



LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20 CCA/ES/001809)



EVALUACIÓN DE NECESIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO

El proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO está financiado por el Programa LIFE de la Unión Europea bajo el Acuerdo de Subvención LIFE20 CCA/ES/001809.



El contenido incluido en esta guía refleja únicamente la opinión del autor y la Agencia/Comisión Europea no es responsable del uso que pueda hacerse de la información que contiene.

Esta guía forma parte del material de divulgación, transferencia y replicabilidad en el marco de las acciones C6 y E4 del Proyecto LIFE20 CCA/ES/001891- LIFE ADAPT-ALEPPO "Gestión adaptativa de los bosques mediterráneos de *Pinus halepensis* ante el cambio climático"

EDICIÓN:

Dirección General de Patrimonio Natural y Acción Climática de la Comunidad Autónoma Región de Murcia. Ingeniería del Entorno Natural.

REDACCIÓN:

Lourdes Vicente Valero (1), Esteban Jordán González (1), Miguel Chamón Fernández (2)

(1) Ingeniería del Entorno Natural.

(2) D.G. de Patrimonio Natural y Acción Climática. Región de Murcia.

FOTOGRAFÍAS:

Las imágenes adjuntas a este manual han sido tomadas por los autores de la guía.

DISEÑO Y MAQUETACIÓN:

Jose Juan Rivas Nieto

CITA BIBLIOGRÁFICA:

Vicente, L.; Jordán, E. & Chamón, M. 2025. Guía técnica sobre evaluación de necesidades para la implementación de gestión adaptativa al cambio climático

DEPÓSITO LEGAL: MU 344-2025

FINANCIADO:

Programa LIFE de la Unión Europea

Esta publicación será reproducible por todos los medios, citando las fuentes y con finalidad no lucrativa.

La información incluida en el presente documento refleja solo la opinión de sus autores, excluyendo a la Agencia/Comisión Europea de cualquier uso que pueda derivarse de ella.

GUÍA TÉCNICA

IMPLEMENTACIÓN DE LA TÉCNICA DE MIGRACIÓN ASISTIDA EN LA RESTAURACIÓN FORESTAL DEL HÁBITAT DEL PINO CARRASCO

1

INTRODUCCIÓN

2

1.1.	CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN FORESTAL	2
1.2.	OBJETIVOS DE LA GUÍA	3
1.3.	PÚBLICO OBJETIVO	4

2

MARCO CONCEPTUAL

4

2.1.	GESTIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO: DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS	4
2.2.	RELACIÓN ENTRE SELVICULTURA, BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO	6

3

METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE NECESIDADES

7

3.1.	FASE 1: DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES	7
3.2.	FASE 2: DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES	8
3.3.	FASE 3: INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN ADAPTATIVA EN LOS PLANES FORESTALES	8
3.4.	FASE 4: SOSTENIBILIDAD Y REPLICABILIDAD	8
3.5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8
3.6.	HERRAMIENTAS PARA RECOPIRAR Y ANALIZAR DATOS CLIMÁTICOS Y FORESTALES	9
3.7.	FACTORES CLAVE EN LA EVALUACIÓN	12

4

IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES ADAPTATIVAS

13

4.1.	NECESIDADES ECOLÓGICAS	13
4.2.	NECESIDADES SOCIALES Y ECONÓMICAS	13
4.3.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES CLIMÁTICAS	14

5

RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN ADAPTATIVA EN SELVICULTURA Y PRIORIZACIÓN DE ACCIONES

16

5.1.	PRÁCTICAS DE GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA	16
5.2.	ESCENARIOS FUTUROS Y PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA	17
5.3.	PRIORIZACIÓN DE ACCIONES	18

6

ANEXOS

19

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU IMPACTO EN LA GESTIÓN FORESTAL

El cambio climático se refiere a las alteraciones significativas y duraderas en los patrones climáticos globales y regionales. Estas alteraciones están vinculadas en gran medida al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, principalmente como resultado de actividades humanas como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva.

Entre los principales efectos del cambio climático se encuentran:

1. **Incremento de temperaturas globales:** Promedio mundial de temperaturas más altas, con olas de calor más frecuentes e intensas.
2. **Alteración de los patrones de precipitación:** Mayor frecuencia de sequías en algunas regiones y lluvias torrenciales en otras.
3. **Eventos climáticos extremos:** Incremento en la intensidad y frecuencia de tormentas, huracanes e incendios forestales.
4. **Cambios en los ecosistemas:** Modificación de los hábitats, migración de especies y pérdida de biodiversidad.

Los bosques son particularmente vulnerables al cambio climático debido a su dependencia de las condiciones climáticas estables. A continuación, se describen algunos de los principales impactos y desafíos en la gestión forestal:

1. Aumento de incendios forestales

- El incremento de temperaturas y la reducción de humedad en los suelos aumentan la frecuencia y severidad de los incendios forestales.
- La gestión forestal debe incluir estrategias de prevención y respuesta rápida, como creación de infraestructuras preventivas, monitoreo mediante tecnología avanzada y manejo controlado de combustibles forestales.

2. Pérdida de biodiversidad

- El cambio climático altera los ciclos de vida de las plantas y los animales, afectando su capacidad para adaptarse a nuevos climas o migrar a otros hábitats.
- Es necesario fomentar la restauración forestal con especies adecuadas de interés y la creación de corredores biológicos.

3. Plagas y enfermedades

- Las temperaturas más cálidas y las sequías prolongadas favorecen la proliferación de plagas y enfermedades que afectan a los bosques, como la procesionaria, escolítidos, perforadores o patógenos emergentes.
- Las estrategias incluyen monitoreo constante, manejo integrado de plagas y promoción de la diversidad genética en los bosques.

4. Alteración en la productividad forestal

- Cambios en los patrones de lluvia y temperaturas extremas afectan el crecimiento de los árboles y la regeneración natural de los bosques.
- La gestión forestal debe considerar la selección de especies resilientes y prácticas de silvicultura adaptativa y eco-hidrológica.

5. Secuestro de carbono

- Los bosques juegan un papel crucial como sumideros de carbono. Sin embargo, los incendios, la deforestación y la degradación forestal liberan carbono almacenado, contribuyendo al calentamiento global.
- La gestión sostenible debe priorizar la protección de los bosques existentes, reducir la deforestación y fomentar la restauración y diversificación forestal.

6. Rol de las comunidades locales

- Las comunidades que dependen de los bosques enfrentan desafíos en su seguridad alimentaria y medios de vida debido a los efectos del cambio climático.
- Es fundamental integrar a las comunidades en la toma de decisiones, mediante procesos de participación, promover prácticas tradicionales sostenibles y garantizar su participación en programas de manejo forestal.

Adaptación y mitigación en la gestión forestal

Para enfrentar estos desafíos, es esencial implementar estrategias de adaptación y mitigación en la gestión forestal:

- Adaptación: Incluye la planificación a largo plazo, el manejo de riesgos climáticos y la promoción de bosques resilientes al clima.
- Mitigación: Fomenta la captura de carbono a través de la reforestación, la reducción de la deforestación y el manejo sostenible de los recursos forestales.

La adaptación también implica asegurar la persistencia de la masa, por lo que se evita la pérdida de carbono secuestrado en bosques poco resilientes. Adaptación y Mitigación están íntimamente ligados en el marco de la GFS, resultando ser dos caras de la misma moneda.

El cambio climático exige un enfoque integrador que combine ciencia, políticas públicas, participación comunitaria y cooperación internacional para asegurar la sostenibilidad de los bosques y sus múltiples beneficios para las generaciones futuras.

La gestión forestal adaptativa es un enfoque dinámico que permite a las administraciones públicas responder de manera flexible a los cambios ambientales, sociales y económicos. Para implementar este enfoque, es necesario identificar las necesidades específicas, fortalecer las capacidades institucionales y fomentar la integración de la gestión adaptativa en los planes forestales.

1.2. OBJETIVOS DE LA GUÍA

Los objetivos principales que se pretenden alcanzar con esta guía son:

- Identificar las necesidades y brechas en la gestión forestal actual.
- Fortalecer las capacidades de las administraciones públicas en gestión adaptativa.
- Integrar la gestión adaptativa en los planes forestales nacionales y locales.
- Explorar fórmulas de planificación adaptativa.



1.3. PÚBLICO OBJETIVO

La gestión adaptativa requiere la participación y colaboración de múltiples sectores y niveles de organización. A continuación, se presenta una lista de los principales actores o público objetivo de esta guía:

1

Administraciones Públicas y Autoridades Gubernamentales

Gobiernos nacionales: Ministerios o secretarías de medio ambiente, agricultura, recursos naturales, planificación y desarrollo.

Gobiernos locales y regionales: Autoridades municipales y regionales responsables de la gestión territorial y ambiental.

Organismos de planificación: Entidades encargadas de diseñar políticas públicas y planes de desarrollo.

Agencias de cooperación internacional: Organismos que apoyan proyectos de adaptación al cambio climático.

2

Comunidades Locales

Comunidades rurales: Poblaciones que dependen directamente de los recursos naturales (bosques, agua, suelo) para su subsistencia.

Organizaciones comunitarias: Asociaciones locales que trabajan en la conservación y manejo de recursos naturales.

3

Sector Académico y Científico

Universidades e institutos de investigación: Expertos en cambio climático, ecología, ciencias forestales y gestión ambiental.

Centros de investigación: Entidades que generan datos y modelos climáticos para apoyar la toma de decisiones.

Estudiantes y profesionales: Futuros líderes y técnicos en gestión ambiental y adaptación al cambio climático.

4

Sector Privado

Empresas forestales y agroindustriales: Actores económicos que dependen de los recursos naturales y pueden implementar prácticas sostenibles.

Consultoras ambientales: Empresas especializadas en evaluaciones de impacto, planes de adaptación y gestión de riesgos.

5

Propietarios privados de superficie forestal

Organizaciones de propietarios privados forestales

Federaciones de propietarios privados forestales

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. GESTIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO: DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS

La gestión adaptativa de masas forestales al cambio climático es un enfoque dinámico y flexible que busca ajustar las prácticas de manejo forestal para responder a los impactos actuales y futuros del cambio climático. Este enfoque reconoce la incertidumbre asociada a los cambios climáticos y promueve la toma de decisiones basada en el aprendizaje continuo, la monitorización y la adaptación de estrategias según los resultados observados. Su objetivo principal es aumentar la resiliencia de los ecosistemas forestales, garantizando su capacidad para mantener la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y las funciones socioeconómicas en un clima cambiante.

El cambio climático afecta a los bosques al modificar patrones de temperatura, precipitación y fenómenos extremos, lo que puede alterar su estructura, composición y productividad. La gestión adaptativa permite ajustar estrategias de manejo conforme se obtiene nueva información científica y se observan los efectos reales del clima en los ecosistemas forestales.

La gestión adaptativa de masas forestales es fundamental para enfrentar los desafíos del cambio climático, ya que permite responder de manera proactiva a los cambios ambientales e incertidumbres futuras. Su enfoque basado en la flexibilidad, el monitoreo continuo y la participación de diversos actores garantiza una mejor capacidad de adaptación y resiliencia de los ecosistemas forestales.

La gestión adaptativa se basa en un ciclo iterativo que incluye planificación, implementación, monitoreo y ajuste de las acciones. En el contexto de las masas forestales, este enfoque implica:

1. Identificación de riesgos y vulnerabilidades: Evaluar cómo el cambio climático afecta a los bosques (por ejemplo, aumento de temperaturas, sequías, incendios forestales, plagas y enfermedades).
2. Diseño de estrategias flexibles: Desarrollar planes de manejo que puedan ajustarse según los cambios observados o proyectados.
3. Implementación de acciones: Aplicar prácticas como la restauración ecológica, la diversificación de especies, la creación de corredores biológicos y el manejo de incendios.
4. Monitoreo y evaluación: Recopilar datos para evaluar la efectividad de las acciones y detectar cambios en el ecosistema.
5. Ajuste y mejora: Modificar las estrategias según los resultados del monitoreo y los nuevos conocimientos científicos.

La gestión adaptativa se rige por una serie de principios clave que garantizan su efectividad y sostenibilidad:

1. Enfoque basado en la resiliencia

- Fortalecer la capacidad de los bosques para resistir y recuperarse de perturbaciones climáticas.
- Promover la diversidad biológica y estructural de los ecosistemas forestales.

2. Aprendizaje continuo

- Utilizar el monitoreo y la evaluación como herramientas para aprender de las acciones implementadas.
- Incorporar nuevos conocimientos científicos y experiencias prácticas en la toma de decisiones.

3. Flexibilidad y capacidad de ajuste

- Diseñar estrategias que puedan modificarse en respuesta a cambios inesperados o nuevos escenarios climáticos.
- Evitar enfoques rígidos o estáticos que no permitan adaptarse a condiciones futuras.

4. Participación y colaboración

- Involucrar a todos los actores relevantes (comunidades locales, gobiernos, científicos, sector privado) en el proceso de toma de decisiones.
- Fomentar la cooperación entre instituciones y sectores para abordar los desafíos del cambio climático de manera integral.

5. Enfoque ecosistémico

- Considerar los bosques como sistemas complejos e interconectados, donde las acciones en un área pueden tener impactos en otras.
- Integrar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en las estrategias de manejo.

6. Uso de escenarios y proyecciones

- Basar las decisiones en proyecciones climáticas y escenarios futuros para anticipar posibles impactos.
- Planificar a largo plazo, considerando la incertidumbre asociada al cambio climático.

7. Sostenibilidad socioeconómica

- Asegurar que las prácticas de manejo forestal beneficien a las comunidades locales y contribuyan al desarrollo sostenible.
- Equilibrar las necesidades económicas con la conservación ambiental.

8. Precaución y prevención

- Adoptar medidas preventivas para reducir riesgos, incluso cuando no exista certeza científica absoluta.
- Evitar acciones que puedan comprometer la capacidad de los bosques para adaptarse al cambio climático.

Algunos ejemplos de prácticas de gestión adaptativa en masas forestales son:

- Diversificación de especies: Plantar especies más resistentes a sequías, altas temperaturas o plagas.

- Gestión selvícola: Realizar tratamientos selvícolas específicos para adaptación de masas forestales al cambio climático.
- Restauración ecológica: Recuperar áreas degradadas para mejorar la resiliencia del ecosistema.
- Manejo de incendios: Implementar estrategias de prevención y control de incendios forestales.
- Creación de corredores biológicos: Conectar fragmentos de bosque para facilitar el movimiento de especies y la adaptación al cambio climático.
- Monitoreo de plagas y enfermedades: Detectar y controlar brotes que puedan agravarse con el cambio climático.

En conclusión, la gestión adaptativa de masas forestales al cambio climático es un enfoque esencial para enfrentar los desafíos ambientales del siglo XXI. Al basarse en principios como la resiliencia, el aprendizaje continuo y la participación, este enfoque no solo protege los bosques y su biodiversidad, sino que también asegura que sigan proporcionando servicios ecosistémicos vitales para las generaciones presentes y futuras. En un mundo en constante cambio, la gestión adaptativa es una herramienta clave para construir un futuro sostenible y resiliente.

2.2. RELACIÓN ENTRE SELVICULTURA, BIODIVERSIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

Los bosques son ecosistemas fundamentales para la vida en la Tierra, ya que albergan una gran parte de la biodiversidad global y proporcionan servicios ecosistémicos esenciales para el bienestar humano y la estabilidad del planeta. Sin embargo, el cambio climático, junto con actividades humanas insostenibles, está ejerciendo una presión creciente sobre estos ecosistemas. La gestión sostenible de los bosques se presenta como una estrategia clave para mitigar estos impactos y garantizar la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. A continuación, se analiza su importancia:

1. Conservación de la Biodiversidad

- Hábitat para especies: Los bosques albergan más del 80% de las especies terrestres de animales, plantas e insectos. Una gestión sostenible asegura la preservación de estos hábitats, evitando la fragmentación y degradación que conducen a la pérdida de biodiversidad.
- Protección de especies endémicas y en peligro: Muchas especies dependen exclusivamente de los bosques para su supervivencia. La gestión sostenible permite proteger estas especies y mantener el equilibrio ecológico.
- Conectividad ecológica: Promueve la creación de corredores biológicos que facilitan el movimiento de especies y la adaptación al cambio climático.

2. Mantenimiento de los Servicios Ecosistémicos

- Regulación del clima: Los bosques actúan como sumideros de carbono, absorbiendo CO₂ de la atmósfera y mitigando el calentamiento global. La gestión sostenible maximiza esta capacidad de secuestro de carbono.
- Ciclo del agua: Los bosques regulan el ciclo hidrológico, manteniendo la calidad y cantidad de agua disponible. Esto es crucial para enfrentar sequías e inundaciones, fenómenos que se intensifican con el cambio climático.
- Protección del suelo: Los bosques previenen la erosión y mantienen la fertilidad del suelo, lo que es esencial para la agricultura y la seguridad alimentaria.
- Polinización y control de plagas: Los bosques son hábitats para polinizadores y depredadores naturales que contribuyen a la productividad agrícola y al equilibrio ecológico.

3. Adaptación al Cambio Climático

- Resiliencia de los ecosistemas: La gestión sostenible fortalece la capacidad de los bosques para resistir y recuperarse de perturbaciones climáticas, como incendios, sequías y tormentas.
- Mitigación de riesgos: Los bosques bien gestionados reducen el riesgo de desastres naturales, como inundaciones y deslizamientos de tierra, que se agravan con el cambio climático.
- Refugio climático: Los bosques proporcionan microclimas estables que sirven como refugio para especies y comunidades humanas frente a condiciones climáticas extremas.

4. Beneficios Socioeconómicos

- Sustento de comunidades locales: Más de 1.600 millones de personas dependen directamente de los bosques para su subsistencia, incluyendo alimentos, medicinas y materiales. La gestión sostenible asegura que estos recursos estén disponibles a largo plazo.
- Turismo y recreación: Los bosques son destinos importantes para el ecoturismo, generando ingresos y empleo para las comunidades locales.
- Cultura y tradiciones: Muchas comunidades indígenas y locales tienen una relación cultural y espiritual con los bosques, cuya gestión sostenible preserva estos valores intangibles.

5. Desafíos y Oportunidades

- Amenazas actuales: La deforestación, la degradación forestal y la expansión agrícola son las principales amenazas para los bosques. El cambio climático exacerba estos problemas, aumentando la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales.
- Oportunidades de acción: La gestión sostenible de los bosques, basada en ciencia y participación comunitaria, ofrece una vía para abordar estos desafíos. Iniciativas como la restauración forestal y el manejo forestal de las masas, mediante tratamientos selvícolas, son ejemplos de prácticas efectivas.

Además, se considera una oportunidad la puesta en valor de los servicios ecosistémicos generados, de manera que puede obtenerse un retorno económico que genere un impacto directo en la gestión forestal y en el territorio, activando otros muchos beneficios ecosistémicos y socioeconómicos asociados a una gestión forestal continuada en el tiempo.

En definitiva, la gestión sostenible de los bosques es una herramienta indispensable para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en un contexto de cambio climático. No solo contribuye a la mitigación del calentamiento global mediante el secuestro de carbono, sino que también fortalece la resiliencia de los ecosistemas. Para lograr estos beneficios, es esencial integrar enfoques adaptativos, promover la participación de todos los actores y garantizar políticas públicas que apoyen la conservación y el uso responsable de los bosques. En un mundo cada vez más afectado por el cambio climático, la gestión sostenible de los bosques no es una opción, sino una necesidad urgente para asegurar un futuro sostenible.

Es por ello que se considera imprescindible diseñar e implementar campañas informativas y divulgativas que tengan un impacto efectivo en los distintos públicos objetivo que se identifiquen: principalmente sociedad, legisladores, políticos, sector difuso si se quiere promover un mercado voluntario de carbono y/o servicios ecosistémicos.

3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE NECESIDADES

3.1. FASE 1: DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

1	Revisión Documental	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar los planes forestales existentes, políticas relacionadas y marcos legales. - Identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas a nivel nacional e internacional.
2	Talleres de Consulta	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar talleres con actores clave (funcionarios públicos, comunidades locales, ONGs, Universidades, sector privado). - Identificar necesidades, desafíos y oportunidades en la gestión forestal.
3	Evaluación de Capacidades	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar una evaluación de las capacidades actuales de las administraciones públicas en gestión forestal. - Identificar brechas en conocimientos, habilidades, recursos y herramientas.

La identificación de necesidades se detalla en el apartado 4 de esta guía.



3.2. FASE 2: DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES

- | | | |
|----------|--|--|
| 1 | Desarrollo de Herramientas y Recursos | <ul style="list-style-type: none"> - Crear manuales, guías y herramientas prácticas para la implementación de la gestión adaptativa. - Desarrollar plataformas digitales para el intercambio de información y mejores prácticas. |
| 2 | Fortalecimiento Institucional | <ul style="list-style-type: none"> - Proponer reformas organizacionales y normativas que faciliten la gestión adaptativa. - Establecer mecanismos de coordinación interinstitucional y participación ciudadana. |

3.3. FASE 3: INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN ADAPTATIVA EN LOS PLANES FORESTALES

- | | | |
|----------|--|--|
| 1 | Revisión y Actualización de Planes Forestales | <ul style="list-style-type: none"> - Incorporar principios de gestión adaptativa en los planes forestales existentes. - Definir objetivos, indicadores y metas adaptativas. |
| 2 | Implementación de Proyectos Piloto | <ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar áreas piloto para implementar enfoques de gestión adaptativa. - Monitorear y evaluar los resultados para ajustar estrategias. |
| 3 | Monitoreo y Evaluación Continua | <ul style="list-style-type: none"> - Establecer sistemas de monitoreo y evaluación para medir el impacto de las intervenciones. - Utilizar datos e información para ajustar y mejorar continuamente los planes forestales. |

3.4. FASE 4: SOSTENIBILIDAD Y REPLICABILIDAD

- | | | |
|----------|---------------------------------|---|
| 1 | Documentación y Difusión | <ul style="list-style-type: none"> - Documentar experiencias, lecciones aprendidas y mejores prácticas. - Difundir resultados a través de publicaciones, seminarios y plataformas digitales. |
| 2 | Escalabilidad | <ul style="list-style-type: none"> - Identificar oportunidades para escalar las intervenciones exitosas a otras regiones o países. - Fomentar la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos. |
| 3 | Fortalecimiento de Redes | <ul style="list-style-type: none"> - Establecer redes de colaboración entre administraciones públicas, organizaciones y comunidades. - Promover la participación activa de todos los actores en la gestión forestal adaptativa. |

3.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación de esta metodología permitirá a las administraciones públicas identificar y abordar las necesidades específicas en la gestión forestal, fortalecer sus capacidades y fomentar la integración de la gestión adaptativa en los planes forestales. Este enfoque no solo mejorará la resiliencia de los ecosistemas forestales, sino que también contribuirá al desarrollo sostenible y al bienestar de las comunidades dependientes de los bosques.

Se recomienda:

- Involucrar a todos los actores relevantes desde las primeras etapas del proceso.
- Asegurar la disponibilidad de recursos financieros y técnicos para la implementación.
- Promover la transparencia y la rendición de cuentas en todas las fases del proceso.

Esta metodología es flexible y puede adaptarse a diferentes contextos y escalas, asegurando su aplicabilidad en diversas regiones y condiciones socioeconómicas.

3.6. HERRAMIENTAS PARA RECOPIRAR Y ANALIZAR DATOS CLIMÁTICOS Y FORESTALES

El análisis de datos climáticos y forestales es fundamental para identificar vulnerabilidades y diseñar estrategias de gestión adaptativa. A continuación, se presenta un listado de herramientas disponibles, clasificadas por su tipo y aplicación:

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

A

HERRAMIENTAS

- **ArcGIS**: Plataforma líder para el análisis espacial y la creación de mapas.
- **QGIS**: Software de código abierto para análisis geoespacial.
- **Google Earth Engine**: Plataforma en la nube para el análisis de datos satelitales a gran escala.

APLICACIÓN

- Mapeo de cobertura forestal y cambios en el uso del suelo.
- Identificación de áreas vulnerables a incendios, sequías o inundaciones.
- Análisis de fragmentación y conectividad de ecosistemas.

MODELOS CLIMÁTICOS

B

HERRAMIENTAS

- **CMIP (Coupled Model Intercomparison Project)**: Proporciona proyecciones climáticas globales.
- **WorldClim**: Base de datos de variables climáticas de alta resolución.
- **PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies)**: Modelo regional para proyecciones climáticas.

APLICACIÓN

- Proyección de cambios en temperatura, precipitación y eventos extremos.
- Evaluación de impactos climáticos en ecosistemas forestales.
- Identificación de zonas con mayor riesgo de estrés hídrico o aumento de temperaturas.
- Vulnerables a incendios, sequías o inundaciones.
- Análisis de fragmentación y conectividad de ecosistemas.

INVENTARIOS FORESTALES

C

HERRAMIENTAS

- **National Forest Inventory (NFI)**: Inventarios nacionales que recopilan datos sobre la estructura y composición de los bosques.
- **LIDAR (Light Detection and Ranging)**: Tecnología de sensores remotos para medir la estructura forestal en 3D.
- **Forest Survey of India (FSI)**: Ejemplo de inventario forestal a nivel nacional.

APLICACIÓN

- Monitoreo de la salud y biodiversidad de los bosques.
- Estimación de biomasa y carbono almacenado.
- Detección de cambios en la cobertura forestal y degradación.

SENSORES REMOTOS Y TELEDETECCIÓN

D

HERRAMIENTAS

- **Landsat**: Serie de satélites para monitoreo de la superficie terrestre.
- **MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)**: Proporciona datos sobre vegetación, incendios y temperatura.
- **Sentinel-2**: Satélite de la ESA para monitoreo de la vegetación y cambios en el uso del suelo.

APLICACIÓN

- Detección de deforestación y degradación forestal.
- Monitoreo de la dinámica de la vegetación y salud de los bosques.
- Identificación de áreas afectadas por incendios o plagas.

MODELOS ECOLÓGICOS Y FORESTALES

E

HERRAMIENTAS

- **BIOMOD**: Plataforma para modelar la distribución de especies bajo escenarios climáticos.
- **LANDIS-II**: Modelo para simular dinámicas forestales y disturbios.
- **3-PG (Physiological Principles in Predicting Growth)**: Modelo para predecir el crecimiento forestal.

APLICACIÓN

- Simulación de impactos climáticos en la distribución de especies forestales.
- Evaluación de la resiliencia de los bosques frente a disturbios.
- Planificación de estrategias de restauración y manejo forestal

PLATAFORMAS DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

F

HERRAMIENTAS

- **Climate Change Vulnerability Assessment Tool (CCVAT)**: Herramienta para evaluar vulnerabilidad al cambio climático.
- **Adaptation Support Tool (AST)**: Plataforma para identificar medidas de adaptación.
- **SERVIR**: Sistema de monitoreo y análisis para la toma de decisiones en temas ambientales.

APLICACIÓN

- Identificación de áreas y comunidades vulnerables al cambio climático.
- Diseño de planes de adaptación basados en datos científicos.
- Integración de datos climáticos y socioeconómicos para análisis integrales.

HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE RIESGOS

G

HERRAMIENTAS

- **RISKPLAN**: Plataforma para la evaluación de riesgos naturales.
- **InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs)**: Modelo para evaluar servicios ecosistémicos y riesgos.
- **FIREHARM**: Herramienta para evaluar riesgos de incendios forestales.

APLICACIÓN

- Evaluación de riesgos de incendios, inundaciones y sequías.
- Identificación de áreas prioritarias para la conservación y restauración.
- Análisis de impactos económicos y sociales de los riesgos climáticos.

BASES DE DATOS CLIMÁTICOS Y FORESTALES

H

HERRAMIENTAS

- **Global Forest Watch (GFW)**: Plataforma para monitorear cambios en la cobertura forestal.
- **FAOSTAT**: Base de datos de la FAO sobre recursos forestales y uso del suelo.
- **CRU (Climate Research Unit)**: Datos climáticos históricos y proyecciones.

APLICACIÓN

- Acceso a datos históricos y actuales sobre clima y bosques.
- Análisis de tendencias y patrones climáticos.
- Generación de indicadores para la toma de decisiones.

HERRAMIENTAS DE VISUALIZACIÓN Y COMUNICACIÓN

I

HERRAMIENTAS

- **Tableau**: Plataforma para visualización interactiva de datos.
- **Power BI**: Herramienta de Microsoft para análisis y visualización de datos.
- **R y Python**: Lenguajes de programación para análisis estadístico y visualización.

APLICACIÓN

- Creación de mapas y gráficos interactivos para comunicar resultados.
- Presentación de datos complejos de manera accesible para tomadores de decisiones.
- Facilitar la participación de actores clave en el proceso de planificación.

Estas herramientas, utilizadas de manera integrada, permiten analizar datos climáticos y forestales para identificar vulnerabilidades y diseñar estrategias de adaptación al cambio climático. Su aplicación efectiva requiere capacitación, acceso a datos de calidad y colaboración entre científicos, gestores y comunidades locales. Al combinar tecnologías avanzadas con enfoques participativos, es posible fortalecer la resiliencia de los ecosistemas forestales y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.



3.7. FACTORES CLAVE EN LA EVALUACIÓN

Es de interés analizar los factores clave como son: cambios en la temperatura, calidad del suelo, biodiversidad local, y capacidad institucional para implementar medidas adaptativas.

A continuación, se muestra una relación de factores clave en la gestión forestal adaptativa:

FACTOR	IMPACTO	FACTORES CLAVE	RELACIÓN CON OTROS FACTORES
Cambios en la Temperatura	El aumento o disminución de la temperatura afecta la fisiología de los árboles, el ritmo de crecimiento, y la distribución de especies.	<ul style="list-style-type: none"> - Puede alterar la biodiversidad local al favorecer algunas especies sobre otras. - Impacta la humedad del suelo y su fertilidad. - Influye en la frecuencia e intensidad de incendios forestales. 	
Calidad del Suelo	La calidad del suelo determina la productividad forestal y la resiliencia de los ecosistemas.	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo, potasio). - Erosión y compactación del suelo. - Capacidad de retención de agua y drenaje. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los cambios en la temperatura y precipitación pueden afectar la fertilidad del suelo. - La biodiversidad del bosque influye en la estabilidad y regeneración del suelo.
Biodiversidad Local	Un ecosistema diverso es más resiliente a perturbaciones como enfermedades, plagas o eventos climáticos extremos.	<ul style="list-style-type: none"> - Variedad de especies arbóreas y de fauna asociada. - Presencia de especies invasoras o en peligro de extinción. - Capacidad de regeneración natural. 	<ul style="list-style-type: none"> - La biodiversidad depende de la estabilidad de la temperatura y la calidad del suelo. - Influye en los servicios ecosistémicos, como la captura de carbono y la regulación hídrica.
Capacidad Institucional para Implementar Medidas Adaptativas	La gestión forestal efectiva depende de políticas, financiamiento y participación comunitaria.	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de marcos regulatorios adecuados. - Acceso a financiamiento para estrategias adaptativas. - Capacitación y coordinación interinstitucional. 	<ul style="list-style-type: none"> - Una gestión forestal eficiente puede mitigar los efectos del cambio climático. - La implementación de programas de restauración puede mejorar la calidad del suelo y la biodiversidad. - La gobernanza efectiva permite respuestas rápidas ante crisis ambientales.

Los cambios en la temperatura, la calidad del suelo, la biodiversidad y la capacidad institucional están interconectados y juegan un papel clave en la gestión forestal adaptativa. Para garantizar la sostenibilidad de los bosques, es fundamental monitorear estos factores y diseñar estrategias basadas en evidencia científica y en la colaboración de múltiples actores.



4. IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES ADAPTATIVAS

El análisis de las necesidades para mejorar la adaptación y resiliencia de los bosques mediante la gestión adaptativa implica una evaluación integral de los factores biológicos, ecológicos, sociales y económicos que influyen en la capacidad de los bosques para resistir y recuperarse de perturbaciones. A continuación, se presentan los elementos clave que deben considerarse:

4.1. NECESIDADES ECOLÓGICAS

Para identificar las necesidades adaptativas de una masa forestal, se precisará del análisis de diversos indicadores de resiliencia, tales como:

- Diversidad biológica (especies, genética y funcionalidad).
- Estructura del bosque (edad, estratificación, densidad).
- Capacidad de regeneración natural.
- Resistencia a enfermedades y plagas.
- Adaptabilidad al cambio climático.

Mantener la resiliencia ecológica de los bosques mediante la gestión adaptativa requiere un enfoque multidimensional que integre ciencia, tecnología, políticas y participación de la sociedad. La clave está en la flexibilidad y la capacidad de aprender y ajustar las estrategias según las condiciones cambiantes, garantizando la sostenibilidad de los bosques para las generaciones futuras.

4.2. NECESIDADES SOCIALES Y ECONÓMICAS

La adaptación de las masas forestales al cambio climático es crucial no solo para la conservación de los ecosistemas, sino también para garantizar el bienestar humano, especialmente en zonas rurales, donde la sociedad depende directamente de los bosques.

Algunas de las necesidades identificadas vinculadas al bienestar humano en este contexto y a tener en cuenta son:

- Garantizar que la sociedad puede seguir accediendo a los recursos forestales afectados por cambios climáticos.
- Desarrollar alternativas económicas que sean resilientes al clima, como el ecoturismo.
- Capacitar a la sociedad en prácticas sostenibles que le permita adaptarse a los cambios en la disponibilidad de recursos.
- Implementar medidas para prevenir y mitigar los impactos de eventos climáticos extremos, como incendios forestales, inundaciones, erosión del suelo, etc.
- Establecer sistemas de alerta temprana y planes de evacuación en áreas forestales vulnerables.
- Construir infraestructuras que resistan los impactos del cambio climático, como puentes y caminos que no se vean afectados por inundaciones o erosión.
- Conservar los bosques para mantener su función como reguladores del clima y proveedores de agua limpia, lo que es esencial para la salud humana.
- Prevenir la contaminación de fuentes de agua debido a la erosión o la sedimentación.
- Reducir el riesgo de propagación de enfermedades transmitidas por animales (zoonóticas) mediante la conservación de hábitats naturales y la regulación de la caza y el comercio de vida silvestre.
- Valorar y proteger el conocimiento sobre la gestión forestal y la adaptación al cambio climático.
- Diseñar e implementar un plan de comunicación sobre todas estas cuestiones, identificando claramente cada uno de los públicos objetivos y elaborado y asesorado por profesionales de la comunicación. Es vital que todas estas cuestiones y objetivos, sean conocidos por la sociedad, los políticos y los gestores del territorio, entre otros.
- Integrar este conocimiento en las estrategias de adaptación y conservación.
- Involucrar a la sociedad en la planificación e implementación de estrategias de adaptación al cambio climático.
- Apoyar iniciativas locales que promuevan la sostenibilidad y la resiliencia.
- Realizar investigaciones que identifiquen los impactos específicos del cambio climático en los bosques y las zonas rurales que dependen de ellos.
- Desarrollar modelos predictivos para anticipar cambios futuros y planificar respuestas adaptativas.
- Involucrar a las comunidades en el monitoreo de los cambios en los ecosistemas forestales y en la evaluación de la efectividad de las medidas de adaptación.

4.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES CLIMÁTICAS

A pesar de que los impactos del cambio climático y las respuestas de los ecosistemas son difíciles de predecir, cada vez se tiene un mejor conocimiento de ello, disponiendo de numerosos artículos y estudios científicos que pueden ayudar a valorar dichos impactos.

Es importante que la gestión de los montes se planifique tanto a corto como a largo plazo, así como las interconexiones entre diferentes áreas forestales.

La evaluación de amenazas climáticas, como incendios y sequías, y la identificación de oportunidades para implementar innovaciones en la gestión de los montes, son pasos clave para garantizar la resiliencia de los mismos frente al cambio climático.

EVALUACIÓN DE AMENAZAS CLIMÁTICAS			
AMENAZAS CLIMÁTICAS	CAUSAS Y FACTORES AGRAVANTES	IMPACTOS	EVALUACIÓN DE RIESGOS
Incendios forestales	<p>Aumento de temperaturas y sequías prolongadas debido al cambio climático.</p> <p>Acumulación de biomasa inflamable por falta de gestión forestal.</p> <p>Actividades humanas (quemadas agrícolas, negligencia, etc.).</p>	<p>Pérdida de biodiversidad y degradación del suelo.</p> <p>Emisión de gases de efecto invernadero.</p> <p>Amenaza a la seguridad y salud de las comunidades locales.</p>	<p>Identificación de áreas con alta probabilidad de incendios (zonas secas, bosques densos).</p> <p>Monitoreo de condiciones climáticas y niveles de sequía.</p>
Sequías	<p>Reducción de precipitaciones y aumento de la evaporación debido al cambio climático.</p> <p>Sobreexplotación de recursos hídricos.</p>	<p>Estrés hídrico en los árboles, reduciendo su crecimiento y aumentando su vulnerabilidad a plagas.</p> <p>Disminución de la disponibilidad de agua para comunidades y ecosistemas.</p>	<p>Análisis de patrones de precipitación y niveles de humedad del suelo.</p> <p>Identificación de especies y áreas más vulnerables a la sequía.</p>



OPORTUNIDADES PARA IMPLEMENTAR INNOVACIONES EN SELVICULTURA		
AMENAZAS CLIMÁTICAS	OPORTUNIDADES	DESCRIPCIÓN
Selvicultura preventiva	Manejo de combustibles	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de biomasa inflamable mediante podas, desbroces, etc. - Creación de cortafuegos y fajas auxiliares.
	Diversificación de especies	<ul style="list-style-type: none"> - Introducción de especies resistentes al fuego y a la sequía. - Promoción de bosques mixtos para reducir la propagación de incendios y plagas.
Selvicultura adaptativa	Selección de especies resilientes	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de especies autóctonas adaptadas a condiciones climáticas extremas. - Mejora genética para aumentar la resistencia al estrés hídrico y térmico.
	Prácticas de regeneración	<ul style="list-style-type: none"> - Reforestación con especies climáticamente inteligentes. - Plantaciones de migración asistida. - Uso de técnicas de siembra directa y plantación en zonas favorables.
Tecnologías innovadoras	Monitoreo y alerta temprana	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de drones, satélites y sensores para detectar incendios y sequías en tiempo real. - Desarrollo de sistemas de alerta temprana basados en SIG, inteligencia artificial y otros medios.
	Riego eficiente	<ul style="list-style-type: none"> - Implementación de sistemas de riego por goteo o subsuperficial para optimizar el uso del agua. - Captación y almacenamiento de agua de lluvia para periodos de sequía.
Gestión integrada del paisaje	Conectividad ecológica	<ul style="list-style-type: none"> - Restauración de corredores biológicos para facilitar la migración de especies y la dispersión de semillas. - Integración de prácticas agroforestales para mejorar la resiliencia del paisaje.
	Enfoque comunitario	<ul style="list-style-type: none"> - Involucrar a las comunidades locales en la gestión forestal y la prevención de incendios. - Promover prácticas tradicionales y conocimientos locales en la selvicultura.

ESTRATEGIAS PARA MAXIMIZAR OPORTUNIDADES Y MINIMIZAR AMENAZAS	
Planificación y políticas	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de planes de gestión forestal adaptativa que incluyan medidas específicas para incendios y sequías. - Establecimiento de políticas que promuevan la inversión en innovación y tecnología.
Investigación y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> - Fomento de la investigación sobre especies resilientes y técnicas de selvicultura innovadoras. - Colaboración entre instituciones científicas, gobiernos y comunidades locales.
Educación y capacitación	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación de técnicos forestales y comunidades en técnicas de prevención y manejo de incendios. - Sensibilización sobre la importancia de la selvicultura adaptativa y las innovaciones tecnológicas: sensibilización PLANIFICADA en un PLAN DE COMUNICACIÓN con objetivos claros, cronograma y presupuesto suficiente para alcanzar los objetivos que se marquen.
Financiamiento y cooperación	<ul style="list-style-type: none"> - Búsqueda de financiamiento para proyectos de innovación en selvicultura. - Cooperación internacional para compartir conocimientos y mejores prácticas.

5. RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN ADAPTATIVA EN SELVICULTURA Y PRIORIZACIÓN DE ACCIONES

5.1. PRÁCTICAS DE GESTIÓN FORESTAL ADAPTATIVA

En el seno del proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20CCA/ES00189) se han desarrollado diversas estrategias de adaptación al cambio climático de masas de pino carrasco, replicables para otras especies.

Estas prácticas (metodología desarrollada y resultados preliminares) se describen con detalle en una serie de Guías técnicas las cuales se pueden consultar en la página web del proyecto (<https://adaptaleppo.eu/>).

A continuación, se incluye un resumen de dichas las prácticas enfocadas en mejorar la resiliencia y adaptación al cambio climático de masas de pino carrasco:

Implementación de actuaciones de migración asistida dirigidas a mejorar la capacidad del ecosistema para adaptarse a la aridificación climática.

En LIFE ADAPT-ALEPPO se han seleccionado ejemplares de pino carrasco de distintas regiones de procedencia, algunas de ellas adaptadas a condiciones más secas y cálidas, y se han plantado en áreas preseleccionadas que serán más adecuadas en el futuro. Esto ayudará a mejorar el conocimiento sobre la respuesta de diferentes poblaciones a las condiciones climáticas esperadas, contribuyendo a crear poblaciones más resilientes a largo plazo.

Así, se han realizado plantaciones en cerca de 60 ha, en 12 rodales distribuidos por las provincias de Zaragoza, Barcelona, Castellón, Valencia y Murcia, se han realizado plantaciones en cerca de 60 ha, escogiendo para cada área de plantación 2 procedencias locales, 2 para escenario moderado y 2 para escenario severo. Además, se han seleccionado especies leñosas acompañantes en base al cortejo florístico de cada bosque de *P. halepensis* en función de las características bioclimáticas de cada zona de actuación.

Implementación de tratamientos selvícolas destinados a mejorar la vitalidad y reducir los efectos de la reducción de la disponibilidad de agua.

Consiste en una serie de tratamientos de selvicultura de base eco-hidrológica, los cuales se centran en gestionar los bosques para mejorar los procesos hidrológicos, promoviendo una mayor infiltración de agua, reduciendo la escorrentía y conservando el suelo.

En LIFE ADAPT-ALEPPO se han implementado prácticas como la reducción moderada de la densidad de árboles, lo que aumenta la cantidad de agua disponible en el sistema y mejora su estado hídrico. Incluso en áreas donde las precipitaciones son más elevadas, este tipo de actuaciones favorece la recarga de acuíferos. Este aumento del estado hídrico del ecosistema impacta en otros factores como el crecimiento y el vigor de los árboles y los rodales, mejora las propiedades del suelo y los ciclos biogeoquímicos, disminuye la sensibilidad a sequía, incrementa la resiliencia de los árboles al clima y reduce el riesgo de incendios forestales por una mayor hidratación del sistema.

Implementación de tratamientos selvícolas para mejorar la heterogeneidad estructural y florística y aumentar la diversidad de las respuestas a las perturbaciones.

El proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO integra en la gestión de los pinares de pino carrasco la máxima de que cualquier tratamiento selvícola de los tradicionalmente aplicados vaya dirigido a provocar un incremento sustancial en la diversidad estructural y/o composicional, tanto a nivel de rodal como a escala de monte o paisaje. Para ello, se han seleccionado una variedad de especies autóctonas que se han integrado junto con el pino carrasco, promoviendo una estructura forestal diversa que incluya diferentes edades y tamaños de árboles. Esto crea un ecosistema más equilibrado y resistente a plagas, enfermedades y eventos climáticos extremos.

Implementación de técnicas de gestión adaptativa para mejorar la resiliencia y la capacidad adaptativa de la regeneración post-incendio de pino carrasco.

En LIFE ADAPT-ALEPPO se han realizado un conjunto de actuaciones selvícolas innovadoras y demostrativas en bosques de pino carrasco de alta densidad afectados por grandes incendios forestales, para mejorar la resiliencia y fomentar la regeneración natural tras nuevas perturbaciones. También se busca aumentar su capacidad adaptativa frente a un escenario de aridificación climática. Para ello, se ha reducido la competencia intraespecífica, favoreciendo la diversificación de las masas desde estadios tempranos de desarrollo.

5.2. ESCENARIOS FUTUROS Y PLANIFICACIÓN ADAPTATIVA

Tal y como se ha indicado en apartados anteriores, se considera necesario el uso de herramientas que permitan prever condiciones futuras de decaimiento, climáticas, etc. y ajustar los planes forestales en consecuencia.

Uno de los objetivos del proyecto LIFE ADAPT-ALEPPO ha sido el desarrollo de un mapa de idoneidad del hábitat e implementación de una herramienta para detectar los procesos de decaimiento mediante teledetección.

Así, se ha desarrollado una herramienta web con el objetivo de presentar y poner a disposición de los usuarios los resultados cartográficos obtenidos por las metodologías de mapeo de la idoneidad del hábitat, y de detección de los procesos de decaimiento, en el contexto del Hábitat de *Pinus halepensis* en la Península Ibérica y las Islas Baleares.

La plataforma ofrece un servicio de visualización, descarga y actualización periódica del diagnóstico. La aplicación consta de un visor en el que el usuario puede seleccionar un área de interés, bien dibujándola manualmente, a partir de una referencia catastral, o adjuntado un archivo de geometría espacial que defina los límites del área deseada. <https://lifeadaptaleppo.agrestaweb.org/>



FIGURA 1. Vista de página principal de la herramienta/visor web de decaimiento

5.3. PRIORIZACIÓN DE ACCIONES

La priorización de acciones enfocadas en la gestión adaptativa de masas forestales es un proceso clave para garantizar la resiliencia de los bosques frente a los desafíos del cambio climático y otras presiones. Este proceso debe basarse en un análisis riguroso de las necesidades, amenazas y oportunidades, y debe ser flexible para ajustarse a las condiciones cambiantes.

A continuación, se presenta una propuesta de priorización de acciones:

ACCIONES PRIORITARIAS DE CORTO PLAZO (1-3 AÑOS)		
AMENAZAS CLIMÁTICAS	OPORTUNIDADES	DESCRIPCIÓN
Reducción de riesgos de incendios	Manejo de combustibles	- Realizar podas, desbroces y quemas controladas en áreas de alto riesgo. - Crear cortafuegos y áreas buffer alrededor de comunidades y ecosistemas críticos.
	Sistemas de alerta temprana	- Implementar tecnologías de monitoreo (drones, satélites) para detectar incendios en etapas iniciales.
	Educación y capacitación	- Capacitar a las comunidades en prevención y respuesta a incendios.
Mejora de la resiliencia hídrica	Captación y almacenamiento de agua	- Construir infraestructuras para captar y almacenar agua de lluvia.
	Riego eficiente	- Implementar sistemas de riego por goteo en áreas de reforestación y restauración.
	Selección de especies resistentes	- Plantar especies nativas adaptadas a condiciones de sequía.
Control de plagas y enfermedades	Monitoreo y detección temprana	- Establecer redes de vigilancia para identificar brotes de plagas.
	Manejo integrado	- Combinar métodos biológicos, químicos y culturales para controlar plagas.

ACCIONES PRIORITARIAS DE MEDIANO PLAZO (3-10 AÑOS)		
AMENAZAS CLIMÁTICAS	OPORTUNIDADES	DESCRIPCIÓN
Diversificación y restauración forestal	Reforestación con especies climáticamente inteligentes	- Introducir especies resistentes al fuego, sequías y plagas.
	Restauración de áreas degradadas	- Recuperar ecosistemas forestales mediante técnicas de siembra directa y regeneración natural asistida.
	Agroforestería	- Integrar árboles en sistemas agrícolas para mejorar la resiliencia del paisaje.
Adaptación de prácticas silvícolas	Selvicultura de precisión	- Utilizar tecnologías como drones y sensores para optimizar el manejo forestal.
	Aclareos selectivos	- Reducir la densidad de árboles para mejorar la resistencia a sequías e incendios.
	Mejora genética	- Desarrollar variedades de árboles con mayor resistencia al estrés climático.
Fortalecimiento de la gobernanza	Planes de gestión adaptativa	- Desarrollar planes flexibles que se ajusten a las condiciones cambiantes.
	Participación comunitaria	- Fomentar la inclusión de comunidades locales en la toma de decisiones.
	Cooperación internacional	- Establecer alianzas para compartir conocimientos y recursos.

ACCIONES PRIORITARIAS DE LARGO PLAZO (MÁS DE 10 AÑOS)		
AMENAZAS CLIMÁTICAS	OPORTUNIDADES	DESCRIPCIÓN
Conservación de la biodiversidad	Protección de áreas críticas	- Establecer corredores biológicos y áreas protegidas para conservar la biodiversidad.
	Manejo de especies clave	- Proteger especies que desempeñan roles ecológicos esenciales (especies ingenieras, polinizadores, etc.).
Mitigación del cambio climático	Secuestro de carbono	- Promover prácticas que aumenten la captura de carbono, como la reforestación y la gestión sostenible.
	Reducción de emisiones	- Minimizar la deforestación y degradación forestal mediante políticas y prácticas sostenibles.
Investigación y desarrollo continuo	Estudios a largo plazo	- Monitorear los impactos de las acciones de gestión adaptativa y ajustar las estrategias según sea necesario.
	Innovación tecnológica	- Desarrollar nuevas herramientas y técnicas para la gestión forestal adaptativa.

En cuenta a los criterios de priorización para actuar, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- **Urgencia:** Acciones que aborden amenazas inmediatas, como incendios y sequías.
- **Impacto:** Medidas que tengan un efecto significativo en la resiliencia forestal y el bienestar humano.
- **Viabilidad:** Acciones que sean técnicamente factibles y cuenten con recursos disponibles.
- **Participación:** Iniciativas que involucren a los actores locales y otros actores clave.

6. ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS CLAVE

1. **Adaptación al Cambio Climático:** Estrategias para reducir la vulnerabilidad de los ecosistemas y las comunidades a los efectos del cambio climático, mediante la planificación y manejo forestal adaptativo.
2. **Biodiversidad:** Variedad de especies, genes y ecosistemas presentes en una región, clave para la estabilidad y resiliencia de los ecosistemas forestales.
3. **Cambio Climático:** Alteraciones significativas y duraderas en los patrones climáticos globales y regionales, principalmente causadas por actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación.
4. **Corredores Biológicos:** Áreas naturales que conectan fragmentos de bosque para facilitar la migración de especies y mejorar la biodiversidad.
5. **Eco-hidrología:** Disciplina que estudia la relación entre el agua y los ecosistemas para optimizar la gestión forestal y mejorar la retención hídrica.
6. **Escenarios Climáticos:** Proyecciones del clima futuro basadas en modelos climáticos que permiten anticipar impactos y planificar respuestas.
7. **Gestión Adaptativa:** Enfoque dinámico y flexible que busca ajustar las prácticas de manejo forestal para responder a los impactos actuales y futuros del cambio climático, basado en el monitoreo continuo y la adaptación de estrategias.
8. **Infraestructura Verde:** Conjunto de áreas naturales y seminaturales diseñadas para mejorar la conectividad ecológica y los servicios ecosistémicos.
9. **Manejo de Combustibles Forestales:** Reducción de la biomasa inflamable en los bosques a través de podas, desbroces y quemas controladas para disminuir el riesgo de incendios.
10. **Manejo Integrado de Plagas:** Estrategia que combina métodos biológicos, químicos y culturales para el control de plagas forestales minimizando el impacto ambiental.
11. **Migración Asistida:** Introducción de especies adaptadas a condiciones climáticas futuras para mejorar la resiliencia de los bosques.
12. **Mitigación del Cambio Climático:** Acciones dirigidas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la captura de carbono mediante la reforestación y gestión sostenible de los bosques.
13. **Monitoreo Forestal:** Uso de tecnologías como teledetección, drones y sensores para evaluar la salud de los bosques y detectar amenazas climáticas.
14. **Planes de Gestión Forestal Adaptativa:** Estrategias de manejo flexible basadas en escenarios climáticos futuros y análisis de vulnerabilidad.

15. **Resiliencia Ecosistémica:** Capacidad de un ecosistema para resistir y recuperarse de perturbaciones como incendios, sequías y plagas, asegurando su estabilidad a largo plazo.
16. **Restauración Ecológica:** Recuperación de ecosistemas degradados mediante la plantación de especies autóctonas y la mejora de la estructura y función del bosque.
17. **Selvicultura Adaptativa:** Prácticas de manejo forestal que buscan mejorar la resiliencia de los ecosistemas ante el cambio climático mediante la diversificación de especies, reducción de densidad forestal y uso de técnicas eco-hidrológicas.
18. **Servicios Ecosistémicos:** Beneficios proporcionados por los ecosistemas, como la captura de carbono, regulación del agua, polinización, producción de madera y recreación.
19. **Teledetección:** Uso de imágenes satelitales y sensores remotos para evaluar la cobertura forestal, la salud de los árboles y los cambios en los ecosistemas.
20. **Zonificación Forestal:** Clasificación del territorio forestal en función de su vulnerabilidad y uso, para mejorar la planificación de la gestión adaptativa.

ANEXO 2. RECURSOS DISPONIBLES

BASES DE DATOS Y RECURSOS DISPONIBLES EN INTERNET	
AdapteCCa	https://adaptecca.es/
Visor de escenarios de cambio climático	https://escenarios.adaptecca.es/
IPCC	https://www.ipcc.ch/
Atlas interactivo IPCC	https://interactive-atlas.ipcc.ch/
Copernicus C3S	https://climate.copernicus.eu/
Imágenes satélite	https://earthengine.google.com/timelapse/
Fuentes de datos satelitales	https://earthobservatory.nasa.gov/ https://resourcewatch.org/ https://worldview.earthdata.nasa.gov/
Fuentes de datos climáticos	https://interactive-atlas.ipcc.ch/ https://www.iea.org/ https://scholar.google.com/ https://www.aemet.es/
IGN	https://www.ign.es
Censo de población y vivienda	https://www.ine.es
Censo agrario	https://www.ine.es/censoagrario2020
Catastro	https://www.sedecatastro.gob.es/
Andalucía	https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/web/cambio-climatico
Canarias	https://www.gobiernodecanarias.org/cambioclimatico/
Cataluña	https://canviclimatic.gencat.cat/es/inici/
Euskadi	https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco/cambio-climatico/
Galicia	https://cambioclimatico.xunta.gal/emisions-dos-gases-de-efecto-invernadoiro-en-galicia
Madrid	https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/cambio-climatico
Navarra	https://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Cambio+climatico/
Comunitat Valenciana	https://agroambient.gva.es/es/web/cambio-climatico/missio-adaptacio-canvi-climatic
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) 2021-2030	https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/pnacc-2021-2030_tcm30-512163.pdf
Programa de Trabajo 2021-2025 del PNACC	https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/PT1-PNACC.pdf



LIFE ADAPT-ALEPPO (LIFE20 CCA/ES/001809)

"ADAPTIVE MANAGEMENT OF MEDITERRANEAN PINUS HALEPENSIS FORESTS IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE"

GUÍA TÉCNICA



EVALUACIÓN DE NECESIDADES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ADAPTATIVA AL CAMBIO CLIMÁTICO



Universitat
de Lleida



Universidad de
Castilla-La Mancha



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA