



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1233

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Living Labs de monte bajo de castaño en Asturias

GONZÁLEZ-GARCÍA, M. (1), ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P. (2), HERMIDA, R. J. (3), y MAJADA, J. (1)

- (1) Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera de Asturias (CETEMAS).
 (2) Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Escuela Politécnica de Mieres, Universidad de Oviedo.
 (3) Morcegos de Galicia.

Resumen

El *Living Lab* de Monte Bajo es un laboratorio en vivo de innovación colaborativa cuyo objetivo es disponer de un banco de pruebas reales y un entorno de experimentación donde los usuarios y los productores pueden co-crear innovaciones de gestión forestal para el recurso de castaño. Los *Living Labs* que se presentan son espacios demostradores de recuperación y transformación del monte bajo de castaño asturiano para producción de madera de alta calidad aplicando soluciones basadas en la naturaleza y economía circular. Esta iniciativa incluye distintas estrategias de gestión selvícola estableciéndose como bosques modelo que muestran los beneficios en aspectos sanitarios sobre la masa, el suelo y la biodiversidad de aplicar una gestión sostenible. Se incluyen dos escenarios; uno público en un espacio protegido, el Parque Natural de Redes (Caso) y uno privado localizado en Riosa. El *Living Lab* de Caso incluye dos opciones selvícolas: clara intensiva (600-800 pies/ha) y superintensiva (400 pies/ha), además de una zona control. En el de Riosa se ha aplicado el modelo de clara intensiva con una densidad final de 700 pies/ha, tomándose como referencia un rodal del monte sin gestión. Para la obtención de datos que reflejen el efecto de los modelos de gestión se está llevando a cabo la evaluación y monitorización de distintos aspectos: crecimiento y evolución de los árboles, parámetros de calidad de la madera, sanidad, monitorización *IoT* de parámetros climáticos, edáficos y de los árboles, así como indicadores de biodiversidad.

Palabras clave

Clara forestal, calidad de madera, biodiversidad, servicios ecosistémicos.

1.Introducción

El castaño (*Castanea sativa* Mill.) es una especie de gran importancia en noroeste de España, especialmente en el Principado de Asturias por su extensión, su multifuncionalidad y su potencial como especie productora de madera de calidad y captación de carbono (CETEMAS, 2015; DGCN, 2012; PRADA et al., 2016, MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ et al., 2023).

El actual proceso de abandono y disminución de la calidad productiva forestal de las masas de monte bajo de castaño asturiano pone de manifiesto la necesidad de generar herramientas colaborativas, considerando a todos los eslabones de la cadena forestal y de la madera, que fomenten la gestión forestal sostenible de las mismas. Una gestión adecuada apoyada en soluciones basadas en la naturaleza y adaptada a las características de los montes de castaño incrementa significativamente el volumen unitario de madera, a la vez que mejora su calidad, el estado sanitario y la biodiversidad de la masa.

Las recomendaciones actuales en Asturias para monte bajo de castaño se centran en los itinerarios desarrollados por la Fundación CETEMAS, con la colaboración del



Principado de Asturias y la empresa Maderas Siero, que iniciaron sus estudios en masas de castaño entre los años 2009-2010 aplicando los modelos de selvicultura francesa (BOURGEOIS et al., 2004; LEMAIRE, 2009) adaptados para las condiciones del noroeste de España.

Los castañares sobre los que se recomienda realizar una gestión activa se corresponden con montes bajos jóvenes, siempre con edades inferiores a 25 años, con más de 9 m de altura dominante y si la masa es muy joven aún se debe esperar a que alcance esta altura. Los árboles deben presentar un buen crecimiento, estar sanos o tener una incidencia de chancro moderada-baja (hasta un 35% de los pies). La calidad del monte debe ser muy alta, alta o media, lo que equivale a una calidad de estación 1, 2, o 3 definida para esta región, (PRADA et al., 2019; MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ, 2015) para que la gestión selvícola pueda justificarse económicamente con la obtención de productos de madera de alto valor añadido en turno de corta de aproximadamente 45-50 años (CETEMAS, 2023).

Adicionalmente, hay que resaltar el valor que representa en la actualidad la biodiversidad de los castañares cantábricos, ya que es el hábitat para muchas especies de flora y fauna. Estas especies dependen de estos bosques para su supervivencia, incluyendo aves, mamíferos, insectos y plantas. La pérdida de la biodiversidad por el abandono de los montes o una gestión inadecuada del hábitat puede amenazar a estas especies y alterar el equilibrio del ecosistema (MATTIOLI et al., 2016). Además, la biodiversidad también proporciona servicios esenciales, como la polinización, la regulación del clima, la conservación del suelo y la purificación del agua. Estos servicios son vitales para las personas y el bosque. Todo ello remarca la importancia de llevar a cabo una gestión forestal sostenible y alineada con la preservación de la biodiversidad del ecosistema del castañar (OETTEL, J. & LAPIN, K., 2021). Existe muy poca información del efecto de la gestión del monte bajo sobre todos estos aspectos, por lo que la información de los *Living Labs* permitirá disponer de información que permita categorizar sus impactos.

Finalmente, es importante definir el concepto de *Living Lab*, estos *laboratorios vivos* son laboratorios de innovación colaborativa cuyo objetivo es desarrollar herramientas y estrategias para hacer frente a problemas reales del entorno (HOSSAIN et al., 2019). Los *Living Labs* siguen una metodología innovadora y cuentan con todos los agentes implicados en el sistema para definir los retos y necesidades de toda la comunidad que es necesario incorporar en los estudios. Los *Living Labs* implantados en este trabajo son espacios demostradores de recuperación y transformación del monte bajo de castaño asturiano para producción de madera de alta calidad aplicando soluciones basadas en la naturaleza y economía circular.

2. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es presentar una iniciativa de gestión forestal sostenible que funcione como “bosque modelo”. Este enfoque busca destacar los beneficios de las estrategias de selvicultura aplicadas al monte bajo de castaño, enfatizando su impacto positivo en diversos aspectos: el incremento en el crecimiento de la masa forestal, la mejora de la calidad de la madera, la optimización del estado sanitario de las masas forestales, y, de forma especial, la promoción de la biodiversidad en los montes.

3. Metodología

3.1. Selección de estrategias de gestión

Los resultados preliminares de la aplicación de modelos franceses de gestión intensiva (BOURGEOIS et al., 2004; LEMAIRE, 2009) iniciados en los años 2009-2010 en algunos montes asturianos indican que la estrategia seguida en Francia de fijar una explotación dinámica del bosque no resultaría rentable con carácter general en las condiciones orográficas del Principado de Asturias, exceptuando ciertas condiciones de explotación y calidad, difícilmente localizables en esta región.

Para evaluar alternativas viables económicamente que permitan mejorar la rentabilidad en la explotación de la madera de esta especie, se han llevado a cabo ensayos piloto o demostradores que persiguen buscar diferentes alternativas de gestión para condiciones de explotación de los montes bajos de castaño asturianos. Estos demostradores incluyen distintas estrategias selvícolas para la gestión de los castañares asturianos. Las estrategias selvícolas que se han evaluado en este trabajo son las siguientes:

- *Estrategia 1* – Selvicultura dinámica: Este modelo de claras dinámicas establece un mínimo de 2-3 claras hasta la corta final. Los tratamientos selvícolas incluyen una primera clara, en un rango de edad de 8-12 años, dejando 600 pies/ha para montes de calidad 1 y 2 y 800 pies/ha para calidades inferiores. Posteriormente se realiza una segunda clara a los 16-18 años dejando 300-350 pies/ha y una tercera clara, en el caso que sea posible, en torno a los 25 años, dejando 150-180 pies/ha hasta la corta final que se realiza en torno a los 45-50 años. Esta estrategia se está realizando ya en distintas zonas de Asturias desde el año 2009.
- *Estrategia 2* – Selvicultura intensiva en una única clara: Este modelo plantea tratamientos selvícolas más intensos con una única clara que deja una densidad de 400 pies/ha hasta la corta final entorno a los 45-50 años.

3.2. Localización y diseño experimental

La infraestructura necesaria para la puesta en marcha del estudio incluyó dos escenarios diferentes: uno público ubicado en el Parque Natural de Redes, un espacio protegido, concretamente en el monte Allende que está en el concejo de Caso y otro ubicado en una propiedad privada, el Monte Canales, en el concejo de Riosa en un espacio protegido. La localización de estos escenarios puede verse en la *Figura 1*.

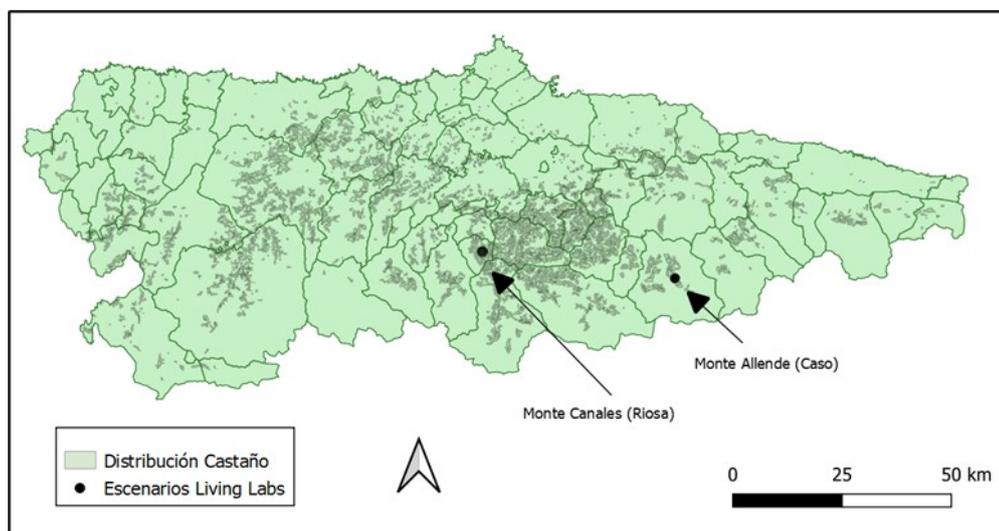


Figura 1. Mapa de localización de los escenarios de los Living Labs en Asturias.

En el monte Allende (Caso) se ha instalado un ensayo de claras con una superficie de 3,5 ha que incluye las dos opciones de modelos selvícolas descritas anteriormente: clara intensiva y superintensiva, realizado a los 16 años, incluyendo además una zona control sin clara. Se estableció una rodalización del monte incluyendo 3 rodales que contienen las estrategias definidas anteriormente:

- Rodal 1: control donde no se efectuó ningún tratamiento de gestión.
- Rodal 2: clara dejando 600-800 pies/ha (selvicultura dinámica).
- Rodal 3: clara dejando aprox. 400 pies/ha (selvicultura intensiva en una única clara).

Para el seguimiento y la evaluación de los tratamientos se instaló una parcela permanente circular de 15 m de radio (superficie: 707 m²) en el interior de cada uno de los 3 rodales o tratamientos (*Figura 2*) en las cuales se está llevando a cabo la evaluación de distintos aspectos de la masa: crecimiento, calidad de la madera, sanidad y biodiversidad.

Para conocer el estado inicial de la masa y proceder a la selección de los mejores pies se hicieron inventarios dendrométricos de todos los árboles de las parcelas antes de la clara y seguidamente después del tratamiento determinando su peso y el estado final de la masa. Posteriormente, 3 años después se realizó otro inventario para estudiar la evolución de su crecimiento después de los tratamientos.

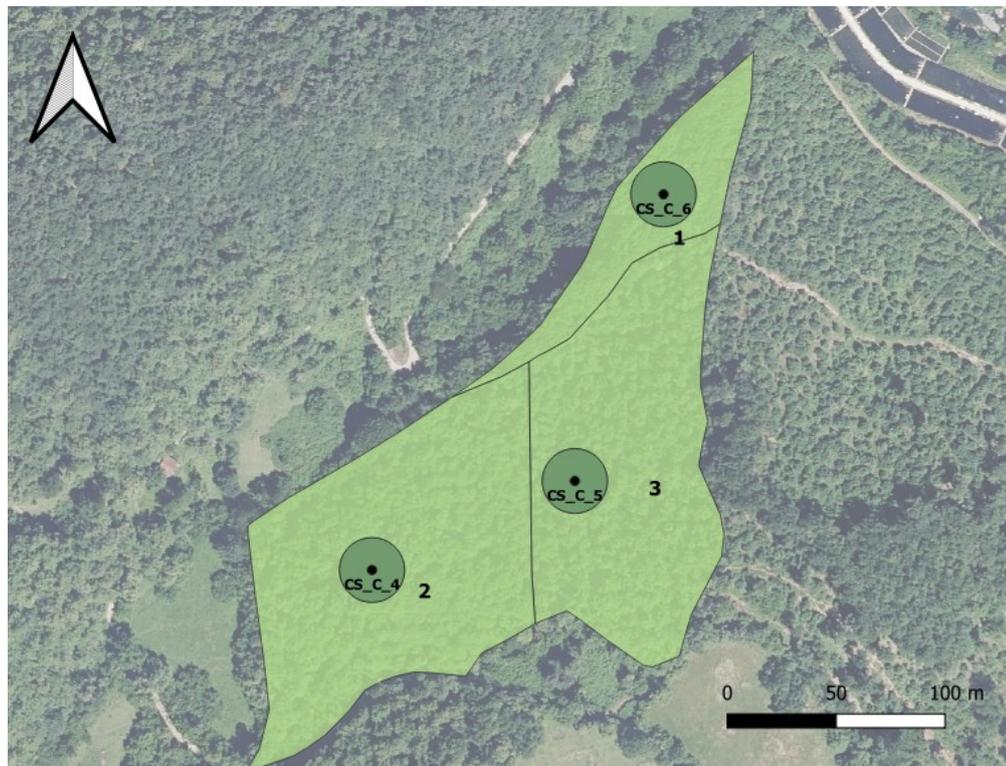


Figura 2. Mapa del ensayo de claras en el monte Allende (Caso) con los rodales (tratamientos) y las parcelas experimentales. Rodal 1: control, Rodal 2: clara dejando 600-800 pies/ha (selvicultura dinámica), Rodal 3: clara dejando aprox. 400 pies/ha (selvicultura intensiva en una única clara).

En el escenario del monte Canales en Riosa se han instalado dos parcelas

experimentales de gestión con una clara dejando 600-800 pies/ha (Figura 3) (selvicultura dinámica) y tomando otra adicional en un rodal contiguo del monte que estaba sin gestionar que se trató como control del estudio. Las parcelas de gestión instaladas se encuentran en dos subrodales y fueron intervenidas en momentos diferentes en cada uno de los rodales, con 12 y 14 años respectivamente. Del mismo modo que en el escenario anterior también se instalaron parcelas permanentes de inventario de 15 m de radio en el interior de los tratamientos y se llevaron a cabo inventarios dendrométricos antes, después de la clara y 4 años después, en el caso de una de las parcelas, para evaluar el crecimiento y evolución de la masa.

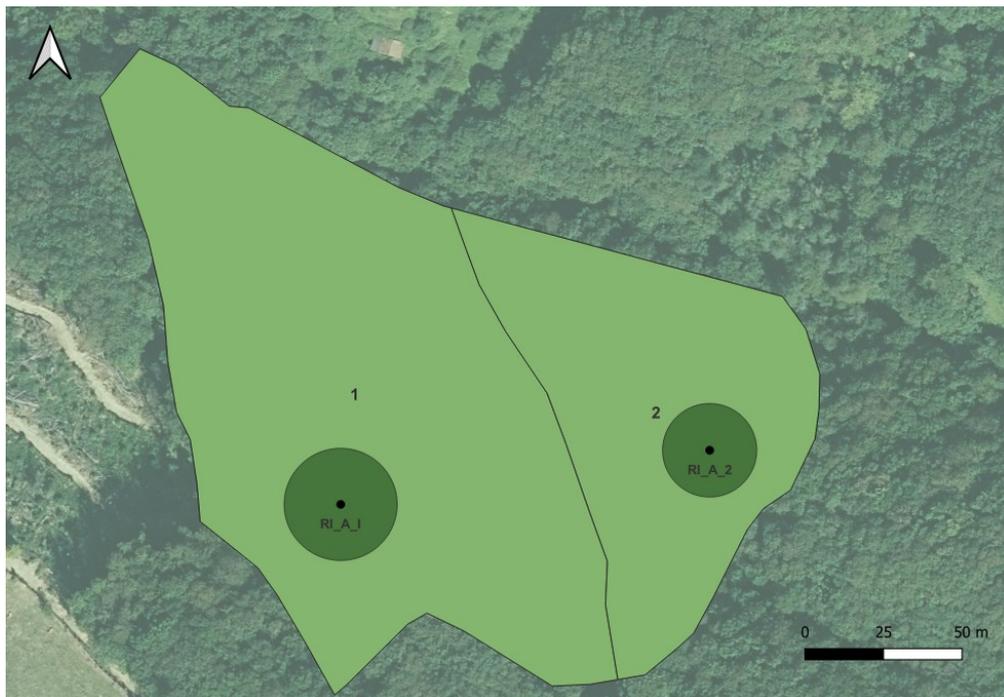


Figura 3. Mapa con las parcelas de claras en el monte Canales (Riosa) con los rodales (tratamientos) y las parcelas experimentales. Rodal 1 y Rodal 2: clara dejando 600-800 pies/ha (selvicultura dinámica).

3.3. Plagas y enfermedades

La producción de fruto o madera del castaño puede verse afectada por el ataque de distintas plagas y enfermedades (GONZÁLEZ-VARELA Y GONZÁLEZ, 2008). Entre los principales ataques bióticos del castaño en el noroeste de España está el chancro del castaño causado por el hongo *Cryphonectria parasítica* y la plaga conocida como la avispa producida por el insecto *Dryocosmus kuriphilus*. El chancro afecta a la parte aérea del árbol pudiendo expandirse rápidamente de forma agresiva (ROJO et al., 2016). Por su parte la avispa causa daños en las hojas y ramillos afectando sobre todo a la capacidad fotosintética y a la fructificación, pudiendo reducir la productividad de los árboles (MARCOLIN et al., 2021; CASTEDO-DORADO et al., 2023).

En el dispositivo experimental descrito se ha establecido un sistema de seguimiento sanitario del arbolado para determinar cómo afectan los modelos de gestión sobre la calidad sanitaria de la masa ya que, una gestión forestal sostenible mantiene a la masa más sana y fuerte frente a la presencia de plagas y

enfermedades. Este sistema de seguimiento de pie individual está siendo aplicado en estas parcelas para donde en cada árbol inventariado se cuantifican el número de chancros, así como su posición en árbol (basal, medio o alto) y su estado (activo, mixto o cicatrizado) (Figura 4). Adicionalmente se recogen también otras observaciones acerca del grado de virulencia y otros aspectos relacionados con la enfermedad y se toman fotografías para evaluar el seguimiento de los árboles. Por el momento se ha llevado a cabo una evaluación en los ensayos.

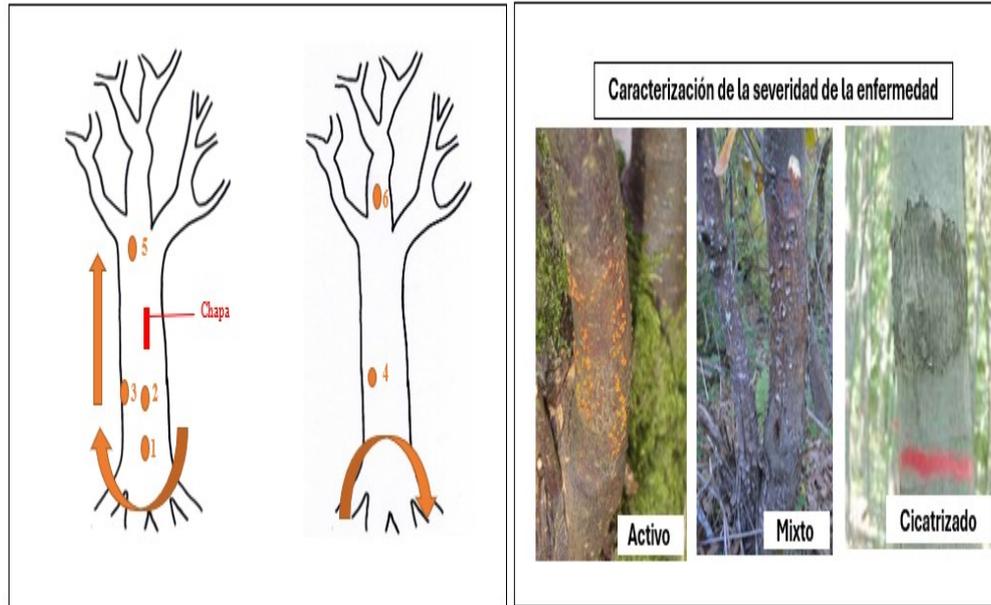


Figura 4. Evaluación de la afección de chancro en los ensayos seleccionados.

También se está registrando la medición de daños causados por la avispa del castaño donde se evalúa el grado de intensidad de la afección mediante el conteo de agallas agrupados en 4 niveles (de 0 a más 100 agallas) asociándole un grado de infestación (nula, baja, media, alta) a cada nivel. Se ha realizado del mismo modo una evaluación en el ensayo de Allende en Caso.

3.4. Estudio de la biodiversidad

Los diferentes tipos de gestión en los bosques de castaño pueden tener efectos sobre la diversidad de especies animales forestales que los habitan, al afectar a la estructura del hábitat, a la disponibilidad de recursos como el refugio o a la diversidad y abundancia de alimento. En este trabajo se ha evaluado la diversidad de especies de aves y murciélagos que utilizan montes bajos de castaño con diferentes manejos mediante muestreo acústico pasivo. Este método es muy poco invasivo para el bosque y supone un gran esfuerzo de muestreo a un coste reducido, pero, sin embargo, por otra parte, requiere un análisis complejo de las grabaciones recogidas.

El estudio se realizó durante un periodo continuo de 5 meses entre abril y septiembre seleccionándose la época de primavera y verano por tratarse de la de mayor actividad de estos animales. Para ello se instalaron grabadoras *Song Meter mini bat de Wildlife Acoustics* que incluyen micrófonos para sonidos audibles (20Hz-20 KHz) (Figura 5) en cada punto de muestreo (control vs. gestión) y recogen muestras sonoras en distintos momentos del día y de la noche. En total se colocaron cuatro grabadoras o sensores, dos en cada en cada localización: el ensayo de Allende (Caso) y el monte Canales (Riosa). Uno en la zona seleccionada

como control y otra en el tratamiento de clara (selvicultura dinámica).

En el caso de los murciélagos se realizaron grabaciones de una duración total de 1 hora y 30 minutos cada noche. Estas grabaciones comenzaban 30 minutos tras la puesta sol y se grababa durante de 1 hora y una segunda grabación que comenzaba 1 hora y 15 minutos antes de salida del sol y se grababa durante 30 minutos. La frecuencia de muestreo en este caso fue de 354 Khz un archivo de máximo 15 segundos cada vez que detectaron sonidos.

Para las aves se grabaron 25 minutos cada día distribuidos 5 minutos tras salida de sol, 5 minutos 1 hora tras salida de sol, 5 minutos al mediodía, 5 minutos 1 hora antes de la puesta de sol y 5 minutos tras la puesta de sol. Para las aves la frecuencia de muestreo fue de 48 Khz.



Figura 5. Equipos empleados para la detección de diversidad: murciélagos y aves.

Estas muestras se analizaron para detectar la actividad sonora de aves y/o murciélagos e identificar las especies que las originaban.

En el caso de los murciélagos se empleó el software *Kaleidoscope 5.6.3 (Wildlife Acoustics)* y la herramienta *AutoID* para clasificar y realizar una primera identificación de las especies presente en cada grabación. Posteriormente se llevó a cabo la revisión para la validación o corrección de la identificación automática de las grabaciones y los resultados fueron corregidos según los índices para ambientes complejos propuestos por RODRIGUES et al. (2014).

En el análisis de aves se usó el software *Kaleidoscope 5.6.3 (Wildlife Acoustics)* para dividir las grabaciones en fragmentos de 10 segundos y el software *BirdNET-Analyzer* que permitió el análisis automático de grandes colecciones de datos de aves (>3000 especies). Este programa requiere una evaluación previa adaptada a las características de cada estudio. Posteriormente se llevó a cabo una validación de los resultados del software con un experto ornitólogo sobre 81 grabaciones de 10 segundos. Finalmente, se realizó una selección de grabaciones de mayor calidad y especies cercanas debido a errores cuando los sonidos de las aves se alejaban de la grabadora y/o había sonidos que interferían por ejemplo la lluvia.

Con los resultados obtenidos en ambas evaluaciones se calcularon los siguientes índices de diversidad para una mejor interpretación de los resultados:

- *Riqueza específica (S)*: número de especies detectadas.
- *Índice de Shannon-Wiever (H)*: heterogeneidad de una comunidad en base al número de especies presentes y su abundancia relativa. Mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección.

- *Índice de Simpson (D)*: probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie. Este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como el valor del índice de Simpson es inverso a la equidad, la diversidad se calcula como $1 - D$.
- *Índice de Equidad de Pielou (J)*: proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y el 0 señala la ausencia de uniformidad.

4. Resultados

Hay que destacar que la evaluación de dispositivos experimentales forestales exige plazos considerablemente largos para obtener resultados consistentes. Los *Living Labs* descritos anteriormente y puestos en marcha en este trabajo irán obteniendo resultados en las evaluaciones periódicas a lo largo del tiempo. A continuación, se muestran algunos de los resultados más relevantes obtenidos hasta el momento actual en términos de evolución de la masa y estudio de la biodiversidad.

4.1. Evaluación del crecimiento

Tras la instalación de las parcelas experimentales y los inventarios dendrométricos los resultados obtenidos en el ensayo de Allende (Caso) muestran una densidad inicial de 2844 pies/ha en el control y 934 y 439 pies/ha para los tratamientos de clara intensiva y superintensiva respectivamente. Las variables recogidas en los inventarios y procesadas para el cálculo de las variables de rodal: área basimétrica, diámetro normal medio y la altura total media se muestran en la Tabla 1 y la Figura 6 respectivamente.

El diámetro medio obtenido en el último inventario fue de 10,23 cm para el control, 14,09 cm para el tratamiento de selvicultura dinámica y 12,64 cm para el de selvicultura intensiva en una única clara. Por otra parte, la altura media obtenida fue de 11,37 m, 12,27 m y 11,40 m respectivamente en estos 3 tratamientos. Cabe destacar que el tratamiento de clara intensiva no mostró mortalidad mientras que el control tuvo una mortalidad del 5,5 % y el de clara dinámica del 3%. Los resultados obtenidos se complementarán con un nuevo inventario en el año 2025 para poder estudiar la evolución de la masa.

Tabla 1. Resultados de los inventarios en las variables densidad y altura media en el ensayo de claras de Allende.

Parcela	Edad (años)	Densidad (pies/ha)			Altura media (m)		
		N0	N1	N2	H1	H2	
CS_C_6	16	19	2844	2844	2688	9.80	11.37
CS_C_4	16	19	4485	934	905	12.71	12.27
CS_C_5	16	19	3664	439	439	12.92	11.40

Parcela: control: CS_C_6, selvicultura dinámica: CS_C_4, selvicultura intensiva una clara: CS_C_5. 0-Inventario antes de la clara, 1- Inventario tras la clara, 2- Inventario 3 años después la clara.

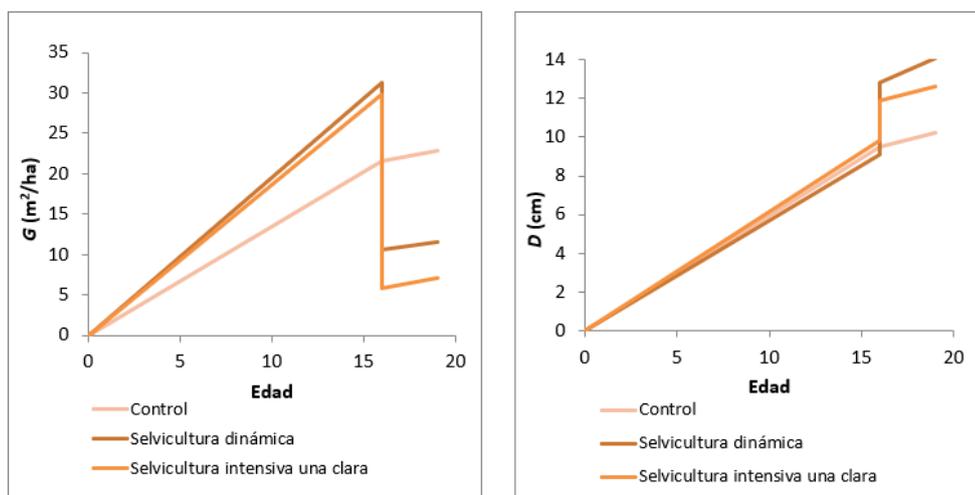


Figura 6. Resultados de los inventarios en las variables de área basimétrica y diámetro medio en el ensayo de claras de Allende para cada tratamiento.

La información dendrométrica de las parcelas del Monte Canales (Riosa) está disponible en la Tabla 2. En este caso existen menos datos disponibles, sólo hay un segundo inventario para la parcela RI-A-I y no está disponible por el momento la información de la zona control. Estos datos se completarán en 2025 con un nuevo inventario para todos los rodales citados. La densidad de las parcelas tras la clara se estableció desde 4200-3700 pies/ha, que es lo que se estima que tiene el control, hasta una densidad final de 849 pies/ha y 665 pies/ha para las parcelas RI-A-I y RI-A-II. La altura media del último inventario 4 años después de la clara para la parcela RI-A-I es de 11,92 m y el diámetro 11,11 cm.

Tabla 2. Resultados de los inventarios en las variables densidad, diámetro medio y altura media en las parcelas de claras de Canales.

Edad (años)	Densidad (pies/ha)		Altura media (m)					
	t1	t2	N0	N1	N2	H0	H1	H2
Parcela								
RI_A_I	12	16	4116	849	849	10.77	11.53	11.92
RI_A_II	14	--	3735	665	--	11.14	12.54	--

0-Inventario antes de clara, 1- Inventario tras clara, 2- Inventario 4 años después de clara.

4.2. Estudio de la biodiversidad

4.2.1. Evaluación de murciélagos

Los resultados obtenidos en el análisis de los datos de los murciélagos muestran la existencia de 12 especies de murciélagos entre los dos ensayos. La Tabla 3 muestra el estatus legal de las especies detectadas en ambos ensayos, Caso y Riosa. Los murciélagos son un grupo importante en materia de conservación de la naturaleza, como muestra el hecho de que todas sus especies están incluidas en el Anexo IV de la Directiva 43/92/CEE (Directiva Hábitat) y en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial. Además, algunas especies detectadas en este estudio cuentan con una mayor protección (que afecta también a sus hábitats) y se incluyen en el Anexo II de la Directiva Hábitat (4 especies) y en la categoría "Vulnerable" del catálogo español de especies amenazadas.

Tabla 3. Especies de murciélagos detectadas en los ensayos y estatus legal.

Especie	Ensayo	Directiva Hábitat	LESRPE		CEEA	
	Caso	Riosa	Anexo II	Anexo IV	C	
Rhinolophus ferrumequinum	*	*	*	*	Vu	
Rhinolophus hipposideros	*	*	*	*	*	Vu
Rhinolophus euryale	*	*	*	*	Vu	
Pipistrellus pipistrellus	*	*	*		*	
Hypsugo savii	*	*	*		*	
Eptesicus serotinus	*	*	*		*	
Nyctalus lasiopterus	*	*	*	*	Vu	
Nyctalus leisleri	*	*	*		*	
Barbastella barbastellus	*	*	*	*	*	
Tadarida teniotis	*	*		*		
Myotis spp.	*			*		
Plecotus spp.	*			*		

Directiva Hábitat: Directiva 43/92/CEE (Anexo II y Anexo IV)

LESRPE = Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial

CEEA = Catálogo Español de Especies Amenazadas (Vu = Vulnerable)

Tanto la diversidad como el nivel de actividad difieren notablemente entre los puntos muestreados. La *Figura 7* muestra los niveles de actividad registrados para cada uno de los puntos. La actividad fue notablemente mayor en los puntos de muestreo del ensayo de Allende (Caso) que en Canales (Riosa). Además, en ambas zonas, los niveles de actividad fueron notablemente mayores en los puntos correspondientes a un manejo con gestión que a los correspondientes al control, sin gestión.

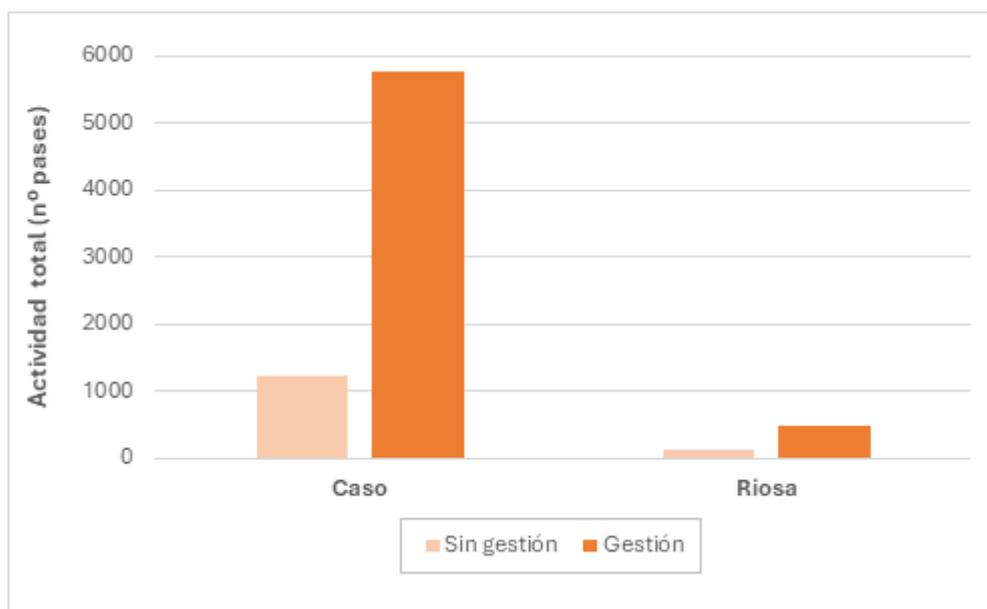


Figura 7. Actividad total de murciélagos en cada uno de los puntos de muestreo acústico de los ensayos de Allende (Caso) y Canales (Riosa).

Por otra parte, la actividad es diez veces superior en el ensayo de Allende (Caso) que en Canales (Riosa). En Caso aparecen dos especies que no aparecen en Riosa (*Rhinolophus ferrumequinum* y *Rhinolophus euryale*) y en Riosa aparece una (*Nyctalus lasiopterus*) que no aparece en Caso. También existen diferencias en los picos de actividad: en Caso hay varios especialmente en mayo y a finales de verano mientras que en Riosa suelen ser sólo a finales de verano.

Al calcular los índices de diversidad agrupados por ensayo y tipo de gestión (control vs. clara intensiva) obtenemos que la riqueza específica es igual en el ensayo de Riosa que en Caso con 10 especies en cada ensayo y que es mayor en los puntos donde existe gestión, 12 especies, frente a los controles donde no existió ningún tipo de gestión, 11 especies (Tabla 4).

Tabla 4. Índices de diversidad por ensayos y tipos de gestión para murciélagos.

S	H	D	J		
Ensayo	Caso	10	0,517	0,221	0,224
Riosa	10	1,218	0,578		0,529
Gestión	Sin gestión	11	1,034	0,478	0,431
Gestión	12	0,49	0,198		0,197

Riqueza específica (S), Índice de Shannon-Wiever (H), Índice de Simpson (D), Índice de Equidad de Pielou (J).

El índice de Shannon-Wiever (H) ha resultado ser más bajo en los puntos donde existe gestión que en los sitios sin gestionar (Tabla 4). Esto es debido a que este índice no sólo se ve afectado por el número de especies, sino también por las relaciones de dominancia entre ellas. El hecho de que se reduzca considerablemente en los montes con gestión es porque en ellos, aunque el número de especies detectado sea mayor, la dominancia de la especie más común de murciélago, *P. pipistrellus*, es del 89%, lo que tiene una gran influencia sobre

este índice de diversidad.

4.2.2. Evaluación de aves

En cuando al análisis de biodiversidad de las aves en total se detectaron 46 especies y 17.652 contactos. En la Tabla 5 se muestran las especies detectadas en cada ensayo.

Tabla 5. Especies de aves detectadas en los ensayos.

Ensayo			Ensayo		
Especie	Caso	Riosa	Especie	Caso	Riosa
<i>Accipiter nisus</i>	*	<i>Muscicapa striata</i>	*	*	
<i>Aegithalos caudatus</i>	*	*	<i>Oriolus oriolus</i>	*	*
<i>Alcedo atthis</i>	*	<i>Parus major</i>	*	*	
<i>Anthus trivialis</i>	*	*	<i>Periparus ater</i>	*	*
<i>Athene noctua</i>	*	<i>Pernis apivorus</i>		*	
<i>Buteo buteo</i>	*	*	<i>Phoenicurus ochruros</i>		*
<i>Carduelis carduelis</i>	*	*	<i>Phylloscopus ibericus</i>	*	*
<i>Certhia brachydactyla</i>	*	*	<i>Picus sharpei</i>	*	*
<i>Chloris chloris</i>	*	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	*	*	
<i>Columba palumbus</i>	*	*	<i>Regulus ignicapilla</i>	*	*
<i>Corvus corax</i>	*	*	<i>Regulus regulus</i>	*	*
<i>Corvus corone</i>	*	*	<i>Serinus serinus</i>		*
<i>Cuculus canorus</i>	*	*	<i>Sitta europaea</i>	*	*
<i>Cyanistes caeruleus</i>	*	*	<i>Streptopelia decaocto</i>	*	*
<i>Dendrocopos major</i>	*	*	<i>Streptopelia turtur</i>	*	*
<i>Dryocopus martius</i>	*	*	<i>Stri* aluco</i>	*	*
<i>Erithacus rubecula</i>	*	*	<i>Sylvia atricapilla</i>	*	*
<i>Ficedula hypoleuca</i>	*	*	<i>Sylvia borin</i>		*
<i>Fringilla coelebs</i>	*	*	<i>Troglodytes troglodytes</i>	*	*
<i>Garrulus glandarius</i>	*	*	<i>Turdus merula</i>	*	*
<i>Jynx torquilla</i>	*	<i>Turdus philomelos</i>	*	*	
<i>Lophophanes cristatus</i>	*	*	<i>Turdus viscivorus</i>	*	*

Motacilla cinerea

*

Upupa epops

*

Entre las aves con mayor presencia estuvieron: *Troglodytes troglodytes*, *Erithacus rubecula*, *Regulus ignicapilla*, *Phylloscopus ibericu*, *Aegithalos caudatus* y *Certhia brachydactyla*. En el ensayo de Allende (Caso) las especies con mayor número de registros fueron *Troglodytes troglodytes* y *Erithacus rubecula* que sumaron un 42,4%, mientras que en Canales (Riosa) fueron *Regulus ignicapillus*, *T. troglodytes*, *E. rubecula* y *Certhia brachydactyla* con un 65,5% en total.

La actividad total fue mayor en el ensayo de Canales (Riosa), en un 20%, que en el ensayo de Allende (Caso) pero sin grandes diferencias y hubo un ligero desplazamiento entre el momento del año con máxima actividad en ambas zonas. El momento álgido fue más extenso en Riosa y empezó antes.

Por otra parte, en este estudio a diferencia que en el de los murciélagos, no se observa un patrón claro en cuanto al tipo de gestión. En Riosa la actividad fue mayor en la zona sin gestión, mientras en Caso fue mayor en la de gestión (Figura 8).

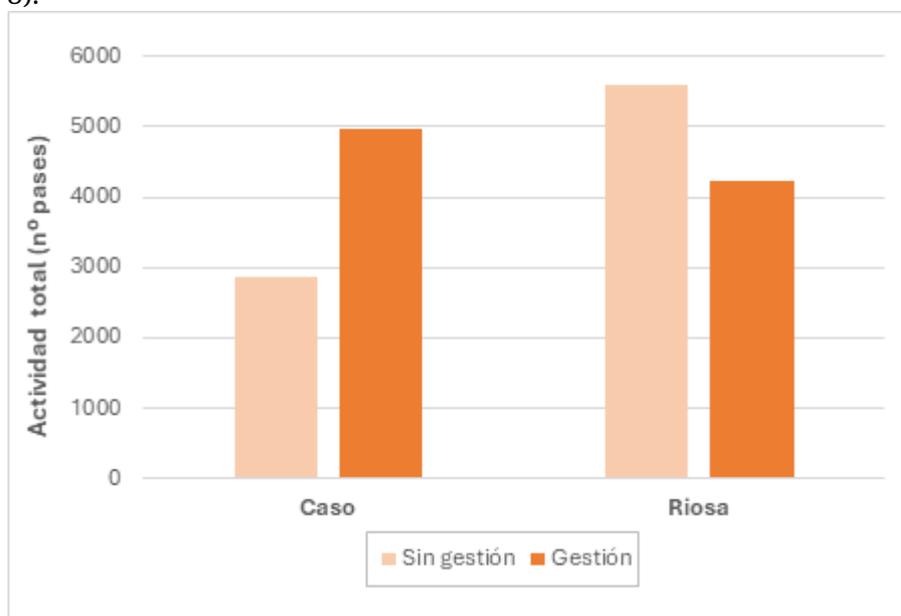


Figura 8. Actividad total de aves en cada uno de los puntos de muestreo acústico de los ensayos de Allende (Caso) y Canales (Riosa).

La Riqueza Específica (S) fue mayor en el ensayo de Allende (Caso) que en Canales (Riosa) con 43 especies detectadas frente a 38 (Tabla 6). Por otra parte, los índices de diversidad *H*, *D* y *J* mostraron valores de diversidad ligeramente superiores en las zonas sin gestión, aunque sin grandes diferencias.

Tabla 6. Índices de diversidad por ensayos y tipos de gestión para aves.

S	H	D	J		
Ensayo	Caso	43	2,581	0,883	0,674
Riosa	38	2,547	0,881	0,695	
Gestión	Sin gestión	44	2,745	0,910	0,721
Gestión	40	2,476	0,867	0,658	



Riqueza específica (S), Índice de Shannon-Wiever (H), Índice de Simpson (D), Índice de Equidad de Pielou (J).

5. Discusión

En este trabajo se presentan unos resultados preliminares del crecimiento de las masas de monte bajo de castaño tanto en altura y como en diámetro en dos ensayos ubicados en los concejos de Caso y Riosa. Es importante destacar que con los datos aportados aun es pronto para sacar conclusiones sobre su evolución y el efecto de los tratamientos de gestión y es esencial por ello complementarlos con nuevas tomas de datos que se realizarán en invierno de 2025. En ambos casos sin embargo se puede observar, que una gestión forestal sostenible, incluyendo podas y claras, incrementa el crecimiento medio de los árboles, así como la calidad de la madera al reducirse la competencia de los bosques como se ha demostrado ampliamente en otros estudios de esta especie (MANETTI et al., 2022; BECAGLI et al., 2009).

En cuanto al estudio de la biodiversidad, es difícil relacionar el nivel de actividad o los índices de diversidad con una única variable ambiental, como puede ser en este caso el tipo de gestión forestal. No obstante, en caso del análisis de los murciélagos las diferencias, tanto en la actividad como en la diversidad, en este estudio, son notables a favor de la intervención en los rodales respecto de los controles. Podemos apuntar algunos factores que pueden estar detrás, ya que algunas de las especies de murciélagos detectadas son especies generalistas y una mayor actividad suele estar relacionada con la existencia de más alimento en una zona, pero también, sobre todo tratándose de formaciones forestales, algunas especies son cazadoras aéreas que frecuentan los espacios abiertos y se mueven con más dificultad en zonas complejas. Es decir, existe mayor movilidad en bosques abiertos y gestionados. La mayor actividad en Caso puede relacionarse con una formación forestal más abierta, de menor altura o con mayor presencia de claros. Aunque los marcados picos de actividad probablemente vienen condicionados por una abundancia puntual de alimento, algo que no se ha evaluado en este estudio.

Por otra parte, en el análisis de aves no hay un patrón claro en cuanto al tipo de gestión y su relación con la biodiversidad. En uno de los ensayos la actividad fue mayor en la zona sin gestión, mientras en el otro fue mayor en la gestionada. Esto también determina que no hay un efecto negativo demostrado entre realizar una gestión sostenible del monte y la presencia de aves ya que todo depende de las especies y sus preferencias. Algunas especies de aves como *T. troglodytes*, *E. rubecula* o *Phylloscopus ibericus* muestran mayor actividad en las zonas gestionadas, mientras que con otras pasa lo contrario (*C. brachydactyla*, *Sylvia atricapilla*, *Dendrocopos* o *Sitta europaea*).

Los resultados preliminares de este estudio están en línea con la hipótesis de que la conservación y la mejora de la biodiversidad son factores perfectamente compatibles con una gestión forestal sostenible del monte bajo de castaño, tal y como describen CORONA et al. (2011), y muy especialmente en el marco de un enfoque de gestión a nivel de rodal (CORONA et al. 2004; BARBATI et al. 2007; BARBATI et al. 2014).

Los *Living Labs* establecidos cuentan con todos los agentes implicados en el sistema, entre los que las personas usuarias (propietarios y gestores forestales) ocupan un sitio central, ya que son agentes directos y conocen los retos que se tienen que abordar. Por ello la transferencia del conocimiento obtenida mediante



el seguimiento de los ensayos (monitorización y seguimiento del crecimiento, evaluación sanitaria, estudio de la biodiversidad...) va a permitir una adecuada toma de decisiones en la recuperación y transformación del monte bajo de castaño para producción de madera de alta calidad adaptada a las características de las masas desde el punto de vista de la sostenibilidad.

6. Conclusiones

Las principales conclusiones preliminares obtenidas en este trabajo se centran en la realización de la infraestructura necesaria para la puesta en marcha de dos ensayos piloto en dos escenarios de monte bajo de castaño en Asturias: el monte público Allende, localizado en el Parque Natural de Redes, en Caso y el monte privado Canales, en Riosa. Estos *Living Labs* son demostradores de estrategias de gestión sostenible para los montes bajos de castaño en Asturias donde se han puesto en común las necesidades e inquietudes de propietarios, empresas forestales, centros tecnológicos y la administración pública de la región.

Estos pilotos establecidos como bosques modelo tienen implícito el seguimiento del crecimiento de los árboles, el análisis de la calidad de la madera y el estudio y control de plagas y enfermedades, la monitorización de parámetros climáticos, edáficos y de los árboles y el estudio de la biodiversidad.

Además, mediante el estudio de biodiversidad llevado a cabo en el presente trabajo en especies de aves y de murciélagos se ha demostrado que la puesta en marcha de una gestión forestal sostenible en los montes bajos de castaño no presenta efectos negativos significativos en la actividad de las especies evaluadas. Por el contrario, algunas especies por ejemplo de murciélagos pueden verse beneficiadas mejorando su desplazamiento frente a otras masas forestales no gestionadas donde la actividad de estos animales resulta más dificultosa.

Por otra parte, cuando se disponga de más resultados contrastados a medio plazo estos van a permitir poner en valor las mejores estrategias de gestión forestal para los montes asturianos, que ayudarán a desarrollar directrices para preservar la biodiversidad manteniendo la producción de madera de alta calidad. Las conclusiones de estos estudios junto con los futuros resultados obtenidos en estos *Living Labs* permitirán transferir de forma intersectorial (administraciones, empresas, propietarios y gestores forestales) estrategias de gestión sostenible en el monte bajo de castaño en Asturias

7. Agradecimientos

Este trabajo cuenta el apoyo del Servicio de Montes de la Consejería de Medio Rural y Política Agraria del Principado de Asturias y Maderas Siero del Grupo Siero. La financiación se ha obtenido del Plan estratégico del castaño del Principado de Asturias y del Programa Misiones Científicas de la Consejería de Ciencia, Innovación y Universidad del Gobierno del Principado de Asturias.

8. Bibliografía

BARBATI, A.; CORONA, P.; MARCHETTI, M.; 2007. A forest typology for monitoring sustainable forest management: the case of European Forest Types. *Plant Biosyst* 1 93-103

BARBATI, A.; MARCHETTI, M.; CHIRICI, G.; CORONA, P.; 2014. European Forest Types and Forest Europe SFM indicators: tools for monitoring progress on forest biodiversity conservation. *Forest Ecol Manag* 321 145-157

BECAGLI, C.; PELLERI, F.; PIVIDORI, M.; SCHLEPPI, P.; ZINGG, A.; CONEDERA, M.;



AMORINI, E.; 2009. Quality wood production from chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppice forests-Comparison between different silvicultural approaches. In I European Congress on Chestnut-Castanea 2009 866 (pp. 683-692). Turín, Italia.

BOURGEOIS, C.; SEVRIN, É.; LEMAIRE, J.; 2004. Les guides du sylviculteur. Le châtaignier un arbre, un bois. Deuxième édition. Institut pour le Développement Forestier

CASTEDO-DORADO, F.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; LOMBARDEO, M.J.; 2023. The impact of the Asian chestnut gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) on chestnut tree growth may be mediated by site resources. *Front For Glob Change* 5 109518

CETEMAS; 2015. Guía técnica: “Castaño, la madera de Asturias”. Asociación asturiana de empresarios forestales de la madera y el mueble. 68p. Oviedo

CETEMAS; 2023. Gestión selvícola del castaño en Asturias. Fundación Centro Tecnológico Forestal y de la Madera. Oviedo

CORONA, P; DEL FAVERO, R; MARCHETTI, M.; 2004. Stand-level forest type approach in Italy: experiences from the last twenty years. *In: Marchetti M, editor. Monitoring and indicators for forest biodiversity in Europe. From ideas to operationality. EFI Proceedings*, 51. pp. 143-152

CORONA, P; MARCHETTI, M; 2007. Outlining multi-purpose forest inventories to assess the ecosystem approach in forestry. *Plant Biosyst* 2 243-251

DGCN; 2012. Cuarto Inventario Forestal Nacional. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid

HOSSAIN, M.; LEMINEN, S.; WESTERLUND, M.; 2019. A systematic review of living lab literature. *J Clean Prod* 213 976-988

LEMAIRE, J.; 2009. Produttività dei cedui e trattamenti selvicolturali. Dossier Castagno: Selvicoltura e Cipollatura”. *Sherwood* 151 13-16

MANETTI, M. C.; CONEDERA, M.; PELLERI, F.; MONTINI, P.; MALTONI, A.; MARIOTTI, B.; MARCOLIN, E.; 2022. Optimizing quality wood production in chestnut (*Castanea sativa* Mill.) coppices. *For Ecol Manag* 523 120490

MARCOLIN, E.; PIVIDORI, M.; COLOMBARI, F.; MANETTI, M. C.; PELLERI, F.; CONEDERA, M., et al.; 2021. Impact of the Asian gall wasp (*Dryocosmus kuriphilus*) on the radial growth of the European chestnut (*Castanea sativa*). *J Appl Ecol* 58 1212-1124

MATTIOLI, W.; MANCINI, L. D.; PORTOGHESI, L.; CORONA, P.; 2016. Biodiversity conservation and forest management: The case of the sweet chestnut coppice stands in Central Italy. *Plant Biosystems* 150(3) 592-600

MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ, M.; 2015. Modelización del crecimiento y producción de las masas de monte bajo de *Castanea sativa* Mill. en el noroeste de España. Universidad de Oviedo. Oviedo.

MENÉNDEZ-MIGUÉLEZ, M.; ÁLVAREZ-ÁLVAREZ, P.; PARDOS, M.; MADRIGAL, G.; RUIZ-PEINADO, R.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; DEL RÍO, M.; CALAMA, R.; 2023. Development of tools to estimate the contribution of young sweet chestnut plantations to climate-change mitigation. *For Ecol Manag* 530, 120761

OETTEL, J., LAPIN, K.; 2021. Linking forest management and biodiversity indicators to strengthen sustainable forest management in Europe. *Ecol Ind* 122, 107275

PRADA, M.; BRAVO, F.; BERDASCO, L.; CANGA, E.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; 2016.



Carbon sequestration for different management alternatives in sweet chestnut coppice in northern Spain. *J Clean Prod* 135 1161-1169

PRADA, M.; GONZÁLEZ-GARCÍA, M.; MAJADA, J.; MARTÍNEZ-ALONSO, C.; 2019. Development of a dynamic growth model for sweet chestnut coppice: A case study in Northwest Spain. *Ecol Model* 409 108761

RODRIGUES, L.; BACH, L.; DUBOURG-SAVAGE, M.J.; KARAPANDZA; B.; KOVAC, D.; KERVYN, T.; DEKKER, J.; KEPEL, A.; BACH, P; COLLINS, J.; HARBUSCH, C.; PARK, K.; MICEVSKI, B.; MINDERMAN, J.; 2014. Guidelines for consideration of bats in wind farm projects - revision 2014. EUROBATS Publication Series No. 6 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat. 133P. Bonn, Germany

ROJO, D.; SANTÍN, J.; SÁNCHEZ, J. A.; 2016. Guía de Buenas Prácticas para la conservación y custodia del territorio del castaño. 36 p. Valladolid

SINGH, R.; GEHLOT, A.; AKRAM, S. V.; THAKUR, A. K.; BUDDHI, D., DAS, P. K.; 2022. Forest 4.0: Digitalization of forest using the Internet of Things (IoT). *J King Saud Univ Comp Info* 34(8) 5587-5601

VARELA, G. G.; FERNÁNDEZ, A. J. G.; 2008. Plagas y enfermedades del castaño. Tecnología agroalimentaria: Boletín informativo del SERIDA 5 37-42