



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica
y del Medio Natural

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona
incendiada de Bejís.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

AUTOR/A: Mocholí Belenguer, Eduard

Tutor/a: González Sanchis, María del Carmen

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escola Superior d'Enginyeria Agronòmica i del Medi
Natural

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Forestal y del Medio Natural

Localidad: Castellón, Comunidad Valenciana

Autor/a: Mocholí Belenguer, Eduard

Tutor/a: González Sanchis, María del Carmen

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL**

GRADO EN INGENIERÍA FORESTAL Y DEL MEDIO NATURAL

TRABAJO FINAL DE GRADO

**Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona
incendiada de Bejís**

Curso académico: 2023-2024

Autor: Eduard Mocholí Belenguer

Tutora académica: María González Sanchis

Localidad: Castellón, Comunidad Valenciana

Fecha de entrega: 15 de abril de 2024

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Título.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Resumen.

La propuesta de restauración realizará un análisis del grado de afección del incendio que permita realizar una zonificación y priorización de las actuaciones necesarias para recuperar la zona, para finalmente presupuestar dichas actuaciones.

Para analizar el grado de afección del incendio se empleará información de satélite a través de la herramienta Google Earth Engine (GEE). Dicho análisis se validará en el terreno.

La posterior zonificación y priorización de las actuaciones se realizará combinando el análisis anterior combinado con la información cartográfica necesaria (mapa de vegetación, usos del suelo, tipos de suelo, etc), el riesgo de erosión (obtenido aplicando la ecuación de la RUSLE y su validación en campo), y el análisis de variables dinámicas como la humedad del suelo mediante la herramienta de Google Earth Engine.

Tras este análisis se realizaría una propuesta con una serie de acciones diferenciadas en el terreno, con un cronograma, un cálculo de los costes y materiales necesarios.

Palabras clave.

Incendio forestal, Restauración, Prevención, Biodiversidad, Selvicultura, Regeneración natural.

Autor.

Eduard Mocholí Belenguer.

Tutora académica.

María González Sanchis.

Localización y fecha.

Bejís, Castellón, a abril de 2024.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Title.

Proposal for precision forest restoration of the burned area of Bejís.

Summary.

The restoration proposal will carry out an analysis of the degree to which the fire has affected the area in order to carry out a zoning and prioritisation of the actions necessary to recover the area, in order to finally budget for these actions.

In order to analyse the degree of fire damage, satellite information will be used through the Google Earth Engine (GEE) tool. This analysis will be validated in the field.

The subsequent zoning and prioritisation of actions will be carried out by combining the previous analysis with the necessary cartographic information (vegetation map, land use, soil types, etc.), the risk of erosion (obtained by applying the RUSLE equation and its validation in the field), and the analysis of dynamic variables such as soil moisture using the Google Earth Engine tool.

Following this analysis, a proposal would be drawn up with a series of differentiated actions in the field, with a timetable, a calculation of the costs and materials required.

Keywords.

Forest fire, Restoration, Prevention, Biodiversity, Forestry, Natural regeneration.

Author.

Eduard Mocholí Belenguer.

Academic tutor.

María González Sanchis.

Location and date.

Bejís, Castellón, April 2024.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Agradecimientos.

A mi familia que siempre me ha apoyado en los momentos más difíciles, a mis amigos por ser una gran ayuda dentro y fuera de la universidad y, sobre todo, a ti tete Ferrán. Se que estés donde estés estarás muy orgulloso. Te quiero.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

ÍNDICE GENERAL DE LA PROPUESTA.

- I. MEMORIA.
- II. PLANOS.
- III. PRESUPUESTO.

DOCUMENTO NÚM. I: MEMORIA

Autor: Eduard Mocholí Belenguer

Localización: Valencia

Fecha: abril de 2024

Contenido

1. Introducción.....	10
2. Antecedentes y justificación	10
3. Marco normativo.....	11
4. Objetivos	13
4.1. Objetivos generales.....	13
4.2. Objetivos específicos.....	13
4.3. ODS.....	14
5. Descripción del medio.....	14
5.1. Situación geográfica y superficie de actuación.	14
5.2. Estado legal.	14
5.3. Figuras de protección.....	14
5.4. Medio físico.	15
5.4.1. Climatología.	15
5.4.2. Geomorfología y fisiografía.	15
5.4.2.1. Pendiente.	15
5.4.2.2. Altimetría.	16
5.4.3. Geología y edafología.	16
5.4.4. Hidrografía.....	17
5.4.5. Accesibilidad.	17
6. Unidades ambientales.	18
7. Metodología.	19
7.1. Validación en campo.....	20
7.2. Zonificación según la Prioridad de actuación.	22
7.2.1. Erosión hídrica.	22
7.2.2. Severidad.....	24
7.2.3. Repoblació forestal.....	24
8. Resultados.	25
8.1. Perimetrado y severidad.	25
8.2. Zonificación.....	27
9. Evaluación y fundamentación de la solución propuesta.....	31
9.1. Actuaciones de restauración de la cubierta vegetal o restablecimiento de la diversidad de especies florísticas.....	32
9.2. Infraestructura de defensa contra incendios forestales.....	33
9.3. Actuaciones de restauración y adecuación de caminos.....	34
9.4. Actuaciones frente a la erosión.	35

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

10.	Documentación y control audiovisual de las actuaciones.....	36
11.	Seguridad y salud.....	36
12.	Impacto ambiental.....	36
13.	Plan de obra.....	37
14.	Plazo de ejecución.....	37
15.	Plazo de garantía.....	37
16.	Declaración de la obra completa.	37
17.	Definición económica.....	38
18.	Bibliografía.....	39

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

1. Introducción.

Hoy en día, la problemática de los incendios forestales suscita gran interés en la sociedad, tanto a nivel nacional como global, principalmente por los elevados daños ambientales, sociales y económicos que generan. En este sentido, las zonas con clima Mediterráneo tales como la Península Ibérica, presentan una elevada vulnerabilidad a los incendios y se encuentran actualmente sufriendo grandes incendios forestales (GIF), muy complicados de gestionar y que provocan numerosos daños a corto, medio y largo plazo.

La vegetación existente en los ecosistemas mediterráneos presenta una gran adaptación y resiliencia frente al fuego. Sin embargo, dependiendo del régimen de incendios al que se ve sometida, su regeneración puede requerir cierta ayuda para recuperar parte de lo perdido y acelerar la restauración. Tal y como se manifiesta en el Artículo 50 de la Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes, referente al mantenimiento y restauración de carácter forestal en terrenos incendiados, será necesario garantizar las condiciones para la restauración de terrenos forestales.

El pasado 15/08/2022, se declaró el gran incendio forestal de Bejís, el cual afectaría aproximadamente a 18.000 ha de los términos municipales de Andilla y Alcublas (Valencia), Altura, Barracas, Bejís, El Toro, Jérica, Sacañet, Teresa, Torás y Viver (Castellón), siendo considerado uno de los grandes incendios forestales de España. Este incendio se inició tras una ola de calor, que duró varios días, en la que había fuertes rachas de viento cálido de poniente y altas temperaturas. La noche del 14/08/2022 se podía observar en el cielo la caída de rayos, uno de los cuales desencadenó un proceso de combustión interna que al día siguiente daría lugar al gran incendio. El 27/08/2022 se dio por controlado, pero tal fue la magnitud del gran incendio forestal que hasta el 13/09/2022 no se declaró definitivamente como extinguido, casi un mes después de su inicio.

Casi la totalidad del área afectada por este incendio forestal es de propiedad privada, con excepción de una parte del Monte de Utilidad Pública CS011 "Umbría de Escabia", que pertenece a la Generalitat (copropiedad con ayuntamiento, Comunal). El incendio de 2022 afectó a 115,1562 hectáreas de este monte, lo que representa el 100% de su extensión total.

2. Antecedentes y justificación

Según la información proporcionada, se observa que el número total de incidentes ha disminuido un 1,03% en comparación con el promedio de la última década. Sin embargo, durante el mismo período, ha habido un aumento del 1,45% en los conatos de incendios (incendios de superficie de hasta 1 hectárea) y una disminución del 6,01% en los incendios de mayor magnitud (superficie superior a 1 hectárea). En general, este es el cuarto año con la menor cantidad de incendios de la última década en España (ver Tabla 1).

	Media del decenio 2012-2021 (01/01-31/12)	Año 2022 (01/01-31/12)
Nº Conatos (< 1 ha)	7.091	7.194
Nº Incendios (≥ 1 ha)	3.525	3.313
Total Incidentes	10.616	10.507

Tabla 1: Comparación incidentes del decenio y del 2022 en España. Fuente: Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Las causas de los incendios forestales registrados entre 1993 y 2023 en la Comunidad Valenciana se clasifican en categorías diversas, como causas desconocidas, intencionadas, reproducidos, negligencias, causas accidentales u otras, abarcando un amplio espectro de situaciones. Si consideramos incendios forestales como aquellos que afectan a áreas superiores a una hectárea, las causas principales de estos incendios son los intencionados, los cuales constituyen el 37% del total.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Las negligencias y las causas accidentales, representando un 32% del total, son la segunda causa más frecuente. Esto incluye eventos derivados de quemas agrícolas, quemas de restos urbanos, hogueras, maniobras militares, trabajos forestales y líneas eléctricas, entre otros. Además de las causas humanas, es relevante destacar que los incendios provocados por descargas electrostáticas también tienen una representación significativa, alcanzando un 25% del total, como se puede observar en el Gráfico 1.

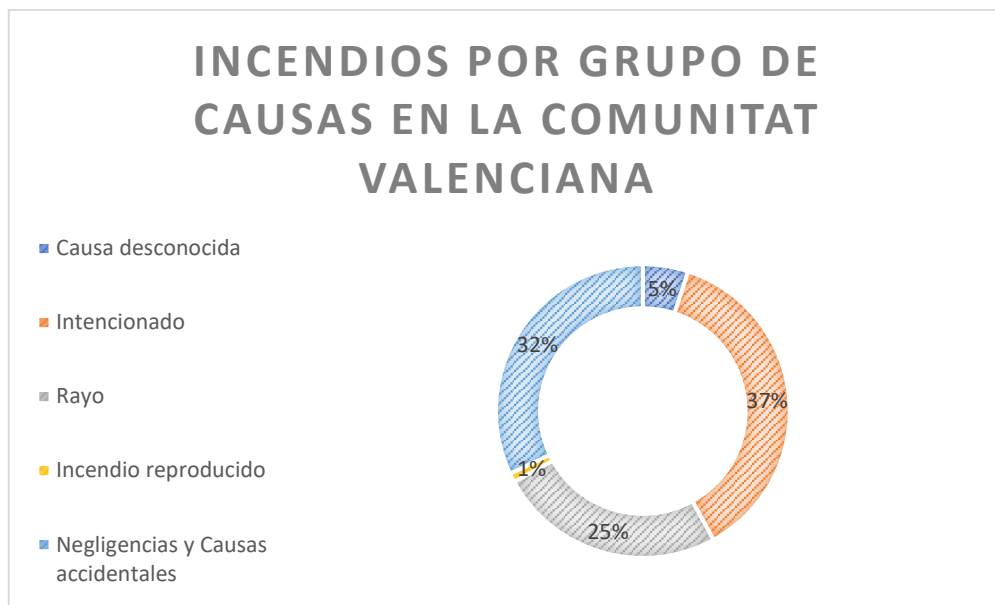


Gráfico 1: Causas de incendio forestal en la Comunidad Valenciana (2009-2018). Fuente: Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural.

Sólo un 14% del total de los GIF han supuesto algo más de la mitad de toda la superficie ardiada en España en 2022. En este año tuvieron lugar varios GIF en la Comunidad Valenciana, como:

Provincia	Término Municipal	Fecha	Superficie Forestal
Valencia	Venta del Moro	3-jul	1.330,60
Alicante	Vall d'Ebo	13-ago.	10.609,05
Castellón	Costur	14-ago.	734,51
Castellón/Valencia	Bejís	15-ago.	16.944,63
Superficie afectada por GIF			29.618,79

Tabla 2: GIF en la Comunidad Valenciana en el 2022. Fuente: Área de Defensa contra Incendios Forestales, Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

Desde que se empezaron a documentar los mapas cartográficos sobre incendios en 1993, la zona de estudio (Bejís) ha experimentado tres grandes incendios. En 1993, dos incendios afectaron el área suroccidental, quemando el 20% de la tierra. En 2012, otro incendio importante arrasó con el área sureste, quemando el 39.6% de la tierra; es importante mencionar que este incendio afectó 593 hectáreas que ya habían sido quemadas en el incendio de 1993. Solamente el 40% de la tierra quemada en el incendio de 2022 no había sufrido ningún incendio desde 1993. Desde 1993, ha habido varios incendios pequeños en 1994, 1998, 1999, 2003, 2005, 2006 y 2009, sin embargo, todos juntos representan solo el 0.14% del área quemada en 2022.

3. Marco normativo.

Legislación supraestatal.

- Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, del Consejo, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y Flora Silvestres (DOCE núm. 206, de 22 de julio de 1992).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

- Directiva 97/62/CE del consejo, de 27 de octubre de 1997, por la que se adapta al progreso científico y técnico la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de fauna y flora silvestres (DOCE núm. 305, de 8 de noviembre de 1997).
- Directiva 79/409/CEE relativa a la conservación de las aves (DOUE núm. 20, de 26 de enero de 2010).

Legislación estatal.

- Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley 81/1968, de 5 de diciembre, sobre Incendios Forestales (BOE núm. 38, de 13/02/1973).
- Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil (BOE núm. 164, de 10/07/2015).
- Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE núm. 227, de 22 de septiembre de 2015).
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (BOE núm. 299, de 14/12/2007).
- Ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes (BOE núm. 280, de 22/11/2003).
- Orden AAA/1771/2015, de 31 de agosto, por la que se modifica el anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE» núm. 211, de 3 de septiembre de 2015).
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE núm. 46, de 23 de febrero de 2011).
- Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por la que se modifica RD 1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (BOE núm. 288, de 02/12/2006).
- Real Decreto-ley 15/2022, de 1 de agosto, por el que se adoptan medidas urgentes en materia de incendios forestales (BOE núm. 184, de 02/08/2022).
- Resolución de 6 de marzo de 2017, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de ministros de 24 de febrero de 2017, por el que se aprueban los criterios orientadores para la inclusión de taxones y poblaciones en el Catálogo Español de Especies Amenazadas (BOE núm. 65, de 17 de marzo de 2017).

Legislación autonómica.

- Acuerdo de 5 de junio de 2009, del Consell, de ampliación de la Red de Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) de la Comunitat Valenciana (DOCV núm 6031, de 09/06/2009).
- Decreto 108/2006, de 21 de julio, del Consell, de declaración del Paisaje Protegido del Puig Campana y el Ponotx (DOGV núm. 5312, de 27/07/2006).
- Decreto 21/2012, de 27 de enero, del Consell, por el que se regula el procedimiento de elaboración y aprobación de los planes de recuperación y conservación de especies catalogadas de fauna y flora silvestres, y el procedimiento de emisión de autorizaciones de afectación a especies silvestres (DOCV núm. 6.702, de 30/01/2012).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

- Decreto 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras en la Comunidad Valenciana (DOGV núm. 6151, de 24/11/2009).
- Decreto 32/2004, de 27 de febrero, del Consell de la Generalitat, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazadas, y se establecen categorías y normas para su protección (DOGV núm. 4.705, de 04/03/2004).
- Decreto 58/2013, de 3 de mayo, del Consell, por el que se aprueba el Plan de Acción Territorial Forestal de la Comunitat Valenciana (DOGV núm. 7019, de 08/05/2013).
- Decreto 60/2012, de 5 de abril, del Consell, por el que regula el régimen especial de evaluación y de aprobación, autorización o conformidad de planes, programas y proyectos que puedan afectar a la Red Natura 2000 (DOCV núm. 6750, de 10/04/2012).
- Decreto 70/2009, de 22 de mayo, del Consell, por el que se crea y regula el Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas y se regulan medidas adicionales de conservación (DOCV núm. 6021, de 26/05/2009).
- Ley 3/1993, de 9 de diciembre, Forestal de la Comunidad Valenciana (BOE núm. 23, de 27 de enero de 1994).
- Ley 11/1994, de 27 de diciembre, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana (BOE núm. 33, de 8 de febrero de 1995).
- Orden 10/2015, de 8 de abril, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por la que se regulan los aprovechamientos forestales en la Comunidad Valenciana (DOGV núm. 7508 de 20/04/2015).
- Orden 6/2013, de 25 de marzo, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por la que se modifican los listados valencianos de especies protegidas de flora y fauna (DOCV núm. 6.996, de 04/04/2013).
- Orden de 1 de diciembre de 2006, de la Conselleria de Territorio y Vivienda, por la que se amplía el Catálogo Valenciano de Especies de Fauna Amenazada con la inclusión de diez nuevas especies en la categoría de “vulnerables” (DOCV núm. 5.427, de 12/01/2007).
- RESOLUCION de 29 de marzo de 2017, de la Dirección General de Medio Natural y de Evaluación Ambiental, por la que se modifican los anexos de la Orden 10/2015, de 8 de abril, de la Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente, por la que se regulan los aprovechamientos forestales en la Comunitat Valenciana.

4. Objetivos

4.1. Objetivos generales

El propósito principal de este Trabajo de Final de Grado es acelerar y mejorar la recuperación de una zona afectada por un incendio. Además, se pretende mejorar la condición de las principales vías de acceso, así como aumentar y fortalecer la infraestructura destinada a la prevención y combate de incendios forestales.

4.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos a perseguir tras las actuaciones de restauración son:

- Impulsar el desarrollo y transformación de la vegetación hacia modelos de combustibles más beneficiosos en términos sociales, recreativos y de seguridad para la comunidad.
- Disminuir los efectos erosivos en áreas que carecen de vegetación.
- Lograr de forma rápida y sostenible una cobertura vegetal con múltiples estratos que permita establecer un banco de semillas viable para asegurar la regeneración natural en caso de futuros incendios forestales.
- Mejorar la infraestructura y accesibilidad en la zona.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

- Proporcionar a los equipos de extinción vías que actúen como puntos estratégicos para planificar la extinción en caso de incendio, así como lugares seguros para asegurar la contención en caso de incendios forestales.

4.3. ODS

Esta propuesta contribuye significativamente a la realización de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 13 y 15, que se centran en la Acción por el Clima y la Vida de Ecosistemas Terrestres, respectivamente. Se presenta una metodología innovadora y bien definida para el análisis y la restauración de ecosistemas forestales después de incendios, con el objetivo adicional de fortalecer su resiliencia frente al cambio climático.



Ilustración 1: Objetivos de desarrollo sostenible de la agenda 2030. Fuente: Naciones Unidas.

5. Descripción del medio.

5.1. Situación geográfica y superficie de actuación.

El área de actuación de la presente propuesta se corresponde con el perímetro de la localidad de Bejís, situándose en el centro oeste de la comarca del Alto Palancia (Castellón), en las inmediaciones de los municipios de El Toro, Sacañet, Teresa y Torás (Castellón).

5.2. Estado legal.

Casi la totalidad del área afectada es de propiedad privada, con excepción de una parte del Monte de Utilidad Pública CS011 "Umbría de Escabia", que pertenece a la Generalitat (copropiedad con ayto, Comunal). El incendio de 2022 afectó a 115,1562 hectáreas de este monte, lo que representa el 100% de su extensión total.

	MONTES CATALOGADOS	SUPERFICIE CATALOGADA	MONTES GESTIONADOS	SUPERFICIE GESTIONADA
CASTELLÓN	126	43.897	190	62.418
VALENCIA	189	288.113	214	302.466
ALICANTE	131	49.254	171	64.159
TOTAL	446	381.264	575	429.042

Tabla 3: Número de montes gestionados y catalogados por provincias. Fuente: Catálogo de Montes de Utilidad Pública 2015 GVA.

5.3. Figuras de protección.

El fuego ha dañado una extensión de 9,314 hectáreas de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) dentro de la Red Natura 2000. De esta superficie, 8,843 hectáreas pertenecen al LIC Alto

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Palancia, mientras que 471 hectáreas corresponden al LIC Curso Medio del Palancia. Estas áreas representan aproximadamente el 33% y el 9.2% de los respectivos LICs.

Entre los tipos de ecosistemas presentes, destacan los bosques de *Quercus ilex*, los bosques endémicos de *Juniperus spp*, los pinares (sub-) mediterráneos de pinos negros endémicos (*Pinus nigra salzmannii*), los brezales alpinos y boreales, los brezales oromediterráneos endémicos con aliaga, los robledales Ibéricos de *Quercus faginea* o los bosques de tejo (*Taxus baccata*).

La conservación de algunos de estos hábitats se encontraba en un estado desfavorable-inadecuado, según la evaluación realizada en la Memoria Técnica de la norma de gestión "Palancia". En las proximidades de la zona afectada se encuentran 6 microrreservas naturales: Barranco del Sahuquillo, La Periconá, Pecas del Diablo, Fuente del Señor, Estrecho del Cascajar y Puntal del Navarrete. De estas, el incendio ha afectado a La Periconá y Puntal de Navarrete. Dentro del área quemada también se han visto afectadas 846 hectáreas de Parajes municipales, con una atención particular en La Torrecilla-Puntal de Navarrete, que ya había sido impactada por el incendio en 2012.

5.4. Medio físico.

5.4.1. Climatología.

La zona del Alto Palancia presenta un clima mediterráneo característico. Las temperaturas suaves son influenciadas por su cercanía al mar. Se observan lluvias durante el otoño y la primavera, mientras que los veranos e inviernos son más secos. Gran parte de esta región se sitúa en una zona de transición climática. Esto significa que sus condiciones climáticas son intermedias entre el clima de la llanura costera del norte y los climas interiores, tanto en términos de precipitación como de temperatura.

A continuación, se observa una tabla de comparaciones de las estaciones termo-pluviométricas situadas en las proximidades de la zona quemada:

Localidad	Altitud m	Temperatura		Precipitación anual mm
		Máx °C	Min °C	
Alcublas	774	34	-9	486
Andilla, CHJ	1028	34	-6	538
Bejís CHJ	847	34	-6	597
Viver	559	36	-4	563

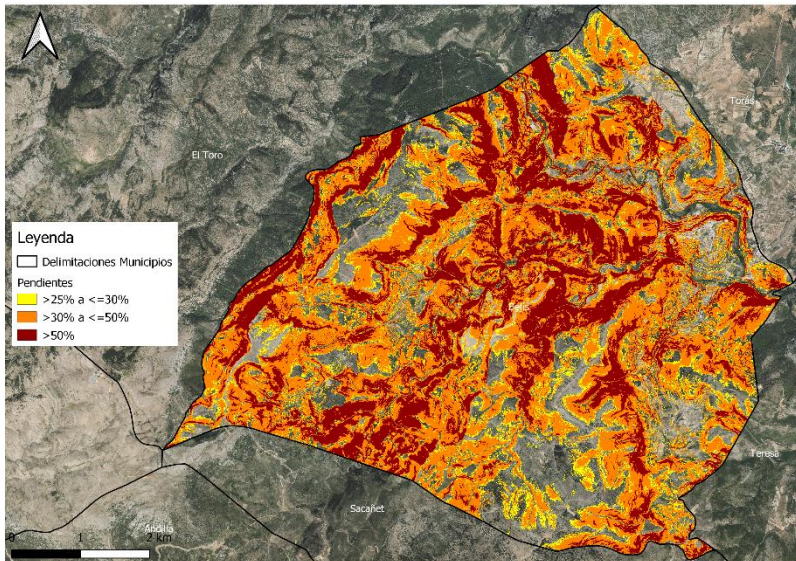
Tabla 4: Valores promedios de las estaciones termo-pluviométricas situadas en las proximidades de la zona quemada. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Geomorfología y fisiografía.

5.4.2.1. Pendiente.

La inclinación del terreno es una de las características geográficas más restrictivas ya que tiene un efecto significativo en la planificación y realización de tareas de restauración. Además está estrechamente relacionada con el riesgo de erosión, tanto en términos de su potencial como de su actividad actual. La pendiente media de la zona se contempla entre pendientes mayores del 30% a pendientes mayores del 50%. Para analizar esta característica, se han utilizado los Modelos Digitales del Terreno, suministrados por el Visor de Cartografía de la Generalitat Valenciana (ver Plano 1).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



Plano 1: Pendientes del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2. Altimetría.

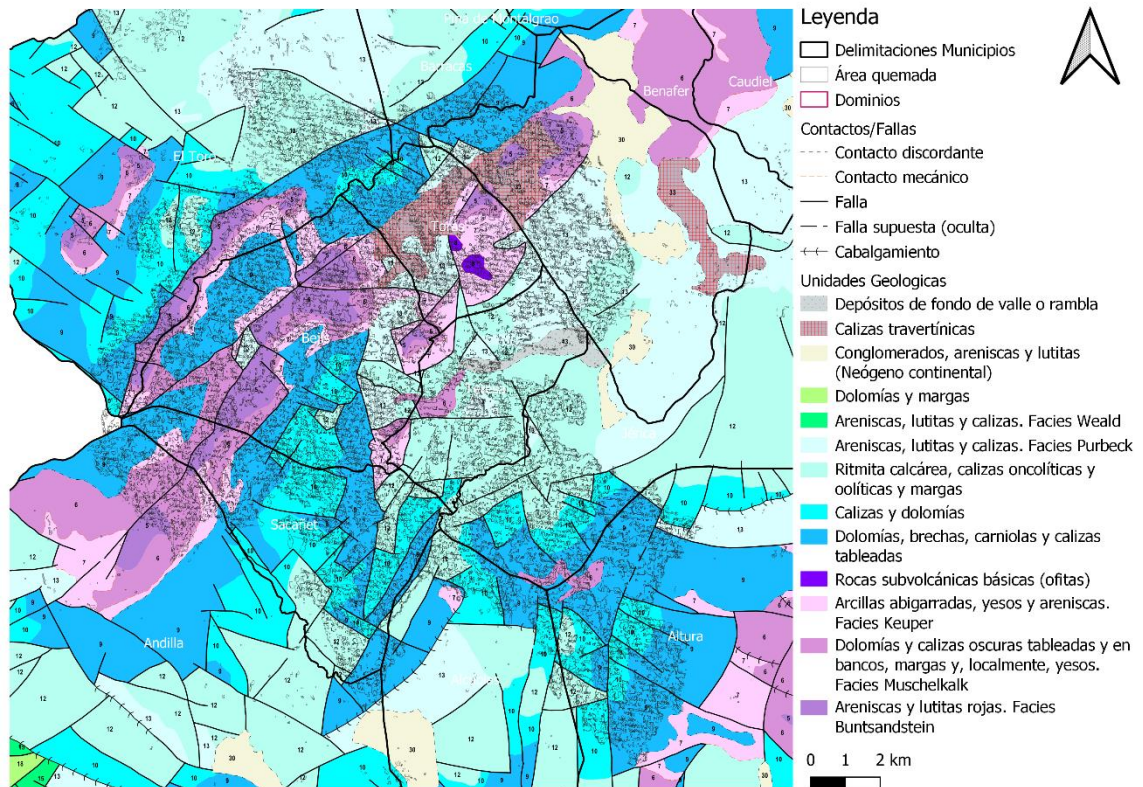
Los cambios en la altitud representan un factor geomorfológico que puede afectar la presencia de diferentes especies así como a la acumulación de materiales inflamables. Sin embargo, estas variaciones solo se hacen evidentes en escalas más amplias que las de la región en análisis.

El terreno exhibe un carácter montañoso con un cambio de altitud de alrededor de 1000 metros. Hay presencia de inclinadas laderas, barrancos, suaves colinas y zonas de transición con pendientes suaves. Las partes más altas, superando los 1,500 metros, se encuentran en las estribaciones de la Sierra de Javalambre hacia el noroeste. La elevación máxima de 1,579 metros se halla en La Peña Salada. La altitud más baja, que es de 547 metros, se ubica en el valle del Palancia, en la zona cercana a Teresa.

5.4.3. Geología y edafología.

El área quemada se caracteriza por tener 3 clases diferenciadas. Al oeste, una zona de arcillas abigarradas, yesos y areniscas, dolomías y calizas oscuras tableadas y en bancos, magras y, localmente, yesos y areniscas y lutitas rojas, donde la erosión es bastante elevada. En la zona sur y norte, una zona de calizas y dolomías, brechas, carniolas y calizas tableadas, acompañado de calizas y dolomías. Y finalmente, al este una amplia zona de ritmita calcárea, calizas oncolíticas y oolíticas y magras. También se observan una pequeña zona al noreste de calizas travertínicas y 2 pequeñas zonas de rocas subvolcánicas básicas (ofitas) (ver Plano 2).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



Plano 2: Mapa geológico del área quemada. Fuente: Elaboración propia.

5.4.4. Hidrografía.

La red hidrográfica está influenciada principalmente por el río Palancia, un flujo de agua perenne que sigue el patrón mediterráneo, exhibiendo variaciones en su caudal y marcadas inclinaciones en su trayecto inicial. Su origen se localiza en el lugar llamado "Estrecho del Collado del Cascajar," en la Sierra del Toro. Otro cuerpo de agua constante es el río Canales, que desemboca en el Palancia como afluente. Alrededor del 88% de las áreas quemadas drenan hacia la cuenca del río Palancia, mientras que el 12%, lo hace hacia la cuenca del Turia. El plan de protección y gestión de riesgos (PATRICOVA) solo identifica algunas zonas con "potencial de inundación" a lo largo del cauce del río Palancia, asignándoles un nivel de riesgo 4, lo que indica una probabilidad moderada (cada 100 años) y una profundidad baja (<0.8m).

5.4.5. Accesibilidad.

Bejís es un pequeño municipio ubicado en la comarca del Alto Palancia en la provincia de Castellón, Comunidad Valenciana, España. Su acceso principalmente se realiza a través de carreteras y caminos (ver Plano 3).

Carreteras: El municipio de Bejís se encuentra conectado a través de carreteras locales y autonómicas. La CV-205 es una de las vías principales que cruza la zona, conectando Bejís con localidades cercanas y permitiendo el acceso desde y hacia carreteras más grandes que conectan con otras regiones.

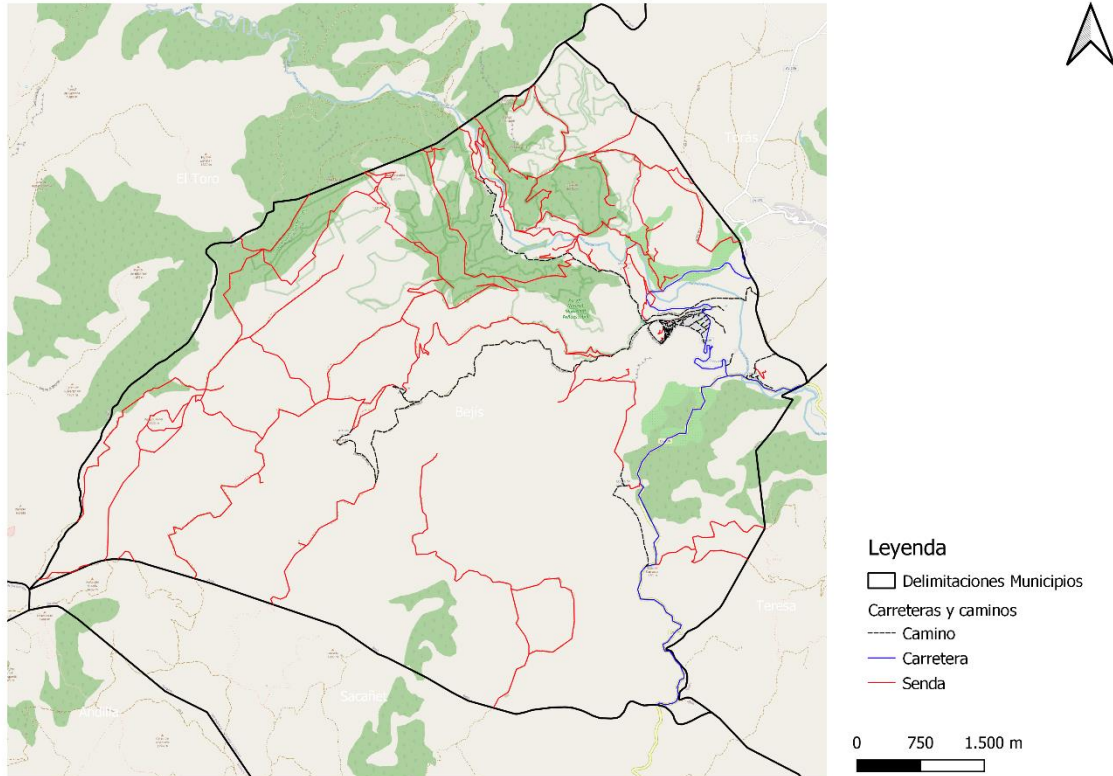
Sendas y caminos: Bejís también es conocido por su entorno natural y su belleza paisajística. La zona ofrece varias sendas y caminos que permiten a los visitantes explorar el paisaje montañoso y los alrededores. Estos caminos pueden variar en dificultad y accesibilidad, y algunos pueden ser más adecuados para excursionistas experimentados.

Es probable que hubiera rutas de senderismo y caminos rurales que permitieran a los visitantes disfrutar de la naturaleza y la belleza del entorno. Sin embargo, la accesibilidad de estas sendas y

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

caminos puede variar, y algunos podrían ser más adecuados para personas con experiencia en senderismo y actividades al aire libre.

Cabe destacar que, tras el incendio, la mayoría de las sendas son transitables mediante vehículo.



Plano 3: Accesibilidad por carreteras, sendas y caminos en el municipio de Bejís. Fuente: Elaboración propia

6. Unidades ambientales.

La región afectada por el fuego puede ser dividida en extensas áreas que mostrarán una reacción similar predecible al incendio. Estas divisiones han sido establecidas principalmente considerando la vegetación dominante, el tipo de suelo y la frecuencia con la que ocurren incendios. En términos generales, estas divisiones ambientales pueden ser categorizadas en tres amplias regiones.

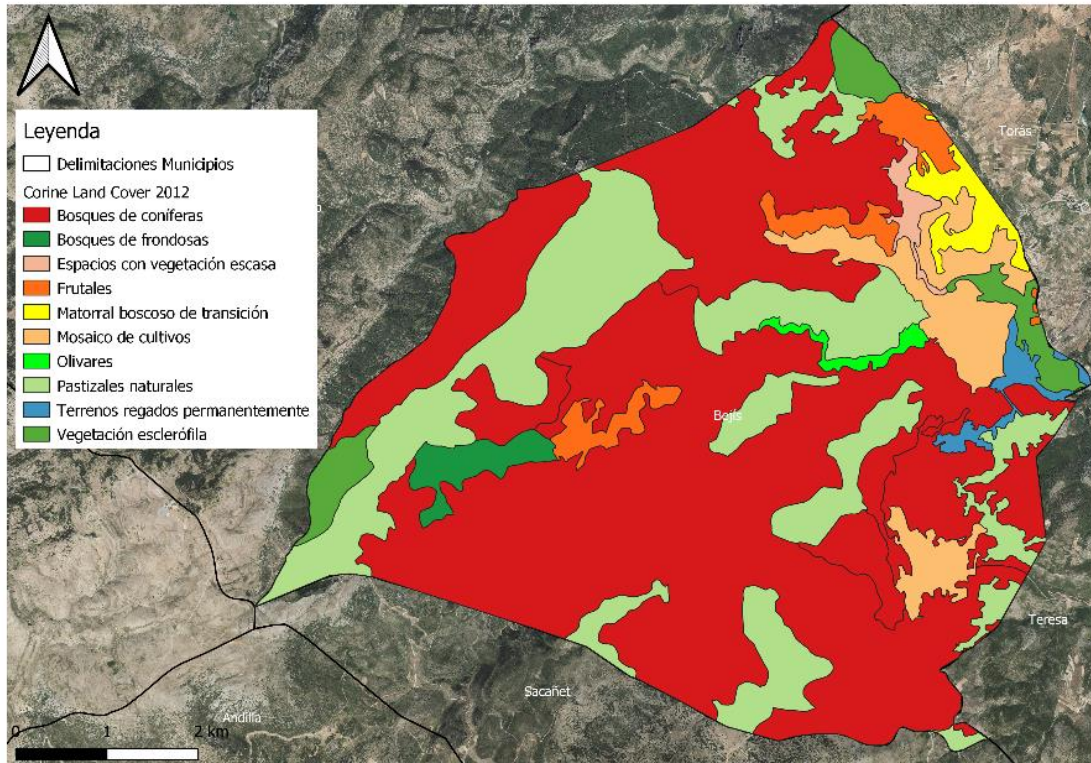
Área no impactada previamente por incendios (abarca el 36,4% del terreno quemado): esta porción corresponde principalmente a la parte más al norte del área afectada por el incendio, abarcando principalmente territorios dentro de los municipios de Torás, Viver, Barracas y El Toro, junto con algunas áreas más al sur en los términos municipales de Bejís y Teresa. En esta región se pueden identificar cinco tipos distintos de entornos naturales: (i) Bosque maduro de pino carrasco, que ocupa el 18,8% del terreno quemado; (ii) Arbustos rebrotadores y matorrales de carrasca, que abarcan el 9,1%; (iii) Bosque maduro de pino laricio, que ocupa el 5,5%; y (iv) Bosque de sabinas, que representa el 2,3% (además, un 0,7% adicional fue quemado en 1993).

Área impactada por los incendios de 1993 (representa el 16,8%): Esta sección principalmente abarca las áreas afectadas por dos incendios previos que ocurrieron en 1993, conocidos como los incendios de Andilla y El Toro. Estas áreas afectadas se localizan principalmente en el término municipal de Bejís, así como en partes de los términos de Andilla y Sacañet. Debido al efecto nivelador que tuvo el fuego en el entorno, dentro de esta zona es posible distinguir dos tipos

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

distintos de ambientes naturales: (i) Arbustos rebrotadores en conjunto con matorrales de coscoja, que abarcan el 11,2%; (ii) Bosque joven de pino carrasco y rodeno, que ocupa el 5,6%.

Área impactada por el Incendio de Andilla en 2012 (constituye el 37,6%): Esta sección engloba principalmente las áreas afectadas dentro de los términos municipales de Altura, Jérica, Teresa y Sacañet, extendiéndose hacia partes más al sur que pertenecen a Andilla y Alcublas. Siguiendo un patrón similar al mencionado anteriormente, debido al efecto nivelador del fuego en el entorno, también en esta área es posible distinguir dos tipos diferentes de ecosistemas: (i) Arbustos rebrotadores y matorrales de coscoja, que ocupan el 23,6%; y (ii) Bosque joven de pino carrasco, que abarca el 14%.



Plano 4: Cobertura terrestre obtenida por el marco del programa Corine Land Cover en 2012 del terreno de Bejís. Fuente: Elaboración propia.

7. Metodología.

Con el propósito de analizar de manera integral las repercusiones del incendio ocurrido en 2022 en la región de estudio, especialmente en lo concerniente a la vegetación, se recurrió al empleo del análisis espectral. Este enfoque abarcó la delimitación del área afectada por el fuego y la evaluación de su grado de severidad. Esta evaluación de la severidad resulta crucial para comprender la sensibilidad del ecosistema frente al fuego y sus consecuencias ambientales tanto para la vegetación como para el entorno en general.

Históricamente, la evaluación de la severidad se ha basado en estudios de campo, los cuales, aunque precisos, presentan limitaciones en cuanto al número de puntos de muestreo y, por ende, en la robustez de los resultados obtenidos. Para superar estas restricciones, se han empleado sensores remotos para estimar datos de campo, lo que ha permitido ampliar tanto el análisis espacial como la frecuencia de las estimaciones realizadas. Estudios previos han demostrado una correlación positiva al utilizar índices de teledetección como el Índice de Quemadura Normalizado (NBR) y su diferencia (dNBR).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

El NBR se fundamenta en la diferencia de reflexión entre la vegetación quemada y la no afectada en las bandas del infrarrojo cercano (NIR) y de onda corta (SWIR). Por tanto, valores altos de NBR indican vegetación sana, mientras que valores bajos sugieren áreas recién quemadas o suelo desnudo. Sin embargo, para evaluar el impacto del incendio de manera integral, es necesario considerar no solo los valores puntuales de NBR, sino también los valores previos y posteriores al evento. El aumento en el dNBR indica daños severos, mientras que valores negativos pueden señalar procesos de regeneración de la vegetación. La fórmula empleada para calcular el dNBR consiste en la diferencia entre el NBR antes y después del incendio.

Es importante tener en cuenta que los valores de dNBR pueden variar según el contexto, por lo que se recomienda realizar una evaluación de campo específica para interpretarlos adecuadamente y obtener resultados fiables. Aunque el proceso de análisis de imágenes para calcular el dNBR se ha limitado a eventos de incendio específicos debido a consideraciones computacionales, plataformas como Google Earth Engine han contribuido a mitigar esta limitación, permitiendo el procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos y la complementación de los cálculos con otras variables o productos satelitales.

En el presente estudio, se empleó la herramienta de Detección y Evolución de Áreas Quemadas (BADE) en Google Earth Engine para detectar el área afectada por el incendio, evaluar su severidad y monitorear la evolución de la vegetación hasta 10 años después del evento. Esta herramienta ofrece la posibilidad de seleccionar entre distintos satélites, como Landsat y Sentinel, así como diversos índices, entre los que se incluyen el dNBR y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

El objetivo primordial fue calcular el área quemada y evaluar la severidad del incendio ocurrido en 2022 para comprender el alcance potencial de las labores de restauración y priorizarlas según la gravedad de los daños. Además, esta evaluación de la severidad será empleada para actualizar el factor C en la ecuación de pérdida anual de suelo (RUSLE).

Los resultados obtenidos mediante esta herramienta en relación con la severidad del incendio de 2022 fueron validados in situ mediante inspección visual en varias zonas de interés.

7.1. Validación en campo.

En esta zona se puede observar un conjunto de los 3 diferentes valores que detecta el satélite. Una pequeña zona de dNBR baja, una un poco mayor de severidad media y una más abundante de severidad alta.



Ilustración 2: Validación en campo 1-4-23. Fuente: Burnt Areas Detection & Evolution (BADE)

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Primeramente, se inspeccionó la zona con severidad baja para después comparar con las demás zonas. En esa zona se observó claramente una vegetación sana sin síntomas de afección por el fuego y un sustrato con una escasa vegetación arbustiva pero presente.



Ilustración 3: Zona de severidad baja en la validación en campo. Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente, a escasos metros se observaba la zona contigua de severidad media donde ya se podía observar vegetación bastante afectada y con grandes degradaciones, aunque aguantaban el porte y ciertas ramas. En esta zona ya no se percibe vegetación arbustiva en el sustrato, lo que indica que la severidad en la zona ha aumentado.



Ilustración 4: Zona de severidad media en la validación en campo. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se contempla la zona más amplia y que más abundaba en la zona, la zona de severidad alta, donde los árboles ya habían perdido su porte a causa de las grandes deterioros

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

tanto en el tronco como en sus ramas. El sustrato en esta zona se observa mucho más degradado con una posible presencia de erosión en las siguientes épocas de lluvia.



Ilustración 5: Zona de severidad alta en la validación en campo. Fuente: Elaboración propia.

7.2. Zonificación según la Prioridad de actuación.

Para asegurar que el proceso de restauración forestal en la región bajo estudio sea congruente con las exigencias ecológicas del entorno, es esencial realizar una zonificación detallada y establecer prioridades en función de las condiciones y necesidades particulares de cada área. No resulta viable aplicar un enfoque uniforme en todas las zonas, dado que es necesario adaptarse al estado individual de cada lugar luego de un incendio.

El primer paso crucial para determinar las prioridades en las acciones consiste en evaluar el riesgo de erosión hídrica en el terreno tras el incendio, dado que este fenómeno podría agravar las condiciones del suelo de manera irreversible. Una vez identificadas las áreas con un riesgo alto o muy alto de erosión, se procederá a analizar el resto del territorio y proponer acciones de restauración específicas, tales como la revegetación.

7.2.1. Erosión hídrica.

La erosión hídrica juega un papel crucial en el proceso de restauración forestal, ya que su intensidad incide directamente en la capacidad de la vegetación para recuperarse. La erosión del suelo disminuye su fertilidad, lo que repercute negativamente en la restauración del área boscosa. Tras un incendio, la erosión hídrica tiende a aumentar debido a la reducción de la vegetación, lo que disminuye los efectos beneficiosos que esta ejercía sobre el suelo, como la retención del suelo, la infiltración del agua de lluvia y la reducción de la erosión causada por el impacto de las gotas de lluvia.

Para evaluar el riesgo de erosión, aplicamos la metodología del modelo RUSLE para calcular las pérdidas de suelo, utilizando la herramienta QGIS para analizar los distintos valores de los factores que conforman este modelo.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

El modelo RUSLE se basa en la ecuación:

$$A = R * K * S * L * C * P$$

Donde:

- A: Representa la pérdida media anual de suelo (t/Ha·año).
- R: Corresponde al factor de lluvia, es decir, el índice de erosión pluvial (j·cm/M2·hora), que mide la capacidad de la lluvia para causar erosión, considerando su energía cinética e intensidad máxima en 30 minutos.
- K: Define la erosionabilidad del suelo (t·m2/ha·J·cm), determinando su resistencia natural a la erosión.
- S: Es el factor de pendiente del suelo (%), relacionado con L, que evalúa la influencia de la pendiente y su longitud en la pérdida de suelo.- L: Representa la longitud de la pendiente del suelo en metros.
- L: Representa la longitud de la pendiente del suelo en metros.
- C: Corresponde al factor de cultivo y ordenación (adimensional), relacionado con el tipo y estado de la vegetación en el terreno.
- P: Es el factor de prácticas de conservación de suelo agrícolas (adimensional), que refleja el estado del cultivo, incluyendo si está cultivado en terrazas, en fajas o a nivel del terreno.

Para determinar el valor de la pérdida de suelo, aplicamos la ecuación 1 a las capas ráster de cada factor utilizando QGIS y la calculadora de ráster. Los valores de los factores R y K se obtuvieron de la base de datos European Soil Database.

Para los factores L y S, utilizamos la capa MDT y la herramienta watershed de GRASS en QGIS para obtenerlos conjuntamente.

Dado el impacto del incendio en la vegetación, el factor C se relaciona con la severidad en lugar de la vegetación. Según García Morote, F.A. et al (2015), asignamos valores específicos para las áreas de alta y media severidad, mientras que para las áreas de baja severidad, donde el incendio tuvo un impacto menor, utilizamos los valores reales de C obtenidos de la base de datos European Soil Database. Asignamos un valor de 1 para alta severidad, que representa un daño significativo por el incendio, 0.4 para media severidad y los valores reales de C para baja severidad.

Factor C				
		Severidad 2022		
		Alta	Media	Baja
Severidad 2020	Alta	1	1	0,4
	Media	1	0,4	Valor C
	Baja	1	0,4	Valor C

Tabla 5: Correspondencia entre las severidades y el valor del Factor C. Fuente: Adaptado de García Morote, F.A. et al

Finalmente, consideremos el factor P, que se refiere a las prácticas de conservación del suelo. En nuestra área de investigación, donde la topografía es mayormente pronunciada, la presencia de terrazas de retención es escasa, lo que implica que este factor tenga un valor nulo.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Una vez que dispongamos de todos los datos necesarios para cada uno de los factores, podremos emplear la ecuación mediante una calculadora ráster. Esto nos permitirá generar un mapa en el que se representen los diversos niveles de erosión hídrica en nuestra zona de estudio. Estos niveles serán clasificados de acuerdo con el riesgo de pérdida de suelo, siguiendo la categorización de García Morote y otros, establecida en 2015.

Riesgo de pérdida de suelo	Valores de pérdida de suelo (A: t/ha· año)
Alarmante	50-100
Muy alta	25-50
Alta	10-25
Moderada	5-10
Baja	0-5

Tabla 6: Riesgo de pérdida del suelo en función del valor de las pérdidas del suelo. Fuente: Adaptado de García Morote, F.A. et al (2015).

7.2.2. Severidad.

Otro factor crítico para la zonificación de las áreas prioritarias de intervención es la severidad del incendio. Cuando la severidad del fuego es alta y afecta significativamente la vegetación, empeora la erosión debido al papel crucial que desempeña la vegetación en la reducción de la pérdida de suelo. En lugares con alta severidad, el paisaje tiende a ser más desértico, con menos vegetación, lo que aumenta la vulnerabilidad a la erosión.

La evaluación de la severidad, como se mencionó previamente en la sección 7, se realizó mediante la herramienta BADE de Google Earth Engine.

Después de analizar ambos aspectos esenciales (erosión y severidad del incendio), los combinaremos para identificar las zonas con mayor riesgo de erosión, lo que exigirá una intervención urgente. En estas áreas, se propondrán tratamientos específicos contra la erosión, adaptados a las necesidades individuales de cada zona. Para determinar las zonas de mayor prioridad, se ha realizado una clasificación que se detalla en la tabla mostrada a continuación.

Condiciones	Prioridad de actuación
Erosión alarmante y severidad muy alta	1
Erosión y severidad altas	2
Erosión moderada y severidad alta	3

Tabla 7: Prioridad de actuación en función de las condiciones del terreno. Fuente: Elaboración propia

Estos son los tres factores críticos que requieren una acción inmediata debido al riesgo de erosión, donde se propondrán estructuras para mitigar y reducir este problema.

7.2.3. Repoblación forestal.

Después de identificar las áreas que requieren una intervención urgente debido a la erosión, el siguiente paso implica el estudio de las zonas que necesitarán ser repobladas.

El objetivo principal es facilitar la regeneración de la vegetación en áreas donde la regeneración natural podría ser desafiante debido al corto periodo entre los últimos dos incendios. Esto implica reintroducir especies que, debido a la frecuencia de los incendios, podrían tener dificultades para regenerarse completamente. Este desafío se manifiesta especialmente en ciertas especies germinadoras, cuyas semillas podrían haberse perdido con los incendios repetidos. Además, algunas especies rebrotadoras podrían no haber tenido suficiente tiempo para recuperar los recursos necesarios tras el primer incendio antes de que ocurriera el segundo, lo que podría haber llevado a su declive (Díaz-Delgado, 2004).

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

En caso de que las especies dominantes sean sensibles a incendios repetidos, otras especies de crecimiento más rápido podrían ocupar su lugar y volverse esenciales para la recuperación de la vegetación.

Las zonas seleccionadas fueron identificadas utilizando QGIS y las capas de severidad generadas por BADE. Posteriormente, se excluyeron las áreas que necesitan intervenciones urgentes para la retención del suelo, concentrándose en las áreas destinadas a combatir la erosión.

A continuación, utilizando QGIS, se elaboró un mapa que delimita las áreas propuestas para la repoblación forestal, manteniendo el respeto por la flora autóctona y promoviendo la creación de un entorno heterogéneo para facilitar la extinción en futuros incendios.

La selección de la vegetación adecuada se llevó a cabo utilizando la herramienta Eco-Hydrologic Zoning for Precision Management (ECHYZON) en Google Earth Engine. Esta herramienta permite una repoblación forestal precisa al considerar la disponibilidad de agua para cada píxel de 30 metros.

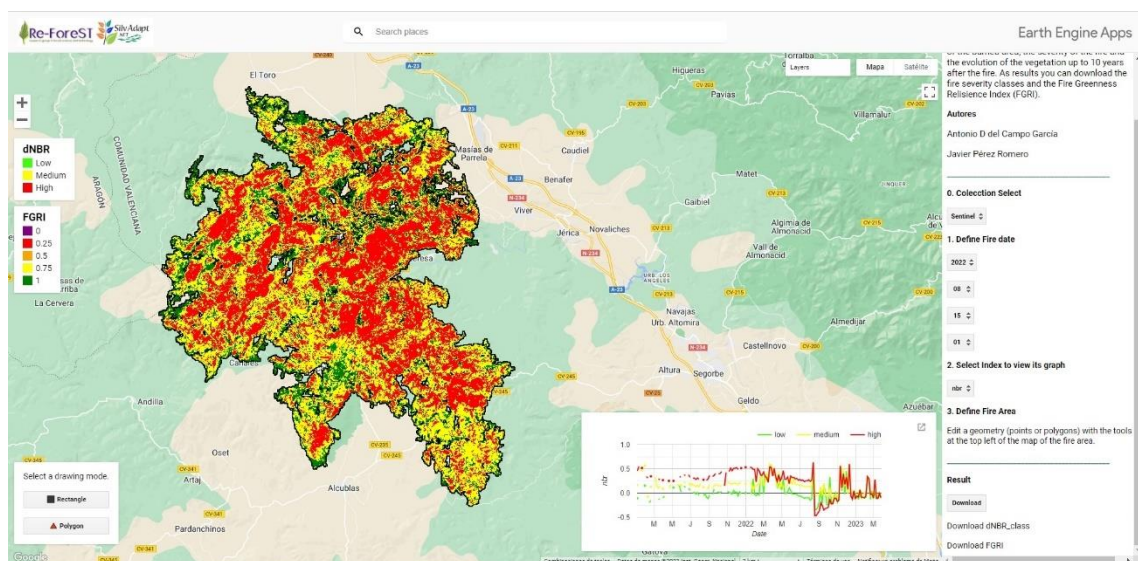
ECHYZON utiliza imágenes satelitales Landsat 8 para calcular el índice TVMDI (Temperature-Vegetation-Moisture-Drought-Index), el cual evalúa el contenido de agua en el suelo en la zona seleccionada. Este índice estima la sequedad mediante la evaluación de la temperatura de la superficie terrestre y el estado de la vegetación. Estos factores están interrelacionados: un aumento en la sequedad conduce a una vegetación más verde, lo que se refleja en un aumento en los valores de NDVI y una disminución general de la sequedad. Por el contrario, un aumento en la temperatura del suelo resulta en un incremento en la sequedad, afectando la disponibilidad de agua para los cultivos.

8. Resultados.

8.1. Perimetrado y severidad.

Después de utilizar la herramienta BADE, se ha obtenido información sobre el tamaño y la intensidad del incendio en la región objetivo.

En referencia al incendio de 2022, su perímetro se estimó en metros (8.158.254 m | 8158,254 Km). La gravedad del incendio en general se clasificó como de moderada a alta, con una predominancia de niveles altos (consulte el plano 5).



Plano 5: Distribución espacial de la severidad del incendio del 2015. Fuente: Elaboración propia a partir de información cartográfica de BADE.

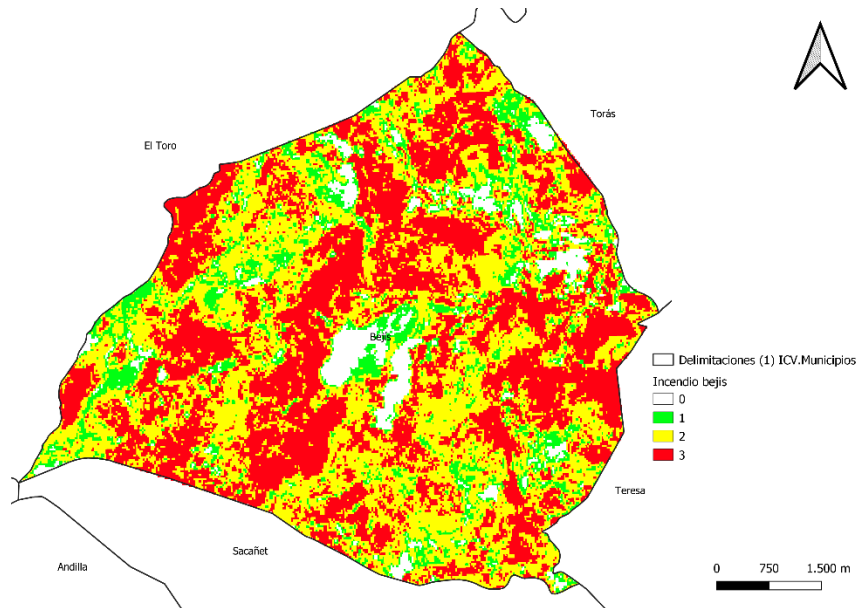
Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

Los resultados en cuanto a superficie son los siguientes:

Severidad	Superficie (ha)
Baja	3329,47
Media	7958
Alta	7197,57

Tabla 8: Superficie de las diferentes severidades en el 2022. Fuente: Elaboración propia

En líneas generales, la intensidad del incendio osciló entre moderada y alta, con algunas áreas específicas donde alcanzó niveles de gravedad muy altos. Respecto a la región de estudio en su conjunto, la gravedad se situó mayormente en un nivel intermedio, aunque también se identificaron áreas con predominio de alta gravedad y otras con baja gravedad.



Plano 6: Distribución espacial de la severidad del incendio en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de información cartográfica de BADE.

Los resultados en cuanto a superficie son los siguientes:

Severidad	Superficie (ha)
Baja	501
Media	1751
Alta	1747

Tabla 98: Superficie de las diferentes severidades en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia

En las áreas forestales, particularmente en las zonas de pino, se observó una gravedad que oscilaba entre moderada y alta. Este fenómeno puede atribuirse a la densa vegetación en dicha área, especialmente árboles, donde el fuego de copas contribuyó a intensificar la magnitud del incendio.

Se notó la presencia de áreas boscosas donde la cubierta arbórea se vio completamente afectada, intercaladas con áreas donde algunos árboles aún conservaban partes de su follaje en tonos verdes.

Con esta información, empezamos a vislumbrar los patrones de los incendios y su impacto en la vegetación existente en ese momento. En los siguientes apartados, la evaluación de la gravedad

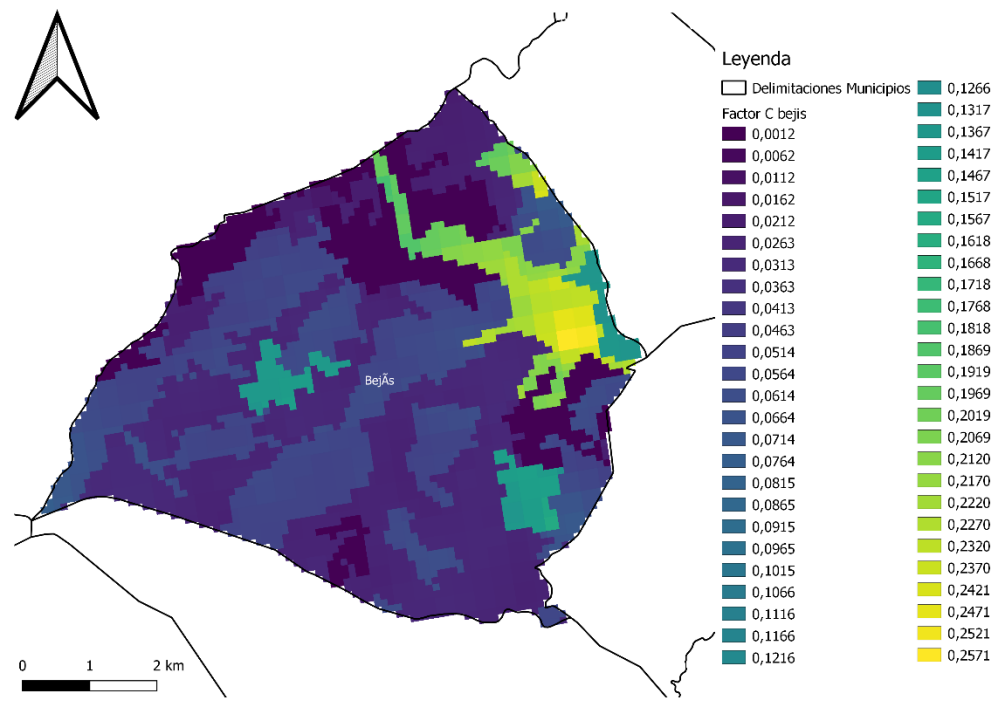
Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

será fundamental para determinar los sitios más adecuados para llevar a cabo diferentes acciones y medidas.

8.2. Zonificación.

En el análisis de las áreas que requieren intervención prioritaria, hemos debido considerar dos aspectos fundamentales: la erosión hídrica y la gravedad del incendio.

Para evaluar la erosión hídrica, hemos empleado el modelo RUSLE para calcular la pérdida de suelo. En este proceso, hemos ajustado los valores de uno de los factores, específicamente el factor C, que relaciona la pérdida de suelo con la vegetación presente. Dado que el incendio ha alterado esta vegetación, hemos procedido a actualizar estos valores. En el plano 7 que sigue, se puede apreciar cómo el valor de C ha experimentado una alteración abrupta debido al incendio. Antes del suceso, los valores máximos no superaban los 0,2571 en el área de estudio.

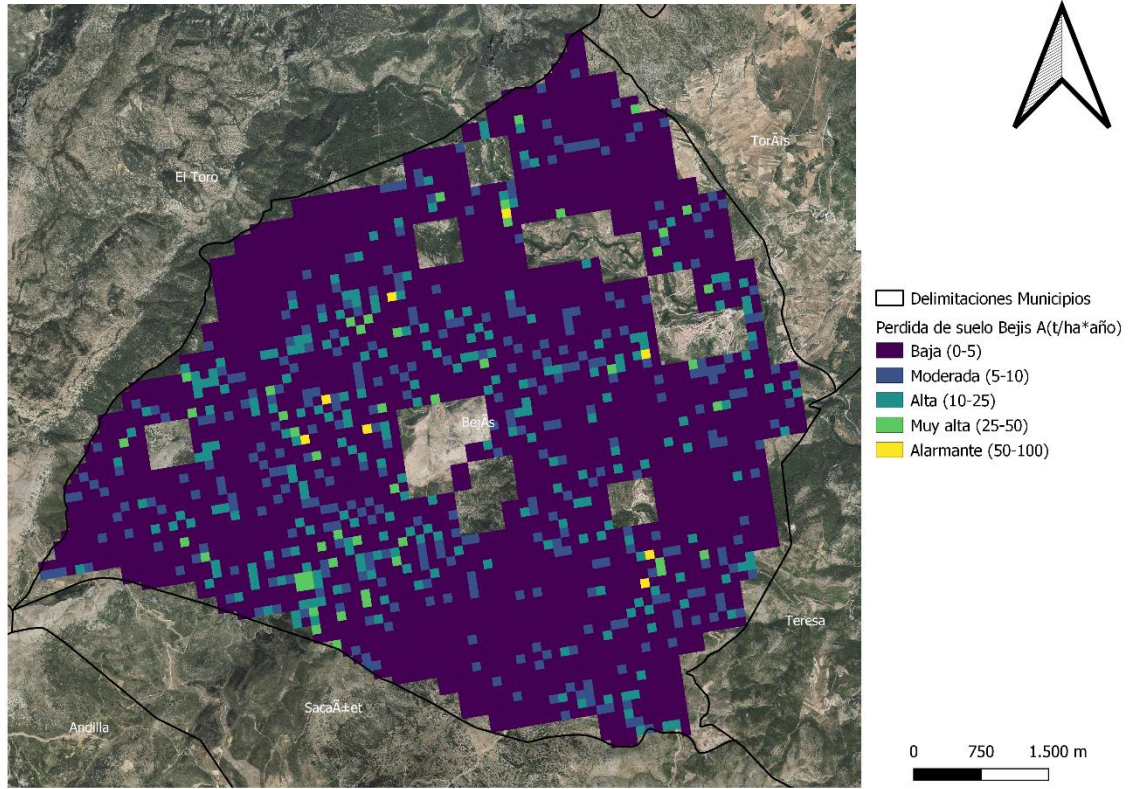


Plano 7: Distribución espacial de los valores del factor C antes del incendio en el área de estudio (2010). Fuente: Elaboración propia.

Después de aplicar la ecuación de erosión, hemos generado una capa que contiene los valores de pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año. El máximo valor de erosión hídrica registrado en nuestra área de estudio es de 75.04 toneladas por hectárea al año, mientras que el mínimo valor es de 1.47 toneladas por hectárea al año.

Estos valores han sido reasignados según lo indicado en la tabla 6. Por lo tanto, en la zona de estudio, las pérdidas de suelo se distribuyen de la siguiente manera.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



Plano 8: Distribución espacial de la pérdida de suelo anual por erosión después del incendio. Fuente: Elaboración propia.

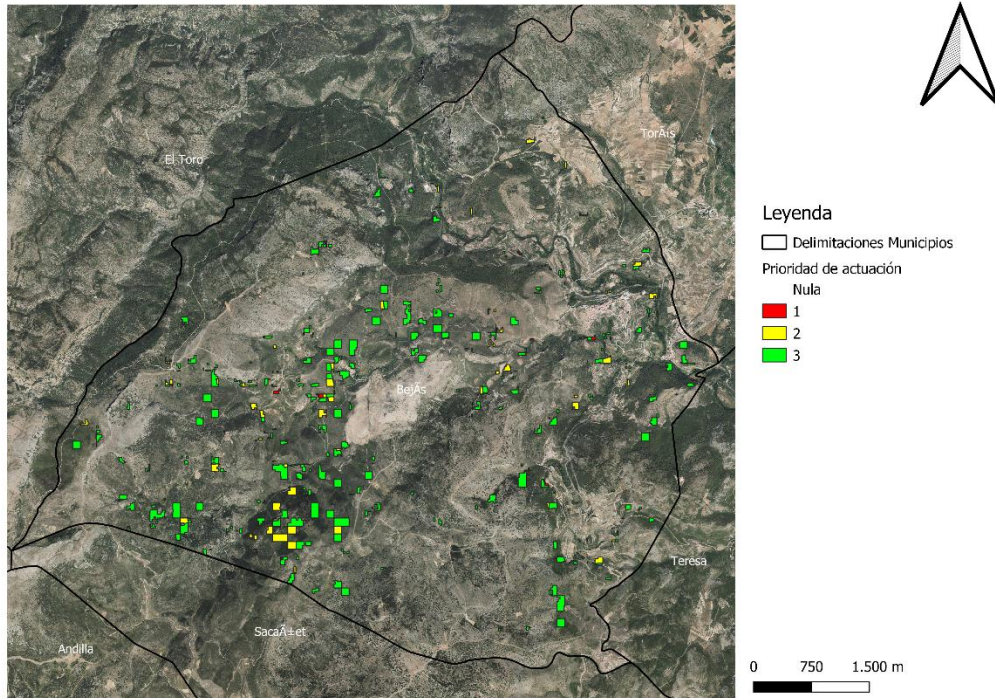
Los resultados en cuanto a superficie son los siguientes:

Pérdidas de suelo (t/ha*año)	Superficie (ha)
Baja	2945
Moderada	335
Alta	231
Muy alta	49
Alarmante	8

Tabla 10: Superficie de los diferentes grados de pérdida de suelo. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la erosión hídrica, esta se ha combinado con la severidad del incendio para finalmente obtener las zonas prioritarias de actuación. El resultado final de la zonificación se observa en el plano 9 y en la tabla 12.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



Plano 9: Distribución espacial de las diferentes zonas según la prioridad de actuación. La prioridad se representa con una escala del 1 al 3, donde 1 representa la máxima prioridad y 3 la menor. Fuente: Elaboración propia

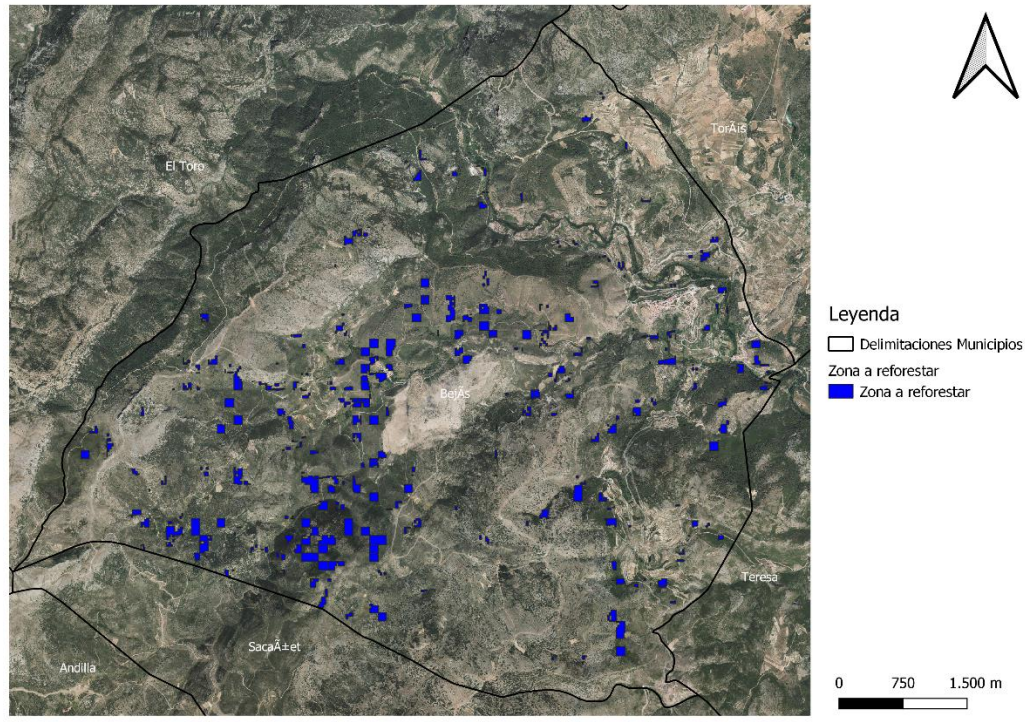
Según lo mostrado en la tabla 7, las áreas designadas con el valor 1 son consideradas de máxima prioridad para la intervención. A continuación, se encuentran las áreas con el valor 2, y por último, las áreas con el valor 3. Este orden deberá ser seguido para la implementación de medidas contra la erosión. Inicialmente, al analizar únicamente la erosión, se notaba una predominancia de áreas con alta pérdida de suelo. Sin embargo, al combinar este análisis con la gravedad del incendio, se observa cómo esta distribución de áreas ha experimentado ligeras modificaciones.

Prioridad de actuación	Superficie (ha)
1	6,9976
2	14,7711
3	64,5784
Nula	4152,9751

Tabla 11: Superficie de las diferentes zonas según la prioridad de actuación. Fuente: Elaboración propia

Para la selección de las zonas en las que vamos a intervenir con una repoblación para ayudar a regenerar la vegetación, las zonas que nos interesan son las de alta severidad y severidad media en el incendio del 2022. Estas áreas se considerarían como potenciales sitios de reforestación si no hubiera otras acciones prioritarias, como las dirigidas al control de la erosión. Sin embargo, dado que las medidas para controlar la erosión son urgentes y prioritarias, hemos decidido excluir estas áreas del análisis actual. Implementar ambas acciones simultáneamente en los mismos lugares se percibe como complejo y costoso. Una vez que hemos descartado las áreas destinadas al control de la erosión, hemos identificado las ubicaciones definitivas para la reforestación, como se muestra en el plano 10.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

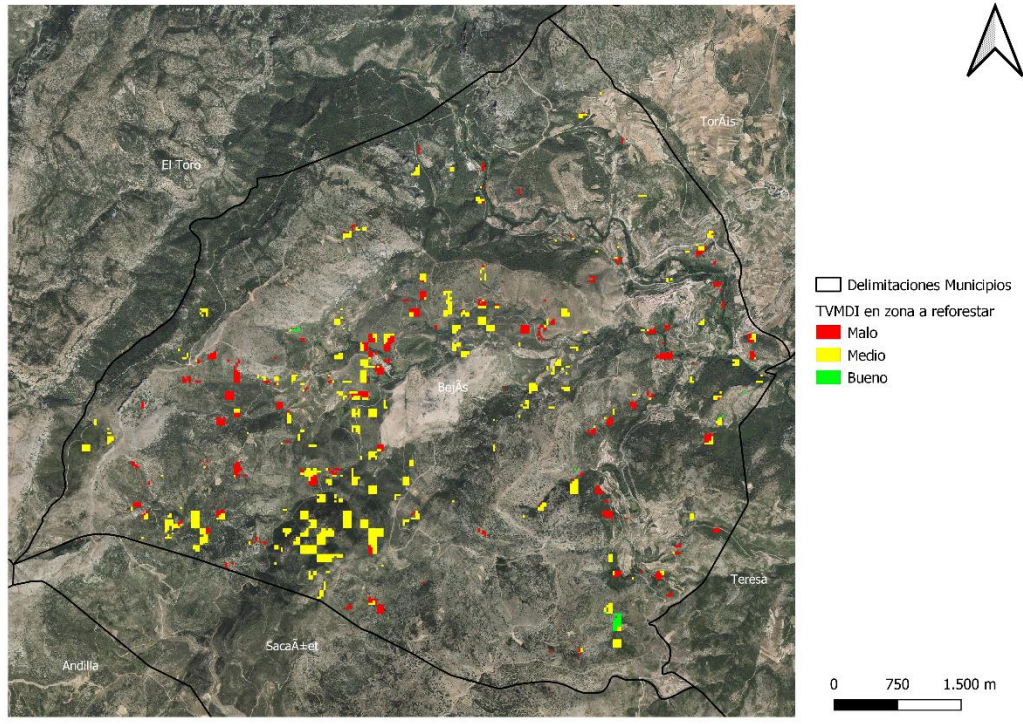


Plano 10: Distribución espacial de las zonas a reforestar. Fuente: Elaboración propia.

Ahora que hemos determinado las ubicaciones para la reforestación, el siguiente paso es evaluar las condiciones de estas áreas, particularmente su disponibilidad de agua. Para esto, hemos empleado la herramienta ECHYZON, que nos ha proporcionado los valores del índice de sequedad de temperatura-vegetación-humedad del suelo (TVMDI) en la región de estudio. En la plataforma de ECHYZON se han identificado tres clases o estados diferentes de sequedad según la disponibilidad de agua en el sistema.

En color amarillo en el plano 11 se muestran las áreas con una disponibilidad de agua media, donde se pueden implantar especies menos exigentes en cuanto a sus necesidades de agua. Por último, en color rojo se indican las zonas con menor disponibilidad hídrica, donde se recomienda plantar especies arbustivas y con mayor tolerancia a la sequía, como el *Juniperus phoenicea*, *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, entre otras.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.



Plano 11: Distribución y clasificación de la presencia de agua en las zonas a reforestar. Fuente: Elaboración propia

Al examinar este mapa y compararlo con la orientación de las laderas, se nota que las áreas con menor disponibilidad de agua tienden a estar orientadas hacia el sur, mientras que aquellas con mejores condiciones hídricas suelen estar orientadas hacia el norte. Esto se debe a que en las zonas del sur, donde la exposición al sol es mayor, hay una mayor evaporación del agua.

Con este conocimiento, seremos capaces de seleccionar las especies más adecuadas para plantar en cada área, considerando sus requerimientos hídricos. Detalles específicos sobre esta selección se proporcionarán en la sección 9.1.

9. Evaluación y fundamentación de la solución propuesta.

Después de un estudio exhaustivo de estos mediante información cartográfica y visitas de campo, se procede a examinar las diferentes opciones y a planificar las intervenciones.

Las tareas a planificar comprenden:

- Restauración de la cobertura vegetal o recuperación de la diversidad de especies florísticas.
- Desarrollo de infraestructura para la prevención de incendios forestales.
- Restauración y mejora de caminos existentes.
- Actuaciones frente a la erosión.

A continuación, se expondrá el análisis de las diversas opciones disponibles y se justificarán las alternativas seleccionadas para llevar a cabo estas tareas.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

9.1. Actuaciones de restauración de la cubierta vegetal o restablecimiento de la diversidad de especies florísticas.

Dentro de las opciones disponibles para restaurar la diversidad de especies vegetales que existían antes del incendio de 2022, se planea llevar a cabo la reforestación a través de la siembra manual de árboles. Esto se elige en lugar de la siembra por las siguientes razones, según lo señalado por Serrada, R (2000) en su libro "*Apuntes de Repoblaciones Forestales*", publicado por Editorial Fucovasa en Madrid:

- *La probabilidad de que los árboles se arraiguen con éxito es mucho mayor en el caso de la plantación en comparación con la siembra.*
- *Los efectos del clima tienen menos impacto en el arraigo de las plantas en la plantación en comparación con el porcentaje de germinación.*
- *El tiempo requerido para que las plantas crezcan es similar en la plantación y la siembra (equivalente a la edad de las plantas introducidas).*
- *Los costos asociados con el cuidado y mantenimiento son menores en la plantación.*

Los objetivos que se buscan lograr a través de las actividades de plantación incluyen:

- Restaurar la diversidad de especies vegetales que existían antes del incendio forestal de 2022.
- Aumentar la presencia de especies de árboles de hojas caducas y arbustos productores de frutos funcionales.
- Promover la dispersión natural de especies que actualmente tienen una representación limitada en la zona afectada por el incendio.
- Permitir que los árboles plantados se arraiguen con éxito sin ser superados por la vegetación que ha crecido de forma natural después del incendio.
- Incluir en la selección de las especies a plantar tanto aquellas que estaban presentes antes del incendio como aquellas que se encuentran en las cercanías del área afectada por el fuego.
- Manejo de la vegetación existente:

Dado el limitado crecimiento de la vegetación arbórea regenerada de forma natural, se planean realizar podas de realce y desbroces selectivos para estimular su desarrollo y optimizar el uso de los recursos disponibles.

- Preparación del terreno:

La preparación del terreno se llevará a cabo con maquinaria, utilizando una retroexcavadora de orugas para abrir hoyos de 50 a 60 centímetros de diámetro. La densidad de plantación será de 721 plantas por hectárea en un patrón de tresbolillo. Esta técnica implica la apertura de hoyos sin mover las capas del suelo y arrancando el estrato arbustivo en la superficie de los hoyos. Los hoyos tendrán un tamaño mínimo de 60x60x60 centímetros y se realizarán dos meses antes de la plantación.

- Densidad y patrón de plantación:

La densidad de plantación será de 721 árboles por hectárea en un patrón de tresbolillo. Esto busca mejorar la diversidad de especies en la superficie de actuación mientras se conserva la vegetación actual que se regenera de forma natural.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

- Proceso de plantación:

La plantación se realizará manualmente utilizando herramientas que permitan abrir los hoyos y colocar las plantas. El proceso de plantación incluirá la distribución de las plantas en envases y tubos protectores al lugar de plantación de forma manual. Se colocará el cepellón en el hoyo y se llenará con sustrato libre de piedras, dejando el cuello de la raíz al descubierto y compactando el sustrato. Luego, se construirá un rebalseta o alcorque manualmente alrededor de las plantas para mejorar la infiltración de las precipitaciones. Se colocarán los tubos protectores seleccionados de manera que emerjan 50 centímetros del suelo y se realizará el riego de establecimiento con una cisterna de 10.000 litros acoplada a un tractor. Cada planta recibirá un mínimo de 7 u 8 litros de agua.

- Reposición de árboles no viables:

Para garantizar el éxito de la repoblación a largo plazo, se planea una reposición de árboles no viables, con un límite máximo del 20% de las unidades proyectadas. El porcentaje de reposición podrá variar según factores climáticos y otras variables. Este proceso incluirá la preparación del terreno, la adquisición y distribución de las plantas necesarias, la plantación, la construcción de alcorques y el riego de establecimiento.

- Mantenimiento:

Los trabajos de mantenimiento incluirán riegos de socorro durante el verano, utilizando una cisterna de 10.000 litros acoplada a un tractor. Se realizarán dos riegos de socorro al año. Además, se retirarán manualmente todos los tubos protectores en el último año de la restauración.

- Elección de especies:

La elección de las especies es fundamental para asegurar el éxito de la repoblación. Por lo tanto, es importante tener en cuenta aspectos como la ubicación geográfica, el clima, el tipo de suelo y la composición litológica al tomar esta decisión.

Especie seleccionada	Representación (pies/ha)	Total
<i>Quercus ilex L.</i>	180	15542
<i>Quercus coccifera L.</i>	180	15542
<i>Pinus halepensis Mill.</i>	181	15628
<i>Juniperus oxycedrus L.</i>	180	15542
Total	721	62254

Tabla 12: Especies seleccionadas y representación. Fuente: Elaboración propia.

9.2. Infraestructura de defensa contra incendios forestales.

Recientemente, se han llevado a cabo trabajos en la zona de acción relacionados con la instalación de infraestructura destinada a la prevención y control de incendios forestales. Esto incluye la creación de franjas adicionales junto a las pistas y caminos forestales, así como la construcción de depósitos que forman parte del servicio de extinción y prevención de incendios de la Comunidad Valenciana.

A pesar de estos esfuerzos, la presencia y distribución de esta infraestructura en el área de estudio es actualmente mínima. Por esta razón, se planea establecer franjas adicionales en las áreas lineales de acción donde se consideren necesarias.

Estas franjas auxiliares cumplen un papel estratégico en la gestión de situaciones de emergencia causadas por incendios forestales. Además, se consideran puntos de referencia fundamentales para los equipos de intervención durante las labores de extinción de incendios terrestres. Además de estos roles, proporcionan otros beneficios, como garantizar la seguridad,

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

facilitar la planificación de evacuaciones para el personal involucrado en la restauración y para los usuarios del área circundante a la zona de estudio.

Siguiendo las directrices del Manual de Ingeniería de infraestructuras de Prevención de Incendios Forestales de la Generalitat Valenciana, publicado en 2015, se proyectan fajas auxiliares con una extensión de 10 metros a ambos lados de los caminos de acceso. Se prestará especial atención a la protección de especies que estén bajo alguna categoría de protección y a la susceptibilidad de ignición de la vegetación. Las especies a preservar incluyen el madroño (*Arbutus unedo L.*), las encinas (*Quercus ilex L.*), los enebros (*Juniperus oxycedrus L.*), y el majuelo (*Crataegus monogyna Jacq.*).

Se garantizará que las pistas y carreteras forestales, junto con sus cunetas, permanezcan libres de vegetación. Para lograrlo, se establecerá una franja de protección de 10 metros de ancho a ambos lados de la vía. Esta tarea involucrará la intervención tanto en el estrato arbustivo como en el estrato arbóreo.

Respecto al estrato arbustivo, se llevará a cabo una labor de desbroce energético y la eliminación o reducción del matorral, empleando tanto medios mecánicos como motodesbrozadoras.

Con respecto al estrato arbóreo, se garantizará que no cubra más del 20% de la superficie. Los árboles restantes serán podados hasta alcanzar 2/3 de su altura original o hasta un máximo de 3 metros.

Los restos vegetales serán eliminados de acuerdo con la pendiente del terreno y la accesibilidad. En el caso de elementos con diámetros que excedan la capacidad de los medios de trituración utilizados, se amontonarán junto a los fustes podados para su uso como leña comunitaria.

9.3. Actuaciones de restauración y adecuación de caminos.

Por último, se consideran intervenciones relacionadas con la restauración y mejora de las principales rutas de acceso a las áreas donde se llevarán a cabo las acciones planificadas, incluyendo su infraestructura correspondiente.

Estas acciones tienen como objetivo principal mejorar la accesibilidad a estas áreas de actuación y prevenir problemas relacionados con la erosión del suelo en los caminos y senderos principales. Al hacerlo, se busca garantizar la seguridad tanto del personal involucrado en las obras como del equipo de extinción y prevención de incendios, así como de otros usuarios y partes interesadas en la zona de estudio y sus alrededores.

Se descarta la opción de cambiar el orden de ejecución, ya que es necesario llevar a cabo el desbroce de las cunetas antes de proceder a la restauración y adecuación de los caminos mencionados. Esta secuencia permite un progreso más efectivo y facilita la maniobrabilidad de la maquinaria necesaria para los trabajos en los caminos.

Se instalarán los pasos de agua planificados de acuerdo con las unidades de trabajo especificadas. Cada uno de estos pasos tendrá una longitud de 4 metros y se colocarán embocaduras en la entrada y salida de cada uno. Estos pasos de agua se integrarán en la infraestructura existente para asegurar su funcionamiento adecuado. Esto se logrará abriendo y perfilando las cunetas necesarias de manera que dirijan correctamente el flujo de agua hacia los pasos de agua instalados.

La aplicación de material granular (grava 20/40) se llevará a cabo en los tramos más deteriorados y en aquellos donde su uso sea de mayor prioridad.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

9.4. Actuaciones frente a la erosión.

Estas medidas buscan detener el proceso de desgaste en las áreas designadas, permitiendo así la regeneración natural de la vegetación. El cronograma para implementar estas medidas en las distintas zonas de riesgo de erosión sigue lo establecido en la sección 8.2. Ambas acciones son especialmente beneficiosas en nuestras áreas prioritarias debido a las pendientes pronunciadas, donde estas estructuras son más efectivas.

- Acolchado

En las áreas afectadas por incendios forestales, se recomienda la aplicación de un recubrimiento post-incendio, conocido como acolchado, con el objetivo principal de minimizar la erosión del suelo mientras la vegetación se regenera para proteger el suelo adecuadamente (Rojo Serrano, 2013).

El acolchado, también denominado mulching, aumenta inicialmente la cobertura del suelo, lo que reduce el impacto directo de las gotas de lluvia y promueve la infiltración del agua, disminuyendo así el escurrimiento superficial. Además, protege las semillas, mejora la humedad del suelo y favorece un microclima propicio para el crecimiento de las plantas (Rojo Serrano, 2013).

El material utilizado para el acolchado puede variar, pero se aprovechan los restos forestales del incendio por su resistencia al viento y al agua. La trituración de estos restos reduce el combustible disponible para futuros incendios.

Los matorrales y la vegetación herbácea remanente se triturarán, mientras que los árboles muertos se talarán y triturarán después de eliminar las ramas. Parte de este material se reservará para usos futuros. La tala de árboles no solo reduce la erosión futura causada por su caída, sino que también disminuye el riesgo de plagas en los árboles restantes y enriquece el suelo con nutrientes y materia orgánica, favoreciendo la repoblación natural.

El mulch debe estar compuesto por una combinación de fragmentos de diferentes tamaños para maximizar su efectividad. Se recomienda aplicarlo con un grosor inferior a 2,5 cm para no obstaculizar la germinación de las semillas y distribuirlo manualmente en toda el área o en franjas siguiendo las líneas de nivel para evitar la erosión.

Se estima que se necesitarán entre 2,2 y 4,5 toneladas por hectárea de material para lograr una cobertura del suelo del 70-80% (Rojo Serrano, 2013). Es crucial llevar a cabo esta medida lo antes posible para evitar un mayor deterioro del suelo, respetando siempre la vegetación existente o en proceso de germinación.

El mantenimiento del mulch durante los primeros dos años es fundamental para asegurar una protección óptima del suelo, ya que con el tiempo, debido a la meteorización y la descomposición, el material se irá degradando, mientras que la vegetación quemada se recuperará, aumentando así su contribución a la cobertura del suelo.

Se sugiere considerar acciones complementarias para garantizar una reducción efectiva de la pérdida de suelo, especialmente en casos de fuertes lluvias y altos caudales.

- Barreras

Se proponen estructuras transversales que cumplen una función análoga al acolchado, actuando como pequeñas barreras para retener los sedimentos arrastrados por la escorrentía. Su objetivo primordial es mitigar los procesos de escorrentía y transporte de sedimentos, a la par que facilitan la infiltración del agua y ralentizan el flujo.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

La propuesta consiste en combinar barreras de troncos contra la erosión con fajinas, utilizando al máximo la madera quemada disponible. Se emplearán dos troncos superpuestos por barrera, colocados perpendicularmente a la línea de máxima pendiente y asegurados firmemente a estacas o bases de troncos talados. Es esencial rellenar el espacio entre la superficie del terreno y la barrera con tierra para mejorar su efectividad.

La capacidad de retención de sedimentos de estas estructuras está sujeta a diversos factores, como la pendiente, el diseño, tamaño y disposición de los troncos, así como su contacto con el suelo. Un diseño inapropiado puede concentrar la escorrentía y aumentar los daños. Por ello, es crucial distribuir estas estructuras de manera escalonada y situarlas en puntos críticos de erosión para complementar el efecto del acolchado. No obstante, es imperativo evitar la acumulación excesiva de estas estructuras en una misma área para prevenir riesgos de incendios futuros.

La efectividad de estas estructuras disminuirá con el tiempo a medida que se llenen de sedimentos, especialmente durante lluvias intensas y constantes. Por consiguiente, su instalación debe realizarse tan pronto como sea posible, dado que las primeras precipitaciones suelen ser las más erosivas.

10. Documentación y control audiovisual de las actuaciones.

Para evaluar los resultados de los trabajos de restauración, se deberá crear un registro documental que abarque todas las acciones planificadas en los rodales de actuación. Este registro se realizará antes de la implementación de los trabajos, durante su ejecución y después de haberlos completado.

Además, se mantendrá un registro de los rendimientos de todas las tareas realizadas a lo largo del período de ejecución de la restauración.

11. Seguridad y salud.

Conforme al Real Decreto 1627/1997 de fecha 24 de octubre, que establece las medidas mínimas de seguridad y salud en obras de construcción (publicado en el BOE número 256, del 25/10/1997), y en virtud del artículo 4 de dicho decreto, es necesario elaborar y garantizar la implementación de un Estudio de Seguridad y Salud. Este Estudio de Seguridad y Salud se encuentra detallado en el Anexo número 10 de la Memoria.

12. Impacto ambiental.

Esta propuesta se ajusta a la categoría 1.c en el Anexo de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental (publicada en el BOE número 87, del 12 de abril de 1989), que se refiere a proyectos sometidos a Evaluación de Impacto Ambiental. A pesar de esto, de acuerdo con el Decreto 162/1990 del Consell de la Generalitat Valenciana, de fecha 15 de octubre, que aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de Impacto Ambiental, se excluye la necesidad de un estudio de impacto ambiental para esta propuesta por las siguientes razones:

- La modificación del Anexo I de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, excluye las intervenciones en suelos y vegetación que no tengan un impacto negativo a medio y largo plazo o no estén relacionadas con la conservación y mejora de estos recursos.
- Además, la propuesta no involucra actividades descritas en el Anexo II del Decreto 162/1990, de 15 de octubre, que detalla las actividades sujetas a la evaluación de impacto ambiental.

Por lo tanto, dado que esta propuesta se enfoca en llevar a cabo acciones para restaurar áreas afectadas por el incendio de 2022, con el objetivo de restablecer el estado de conservación previo

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

al incendio y contribuir a su conservación y mejora a largo plazo, se concluye que no es necesario llevar a cabo un estudio de impacto ambiental.

13. Plan de obra.

Una vez que se han definido las acciones de restauración para los rodales de actuación, se procede a analizar los recursos humanos y los medios necesarios para llevar a cabo estas tareas. Además, se establece una planificación aproximada de cómo se llevarán a cabo a lo largo del período de ejecución de la restauración.

Esta planificación se desarrolla siguiendo las pautas técnicas específicas que deben cumplirse tanto en términos técnicos como en consideraciones relacionadas con la programación de la obra.

Es importante señalar que esta planificación es orientativa y no se requiere una adherencia estricta a las fechas de inicio y finalización de cada actuación. Sin embargo, es obligatorio cumplir con las condiciones de ejecución generales y específicas para cada una de ellas.

Tarea:	Duración:	Fecha de inicio:	Fecha de fin:
1. Acolchado (mulching)	7 días	02/09/2024	10/09/2024
2. Barreras	4 días	11/09/2024	16/09/2024
3. Señalización y replanteo	7 días	17/09/2024	25/09/2024
4. Ahoyado repoblación	19 días	26/09/2024	22/10/2024
5. Repoblación	4 días	23/10/2024	28/10/2024
6. Fajas auxiliares	20 días	29/10/2024	26/11/2024
7. Arreglo de caminos	7 días	27/11/2024	05/12/2024
8. Riego de socorro 1	4 días	09/12/2024	12/12/2024
9. Ahoyado reposición de marras	6 días	13/12/2024	20/12/2024
10. Reposición de marras	4 días	23/12/2024	27/12/2024
11. Riego de socorro 2	4 días	30/12/2024	03/01/2025
12. Retirada tubos protectores	4 días	07/01/2025	10/01/2025

Tabla 13: Plan de obra. Fuente: Elaboración propia.

14. Plazo de ejecución.

El período total de ejecución de la obra abarca un lapso de 4 meses y 8 días, e incluye tanto la realización de las labores de restauración como las tareas de mantenimiento de la repoblación. Este período de tiempo será interrumpido durante los meses estivales, en los cuales no se llevarán a cabo ningún tipo de actuaciones o trabajos.

15. Plazo de garantía.

La obra estará garantizada durante un período de dos años a partir de la finalización de la fase de ejecución.

16. Declaración de la obra completa.

De acuerdo con el Artículo 13.3 de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, que incorpora a la legislación española las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se considera que esta obra constituye una entidad única y completa, sin necesidad de ser dividida en lotes, ya que puede ser utilizada por el público en general y no tiene componentes que puedan funcionar de manera independiente.

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

17. Definición económica.

Asciende el Presupuesto a la cantidad de **DOCE MIL SETECIENTOS CUARENTA Y NUEVE con VEINTIUN EUROS (12.749,21 €) por HECTAREA**, siendo un total de **UN MILLÓN CIEN MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y SIETE con TREINTA Y UN EUROS (1.100.857,31 €)**.

Valencia, a abril de 2024

El ingeniero forestal redactor de la propuesta:

Fdo. Eduard Mocholí Belenguer

Propuesta de restauración forestal de precisión de la zona incendiada de Bejís.

18. Bibliografía.

- BADE_Tool. (n.d.). <https://javierrieju.users.earthengine.app/view/re-forest-fire>
- re-forest-zoning. (n.d.). <https://javierrieju.users.earthengine.app/view/re-forest-zoning>
- Estadística incendios forestales.* (n.d.). Ministerio Para La Transición Ecológica Y El Reto Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/estadisticas-incendios.html>
- Grandes Incendios Forestales en España durante 2022.* (n.d.). <https://almazcara.forestry.es/p/gif2022.html#49>
- Álvarez, C., Medina, M. Á., Clemente, Y., Pires, L. S., Álvarez, C., Medina, M. Á., Clemente, Y., & Pires, L. S. (2022, July 2). Los peores incendios forestales de España: cómo se están intensificando los monstruos de fuego. *El País*. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-07-02/los-peores-incendios-forestales-de-espana-como-se-estan-intensificando-los-monstruos-de-fuego.html>
- Índice Normalizado de Área Quemada (NBR) | UN-SPIDER Knowledge Portal.* (n.d.). <https://un-spider.org/es/node/10959>
- De Información Geográfica, O. a. C. N. (n.d.). *Centro de Descargas del CNIG (IGN).* Centro De Descargas Del CNIG. <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>
- Visor cartogràfic de la Generalitat.* (n.d.). <https://visor.gva.es/visor/>
- PostFire. Cartografía Comunidad Valenciana.* (n.d.). <https://postfire.es/map.php>
- Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para Viver.* (n.d.). Meteoblue. https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/viver_espa%c3%b1a_2509420
- Montes gestionados por la Generalitat - Medio Natural - Generalitat Valenciana.* (n.d.). Medio Natural. <https://mediambient.gva.es/es/web/medio-natural/montes-gestionados-por-la-generalitat>
- Map Viewer.* (n.d.). <https://www.arcgis.com/apps/mapviewer/index.html?webmap=8ddde2b43b364813afbaa256ef3222cd>
- Mapa Geomorfológico de España y del Margen Continental a escala 1:1.000.000.* (n.d.). <https://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/mapa.aspx?parent=../tematica/tematicossingular.es.aspx&Id=18>
- Alloza , J., Santana , V., & Vallejo , V. (2022). Recuperado de https://postfire.es/informes/impacto/bejis_2022.pdf
- Tarifas. Importe de obras, trabajos y proyectos.* (n.d.). <https://www.tragsa.es/es/grupo-tragsa/regimen-juridico/tarifas/Paginas/default.aspx>