RESÚMENES PARA POLÍTICOS Y GESTORES LIFE ADAPTAMED

ACCIONES C1, C2, C3, C4, C5 Y C6

LIFE ADAPTAMED (LIFE14 CCA/ES/000612)

Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible

LIFE ADAPTAMED. LIFE14 CCA/ES/000612

PROTECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE AMENAZADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO MEDIANTE GESTIÓN ADAPTATIVA DE SOCIOECOSISTEMAS MEDITERRÁNEOS

Producto entregable asociado a las acciones C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

Resumen para gestores y políticos de las principales recomendaciones y conclusiones obtenidas en las acciones C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

Beneficiario coordinador:

- Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (Junta de Andalucía).

Beneficiarios asociados:

- Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía
- Universidad de Almería
- Universidad de Granada
- Estación Biológica de Doñana (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Centro de Cooperación para el Mediterráneo)
- Parque de las Ciencias de Andalucía

Confinanciador: Aguas de Font Vella y Lanjarón S.A.

Como citar: Cano-Manuel, F.J., Barea-Azcón, J.M., Aspizua, R., Cabello, F.J., Janss, G.F.E., Santamaría, L. y Zamora, R. 2022. *Resumen para gestores y políticos de las principales recomendaciones y conclusiones obtenidas en las acciones C1, C2, C3, C4, C5 y C6 del proyecto Life Adaptamed.* Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible (Junta de Andalucía), 14 pp.

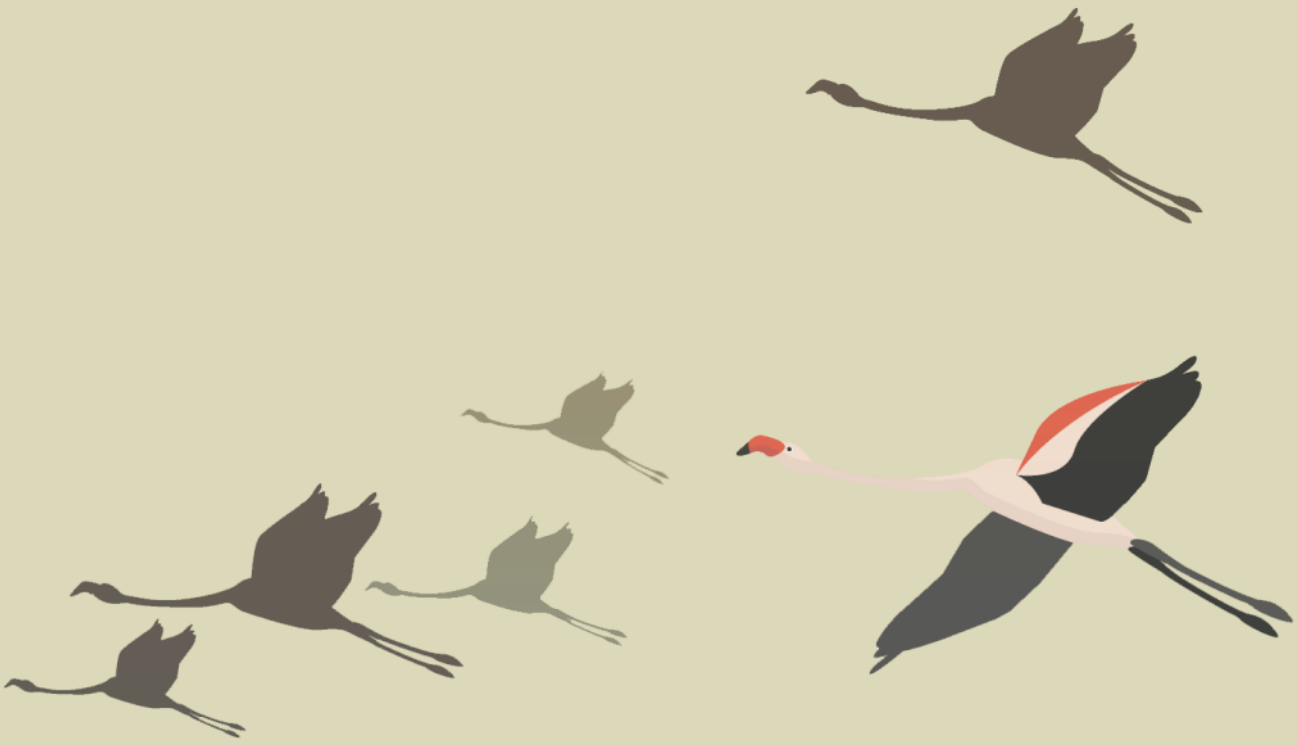
Duración: julio 2015/diciembre 2021.

Presupuesto elegible: 5.454.456 euros.

Contribución de la Comisión Europea: 3.234.049 euros (59,29%).

Página web: www.lifeadaptamed.eu

Acción	Resumen para políticos y gestores	*Página*
Acción C1	A. Gestión adaptativa de los pinares mediterráneos andaluces frente al cambio global	*1*
Acción C2a	B. Gestión de formaciones de alcornocal y matorral mediterráneo de Doñana	*3*
Acción C2b	C. Control de la *Phytophthora cinnamomi* en el alcornoque (*Quercus suber*)	*4*
Acción C3	D. Gestión de matorrales arbustivos de *Z. lotus*: un ecosistema dependiente de aguas subterráneas	*5*
Acción C4	E. Manejo y conservación de suelos en zonas áridas para asegurar la provisión de servicios ecosistémicos clave	
Acción C5	F. Gestión adaptativa para la protección de servicios ecosistémicos ante el cambio climático en matorrales de alta montaña mediterránea	*10*
Acción C6	G. Recomendaciones de gestión de los robledales de Sierra Nevada	*13*



A. GESTIÓN ADAPTATIVA DE LOS PINARES MEDITERRÁNEOS ANDALUCES FRENTE AL CAMBIO GLOBAL

Problemática actual

- Los pinares mediterráneos andaluces agrupan un variado elenco de masas forestales caracterizadas por diferentes especies de pino, que tienen un origen tanto natural como artificial, y que presentan una gran variabilidad en función de las condiciones locales de suelo, altitud, insolación o precipitación.
- Dentro de este grupo, aparecen los pinares de repoblación, que constituyen masas artificiales que se encuentran en diferentes estadios de integración ecológica y se caracterizan por una elevada homogeneidad debido a su coetaneidad y distribución regular. Estas formaciones presentan baja diversidad estructural, a menudo carecen de sotobosque o éste es escaso y poco diverso. La baja biodiversidad condiciona la funcionalidad del ecosistema y su capacidad de adaptación, incrementando su vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático.

Vulnerabilidad

- Las principales amenazas están relacionadas con las variaciones climáticas que se manifiestan en sequías recurrentes y en la aparición de fenómenos extremos. Todo ello es coadyuvante para la aparición de grandes incendios y la proliferación de nuevas plagas y enfermedades emergentes.

Servicios de abastecimiento	Servicios de regulación	Servicios culturales
Los pinares siempre han constituido una fuente de recursos de primer orden, principalmente de materias primas y combustibles. Destacan la provisión de madera, leñas, resinas, hongos, pastos y producción ganadera y cinegética.	Constituyen servicios inmateriales que se traducen en beneficios directos para la sociedad. Destaca la fijación de CO_2 atmosférico, la mejora de la calidad del aire y generación de O_2, la regulación del ciclo hidrológico o la retención de suelo.	Constituidos por servicios inmateriales asociados con la valoración humana de los mismos. Destacan el uso recreativo y de esparcimiento, así como un amplio abanico de usos relacionados con las actividades científicas y educativas.

■ **Servicios ecosistémicos de los pinares andaluces.**

Buenas prácticas de gestión: selvicultura adaptativa

1 La selvicultura adaptativa para el cambio climático se define como el conjunto de iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas forestales, garantizar su conservación, aumentar su capacidad de resistencia y resiliencia, y asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos ante escenarios de cambio. Las propuestas más generales definen las actuaciones de selvicultura adaptativa a lo largo de un gradiente de intervención, incluyendo, desde la no acción, la resistencia, la resiliencia, hasta la transición.

2 La selvicultura adaptativa de pinares debe aunar los principios propios de la selvicultura clásica como persistencia, perpetuación y mejora de los sistemas forestales, garantía de sostenibilidad ecológica y económica de la gestión, multifuncionalidad y maximización de servicios y bienes, con las dificultades inherentes a la adaptación de los sistemas forestales al cambio climático.

3 La selvicultura adaptativa de pinares implica el reforzamiento y conservación de masas naturales junto con la naturalización de las repoblaciones, buscando la disminución de la densidad del arbolado cuando ésta sea excesiva mediante claras de intensidad media y alta, siempre que la estabilidad de la masa lo permita, para aumentar la heterogeneidad estructural y la resiliencia del arbolado remanente.

4 La selvicultura del carbono hace referencia a aquellas actuaciones que tienen como objetivo optimizar la fijación de carbono de los ecosistemas forestales dentro de una gestión forestal sostenible, que permite alcanzar el objetivo mitigador del ecosistema. Un elemento indispensable para lograr el objetivo mitigador de los ecosistemas es conocer las existencias de carbono presentes en el mismo.

5 La selvicultura adaptativa necesita de modelos con base ecofisiológica, que incluyan aspectos clave como la biomasa y la biodiversidad, para poder diseñar escenarios de gestión que, incorporando los complejos objetivos actuales de multifuncionalidad y protección de servicios ecosistémicos, junto con la incertidumbre existente, puedan orientar su actuación.

6 El debilitamiento estructural de las masas de pinares mediterráneos condiciona cualquier actuación. Aunque la selvicultura indica cómo realizar ciclos de claras para las distintas especies, la situación de partida puede hacer desaconsejable esta orientación. Por todo ello, consideramos la necesidad de implementar una selvicultura adaptativa que debe basarse en tratamientos flexibles, tanto en escala temporal como espacial, orientados a aumentar el vigor del arbolado y su capacidad para afrontar plagas, enfermedades y episodios de estrés hídrico o de otra naturaleza.

Conclusiones

- La adaptación de pinares mediterráneos, como actividad programada y anticipadora, no debe tener como objetivo perpetuar el estado actual del sistema, sino llevarlo a aquel estado en el que el sistema esté lo mejor ajustado posible a las nuevas condiciones ambientales, manteniendo un funcionamiento adecuado y garantizando en la medida de lo posible la provisión de los bienes y servicios asociados.

- Para ello se propone una selvicultura adaptativa definida a lo largo de un gradiente de intervención, orientada a la resistencia, a la resiliencia o incluso a la transición de la masa allí donde sea necesario, partiendo del análisis de las condiciones particulares de cada tipo de sistema forestal y teniendo en cuenta a la hora de diseñar los tratamientos aspectos como los objetivos de gestión, la estructura, la dinámica y la funcionalidad. Los modelos con base ecofisiológica permiten diseñar las cortas de manera que mejore el balance entre la disponibilidad del agua, la fijación de carbono, y la protección del suelo, teniendo en cuenta los escenarios actuales y futuros.

B. GESTIÓN DE FORMACIONES DE ALCORNOCAL Y MATORRAL MEDITERRÁNEO DE DOÑANA

- **Promover el desarrollo de montes más heterogéneos estructural y espacialmente, más diversos en composición específica y menos vulnerables a las perturbaciones.**
- **Facilitar el reclutamiento mediante actuaciones de primor en localidades favorables (disponibilidad de agua y suelos), el uso de estructuras nodriza y la reducción de la sobreherbivoría.**
- **Utilizar acciones adaptativas, diseñadas para evitar efectos sin retorno y resolver las incertidumbres existentes, con objetivos claros evaluados periódicamente en base a los resultados de un programa de monitoreo.**

1 Promover la heterogeneidad y la diversidad

Para favorecer la adaptación de estos ecosistemas forestales al cambio climático y revertir los procesos históricos de degradación, es necesaria una gestión ecosistémica enfocada en el incremento de la heterogeneidad y la diversidad tanto de los elementos forestales como de la fauna y flora asociada, que dependen de ellos y a la vez los sustentan. Una selvicultura abierta y próxima a la naturaleza, que fomente los procesos naturales, evite grandes obras y las sustituya por actuaciones de primor, menos impactantes y con mayor capacidad de adaptación a condiciones desfavorables, favorece esta potencialidad intrínseca y posibilita respuestas adaptativas esenciales para que estos ecosistemas forestales sean menos vulnerables.

La heterogeneidad mencionada debe ser entendida en sentido amplio, incluyendo una diversificación de las edades, estructuras y tipos de reproducción; así como el fomento de la diversidad de especies y microhabitats, asociada a un abanico mayor de usos regulados para asegurar la provisión sostenible de los diferentes servicios ecosistémicos. Esto exige renunciar al uso de criterios de la selvicultura clásica enfocados a favorecer masas homogéneas en su distribución espacial, estructura, tamaño y composición de edades; y reconsiderar de forma crítica algunos aprovechamientos tradicionales (como la ganadería y apicultura), ajustando su intensidad y diseño a la capacidad de carga de los ecosistemas.

2 Facilitar el reclutamiento

Un elemento clave para revertir los procesos históricos de degradación del alcornocal y matorral noble de Doñana es un manejo forestal enfocado a asegurar el reclutamiento y rejuvenecimiento del estrato arbóreo, potenciando la longevidad de los reproductores aún presentes y la generación de heterogeneidad en el estrato arbustivo, que facilite la creación y ocupación de nichos de reclutamiento forestal. Para ello, es imprescindible reducir la presión de herbivoría, mediante la combinación de medidas locales de corta duración (exclusiones para favorecer la creación de 'puntos calientes' de reclutamiento e 'islas de diversidad', utilizando plantaciones de primor) y otras de mayor duración y escala (reducción y/o rotación de la presión ganadera, combinada con una gestión proactiva de las poblaciones de ungulados silvestres basada en modelos demográficos y de dinámica planta herbívoro). Estas prácticas pueden complementarse con el desarrollo de técnicas más detalladas para las plantaciones de primor, que incorporen la identificación de microhábitats y periodos propicios para el reclutamiento e identifiquen diseños adecuados de estructuras y/o plantas nodriza.

3 Utilizar diseños adaptativos

La gestión activa en colaboración (co-gestión adaptativa) establece un escenario de gestión que acepta las incertidumbres inherentes a la toma de decisiones en la gestión de los recursos y procesos naturales. Para ello, enmarca explícitamente sus decisiones en un marco de aprendizaje compartido basado en la continua evaluación y modificación del conocimiento. El objetivo es establecer una dinámica de gestión en continua actualización que permita evaluar las alternativas más robustas, evitando ejecutar intervenciones que puedan desencadenar efectos sin retorno, y buscando explícitamente combinar la acción eficiente con el aprendizaje efectivo. Establecer un proceso de gestión adaptativa implica introducir procedimientos que faciliten el aprendizaje, el entendimiento y una colaboración constructiva de y entre todos los actores implicados en la gestión ('stakeholders'). Los procesos de decisión deben ser, por ello, participativos y deben apoyarse en procedimientos que aseguren la transparencia y el acceso equitativo de todos los actores a todo el conocimiento y los datos disponibles.

C. CONTROL DE LA *PHYTOPHTHORA CINNAMOMI* EN EL ALCORNOQUE (*QUERCUS SUBER*)

- **Tomar medidas para evitar su dispersión desde zonas afectadas, enmarcadas en un marco de gestión que aumenten la resiliencia ante las perturbaciones y el impacto del cambio climático.**
- **Utilizar medidas de control ajustadas a las características de la masa, incluyendo las aplicaciones de Fosetil-Aluminio inyectado en el tronco para reducir el impacto sobre los árboles afectados.**
- **Mantener un programa de vigilancia que permite identificar nuevos focos de infección y evaluar periódicamente las acciones realizados en un marco de gestión adaptativa.**

1 Control de la dispersión y aumento de la resiliencia

El cambio climático incrementa la incidencia e impacto de las plagas y enfermedades como el causado por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* sobre el alcornoque, especie clave en las formaciones forestales mediterráneas. Dado que muchas de plagas y enfermedades se favorecen entre sí, se multiplica la vulnerabilidad de las formaciones forestales actuales. El control y la dispersión de la *P. cinnamomi* empieza con un mapeo preciso de su distribución local. En las zonas afectadas, deben evitarse el laboreo del suelo, asegurar un buen drenaje del suelo y evitar cargas ganaderas altas. Asimismo, hay que limitar el tránsito de personas, vehículos, maquinaria y animales desde zonas donde exista *P. cinnamomi*. Para ello, los accesos deben realizarse previa limpieza (desinfestación) de calzado, aperos, y ruedas de vehículos y maquinaria. Por último, de modo general, en cualquier zona forestal se debe evitar el cultivo, plantaciones y reforestaciones de plantas y cepellones hospedantes del patógeno, y de cualquier otra especie exótica.

Estas medidas de control deberían enmarcarse en una gestión ecosistémica basada en el incremento de la heterogeneidad y la diversidad de las formaciones forestales, imprescindible para fomentar la resiliencia frente a las perturbaciones. La heterogeneidad mencionada debe ser entendida en sentido amplio, incluyendo la diversificación estructura espacial, vertical y de edades de las diferentes especies forestales, y fomentando al tiempo la diversidad de especies y hábitats asociadas a ellas. Una selvicultura que fomente la heterogeneidad y los procesos naturales, asociada a un abanico de usos que respeten cuidadosamente la sostenibilidad de las funciones y servicios ecosistémicos, resultará en una mayor capacidad de adaptación de los ecosistemas forestales a condiciones desfavorables y posibilitará respuestas adaptativas esenciales para reducir su vulnerabilidad ante enfermedades y plagas.

2 Tratamiento de control con Fosetil-Aluminio

El control de *P. cinnamomi* es complicado debido a la longevidad de sus esporas de resistencia en el suelo y a que densidades de inóculo bajas en el suelo (>61 ufc/g) son suficientes para producir infecciones que desencadenan los síntomas de la enfermedad cuando las condiciones ambientales son adecuadas. Los ensayos con Fosetil-Aluminio inyectado en el tronco han dado resultados positivos. Este tratamiento no impide una posible infección de las raíces, aunque hay indicios de que puede reducir la incidencia en la rizosfera y aumentar los mecanismos naturales de defensa del árbol, inhibiendo el crecimiento del patógeno. Es necesario que vayan acompañadas por un seguimiento que evalúa los efectos a largo plazo que actualmente se desconocen.

3 Vigilancia y seguimiento periódico

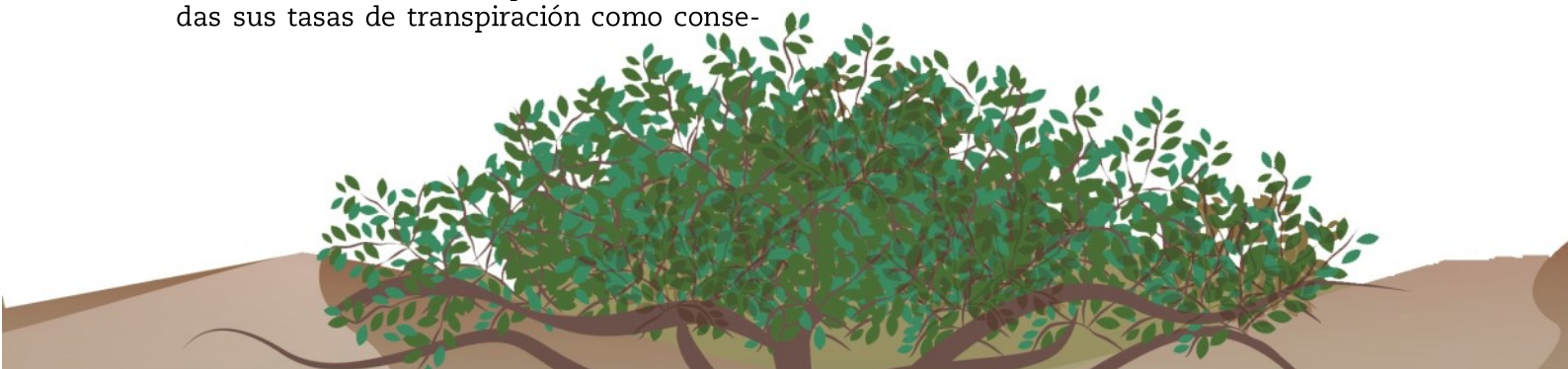
El seguimiento del estado de salud de los alcornoques puede basarse en la valoración periódica del estado foliar y la mortalidad de una muestra de individuos. La identificación de la presencia de *P. cinnamomi* debe realizarse utilizando muestreos regulares de suelo y raíz, que permitan la detección mediante cultivos de laboratorio. Este seguimiento debe representar un elemento esencial de las actuaciones de prevención y control de esta plaga exótica, utilizándola de forma proactiva para evaluar y refinar dichas actuaciones, mejorando su eficacia y corrigiendo efectos inesperados o contraintuitivos. Para ello, recomendamos incluir dichas actuaciones en un marco de co-gestión adaptativa, que establezca un escenario de gestión que acepte las incertidumbres inherentes a la toma de decisiones e introduzca procedimientos que faciliten el aprendizaje, el entendimiento y una colaboración constructiva de y entre todos los actores implicados en la gestión ('stakeholders').

D. GESTIÓN DE MATORRALES ARBUSTIVOS DE *Z. LOTUS*: UN ECOSISTEMA DEPENDIENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Problemática actual

Z. lotus es un arbusto propio de las zonas áridas de la cuenca mediterránea, cuyo límite septentrional se encuentra principalmente en el sureste árido ibérico, aunque también alcanza las llanuras semiáridas de Chipre, y muy puntualmente, algunos enclaves de Sicilia. Se trata de una especie ingeniera del ecosistema que da lugar a formaciones de matorrales arbustivos dispersos (azufaifares), considerados por la Comisión Europea como un hábitat prioritario para conservación. Esta condición de prioridad obedece al reducido rango y área de distribución que presenta en el ámbito de la Red Natura 2000, las presiones y amenazas a las que se ve sometido, y a su carácter de especie relicta en el continente europeo. Las formaciones de *Z. lotus* han experimentado en las últimas décadas un gran retroceso en toda Europa, pero particularmente en el sureste ibérico, como consecuencia de los cambios de uso del suelo , a lo que también hay añadir el impacto del cambio climático. La sinergia entre ambos impulsores de cambio global supone una grave amenaza a este ecosistema, dada la condición de freatófito facultativo de *Z. lotus*.

1. La expansión de la agricultura intensiva y la urbanización han supuesto una reducción y fragmentación extrema del hábitat, que actualmente ocupa en el sureste ibérico sólo el 5% de lo que ocupaba hace tan sólo 60 años. Esta presión es de particular importancia, ya que las investigaciones realizadas hasta el momento muestran que los cambios de uso del suelo representan un obstáculo a la llegada de polinizadores, una reducción de la capacidad de dispersión de los propágulos. La eliminación de individuos adultos reproductivos y de lugares apropiados para el reclutamiento. Además, la sobreexplotación de los acuíferos está alterando las masas de agua subterránea de las que depende el hábitat. Junto a estas presiones tradicionales, el desarrollo de grandes extensiones de plataformas solares puede suponer una grave amenaza, justo en aquellos lugares que no han sido destinados a la agricultura intensiva.
2. El aumento de las temperaturas durante el verano provoca un aumento de las necesidades hídricas de *Z. lotus*, que ve incrementadas sus tasas de transpiración como consecuencia, a su vez, del alza de la demanda evaporativa de la atmósfera. Por otro lado, tanto la ocupación del territorio por superficies invernadas, como la torrencialidad de las lluvias, están disminuyendo la recarga de los acuíferos sobre los que se asientan los parches del ecosistema que aún quedan en el sureste ibérico. Ello no sólo tiene consecuencias sobre la disminución de la disponibilidad de agua para estos arbustos, sino también sobre la captación de nutrientes de las capas superiores del suelo por sus raíces. En la medida en que se deseca el suelo, los azufaifos se ven obligados a movilizar más agua de las capas profundas de la zona vadosa o incluso del acuífero, lo que implica una menor movilización de nutrientes. Además, en condiciones de sequedad la microbiota del suelo pierde capacidad para el ciclado de nutrientes. Ambos procesos afectan a la capacidad de los parches de azufaifar de actuar como islas de fertilidad en el paisaje árido.
3. La presencia de especies invasoras puede llegar a ser relevante en algunas localizaciones del ecosistema. Este es el caso del azufaifar de la llanura litoral del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, la mejor muestra del ecosistema en todo el continente europeo. En esta llanura, los cultivos industriales de *Agave fourcroydes* y *A. sisalana*, abandonados a mitad del siglo pasado, tienen un comportamiento invasivo en las zonas de arenas, lo que ha dado lugar a áreas de muy elevada densificación de estas especies de metabolismo crasuláceo (CAM). El resultado es una profunda modificación de la estructura del ecosistema, y la desecación de las capas más superficiales del suelo, lo que afecta directamente a la diversidad y abundancia de la fauna estepárica y las especies de matorral de raíces poco profundas. Se ha descrito la presencia de otras especies invasoras como *Pennisetum setaceum* y *Lantana camara*, en los azufaifares de Sicilia y Chipre, lo que pone de manifiesto que el riesgo de invasiones biológicas tiene carácter regional.



Recomendaciones de gestión

Con el objetivo de avanzar en la protección y mejora de la resiliencia del azufaifar y los servicios ecosistémicos que provee, proponemos acciones de gestión que integran los conocimientos adquiridos durante el desarrollo del proyecto y los resultados de investigaciones paralelas.

1 Acciones de conservación en el marco de la Directiva Marco de Aguas

La identificación de vegetación dependiente de aguas subterráneas cuando no existe presencia de agua en superficie es particularmente difícil. Esta dificultad contrasta con la urgente necesidad de identificar e inventariar los ecosistemas superficiales asociados a las masas de agua subterránea para tomar medidas de conservación. La confirmación de que *Z. lotus*, un freatófito facultativo que da lugar a un ecosistema dependiente de aguas subterráneas, debería conducir a la creación de planes de conservación y gestión también en el marco de la Directiva Marco de Aguas de la Unión Europea, además de en la Directiva Hábitats (92/43/CEE). Dado que la conservación de este hábitat prioritario depende de la integridad de las aguas subterráneas, los descensos locales del nivel freático debidos a la creciente actividad agrícola, o la consiguiente intrusión de agua de mar, un proceso irreversible a corto plazo, podría llevar a este ecosistema a un colapso local. Estos planes deberían extenderse más allá de los límites del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar, para garantizar la integridad de las aguas subterráneas donde se encuentran las principales poblaciones de *Z. lotus*. Resulta urgente caracterizar el grado de dependencia de los acuíferos de los parches de azufaifar que aún persisten en el sureste ibérico, para establecer medidas adecuadas de gestión de los acuíferos en un área caracterizada por la sobreexplotación de las masas de agua subterránea.

2 Reforestación

La tasa general de supervivencia de los plantones instalados durante el proyecto ha sido bastante baja, lo que está directamente relacionado con las condiciones de aridez y la dificultad de dichos plantones para acceder al agua subterránea, sobre todo durante el verano. Los moderados índices de supervivencia obtenidos durante el primer año indican que el riego que se les proporcionó el primer verano fue positivo para la supervivencia de muchos de estos, pero no lo suficiente como para que adquirieran la necesaria biomasa de raíces para alcanzar capas de suelo más profundas y húmedas. Proponemos que en futuras plantaciones de *Z. lotus* se seleccionen plantones de al menos 3 savias, con raíces bien desarrolladas. Además, deberían ser plantados a una profundidad de al menos 15 cm, para minimizar los efectos de la desecación de las primeras capas del suelo y facilitar que alcancen capas húmedas, así como eliminar periódicamente las plántulas que surjan en su cercanía para evitar competencia. Este procedimiento requerirá destinar una importante cantidad de recursos en realizar una plantación con estas características y un mantenimiento posterior (eliminación de plántulas competidoras y riegos estivales) más controlado.

3 Vigilancia y seguimiento periódico de especies invasoras

Los métodos de extracción mecánica empleados para la eliminación de los agaves han sido muy efectivos, por su reducido coste y la rápida recuperación de los matorrales y pastizales tras la intervención con maquinaria pesada. Sin embargo, una vez realizada esta acción, conviene poner el foco en el control en el medio y largo plazo de los rebrotes de las especies invasoras. Las acciones de seguimiento realizadas indican que el mecanismo de propagación más efectivo para la invasión de *A. fourcroydes* y *A. sisalana* es la producción de brotes a partir de rizomas y estolones, que vuelven a colonizar el hueco dejado por los adultos sólo un año después de su eliminación. De acuerdo con ello, los esfuerzos deberían centrarse en eliminar dichos brotes, más que en la eliminación de grandes individuos reproductores (dado que morirán tras florecer) o en la recolección de bulbillos (con muy baja probabilidad de enraizar y sobrevivir en condiciones tan áridas). La recuperación de la fauna (aves e insectos del suelo) casi inmediatamente tras la retirada de los agaves, justifica que el control de estas especies invasoras sea una técnica de gestión adecuada para el conjunto del ecosistema.

4 Mantener y crear islas de biodiversidad para apoyar la producción agrícola sostenible

A lo largo del proyecto hemos podido constatar que los matorrales de *Z. lotus* albergan una destacada diversidad de entomofauna útil para la agricultura. De acuerdo con ello, puede ser particularmente útil revelar ante la sociedad local este importante servicio ecosistémico con el objetivo de crear y mantener parches de hábitat en un área en la que la expansión agrícola representa una amenaza persistente. En efecto, en el dosel de las formaciones arbustivas hemos encontrado una alta abundancia de especies auxiliares para combatir las plagas agrícolas más comunes, como el trips de las flores (*Frankliniella occidentalis*) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Esto supone que el mantenimiento de islas de vegetación natural con *Z. lotus* entre el paisaje agrícola, constituye una potente herramienta ecológica que mejora, a largo plazo, el control biológico natural, y en última instancia, reduce la entrada de plagas al interior de los invernaderos.

5 Narrativas de servicios ecosistémcios para la valorización del ecosistema ante la sociedad

La experiencia adquirida en la identificación y divulgación de los servicios ecosistémicos a partir del estudio de las características funcionales de *Z. lotus*, nos lleva a proponer el fomento de narrativas sobre el ecosistema basadas en la investigación y la transferencia del conocimiento científico, como una importante medida para la conservación del ecosistema en un paisaje muy antropizado. Las acciones de divulgación pueden ayudar a comprender la importancia de la conservación de los azufaifares y del cambio climático sobre los ecosistemas áridos. Una ejemplo de ello, es la “ruta de cambio climático”, un sendero dotado de información sobre las funciones y servicios de los azufaifares que discurre por la llanura litoral del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Dicha ruta ha sido diseñada para mostrar a la sociedad el valor de *Z. lotus* como indicador del impacto del cambio climático sobre los acuíferos, y ha sido bien recibida por las empresas ecoturísticas locales, que ya la tienen bajo explotación.

E. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN ZONAS ÁRIDAS PARA ASEGURAR LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CLAVE

Problemática actual

La capacidad de los suelos de proveer servicios ecosistémicos depende de los controles ambientales que actúan sobre el territorio (tanto en el presente como en el pasado), y de las decisiones de manejo. Estas decisiones son particularmente importantes en zonas áridas, donde una mala gestión del suelo da lugar a severos procesos de desertificación, mientras que, por el contrario, hacer esfuerzos para recuperar áreas degradadas puede tener un gran impacto positivo en la mitigación del cambio climático. Dada la enorme importancia global que tienen las zonas áridas, es extremadamente importante, comprender la forma en que los suelos de estas zonas responden a este tipo de decisiones.

Un aspecto clave para entender el papel del suelo en la provisión de servicios ecosistémicos es comprender el efecto que tienen los procesos ecológicos y socioculturales sobre funciones ecosistémicas clave, como la regulación del ciclo hidrológico, el secuestro de carbono, o el mantenimiento de la biodiversidad. Ello implica, explorar tanto el papel de la rizosfera y los microorganismos, como el de la presencia de estructuras de conservación del suelo, como los muros de piedra seca (balates), el laboreo o la siembra de cubiertas vegetales, sobre dichas funciones. La cobertura y distribución de la vegetación tiene un gran impacto sobre la variabilidad espacial de la materia orgánica y la biodiversidad del suelo. Por otro lado, la estructura y textura del suelo es uno de los principales controles sobre su capacidad de retención hídrica. Las acciones desarrolladas han tenido como fin evaluar el efecto sobre la provisión de tres servicios ecosistémicos clave (almacenamiento de carbono en el suelo, disponibilidad de agua para las plantas, y mantenimiento de hábitat para la biodiversidad) de tres decisiones de manejo en cultivos de zonas áridas: restauración de terrazas de cultivo, laboreo de baja intensidad, y siembra de cubiertas verdes. El desarrollo de experiencias de este tipo puede conducir al diseño de nuevas y mejores prácticas de gestión de los agroecosistemas mediterráneos tradicionales, tanto si se persigue incrementar su papel en la mitigación del cambio climático, como desarrollar prácticas de cultivo que requieran menos agua y contribuyan al mantenimiento de la biodiversidad.

Detener y revertir la degradación del suelo es una prioridad para la transición hacia la sostenibilidad, pero ello requiere la aplicación de una diversidad de enfoques adecuados según el tipo, la extensión y el grado de degradación del suelo. Los cultivos abandonados representan, en este sentido, un elemento del paisaje que debe ser bien gestionado para asegurar el mantenimiento de funciones y servicios ecosistémicos esenciales. Tras el abandono agrícola en áreas de montaña de zonas áridas, se produce una degradación de los muros de piedra (balates) que sostienen las terrazas de cultivo, lo que da lugar a procesos de degradación del suelo que pueden llegar a ser irreversibles. Por otro lado, una vez estabilizadas las laderas, se producen procesos de matorralización que pueden incrementar el carbono almacenado, pero por contra, disminuir la capacidad de recarga de agua del suelo. En el caso contrario, la conversión en cultivos de secano de zonas naturales incrementa la recarga de agua, pero reduce el almacenamiento de carbono, mientras que los cultivos de regadío reducen la provisión de ambos servicios.

Recomendaciones de gestión

1 Restauración de muros de piedra para evitar la degradación de suelos asociados a antiguas terrazas de cultivo e indicadores de seguimiento

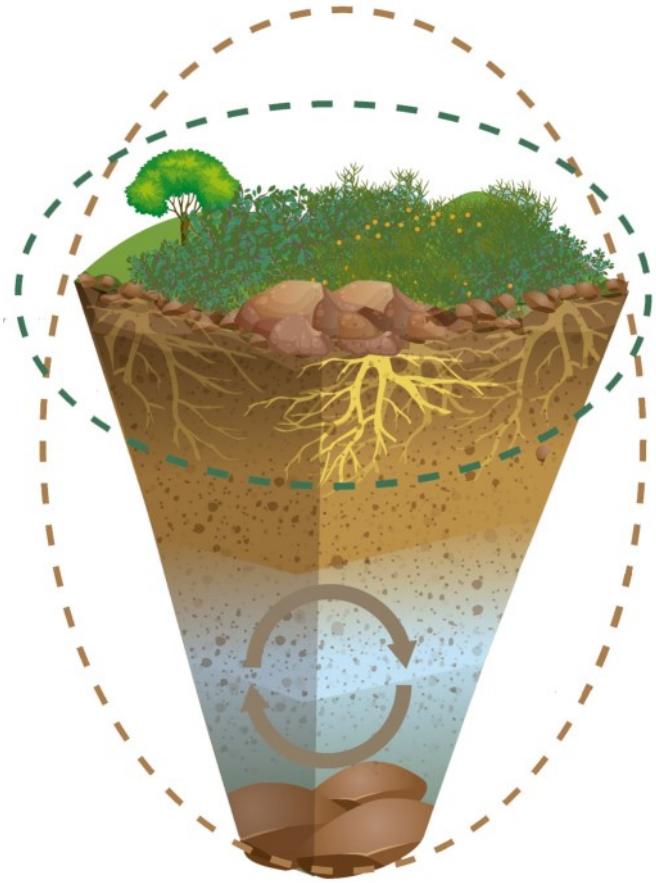
Los balates son muros de contención construidos en piedra seca para la creación de bancales que eran regados por gravedad o inundación. Cumplen además la función de servir de defensa contra las escorrentías y la degradación del suelo, además de servir de refugio a fauna en sus oquedades. Los trabajos realizados muestran que la reconstrucción y mantenimiento de estos balates mejora las condiciones edáficas controlando la erosión, fomentando la acumulación de materia orgánica y la actividad biológica del suelo, y contribuyendo a aumentar su capacidad de secuestro de carbono. Esta mejora fue observada tanto en comparaciones espaciales (zonas con balates *vs* sin balates) como temporales (antes y después de la restauración de los balates). Por otro lado, proponemos como indicador para el seguimiento de estas mejoras en la condición edáfica, un indicador derivado de la dinámica anual de la respiración del suelo. Hemos podido comprobar que mientras que los suelos degradados se caracterizan por mostrar poca diferencia entre el pico máximo anual de respiración del suelo, y el mínimo, los suelos bien conservados presentan diferencias estacionales altas para este indicador (grandes diferencias entre el pico máximo y mínimo de la respiración del suelo).

2 Laboreo de baja intensidad y siembra de cubiertas verdes

Las acciones de laboreo realizadas muestran que esta práctica de manejo edáfico tiene efecto sobre la redistribución de los poros del suelo, dando lugar a una mejora sobre la capacidad de éste para el almacenamiento de agua. Frente al impacto positivo que tiene esta acción sobre la función de regulación hídrica, hay que señalar que el laboreo, aunque sea de baja intensidad, da lugar a la mineralización de la materia orgánica. Ello provoca una disminución del stock de carbono en el suelo (reduciendo su contribución a la mitigación del cambio climático), al menos en el corto plazo. Por tanto, cuando el objetivo de gestión sea el mantenimiento de cultivos para la provisión de alimentos, esta acción es muy pertinente, aunque conviene destacar que el laboreo mantenido en el tiempo puede dar lugar a procesos de degradación. Por otro lado, con el objetivo de recuperar la actividad biológica de los suelos tras el laboreo, ensayamos la siembra de cubiertas vegetales. La mineralización de la materia orgánica que aportan estas cubiertas puede potenciar los ciclos de carbono, nitrógeno y fósforo. Sin embargo, para que ello ocurra el aporte vegetal debe hacerse con mayor intensidad.

3 Revelar la contribución de las áreas protegidas a la mitigación del cambio climático a través de la conservación del suelo

Las áreas protegidas representan el 12% de la superficie terrestre, y son concebidas habitualmente como la mejor herramienta para la conservación de la biodiversidad y los paisajes. A pesar de esta extensión y ser la pieza clave en las políticas de conservación de los países, rara vez se consideran una herramienta para combatir la desertificación o avanzar hacia la neutralidad en la degradación de los suelos. Como hemos visto, los suelos bien conservados de las áreas protegidas pueden ayudar a la mitigación del cambio climático mediante la zonificación de usos apropiados y la restauración de estructuras que eviten la degradación del suelo, y el mantenimiento de ecosistemas saludables. Este papel de las áreas protegidas es mucho más relevante aún en el caso de las zonas áridas, como el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Los suelos de zonas áridas contribuyen significativamente (aproximadamente una tercera parte) a las reservas mundiales de biodiversidad y el carbono orgánico de los suelos, y pueden contribuir notablemente a la producción mundial de alimentos y a la mitigación del cambio climático. Estos suelos son especialmente valiosos para el almacenamiento de carbono gracias al elevado tiempo de residencia de este elemento.



F. GESTIÓN ADAPTATIVA PARA LA PROTECCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MATORRALES DE ALTA MONTAÑA MEDITERRÁNEA.

Problemática de conservación

Los enebrales de Sierra Nevada han sido sometidos a diversos tipos de perturbación antrópica durante siglos, provocando una regresión en su área de distribución. Estas alteraciones han provocado una considerable reducción y fragmentación del área de distribución del enebral en Sierra Nevada, agravando sus problemas de regeneración en el actual contexto de cambio climático. El objetivo planteado en el marco del proyecto Life Adaptamed ha sido la recuperación de los enebrales de alta montaña. Las actuaciones de restauración planificadas están basadas en el conocimiento de la regeneración natural del enebro en la alta montaña (soluciones basadas en la naturaleza) y en los usos tradicionales, utilizando las acequias de careo para consolidar y expandir las poblaciones de enebro en la alta montaña.

Recomendaciones de gestión

Nuestros datos nos llevan a la conclusión de que cualquier gestión que implique la quema o el arranque de los matorrales de enebro en la alta montaña de Sierra Nevada da lugar a suelos desnudos durante muchos años, incluso varias décadas, tras la perturbación. La aridez estival del clima mediterráneo, agudizada durante estas últimas décadas de sequía, ha colapsado prácticamente la capacidad de regeneración del enebral, por lo que su área de distribución en la alta montaña de Sierra Nevada ha disminuido al ritmo marcado por los desmontes y las quemas. Esta limitación climática dificulta también los intentos de restauración activa del enebral. Los incendios y desmontes del enebral llevan consigo tanto la pérdida de cobertura vegetal y de la diversidad de especies herbáceas endémicas, como el incremento de la erosión del suelo. Donde un enebral desaparece, en el mejor de los casos aparece un piornal, con una pérdida significativa en la provisión de determinados servicios ecosistémicos en la alta montaña. Por tanto, el camino más eficaz y menos costoso para la conservación y gestión de los enebrales y sus usos tradicionales pasa más por el mantenimiento de los todavía existentes que por los intentos de recuperación de los ya perdidos, especialmente en el actual contexto de cambio climático.

La sequía estival que caracteriza al clima mediterráneo dificulta mucho la restauración activa del enebral. Todo proyecto de este tipo debe tener en cuenta que, si bien la viabilidad de las semillas en las poblaciones naturales es muy baja y las plántulas son muy sensibles a la sequía estival, su capacidad de supervivencia aumenta considerablemente cuando superan el cuello de botella de los primeros años de vida. Por tanto, dada la incertidumbre climática, recomendamos que las repoblaciones se hagan tanto con semilla, lo que nos permite realizar un número considerable de siembras en un abanico más amplio de microhábitats sin necesidad de preparación previa del terreno, como con plantones, que tienen un mayor éxito de supervivencia que las siembras, pero que son mucho más costosos de obtener. En este último caso las repoblaciones deberían hacerse con plantones ya desarrollados y con el tallo bien lignificado, por lo que un cuello de botella importante es obtener un número adecuado de plantones en vivero.

Si la siembra se hace en un año excepcionalmente lluvioso, el éxito de germinación y de establecimiento de plántulas obtenido será importante. Por el contrario, si el año es seco o muy seco (como es cada vez más habitual), el éxito de germinación y de supervivencia de plántulas será muy bajo o nulo. En estas mismas condiciones climáticas "secas", la plantación de plantones en lugares adecuados y con una banqueta que acumule el agua funciona mejor que la siembra de semillas. La plantación debe hacerse en otoño, tras las primeras lluvias y antes de que el suelo empiece a helarse. Los plantones deben transportarse con cepellón para plantarlos en los microhábitats de alta montaña donde la probabilidad de supervivencia sea mayor, particularmente los situados en la base de bloques de roca y en la proximidad de los cursos de agua. No recomendamos la plantación en primavera, porque la transición del invierno al verano es muy rápida en la alta montaña y el suelo se seca muy pronto, por lo que a los plantones no les da tiempo de desarrollar su sistema radicular y se mueren. Por el contrario, la siembra de semillas puede hacerse en primavera o en otoño, aunque si la hacemos en otoño reproducimos la fenología natural de dispersión de semillas.

Las antiguas acequias de montaña pueden desempeñar un papel importante como vías de repoblación de los enebrales, creando un mosaico de "ventanas de regeneración" en las laderas. No obstante, habría que regular la presión ganadera durante varios años en las zonas repobladas a lo largo de las acequias de careo. Un exceso de ganado provoca una mortalidad masiva de plántulas por pisoteo. Por el contrario, una exclusión absoluta de los herbívoros mediante cercados favorece un crecimiento excesivo del pastizal, muy especialmente en los sectores más húmedos, lo que podría excluir competitivamente a los plantones de enebro.
Como desconocemos la climatología que vamos a tener en el año de la actuación y los siguientes años, nuestra recomendación es: 1) hacer a la vez siembras y plantaciones en los mejores microhábitats de la alta montaña (bajo rocas, bajo enebros o sabinas y junto a acequias de careo), 2) realizar siembras y plantaciones varios años seguidos, para así incrementar las probabilidades de que la siembra y plantación coincidan con un año climatológicamente favorable. Esto nos obliga a hacer una planificación de la restauración a largo plazo, incluyendo tanto la obtención de una cantidad adecuada de semillas y de plantas en vivero, como los necesarios seguimientos de las siembras y plantaciones en el campo.
Una vez realizada la siembra o plantación, es imprescindible hacer un seguimiento periódico para determinar las causas de mortalidad de los plantones, especialmente aquellas que sí pueden controlarse.

Síntesis de recomendaciones

Basándonos en el conocimiento adquirido sobre la ecología de los enebrales de Sierra Nevada, ofrecemos varias recomendaciones básicas para la conservación y restauración del enebral en las actuales condiciones climáticas:

1. Conservación estricta de las poblaciones y ejemplares de enebro y sabina que todavía existen en la alta montaña. La extrema longevidad de los individuos garantiza la persistencia de las poblaciones en el actual ambiente climático hostil, siempre y cuando se respete a los enebros ya establecidos. Esta recomendación es incompatible con realizar más desmontes para carriles o pistas de esquí que obliguen a arrancar enebros o sabinas.

2. Mantenimiento de las acequias tradicionales de "careo" para proporcionar un extra de humedad edáfica durante el verano que ayude a la regeneración y expansión natural de los enebrales y su comunidad asociada. Las acequias de careo actúan como verdaderas infraestructuras verdes en la alta montaña, favoreciendo la regeneración del enebral en toda Sierra Nevada.

3. Seguimiento del estado de conservación de los enebrales-piornales nevadenses, de su dinámica de expansión altitudinal y de su capacidad de colonización de antiguas paratas de cultivo, carriles y pistas de esquí, mediante el uso de teledetección (sensores remotos) en combinación con la evaluación in situ de campo. Dichos seguimientos se deben de hacer a lo largo de todo el gradiente altitudinal de los enebrales y en todas las vertientes de Sierra Nevada, centrándose en el límite altitudinal superior, que es de donde menos información se dispone actualmente y más puede afectar el cambio climático.

5 Puesta en marcha de acciones de restauración con una planificación a largo plazo, y un seguimiento de los resultados siguiendo un modelo de gestión adaptativa que nos permita aprender de los resultados obtenidos. Dichas actuaciones deben considerar la necesidad de hacer siembras y plantaciones durante varios años seguidos buscando algún año climatológicamente favorable. La información obtenida, junto a toda la información científica ya existente, nos permitirá diseñar y poner a punto una herramienta de apoyo a la toma decisiones similar a la que ya hemos elaborado para la gestión de los pinares de repoblación en Sierra Nevada (**diveRpine** (*Diversification of Pine plantations* https://ajpelu.github.io/ 910 diveRpine/).

6 Tanto las actividades de siembra y plantación, como los seguimientos de aves dispersantes se pueden incorporar en proyectos de ciencia ciudadana que sirvan para hacer partícipes a la sociedad de la problemática de conservación y de los impactos que amenazan a los enebrales en Sierra Nevada.

7 Las acciones de conservación y restauración de los enebrales en Sierra Nevada deben de ser un espacio de colaboración que, partiendo de la transferencia de conocimiento científico, potencie el diseño, aprendizaje y la participación conjunta, aunando el trabajo de los responsables y técnicos medioambientales, los investigadores y los ciudadanos.

8 Se debe de trabajar en materia de comunicación y difusión para trasladar a la ciudadanía la singularidad de estos ecosistemas de alta montaña y la importancia de conservarlos e invertir recursos en su manejo y protección.

6. RECOMENDACIONES DE GESTIÓN DE LOS ROBLEDALES DE SIERRA NEVADA

Impactos del cambio global y problemática de conservación

- Los robledales han sufrido en el pasado intensas presiones antrópicas que han provocado la reducción de su área de distribución, de su composición florística y la modificación de su estructura hacia una mayor matorralización. Actualmente estas formaciones presentan una elevada vulnerabilidad al cambio climático en las zonas más cálidas dentro de su área de distribución. Partimos de la hipótesis de que los robledales y encinares se tienen que adaptar a los nuevos escenarios de cambio climático, en un contexto de abandono de los usos tradicionales. Para ello proponemos una selvicultura enfocada al incremento de la heterogeneidad y la diversidad del robledal como clave para conseguir los objetivos buscados.

- Si queremos asegurar el futuro de los melojares y encinares, no sólo tendremos que gestionarlos activamente, sino que lo tendremos que hacer bajo criterios de sostenibilidad, facilitando su adaptación a las nuevas condiciones. Por ejemplo, bajo el supuesto de una mayor frecuencia de las condiciones de sequía, un robledal menos denso (con menos pies por hectárea) será más resistente, puesto que los árboles y las plantas competirán menos entre sí por un recurso como el agua. En cambio, para aumentar la resiliencia de estas formaciones será necesario hacer una gestión que favorezca la biodiversidad, tanto interespecífica como intraespecífica. El planteamiento de medidas de adaptación es obligado, pero sin perder de vista que la situación de muchos robledales es fruto, no solo de los cambios en el clima, sino también de los cambios antrópicos y de sus interacciones. Un primer paso a la hora de planificar las actuaciones de gestión es la identificación y evaluación, en un contexto científico, de los diferentes impactos derivados del cambio global en los robledales.

- **Especialmente es importante atender a:**

Sequías	Incendios	Plagas y enfermedades emergentes
Evaluar cómo la sequía está afectando al crecimiento, producción y supervivencia de las masas. Para el caso de los robledales de Sierra Nevada, se ha observado que debido a su localización presentan una alta resiliencia a los eventos de sequía.	El abandono de las masas de robledal aumenta el riesgo de incendio, debido a la acumulación de biomasa horizontal, que es especialmente importante en esta especie gracias a su excelente capacidad de rebrote. Además, el fomento de las actividades recreativas (servicios culturales) puede contribuir a aumentar el riesgo de incendios accidentales.	Muchos robles y encinas pueden verse afectadas por la proliferación de plagas y enfermedades a causa del aumento de las temperaturas. Identificar las comunidades de defoliadores e insectos gallícolas del robledal es un paso clave para evaluar el estado sanitario de la masa.

Cambios fenológicos	Cambios en la composición de las comunidades
Diferentes procesos ecológicos están modificando su fenología a causa del aumento de la temperatura. Es importante conocer los cambios en la fenología de floración y fructificación de los melojares y encinares para poder diagnosticar su capacidad reproductiva, y por tanto su potencial de regeneración.	Las comunidades florísticas y faunísticas asociadas a los robledales y encinares cambian según las calidades de estación, el estado de desarrollo y la evolución de las masas, constituyendo, por lo general, un refugio para gran cantidad de especies de flora y fauna. La masa forestal resultante debe proporcionar una cubierta adecuada, que no albergue claros excesivamente grandes, pero sin que tenga tampoco una densidad excesiva que le reste vitalidad debido a la competencia entre los pies, y además aumente el riesgo de incendio.

Recomendaciones de gestión

La gestión adaptativa de los robledales debe buscar tres objetivos generales: garantizar su funcionalidad, la provisión de bienes y servicios e incrementar su resiliencia.

1 Se fomentará el **papel como sumidero de carbono** que juegan los robledales y encinares. Para ello se intentará mantener una biomasa adecuada, tanto del vuelo como del suelo, mediante el aumento del área basimétrica de la masa con el menor número de ejemplares posibles. Así, a modo indicativo se recomiendan densidades finales entre 400-900 pies/ha contribuyendo a un área basimétrica entre 28-36 m^2/ha. Densidades bajas (cercanas a 500 pies/ha) con áreas basimétricas altas (por encima de 30 o 35 m^2/ha), que podrían corresponderse con un monte alto, pueden implicar mayor probabilidad de que ocurra regeneración por semilla, que a su vez aumentaría la resiliencia de la masa a largo plazo. Por ello, las actuaciones deberán ir encaminadas a disminuir la competencia de los pies y favorecer el crecimiento de los ejemplares que se reservan, buscando su máximo vigor vegetativo y salud.

2 En cualquier caso, se fomentará el mantenimiento de la **biodiversidad** del robledal. Así, al llevar a cabo las actuaciones selvícolas se procurará respetar al máximo posible las especies de flora acompañantes, particularmente la presencia de ejemplares de otras especies arbóreas (p.e. tejo, acebo, serbal, mostajos, arces, etc) así como otras especies arbustivas o herbáceas. Por todo ello se desaconseja realizar desbroces de matorral. Además, es recomendable dejar *in situ* la madera muerta, ya que constituyen microhábitats utilizados por numerosos taxones. Se ha comprobado que existe un enorme número de especies de hongos saproxílicos responsables del proceso de descomposición de la madera, líquenes y musgos, así como de insectos saproxílicos, que dependen directamente de la existencia de madera muerta. Por ello, en caso de producirse perturbaciones naturales como viento, aludes o incendios, se recomienda dejar los árboles caídos en el sitio. Si las masas forestales circundantes se encuentran en buen estado esta madera muerta no debería representar un peligro para el estado sanitario del monte, ya que la mayoría de las especies de insectos saproxílicos no utiliza nunca la madera viva. Proponemos una selvicultura enfocada al incremento de la heterogeneidad y la diversidad del robledal mediante resalveos selectivos combinados con claras de rejuvenecimiento. A la hora de diseñar la actuación será fundamental utilizar la información histórica disponible, especialmente para seleccionar y reservar los mejores pies para la producción de fruto. La intensidad de la actuación se adaptará a las características de cada rodal, favoreciéndose donde sea posible la formación de bosquetes y masas mixtas.

Conclusiones

- Las actuaciones selvícolas irán orientadas a obtener una formación forestal diversa en especies y funciones ecológicas, lo más resiliente posible frente al amplio abanico de perturbaciones al que puede enfrentarse en un escenario de cambio global (sequías, aumentos de la temperatura, mayor incidencia de plagas forestales, incendios, etc). Para ello, con carácter general, debe promoverse una alta diversidad específica de especies arbóreas y arbustivas, pies reproductivos que no compitan entre sí y que puedan producir bellota, una distribución de edades de tipo irregular (donde coexistan diferentes cohortes), presencia de madera muerta gruesa, así como árboles con un buen vigor vegetativo y un estado fitosanitario adecuado. En aquellas localidades con riesgo elevado de pérdidas de suelo, la combinación de reproducción sexual o asexual puede ser recomendable (monte medio). El monte bajo de melojos aporta un importante servicio de regulación de la erosión por el complejo y denso sistema de raíces con que se ancla al suelo, por lo que es recomendable en las peores localizaciones de ladera o suelos escasos.

Beneficiario Coordinador

Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible

Beneficiarios asociados

Junta de Andalucía
Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible
Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía

PARQUE de las CIENCIAS
ANDALUCÍA - GRANADA

UICN

UNIVERSIDAD DE GRANADA

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

CSIC
Consejo Superior de Investigaciones Científicas