

6.2. PROGRAMA DE GESTIÓN ADAPTATIVA PARA LA ADECUACIÓN DE LA GESTIÓN FORESTAL AL CAMBIO CLIMÁTICO

La selvicultura se desarrolló hace más de doscientos años para atender las necesidades sociales de productos escasos con una demanda alta. Hoy tenemos el reto de adaptar las herramientas selvícolas disponibles y desarrollar otras nuevas para cubrir la variada demanda de servicios ecosistémicos (bienes y servicios en la terminología tradicional), asegurando la persistencia de las masas forestales y evitando la irreversibilidad de las actuaciones. La nueva situación que supone el cambio global, entendido como el impacto de las actividades humanas sobre los procesos claves que regulan el funcionamiento de la biosfera (DUARTE, 2012), hace preciso que se ajusten los métodos aplicados adaptándolos progresivamente a las nuevas condiciones. Por ello, la investigación selvícola debe centrarse en teorías generales y en investigar respuestas básicas para desarrollar generalizaciones conceptuales basadas en la comprensión de procesos subyacentes a las respuestas a los tratamientos (PUETTMANN et al., 2009).

La selvicultura es la ciencia y el arte de gestionar los bosques para proveer servicios ecosistémicos. Aquí, arte debe entenderse como la práctica de gestionar los bosques, es decir, la técnica forestal. La selvicultura comprende, por tanto, en la terminología de WOOTTON (2017), la habilidad práctica (arte) y el sistema teórico (ciencia). La ciencia forestal concuerda plenamente con la definición que de ciencia hace la Real Academia Española¹, es decir, es el *"conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente"*; en el caso de la selvicultura, conocimientos que tienen por objeto de estudio los montes y su gestión.

Dados los plazos de respuesta de los sistemas forestales, los métodos tradicionales de investigación deben ser complementados con estrategias de adquisición de conocimiento basadas en la gestión adaptativa (BRAVO, 2013).

La idea de gestión adaptativa como una estrategia útil para la gestión de los recursos naturales se debe a HOLLING (1978). De acuerdo con la definición propuesta por NYBERG (1998), *"la gestión adaptativa es un proceso sistemático para la continua mejora de las prácticas de gestión mediante el aprendizaje a partir de los resultados de la actividad selvícola"*. Sin embargo, aunque este concepto de aprendizaje mediante la práctica es esencial en la aplicación de la gestión adaptativa, para que sea realmente útil no debe haber sólo una dimensión incremental del conocimiento. Debe haber un proceso formal, explícito y deliberado para aumentar el conocimiento útil de los gestores forestales a través de experimentos y del contraste, el procesado crítico de los resultados y la aplicación de nuevas estrategias de gestión (STANKEY et al., 2005). Por último, para que el aprendizaje sea real y para que tenga un claro impacto, debe tener dos dimensiones: una cognitiva (entendemos mejor los procesos que hemos estudiado) y otro conductual (cambiamos nuestra forma de hacer gestión forestal).

Aunque se podría pensar que la implementación de planes de gestión (en sus diferentes formatos y denominaciones: proyectos de ordenación, planes técnicos, planes dasocráticos, etc.) y su seguimiento cuidadoso sería equivalente a la gestión adaptativa, esta necesita un mayor esfuerzo, ya que las principales características de la gestión adaptativa son (basado en NYBERG, 1998; STANKEY et al., 2005):

- i. Desconocimiento de cuál es el método adecuado para las nuevas condiciones previstas que además están sujetas a una gran incertidumbre
- ii. Necesidad de integración de conocimientos de diferentes disciplinas en los métodos de gestión y en modelos dinámicos para poder predecir el impacto de diferentes alternativas
- iii. Selección cuidadosa de las prácticas y métodos a ensayar, eliminando las opciones que tienen un éxito improbable o insuficiente a la luz de los conocimientos disponibles
- iv. Implementación cuidadosa de las alternativas selvícolas, de forma que se pueda extraer información sobre los aspectos críticos de los tratamientos

¹ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2022. Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.5 en línea]. Accesible en: <https://dle.rae.es>

v. Seguimiento de la respuesta de los indicadores clave y análisis de los resultados en relación con los objetivos iniciales

vi. Incorporación de los resultados a las decisiones futuras

Conviene recordar que las acciones de manejo adaptativo son un sistema de aprendizaje mediante la práctica, aprovechando los éxitos y fracasos tanto propios como ajenos, y que deben estar debidamente planeadas, ejecutadas y analizadas, y sus resultados implementados. A continuación, se propone un plan de acción para el establecimiento de sitios de manejo adaptativo:

i. **Planificación**

- a. Definición del problema que se pretende abordar (falta de resiliencia, respuesta a cambios en la demanda de servicios ecosistémicos, alto riesgo de incendios, etc.)
- b. Delimitación de las formaciones forestales y las áreas geográficas de interés
- c. Revisión de las experiencias previas disponibles
- d. Definición de las alternativas selvícolas y las hipótesis a las que responden
- e. Selección de los sitios
- f. Definición de las variables clave a seguir, métodos de muestreo y seguimiento y, en su caso, el diseño experimental
- g. Definición del plan de gestión de datos

ii. **Establecimiento**

- a. Análisis del contexto socio-ecológico (información sobre la línea base y su evolución en ausencia de cambio en la gestión, impactos y riesgos)
- b. Replanteamiento y ejecución de las alternativas ecológicas
- c. Remedaciones periódicas de las variables de interés
- d. Gestión de datos

iii. **Análisis**

- a. Análisis cuantitativo y cualitativo de los datos
- b. Elaboración de los resultados (aceptación o rechazo de las alternativas selvícolas y sus correspondientes hipótesis)
- c. Extracción de conclusiones
- d. Extensión de los resultados

iv. **Implementación**

a. Diseminación de los resultados para facilitar la implementación de los mismos en la gestión forestal

b. Retroalimentación de los resultados sobre la gestión ordinaria

c. Definición de preguntas pendientes y nuevas cuestiones que ha abierto el programa de manejo adaptativo

Los programas de manejo adaptativo deben utilizar los recursos disponibles (bases de datos, redes de parcelas, etc.) de forma óptima y señalar las necesidades de nuevas infraestructuras experimentales como, por ejemplo:

i. **Sitios experimentales a largo plazo con dispositivos experimentales sofisticados.** Estos dispositivos experimentales a largo plazo son muy caros de instalar y mantener, y conforme su antigüedad aumenta se incrementa su valor. Uno de los problemas fundamentales de estos sitios es la financiación de su mantenimiento, pero también el hecho de que es muy probable que la cuestión científica que motivó su instalación haya perdido relevancia (INNES, 2005), que la novedad científica que motivó su instalación haya decaído o incluso que el diseño original esté desfasado. Una adecuada identificación de los sitios relevantes para poder asegurar su financiación y, en su caso, rediseño, es clave.

ii. **Redes de parcelas de seguimiento.** Estas parcelas pueden ser temporales, de intervalo o permanentes, en función del número de remedaciones (una, dos, o más de dos, respectivamente) que se puedan llevar a cabo. Un adecuado equilibrio entre todos los tipos de parcelas, distribuidas por todas las situaciones selvícolas de interés, es fundamental para poder extender los resultados en sitios experimentales intensivos a largo plazo.

iii. **Análisis regionales.** Se necesitan ensayos a escala regional, entendida esta escala desde un punto de vista ecológico y no administrativo, para poder tomar decisiones a mayor escala, ya que de poco valen los resultados aislados de los ensayos que se puedan instalar si no se extraen conclusiones válidas, no permitiendo discernir los resultados que muestran relaciones causales de los que muestran simples relaciones casuales.

iv. **Modelización y simulación.** No todas las opciones selvícolas pueden ser ensayadas, pero los modelos adecuados permiten simularlas y extraer conclusiones para, al menos, eliminar las que sean claramente indeseables.

v. **Integración de resultados a múltiples escalas.** Los bosques son sistemas holísticos en

los que el todo es más que la suma de las partes. La aproximación a los problemas de abajo-arriba (*bottom-top approach*), del árbol a escala paisaje, debe complementarse con una aproximación de arriba-abajo (*top-bottom approach*), del paisaje al árbol, de manera que se pueda obtener una visión de conjunto, ausente si sólo observamos una escala. El caso del sobrecrecimiento (*overyielding*) que se observa en algunos bosques mixtos respecto a monoespecíficos o el proceso de autoaclareo que está influenciado por las condiciones ambientales pueden servir de ejemplos donde la integración de escalas es necesaria para una adecuada comprensión de los procesos selvícolas.

vi. **Análisis de intervenciones (o ensayos a escala real).** Según VON GADOW & KLEINN (2005), el análisis de intervenciones trata de seleccionar zonas donde se van a realizar cortas (p.e., claras o cortas de regeneración) para, una vez señalada la corta y de forma previa a la actuación, medir todos los árboles. Tras la corta dispondremos de información del rodal antes y después de la misma. El análisis de una red de zonas donde se disponga de información de cortas en un periodo determinado podrá aportarnos información valiosa sobre las prácticas selvícolas a escala real. Con esto, lo que se pretende es que cada tratamiento (clareo, clara, poda, siembra, etc.) sea considerado como parte de un experimento a escala real que debe planificarse para obtener información útil para la gestión, pudiendo orientar actuaciones selvícolas futuras.

El programa de gestión adaptativa que aquí se presenta plantea, en concreto, las siguientes preguntas (BRAVO, 2013) que deberían contestarse a medio plazo (con revisiones cada cinco años dada la urgencia de que impone el cambio climático):

i. ¿Cuáles son las **estrategias selvícolas más adecuadas** para asegurar la persistencia y funcionamiento de los sistemas forestales, bajo condiciones cambiantes, tanto a nivel ambiental como socioeconómico? En este documento se ha hecho una primera propuesta de medidas de adaptación que podrían ser implementadas en el programa de gestión adaptativa.

ii. ¿De qué forma los ingresos generados por **los productos y servicios** (tradicionales o novedosos) que generan los bosques y que son valorados por la sociedad (aunque muchas veces no pagados) pueden ayudar a mantener el nivel adecuado de silvicultura de forma continuada?

iii. ¿Cómo pueden los bosques y la gestión forestal colaborar (mediante la provisión de servicios ecosistémicos) en el desarrollo de **modelos económicos basados en la sostenibilidad** (*Green Economy*)? (biomasa, maderas de calidad,

mantenimiento de la biodiversidad, los árboles como biorrefinerías, intervenciones autofinanciadas, ecoturismo, etc.). De esta forma las medidas de adaptación pueden ser financiadas y, así, ver asegurada su sostenibilidad a largo plazo.

iv. ¿Cuáles son los **instrumentos de bajo costo más adecuados para la implementación de métodos de gestión y planificación forestal** dentro de un marco de desarrollo económico basado en el conocimiento (*Knowledge Based BioEconomy*)? La implantación de las medidas de adaptación debe ser garantizada de forma económicamente viable e integrarse en la sociedad actual mediante el uso de tecnologías (LiDAR, software libre, entornos 2.0, etc.) y métodos de toma de decisiones (multicriterio, participación social incluyendo la ciencia ciudadana, etc.) adecuados a las condiciones locales.

Como paso previo a la implementación del programa de gestión adaptativa se debiera abordar la determinación compartida (entre gestores, investigadores y actores relevantes para la gestión forestal) de los límites actuales para la adquisición de conocimiento selvícola. En muchos casos, los límites económicos hacen que sea necesario simplificar la aplicación de la silvicultura, de forma que se intenta basar en tipos de bosques y esquemas de tratamientos selvícolas denominados modelos selvícolas. Mediante el uso de tipologías y de modelos selvícolas y sus protocolos de implementación se pretende aplicar una aproximación reduccionista a sistemas complejos como los forestales. Antes de seguir, conviene tener en cuenta que los montes tienen una serie de características que condicionan tanto su gestión como la investigación centrada en ellos. Estas características relevantes se pueden caracterizar como sigue PRETZSCH (2009): (i) los montes son sistemas abiertos donde los límites son difíciles de establecer y muchas veces pueden incluso ser discutidos, como por ejemplo la definición de rodales, que puede ser diferente para diferentes expertos, y en los que además sus límites pueden variar con el tiempo y donde hay un intercambio constante de materia y energía con los rodales próximos; además, (ii) los montes son ecosistemas dominados por organismos muy longevos (los árboles) lo que hace que su observación (directa o de los resultados de la manipulación) sobrepase con mucho la vida profesional de las personas que trabajan en ellos; y (iii) en los montes se observan propiedades emergentes que no son observables cuando se trabaja con los individuos que los componen como, por ejemplo, los cambios alométricos y el autoaclareo de los rodales. Al margen de las características anteriores indicadas por PRETZSCH (2009) cabe destacar que tanto los drivers como los outputs de los montes son cambiantes (el cambio global no es ajeno a esto). La productividad de los

montes no se puede ya considerar constante mientras que la demanda de los diferentes servicios ecosistémicos por parte la sociedad, lo que incluye a los productos, cambia a mayor velocidad que la tasa de crecimiento y cambio de los montes. Como ya se ha comentado, la longevidad de los ecosistemas y su tasa de cambio (crecimiento, demografía, etc.) son muy diferentes a las que la sociedad espera hoy.

Por otro lado, además, la formación académica forestal que habitualmente se imparte en universidades y centros superiores, centrada en la resolución de problemas ya conocidos y no en el planteamiento de problemas con solución incierta, hace que, a menudo, la investigación se vea como un complemento de la profesión y no como el núcleo de las disciplinas forestales.

La definición que se hace de la silvicultura como arte y ciencia (ver, por ejemplo, BRAVO (2007, 2013); Diccionario Español de Ingeniería²; HELMS (1998)) no es ajena a los problemas en el avance de la ciencia forestal. De acuerdo con PUETTMANN et al. (2009), al definir la silvicultura como arte (es decir, la práctica) se puede pensar que la experiencia obtenida por años de práctica, así como la observación cuidadosa, puede llevar al conocimiento preciso para modificar medidas selvícolas del pasado y responder adecuadamente a nuevas condiciones, de forma que el llamado "ojo forestal" deviene en instrumento clave para diagnosticar y modificar los sistemas selvícolas. La definición de la silvicultura como arte y su corolario del "ojo forestal" es uno de los mayores obstáculos al desarrollo de la ciencia forestal y a la aplicación de los avances obtenidos. El peso de la tradición y del concepto del "ojo forestal" lleva a la aplicación de prácticas adaptadas a las condiciones locales, pero promueve la introducción de ideas rutinarias en la educación y en la gestión forestal (PUETTMANN et al., 2009), alejando el pensamiento crítico de la silvicultura. Así, PUETTMANN et al. (2009) indican que el énfasis en la tradición forestal es probablemente una de las razones, pero no la única, por las que la silvicultura no se adapta fácilmente a los cambios sociales, ambientales o económicos. Además de esto, habría que añadir el largo plazo de respuesta de los sistemas forestales a los tratamientos selvícolas debido a la longevidad de los árboles. La tradición forestal es un valor de la profesión, pero no debe impedir su desarrollo en un entorno cambiante.

La ciencia es necesariamente global e intenta traspasar las situaciones locales, por eso se publican más resultados de experimentos o de estudios observacionales a gran escala que estudios

concretos, pero sus resultados deben aterrizar localmente mediante ensayos técnicos debidamente realizados. En situaciones de cambio global como la actual incluso debiera hacerse de forma sistemática, puesto que el cambio en los ecosistemas y en las demandas de la sociedad son muy rápidos y los resultados científicos, ya de por sí provisionales, deben contrastarse frecuentemente. Así, la técnica puede y debe jugar un papel relevante en el avance de la ciencia (BRAVO, 2009) puesto que puede mostrar las limitaciones de sus resultados o incluso aportar evidencias de que estos son falsos, al menos en algunas circunstancias, empujando a la búsqueda de nuevas hipótesis. En este sentido, la capacidad de investigación de un sector o país es la magnitud de la habilidad para desarrollar, generar y disseminar ciencia y tecnología (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2002). La separación entre la gestión, la investigación forestal, la fragmentación y aislamiento de los grupos de investigación disminuye nuestra capacidad de investigación y hace que los esfuerzos realizados no cristalicen en un verdadero avance mediante la aplicación práctica de los hallazgos y desarrollos científicos y tecnológicos. El seguimiento, la investigación y la aplicación de nuevas tecnologías debe ser la base para conservar, mejorar y restaurar los sistemas forestales (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2002). Uno de los aspectos clave en ello es la extensibilidad de los resultados de investigación, de forma que los hallazgos obtenidos puedan ser de aplicación más general.

Sin embargo, la mayoría de los experimentos forestales se hacen en parcelas relativamente pequeñas y homogéneas internamente, con un número de replicas limitado y con un seguimiento temporal no muy extenso. Las parcelas pequeñas tienen indudables ventajas (PUETTMANN et al., 2009) ya que (i) es más fácil encontrar condiciones homogéneas, (ii) se pueden hacer más unidades experimentales y (iii) se optimiza la inversión (dinero, trabajo, etc.) en los experimentos. Sin embargo, estas ventajas conllevan problemas al trasladar los resultados a escala operativa (PUETTMANN et al., 2009) como, por ejemplo, no tener en cuenta la heterogeneidad de las masas forestales, que las parcelas experimentales no representan adecuadamente las condiciones generales de los montes o que los tratamientos selvícolas se aplican de forma menos cuidadosa en los trabajos rutinarios que en los experimentales. En el caso de los sistemas forestales, los problemas de escala (con una atención desmedida tanto en la investigación como en la gestión en la escala del rodal), de límites (poca atención a los ecotonos), y de plazos (largo tiempo de desarrollo de los bosques debido a la longevidad y tasa de crecimiento de los árboles, que hacen que los cambios de prioridades de gestión y de demandas sociales no puedan

² Diccionario Español de Ingeniería. s. f. Versión 1.0. Accesible en: <http://diccionario.raing.es>

ser atendidos de forma ágil) no hacen sino añadir complejidad a los problemas que se pretenden abordar. Todo lo anterior nos lleva a la necesidad de generar espacios y tiempos para la reflexión compartida entre gestores e investigadores para avanzar y delimitar los aspectos que se puedan abordar de forma relevante y realista con los condicionantes actuales.

Conviene recalcar que la ciencia se basa en la provisionalidad de sus postulados mientras que a través de la gestión se pretende abordar problemas con soluciones efectivas. La ciencia duda mientras que la técnica no puede una vez que se decide qué tratamiento aplicar. La ciencia, para que sea considerada tal, debe ser falsable (CHALMERS, 1999), es decir, sus postulados son provisionales, pero se consideran ciertos porque hasta el momento no se han podido acumular hechos relevantes que los refuten. Estos hechos relevantes deben ser contrastables y basta una observación para refutar el postulado científico, mientras que para definir un postulado alternativo hacen falta muchas observaciones relevantes que cubran una gran variedad de condiciones. Es decir, los hechos que permiten postular un determinado esquema científico deben ser aceptables, relevantes y significativos (CHALMERS, 1999). Si nos fijamos en un postulado básico de la silvicultura, como es la llamada ley empírica de Assmann y los límites que tiene asociados (ASSMANN, 1970), podemos aplicar esto a la ciencia forestal. A partir de hipótesis enunciadas por Wiedemann y Langsaeter, ASSMANN (1970), estudiando la red de parcelas permanentes de Baviera, llegó a describir la ley empírica que lleva su nombre, y que indica que la relación entre la densidad de los rodales y su crecimiento culmina en una amplia meseta donde, para un amplio rango de densidades, se puede esperar una producción total muy parecida (en todo caso con disminuciones menores del 5%). A partir de esta ley empírica, que depende de la especie, la edad y la estación (PRETZSCH, 2009), se han desarrollado numerosos itinerarios selvícolas que, hasta la fecha en ecosistemas templados, han confirmado la ley de Assmann. Bien es verdad que la naturaleza conservadora de la silvicultura aplicada habitualmente (por el principio de precaución) ha impedido que se lleven en la práctica las densidades de los rodales cerca de los límites descritos por Assmann. Es decir, es una ley científica, puesto que es falsable, pero que no ha sido desafiada por la comunidad científica, con salvedades notables como por ejemplo ZEIDE (2004) o ALLEN & BURHART (2019), aunque solo sea para acotar su validez y aplicación.

Para poder aterrizar localmente el conocimiento científico y poder acotar o rechazar sus postulados debe hacerse una definición compartida del alcance y límite del programa de gestión adaptativa. A partir de las cuestiones anteriores se deben evaluar los esfuerzos de investigación e innovación ya realizados en la región (tanto por la Junta de Castilla y León como por parte de las Universidades de la región, el iuFOR³, el CESEFOR⁴ y el ICIFOR⁵, etc.). Las redes de parcelas y ensayos implementados deben mantenerse y abrirse a la colaboración con otros grupos. La integración de bases de datos en formato de datos abiertos y enlazados (*Open Linked Data*) con el desarrollo de las correspondientes ontologías (ver, por ejemplo, VEGA-GORGOJO et al. (2022)) facilitará el intercambio de información y la generación de herramientas y conocimientos nuevos (como la aplicación ForestExplorer⁶). Además, la interacción con la red de seguimiento de dinámica forestal podrá proveer de datos y herramientas a este programa. La puesta en marcha y desarrollo de un programa de gestión adaptativa precisa que las personas que gestionan e investigan trabajen juntas desde la planificación inicial de los tratamientos para extraer el conocimiento científico (FINCH & PATTON-MALLORY, 1993). Este punto es muy importante, pues los gestores estarán más dispuestos a trasladar los resultados a los tratamientos selvícolas si sienten que han participado en su generación desde el principio.

3 Instituto Universitario de Investigación en Gestión Forestal Sostenible (iuFOR). Accesible en: <http://sostenible.palencia.uva.es/>

4 CESEFOR, 2021. Centro de Servicios Forestales. Accesible en: <https://www.cesefor.com/es>

5 Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR). Accesible en: <https://www.inia.es/nosotros/centrosdepartamentos/Centros/ICIFOR/Pages/Home.aspx>

6 LinkedForest, 2019. Explorador Forestal, los bosques de España a un solo click. Accesible en: <https://forestexplorer.gsic.uva.es/es/index.html>

Todos los esfuerzos asociados a la gestión forestal adaptativa solo serán realmente útiles si los investigadores salen de sus círculos académicos y sus laboratorios para aproximarse a la gestión forestal. Por otro lado, las personas encargadas de la gestión deben cambiar su mentalidad y dejar de considerar la investigación como propia de círculos teóricos donde un grupo de científicos genera nuevos datos y conocimiento con limitada utilidad, salvo el hecho de dar un toque de modernidad a la gestión. La sociedad necesita que las decisiones técnicas se basen en conocimiento bien fundado y que sirvan para un entorno en continuo cambio. La ciencia y la gestión forestal no pueden seguir caminos paralelos y deben buscar puntos de encuentro que las refuercen mutuamente en beneficio de la sociedad en general y del sector forestal en particular. Como ya se ha comentado antes, la investigación selvícola debe desarrollar teorías generales e investigar respuestas para desarrollar generalizaciones conceptuales (PUETTMANN et al., 2009), pudiendo generar de este modo regímenes selvícolas flexibles y adaptados a las condiciones ambientales y sociales que confronta la gestión forestal en la actualidad. Mediante el desarrollo de la investigación aplicada podrá posteriormente adaptarse ese conocimiento a las condiciones locales tanto de composición específica como de estación.

A continuación, se plantean una serie de medidas, que deberían implementarse en un plazo no mayor a tres años, dada la urgencia de la amenaza que representa el cambio global:

i. **Definición compartida de necesidades de nuevo conocimiento selvícola.** Tomando como punto de partida el conocimiento científico y la experiencia práctica pasada y actual, se deben definir de forma colaborativa (por ejemplo, en formato *'learning labs'*), las principales lagunas o huecos que existen en el conocimiento actual. Tras la evaluación correspondiente adquirida, esta definición de necesidades debe ser revisada cada cinco años.

ii. **Formación en gestión adaptativa.** La formación en gestión adaptativa debe enfocarse tanto en la fase de enseñanza superior (universitaria, pero también en formación profesional) como en el aprendizaje a lo largo de la vida (*longlife learning*) centrado en el planteamiento de problemas con solución incierta, de forma que la investigación y la innovación se convierta en el núcleo de la profesión forestal en sus distintos niveles y enfoques. Desde un punto de vista práctico, se plantean las siguientes acciones:

a. **Programa de formación continua de la Junta de Castilla y León que incluya aspectos de gestión adaptativa** (entendida como se expone en este apartado y no solo como adaptación de los

ecosistemas, que es la aproximación presentada en las fichas por formaciones forestales) como, por ejemplo, análisis de hipótesis múltiples (ver BRAVO (2013) para obtener detalles) y gestión de grandes bases de datos, entre otros.

b. **Introducción, en los planes de estudios reglados, de herramientas y aproximaciones de aplicación en gestión adaptativa** (manejo de grandes bases de datos, programación, diseño experimental, muestreo, etc.).

iii. **Experimentación a escala real.** De forma complementaria a los clásicos conceptos de parcelas permanentes, ensayos de procedencias o sitios experimentales, se deben establecer sitios de ensayo y seguimiento en tratamientos selvícolas a escala real realizados en las condiciones de operación habitual por los gestores.

iv. **Identificación y localización de sitios experimentales y de monitoreo disponibles en Castilla y León.** En Castilla y León hay un importante número de sitios experimentales, instalados la mayoría de ellos en Montes de Utilidad Pública, que fueron impulsados y son mantenidos por diversas entidades de investigación y desarrollo tecnológico. Se trata de catalogar todos los dispositivos disponibles, identificar la accesibilidad a los datos históricos, establecer protocolos de uso de estos datos y potenciar las remediciones necesarias para mantener una red de dispositivos coherentes que aporten información relevante para la adaptación de la silvicultura aplicada.

v. **Instalación y seguimiento de sitios de gestión adaptativa a escala operativa.** Es importante que se impulse la instalación de sitios de gestión adaptativa a escala operativa en la región, de forma que se pueda extraer información relevante y sirvan de lugar de encuentro para compartir experiencias. A continuación, se muestra un pequeño listado con una primera aproximación propuesta por los gestores forestales de la Junta de Castilla y León (se marca con * los dispositivos ya en marcha):

a. Red de forestaciones de anticipación al cambio climático con ensayos de especies y procedencias

b. Red de parcelas en rodales en regeneración para hacer el seguimiento de la instalación y evolución diferencial del regenerado

c. Red de parcelas de producción de piña (pino piñonero) y establecimiento de la regeneración (*)

vi. **Acciones de transferencia tecnológica.** Un aspecto importante, a veces descuidado, es

la transferencia tecnológica tanto entre agentes involucrados (investigadores y gestores) como entre gestores que desarrollan su labor en situaciones análogas. Se plantea la institucionalización de dos actividades anuales (una en primavera y otra en otoño) que a nivel regional sirva para intercambiar experiencias, compartir ideas y promover desarrollos para la adaptación de la silvicultura.

Las jornadas de técnicas selvícolas desarrolladas por el Consorci Forestal de Catalunya⁷ y las desarrolladas por CESEFOR pueden servir de modelo para esta medida.

⁷ CONSORCI FORESTAL DE CATALUNYA, 2021. Consorci Forestal de Catalunya, dando valor al bosque. Accesible en: <https://www.forestal.cat/web/?idi=ES>

REFERENCIAS

ALLEN, M.G., & BURKHART, H.E. 2019. GROWTH-DENSITY RELATIONSHIPS IN LOBLOLLY PINE PLANTATIONS. *FOREST SCIENCE*, 65(3), 250–264. [HTTPS://DOI.ORG/10.1093/FORSCI/FXY048](https://doi.org/10.1093/forsci/fxy048)

ASSMANN, E. 1970 THE PRINCIPLES OF FOREST YIELD STUDY. PERGAMON PRESS. 506 PP.

BRAVO, F. 2007. EL PAPEL DE LOS BOSQUES ESPAÑOLES EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO. FUNDACIÓN GAS NATURAL. 315 PP. [HTTP://SOSTENIBLE.PALENCIA.UVA.ES/CONTENT/EL-PAPEL-DE-LOS-BOSQUES-ESPANOLESEN-LAMITIGACION-DEL-CAMBIO-CLIMATICO](http://sostenible.palencia.uva.es/content/el-papel-de-los-bosques-espanoles-en-la-mitigacion-del-cambio-climatico)

BRAVO, F. 2013. ¿SE PUEDE GENERAR CONOCIMIENTO MEDIANTE LA GESTIÓN ADAPTATIVA PARA FUNDAMENTAR UN CAMBIO DE PARADIGMA DE LA SILVICULTURA? 60 CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL, VITORIA-2013. [HTTPS://DIALNET.UNIRIOJA.ES/DESCARGA/ARTICULO/7346730.PDF](https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7346730.pdf)

BRAVO, F. 2009. ADAPTIVE FOREST MANAGEMENT: LEARNING BY DOING IN FORESTRY. EN: MODELLING, VALUING AND MANGEING MEDITERRANEAN FOREST ECOSYSTEMS. *EFI PROCEEDINGS* 57, 111-118 PP. [HTTPS://EFI.INT/PUBLICATIONS-BANK/MODELLING-VALUING-AND-MANAGING-MEDITERRANEAN-FOREST-ECOSYSTEMS-NON-TIMBER-GOODS](https://efi.int/publications-bank/modelling-valuing-and-managing-mediterranean-forest-ecosystems-non-timber-goods)

CHALMERS, A.F. 2004 ¿QUÉ ES ESA COSA LLAMADA CIENCIA? SIGLO XXI DE ESPAÑA EDITORES S. A. 247 PP. [HTTPS://ULAGOS.FILES.WORDPRESS.COM/2012/03/LIBRO-QUE-ES-ESA-COSA-LLAMADA-CIENCIA.PDF](https://ulagos.files.wordpress.com/2012/03/libro-que-es-esa-cosa-llamada-ciencia.pdf)

DUARTE, C. M. 2012. WHAT IS GLOBAL CHANGE? THE CONVERSATION. PUBLICADO EL 15 DE ABRIL DE 2012 EN [HTTPS://THECONVERSATION.COM/WHAT-IS-GLOBAL-CHANGE-6447](https://theconversation.com/what-is-global-change-6447)

FINCH, D. M., & PATTON-MALLORY, M. 1993. CLOSING THE GAP BETWEEN RESEARCH AND MANAGEMENT. EN: STATUS AND MANAGEMENT OF NEOTROPICAL MIGRATORY BIRDS. US FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT RM-229. 12-16 PP.

HELMS, J. A. 1998. DICTIONARY OF FORESTRY. SOCIETY OF AMERICAN FORESTRY.

HOLLING, C. S. 1978. ADAPTIVE ENVIRONMENTAL ASSESSMENT AND MANAGEMENT. JOHN WILEY. LONDON, 377 PP. [HTTP://PURE.IIASA.AC.AT/ID/EPRINT/823/1/XB-78-103.PDF](http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/823/1/XB-78-103.pdf)

INNES, J. L. 2005. LONG-TERM FOREST EXPERIMENTS: THE NEED TO CONVERT DATA INTO KNOWLEDGE. EN: BALANCING ECOSYSTEM VALUES: INNOVATIVE EXPERIMENTS FOR SUTAINABLE FORESTRY. GENERAL TECHNICAL REPORT PNW-GTR-635, USDA FOREST SERVICE PACIFIC NORTHWEST RESEARCH STATION. 25-31 PP. [HTTPS://WWW.FS.USDA.GOV/TREESEARCH/PUBS/9842](https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/9842)

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2002. NATIONAL CAPACITY IN FORESTRY RESEARCH. WASHINGTON, DC: THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. [HTTP://WWW.NAP.EDU/OPENBOOK.PHP?RECORD_ID=10384](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10384)

NYBERG, J. B. 1998. STATISTICS AND THE PRACTICE OF ADAPTIVE MANAGEMENT. *STATISTICAL METHODS FOR ADAPTIVE MANAGEMENT STUDIES*. 42, 1. [HTTPS://WRRB.CA/SITES/DEFAULT/FILES/PUBLIC_REGISTRY/17.%20SIT%20ADAPTIVE%20MANAGEMENT%20STATISTICS%20BC%201998.PDF#PAGE=10](https://wrrb.ca/sites/default/files/public_registry/17.%20Sit%20Adaptive%20Management%20Statistcs%20BC%201998.pdf#page=10)

PRETZSCH, H. 2009 FOREST DYNAMICS, GROWTH AND YIELD. SPRINGER 663 PÁG.

PUETTMANN, K. J., COATES, K. D., & MESSIER, C. 2009. A CRITIQUE OF SILVICULTURE. MANAGING FOR COMPLEXITY. ISLAND PRESS.

STANKEY, G. H., CLARK, R. N., & BORMANN, B. T. 2005. ADAPTIVE MANAGEMENT OF NATURAL RESOURCES: THEORY, CONCEPTS AND MANAGEMENT INSTITUTIONS. PORTLAND, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, FOREST SERVICE, PACIFIC NORTHWEST RESEARCH STATION, 73 PP. [HTTPS://WWW.FS.USDA.GOV/TREESEARCH/PUBS/20657](https://www.fs.usda.gov/treeearch/pubs/20657)

VEGA-GORGOJO, G., GIMÉNEZ-GARCÍA, J. M., ORDÓÑEZ, C., & BRAVO, F. 2022. PIONEERING EASY-TO-USE FORESTRY DATA WITH FOREST EXPLORER. SEMANTIC WEB, 13(2), 147-162. [HTTPS://DOI.ORG/10.3233/SW-210430](https://doi.org/10.3233/SW-210430)

VON GADOW, K., & KLEINN, C. 2005. FOREST MANAGEMENT: SCIENCE-BASED AND UNDERSTANDABLE. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT PNW, 635, 15.

WOOTTON, D. 2017 LA INVENCION DE LA CIENCIA. UNA NUEVA HISTORIA DE LA REVOLUCION CIENTIFICA EDITORIAL CRITICA, 800 PP.

ZEIDE, B. 2004 OPTIMAL STAND DENSITY: A SOLUTION. CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH 34(4), 846-854. [HTTPS://DOI.ORG/10.1139/x03-258](https://doi.org/10.1139/x03-258)