



BIOFORIN



C6.

Comunicación, difusión y sensibilización

RC6.4

Guía del modelo de gestión bioregional

C6.3.

Elaboración de una guía de modelo de gestión bioregional:

Guía práctica para la valorización sostenible de recursos forestales

31/07/2025

www.bioforin.com



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

BioForin cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

Contenido

1	Introducción y objetivos de la guía	4
2	¿Qué es BIOFORIN?	6
2.1	Objetivos del proyecto	7
2.2	Entidades implicadas	7
2.3	Beneficios clave	8
2.4	Esquema general de todos los pasos	8
3	Preparación y gobernanza	9
3.1	La Mesa de gobernanza del Bioforin	9
4	Ciencia y sostenibilidad	11
4.1	Evaluación del potencial de biomasa y definición de estrategias de gestión forestal adaptativa	11
5	Gestión forestal innovadora	14
5.1	Delimitación de unas 350 hectáreas para tratamientos silvícolas	14
5.2	Monitoreo de los servicios ecosistémicos	15
5.3	Desarrollo de una aplicación de gestión forestal	15
6	Centro de biorecursos	17
6.1	Diseño de centros logísticos forestales	17
6.2	Adecuación del espacio para la transformación	18
6.3	Validación de la viabilidad económica	18
7	Tecnologías de valorización	20
7.1	Gasificación	20
7.2	Co-digestión anaerobia (mezcla de biomasa forestal con residuos urbanos)	21
8	Aplicaciones del biochar	22
9	Formación de capaces forestales	24
10	Educación ambiental	25
11	Explotación y replicación del proyecto	26
12	Conclusión	27

1.

Introducción y objetivos de la guía

Una guía del modelo de gestión bioregional tiene como propósito principal orientar la planificación, administración y desarrollo sostenible de un territorio definido por sus características ecológicas, culturales y socioeconómicas.

La presente guía pretende servir de instrumento para la planificación, implementación y seguimiento de procesos de gestión territorial con enfoque bioregional, poniendo de ejemplo BIOFORIN, un proyecto estratégico cuyo objetivo es establecer un modelo de gestión bioregional de los recursos forestales.

Esta gestión está orientada a impulsar la bioeconomía regional y fortalecer la resiliencia climática mediante la investigación y el desarrollo de nuevos bioproductos de alto valor añadido. De este modo, se promueve una economía más sostenible y eficiente, basada en recursos biológicos y naturales. El proyecto aspira a contribuir a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y avanzar hacia la descarbonización de la economía, en línea con los objetivos globales de sostenibilidad.

Una de las acciones clave del proyecto es la elaboración de esta guía. El documento recoge los pasos necesarios para implementar con éxito un modelo que integre a todos los actores y contemple diferentes aplicaciones para la valorización de la biomasa. Su objetivo es facilitar la replicación del proyecto en otras regiones. En resumen, este documento está diseñado para apoyar la expansión del modelo de gestión de BIOFORIN y facilitar su adaptación en diferentes contextos territoriales.

OBJETIVOS:

- 1 Establecer un marco común para el diseño e implementación de un modelo de gestión bioregional que integre a todos los actores clave del territorio: administraciones públicas, empresas, organizaciones sociales, centros de investigación y otros agentes relevantes.
- 2 Promover una gobernanza participativa mediante mecanismos de diálogo, coordinación y toma de decisiones conjuntas entre los distintos sectores implicados.
- 3 Impulsar el desarrollo sostenible del territorio y proporcionar herramientas que permitan a los actores locales gestionarlo de manera autónoma, eficaz y adaptada a sus necesidades.
- 4 Contribuir a la transición hacia una bioeconomía regional resiliente, baja en carbono y basada en principios de economía circular.
- 5 Definir indicadores para el seguimiento y la evaluación del modelo de gestión, que permitan medir su impacto y orientar mejoras continuas.
- 6 Visibilizar los principales beneficios económicos, sociales y medioambientales derivados de la implementación del modelo de gestión bioregional.
- 7 Facilitar la replicación y adaptación del proyecto BIOFORIN en otras regiones.
- 8 Fomentar la participación activa, coordinada y equitativa de todos los actores territoriales.
- 9 Impulsar la innovación y la transferencia de conocimiento en torno al aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, con especial énfasis en los recursos forestales.
- 10 Sensibilizar a la ciudadanía sobre la importancia de conservar y preservar su entorno natural.

2. ¿Qué es BIOFORIN?

BIOFORIN es un proyecto que impulsa la bioeconomía regional y la resiliencia climática mediante la investigación y el desarrollo de nuevas aplicaciones de valor añadido. Reúne a **cinco organizaciones** que conforman un equipo multidisciplinar con amplia **experiencia en el ámbito forestal, la gestión de residuos y la innovación tecnológica**.

Entre los socios se encuentran la Asociación de Propietarios Forestales del Montnegre-Corredor y la Federació Catalana de Associacions Forestals (BOSCAT), que aportan su conocimiento en la gestión sostenible de los bosques. En el ámbito de los residuos, participan el Consorcio para la Gestión de Residuos del Vallès Oriental y el Consorcio para el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos del Maresme, responsables del tratamiento final de estos recursos. La parte tecnológica y de investigación está liderada por el centro tecnológico Eurecat.

BIOFORIN articula una **mesa de gobernanza** que integra a centros de investigación, propietarios forestales, empresas y entidades, con el objetivo de diseñar e implementar modelos de gestión forestal adaptativa y desarrollar una bioeconomía circular en zonas mediterráneas. Esta colaboración transversal permite aprovechar el conocimiento técnico, la experiencia del territorio y la innovación científica para poner en marcha soluciones eficientes y sostenibles.

El proyecto abarca **toda la cadena de valor**, desde los propietarios forestales hasta los usuarios finales, con el fin de promover un modelo de gestión forestal sostenible y orientado al uso industrial. Una de sus principales líneas de acción es fomentar el uso de la **biomasa forestal** —especialmente con fines térmicos— como vía para recuperar el aprovechamiento de los bosques, contribuir a su mantenimiento y generar nuevas oportunidades en forma de bioproductos y aplicaciones innovadoras, sentando las bases de una bioeconomía industrializada a escala regional.

El abandono progresivo de los bosques mediterráneos en las últimas décadas, junto con los efectos del cambio climático (sequías, plagas e incendios), ha incrementado su vulnerabilidad y amenaza la provisión de valiosos servicios ecosistémicos, especialmente en áreas cercanas a Barcelona, donde la población se enfrenta a un riesgo creciente de incendios de alta intensidad.

Por ello, el proyecto también busca sensibilizar a la ciudadanía sobre la importancia de avanzar hacia una **bioeconomía forestal** que genere bienestar social, refuerce el vínculo con el territorio y contribuya a su sostenibilidad a largo plazo.

BIOFORIN cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU. Este respaldo permite reforzar las acciones de investigación e innovación necesarias para avanzar hacia un modelo productivo más verde y resiliente.

2.1 Objetivos del proyecto

Objetivo general

- Desarrollar una estrategia de gestión bioregional sostenible de los recursos forestales para su uso industrial, que contribuya a la generación de productos y aplicaciones de alto valor añadido.

Objetivos específicos

- Fomentar el aprovechamiento sostenible de los bosques a escala regional, aplicando criterios de resiliencia climática.
- Desarrollar un modelo de gestión bioregional que permita la movilización inicial de biomasa forestal y su valorización en aplicaciones y bioproductos de alto valor añadido.
- Promover la formación y cualificación de nuevos perfiles profesionales vinculados a la estrategia de bioeconomía.
- Sensibilizar a la ciudadanía de la región para impulsar la bioeconomía forestal.

2.2 Entidades implicadas

BIOFORIN está impulsado por una alianza de entidades comprometidas con el territorio y la gestión forestal sostenible. Cada uno de estos actores aporta experiencia y recursos, colaborando para hacer posible una economía local más sostenible y preparada para los retos del futuro:

- Clúster de Bioenergía de Catalunya (CBC). El CBC gestiona y coordina el proyecto. Se encarga de su comunicación y difusión con el objetivo de lograr el máximo impacto posible, fomentando tanto la sensibilización como la futura implementación, explotación de los resultados y replicación en otros territorios.
- Eurecat. El Centro Tecnológico de Catalunya participa en el estudio del rendimiento energético y de los gases generados en la combustión directa de biomasa forestal, así como en la producción de los productos obtenidos a partir de procesos termoquímicos y su posterior validación para su uso en el tratamiento del aire, los suelos y las aguas. Asimismo, elabora estudios de impacto y análisis de viabilidad técnica de la digestión anaerobia y de los procesos termoquímicos (pirólisis, gasificación, etc.) para la valorización de la biomasa forestal.
- BOSCAT. La Federació Catalana d'Associacions de Propietaris/es Forestals- BOSCAT colabora en el desarrollo de un plan de formación específico para personal capataz, con módulos formativos adaptados a las necesidades actuales del sector.
- Asociación de Propietarios del Montnegre y el Corredor. Esta asociación participa en la implementación de una gestión forestal innovadora y en el desarrollo de un Plan de Aprovechamiento Forestal sostenible y resiliente frente a los impactos del cambio climático.
- Consorcio para la Gestión de los Residuos del Vallès Oriental. El consorcio interviene en la aplicación de procesos industriales de la biomasa y en la creación de un modelo de estrategia bioregional de bioeconomía industrial.
- Consorcio para el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos del Maresme. Maresme Circular participa también en la aplicación de procesos industriales de la biomasa y en el desarrollo de un modelo de estrategia bioregional de bioeconomía industrial.

2.3 Beneficios clave

BIOFORIN genera un impacto positivo en múltiples ámbitos del territorio gracias a una gestión forestal sostenible y una apuesta decidida por la bioeconomía. Sus beneficios clave se agrupan en tres grandes áreas:

Beneficios medioambientales

- Adaptación al cambio climático: mediante una gestión resiliente de los recursos forestales, se fortalece la capacidad del territorio para afrontar los efectos del calentamiento global.
- Reducción del riesgo de incendios: el aprovechamiento sostenible de la biomasa contribuye a disminuir la carga combustible en los bosques.
- Conservación de la biodiversidad: una gestión equilibrada favorece los ecosistemas forestales y protege la riqueza natural del entorno.

Beneficios sociales

- Creación de empleo en entornos rurales: el proyecto dinamiza el territorio mediante nuevas oportunidades laborales vinculadas a la gestión forestal y la bioindustria.
- Formación profesional: se impulsan programas de capacitación adaptados a los perfiles demandados por la nueva economía verde.
- Sensibilización ciudadana: se promueven acciones de divulgación y educación ambiental para implicar a la ciudadanía en la transición ecológica.

Beneficios económicos

- Impulso de nuevos mercados: se fomenta el desarrollo de productos innovadores y sostenibles como la bioenergía, el biochar o materiales derivados de procesos forestales.
- Valor añadido al territorio: la transformación de recursos locales en bioproductos posiciona la región como referente en bioeconomía.
- Descarbonización industrial: el uso de biomasa como recurso renovable contribuye a una economía más limpia y circular.

2.4 Esquema general de todos los pasos



3. Preparación y gobernanza

Objetivo

Establecer una red colaborativa de actores clave. Este objetivo busca identificar, conectar y fortalecer vínculos entre los distintos actores relevantes en el ámbito del proyecto BIOFORIN.

Pasos a seguir

Para la correcta ejecución del proyecto, era fundamental establecer una red colaborativa con los principales agentes del territorio implicados en la gestión forestal y la valorización de la biomasa.

El primer paso consistió en identificar a los actores clave del territorio. Esta selección debía incluir entidades de distinta naturaleza y titularidad, tanto públicas como privadas: asociaciones, administraciones, centros tecnológicos o científicos, empresas, entre otros. En el marco del proyecto BIOFORIN, se identificaron un total de 38 agentes clave.

Una vez seleccionados, se concertaron entrevistas individuales con el objetivo de presentarles el proyecto, recoger su punto de vista, conocer su predisposición a colaborar y su disponibilidad para formar parte de la futura Mesa de Gobernanza.

Además, se organizó una jornada formal de presentación del proyecto, en la que se detallaron las acciones previstas y se fomentó la participación activa de los asistentes. Durante esta sesión, se llevó a cabo un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), que permitió identificar los principales retos y potencialidades del proyecto.

Con la información recabada en las entrevistas y la jornada participativa, se seleccionaron 10 agentes para integrar la Mesa de Gobernanza del proyecto.

3.1 La Mesa de gobernanza del Bioforin

El 17 de septiembre de 2024 se constituye oficialmente la Mesa de Gobernanza del proyecto BIOFORIN en la sede del Clúster de Bioenergía de Cataluña. Esta Mesa está integrada por representantes tanto del sector público como del privado.

Por parte de la administración pública, forman parte:

- Dirección General de Gestión del Medio de la Generalitat de Cataluña
- Oficina de Prevención Municipal de Incendios Forestales de la Diputación de Barcelona
- Agencia de Residuos de Cataluña
- Consorcio para la Gestión de los Residuos del Vallès Occidental
- Instituto Catalán de Energía
- Centro de la Propiedad Forestal

En cuanto al tejido social y económico, participan:

- Consorcio Forestal de Cataluña
- Asociación de Propietarios Forestales de la Serralada Litoral Central
- Hub de Bioeconomía de Cataluña
- Fundación Fórum Ambiental
- Comisiones de Biomasa y Biogás del Clúster de Bioenergía de Cataluña
- Simbiosy

La Mesa también cuenta con la participación del Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC) y del Grupo de Investigación en Compostaje de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). En la sesión de constitución participaron además el Consorcio para la Gestión de los Residuos del Vallès Oriental y el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).



■ Constitución de la Mesa de Gobernanza del proyecto BIOFORIN



■ La Mesa celebró una sesión para abordar los grandes retos del sector forestal

4. Ciencia y sostenibilidad

Objetivo

Evaluar el potencial de biomasa y diseñar modelos de gestión resilientes.

Pasos a seguir

- Inventariar biomasa con tecnología LIDAR, una tecnología que proporciona datos tridimensionales precisos sobre la estructura forestal.
- Definir estrategias de silvicultura adaptativa.
- Elaborar un roadmap de bioproductos.

4.1 Evaluación del potencial de biomasa y definición de estrategias de gestión forestal adaptativa

Una de las acciones del proyecto BIOFORIN tiene como objetivo evaluar con precisión el potencial de biomasa disponible en el territorio y definir estrategias de gestión forestal adaptativa que contribuyan a la resiliencia de los bosques mediterráneos frente al cambio climático

La biomasa forestal es un recurso renovable con múltiples aplicaciones (energía, compostaje, bioproductos) y constituye una herramienta clave para reducir el riesgo de incendios y mejorar la salud de los ecosistemas. Sin embargo, su aprovechamiento sostenible exige conocer con exactitud cuánta biomasa se genera, dónde se localiza y en qué condiciones puede extraerse sin comprometer la biodiversidad ni las funciones ecológicas del bosque.

Pasos para la evaluación

1. Inventario de biomasa con tecnología LIDAR

El primer paso ha sido realizar un inventario detallado del potencial de biomasa en las zonas forestales del territorio. Para ello, se ha utilizado tecnología de última generación como el sistema LIDAR (Light Detection and Ranging), que permite generar modelos 3D del bosque mediante sensores láser aerotransportados.

Gracias a esta tecnología, se han obtenido datos muy precisos sobre la estructura de las masas forestales (alturas, diámetros, densidades), lo que ha permitido estimar de forma fiable el volumen de biomasa disponible por hectárea y por año.

En concreto, se han empleado los Mapas de Variables Biofísicas del Arbolado de Cataluña (MVBA v1.1, 2016-2017), elaborados por el ICGC y el CREA, que integran datos LIDAR con el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya y datos de inventarios forestales. Esta cartografía, con una resolución de 20 metros, ofrece variables clave como la biomasa aérea total, la densidad de árboles, el volumen con corteza o el área basal.

Su aplicación al ámbito del Montnegre y el Corredor ha permitido delimitar zonas con mayor densidad y biomasa, y establecer prioridades de gestión. Esta herramienta resulta especialmente útil para detectar áreas de alto riesgo de incendios, identificar oportunidades de aprovechamiento sostenible o planificar actuaciones según objetivos de conservación o producción. Aunque aún presenta retos de ajuste a escala local, especialmente en bosques mixtos, representa una base sólida y replicable para la planificación forestal moderna.

Según los análisis realizados, se estima que el potencial de biomasa disponible en los bosques del ámbito metropolitano de Barcelona podría alcanzar las 538 toneladas anuales, una cifra significativa que permite dimensionar las oportunidades reales de aprovechamiento sostenible y planificación logística.

El uso de la tecnología LIDAR supone un cambio de paradigma en la gestión forestal, al proporcionar información objetiva, de alta resolución y a gran escala, superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

2. Definición de estrategias de silvicultura adaptativa

Una vez evaluado el potencial de biomasa, el siguiente paso ha sido diseñar estrategias de gestión forestal adaptativa orientadas a maximizar la resiliencia ecológica del territorio. Para ello, se han desarrollado modelos silvícolas ajustados a las características específicas de cada zona, teniendo en cuenta factores clave como la composición de especies, la estructura del bosque y el riesgo de incendios.

Los tratamientos silvícolas propuestos responden a las condiciones locales del ecosistema, los impactos esperados del cambio climático y los objetivos de conservación. En este marco, se han definido los principios básicos de la silvicultura adaptativa y se han elaborado una serie de recomendaciones generales para reforzar la resistencia y resiliencia de las masas forestales ante perturbaciones como la sequía, las plagas o los incendios de alta intensidad.

Se han descrito y validado dos modelos de gestión adaptativa aplicables a las formaciones forestales predominantes en la zona piloto:

- Uno para encinares mixtos
- Otro para pinares mixtos dominados por pino piñonero
- Principales estrategias contempladas:
 - Claras selectivas y aclareos de mejora: reducción de la competencia entre árboles dominantes y codominantes, seleccionando individuos vigorosos y bien conformados para mejorar la estabilidad estructural y reducir la carga de combustible.
 - Desbroce selectivo del sotobosque: disminución de la competencia arbustiva sobre la regeneración natural, fomento de especies valiosas para la biodiversidad y mejora de la seguridad frente a incendios y estrés hídrico.
 - Fomento de bosques mixtos y estructuralmente diversos: mayor resistencia frente a plagas, sequías e incendios.
 - Regeneración natural dirigida: priorización de especies autóctonas mejor adaptadas a las condiciones climáticas futuras.
 - Reducción de la continuidad vertical del combustible: fundamental para prevenir incendios de copa de alta intensidad.

Además, se ha adoptado un enfoque multifuncional del bosque, promoviendo prácticas que compatibilicen la producción sostenible de biomasa con otros servicios ecosistémicos, como la conservación de la biodiversidad, la protección del suelo y la regulación hídrica.

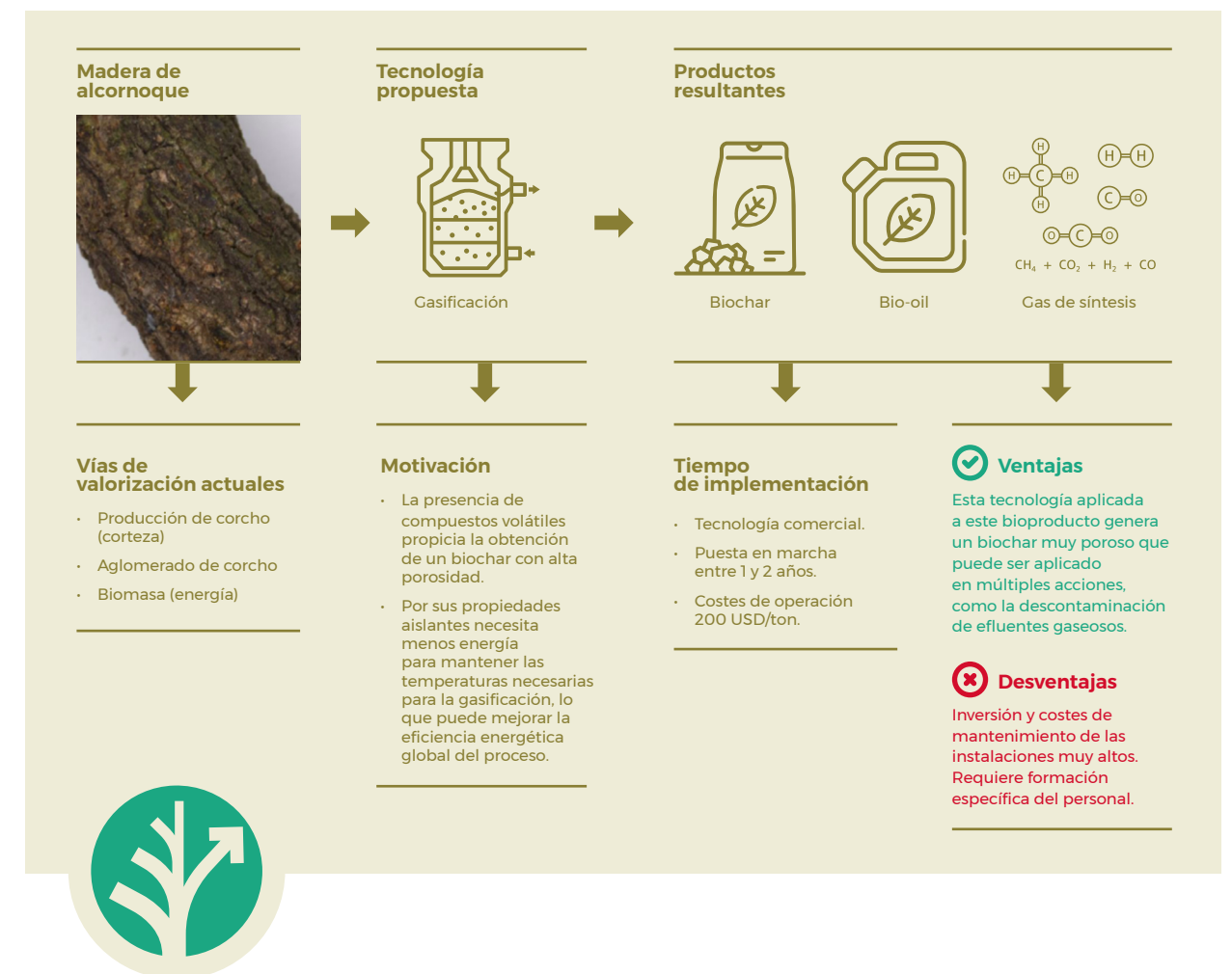
Esta acción sienta las bases para el desarrollo de modelos de gestión resilientes, escalables y replicables en otros territorios mediterráneos que enfrentan desafíos similares, contribuyendo así a

una transición hacia un uso más inteligente, sostenible y adaptativo de los recursos forestales.

3. Elaboarar un roadmap de bioproductos

Tras la completa caracterización de los productos que BIOFORIN busca valorizar, una de las acciones del proyecto propone una serie de tecnologías con potencial para ser aplicadas a las diferentes fracciones identificadas. Estas tecnologías permiten obtener productos finales de alto valor, ya sea por su funcionalidad como material o por su potencial energético. Las tecnologías consideradas son:

- Tecnologías físicas: trituración, tamizado, prensado, peletización y secado.
- Tecnologías termoquímicas: combustión, gasificación y pirólisis.
- Tecnologías químicas: hidrólisis ácida, alcalina y enzimática; extracción; transesterificación; uso de disolventes orgánicos; producción de ceras.
- Tecnologías biológicas: digestión anaerobia, compostaje, tratamiento mecánico-biológico, fermentación en estado sólido, fermentación oscura, fermentación ácida y fermentación alcohólica.



5. Gestión forestal innovadora

Objetivo

Una de las acciones del proyecto BIOFORIN tiene como objetivo mejorar la **resiliencia** ecológica y la funcionalidad productiva de los bosques mediterráneos a través de una **gestión forestal activa** y **sostenible**. Esta intervención se centra en el área piloto del **Montnegre y el Corredor**, una zona estratégica por su alto valor ecológico, su proximidad a núcleos urbanos y su potencial como recurso clave para el desarrollo de una bioeconomía local.

La acción parte del diagnóstico de que los bosques mediterráneos han sufrido, durante décadas, los efectos del abandono de la gestión, la fragmentación del territorio y el impacto creciente del cambio climático. Como consecuencia, muchos de estos sistemas forestales presentan hoy altos niveles de vulnerabilidad: acumulación excesiva de biomasa, pérdida de biodiversidad y un riesgo cada vez mayor de incendios de gran intensidad. Una **gestión forestal planificada** permite revertir esta situación, recuperando funciones ecosistémicas esenciales —como la regulación hídrica, la conservación del suelo o la protección de la biodiversidad—, al tiempo que genera oportunidades económicas vinculadas al aprovechamiento sostenible de la biomasa.

Pasos a seguir

- Delimitación de unas 350 hectáreas para tratamientos silvícolas
- Monitoreo de los servicios ecosistémicos
- Desarrollo de una aplicación de gestión forestal

5.1 Delimitación de unas 350 hectáreas para tratamientos silvícolas

Se ha llevado a cabo la identificación, delimitación y caracterización de una superficie aproximada de 350 hectáreas en la zona del **Montnegre y el Corredor**, destinadas a la implementación de tratamientos silvícolas. Estos espacios, distribuidos en varias fincas incluidas en la planificación anual del Montnegre, están compuestos principalmente por bosques mixtos de encina y alcornoque, pinares de pino piñonero y, en algunos casos, de pino blanco. En estas áreas, previamente cartografiadas y diagnosticadas, se han realizado diversas actuaciones de **gestión forestal adaptativa**, como desbroces selectivos, selección de brotes y clareos de mejora, entre otros trabajos contemplados en acciones anteriores.

Para la realización de los desbroces selectivos, en algunas intervenciones se ha utilizado maquinaria especializada, concretamente **desbrozadoras de oruga con control remoto**. La incorporación de esta tecnología representa un avance significativo en la mecanización de las labores forestales, tradicionalmente realizadas de forma manual. El uso de **maquinaria teledirigida** persigue varios objetivos:

- Mejorar la seguridad laboral, reduciendo el riesgo de accidentes en zonas de difícil acceso, con fuerte pendiente o alta densidad de matorral.
- Optimizar el rendimiento y la eficiencia de los trabajos, que manualmente resultan costosos y poco productivos.
- Favorecer una mejor integración de los restos vegetales en el suelo, mejorando su descomposición y reduciendo la continuidad vertical del combustible vegetal.

Durante las intervenciones se han probado diferentes modelos de desbrozadoras, con distintas potencias, correspondientes a las dos principales marcas del mercado. El objetivo ha sido evaluar cuál se adapta mejor a las condiciones propias del territorio y a los criterios de desbroce selectivo definidos por el proyecto. Como resultado de las jornadas de campo, se espera analizar el rendimiento operativo de estas máquinas y determinar si su eficacia supera a la de los métodos convencionales.

5.2 Monitoreo de los servicios ecosistémicos

Antes de iniciar los trabajos forestales, se han realizado **inventarios** en distintas parcelas distribuidas a lo largo de las 350 hectáreas seleccionadas. Estos inventarios, que se repetirán posteriormente, permitirán evaluar el impacto real de las actuaciones sobre el estado del bosque.

El objetivo principal es garantizar que las intervenciones silvícolas no solo no perjudiquen, sino que contribuyan activamente a mejorar los servicios ecosistémicos que proporciona el bosque. Para ello, se utilizará un sistema de seguimiento basado en indicadores ambientales clave que permitan medir y comparar la evolución del ecosistema a lo largo del tiempo.

Los principales **servicios ecosistémicos** que se evaluarán son:

- Provisión de biomasa como recurso renovable.
- Captación de carbono (capacidad de almacenamiento por hectárea y año).
- Mejora del balance hídrico del ecosistema.
- Protección del suelo frente a la erosión.
- Reducción del riesgo de incendios forestales.
- Estado sanitario del bosque (presencia de plagas, vigor del arbolado).
- Capacidad de acogida para la biodiversidad (hábitats, especies indicadoras).

Los **pasos** básicos seguidos para realizar los **inventarios** han sido:

- Delimitación de parcelas permanentes para su seguimiento a largo plazo.
- Medición de variables forestales (diámetro, altura, densidad, especies, estado).
- Estimación de biomasa y carbono mediante fórmulas alométricas.
- Evaluación del suelo y del agua (infiltración, cobertura vegetal, signos de erosión).
- Observación de la biodiversidad.
- Análisis del riesgo de incendios: carga de combustible y continuidad de la masa forestal.

Este **monitoreo continuo** permitirá ajustar los tratamientos de manera adaptativa, en función de la respuesta del ecosistema, y comunicar de forma clara y cuantificada los beneficios ambientales obtenidos.

5.3 Desarrollo de una aplicación de gestión forestal

Se ha diseñado una aplicación digital específica para facilitar la **trazabilidad** del recurso forestal, desde la ejecución de los trabajos en el bosque hasta su aprovechamiento final. Esta herramienta tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la transparencia y el control en tiempo real de toda la cadena de valor.

La aplicación permitirá:

- Supervisar en tiempo real la ejecución de los trabajos forestales mediante un portal web con acceso a internet.
- Disponer de información actualizada sobre el desarrollo de las tareas y posibles incidencias.
- Calcular rendimientos y costes operativos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones.
- Garantizar la calidad del servicio al propietario forestal y el cumplimiento de los planes de gestión.
- Mejorar la seguridad y la salud laboral, permitiendo el seguimiento remoto y una comunicación ágil entre los equipos.

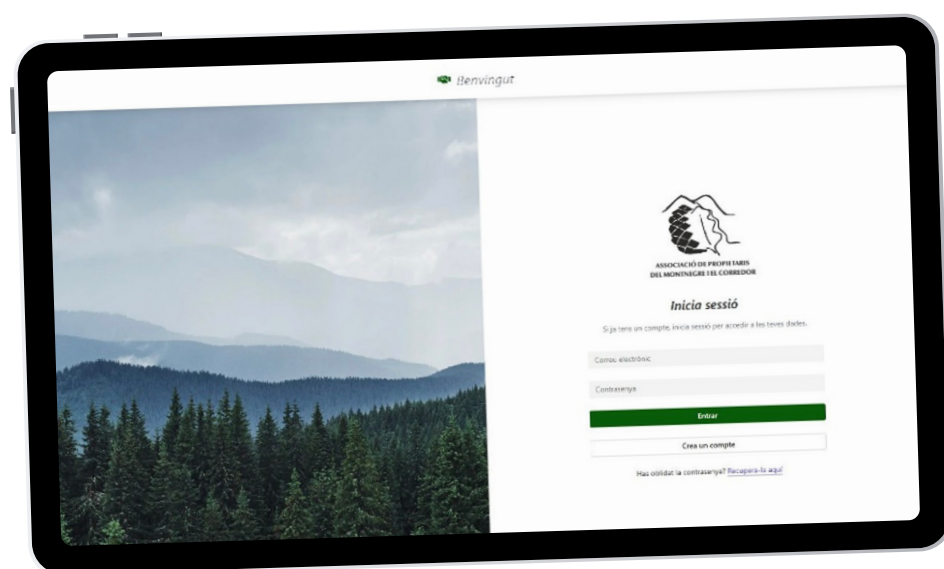
La herramienta será de **uso compartido** entre propietarios forestales, directores de obra y personal técnico o de campo. Además, estará **diseñada de forma modular y adaptable**, con el objetivo de facilitar su replicabilidad en otros territorios interesados en aplicar el mismo modelo de gestión forestal sostenible.



■ Bosque **SIN** la aplicación de la gestión forestal



■ Bosque **DESPUÉS** de la intervención silvícola



■ Imagen de la aplicación de gestión forestal

6. Centro de biorecursos

Objetivo

Crear infraestructuras para transformar biomasa en bioproductos. Una de las acciones del proyecto BIOFORIN tiene como objetivo principal crear una **red de infraestructuras logísticas y de transformación de la biomasa forestal**, con el fin de valorizar este recurso natural mediante su conversión en bioproductos útiles para la industria y la sociedad. Se trata de un paso clave para consolidar un modelo de bioeconomía circular basado en la gestión forestal sostenible.

Actualmente, una gran parte de la biomasa forestal no se aprovecha debido a la falta de infraestructuras cercanas y eficientes para su transformación. Esta situación impide el desarrollo de una cadena de valor local, encarece los costes logísticos y limita el impacto positivo de una gestión forestal activa. Con esta acción se busca cerrar el ciclo del aprovechamiento forestal, conectando el bosque con el mercado a través de infraestructuras de transformación sostenibles y replicables.

Pasos a seguir

- Diseño de centros logísticos forestales
- Adecuación del espacio para la transformación
- Validación de la viabilidad económica

6.1 Diseño de centros logísticos forestales

El primer paso ha consistido en identificar y diseñar los emplazamientos más adecuados para ubicar los **centros logísticos forestales**. Para ello, se han valorado distintos criterios estratégicos, tales como: la proximidad a masas forestales con potencial de aprovechamiento, la accesibilidad y buena conexión viaria, especialmente pensada para la circulación de camiones de gran tonelaje, y la cercanía a polígonos industriales o a los consumidores finales de los bioproductos generados. El objetivo es minimizar los costes y el impacto ambiental del transporte, que a menudo representa una de las principales barreras para la viabilidad de la cadena de valor forestal.

En el caso concreto del Montnegre, donde se ha proyectado un centro piloto, se han analizado diversas ubicaciones a lo largo de toda la sierra. Finalmente, tras valorar los factores mencionados, se ha optado por instalarlo en un emplazamiento estratégico dentro del municipio de **Sant Feliu de Buixalleu**.

Para el diseño del centro, el primer paso ha sido calcular el espacio necesario, estimado en una superficie mínima de unos 20.000 m², en función del volumen de producto que se espera procesar y movilizar anualmente. A partir de esta estimación, se han definido los requisitos técnicos y logísticos para garantizar su correcto funcionamiento:

- Cierre perimetral del recinto, con acceso controlado mediante puerta, para restringir la entrada a personas no autorizadas y facilitar el control de entradas y salidas de camiones.
- Terreno llano y compactado, que permita una circulación fluida y segura de maquinaria pesada y vehículos de transporte.

- Sistema de evacuación de aguas pluviales, para evitar acumulaciones en días de lluvia y garantizar unas condiciones de trabajo adecuadas.
- Organización interna por zonas diferenciadas, donde se clasifique y almacene la biomasa según la especie forestal y el uso previsto (energético, compostaje, biochar, etc.).

Este centro piloto será clave para validar el modelo propuesto, y podrá servir como referente replicable en otros territorios interesados en desarrollar infraestructuras similares de apoyo a la bioeconomía forestal.

6.2. Adecuación del espacio para la transformación

Una vez definido el emplazamiento, se ha procedido a la implementación del centro. En el caso del Montnegre, se ha acondicionado el terreno, construido un sistema de evacuación de aguas y se ha instalado un cierre perimetral con malla cinegética y estacas de castaño. Además, se ha construido una puerta corredera de acceso. También se ha adquirido un contenedor marítimo que funciona como almacén y oficina, destinando todo el espacio disponible a la agrupación y almacenamiento del producto según especie y destino final.

Por otro lado, el centro está equipado con la maquinaria necesaria para el procesamiento inicial de la biomasa, con el objetivo de transformar el material en bruto en bioproductos comercializables y de valor añadido. Las principales tecnologías utilizadas (en la mayoría de los casos en régimen de alquiler) son:

- Astilladoras: para triturar restos de poda, ramas y madera en astilla homogénea, útil como combustible o materia prima para otros usos.
- Cribadoras: para separar la biomasa según tamaño, humedad u otras características.
- Zonas de almacenamiento: adecuadamente ventiladas y protegidas, para conservar la calidad de la biomasa hasta su distribución o venta.

Estas adecuaciones son fundamentales para garantizar la eficiencia del proceso productivo, la conservación de la calidad de la biomasa y el cumplimiento de las normativas ambientales y de seguridad vigentes, asegurando así la sostenibilidad y viabilidad del centro a largo plazo.

6.3 Validación de la viabilidad económica

Una parte clave del desarrollo de los centros logísticos forestales es validar su **viabilidad económica**, es decir, asegurarse de que los costes asociados a su construcción, equipamiento y operación puedan ser compensados mediante los ingresos generados por la valorización de la biomasa y la producción de bioproductos. Se lleva a cabo un análisis que tiene en cuenta:

- Costes de inversión inicial, incluyendo la adecuación del terreno, instalación de infraestructuras y adquisición de maquinaria, así como los costes operativos, como el personal, mantenimiento, consumo energético, transporte, etc.

- Identificación de todos los parámetros económicos relevantes para la creación y funcionamiento de los centros de biorecursos, así como para la caracterización de los distintos bioproductos, una vez se disponga de datos reales sobre su valorización.
- Estudio de precios de mercado de los productos generados y de posibles canales de comercialización.

El objetivo es proporcionar un modelo económico realista, escalable y replicable, que demuestre que este tipo de infraestructuras pueden ser sostenibles no solo desde el punto de vista ambiental y social, sino también económico.



■ Esquema de un centro tipo



■ Instalación piloto en la zona de Montnegre y Corredor

7. Tecnologías de valorización

Objetivo

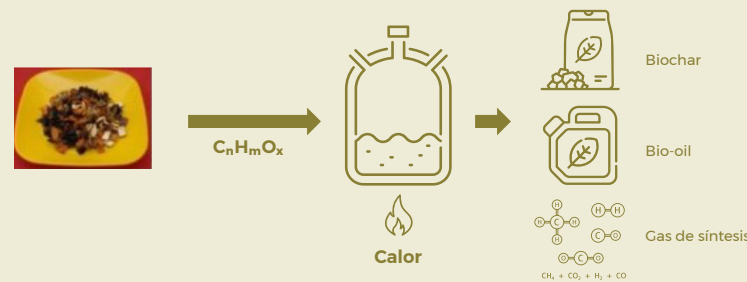
Probar tecnologías para la obtención de bioproductos de alto valor.

Pasos a seguir

- Combustión directa (calderas de 100 kW para biomasa heterogénea).
- Gasificación (planta piloto de 150 kg/h en Mataró).
- Co-digestión anaerobia (mezcla de biomasa forestal con residuos urbanos).

7.1 Gasificación

El proceso de **gasificación de biomasa forestal**, junto con subproductos derivados de la gestión de residuos municipales, permite transformar los compuestos volátiles presentes en estos materiales en un gas de síntesis con poder calorífico. Los materiales no volátiles se convierten en un sólido rico en carbono denominado biochar, un material ligero y estable, con alta porosidad y gran área superficial, que puede utilizarse en múltiples aplicaciones evaluadas en la acción C4.



7.2 Co-digestión anaerobia (mezcla de biomasa forestal con residuos urbanos)

En el marco del proyecto BIOFORIN, la co-digestión anaerobia persigue dos objetivos principales:

- Valorizar subproductos de bajo valor generados durante la gestión forestal, como hojas o cortezas.
- Compensar la posible carencia de nutrientes o el desequilibrio en la relación C/N, debido a la habitual elevada carga de nitrógeno presente en las fracciones municipales.

Para ello, en la acción C3 se estudian distintos pretratamientos aplicables a las fracciones forestales generadas, con el objetivo de mejorar su digestibilidad en reactores anaerobios. Esto es necesario porque la composición lignocelulósica de estos materiales dificulta su biodegradación por parte de los microorganismos encargados de transformar la materia orgánica en biogás.



■ Ensayos BMP para medir la producción de biogás

Acción C3 Viabilidad técnica para el uso de tecnologías para valorizar los recursos forestales

Materias primas

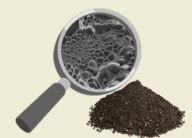
- Restos de biomasa forestal
- Productos de la gestión de residuos municipales



Procesos de conversión

Pirólisis / Gasificación
Transformación térmica sin oxígeno o con oxígeno limitado

Producto obtenido **Biochar**
(carbón vegetal con alta porosidad)



8. Aplicaciones del biochar

Objetivo

Maximizar el valor del subproducto de gasificación.

Pasos a seguir

- Uso como filtro para purificar biogás.
- Enmienda agrícola (mejora de suelos y retención de nutrientes).
- Tratamiento de aguas residuales (adsorción de metales pesados).

Uno de los principales desafíos actuales en la gestión forestal es identificar formas sostenibles y económicamente viables de aprovechar los residuos biomásicos. Este reto adquiere aún más relevancia en un contexto global marcado por el cambio climático, la escasez de recursos naturales y la necesidad urgente de implementar modelos de economía circular.

Cuando un bosque es gestionado de forma sostenible, los restos de biomasa generados suelen considerarse residuos. Sin embargo, estos materiales pueden ser valorizados mediante tecnologías termoquímicas como la **gasificación o la pirólisis**, que permiten transformar la biomasa en productos de alto valor añadido. Uno de estos productos es el biochar.

El **biochar** es un material carbonoso y poroso obtenido a través de la pirólisis de biomasa en condiciones de bajo o nulo aporte de oxígeno. Su estructura química y física lo convierte en un excelente adsorbente, lo que ha favorecido su uso como precursor en la producción de carbón activo, empleado en aplicaciones como el tratamiento de aguas, la captura de contaminantes atmosféricos o la purificación de productos químicos. Además de su uso como adsorbente, el biochar también ha demostrado beneficios como mejorador de suelos agrícolas, ya que ayuda a retener nutrientes y agua, mejora la estructura del suelo y reduce su acidez.

En este contexto, el proyecto BIOFORIN, a través de la acción C4, tiene como objetivo **demostrar el potencial real y multifuncional del biochar en aplicaciones locales de alto impacto**, promoviendo así un modelo de aprovechamiento integral de los residuos forestales. En particular, se evalúa su uso en tres áreas clave:

- Purificación del biogás producido en procesos de digestión anaerobia, mediante la adsorción de compuestos no deseados como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) o el dióxido de carbono (CO_2).
- Tratamiento de efluentes líquidos, gracias a su capacidad para retener contaminantes como metales pesados, nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+), entre otros.
- Aplicación agrícola como enmienda, para mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo, aumentar la retención hídrica y favorecer la fertilidad natural.

De este modo, BIOFORIN apuesta por cerrar el ciclo del uso de la biomasa forestal, transformando un residuo en una solución innovadora y localmente replicable, que contribuye simultáneamente a la sostenibilidad ambiental, la economía circular y el desarrollo territorial.

Acción C4

Valorización de los productos de pirólisis y gasificación

Materias primas

- Restos de biomasa forestal



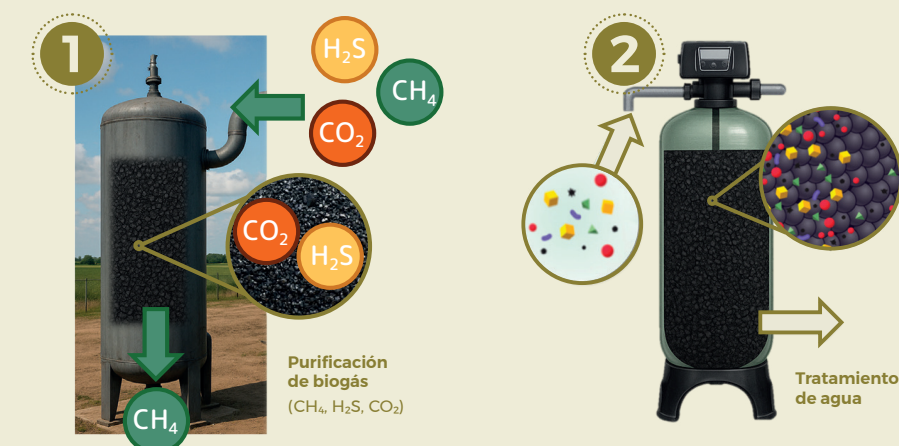
Procesos de conversión

Pirólisis / Gasificación

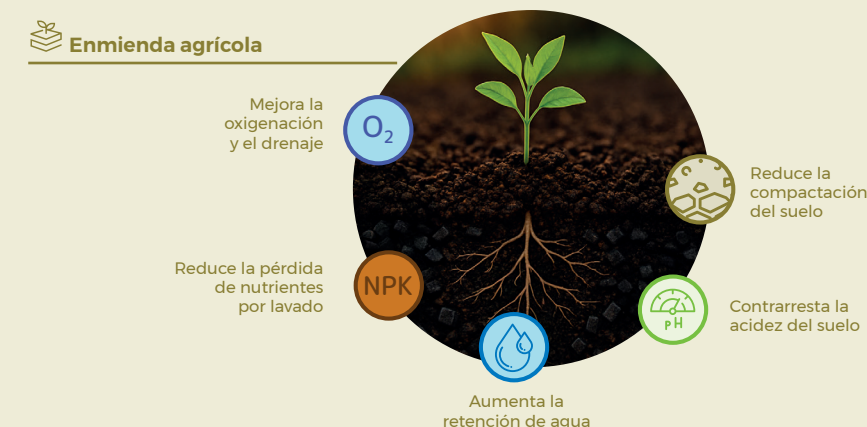
Transformación térmica
sin oxígeno o con oxígeno limitado

Producto obtenido **Biochar**
(carbón vegetal con alta porosidad)

Aplicaciones del biochar



Enmienda agrícola



9. Formación de capataces forestales

Objetivo

- Profesionalizar el sector forestal con un enfoque centrado en la bioeconomía.
- Capacitar a encargados y capataces forestales para que gestionen de forma eficaz los equipos, los recursos y las actuaciones en el monte, aplicando criterios de seguridad, sostenibilidad, eficiencia y respeto por el medio natural.
- Desarrollar una formación específica para capataces forestales, enfocada en la interpretación de criterios técnicos, la mecanización de los trabajos, la incorporación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC), la implantación de sistemas de cálculo y control de servicios ecosistémicos, así como en la garantía de la viabilidad técnica y la aplicación de buenas prácticas.

Pasos a seguir

1. Diseño de cápsulas formativas

Se desarrollarán cápsulas formativas en las áreas de interpretación de la planificación, seguimiento efectivo de obras y trabajos forestales, cumplimiento de requerimientos de prevención de riesgos, consideraciones medioambientales, con aspectos transversales de gestión de equipos, género y TIC. La formación tendrá una duración de 40 horas y aborda los siguientes contenidos:

Módulo	Duración	Presenciales
1 La planificación de tratamientos silvícolas e infraestructuras forestales	10 h	2 h
2 El control de la ejecución de tratamientos silvícolas y obras forestales	15 h	6 h
3 Maquinaria forestal, vehículos y prevención de riesgos laborales	5 h	2 h
4 Consideraciones medioambientales	5 h	1 h
5 Gestión de equipos humanos, liderazgo y género	5 h	1 h
TOTAL	40 h	12 h (30%)

2. Implementación de la formación

Se definirá el perfil y se localizará a los profesionales que puedan facilitar la formación, así como los recursos necesarios en términos de infraestructuras para su correcta implementación.

Asimismo, se determinará el público objetivo y los canales de comunicación más adecuados para llegar a él. La formación se impartirá en modalidad mixta (presencial y online) y los resultados se evaluarán con el fin de ajustar los contenidos y metodologías a las necesidades específicas de cada perfil. Dado que es probable que el alumnado provenga de contextos diversos, se tendrá en cuenta la heterogeneidad de sus necesidades formativas.

Para dar a conocer la especialidad formativa, se realizarán acciones breves de introducción y difusión, con el objetivo de captar al público más adecuado.

Se habilitará una plataforma en línea para ofrecer la parte correspondiente a la modalidad no presencial facilitando el contacto entre el alumnado y entre éstos y el profesorado.

10. Educación ambiental

Objetivos

- Crear un puente entre la sociedad y los bosques.
- Inspirar y visualizar el paisaje del futuro desde una perspectiva de esperanza y resiliencia.
- Dar a conocer el papel de los ecosistemas forestales en la bioeconomía circular de la sociedad del futuro.
- Entender la gestión forestal sostenible como una herramienta para la mejora de la biodiversidad y de la vida rural.

Pasos a seguir

1. Diseñar itinerarios pedagógicos y sensoriales:

Seleccionar un espacio natural que represente el paisaje agroforestal del futuro y “museizarlo” mediante paneles pedagógicos y actividades sensoriales. De este modo, la ciudadanía podrá imaginar y proyectar cómo será el paisaje que permitirá conservar la naturaleza y revitalizar la vida rural. Las actividades sensoriales facilitarán la conexión emocional con el entorno natural, generando una experiencia vivencial más profunda.

Otros espacios de interés son los bosques gestionados, que permiten introducir los conceptos de gestión agroforestal y observar los beneficios de dicha gestión tanto para el bosque como para las personas.

Este espacio será especialmente útil para los educadores, ya que dispondrán de un entorno pedagógico abierto que, además de educar, permitirá disfrutar de la naturaleza y contribuir al bienestar físico y mental de la infancia y la juventud.

2. Crear una unidad didáctica:

Desarrollar una unidad didáctica dirigida a la comunidad educativa de primaria y secundaria, con recursos educativos centrados en el bosque y la bioeconomía del futuro.

3. Formación para la comunidad educativa y ambiental:

Capacitar a los formadores para que comprendan las herramientas de conservación activa de los bosques, su funcionamiento y su repercusión en nuestra sociedad. Asimismo, se les dará a conocer el material didáctico disponible para que puedan integrarlo en sus actividades y desarrollar nuevas propuestas educativas propias.

4. Paneles educativos en los centros de residuos:

Instalar paneles educativos en los centros de residuos con el objetivo de divulgar la gestión forestal y la bioeconomía circular. Estas infraestructuras logísticas y de transformación de la biomasa forestal serán clave para valorizar este recurso natural, mediante su conversión en bioproductos útiles para la industria y la sociedad. Esta acción representa un paso fundamental para consolidar un modelo de bioeconomía circular basado en la gestión forestal sostenible.

11. Explotación y replicación del proyecto

Objetivo

Explotar los resultados del proyecto, para consolidar el modelo de gestión bioregional y de bioeconomía, compatibilizando una oportunidad para una gestión sostenible y resiliente de las masas forestales, con la valorización efectiva de los nuevos bioproductos y aplicaciones innovadoras.

Pasos a seguir

1. Análisis del mercado actual de productos y aplicaciones industriales, identificando los segmentos más prometedores a corto-medio plazo. Evaluación de barreras legales, administrativas u otras, y propuestas para superarlas.
2. Análisis de la competencia. Incluye para cada aplicación y producto, el análisis de la competencia existente en el en el ámbito nacional como a nivel europeo
3. Desarrollo de modelos de negocio colaborativos con los socios del proyecto y, si es necesario, con colaboradores externos para reforzar la ventaja competitiva sostenible.
4. Acciones previas de pre-comercialización y posicionamiento en nuevos mercados definidos. Elaborar manual de aplicaciones y usos de tecnologías de mayor valor añadido.
5. Elaboración de manual descriptivo para la Creación de Centros de Bio-Recursos dentro del modelo de gestión bioregional, atendiendo dos posibles tipologías de centros de bio-recursos, que incluya su funcionamiento y buenas prácticas de gestión.
6. Elaboración de 4 informes de las principales aplicaciones y uso de tecnologías para generar un mayor valor añadido a la biomasa forestal.

12. Conclusión

El proyecto **BIOFORIN** representa un modelo ejemplar de gestión bioregional orientado a la valorización sostenible de los recursos forestales, con una clara vocación de replicabilidad y escalabilidad. A través de una estrategia integral que combina gobernanza participativa, innovación tecnológica, formación especializada y educación ambiental, se ha logrado articular una cadena de valor forestal que impulsa la bioeconomía local y refuerza la resiliencia climática del territorio.

La guía elaborada en el marco del proyecto ofrece una **hoja de ruta clara y práctica para implementar modelos de gestión forestal adaptativa, con base científica y enfoque multifuncional**. La incorporación de tecnologías como LIDAR, gasificación, co-digestión anaerobia y producción de biochar, junto con la creación de centros logísticos forestales, demuestra la viabilidad técnica y económica de transformar la biomasa en bioproductos de alto valor añadido.

Además, el proyecto ha puesto **especial énfasis en la capacitación de profesionales del sector forestal y en la sensibilización de la ciudadanía**, reconociendo que la transición hacia una bioeconomía circular requiere tanto conocimiento técnico como compromiso social.

En definitiva, **BIOFORIN sienta las bases para una nueva forma de entender y gestionar los bosques mediterráneos, integrando sostenibilidad, innovación y participación**. Su enfoque territorial, replicable en otras regiones, ofrece una respuesta concreta a los desafíos del cambio climático, la despoblación rural y la dependencia de recursos fósiles, **posicionando la gestión forestal como motor de transformación ecológica y económica**.



BIOFORIN



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU

BioForin cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.