

Líneas guías para la integración de la adaptación al cambio climático en la gestión forestal en los Pirineos



I. Introducción	4
II. Objetivos	6
III. Ámbito	7
IV. Líneas guía para la integración de la adaptación al cambio climático en la gestión forestal	8
A. Políticas públicas y consideraciones generales	8
1. Directrices técnico-económicas	8
2. Adquirir conocimientos sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas forestales	9
3. Fortalecer las capacidades de anticipación y gestión de los riesgos	12
4. Desarrollar y fortalecer las redes, compartir el conocimiento	13
5. Hacer evolucionar los documentos de gestión	13
B. Técnicas silvícolas transferibles y adaptables	14
1. Claras y clareos	14
2. Adaptación del diámetro de corta	15
3. Elección de las especies y de sus procedencias en las repoblaciones	15
4. Reducción del riesgo de incendios	16
5. Diversificación	16
V. Conclusiones	18
Bibliografía	19

Abril 2022

Autores: Raphaël DELPI (FORESPIR), Julie Pargade (CNPF), Emmanuel Rouyer (CNPF),
Thomas Villiers (ONF), Sébastien Chauvin (FORESPIR), Vanesa García (FORESPIR).
Fotos: FORESPIR, CRPF Occitanie, Naster, Sven Lachmann



I. Introducción

Los bosques son multifuncionales. Desempeñan un papel esencial en muchos ámbitos de nuestra vida, y en la vida de nuestros territorios: un papel económico al proporcionar empleo en las zonas rurales y recursos madereros, al aumentar el atractivo de nuestros paisajes y, por tanto, el turismo. Así mismo cumplen con unas funciones ambientales igualmente importantes, como la contribución al mantenimiento de la biodiversidad, el almacenamiento del carbono, la regulación del ciclo hidrológico, etc. Por último, en zonas de montaña como los Pirineos, contribuyen de manera importante a la prevención de los riesgos climáticos naturales que afectan a los habitantes y a las infraestructuras (en particular, aludes, flujos de lodo, deslizamientos).

Sin embargo, los bosques están sometidos a una presión debido al cambio climático. Los forestales tienen que lidiar con un **alto nivel de incertidumbre**, tanto más importante cuanto el horizonte temporal de acción es lejano. Aunque los efectos del cambio climático son difíciles de cuantificar con precisión para cada territorio en el estado actual de conocimientos, las principales tendencias que se desprenden de las distintas modelizaciones, coinciden en la previsión de **un aumento de las temperaturas y un alargamiento de los periodos secos**.

Ello conlleva numerosos riesgos para los bosques pirenaicos, ya que dos de los principales factores abióticos limitantes son la disponibilidad de agua y la temperatura (y por tanto el déficit hídrico).

El cambio climático ya está ocurriendo y algunos de sus efectos son visibles. No conllevará necesariamente decaimientos masivos y directos, pero si predispondrá una situación de debilitamiento fisiológico de la vegetación arbórea. Por lo tanto, ésta será mucho más vulnerable a los estreses bióticos o abióticos que, en condiciones óptimas, se habrían superado sin mayor dificultad. Ante un estrés excesivamente intenso (o una combinación de varios estreses, como la sequía edáfica y calor intenso, por ejemplo) o un estrés que se repite en el tiempo, los bosques pueden verse gravemente afectados, incluso decaer.

La degradación del estado de los bosques tiene consecuencias en cadena sobre todas sus funciones. Por lo tanto, es vital tener en cuenta desde ya los impactos previstos del cambio climático en los bosques pirenaicos.

Si tuviéramos tiempo suficiente, un requisito previo sería **adquirir más conocimientos fundamentales** sobre el impacto del cambio climático en las masas forestales, y en la actividad forestal en sentido amplio. Sin embargo, dada la urgencia de la situación, este primer aspecto debe llevarse a cabo en paralelo a las experiencias en campo. Hasta la fecha, la financiación para la adquisición de estos conocimientos se realiza principalmente a través de medidas a corto plazo, cuando sería necesaria una visión estratégica de largo plazo, a escala de tiempo forestal.

La difusión de los conocimientos adquiridos es especialmente importante, con el objetivo de compartir y así mejorar los conocimientos de los gestores sobre el funcionamiento de nuestros ecosistemas forestales y, por tanto, guiar a los forestales y a los responsables de las administraciones públicas sobre las acciones prioritarias a tomar.

Finalmente, la adaptación de la gestión de los montes frente al cambio climático, aspecto práctico de los requisitos previos vinculados al conocimiento, es así mismo una cuestión fundamental. Esta adaptación es el objeto de esta publicación.



Foto : Naster

II. Objetivos

En el marco del Observatorio Pirenaico del Cambio Climático ¹, y más concretamente del proyecto INTERREG POCTEFA “ADAPYR”, se han publicado varias líneas guía para facilitar la adaptación de los distintos sectores de actividad en los Pirineos a los impactos esperados del cambio climático. Este documento se refiere a la gestión forestal.

Debido a la vulnerabilidad de los bosques pirenaicos a los impactos del cambio climático, los planes de gestión forestal deben incluir medidas de adaptación para garantizar la sostenibilidad de la multifuncionalidad de los bosques.

Si bien los actores forestales muestren un elevado interés sobre esta importante cuestión, en ocasiones puede resultar difícil decidir las líneas directrices concretas ante la realidad del terreno.

El objetivo de esta publicación es, por tanto, ofrecer una serie de recomendaciones basadas en las experiencias de las técnicas silvícolas realizadas en el macizo de los Pirineos y en la experiencia de los técnicos forestales del territorio, a través de tres ejes principales:

- Movilizar y adaptar las técnicas silvícolas
- Reforzar la capacidad de anticipar y gestionar los riesgos
- Desarrollar el marco de los documentos de gestión

¹ <https://opcc-ctp.org>



III. Ámbito

Los técnicos forestales, por necesidad, integran las incertidumbres en sus decisiones y documentos de gestión. Sin ánimo de sustituir la figura del técnico de campo, ni de ser exhaustiva, esta guía pretende identificar y presentar aquellos enfoques o métodos que permitan tener en cuenta el factor cambio climático, o al menos mitigar sus efectos.

Sin embargo, algunas de las recomendaciones se dirigen a un nivel de toma de decisiones en materia de políticas públicas, lo que conlleva la necesidad de establecer los condicionantes institucionales necesarios para la adaptación.

Las recomendaciones descritas en este documento provienen de dos fuentes principales.

La primera son los diversos proyectos en ámbito forestal, especialmente en los Pirineos, como CANOPEE y ACCLIMAFOR, que permiten, a escala del macizo pirenaico, ampliar los conocimientos sobre los impactos

del cambio climático en las principales especies forestales y poner en práctica actuaciones de gestión silvícola adaptativa.

Para ello, se creó una red de parcelas y actores forestales para identificar y testear diferentes itinerarios silvícolas, acompañados de modelos para cuantificar su efecto sobre la disponibilidad de agua.

La segunda proviene de una consulta a los actores forestales pirenaicos en sentido amplio, incluyendo organismos de gestión, instituciones, empresas del sector y organizaciones de conservación, realizada de abril a septiembre de 2021.

Como todas las recomendaciones de carácter general, las propuestas en este documento deben ponderarse en función de las observaciones de campo y de los conocimientos técnicos de cada gestor, que siguen siendo elementos esenciales para evitar cualquier error de “mal adaptación”.



IV. Líneas guía para la integración de la adaptación al cambio climático en la gestión forestal

A. POLÍTICAS PÚBLICAS Y CONSIDERACIONES GENERALES

A partir de los conocimientos y de las consultas con las partes interesadas, han surgido varios principios fundamentales para la adaptación de los bosques. Pueden dividirse en cuatro categorías:

- Directrices técnico-económicas,
- Adquisición de conocimientos,
- Desarrollo de capacidades para la anticipación y gestión de los riesgos,
- Evolución de los documentos de gestión.

1. Directrices técnico-económicas

La mayoría de los actores pirenaicos identifican la necesidad de **priorizar la resiliencia de las masas forestales** mediante la adaptación de los tratamientos silvícolas o de la utilización de especies autóctonas, antes de considerar la sustitución de especies mediante la migración asistida, por ejemplo.

Sin embargo, es imposible conocer de antemano la efectividad de las acciones realizadas, y muchas veces es necesario en la gestión forestal tener varias décadas de retrospectiva para saber si las acciones han sido relevantes.

Por esta razón, es arriesgado mantener una sola estrategia, pudiendo conducir los bosques a un estancamiento. Los silvicultores no pueden permitirse correr este riesgo, dadas las importantes funciones y servicios múltiples que proporcionan estos ecosistemas a la sociedad. Se consideran diferentes opciones para garantizar que algunas de ellas puedan demostrar su eficacia en el tiempo.

• Adaptar los objetivos de gestión al contexto del rodal (propietario, estación, equilibrio silvocinegético, contexto económico, etc.)

Los objetivos de gestión se establecen considerando numerosos factores, en particular las potencialidades de la estación, la situación silvícola o sanitaria del rodal, la presión de la caza, las necesidades y expectativas del propietario.

El equilibrio económico también es uno de estos factores, y en ocasiones puede constituir un factor limitante adicional entre las posibles alternativas deseables para mantener un bosque multifuncional en el contexto del cambio climático

• Mantener o aumentar el nivel de experiencia en las capacidades de diagnóstico y gestión

La consulta también reveló una importante dificultad institucional:

De hecho, los organismos de gestión, a menudo públicos o semipúblicos, sufren reducciones de personal y/o de presupuesto. Los tiempos de reconocimiento y de valoración de cada rodal se reducen. En un contexto donde las incertidumbres aumentan inexorablemente, estos dos aspectos “humanos”, con la ayuda de herramientas silvoclimáticas, constituyen una de las mejores respuestas que tenemos para limitar las dificultades de adaptación.

• Promover las iniciativas ejemplares

Por lo tanto, cualquier iniciativa que contribuya a la promoción de buenas prácticas e iniciativas virtuosas debe ser apoyada, compartida y desplegada. Este es el caso, por ejemplo, del etiquetado, la certificación, el desarrollo de los usos y la visibilidad de las maderas locales.

De hecho, los enfoques destinados a promover el uso de madera local en una lógica de bioeconomía circular contribuyen tanto a implementar una gestión forestal sostenible limitando el uso de materiales de madera / materiales derivados de la importación, por ejemplo (limitación del transporte en particular), como a almacenar CO₂ de forma sostenible en productos de madera resultantes de una gestión forestal sostenible y multifuncional.

2. Adquirir conocimientos sobre el impacto del cambio climático en los ecosistemas forestales

El alto nivel de incertidumbre al que se enfrentan los técnicos representa un inmenso desafío. Si bien el cambio climático es innegable, su intensidad y consecuencias son aún imprecisas.

Ante esta nueva situación, la adquisición de conocimientos cobra especial importancia. En efecto, los cambios que se están produciendo, extremadamente rápidos en la escala de la evolución natural, requieren un mayor conocimiento del comportamiento de las especies forestales en estos nuevos contextos.

Debe promoverse la investigación sobre las especies forestales, el funcionamiento del ecosistema forestal (ciclo del carbono, ciclo del agua, interacciones simbióticas mutualistas, etc.) y el cambio climático.

Sin pretender ser exhaustivos, se pueden seguir varias direcciones:

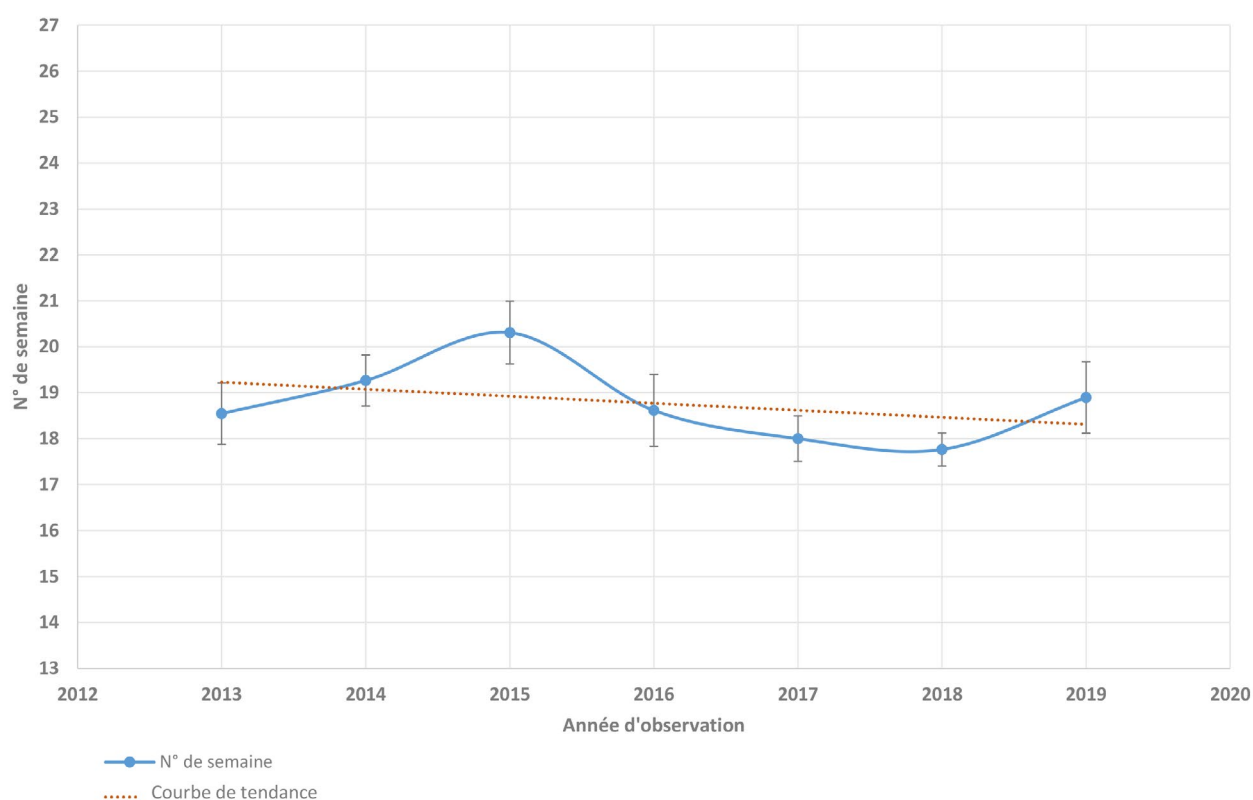
a. Continuar la observación y análisis del impacto del cambio climático en los bosques pirenaicos

Seguimiento de la fenología

La observación de este proceso, anotando las fechas de brotación de las diferentes especies del Macizo a lo largo de los años, permite cuantificar el impacto del cambio climático en el ciclo de vida de las principales especies de los bosques pirenaicos. Estas observaciones permiten, por tanto, estudiar este impacto a largo plazo.

Existe una red de seguimiento en los Pirineos: puesta en marcha en 2013 como parte del proyecto INTERREG que dio lugar a la creación del OPCC, este último se complementó y enriqueció con los proyectos CANOPEE y ACCLIMAFOR.

À compléter / Légende en espagnol

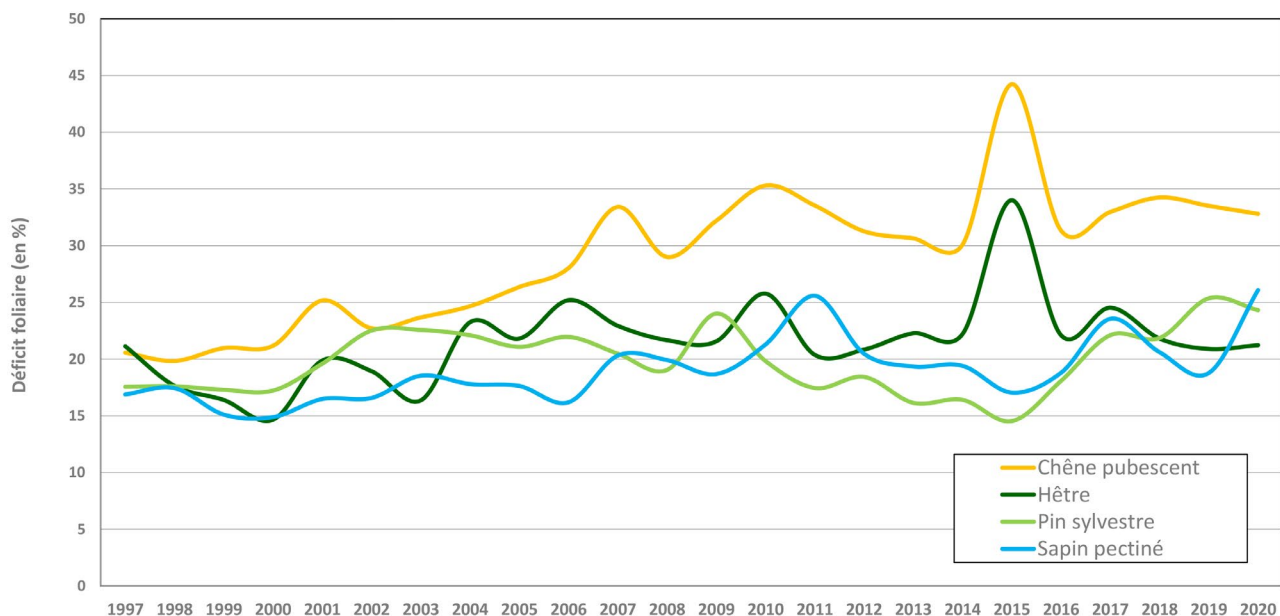


Seguimiento de la salud de los bosques

El seguimiento de la defoliación permite identificar tendencias globales en el estado sanitario de las masas forestales, a escala del macizo pirenaico, pero también por especie o zona geográfica más precisa.

El monitoreo de los riesgos fitosanitarios también es importante, ya que el cambio climático puede implicar cambios muy significativos en la presencia y dinámica de parásitos y patógenos, con un fuerte impacto en los montes.

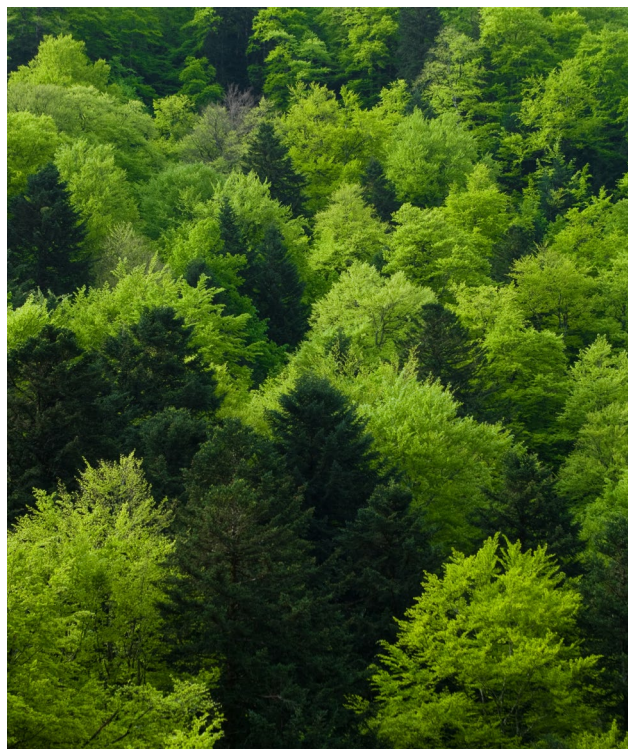
À compléter / Légende en espagnol



b. Seguimiento de la red experimental de adaptación de la gestión forestal al cambio climático a largo plazo.

Dichos dispositivos, que pueden relacionarse con las especies mismas y su respuesta a las orientaciones silvícolas, sobre el cortejo florístico, o incluso sobre los demás componentes del ecosistema, permitirán evaluar la evolución de los rodales forestales en su conjunto a largo plazo, con el fin de adaptar mejor su gestión.

Desafortunadamente es común, por falta de transferencia de conocimiento, o financiación a largo plazo, que los ensayos sean abandonados temprano, sin seguimiento a medio y largo plazo (tan necesario dado el ciclo silvígeno). Esto constituye una pérdida significativa de conocimiento. Por lo tanto, es conveniente, una vez que se ha adoptado una orientación a modo de ensayo, disponer del tiempo suficiente para su práctica y evaluación y así obtener resultados significativos que ayuden en la toma de decisiones.



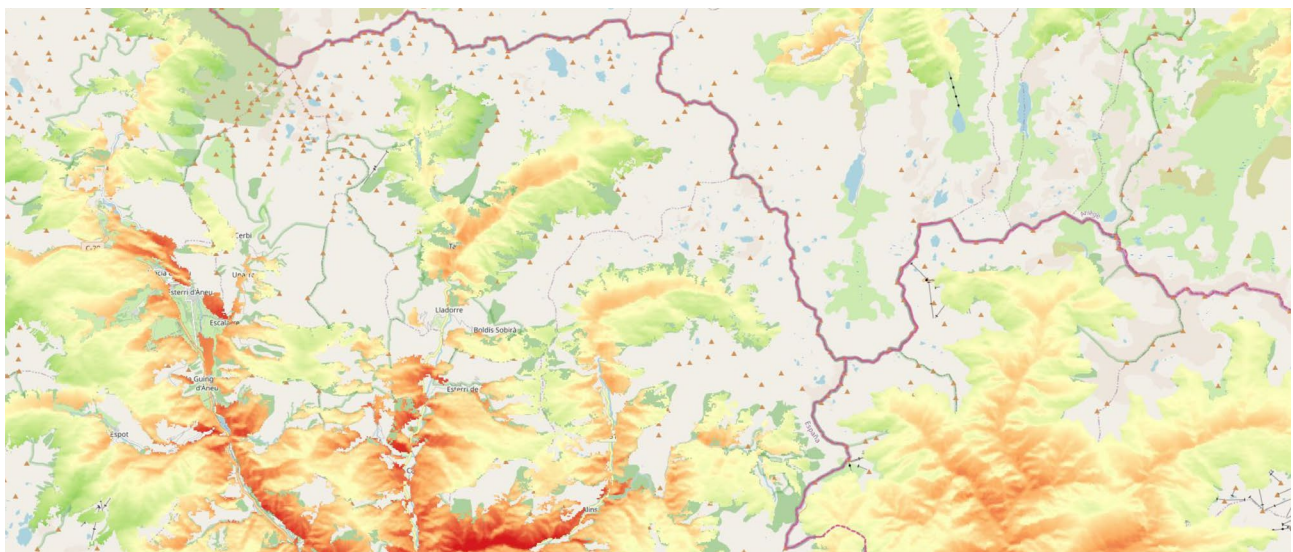
c. Desarrollar análisis climáticos regionales.

El desarrollo de tales análisis representa un gran desafío. Estos últimos permiten, en particular, definir mejor las condiciones estacionales actuales y las posibles dificultades encontradas por la vegetación, así como modelizar la evolución de los rodales en diferentes escenarios climáticos.

Algunos trabajos iniciales se han realizado en el territorio pirenaico, como por ejemplo los mapas de vigilancia climática elaborados en el marco del proyecto CANOPEE y el proyecto CLIMESSENCES, consultables en el geoportal del OPCC.

Mapa de Vigilancia Climática Relativa. Abies alba, Región del Vall d'Aneu. Office National des Forêts, CANOPEE, 2019.

Captura de pantalla de geoportal del OPCC: <https://opcc-ctp.org/es/geoportal>



d. Crear y analizar los datos sobre la sensibilidad de las masas forestales a los incendios.

Las distintas regiones de los Pirineos se ven afectadas en mayor o menor medida por el riesgo de incendio, con especial incidencia en la parte oriental del macizo.

Los modelos muestran una tendencia hacia un aumento en la duración e intensidad de los períodos secos.

Esta evolución, junto con un aumento de la combustibilidad de los medios forestales, conduce a un mayor riesgo de incendios en los montes.

Los datos sobre el riesgo de incendio deberían registrarse, o complementarse cuando sea necesario, y analizarse a escala del macizo.

Los datos procedentes de la teledetección pueden proporcionar información relevante a un costo reducido.



3. Fortalecer las capacidades de anticipación y gestión de los riesgos

Los bosques tienen un fuerte vínculo con la gestión de riesgos naturales: por un lado, protegen contra los impactos de los riesgos naturales (aludes, coladas de fango, caídas de rocas, etc.), pero también están sometidos a dichos riesgos (problemas sanitarios, incendios,...). El cambio climático puede tener un impacto sustancial en los riesgos a los que están expuestos los bosques, tanto en los aspectos bióticos como abióticos.

Es necesario abordar tres aspectos para permitir una mejor adaptación al cambio climático:

a. Riesgo sanitario

Aunque los Pirineos actúan como barrera Norte/Sur, algunas plagas consiguen migrar en una u otra dirección.

Algunos de estos riesgos sanitarios, como los ataques de escolítidos, la necrosis provocada por los hongos del género *Coleosporium* o la Chalarosis del fresno pueden tener un enorme impacto en los bosques y provocar el rápido decaimiento de las masas afectadas.

Por ello, es importante establecer un sistema de alerta sanitaria compartido entre Francia, España y Andorra.

Del lado francés, dicha red podría basarse en los correspondientes-observadores de "salud forestal", que ya están activos en los territorios.

En España, las entidades encargadas del seguimiento sanitario de los bosques de cada Comunidad Autónoma podrían ser los interlocutores adecuados para tal sistema de intercambios sobre métodos y prácticas, pero también sobre los problemas encontrados a nivel regional.

Lo mismo ocurre con el Principado de Andorra, que también dispone de una red de observación de la salud forestal.

b. Riesgo de incendio

• Desarrollar acciones preventivas

La acción preventiva o adaptativa puede ser parte de las respuestas. La noción de "territorio o paisaje en mosaico", la que implica la mejora de la diversidad a diferentes escalas, puede ser una de ellas.

A excepción de las regiones orientales de la cordillera, los bosques pirenaicos han sufrido incendios de dimensiones relativamente limitadas.

Como se ha mencionado en el párrafo sobre la reducción del riesgo de incendio, cuando el riesgo es identificable, es necesario gestionarlo de forma preventiva.



• Reforzar la cultura del riesgo de incendio

La escasa exposición de los bosques pirenaicos al fuego hace que la cultura del “incendio forestal” sea relativamente limitada, incluso en el entorno de las actividades de riesgo. Es necesario desarrollar esta cultura del riesgo, así como desarrollar acciones en la interfaz urbano- forestal u otras zonas de actividades económicas, que pueden ser el origen de los focos.

4. Desarrollar y fortalecer las redes, compartir el conocimiento

Este punto es transversal. Se refiere a todos los temas científicos y técnicos discutidos anteriormente. Muchos silvicultores establecen ensayos, adquieren conocimientos sobre temáticas y técnicas directa o indirectamente relacionadas con el cambio climático.

Estos temas suelen ser compartidos por otros gestores a la escala del macizo, que no necesariamente tienen acceso a esta información y conocimiento. Por lo tanto, es necesario fortalecer y estructurar los intercambios entre actores para facilitar el intercambio del conocimiento.

Por ejemplo, estos intercambios podrían referirse a fichas de especies, sus óptimos ecológicos, los riesgos asociados, los métodos de gestión o incluso la conexión en red de los sistemas de alerta sanitaria de los diferentes países.

Este intercambio de conocimientos, investigación conjunta entre países, regiones, organizaciones, adquiere todo su significado en la cooperación transfronteriza, transnacional e internacional.

De hecho, mucho conocimiento ya está disponible. La perspectiva externa de expertos de otros territorios sobre las distintas prácticas puede permitir grandes avances.

Estas líneas de trabajo son muy favorables a nuestras capacidades adaptativas, ya que permiten poner en común conocimientos, promover intercambios, diversificar experiencias y puntos de vista.

Los dispositivos que impulsan estos trabajos permiten aunar esfuerzos en todos los temas relacionados con el cambio climático.

5. Hacer evolucionar los documentos de gestión

Los documentos de gestión forestal desempeñan un papel fundamental en las posibilidades que tiene el técnico para tomar decisiones de gestión adaptativa.

Aunque, en general, las cuestiones relativas al cambio climático están representadas en los documentos marco, podrían introducirse ajustes para facilitar la gestión adaptativa.

En particular, existe un gran reto en cuanto a la temporalidad de los documentos de gestión. Aunque esta visión a largo plazo sigue siendo esencial, a veces puede limitar la capacidad de respuesta en caso de incidente o de rápida evolución desfavorable.

Además, a medida que aumentan las incertidumbres, es esencial mantener un alto nivel de análisis, y por tanto de tiempo humano, en la elaboración de los documentos. De hecho, el contexto actual requiere el uso de conocimientos cada vez más profundos, herramientas especializadas e implica la integración de la incertidumbre en las opciones de gestión.

Además de la importancia de mantener los objetivos de gestión a largo plazo, esta experiencia también podría utilizarse para explorar escenarios de “catástrofe” con el fin de anticipar la necesidad de un aprovechamiento urgente (decaimientos, tormentas, etc.).

De hecho, las cortas sanitarias suelen ser costosas y difíciles de compensar en términos silvícolas y generan una cierta incompreensión de cara a la población. Una mayor previsión de estos nuevos riesgos podría limitar el alcance de sus consecuencias.

Además, se resaltó un aspecto importante a tener en cuenta concerniente algunos sitios de la Red Natura 2000, y los objetivos de mantenimiento del hábitat a través de su cortejo florístico. En algunos casos, esto puede parecer fuera de alcance, no sólo por la fragilidad de las especies dominantes actuales frente al cambio climático, sino también porque las asociaciones de especies podrían verse alteradas. De hecho, cada una de ellas considerada de manera individual no tiene la misma resistencia o resiliencia frente al cambio climático que consideradas en su conjunto.

Estos sitios deben ser objeto de un análisis en profundidad, con el fin de garantizar que el mantenimiento del hábitat actual es compatible con el cambio climático.

B. TÉCNICAS SILVÍCOLAS TRANSFERIBLES Y ADAPTABLES

Diversos ensayos silvícolas se llevan a cabo en el marco de distintos proyectos, experimentaciones individuales de propietarios o técnicos forestales y de redes de trabajo.

Estos trabajos contribuyen a la adquisición de conocimientos esenciales para nuestra capacidad de adaptación.

Por otro lado, dada la amplitud de los conocimientos a adquirir, es esencial seguir investigando en las técnicas de campo mediante el desarrollo de parcelas de ensayo y en su instrumentación, más allá de lo que se realiza actualmente. Las técnicas aquí descritas **no son exhaustivas, sino más bien una fotografía instantánea de los conocimientos locales identificados**.

Las principales técnicas de gestión silvícola identificadas en los trabajos llevados a cabo en los Pirineos son prácticas comunes utilizadas por los técnicos forestales, pero pueden transferirse con diferentes intensidades u objetivos.

Las operaciones descritas a continuación son resúmenes de la Guía de gestión forestal para la adaptación al cambio climático de los bosques pirenaicos (COLL, et al., 2019) publicada en el marco del proyecto CANOPEE. Puede consultarse para obtener más detalles sobre las prácticas realizadas, su base técnica y científica, así como sus resultados y recomendaciones detalladas.

1. Claras y clareos

En el contexto de la gestión adaptativa, las claras pueden utilizarse con un objetivo quizás diferente a los usualmente practicados. En el ámbito de la adaptación al cambio climático, tratarán de reforzar uno o varios de los siguientes objetivos silvícolas (GARCÍA-GÜEMES & CALAMA, 2015):

- Aumentar la diversidad inter e intraespecífica para desarrollar la resistencia, la resiliencia y la capacidad de adaptación de las masas forestales.
- Aumentar la diversidad estructural. De hecho, dependiendo de las edades y dimensiones individuales, la sensibilidad a los estreses bióticos y abióticos es diferente.
- Incrementar la resistencia individual a los agentes bióticos y abióticos: como cada árbol conservado puede crecer más libremente y con un nivel de estrés mucho menor que en una situación competitiva, está en mejores condiciones fisiológicas y, por tanto, es más capaz de reaccionar ante el estrés.
- Promocionar/acelerar los cambios de estructuras o de especies. Especialmente indicado para especies objetivo en el límite inferior de su área de distribución.





2. Adaptación del diámetro de corta

Esta operación pretende responder a la mayor vulnerabilidad al estrés hídrico de los árboles más viejos, que a menudo tienen un mayor diámetro. Se puede considerar en dos casos principales:

- Decaimiento observado o previsible, sin poner en duda la especie objetivo;
- Necesidad de cuestionar la especie objetivo, pero con limitaciones técnicas o financieras para sustituirla.

Para una determinación más precisa de la adaptabilidad del diámetro de corta, se puede consultar la Guía de Gestión Adaptativa (COLL, et al., 2019). Esto de ninguna manera resta valor a la importancia de mantener y/o favorecer la presencia de varios árboles grandes/viejos con la función de dendromicrohábitats, importantes para la biodiversidad.

3. Elección de las especies y de sus procedencias en las repoblaciones

Cada especie vegetal está adaptada a un nicho ecológico específico, definido en particular por condiciones edáficas, térmicas e hídricas determinadas (PIEDALLU C. G., 2013), (PIEDALLU C. G., 2016). Existe una plasticidad más o menos importante de la especie, con variabilidades fenotípicas y fisiológicas.

Sin embargo, en algunos casos resulta imposible saber si la plasticidad de las especies principales o secundarias de una masa será suficiente para cubrir

la variación de determinadas condiciones fisiológicas a causa del cambio climático.

En estos casos, se puede actuar sobre la elección de las procedencias, o incluso de las especies a la hora de repoblar.

Hay consenso sobre la relevancia de elegir una procedencia adaptada.

Por otro lado, la migración asistida, que es actualmente objeto de debate, puede aplicarse en diferentes grados, dependiendo de la proximidad de los ecosistemas originales de estas especies. En todos los casos, debe aplicarse un enfoque que limite al máximo los principales riesgos, es decir, la capacidad de invasión o el riesgo de hibridación con las poblaciones vegetales locales.

Para que estas migraciones tengan éxito, es necesario contar con conocimientos sólidos sobre:

- La autoecología de las especies y los parámetros que influyen en su distribución (PIEDALLU C. G., 2013)
- Un análisis preciso de las causas de mortalidad y la proporción atribuible al cambio climático (TACCOEN, et al., 2019)
- Proyecciones climáticas; como las de finales de siglo siguen siendo inciertas, es más razonable basarse en las previsiones a medio plazo: 2030-2060

Para poder sustituir a una especie inicialmente seleccionada y que no se encontraría adaptada, se recomienda generalmente favorecer las masas mixtas (COLL, et al., 2019).

4. Reducción del riesgo de incendios

Como abordado previamente, el aumento de las temperaturas y de los periodos de sequía es previsible. “Las zonas de montaña como los Pirineos serán más vulnerables y estarán expuestas a un régimen de incendios más importante que el actual. La inflamabilidad de la vegetación y el periodo de susceptibilidad al fuego aumentarán y, como consecuencia, cabe esperar incendios más frecuentes, extensos e intensos”. (COLL, et al., 2019)

Por ello, aunque los Pirineos están menos afectados por los incendios que la zona mediterránea hasta la fecha, son más vulnerables, sobre todo por su composición específica y el riesgo de degradación de la fertilidad del suelo. Por lo tanto, su capacidad de recuperación será menor, lo que puede plantear problemas importantes, especialmente para los bosques cuyo objetivo principal sea la protección frente a los riesgos naturales.

Las acciones de mitigación de incendios forestales consisten en reducir la cantidad de combustible y su continuidad horizontal y vertical, ya que tienen un impacto significativo en el comportamiento del fuego (intensidad y velocidad de propagación), principalmente a través del desbroce del sotobosque, de claras y clareos, de la poda de árboles.

5. Diversificación

Los tratamientos de diversificación pretenden aumentar la complejidad del bosque, entendida como diversidad, a pequeña escala, de composiciones (masas mixtas), y de estructuras en dimensiones verticales (estratos) y horizontales (mosaicos).

Un sistema forestal complejo y rico en biodiversidad se considera más resiliente y resistente a las perturbaciones relacionadas con el cambio climático (STEPHENS, MILLAR, & COLLINS, 2010) (PUETTMANN, 2011) porque promueve la aparición de respuestas adaptativas capaces de hacer frente a la incertidumbre asociada al cambio climático (MESSIER & PUETTMANN, 2011).

Diversificación. La diversificación requiere la introducción de una amplia diversidad en los bosques, a todos los niveles::

- **Diversificación genética:** Dentro de una misma especie, se busca la máxima diversidad de procedencias locales, productivas y adaptables, ya sean especies autóctonas o aclimatadas. Fomento de la adaptación genética (adaptación in situ y migración).
- **Diversificación de especies:** En una comunidad se favorecen la mezcla de especies arbóreas dominantes y se mantienen, o incluso se introducen, en plantaciones o regeneraciones naturales, especies del sotobosque. Aumento de la complejidad del conjunto del rodal y de la diversidad estructural vertical (estratos).
- **Diversificación estructural:** En una comunidad se incrementa el número de estratos del rodal (estructura vertical) o, a escala del paisaje, se promueve la aparición de diferentes comunidades o mosaicos (estructura horizontal).

Además de sus efectos en la biodiversidad y en la adaptación de los bosques al cambio climático, la diversificación también puede tener efectos económicos positivos, aumentando potencialmente la capacidad de hacer frente a las fluctuaciones del mercado y abriendo el acceso a sectores del mercado especializados en productos madereros y no madereros de calidad. También sirve para mejorar la función paisajística y recreativa de los bosques.



V. Conclusiones

El cambio climático que se está produciendo obliga a cuestionar nuestros conocimientos y prácticas para hacer frente a estos cambios, que pueden ser muy rápidos si atendemos a la escala temporal de los propios bosques, pero relativamente lentos considerando la escala temporal humana.

Hoy en día hay que tomar numerosas decisiones para anticipar y limitar los riesgos dentro del amplio abanico de posibles situaciones climáticas futuras en los Pirineos.

Para ser eficaces, estas decisiones deben basarse en un conjunto de conocimientos fundamentales y empíricos, muchos de los cuales aún están por adquirir.

La adquisición y difusión de conocimientos, la cooperación y el mantenimiento de un nivel suficiente de conocimientos en el sector forestal son, por tanto, cuestiones que no podemos ignorar.

Cada una de las orientaciones desarrolladas en este documento debe perseguirse y enriquecerse para garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas forestales y su multifuncionalidad.



Bibliografía

- COLL, L., DELPI, R. B., CAMARERO MARTINEZ, J., DE CÁCERES, M. C., CANTERO AMIANO, A., CERVERA ZARAGOZA, T., NAVARRO PEREZ DE PIPAÓ, L. (2019). Guide de gestion forestière pour l'adaptation au changement climatique des forêts pyrénéennes. Toulouse: FORESPIR.
- GARCÍA-GÜEMES, C., & CALAMA, R. (2015). La práctica de la silvicultura para la adaptación al cambio climático, edit. M.A. Zavala, Los bosques y la biodiversidad frente al cambio climático : Impactos, Vulnerabilidad y Adaptación en España. Madrid: Ed. Ministerio para la Transición Ecológica.
- MESSIER, C., & PUETTMANN, K. (2011, 3). Forests as complex adaptive systems : implications for forest management and modelling. *L'Italia Forestale e Montana*(66), p. 249-258.
- PIEDALLU, C. G. (2013). Soil water balance performs better than climatic water variables in tree species distribution modelling. *Global Ecology and Biogeography* 22, 470–482. doi: 10.1111/geb.12012.
- PIEDALLU, C. G. (2016). Soil aeration, water deficit, nitrogen availability, acidity and temperature all contribute to shaping tree species distribution in temperate forests. *Journal of Vegetation Science* 27(2).
- PUETTMANN, K. (2011, 6). Silvicultural challenges and options in the context of global change : simple fixes and opportunities for new management approaches. *Journal of forestry*(109), pp. 321-331.
- STEPHENS, S., MILLAR, C., & COLLINS, B. (2010). Operational approaches to managing forests of the future in Mediterranean regions within a context of changing climates. *Environmental Research Letters*, 5, pp. 1-9.
- TACCOEN, A., PIEDALLU, C., SEYNAVE, I., PEREZ, V., GÉGOUT-PETIT, A., NAGELEISEN, L., & BONTEMPS, J. (2019). Background mortality drivers of European tree species: climate change matters. *PROCEEDINGS OF ROYAL SOCIETY B*, 286.



Anexo 1

El cambio climático en los documentos de orientación - Francia

Documento	Escala geográfica	Orientaciones
Programa Nacional de Bosques y Madera	Nacionales	Combinar mitigación y adaptación de los bosques al cambio climático. La gestión sostenible y multifuncional de los bosques como solución basada en la naturaleza para la adaptación al cambio climático.
Plan de desarrollo forestal regional plurianual	Región Aquitania	Necesidad de impulsar la silvicultura y la movilización de la madera para hacer frente a los desafíos económicos y del cambio climático
Programa Regional de Bosques y Madera	Región Nueva Aquitania	Innovar para adaptar la silvicultura y completar el conocimiento en el campo de la adaptación de los bosques al cambio climático. Definir itinerarios silvícolas adecuados.
Plan regional de ordenación forestal - Aquitania	Región Nueva Aquitania	Tener en cuenta la perspectiva del calentamiento global en las necesidades hídricas del bosque y en cualquier otra decisión forestal (las actuaciones de manejo forestal deben ser analizadas a largo plazo)
Orientaciones forestales regionales de Midi-Pyrénées	Región de Midi-Pyrénées	El bosque en el centro de los problemas energéticos y climáticos
DNAG/ONAG	Nacionales	Producción de madera: adaptación de la gestión forestal al cambio climático a través de una silvicultura dinámica para obtener masas más estables; Función ecológica: en el contexto del cambio climático, centrarse en la conservación de la diversidad genética y las posibilidades de migración de especies (mantenimiento de continuidades ecológicas)

Documento	Escala geográfica	Prise en compte du changement climatique
DRA/SRA Montañas Pirenaicas	Regiones forestales afectadas: Pays de Sault, Cerdagne, Capcir, Conflent, Vallespir	La tendencia al calentamiento global debe tenerse en cuenta en la elección de las especies objetivo y los criterios de explotación.
DRA/SRA Bosques Pirenaicos	Región forestal de los Pirineos centrales: suroeste de Aquitania y Midi-Pyrénées	Los cambios climáticos podrían dar lugar a sequías estivales más severas y peligros meteorológicos, deben tenerse en cuenta en la preservación de la biodiversidad forestal para evitar la erosión genética de especies espontáneas heredadas de siglos de selección natural garantizando su adaptabilidad a lo largo de la evolución • Favorecer la adaptabilidad de las especies forestales a las condiciones del entorno y a largo plazo • Regeneración natural: promoción de la diversidad genética • Salud del bosque: favorecer las especies más adecuadas
Programa Regional de Bosques y Madera	Región de Occitania	• Ficha 1.2: Modelización del CC • Ficha 1.3: Implementar una silvicultura diversificada, adaptativa y más dinámica • Ficha 1.4: Estrategia y hoja de ruta para la plantación / regeneración natural • Ficha 4.3: Fortalecimiento del papel protector de los bosques frente a los riesgos de las montañas • Ficha 4.6: Asegurar una política de prevención y control específico frente a los riesgos para la salud

Anexo 2

El Cambio climático en los documentos de orientación en España

Documento	Escala geográfica	Orientaciones
Ley de Montes	Nacional	Entre los principios que inspiran esta ley : • Adaptación de los montes al Cambio climático fomentando una gestión encaminada a la resiliencia y resistencia de los montes al mismo • La consideración de los montes como infraestructuras verdes para mejorar el capital natural y su consideración en la mitigación del cambio climático
Proyecto de ordenación de montes / Plan básico de gestión forestal de montes de Aragón	Comunidad Autónoma de Aragón	Como objetivo general de la ordenación, planificación, está la mitigación del cambio climático y la fijación de CO ₂
Plan de actuaciones forestales de terrenos privados	Comunidad Foral de Navarra	
Agenda Forestal de Navarra	Comunidad Foral de Navarra	Ejes estratégicos: • Gobernanza Forestal • Cambio climático y Riesgos Naturales • Fomento del Sector Forestal • Conservación de la Biodiversidad • Innovación y conocimiento
Plan general Comarca Pirenaica	Comarca Pirenaica de Navarra	Plan general de Gestión Forestal de la Comarca Pirenaica para los montes públicos y privados, con indicación de los criterios y recomendaciones de gestión.
Plan general Comarca Cantábrica	Comarca Cantábrica de Navarra	Plan general de Gestión Forestal de la Comarca Cantábrica para los montes públicos y privados, con indicación de los criterios y recomendaciones de gestión.
Plan forestal de Navarra	Navarra	El bosque y los cambios climáticos: • Consideración de los sistemas forestales como grandes fijadores del CO₂ atmosférico • Necesidad de mantener la capacidad de los bosques de acomodarse a los cambios climáticos basándose en la biodiversidad que contienen y en la gestión concentrada sobre los factores de predisposición mediante técnicas selvícolas

Documento	Escala geogràfica	Orientacions
Plan Forestal	País Vasco	Consideración de los ecosistemas forestales en el control de la erosión que puede verse agravada por los cambios climáticos
Plan General de Política Forestal	Cataluña	El ámbito de aplicación de este PGPF es el constituido por la totalidad de los terrenos forestales de Cataluña
Instrumentos de Ordenación Forestal	Cataluña	Entre los distintos objetivos que tienen que cumplir los IOF, los relacionados con la función ambiental: resistencia y resiliencia a perturbaciones y los efectos del cambio global, gestión para un uso eficiente de los recursos hídricos, gestión para minimizar procesos erosivos, gestión para la conservación de la biodiversidad y del patrimonio natural forestal, gestión para la mejora de las masas forestales contra GIF y para la prevención de incendios, y otros.

Anexo 3

El cambio climático en los documentos de orientación en Andorra

Documento	Escala geogràfica	Orientacions
Llei 7/2019, del 7 de febrer, de conservació del medi natural, de la biodiversitat i del paisatge.	Andorra	En l'àmbit més general, pel que fa a la preocupació mundial pel canvi climàtic, aquesta Llei reconeix les masses forestals com el principal embornal de gasos amb efecte d'hivernacle d'Andorra i recomana gestionar-les com a tals en resposta a les obligacions mundials derivades del Conveni marc de les Nacions Unides sobre el canvi climàtic i de l'Acord de París, als quals Andorra s'ha adherit. Títol V. Gestió de les masses forestals Article 36. Principis generals 1. Els principis que s'han d'aplicar en la gestió de les masses forestals són la conservació de la biodiversitat i del paisatge, la millora o manteniment del nivell evolutiu de la seva vegetació, la no reducció a escala nacional i la potenciació de la capacitat d'embornal de carboni en el marc de la lluita contra el canvi climàtic i l'aprofitament sostenible com a font de biomassa, a més del seu rol de protecció davant els riscos naturals, prevalent en qualsevol cas l'interès públic sobre el privat.

Contribuyentes



Socios del proyecto OPCC ADAPYR



Cofinanciadores



FORESPIR

23 Bis Bulevar Bonrepos - 31000 Tolosa (Francia)
+33 (0)5 34 41 43 20 - geieforespir@forespir.com