

LIBRO BLANCO PARA UNA ESTRATEGIA DE ESPECIALIZACIÓN INTELIGENTE EN BOSQUES COMPLEJOS DEL SUDOE



INFORME FINAL COMFOR-SUDOE ELABORADO POR LAS SIGUIENTES ENTIDADES BENEFICIARIAS:



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

Proyecto financiado por el programa INTERREG-SUDOE a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).
Presupuesto 1.289.211,57 €

Contenido

Introducción.....	1
La relación entre bosque y seres humanos	1
Vuelta a la silvicultura	5
La aproximación de COMFOR-SUDOE	8
Caracterización de los bosques complejos del SUDOE	9
Biodiversidad y bio-economía de los bosques complejos	11
Acciones transformadoras para construir paisajes resilientes	17
Plantaciones Mixtas	18
Ensayos de transformación	19
Una visión integradora de los bosques complejos	22
Recomendaciones para incluir los bosques complejos como una prioridad estratégica de especialización inteligente.....	23
Referencias.....	25

Cita:

Bravo-Oviedo, A., Afanou, S., Alas, N., Álvarez, D., Álvarez, P., Barreiro, S., Bernier, F., Bravo, F., Castro-Rego, F., Cantera, X., Concepción, E.D., Correia, A., Cruz, F., de Guerry, B., del Peso, C., de la Iglesia, M., Diaz, M., Doncel, R., Ferrer, P., Jactel, H, Lage-Picos, J., LApierre, M., Nogueira, M.E., Nunes, L., Orazio, C., Olivar, J., Ordóñez, A.C., Saiz, A., Tomé, J.L., Tomé, M., Valbuena, P. (2023) *Libro blanco para una estrategia de especialización inteligente en el SUDOE. Informe final proyecto INTERREG COMFOR-SUDOE*. 29 pp.



Introducción

La relación entre bosque y seres humanos

En los bosques el ser humano ha encontrado alimentos, materias primas y refugio desde el inicio de las migraciones humanas. Se estima que hace al menos 45.000 años que los seres humanos empezamos a utilizar de forma sistemática los recursos forestales, principalmente de bosques tropicales (Roberts et al. 2017).

No es de extrañar, por tanto, que en aquellas zonas donde los seres humanos se asentaron tras las migraciones, comenzara una explotación intensa de las zonas boscosas cercanas en un proceso de deforestación que se origina hace 6.000 años (Roberts et al. 2018) y que se intensifica hace 3.000 años en Europa (Kaplan et al. 2009).

La expansión de la industria metalúrgica, el aumento de la población, la sucesión de imperios, guerras, explotación de recursos y una alta dependencia de la madera como combustible y material de construcción, tanto naval como urbana, hace aparecer en a partir del siglo XVI y sobre todo a mediados del siglo XVII, al final de la guerra de los 30 años, una auténtica crisis forestal. Es en esta época cuando aparecen los primeros tratados de cultivo o métodos de plantación de bosques con los que aliviar la falta de madera (Evelyn, 1664), con ella aparecen las primeras reforestaciones monoespecíficas, fundamentalmente en centro Europa. A partir del siglo XVIII con las ideas asentadas de la Ilustración y el desarrollo del método científico cartesiano cuando comienza un despliegue de conceptos asociados a la explotación económica y sostenible de los recursos forestales y se sistematiza la práctica selvícola como una actividad científico-técnica (von Carlowitz, 1713; Duhamel du Moceau, 1773) cuyo auge y adopción en toda Europa se concreta a partir de mediados del siglo XIX, en plena era industrial, con la formación de las escuelas forestales en el continente.



En los últimos doscientos años la transformación del paisaje forestal en Europa, particularmente en su región suroeste, ha sido intensa, alternándose periodos de deforestación y otros de una intensa actividad repobladora, fundamentalmente con una única especie arbórea. Esto ha generado una gran superficie de bosques monoespecíficos que, junto al abandono generalizado de la acción selvícola, ha derivado en estructuras uniformes con alta densidad y continuidad horizontal, lo que le hace aumentar el riesgo frente a incendios o plagas.

Los efectos catastróficos de grandes incendios, acrecentados por sequías y olas de calor, en Portugal y España (Pedrógao Grande en 2017, Sierra de la Culebra en 2022), los vendavales extremos, como el ciclón extratropical Klaus en 2009 en Aquitania o los efectos recientes de la enfermedad de la banda roja en el País Vasco afectan de manera importante a bosques monoespecíficos, por lo que se ha puesto el foco científico y técnico en la necesidad de mantener y aumentar los bosques con varias especies y fomentar las estructuras complejas.

No quiere decir esto que los bosques complejos no sufran los efectos de grandes eventos catastróficos, por ejemplo, por mayor continuidad vertical de combustible, pero sí presentan un mayor número de adaptaciones a las perturbaciones descritas que aumentan la probabilidad de una recuperación más rápida del bosque. Por ejemplo, mayor diversidad de mecanismos de regeneración en la mezcla de especies con pirofitismo activo o pasivo, diferente respuesta a la sequía, complementariedad en el uso de los recursos, efecto dilución en el caso de plagas, además de efectos positivos sobre la regulación de los ciclos biogeoquímicos, la conservación de la biodiversidad y la mitigación del calentamiento global.

Con el cambio de siglo y hasta la actualidad, la idea de aumentar la superficie de bosques disetáneos (con más de dos clases artificiales de edad), los mixtos y la implementación de una gestión más “próxima a la naturaleza” o “naturalística” ha ido cobrando fuerza (Kohm and Franklin 1997; O’Hara 1998, 2001; Kerr 1999; Mason and Kerr 2004; Brang et al. 2014; Bravo-Oviedo 2018; Mason et al. 2018).



Si bien, estos principios han sido recurrentes en la historia de la silvicultura, casi desde sus orígenes (Gayer 1898), es en el contexto de Cambio Global cuando puede darse un empujón definitivo a su implementación a gran escala. Pero, ¿qué es una gestión “próxima a la naturaleza”? ¿acaso hay un tipo de gestión alejada de la naturaleza? ¿la gestión forestal sostenible promovida desde administraciones forestales no es “naturalística”?

La relación del ser humano con los bosques ha pasado por varias fases que se identifican con el grado de conocimiento experto o científico que se tiene en cada momento histórico. De acuerdo con Gamborg y Larsen (2003) estas fases implican una secuencia de paradigmas de gestión que cambian con el aumento de la tecnificación y el conocimiento científico. La circularidad de la misma no impide que pueden darse “atajos” entre cada una de los tipos de relación, paradigmas o fases (Figura 1).



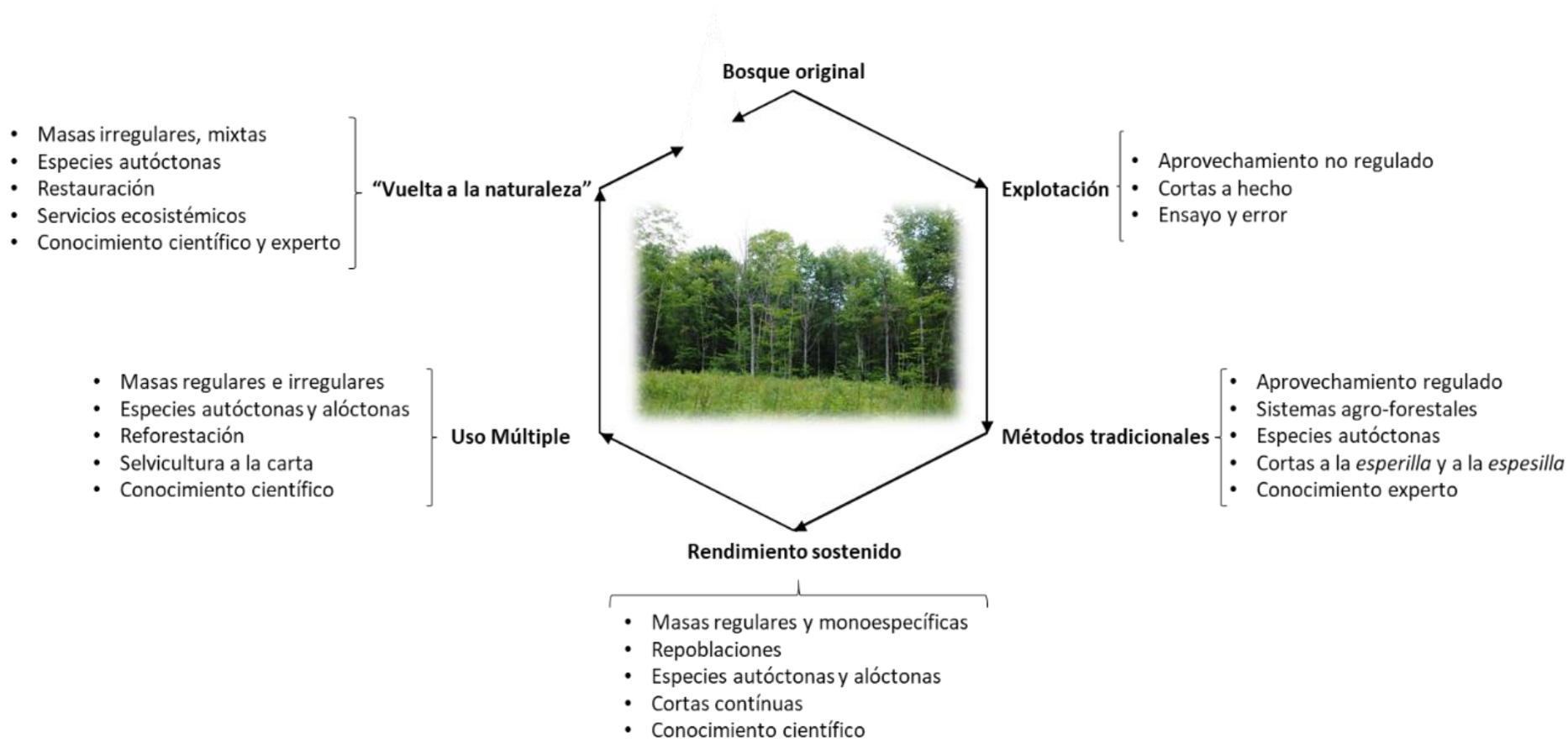


Figura 1. Tipos de relación entre bosques y seres humanos (Modif. de Gamborg y Larsen, 2003). Se describen los principales tipos forestales, las especies favorecidas, tipos de cortas y la clase de conocimiento utilizada en cada una de las fases.

Otros autores señalan una evolución progresiva y puramente lineal, pero terminan en una misma aproximación “más natural” en la que el conocimiento científico se complementa con la incorporación de la tradición forestal de las comunidades rurales y con el conocimiento experto (Trosper y Parrota, 2012; Lake et al. 2018).

Vuelta a la silvicultura

La práctica forestal desde su sistematización como ciencia en el siglo XVIII (Bravo 2022) ha definido el *principio de persistencia* como base sobre la que realizar las distintas actuaciones a la que se subordinan otros como el *rendimiento sostenido* o el *máximo de utilidades*. Pero, ¿cómo podemos obtener bienes y servicios del bosque y garantizar su persistencia? El modelo en el que la silvicultura miró desde sus orígenes ha sido la propia naturaleza y la respuesta que los distintos tipos de bosque tienen a perturbaciones naturales. Esto ha derivado en modelos conceptuales de dinámica forestal basados en perturbaciones grandes como, por ejemplo, incendios, vendavales o plagas, frente a perturbaciones pequeñas que provocan mortalidad de árboles de forma individual o en pequeños grupos (figura 2, Oliver y Larson, 1992).

Bajo esta perspectiva, la acuñación de términos como “silvicultura ecológica” o “silvicultura próxima a la naturaleza” se podría considerar como una redundancia, ya que la explotación que conlleva el menoscabo de los bosques y por lo tanto “contra la naturaleza”, simplemente, no es silvicultura.



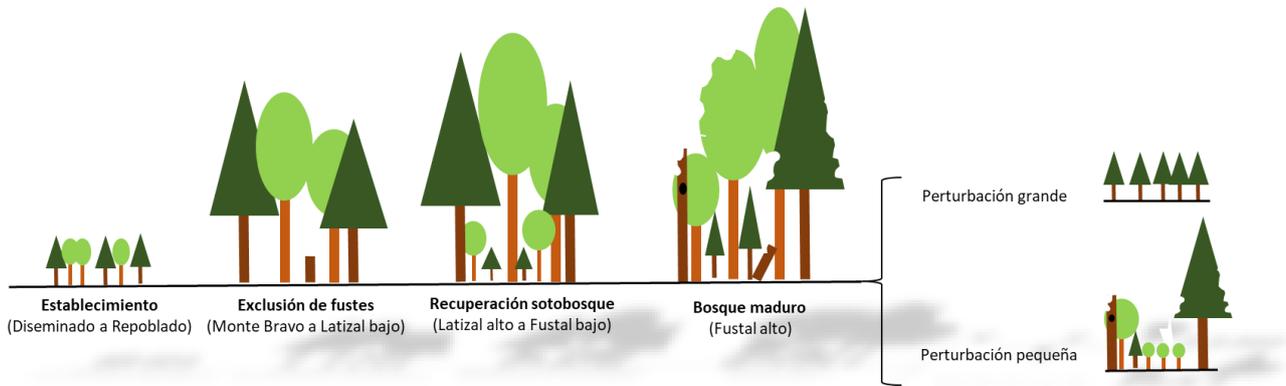


Figura 2. Fases de dinámica natural de rodales (a partir de Oliver y Larson, 1992) y posible evolución en función del tamaño de la perturbación. Perturbaciones grandes favorecen la sustitución por especies heliófilas y pioneras, mientras que perturbaciones pequeñas favorecen el establecimiento de especies más tolerantes a la sombra. En paréntesis clases naturales de edad utilizadas en silvicultura.

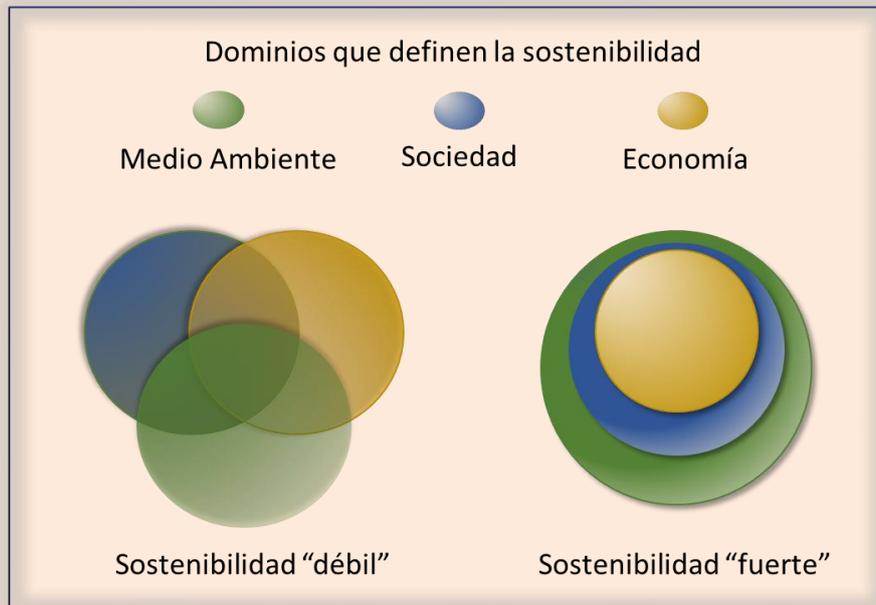
En ese continuo de perturbaciones se diseñan tratamientos selvícolas que tratan de imitar sus efectos. La acción humana se limita, por tanto, a anticiparse a la perturbación y definir en el tiempo y en el espacio su frecuencia y su intensidad.

Los tratamientos selvícolas permiten establecer qué tipo de bosque puede existir en cada territorio dentro de los límites naturales (clima, suelo, fisiografía), para proporcionar bienes y servicios que la sociedad demande en cada contexto, y que cuyo aprovechamiento y gestión sea rentable económicamente. Se trata de definir una condición futura deseada para un sistema forestal concreto siempre dentro de los límites de la estación.

Es decir, ya no se trata de la mera intersección de los ámbitos sociales, económicos y ambientales (sostenibilidad débil) sino que sigue una estructura apilada (sostenibilidad fuerte), donde la base viene definida por la capacidad ecológica del medio, le sigue la aceptación social para, finalmente, buscar la rentabilidad económica (Cuadro 1). De tal forma que se puede decir que *ningún aprovechamiento forestal es rentable si queda fuera de los límites ambientales y se realiza sin aceptación social.*



Cuadro 1. Modelos conceptuales de sostenibilidad



Desde la definición del concepto de desarrollo sostenible en el informe Brundtland (1987) la sostenibilidad se ha conceptualizado como la intersección de tres dominios o perspectivas, la del medio ambiente, la social y la económica. Este modelo conceptual se mantiene en la actualidad, aunque desde la primera mitad del siglo XXI este modelo ha sufrido revisiones y alguna crítica por dar el mismo peso a todos los dominios, por lo que se ha considerado como un modelo que defiende una sostenibilidad "débil". Frente a este modelo, se define la sostenibilidad fuerte como un sistema de relaciones entre dominios de tipo jerárquico donde el dominio medioambiental sienta las bases sobre la que se construyen los otros dos, dando más relevancia al aspecto social que al económico. Se trata de entender que el capital natural no puede ser sustituido por otro tipo de capital, ya sea este humano o económico (Neumayer, 2013).



La aproximación de COMFOR-SUDOE

El objetivo del proyecto COMFOR-SUDOE es potenciar los bosques con estructuras complejas (mixtos e irregulares) así como la plantación con varias especies, como una estrategia de adaptación que dé respuesta al cambio climático y a la disminución de la biodiversidad. Entendemos como “bosque complejo” aquellas estructuras irregulares o disetáneas, en el sentido que da O’Hara (2014), y/o de composición pluriespecífica gestionadas bajo un principio de persistencia y de acuerdo con objetivos de multifuncionalidad (producción, protección y uso social) y estabilidad.

El proyecto ha sido financiado por INTERREG-SUDOE en el marco del IV Programa y se lanzó para fomentar las sinergias y fortalecer una red que a nivel transnacionalmente la investigación y la innovación en sectores específicos del Sudoeste Europeo (SUDOE). Se trata de promover un crecimiento inteligente y sostenible mediante la promoción de la investigación, el desarrollo, la innovación y la transferencia tecnológica.

El proyecto se desarrolló para definir prioridades de innovación, investigación y especialización entorno a los bosques complejos, abarcando ámbitos como la biodiversidad y bioeconomía, la participación ciudadana y acciones transformadoras para incrementar los paisajes resilientes.

Los principales objetivos del proyecto fueron:

1. Cuantificar y valorar social y económicamente los servicios ecosistémicos de los bosques complejos y plantaciones mixtas del SUDOE
2. Creación de la red experimental conjunta de bosques complejos y plantaciones mixtas del SUDOE. Construcción de capacidades y transferencia de conocimiento.



3. Desarrollo de una estrategia de especialización inteligente en gestión y conservación de bosques complejos y plantaciones mixtas en el SUDOE.

Para lograr estos objetivos el proyecto ha desarrollado las siguientes iniciativas: (1) caracterización de bosques complejos mediante grandes bases de datos (inventarios forestales nacionales) y nube de puntos LiDAR y fotogrametría, (2) inventario multitaxón en zonas piloto para cuantificar la riqueza de especies de los bosques complejos, (3) instalación de sitios de ensayo de tratamientos de transformación de bosques monoespecíficos a bosques mixtos en España y Portugal, creándose la red COMFOR, (4) instalación de plantaciones mixtas en regiones de Francia, España y Portugal conformándose la red FORMIX, (5) desarrollo de algoritmos de clasificación de servicios ecosistémicos y capital natural en bosques complejos y (6) creación de un modelo de significado social de los bosques complejos.

Los productos principales del proyecto que han contribuido a los indicadores de éxito del programa INTERREG han sido:

- Creación de la red de experimentación conjunta en bosques complejos, compuesta por los sitios de transformación (COMFOR) y plantaciones mixtas (FORMIX).
- Creación de la red smartCOMPLEX, como espacio donde poner en valor de los sistemas de valoración de los servicios ecosistémicos y el capital natural en los países de la región Sudoe

A continuación, se muestra un resumen de los principales logros del proyecto con referencia a los entregables y publicaciones que pueden consultarse en la página web del proyecto www.comfor-sudoe.eu

Caracterización de los bosques complejos del SUDOE

La caracterización de los recursos forestales permite evaluar el potencial de uso y conservación de los sistemas forestales en un determinado territorio. Desde el



punto de vista técnico, la cuantificación a escala monte mediante parcelas de inventario de ordenación o a escala regional mediante inventarios forestales nacionales permite una primera cuantificación de los recursos. Sin embargo, recientemente otro tipo de metodologías basadas en sensores remotos o LiDAR han ido cobrando protagonismo en la última década y COMFOR-SUDOE ha contribuido al desarrollo de metodologías y algoritmos de caracterización. Entre los ejemplos que se han desarrollado ha sido la combinación de laser terrestre manual (HHLS) y fotogrametría aérea (Figura 3) o la utilización de HHLS en la caracterización de bosques mixtos (Tupinamba et al. 2023, Figura 4). Para ello se han tomado datos de la red de marteloscopios creada en el proyecto y se han desarrollado algoritmos y flujos de trabajo que permiten replicar la caracterización de bosques complejos en otras zonas de estudio.

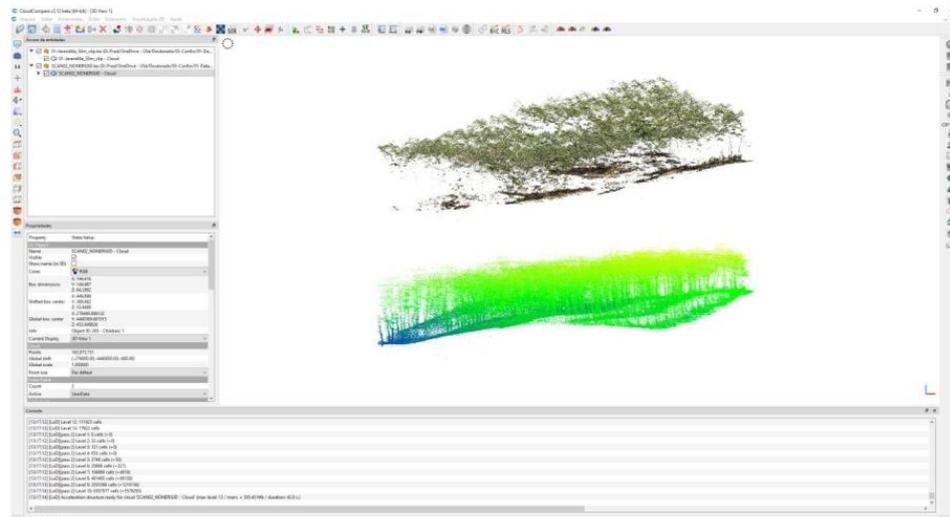


Figura 3. Integración de nube de puntos obtenida mediante fotogrametría y HHLS en un marteloscopio de la red COMFOR-SUDOE



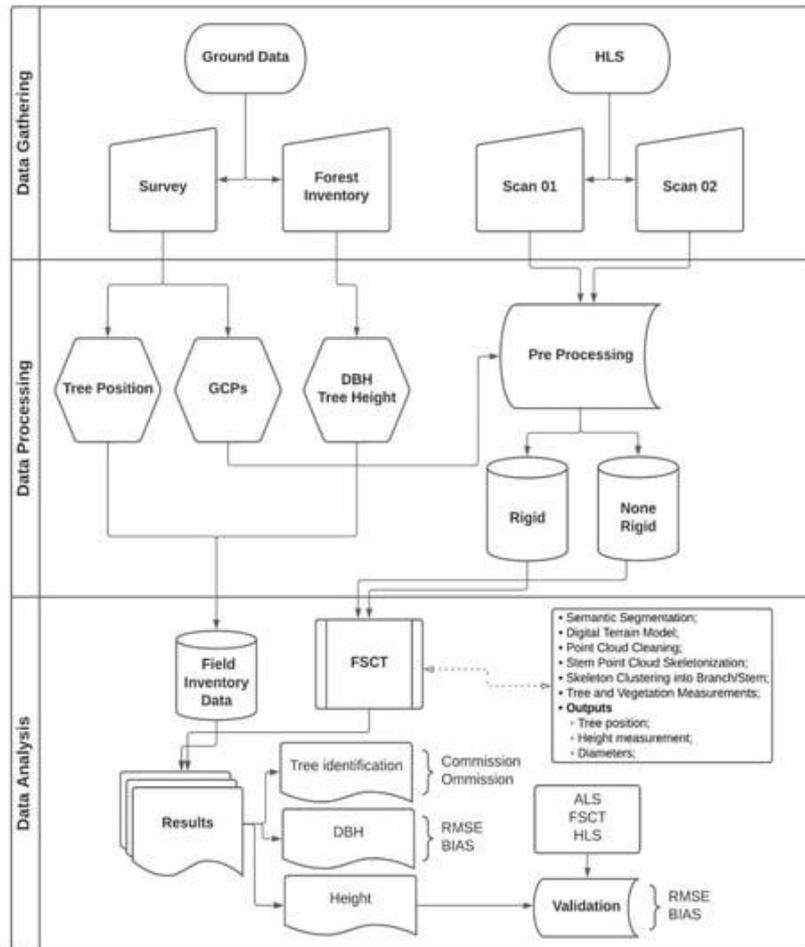


Figura 4. Flujo de trabajo desarrollado por Tupinamba et al (2023) para la utilización de escáner terrestre manual en bosques mixtos.

Biodiversidad y bio-economía de los bosques complejos

Europa en su conjunto, y el SUDOE de forma particular, se encuentran en un cambio de modelo económico que promueve pasar de la dependencia de combustibles fósiles hacia un uso racional de recursos de origen biológico para



producir alimentos, materiales y energía. La Estrategia Europea de Bioeconomía (EEB) de la UE establece cinco objetivos generales entre los que se incluyen la gestión sostenible de recursos y la adaptación al cambio climático. Bajo estos dos supuestos los bosques complejos y su correcta gestión puede contribuir a aumentar la oferta de alimentos de origen forestal (setas, frutos), materiales (madera, corcho, resinas, fibras) y energía (biomasa a partir de restos de operaciones o leñas). Ahora bien, la EEB no olvida que se debe aumentar el conocimiento sobre la biodiversidad y los ecosistemas y que deben establecerse buenas prácticas dentro de los límites de seguridad ecológica, aumentando los beneficios de la biodiversidad en la producción primaria. Esto es así porque la biodiversidad y, en concreto, la riqueza de especies contribuye a la economía como un seguro y una oportunidad. Es una oportunidad ya que a mayor número de especies existe una mayor diversidad de productos y un seguro, ya que ante irregularidades y perturbaciones ambientales (sequías, incendios) aumenta la probabilidad de existan especies adaptadas a tales eventos. No obstante, existe un riesgo de simplificación de los sistemas culturales y naturales al favorecer aquellas especies con mayor valor económico actual poniendo en riesgo la biodiversidad (D'Amato et al. 2020 , Eyvindson et al. 2018) Una de las maneras de poner en valor las ventajas de sistemas más diversos es cuantificar los servicios ecosistémicos que proporcionan y valorar, desde la perspectiva del capital natural, las oportunidades económicas que ofrecen.

Seguir el enfoque de capital natural (figura 4) y su contabilidad permite incluir el valor que proporciona una visión diferencial, especialmente relevante en lo que a la gestión territorial se refiere, ya que incorpora elementos como los SE y su relación con los recursos (activos) naturales, la valoración económica, la evolución de los recursos y los servicios con el paso del tiempo y la incorporación del concepto de dependencia ambiental. Pero, lo que sobre todo hace que sea un esquema diferenciador e integrador es que permite establecer los vínculos y las relaciones entre todos los aspectos mencionados (*system-based thinking*) e incluso elevar los resultados a otras escalas, desde la escala de paisaje o de proyecto hasta la corporativa, como resultado de la agregación sistemática y normalizada de resultados.





Figura 4. Beneficios del enfoque del capital natural. Tomado del informe COMFOR-SUDOE 2.2.1 Disponible en (link)

Durante la ejecución del proyecto COMFOR-SUDOE se han determinado los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques complejos. Los resultados muestran que, de los 68 beneficios o servicios que proveen los ecosistemas forestales complejos de la región del sudoeste europeo -España, Francia y Portugal-, 29 son de aprovisionamiento, 16 son culturales y 23 son de regulación y mantenimiento. En función de su adecuación a cada tipo de servicio ecosistémicos y a la disponibilidad de datos, a cada beneficio le corresponde un método más adecuado para calcular su valor económico, entre los que se cuentan los que estiman la demanda (por ejemplo, precios de mercado, valor contingente o experimento de elección) y los que no estiman la demanda (como son el coste de reemplazo, el coste de oportunidad o los costes evitados).

Junto a esta cuantificación se ha construido un árbol de decisión como



herramienta de apoyo a la labor de responsables políticos y otros actores implicados en la gestión del territorio. Sirve de guía a la hora de seleccionar los métodos para valorar económicamente los beneficios o servicios de los ecosistemas provistos por los bosques complejos. Es una información esencial para adoptar mejores decisiones y dirigidas a promover una gestión sostenible.

Ambos documentos, el informe y el árbol de decisión, son fruto de una consulta a expertos y de una extensa revisión bibliográfica de 84 artículos científicos realizados en España, Francia y Portugal sobre los activos naturales (recursos de la naturaleza que proporcionan bienes o servicios durante un tiempo, como la biomasa o el agua) y los servicios de los ecosistemas forestales (captura de CO₂, control de la erosión, mantenimiento de la biodiversidad, suministro de setas y frutos del bosque, regulación de la calidad del agua y el clima, etc...).

Pero como se ha indicado, la biodiversidad entendida como la variedad de formas de vida (cuadro 2) juega un papel central en la conceptualización tanto del desarrollo sostenible fuerte como del fomento de la bioeconomía. COMFOR-SUDOE ha contribuido a caracterizar la biodiversidad (Cuadro 2) de los sistemas complejos siguiendo una metodología de reciente creación en Europa denominada diversidad multi-taxón (Burrascano et al. 2021). Los resultados para la zona Atlántica de la región indican un alto valor de diversidad multi-taxón con 11 morfotipos de hongos, 92 especies de líquenes, 72 especies de plantas vasculares, 20 mamíferos, 28 tipos de aves, 9 especies de herpetofauna, 185 macroheteroceras (polillas) y 52 familias de insectos saproxílicos, mientras que en la región Mediterránea analizada se han encontrado 34 especies de aves, 14 taxones de líquenes en el pinar y 34 en bosque mediterráneo mixto.



Cuadro 2. Biodiversidad, un concepto múltiple



La biodiversidad es el conjunto de formas de vida que pueblan la Tierra. Tradicionalmente se ha utilizado el concepto de riqueza de especies, o número de especies en un determinado territorio, como sinónimo de biodiversidad. Sin embargo, la biodiversidad tiene múltiples componentes y no siempre un mayor número de especies conlleva una mayor diversidad en otros aspectos. Por ejemplo, en poblaciones de una especie puede haber una gran variedad genética (baja diversidad específica y alta diversidad genética) o la diversidad de tipos filogénicos o grupos funcionales puede ser muy pobre aun cuando coexisten varias especies (alta diversidad específica, baja diversidad funcional o filogenética). Una primera aproximación cuando se estudia la diversidad es especificar el tipo que se está estudiando. Asimismo, los estudios se han focalizado en un determinado grupo o reino por separado, por ejemplo, biodiversidad vegetal. La escala de trabajo es otro de los factores clave a la hora de definir la biodiversidad, ya que a nivel de parcela o rodal la diversidad puede ser baja, pero serlo alta a nivel de ecosistema o paisaje. Así tenemos la *diversidad alfa* (riqueza de especies en una localidad), *gamma* (diversidad regional) y la *diversidad beta* que mide la relación entre la diversidad local y la regional. Los estudios de biodiversidad incluyen ahora conceptos como la *diversidad multi-faceta* (Jarzyna y Jets, 2016) que analizan de forma conjunta la diversidad taxonómica (riqueza de especies), la funcional (número de funciones y formas diferentes) o la filogenética (ensamblaje de especies con historias evolutivas diferentes). Recientemente se ha incorporado la *diversidad multi-taxón* (Burrascano et al. 2021) que analiza la riqueza y abundancia de especies de al menos tres taxones pertenecientes a reinos biológicos distintos (animal, planta, fungi o bacteria).



Participación social y significado social de los bosques complejos

La participación ciudadana se define como “el conjunto de actividades, procesos y técnicas por los que la población interviene en los asuntos públicos que le afectan” (Iglesias y Alberich, 2022). La participación puede tomar muchas formas. El modelo más extendido es el de escalera con la definición de peldaños propuesta por Hart (1992) que, aunque inicialmente creada para explicar los modos de participación de la infancia en la toma de decisiones, ha sido ampliamente extendida a otros ámbitos (Figura 5).

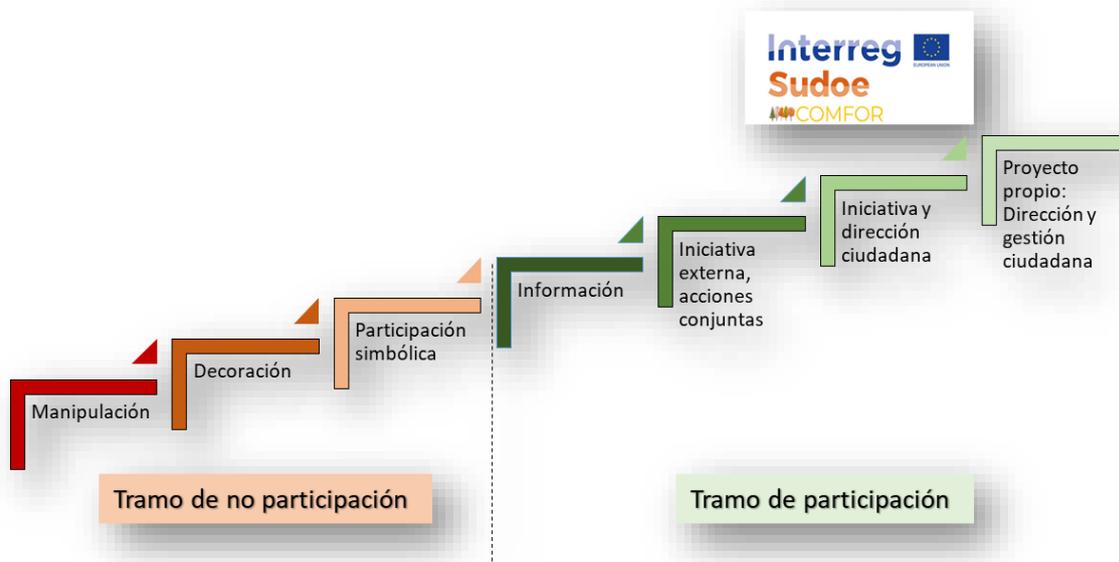


Figura 5. Modelo de escalera de participación ciudadana a partir de Hart (1995) y posicionamiento del proyecto COMFOR-SUDOE

COMFOR-SUDOE ha querido aproximarse al penúltimo peldaño de la participación ciudadana mediante la celebración de sendos **laboratorios de aprendizaje** (*Learning labs*; Kim, 1989; Bosch *et al.*, 2013; Ha and Nguyen, 2015) que consisten en crear espacio para procesos de diálogo entre actores sociales interesados. Según Maani y Cavana (2007), un *Learning Lab* o



Laboratorio de Aprendizaje es un "proceso y un entorno en el que un grupo diverso de interesados pueden aprender juntos". Durante este proceso, los participantes piensan, discuten, planifican, actúan y reflexionan colectivamente, involucrándose a su vez en un proceso de aprendizaje colectivo hacia un objetivo común y sostenible (Bosch, Nguyen, Maeno & Yasui, 2013). En este sentido, el laboratorio de aprendizaje permite a los diferentes actores "experimentar y probar" sus propios modelos mentales (suposiciones, valores, entendimientos, significados), así como, los de los demás participantes y así anticipar o "testar", de algún modo, las consecuencias de sus decisiones (Nguyen et al., 2011).

Los resultados de los análisis cualitativos de los datos obtenidos en los laboratorios de aprendizaje han permitido definir tres visiones sobre los bosques complejos. Por un lado, una *visión fatalista* de decadencia irreversible del mundo rural que se enfrenta a una *visión pragmática* que resalta oportunidades en relación con la economía verde y el desarrollo sostenible. Finalmente, una última *visión de optimismo* en lo rural que se basan en iniciativas personales de éxito. En todos los casos se destaca la desconexión rural-urbano y que genera cierta exclusión de los habitantes del territorio en la toma de decisiones que les afectan.

En este informe se concluye que "La falta de información, la desvinculación, la poca apropiación y participación en la política forestal, aumenta los riesgos de conflictos y deslegitimación de la política pública en un contexto complejo y desafiante de cambio climático" en el que "es necesario que la política forestal construya consenso en relación a sus acciones con todos los actores vinculados de forma directa o indirecta con la gestión forestal".

Acciones transformadoras para construir paisajes resilientes

Los bosques mixtos necesitan tiempo para desarrollarse y aportar todos los beneficios que pueden proporcionar. En el paisaje actual aprovechando las políticas de reforestación es el momento de establecer plantaciones mixtas y transformar los millones de hectáreas de repoblaciones monoespecíficas en



bosques con estructuras complejas.

Plantaciones Mixtas

En el contexto actual de iniciativas globales para mitigar el cambio climático, las plantaciones y repoblaciones forestales han cobrado un gran protagonismo. Iniciativas como la promesa de la UE de plantar [3 mil millones de árboles](#) antes de 2030 señalan los efectos positivos de los árboles para el clima, los beneficios para las áreas rurales, los espacios urbanos y la salud y bienestar de los ciudadanos. Se hace hincapié que se debe seleccionar la especie adecuada, en el sitio apropiado y para un objetivo correcto. Desde COMFOR-SUDOE planteamos que las plantaciones mixtas cumplen todas estas premisas y que el diseño de las mismas tal y como se presentan en el Manual de Buenas prácticas para el diseño de plantaciones mixtas (IEFC, 2023) contribuyen a:

- **Una mayor resiliencia frente al cambio climático** al utilizar especies con diferentes estrategias de adaptación a perturbaciones, como por ejemplo fuego o sequía.
- **Reducción de riesgo de plagas** a través de efectos de dilución, que consiste en minimizar la probabilidad de encontrar hospedantes.
- **Mejora de la biodiversidad**, primero por aumentar la riqueza de especies (diversidad alfa) y segundo al incrementarse el número de hábitats disponibles para otros taxones (diversidad multi-taxón)
- **Optimizar el uso de los recursos** si se utilizan especies con estrategias complementarias, por ejemplo, especies con raíces que obtienen agua y nutrientes a grandes profundidades y que ejercen un efecto “bombeo” para otras especies con raíces superficiales.



- **Mejora de la calidad de los productos** al plantar especies accesorias que ejercen un papel de servicio a una especie principal, por ejemplo, favoreciendo la poda natural.
- **Seguro del capital invertido**, ya que al tener varias especies se pueden adaptar las producciones en función de la demanda del mercado.
- **Legado social y ambiental**, ya que la plantación mixta de hoy será el bosque complejo del futuro con los beneficios que estos bosques aportan sobre los monoespecíficos.

Ensayos de transformación

El proyecto COMFOR-SUDOE, busca promover los bosques complejos como alternativa resiliente y adaptativa al proceso de cambio global. Entendemos como “bosque complejo” aquellas estructuras irregulares o disetáneas, sensu O’Hara (2014), y/o de composición pluriespecífica gestionadas de acuerdo con objetivos de multifuncionalidad (producción, protección y uso social) manteniendo su persistencia y estabilidad. Para ello ha establecido la red de sitios experimentales de transformación a bosques de estructuras complejas (COMFOR) con la instalación de cuatro sitios experimentales en España y Portugal.

El denominador común de estos sitios experimentales es probar distintos tipos de tratamientos selvícolas que incrementen el número de especies y, en concreto, la aplicación del aclareo sucesivo irregular en bosques mediterráneos. El aclareo sucesivo irregular (ASI) tiene como objetivo la obtención de una masa mixta con regenerado natural. Gayer describió el método en 1880 (Gayer 1898) y lo denominó Femelschlag, a partir de la localidad donde se implantó por primera vez, y que derivó en dos sistemas, el suizo y el bávaro Swiss-Femelschlag y Baden Femelschlag, (Troup 1928).

Aunque comparte cierta similitud con el aclareo sucesivo uniforme (ASU), difiere de este en el que el aprovechamiento se hace de forma irregular en el espacio y



actuando sobre pequeños grupos de árboles (Fourchy 1952). El periodo de regeneración es largo y no se define (Matthews 1991), aunque será mayor de un 20% de la duración del turno. El método se puede aproximar a un ASU con reservas si se mantienen pies durante más de un turno.

También comparte ciertas similitudes con la entresaca, pero no requiere una distribución ideal de diámetros según el monte entresacado ideal (MEI). De hecho, algunos autores sostienen que seguir una distribución diamétrica según una exponencial negativa es tan antrópica como una plantación misma (O'Hara, 2001) por lo que cualquier proceso de naturalización debería prescindir de seguir ninguna distribución diamétrica a priori (Nocentini 2006; Nocentini et al. 2017).

Estas características le han definido como un compromiso entre el ASU y la entresaca. En realidad, el método podría ser una mezcla entre el ASU por bosquetes con o sin reservas, y la entresaca por bosquetes. La diferencia estriba en que mientras que en la entresaca por bosquetes cada bosquete es independiente y depende de la estructura final; en el ASI, el bosquete inicial indica el lugar donde se ha de actuar en la siguiente intervención, mediante la expansión del mismo, al igual que en el ASU por bosquetes. Sin embargo, no se aplican cortas propias del ASU en el bosquete inicial o en su expansión, sino que se harán cortas a hecho con o sin reserva y plantación de especies deseadas a falta de árboles semilleros. La clave del éxito del método reside en el número, tamaño del bosquete de corta inicial y la forma de expandir el bosquete en cortas sucesivas.

Sirva como ejemplo de la utilidad de los sitios experimentales los primeros resultados que indican que dos años después de la intervención, la densidad de regenerado de pino en los bosquetes pequeños es similar a la zona sin intervención; muy por debajo de la densidad observada en los bosquetes grandes y muy por encima de densidades observadas en otras zonas, para la misma especie y tipo de corta (de-Frutos et al., 2019 en Júcar), pero similares en otras masas de pino resinero (Rodríguez-García et al. 2007, de-Frutos et al. 2020 en Sierra Madrona). Hay que hacer notar que se trata de plantas emergentes, cuya viabilidad depende mucho de las condiciones del verano, observándose una mayor tasa de



mortalidad en el primer verano.

En el caso de la plantación, no existe diferencia en la supervivencia de las plántulas entre los tamaños de bosque, observándose una ligeramente tasa de supervivencia mayor (10%) en los bosques grandes. Sin embargo, la tasa de supervivencia es muy superior a la observada bajo cubierta (zona control) con un 37% en bosques grandes y un 27% en bosques pequeños.

El efecto del cerramiento en la plantación no es significativo ni interacciona con el tamaño o especie en la supervivencia de las especies. No obstante, se observa una mayor altura de la plantación y del regenerado natural en zonas cerradas, sobre todo en bosque abierto debido, probablemente, al ramoneo de los brotes que sobresalen del tubo protector.

El análisis por especie muestra que el alcornoque tiene una mayor tasa de supervivencia (13% mayor que la encina y un 3% mayor que el quejigo, aunque en este caso no es significativo). El quejigo muestra un 10% mayor supervivencia que la encina, aunque con una alta variabilidad que le hace ser no significativo. No existe interacción con el tamaño del bosque.

A la vista de estos resultados, y atendiendo al objetivo de transformación, se recomienda la **corta por bosques pequeños, sin cerramiento, con plantación preferente de alcornoque y quejigo frente a encina.**

En cuanto a la diversidad taxonómica lo tratamientos disminuyeron el número de especies de aves en el pinar (figura 4).



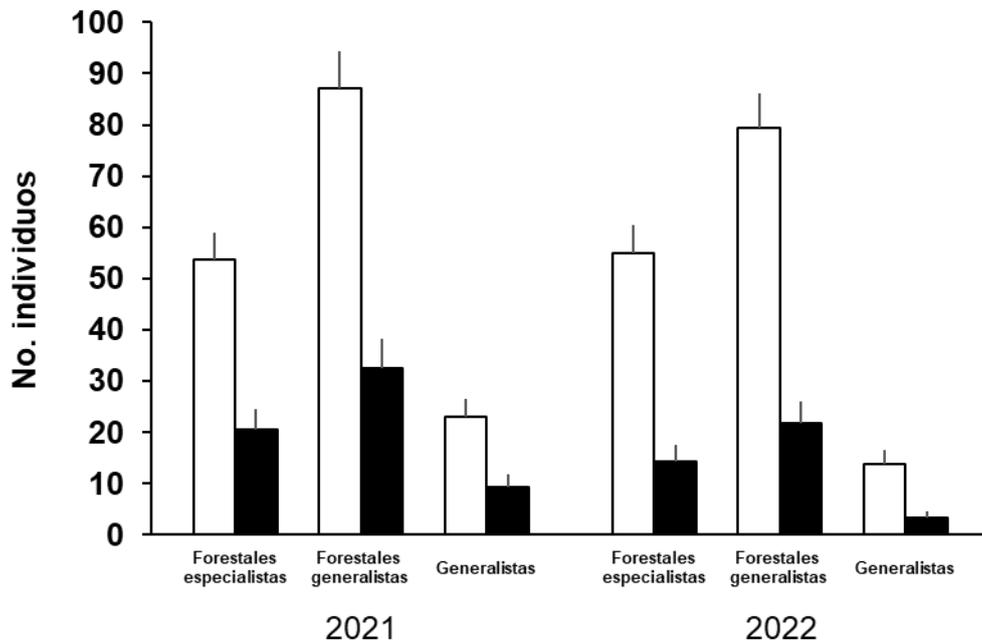


Figura 4. Número de individuos (medias+error estándar, corregidas por los efectos del área del rodal y la cobertura de vegetación natural) según tratamientos (relleno: tratado; vacío: control), grupos de aves y años de estudio.

Desde el punto de vista de especialización inteligente crear una red de sitios experimentales de gestión adaptativa que incluya plantaciones mixtas, marteloscopios y ensayos selvícolas pondría al SUDOE en un lugar predominante en investigación e innovación

Una visión integradora de los bosques complejos

La riqueza de los bosques complejos analizados en el proyecto COMFOR-SUDOE, la transformación de los mismos y su valor económico pone en evidencia la importancia que este tipo de formaciones tiene en el espacio SUDOE. Ampliar el conocimiento de estos bosques y favorecer su expansión ya sea a través de plantaciones mixtas o mediante tratamientos de transformación es una oportunidad para el espacio SUDOE que debe ser aprovechada por los responsables de políticas y deben ser incluidos en futuras revisiones de estrategias



de especialización inteligente ya que:

- Vinculan población al territorio
- Son más productivos y dicha producción es más estable en el tiempo
- Son más resilientes
- Tienen una mayor capacidad de adaptación al cambio climático
- Tienen un mayor valor paisajístico y atraen a un mayor número de visitantes a los territorios forestales
- El impacto en la formación en valores ambientales es elevado

Recomendaciones para incluir los bosques complejos como una prioridad estratégica de especialización inteligente

Una especialización inteligente tiene como objetivo impulsar el crecimiento y creación de empleo aprovechando las ventajas competitivas de cada región (JCyL, 2023). Se trata de un enfoque local o regional, donde los activos y recursos de cada región se identifican para lograr oportunidades únicas de desarrollo y crecimiento. Con una estrategia de especialización inteligente se tienen prioridades para invertir recursos. Dichas prioridades no tienen un enfoque de arriba-abajo sino que se identifican de forma inclusiva, donde todos los actores participan en su desarrollo con una visión de innovación tanto tecnológica como social (EU, 2023)

Este documento tiene como fin formar parte del análisis de contexto para la elaboración de una estrategia de especialización inteligente y que sirva como punto de partida para un análisis más profundo para cada comunidad o región. El SUDOE es un territorio competitivo en términos de superficie forestal y servicios ecosistémicos, dispone de suficiente masa crítica para su implementación: administraciones, empresas, investigadores y una sociedad, sobre todo la rural, vinculada a los bosques y su aprovechamiento sostenible con ganas de tomar parte en la toma de decisiones. Por lo tanto, en el desarrollo de intereses compartidos de los países y regiones del espacio SUDOE y en relación a los bosques se



recomienda:

- Involucrar a la población rural en los últimos tramos de la escalera de participación social mediante la celebración de Laboratorios de aprendizaje (*Learning Labs*) donde el proceso de co-creación se potencie, con el apoyo de encuestas, entrevistas semi-estructuradas, grupos focales u observación participante y que permitan:
 - Analizar e identificar cambios o conflictos significativos
 - Mapear actores y sistemas de gobernanza
 - Analizar de discursos y significados
 - Analizar el efecto estacional, tan importante en entornos agrarios y forestales
- Identificar empresas e instituciones relacionadas con el desarrollo tecnológico para incrementar su presencia en consorcios público-privados e iniciativas empresariales y de emprendimiento en relación con la utilización de tecnologías, incluida la inteligencia artificial, en el desarrollo de herramientas de seguimiento y gestión forestal.
- Emplear algoritmos de Capital Natural para poner en valor económico los recursos naturales con el fin de contabilizar los activos naturales de cada uno de los territorios.
- Fomentar el desarrollo de redes de experimentación a escala operativa en bosques complejos para posicionar al SUDOE en primera línea de investigación en gestión forestal adaptativa especializándose en biomas Mediterráneos, Atlánticos y de Transición con el beneficio añadido de servir como polo de atracción de talento científico a la región.



Referencias

- Brang P, Spathelf P, Larsen JB, et al (2014) Suitability of close-to-nature silviculture for adapting temperate European forests to climate change. *Forestry* 87:492–503
- Bravo, F. (2022) Descripción de un conjunto amplio de medidas de adaptación al cambio climático para favorecer la resiliencia de los ecosistemas forestales. En Bravo, F (coord.). 2022. Adaptación al cambio climático: directrices para la adaptación de la gestión del patrimonio natural y la política forestal al cambio climático en Castilla y León. Ed. Universidad de Valladolid, 507 pp.
- Bravo-Oviedo A (2018) The role of mixed forests in a changing social-ecological world. In: Bravo-Oviedo A, Pretzsch H, del Rio M (eds) Dynamics, Silviculture and Management of mixed forests. Springer-Verlag GmbH Germany, Berlin
- Bravo-Oviedo A, Sterba H, del Rio M, Bravo F (2006) Competition-induced mortality for Mediterranean *Pinus pinaster* Ait. and *P. sylvestris* L. *For Ecol Manage* 222:88–98. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.016>
- Bosch, O. J. H. *et al.* (2013) ‘Managing Complex Issues through Evolutionary Learning Laboratories’, *Systems Research and Behavioral Science*, 30, pp. 116–135. doi: 10.1002/sres
- Burrascano, S., Trentanovi, G., Paillet, Y., Heilmann-Clausen, J., Giordani, P., Bagella, S., Bravo-Oviedo, A., Campagnaro, T., Campanaro, A., Chianucci, C., de Smedt, P., Itziar, G.-M., Matošević, D., Sitzia, T., Aszalós, R., Brazaitis, G., Andrea, C., Ettore, D. A., Doerfler, I., ... Ódor, P. (2021). Handbook of field sampling for multi-taxon biodiversity studies in European forests. *Ecological Indicators*, 132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108266>
- Carter DR, Seymour RS, Fraver S, Weiskittel A (2017) Reserve tree mortality in two expanding-gap silvicultural systems 20years after establishment in the Acadian forest of Maine, USA. *For Ecol Manage* 389:149–157. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.12.031>
- D’Amato, D., Bartkowski, B., & Droste, N. (n.d.). Reviewing the interface of bioeconomy and ecosystem service research. *Ambio*, 49. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01374-0>
- Duhamel de Monceau, H.L. 1773 *Traité complet ds Bois & des Forêts*
- de Frutos S, Fernández-Ramírez S, Barrero D, et al (2020) Buscando la diversificación estructural y específica en repoblaciones de *Pinus pinaster* Ait : Entresaca por bosquetes pequeños y corta a hecho en dos tiempos. *Cuad Soc Esp Cie For* 45:59–76
- Eyvindson, K., Repo, A., & Mönkkönen, M. (2018). Mitigating forest biodiversity and ecosystem service losses in the era of bio-based economy. *Forest Policy and Economics*, 92, 119–127. <https://doi.org/10.1016/J.FORPOL.2018.04.009>
- Evelyn J. 1664. *Sylva or a discourse of forest trees and the propagation of Timber*. Ed. By John Marty, Royal Society
- Fourchy P (1952) En Suisse. Quelques aspects de la sylviculture contemporaine. *Rev For Fran* 4:315–341
- Gamborg, C., Larsen J.B. 2003. ‘Back to nature’ – a sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management*, 179: 559-571
- Gayer K (1898) *Der Waldbau*, 4 Ed. Verlag Kessel - Paul Parey



- Ha, T. M. and Nguyen, N. C. (2015) 'Practical Contributions of the Systems - Based Evolutionary Learning Laboratory to Knowledge and Stakeholder Management', pp. 1–26.
- Hart, R.A. (1992). Children's participation: from Tokenism to Citizenship. UNICEF
- Iglesias, O., Alberich, T. 2022. Democracia, participación y sistemas de gobierno. En Diaz y Rodriguez (Editores). Introducción a la Sociología actual. UNED
- Jarzyna, M.A., Jetz, W. 2016. Detecting the multiple facts of biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution*, 31 (7): 527-538
- Kaplan, J.O., Krumhardt, K.M., Zimmermann, N. 2009. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe. *Quaternary Science Reviews* 28 (27-28):3016-3034
- Kerr G (1999) The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain. *Forestry* 72:191–205. <https://doi.org/10.1093/forestry/72.3.191>
- Kim, D. H. (1989) 'Learning Laboratories: Designing a Reflective Learning Environment', *Proceedings of the 1989 International System Dynamics Conference: Computer-Based Management of Complex Systems*, p. 327.
- Kohm KA, Franklin JF (Eds. . (1997) *Creating a Forestry for the 21st Century. The Science of Ecosystem Management*. Island Press, Washington, DC
- Lake, Frank K.; Giardina, Christian P.; Parrotta, John A.; Davidson-Hunt, Iain. 2018. Considering diverse knowledge systems in forest landscape restoration. In: Mansourian, S., Parrotta, J., eds. *Forest Landscape Restoration: Integrated approaches to support effective implementation*. New York: Routledge: 37-46. Chapter 3.
- Malcolm DC, Mason WL, Clarke GC (2001) The transformation of conifer forests in Britain - Regeneration, gap size and silvicultural systems. In: *Forest Ecology and Management*
- Mason, WL (2002). Are irregular stands more windfirm? *Forestry* 75, 347–355.
- Mason WL, Kerr G (2004) Transforming even-aged conifer stands to continuous cover management. *Inf. Note* 40:8
- Mason WL, Löf M, Pach M, Spathelf P (2018) The Development of Silvicultural Guidelines for Creating Mixed Forests. In: Bravo-Oviedo A, Pretzsch H, del Río M (eds) *Dynamics, Silviculture and Management of mixed forests*. Springer Berlin / Heidelberg
- Matthews JD (1991) *Silvicultural Systems*. Oxford University Press, New York
- Montero G, Ortega C, Cañellas I, Bachiller A (1999) Productividad aérea y dinámica de nutrientes en una población de *Pinus pinaster* Ait. sometida a distintos regímenes de claras. *Inv Agr Sist y Rec Fores Fuera de S*:175–206
- Neumayer, E. 2013. Weak versus strong sustainability. Exploring the limits of two opposing paradigms. Edward Elgar Publishing Limited. DOI [10.4337/9781781007082](https://doi.org/10.4337/9781781007082)
- Nocentini S (2006) La rinaturalizzazione dei sistemi forestali: è necessario un modello di riferimento? *For - Riv di Selvic ed Ecol For* 3:376–379. <https://doi.org/10.3832/efor0394-0030376>
- Nocentini S, Buttoud G, Ciancio O, Corona P (2017) Managing forests in a changing world: the need for a systemic approach. A review. *For Syst* 26:1–15
- O'Hara K (2014) Multiaged silviculture. Managing for complex forest stand structures. Oxford University Press
- O'Hara KL (1998) Silviculture for Structured diversity. A New Look at Multiaged Systems. *J For* 4–10



- O'Hara, K. L. (2001). The silviculture of transformation - A commentary. *Forest Ecology and Management*, 151(1–3), 81–96. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00698-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00698-8)
- Oliver, C.D., Larson, B.C. 1990. *Forest Stand Dynamics*. Ed. McGraw-Hill, Inc 467 p.
- Raymond P, Bédard S, Roy V, et al (2009) The irregular shelterwood system: Review, classification, and potential application to forests affected by partial disturbances. *J For* 107:405–413. <https://doi.org/10.1093/jof/107.8.405>
- Río M, Montero G (2001) Modelo de simulación de claras en masas de *Pinus sylvestris* L. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid
- Roberts, P.; Hunt, C.; Arroyo-Kalin, M.; Evans, D.; Boivin, N. 2017 The deep human prehistory of global tropical forests and its relevance for modern conservation. *Nature Plants* 3, 17093
- Roberts, N., Fyfe, R.M., Woodbridge, J., Gaillard, M.-J., Davis, B.A.S., Kaplan, J.O., Marquer, L., Mazier, F., Nielsen, A.B., Sugita, S., Trondman, A.-K., Leydet, M. 2018. Europe's lost forests: a pollen-based synthesis for the last 11,000 years. *Scientific Reports* 8: 716
- Troup RS (1928) *Silvicultural Systems*. Oxford at the Clarendon Press, Oxford, UK
- Trosper R.L., Parrotta, J.A. 2012. Introduction: the growing importance of traditional forest-related knowledge in J.A. Parrotta and R.L. Trosper (eds.), *Traditional Forest-Related Knowledge: 1 Sustaining Communities, Ecosystems and Biocultural Diversity*, *World Forests* 12, DOI 10.1007/978-94-007-2144-9_1
- Tupinambá-Simões, F., Pascual, A., Guerra-Hernández, J., Ordóñez, C., de Conto, T., & Bravo, F. (2023). Assessing the Performance of a Handheld Laser Scanning System for Individual Tree Mapping—A Mixed Forests Showcase in Spain. *Remote Sensing*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/RS15051169>
- von Carlowitz, H.C. 1713. *Sylvicultura oeconomica*. 262 p.

