

Los materiales rechazados deberán eliminarse de la obra dentro del plazo que señale Dirección Facultativa, siendo la tarea de sustitución obligación directa del Contratista.

El Contratista, notificará con suficiente antelación al Director de obra la procedencia de los materiales, aportando las muestras y datos necesarios para determinar la posibilidad de su aceptación, teniendo obligación explícita de someterse a dichos exámenes propuestos por la Dirección Facultativa.

Para todo el material vegetal considerado en el presente Proyecto, serán de aplicación la siguiente legislación:

- Directiva 1999/105/CE del Consejo, de 22 de diciembre de 1999 sobre la comercialización de materiales forestales de reproducción. DO L 11, de 15 de enero de 2000.
- Directiva 2000/29/CE del Consejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad. DO L 1, de 10 de julio de 2000.
- Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción.
- Real Decreto 2071/1993, de 26 de noviembre, relativo a las medidas de protección contra la introducción y difusión en el territorio nacional y de la CEE de organismos nocivos para los agentes o productos vegetales, así como para la exportación y tránsito hacia terceros países.
- Ley 30/2006, de 26 de julio, de semillas y plantas de vivero y de recursos fitogenéticos. BOE núm. 178, de 27 de julio de 2006.
- Real Decreto 1220/2011, de 5 de septiembre, por el que se modifica el Real Decreto 289/2003, de 7 de marzo, sobre comercialización de los materiales forestales de reproducción. BOE núm. 228, de 22 de septiembre de 2011.
- Decreto 54/2007, de 24 de mayo, por el que se regula la comercialización de los materiales forestales de reproducción en la Comunidad de Castilla y León (BOCyL N.º 104, de 30 de mayo de 2007).

### **3.1.3 Requisitos de calidad que deberán reunir las plantas suministradas en alveolo forestal**

Las partidas deberán estar compuestas por al menos un 90% de plantas que cumplan con los estándares de calidad adecuada y comercial. No se considerarán de calidad adecuada y comercial aquellas plantas que presenten alguno de los siguientes defectos:

- Heridas causadas por la poda o por daños derivados del arranque.
- Ausencia de yemas aptas para producir un brote apical.
- Presencia de tallos múltiples.
- Heridas no cicatrizadas.
- Plantas parcial o totalmente secas.
- Tallo con una curvatura pronunciada.
- Tallo y ramas con parada invernal incompleta.
- Falta de ramificación o ramificación claramente insuficiente.
- Daños en el cuello de la planta.
- Síntomas de daño por organismos nocivos.
- Evidencias de recalentamiento, fermentación o humedad debido al almacenamiento o transporte, tales como olor a fermentación, moho en las raíces o partes aéreas, o coloración azulada en los tejidos internos de la raíz principal.
- Las plantas deberán estar etiquetadas por lotes para facilitar su identificación en el campo.
  - o Requisitos de los embalajes:
    - Los embalajes deberán contar con dispositivos que eviten el espiralamiento de las raíces y permitan un autorrepicado natural.
    - Se rechazará cualquier planta cuyo envase no cumpla estas especificaciones.
      - o Condiciones de cultivo:
        - Se descartarán las plantas cultivadas con técnicas que provoquen el revirado de las raíces, impidan un claro geotropismo o resulten en sistemas radiculares poco desarrollados o descompensados respecto a la parte aérea.
          - o Especies alóctonas invasoras:
        - No se aceptarán materiales de especies alóctonas invasoras debido al riesgo que representan para la biodiversidad de las riberas. En Europa, la Directiva 92/43/CEE (Directiva de Hábitats) y el Reglamento (CE) 338/97 (sobre protección de fauna y flora) obligan a los países miembros a intervenir contra especies que amenacen los hábitats y la flora y fauna autóctonas.
          - o Requisitos para plantas en alveolo forestal según RD 289/2003:
            - Las plantas deben ser de 1 o 2 savias (1 o 2 crecimientos vegetativos) y estar en un sistema de producción alveolar auto repicante. Esto implica un alveolo con salida inferior para las raíces y costillas longitudinales en el cepellón que guíen las raíces correctamente para evitar que reviren.
            - La producción debe realizarse elevando las plantas del suelo para garantizar la compactación del cepellón al extraerlas del envase.
            - Las plantas no deben presentar heridas o deformaciones en la parte aérea, enfermedades en el sistema vascular (hojas o tallos) ni cortes en las yemas apicales. Preferentemente, no deben ser plantas dobles, y el tallo debe tener un grosor mínimo de 2 mm.
            - Para especies distintas al género Quercus, el alveolo debe tener una capacidad de 200 cc y una altura mínima de 15 cm para el cepellón.
- 1. Pinos
  - Es obligatorio presentar el certificado de origen y procedencia que acredite la identidad de la planta (Anexo I, RD 289/2003). La planta debe ser de categoría de material forestal de reproducción "Base" con etiqueta sin color o blanca, y proceder de la RIU 19, "Repoblaciones de la Meseta Norte".



## 2. Encinas

- Es obligatorio presentar el certificado de origen y procedencia que acredite la identidad de la planta (Anexo I, RD 289/2003). La planta debe ser de categoría de material forestal de reproducción "Base" con etiqueta sin color o blanca, y proceder de la RIU 2, "Cuenca Central del Duero".

## 3. Sabinas

- Es obligatorio presentar el certificado de origen y procedencia que acredite la identidad de la planta (Anexo I, RD 289/2003). La planta debe ser de categoría de material forestal de reproducción "Base" con etiqueta sin color o blanca, y proceder de la RIU 2, "Cuenca Central del Duero".
- Todas las partidas de especies a las que aplique deben contar con el pasaporte fitosanitario correspondiente, cumpliendo con la normativa vigente.

A continuación, se recogen las especies necesarias para el planteamiento de la obra, así como su representación en cada tipología homogénea.

Tabla 1: Dimensionamiento de necesidades de planta

Tipología del rodal	Especies	Densidad (ud/ha)	Plantas (ud)
Tipología A	Pino (100%)	700	6400
Tipología B	Encina y sabina (80 / 20%)	625 (500 encina) (125 sabina)	2300 + 570
Tipología C	Pino (100%)	700	2400 + 1100

### 3.1.4 Requisitos relativos al transporte, suministro y recepción de la planta

Las plantas serán embaladas y transportadas de manera que se garantice su adecuación para la plantación. El transporte se realizará de forma rápida, utilizando vehículos cerrados o cubiertos para proteger el material de la desecación causada por la exposición al sol o al viento. Durante el manejo y transporte, se tomará especial cuidado para evitar daños por fricción.

Al llegar las plantas a las áreas a revegetar, se procederá primero a verificar la documentación de acompañamiento requerida, conforme a lo estipulado en el punto anterior. Una vez validada la documentación, se comprobará la adecuación genética de las plantas y se realizará un control de calidad externo, evaluando las características cualitativas y cuantitativas de las plantas que componen el lote.

Además, se asegurará que las condiciones ambientales sean apropiadas para mantener la viabilidad del material. Mientras no se utilicen, las plantas se ubicarán en lugares protegidos de la insolación directa y el viento, manteniendo condiciones óptimas de temperatura y humedad, y se aplicarán riegos periódicos o humedecidos según las condiciones del entorno. Si no se dispone de un lugar adecuado para resguardar las plantas, se instalarán toldos o lonas para su protección.

La Dirección de Obra se reserva el derecho de exigir al Contratista la adquisición de plantas en viveros que ofrezcan las garantías de calidad necesarias.

Asimismo, se garantizarán las condiciones ambientales necesarias para preservar la viabilidad del material. Por este motivo, las plantas se colocarán, hasta su utilización, en lugares protegidos de la insolación directa y del viento, asegurando buenas condiciones de temperatura y humedad. Se aplicarán riegos periódicos o humedecimientos según las condiciones ambientales prevalentes.

En caso de no disponer de un lugar adecuado para resguardar las plantas, se deberán instalar toldos o lonas para su protección.

### **3.1.5 Requisitos generales de la plantación**

#### **3.1.5.1 Mano de obra**

El Contratista deberá disponer, durante todo el período de ejecución de los trabajos, de la mano de obra necesaria para la preparación del terreno y la plantación, así como las demás unidades de obra incluidas dentro de la restauración forestal. También serán necesarias todas las herramientas normales necesarias y sus correspondientes repuestos.

Así mismo, deberá disponer los medios necesarios para el transporte diario de la mano de obra hasta la zona de trabajo, y mantenerlos en todo momento en perfecto estado de funcionamiento.

#### **3.1.5.2 Replanteo**

Tal y como se ha descrito, con el objetivo de llevar a cabo una plantación más naturalizada, y dada la intención de aprovechamiento de la preparación del terreno de 2002, no se llevará a cabo ningún tipo de replanteo.

El diseño a seguir se corresponde con una implantación a tresbolillo, con un marco de 4x3 metros, pero que no se establece como fijo.

En caso de que fuera necesario en alguna de las zonas de actuación una vez iniciados los trabajos, corresponderá la toma de decisión al Contratista ateniéndose a lo expuesto en los Planos así como a las instrucciones que le dicte el Director de Obra, sin que por ello vea disminuida su responsabilidad

#### **3.1.5.3 Preparación del terreno**

La iniciación de la plantación exige la previa aprobación por parte de la Dirección Facultativa del momento de iniciación y del plazo o plazos para realizar sus diferentes etapas.

Se distinguen dos tipos de labores para la preparación del terreno en el proyecto, en función de las características del rodal en cuanto a pendiente.

Por un lado, se realizará un subsolado lineal por curvas de nivel sin volteo de horizontes con un tractor de orugas de hasta 161 CV o 119 kW, con un rendimiento de 1,4 km/h, indicado para suelos pedregosos. Irá equipado con un ripper de 1 o 2 vástagos a una profundidad de 50 centímetros.

La profundidad mínima de la labor será de 50 cm, medida respecto a la rasante original del terreno.

Por otro lado, en aquellos rodales con una pendiente superior al 30% y pedregosos, se indica la labor de apertura de hoyos mecanizada de hasta 50x50x50 centímetros ejecutado por una retroaraña de hasta unos 130 CV o 96 kW de potencia, con un rendimiento de 16,2 hoyos por hora.

La vegetación preexistente no se ha intervenido porque no se considera que dificulte la realización de las labores

#### **3.1.5.4 Transporte, recepción y almacenamiento de la planta**

Una vez que la planta haya llegado a las zonas a revegetar, en primer lugar se realizará la comprobación de la documentación de acompañamiento citada y una vez comprobado por los documentos anteriores, se verificará la adecuación de las plantas respecto a las exigencias de índole genético, se realizara el control de la calidad externa, es decir, de las características cualitativas y cuantitativas de las plantas constitutivas del lote. La Dirección de Obra se reserva la potestad de exigir al Contratista la adquisición de la planta en aquellos viveros que ofrezcan las garantías de calidad requeridas.

Igualmente, se garantizarán las condiciones ambientales que permitan que este material no pierda su viabilidad. Por ello se colocará, hasta su empleo, en lugares protegidos de la insolación directa y del viento y con buenas condiciones de temperatura y humedad, aplicando riegos periódicos o embarrados de acuerdo con las condiciones reinantes. Si no se encontrase un lugar que permita mantener la planta resguardada deberán habilitarse toldos o lonas para su protección.

La planta deberá permanecer en la obra el menor tiempo posible antes de plantarse, pero si este tiempo se prolongase debe protegerse con matorral, situándose en lugar resguardado y regando con frecuencia. Si en la zona existe riesgo de heladas la protección deberá ser aún más cuidadosa.

A la recepción de los ejemplares se comprobará que éstos pertenecen a las especies, formas o variedades solicitadas y que se ajustan, dentro de los márgenes aceptados, a las medidas establecidas en el apropiado a las características de cada ejemplar, y que éstos no han recibido daños sensibles, en su extracción o posterior manipulación, que pudiesen afectar a su posterior desenvolvimiento. Se comprobará también el normal porte y desarrollo de estos ejemplares.

Del examen del aparato radicular, de la corteza de tronco y ramas, de las yemas y, en su caso, de las hojas, no habrán de desprenderse indicios de enfermedades o infecciones, picaduras de insectos, depósito de huevos o larvas ni ataques de hongos que pudieran comprometer al ejemplar o a la plantación. Se comprobará también la falta de los síntomas externos característicos de las enfermedades propias de cada especie.

La Dirección Facultativa podrá rechazar cualquier planta o conjunto de ellas que, a su juicio, no cumpliera alguna condición especificada anteriormente o que llevará alguna tara o defecto de malformación. En caso de no aceptación el Contratista estará obligado a reponer las plantas rechazadas, a su costa.

### 3.1.5.5 Plantación

Se colocarán de forma manual las plantas por cuadrillas equipadas con las herramientas adecuadas, de plantones en envase, con una mezcla íntima de especies, con especies de procedencia recomendada tal y como indica el Cuaderno de Zona Nº15 de "Torozos - Cerrato" de la Junta de Castilla y León, con una edad de 2 savias y un volumen de 200 a 350 cc de envase en función de la especie.

Se distinguen dos métodos a utilizar en función de la existencia o no de preparación del terreno diseñada por el proyecto:

- Cuando se haya realizado una labor previa de preparación del terreno 3 meses antes (ya sea con subsolado o con retroaraña) la operación consistirá en la plantación y tapado de plantas con envase rígido o termoformado en suelo pedregoso con una pendiente inferior al 50%. Esta tarea se lleva a término por una cuadrilla integrada por 4 peones especializados, con un rendimiento conjunto de 10,95 horas por cada 1000 plantas colocadas.

Cada planta dispondrá de un elemento protector, consistente en un tubo protector biodegradable. Estará fabricado en polipropileno microperforado de doble capa, de 80-100 mm de diámetro.

#### 3.1.5.5.1 Época de plantación

De fija la fecha de plantación en otoño, por tanto todos los trabajos del proyecto se llevarán a cabo ajustándose a esta fecha. La preparación del terreno, propuesta con 3 meses de antelación para este caso, se realiza por tanto en julio.

Se desestima la plantación en primavera por los sucesos de altas temperaturas puntuales que se dan en ocasiones, suponiendo un duro impedimento para el desarrollo de las plantas. De este modo la implantación de la vegetación se llevará a cabo en parada vegetativa y podrá beneficiarse de las primeras lluvias del otoño.

La Dirección Facultativa tiene potestad para detener las obras en caso de eventos que desaconsejen su continuación, como los motivos expuestos a continuación.

- Lluvias: Los trabajos podrán ser suspendidos por el la persona cuando la pesadez del terreno lo justifique, en base a los impedimentos que implique.
- Sequía: Los trabajos podrán ser suspendidos si se considera que las condiciones no son adecuadas para el establecimiento de las plantas.
- Heladas: La suspensión de los trabajos en caso de heladas adelantadas a su temporada será de carácter inmediato, por el efecto que puedan tener en la vegetación.
- Incendios: Se adecuarán las condiciones para minimizar el riesgo de incendio, y en caso de darse, la suspensión de las obras tendrá carácter inmediato, sin necesidad de consultar con la Dirección Facultativa. Se precisa, entre los cuatro integrantes de la cuadrilla y su capataz, al menos, una titulación vigente CUA.0 y una titulación vigente CAP.0.

En todo caso, adoptarán las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios y será responsable de evitar la propagación de los que se requieran para la ejecución de las obras, así como de los daños y perjuicios que se puedan producir.



### 3.1.5.6 Cuidados posteriores

Dado el carácter especial con elevado contenido biológico, de los trabajos de repoblación, se establece como plazo de garantía, el necesario para constatar si se ha producido o no el arraigo de las plantas introducidas. Este fenómeno se manifiesta mediante signos externos inequívocos tales como turgencia de los tejidos foliares, iniciación de la metida o crecimiento anual, tallo erecto, etc., que demuestra que las jóvenes plantas han movilizado su savia e iniciado su periodo vegetativo. Se ha establecido un porcentaje del 5% para la reposición de marras en un plazo de dos años desde la finalización de las tareas principales del presente proyecto

## 3.2 Disposiciones generales

### 3.2.1 Responsabilidades del contratista

El Contratista será el responsable de la ejecución en buen estado de cada una de las tareas descritas de acuerdo a este Pliego de Prescripciones Técnicas, y de acuerdo a la Normativa Vigente.

### 3.2.2 Estado final de monte

De acuerdo a lo ya establecido, una vez acabadas las tareas, la zona intervenida y los alrededores quedaran libres de residuos orgánicos e inorgánicos, por cuenta del Contratista.

En el contexto de repoblación contra la erosión que se plantea en el presente proyecto, se atenderá especialmente al cuidado del movimiento de la maquinaria pesada, con el fin de evitar que se genere un efecto negativo en el paisaje.

De lo contrario, los gastos de la retirada de los mismos serán por cuenta del Contratista.

### 3.2.3 Plazo de Ejecución

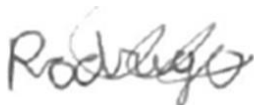
#### 1. Preparación del terreno

Se considera el plazo de ejecución de la preparación del terreno 7 días laborables, de realizarse la primera semana de julio de 2025, el plazo concreto es de 9 días naturales.

#### 2. Plantación

Se considera el plazo de ejecución de la plantación 18 días laborables, de realizarse la primera semana de Octubre de 2025, el plazo concreto es de 24 días naturales.

En Valladolid, 10 de octubre de 2024



Fdo: Rodrigo Martín Palomo  
Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024

# **Documento 4 : Mediciones**

# Índice

## Contenido

1. Preparación del terreno .....	4
2. Implantación de la vegetación.....	5
3. Cuidados posteriores.....	7



## 1. Preparación del terreno

### Presupuesto parcial nº 1 Preparación del terreno

Nº	Ud	Descripción						Medición	
1.1	Km	<b>Preparación lineal del suelo mediante subsolado lineal, a una profundidad superior a 50 cm en terrenos sueltos o de tránsito con una pendiente comprendida entre el 20% y el 30%. La labor se realizará con un rejón acoplado a la parte posterior de un tractor de cadenas de 171/190 CV.</b>	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			Tipología A	21,91				21,91	
			Tipología B	13,918				13,92	
			Tipología C	7,243				7,24	
								43,07	43,07
<b>Total km .....:</b>							<b>43,07</b>		
1.2	Mil	<b>Apertura o remoción mecanizada de mil hoyos de 60x60x60 cm, con retroaraña, pendiente superior al 30%, y hasta donde ésta lo permita. Con una densidad de hoyos entre 700-1200 hoyos/ha.</b>	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			Tipología C	1,1				1,10	
<b>Total mil .....:</b>							<b>1,10</b>		

## 2. Implantación de la vegetación

### Presupuesto parcial nº 2 Implantación de la vegetación

Nº	Ud	Descripción						Medición	
3.	2.1	<b>Mil</b> Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
			Tipologías A, B y C	12,77				12,77	
							12,77	12,77	
<b>Total mil .....</b>							<b>12,77</b>		
2.2	<b>Mil</b> Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de tubo protector de 60 cm, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
		Tipologías A, B y C	12,77				12,77		
						12,77	12,77		
<b>Total mil .....</b>							<b>12,77</b>		
2.3	<b>Mil</b> Plantación y tapado manual de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad <= 250 cm³, posterior a labor de subsolado en suelos sueltos o tránsito. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en el tajo. En terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
		Todas las tipologías	12,77				12,77		
						12,77	12,77		
<b>Total mil .....</b>							<b>12,77</b>		
2.4	<b>Ud</b> Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 200 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Pinus, Amygdalus y resto de especies). Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 01, Meseta Norte (P. pinea) No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
		Pinus halepensis	9.900				9.900,00		
						9.900,00	9.900,00		
<b>Total ud .....</b>							<b>9.900,00</b>		
2.5	<b>Ud</b> Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 3500 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Quercus. Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 02, Cuenca Central del Duero (Quercus ilex y coccifera). No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal		
		Quercus ilex	2.300				2.300,00		
		Juniperus thurifera	570				570,00		
						2.870,00	2.870,00		
<b>Total ud .....</b>							<b>2.870,00</b>		

							<b>Total ud .....:</b>	<b>2.870,00</b>
<b>2.6</b>	<b>Ud</b>	<b>Tubo protector 0,6m</b>	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Tipología A, B y C	12.770				12.770,00	
							<u>12.770,00</u>	<u>12.770,00</u>
							<b>Total ud .....:</b>	<b>12.770,00</b>

### 3. Cuidados posteriores

#### Presupuesto parcial nº 3 Cuidados posteriores

Nº	Ud	Descripción						Medición
3.1	Mil	Plantación manual en reposición de marras, de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad < 250 cm <sup>3</sup> en suelos sueltos. Incluye el ahoyado manual y alcorque. En terreno con pendiente inferior o igual al 50% incluida la distribución de la planta y sin incluir planta	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
		Pinus halepensis	0,495				1,00	
		Quercus ilex	0,115				0,24	
		Junniperus thurifera	0,029				0,06	
							<u>1,30</u>	1,30
							<b>Total mil .....:</b>	<b>1,30</b>



---

**Universidad de Valladolid**  
**Campus de Palencia**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

**Titulación**  
**Ingeniería Forestal y del Medio Natural**

Proyecto de repoblación del entorno del  
embalse de Valdemudarra (Peñafilel,  
Valladolid)

Alumno/a: Rodrigo Martín Palomo

Tutor/a: José Arturo Reque Kilchenmann  
Cotutor/a: Carlos Emilio del Peso Taranco

Junio de 2024



# **Documento 5 : Presupuesto**

# Índice

## Contenido

1. Capítulos de inversión (Precios descompuestos).....	4
1.1 Preparación del terreno.....	4
1.2 Implantación de la vegetación.....	5
1.3 Cuidados posteriores .....	7
2. Cuadro de precios N°1.....	8
3. Cuadro de precios N°2.....	9
4. Cuadro resumen de presupuestos .....	11

## 1. Capítulos de inversión (Precios descompuestos)

### 1.1 Preparación del terreno

#### Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción		Total
<b>1 Preparación del terreno</b>					
1.1	SOGF24.C.1.16	km	<b>Preparación lineal del suelo mediante subsolado lineal, a una profundidad superior a 50 cm en terrenos sueltos o de tránsito con una pendiente comprendida entre el 20% y el 30%. La labor se realizará con un rejón acoplado a la parte posterior de un tractor de cadenas de 171/190 CV.</b>		
	MA.56	1,25 h	Tractor cadenas (171/190 cv) D-7	99,33	124,16
		3,00 %	Costes indirectos	124,16	3,72
			<b>Precio total por km .</b>		<b>127,88</b>
<b>Son ciento veintisiete Euros con ochenta y ocho céntimos</b>					
1.2	SOGF24.C.1.07	mil	<b>Apertura o remoción mecanizada de mil hoyos de 60x60x60 cm, con retroaraña, pendiente superior al 30%, y hasta donde ésta lo permita. Con una densidad de hoyos entre 700-1200 hoyos/ha.</b>		
	MA.43	16,50 h	Retroaraña 71/100 CV	74,91	1.236,02
		3,00 %	Costes indirectos	1.236,02	37,08
			<b>Precio total por mil .</b>		<b>1.273,10</b>
<b>Son mil doscientos setenta y tres Euros con diez céntimos</b>					

## 1.2 Implantación de la vegetación

### Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total
<b>2 Implantación de la vegetación</b>				
2.1	F02077	mil	<b>Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad &lt;= 250 cm³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.</b>	
	O01009		1,16 h Peón régimen general	20,14
	O01007		0,17 h Jefe de cuadrilla régimen general	3,12
	%1.0CI		1,00 % Costes indirectos 1,0%	0,23
	%4.0GG		4,00 % Gastos generales 4,0%	0,94
			3,00 % Costes indirectos	0,73
			<b>Precio total por mil .</b>	<b>25,16</b>
<b>Son veinticinco Euros con dieciseis céntimos</b>				
2.2	F02145	mil	<b>Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de tubo protector de 60 cm, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.</b>	
			Sin descomposición	29,64
			3,00 % Costes indirectos	0,89
			<b>Precio total redondeado por mil .</b>	<b>30,53</b>
<b>Son treinta Euros con cincuenta y tres céntimos</b>				
2.3	F02093B	mil	<b>Plantación y tapado manual de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad &lt;= 250 cm³, posterior a labor de subsolado en suelos sueltos o tránsito. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en el tajo. En terreno con pendiente inferior o igual al 50%.</b>	
			Sin descomposición	736,43
			3,00 % Costes indirectos	22,09
			<b>Precio total redondeado por mil .</b>	<b>758,52</b>
<b>Son setecientos cincuenta y ocho Euros con cincuenta y dos céntimos</b>				
2.4	MF-4	ud	<b>Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 200 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Pinus, Amygdalus y resto de especies). Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 01, Meseta Norte (P. pinea) No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.</b>	
			Sin descomposición	0,36
			3,00 % Costes indirectos	0,01
			<b>Precio total redondeado por ud .</b>	<b>0,37</b>
<b>Son treinta y siete céntimos</b>				

2.5 MF-6	<b>ud</b>	<b>Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 3500 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Quercus. Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 02, Cuenca Central del Duero (Quercus ilex y coccifera). No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.</b>			
		Sin descomposición			0,43
		3,00 % Costes indirectos		0,43	0,01
		<b>Precio total redondeado por ud .</b>			<b>0,44</b>
					<b>Son cuarenta y cuatro céntimos</b>
2.6 MT.282	<b>ud</b>	<b>Tubo protector 0,6m</b>			
		3,00 % Costes indirectos		0,75	0,02
		<b>Precio total redondeado por ud .</b>			<b>0,77</b>
					<b>Son setenta y siete céntimos</b>



### 1.3 Cuidados posteriores

#### Cuadro de Precios Descompuestos

Nº	Código	Ud	Descripción	Total	
<b>3 Cuidados posteriores</b>					
3.1	SOGF24.C.2.10	mil	<b>Plantación manual en reposición de marras, de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad &lt; 250 cm<sup>3</sup> en suelos sueltos. Incluye el ahoyado manual y alcorque. En terreno con pendiente inferior o igual al 50% incluida la distribución de la planta y sin incluir planta</b>		
	MO.1	31,50 h	Peón	11,08	349,02
	MO.21	3,15 h	Capataz	15,06	47,44
	MA.63	0,10 jor	Vehículo todoterreno 71-85 cv c/remolque	89,77	8,98
		3,00 %	Costes indirectos	405,44	12,16
			<b>Precio total redondeado por mil .</b>		<b>417,60</b>

**Son cuatrocientos diecisiete Euros con sesenta céntimos**

## 2. Cuadro de precios N°1

Cuadro de precios nº 1				
Nº	Designación	Importe		
		En cifra (Euros)	En letra (Euros)	
	<b>1 Preparación del terreno</b>			
1.1	km Preparación lineal del suelo mediante subsolado lineal, a una profundidad superior a 50 cm en terrenos sueltos o de tránsito con una pendiente comprendida entre el 20% y el 30%. La labor se realizará con un rejón acoplado a la parte posterior de un tractor de cadenas de 171/190 CV.	127,88	CIENTO VEINTISIETE EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS	
1.2	mil Apertura o remoción mecanizada de mil hoyos de 60x60x60 cm, con retroaraña, pendiente superior al 30%, y hasta donde ésta lo permita. Con una densidad de hoyos entre 700-1200 hoyos/ha.	1.273,10	MIL DOSCIENTOS SETENTA Y TRES EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS	
	<b>2 Implantación de la vegetación</b>			
2.1	mil Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	25,16	VEINTICINCO EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS	
2.2	mil Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de tubo protector de 60 cm, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	30,53	TREINTA EUROS CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS	
2.3	mil Plantación y tapado manual de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad <= 250 cm³, posterior a labor de subsolado en suelos sueltos o tránsito. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en el tajo. En terreno con pendiente inferior o igual al 50%.	758,52	SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS	
2.4	ud Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 250 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Pinus, Amygdalus y resto de especies). Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 01, Meseta Norte (P. pinea) No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.	0,37	TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS	
2.5	ud Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 250 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Quercus. Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 02, Cuenca Central del Duero. No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.	0,44	CUARENTA Y CUATRO CÉNTIMOS	
2.6	ud Tubo protector 0,6m	0,77	SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS	
	<b>3 Cuidados posteriores</b>			
3.1	mil Plantación manual en reposición de marras, de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad < 250 cm³ en suelos sueltos. Incluye el ahoyado manual y alcorque. En terreno con pendiente inferior o igual al 50% incluida la distribución de la planta y sin incluir planta	417,60	CUATROCIENTOS DIECISIETE EUROS CON SESENTA CÉNTIMOS	
	<b>4 Seguridad y Salud</b>	370,25	TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON 24 CÉNTIMOS	

*Rodrigo*

### 3. Cuadro de precios N°2

Cuadro de precios nº 2			
Nº	Designación	Importe	
		Parcial (Euros)	Total (Euros)
	<b>1 Preparación del terreno</b>		
1.1	km Preparación lineal del suelo mediante subsolado lineal, a una profundidad superior a 50 cm en terrenos sueltos o de tránsito con una pendiente comprendida entre el 20% y el 30%. La labor se realizará con un rejón acoplado a la parte posterior de un tractor de cadenas de 171/190 CV.		
	<i>Maquinaria</i>	124,16	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	3,72	
			127,88
1.2	mil Apertura o remoción mecanizada de mil hoyos de 60x60x60 cm, con retroaraña, pendiente superior al 30%, y hasta donde ésta lo permita. Con una densidad de hoyos entre 700-1200 hoyos/ha.		
	<i>Maquinaria</i>	1.236,02	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	37,08	
			1.273,10
	<b>2 Implantación de la vegetación</b>		
2.1	mil Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de planta en bandeja con envase termoformado o rígido con capacidad <= 250 cm³ empleada en los distintos métodos de plantación, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.		
	<i>Mano de obra</i>	23,26	
	<i>Medios auxiliares</i>	1,17	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,73	
			25,16
2.2	mil Reparto dentro del tajo, con distancia menor o igual de 500 m, de tubo protector de 60 cm, en terreno con pendiente inferior o igual al 50%.		
	<i>Sin descomposición</i>	29,64	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,89	
			30,53
2.3	mil Plantación y tapado manual de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad <= 250 cm³, posterior a labor de subsolado en suelos sueltos o tránsito. No se incluye el precio de la planta, el transporte, ni la distribución de la misma en el tajo. En terreno con pendiente inferior o igual al 50%.		
	<i>Sin descomposición</i>	736,43	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	22,09	
			758,52

2.4	ud Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 250 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Pinus, Amygdalus y resto de especies). Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 01, Meseta Norte (P. pinea) No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.		
	<i>Sin descomposición</i>	0,36	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,01	
			0,37
2.5	ud Planta arbórea (ver listado de especies, características de calidad y distribución espacial en anejo a la memoria correspondiente y pliego de condiciones técnicas), de 2 o 3 savias, en contenedor de 250 c.c., con costillas longitudinales al cepellón y abertura amplia en su base. Alturas: 60/100 cm (Quercus. Profundidad mínima del cepellón: 23 cm. Procedencias: ES 02, Cuenca Central del Duero. No incluye la plantación, ni protector, ni otros elementos auxiliares.		
	<i>Sin descomposición</i>	0,43	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,01	
			0,44
2.6	ud Tubo protector 0,6m		
	<i>Sin descomposición</i>	0,75	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	0,02	
			0,77
	<b>3 Cuidados posteriores</b>		
3.1	mil Plantación manual en reposición de marras, de un millar de plantas en bandeja con envase rígido o termoformado con capacidad < 250 cm <sup>3</sup> en suelos sueltos. Incluye el ahoyado manual y alcorque. En terreno con pendiente inferior o igual al 50% incluida la distribución de la planta y sin incluir planta		
	<i>Mano de obra</i>	396,46	
	<i>Maquinaria</i>	8,98	
	<i>3 % Costes indirectos</i>	12,16	
			417,60
	<b>4 Seguridad y Salud</b>		

*Rodrigo*

## 4. Cuadro resumen de presupuestos

Proyecto: Proyecto de repoblación del entorno del embalse de Valdemudarra (Peñafield, Valladolid)

Capítulo	Importe (€)
Capítulo 1 Preparación del terreno	6.908,20
Capítulo 2 Implantación de la vegetación	25.156,16
Capítulo 3 Cuidados posteriores	271,44
Capítulo 4 Seguridad y Salud	379,24
Presupuesto de ejecución material	32.715,04
13% de gastos generales	4.252,96
6% de beneficio industrial	1.962,90
5% de honorarios al proyectista	1635,75
Suma	40.566,65
21% IVA	8.518,99
Presupuesto de ejecución por contrata	49.085,65

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CUARENTA Y NUEVE MIL OCHENTA Y CINCO EUROS Y SESENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

