

Manual
de diseño
y gestión de
**sistemas
silvopastorales
para su adaptación
al cambio
climático**





Prólogo

Hacia finales de los años 70, la Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB) encargó editar a L't Mannetje, investigador del CSIRO de Queensland (Australia), el famoso libro *Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production*, al que podríamos considerar un formidable intento de la British Grassland Society (BGS) de ampliar sus estudios de los pastos británicos a otros territorios con climatologías menos favorables para el crecimiento de la hierba. En España, la BGS había animado también a varios socios españoles a la creación de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos (SEEP, actualmente SEP) que continúa generando información útil para la ganadería española.

Podríamos considerar que este manual, titulado *Diseño y gestión de sistemas silvopastorales* para su adaptación al cambio climático, enlaza con aquella línea británica de ir progresando en el estudio de los pastos con una doble finalidad: por un lado, divulgando de forma clara y organizada los conocimientos agroganaderos y forestales derivados de diferentes proyectos de investigación y, por el otro, incluyendo de forma muy específica el tema del cambio climático, ampliando, así, a las necesidades actuales españolas la idea inicial británica de considerar conjuntamente los climas atlánticos y los muy distintos de Australia.

La información se organiza en seis capítulos: los dos primeros tienen un carácter introductorio; los tres siguientes explican las bases, la planificación, el diseño y la implementación de un sistema silvopastoral, y el sexto presenta el marco normativo tanto español como el comunitario de la PAC.

El sistema silvopastoral incluye al hombre y sus decisiones históricas y presentes de gestión del conjunto, la presencia de vegetación leñosa con sus tipologías variadas, y los animales que aprovechan el espacio en distintas épocas del año. Los autores explican claramente que se dirigen a titulares de explotaciones ganaderas extensivas o semiextensivas, a propietarios forestales y selvicultores, así como a personal técnico de administraciones públicas y de empresas privadas vinculados a la gestión territorial.

En varios apartados del manual se insiste en las características de movilidad y adaptabilidad de los sistemas silvopastorales, de las respuestas a la estacionalidad e, incluso, a los cambios climáticos diarios, y de las respuestas individuales y colectivas de los rebaños a los recursos de abrevada y a la combinación de pastoreo en distintos estratos de vegetación para conseguir dietas beneficiosas en condiciones de cierta escasez. En suma, de una resiliencia adquirida tras



muchos ensayos de acierto y error que constituyen una base asentada para proponer unos diseños adecuados para cada una de las situaciones que van presentando. Como recomendaciones generales, proponen aumentar la oferta forrajera, la suficiencia forrajera, la gestión del ganado, y la gestión del sistema en su conjunto.

En las recomendaciones de adaptaciones al cambio climático insisten continuamente en la recuperación de paisajes diversos, de combinaciones con apoyos en siembras de leguminosas y gramíneas adaptadas, de aprovechamientos de las antiguas terrazas agrícolas, y de la reproducción de ciertos paisajes adeshados donde la combinación de árbol, cultivo plurianual y pasto aumente la oferta de forrajes. Evidentemente, las funciones del sombreado de los árboles constituyen un recurso conjunto beneficioso para las herbáceas y para el bienestar animal. El pastoreo rotacional y las trastermitancias se deberían imponer para cada tipo de parcela o zona de pastoreo.

En los aspectos concretos de los cálculos de la carga ganadera se explica reiteradamente la importancia de considerar el tiempo de estancia en cada zona de pasto. Ello lleva implícita la diferencia entre hablar genéricamente de “cargas ganaderas” o considerar adecuadamente los tiempos de estancia e, incluso, incorporar claramente el concepto de “carga instantánea”. Resultan conceptos muy entendibles cuando el ganadero comprueba el efecto diario de sus animales sobre una superficie determinada y observa el estado en el que queda la parcela al finalizar el pastoreo y planifica el tiempo que necesitará para poderla ofrecer de nuevo al rebaño en cada época del año. La distinción entre rodales herbáceos y rodales arbustivos es una buena recomendación para rebaños que frecuenten paisajes muy contrastados.



Sobre la calidad de los forrajes, está claro que la tenían muy ajustada los ganaderos pasiegos (charlas con P. Montserrat) que ordeñaban cada día a las vacas que habían pastado en los prados que les asignaban ese día a sus vacadas en las “trastermitancias semanales” de cabaña en cabaña. Poder detectar en las mantequillas o en la propia leche que vendían el beneficio que les había causado a las vacas cada zona de prados que gestionaban semanalmente era un recurso que ya es más difícil de reproducir en nuestros tiempos, pero les daba la medida exacta del potencial de cada parcela. Una simplificación que comprobamos con los contenidos de azúcares exprimiendo directamente hierba en el prado y leyendo los contenidos resultantes era algo que hacían habitualmente los neozelandeses que visitaron hace años los prados pirenaicos. Tenían ya tabulados los contenidos de azúcar pasados a cargas ganaderas. Seguramente aún no sea el caso de practicarlo en extensivo, pero pueden aproximarse varias de las recomendaciones que se calculan en este manual.

Deseamos que estas aportaciones del equipo de autores que han ido plasmando sus resultados cuantificados en este manual sirvan para animar a otros grupos regionales a confeccionar recomendaciones que ayuden a irnos acercando a los resultados británicos que tantos años llevan aprovechando espectacularmente sus pastos.

Federico Fillat
Instituto Pirenaico de Ecología de Jaca

Cita recomendada

Taüll, M., Baiges, T., Gallego, M., Coello, J., y Casals P. (2026). Diseño y gestión de sistemas silvopastorales para su adaptación al cambio climático. LIFE AgroForAdapt. Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació 112 p.

Edición

© Generalitat de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació
1ª edición, mayo de 2026

Autoría

Marc Taüll

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)

Teresa Baiges

Centro de la Propiedad Forestal (CPF)

Mar Gallego

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)

Jaime Coello

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)

Pere Casals

Centro de Ciencia y Tecnología Forestal de Cataluña (CTFC)

Autoría de las fotografías y figuras

Los autores, salvo cuando se indique lo contrario.

Maquetación

Iglésies Associats - iglesies.com

Impresión

Imprempta Pagès SL

Depósito legal

B 12063-2026

Agradecimientos

Un reconocimiento muy especial a los ganaderos y ganaderas que han aportado su trabajo e interés en la síntesis de los conocimientos que desarrollan día a día en el cuidado de sus animales; y a las personas que han contribuido a la elaboración de este manual: Raquel Tejedor, Miguel Teruel, Jaume Pellisa, Ana I. Ríos, Neus Bagué, Albert Tarragó, Pedro Tardós, Pere Rovira, Carla Fuentes, Jordi Araque, Judith Boix, Gustavo Tudela, Lena Vilà, Mar Casals, Míriam Piqué, Mario Beltran, Paco Cano, Marc Arcarons, Merlès Martínez, Noemí Palero, Teresa Cervera, Federico Fillat, Daniel Gómez, y Daniel Villalba.

Declaración del uso de inteligencia artificial

En la creación y edición de este manual se ha utilizado inteligencia artificial generativa para mejorar el acabado de los elementos visuales. Todo el contenido ha sido verificado y editado por los autores, quienes asumen la responsabilidad final.

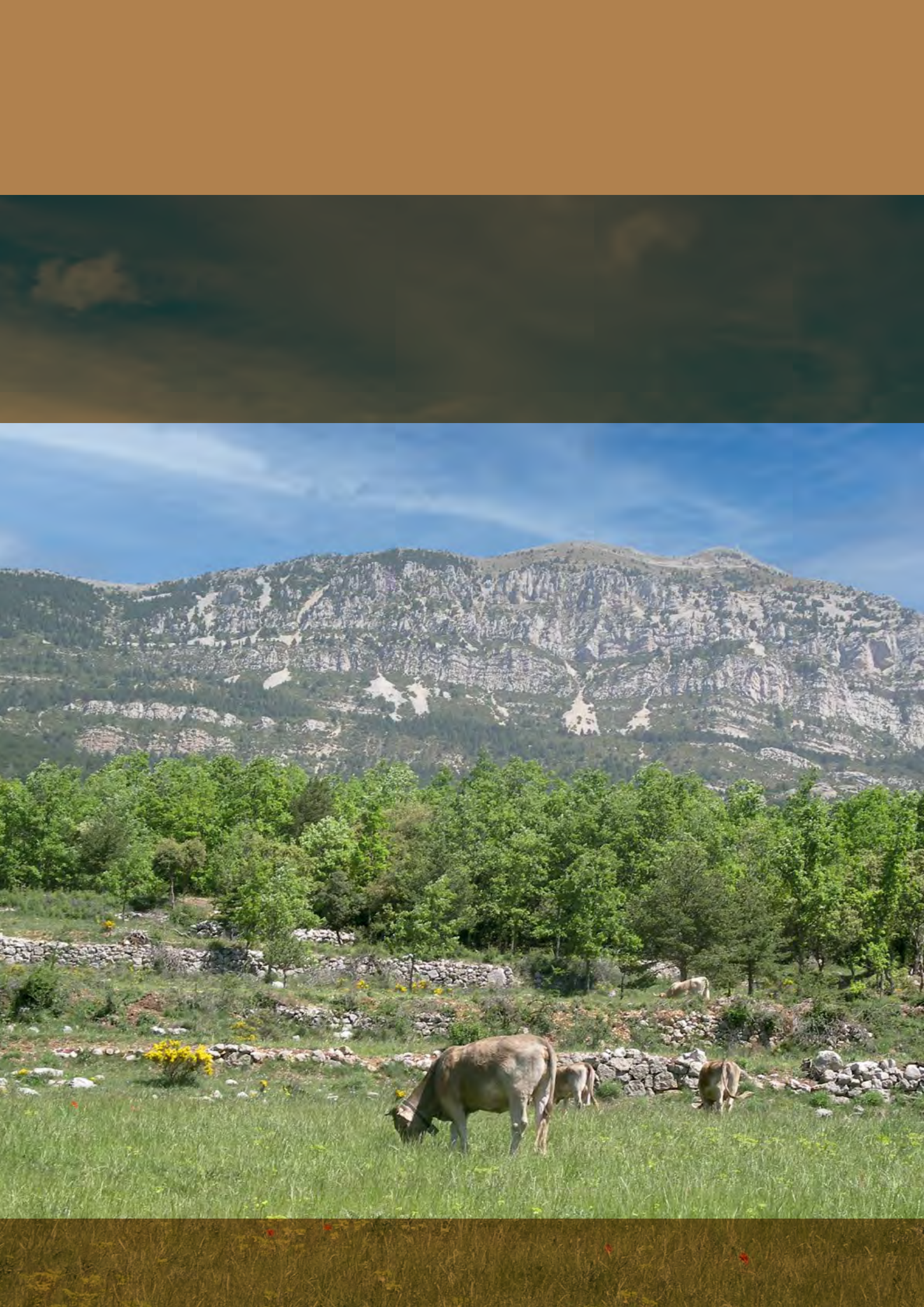
Aviso legal

Esta obra está sujeta a una licencia Creative Commons del tipo reconocimiento de autoría, usos no comerciales y compartir igual. La licencia puede consultarse en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>



Índice

1	Contexto y objeto	9
	1.1. Silvopastoralismo y cambio climático	10
	1.2. Objeto del manual	13
2	Factores clave para la adaptación al cambio climático	15
	2.1. Adaptación de los herbívoros a los fenómenos climáticos	16
	2.2. Desplazamiento de los animales	16
	2.3. El papel del componente leñoso en la adaptación al cambio climático de los sistemas pastorales	18
	2.4. Medidas para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático	23
3	Bases para el silvopastoralismo	25
	3.1. Palatabilidad y comportamiento alimentario de los rumiantes en pastoreo	26
	3.2. Intensidad óptima de carga ganadera de un rodal	26
	3.3. Potencial forrajero de un rodal	33
	3.4. Tipos de ungulados herbívoros	48
	3.5. Silvopastoralismo prescrito como instrumento para la reducción del riesgo de incendio	55
4	Planificación y diseño de sistemas silvopastorales	59
	4.1. Priorización a escala de paisaje	60
	4.2. Diseño de sistemas silvopastorales	62
5	Implementación de un sistema silvopastoral	75
	5.1. Itinerarios silvícolas	76
	5.2. Cuidado de los animales	83
6	Normativa	91
	6.1. La clasificación de los terrenos de pasto y silvopastoralismo en el SIGPAC	92
	6.2. Los sistemas silvopastorales y los pagos directos de la PAC (pilar I)	93
	6.3. Los sistemas silvopastorales en las políticas de desarrollo rural (pilar II de la PAC)	95
7	Glosario	99
	Bibliografía	102





1

Contexto y objeto

El silvopastoralismo es un sistema de manejo holístico del territorio basado en la integración del pastoreo en el entorno agroforestal, con una elevada resiliencia y capacidad de adaptación a las inclemencias y las perturbaciones derivadas del cambio climático, y con potencial para mitigar la degradación del paisaje forestal por causas derivadas del cambio climático.

1.1. Silvopastoralismo y cambio climático

El silvopastoralismo resulta de la integración histórica del pastoreo extensivo en su entorno agroforestal. Una explotación silvopastoral aúna el uso de recursos forrajeros herbáceos o arbustivos con otros recursos forestales, como la madera, en el mismo espacio o en el tiempo. El ramoneo —o pastoreo de recursos leñosos— es una práctica esencial para la sostenibilidad de los sistemas pastorales en ambientes áridos o mediterráneos, en los que la producción herbácea está limitada por la escasez de agua, como ya señaló el libro *Prados arbóreos* en 1905 (Rodrigáñez, 1949). El silvopastoralismo reduce la vulnerabilidad a grandes incendios y, particularmente, dificulta la generación de eventos extremos (Castellnou *et al.*, 2022). Sin embargo, a pesar de la importancia de los sistemas silvopastorales en la sostenibilidad de la ganadería extensiva, cambios tecnológicos junto con directivas políticas, como la Política Agrícola Común, conducen a una eliminación del componente leñoso y a una intensificación de los sistemas pastorales.

La dehesa —o *montado* en portugués— es uno de los sistemas silvopastorales más representativos de la península Ibérica, con un elevado valor ecológico y socioeconómico (Moreno y Pulido, 2009), pero la definición de sistema silvopastoral abarca una elevada diversidad de formaciones forestales distribuidas en diversas regiones del mundo, incluyendo el aprovechamiento de sabanas arboladas, bosques de argán en el norte de África, potreros con árboles dispersos en el centro y el sur de América, matorrales mediterráneos, sotobosque arbustivo en bosques mediterráneos o herbáceo en plantaciones forestales o bosques templados (figuras 1y 2; Étienne, 1994; Mosquera-Losada *et al.*, 2004).

La descripción de un sistema silvopastoral incluye como mínimo cuatro componentes (Nair, 1993; Étienne, 1994; Papanastasis, 1996; San Miguel, 2003): i) el ser humano, en función de las decisiones de gestión que ha tomado desde hace miles de años hasta la actualidad; ii) la presencia de vegetación leñosa; iii) la tipología de la vegetación (bosque denso, bosque claro, matorrales, dehesas o pastos herbáceos dispersos), y iv) el tipo de animal que aprovecha el espacio. El manejo silvopastoral busca una interacción beneficiosa entre el rebaño y los recursos forestales, con unos objetivos predeterminados de gestión ganadera y forestal. Los sistemas silvopastorales forman parte de lo que se conoce genéricamente como ganadería extensiva.

A pesar de la relativamente escasa contribución del silvopastoralismo al producto interior bruto, los sistemas silvopastorales —y, en general, la ganadería extensiva— tienen una importancia capital en la estructura social y económica de la mayoría de las zonas rurales mediterráneas. Esta importancia aumenta cuando se considera la contribución del silvopastoralismo a la reducción del riesgo de incendios o al mantenimiento de la biodiversidad (Casals *et al.*, 2009). Los sistemas silvopastorales se caracterizan por su naturaleza multipropósito que incluye los valores directos de mercado (como alimentos, madera y otros productos secundarios) y los servicios sin un valor de mercado cuyos beneficios repercuten sobre otras especies y sobre la sociedad en su globalidad (Fabbio *et al.*, 2003).

El cambio climático, consecuencia de los gases de efecto invernadero emitidos por la actividad humana, está causando considerables impactos no deseados sobre

los ecosistemas, la economía y la población. La temperatura global en superficie ha aumentado entre 0,8°C y 1,3°C en el último siglo, siendo cada una de las últimas cuatro décadas sucesivamente más cálidas que cualquiera anterior desde 1850 (IPCC, 2021). Por si fuera poco, las proyecciones climáticas predicen con certidumbre elevada un calentamiento adicional en el futuro. Aunque la dinámica de emisiones antropogénicas determinará la magnitud del cambio en el futuro, todos los escenarios de emisiones considerados indican que la temperatura global en superficie seguirá aumentando hasta, como mínimo, mediados de siglo y, muy probablemente, la superará en 1,5-2,0°C durante el siglo XXI respecto al período preindustrial de referencia (1850-1900). Un aumento como este, en unos plazos tan breves, no se ha producido en los últimos 3 millones de años. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2021) constata que el aumento de gases de efecto invernadero, como el CO₂, el CH₄ y el N₂O derivados de la actividad humana, ha influido en el incremento de

la temperatura global en superficie y en la mayoría de los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones del mundo. La ganadería es una fuente de gases de efecto invernadero, pero, como subraya la Fundación Entretantos, no todos los sistemas productivos son iguales ni emiten de la misma forma: en relación con las causas del cambio climático, los sistemas extensivos claramente se diferencian de la producción ganadera industrial por el menor consumo de insumos externos, tanto forrajeros como energéticos, y la menor producción de purines, entre otros factores (Herrera, 2020).

La intensidad y la frecuencia de los episodios de calor extremo y las olas de calor han aumentado en la mayoría de las regiones terrestres desde la década de 1950, mientras que han disminuido los fenómenos de frío extremo. La simultaneidad de fenómenos extremos, como olas de calor durante períodos de sequía, previsiblemente también aumentarán en un futuro a escala global. Los fenómenos ligados al cambio

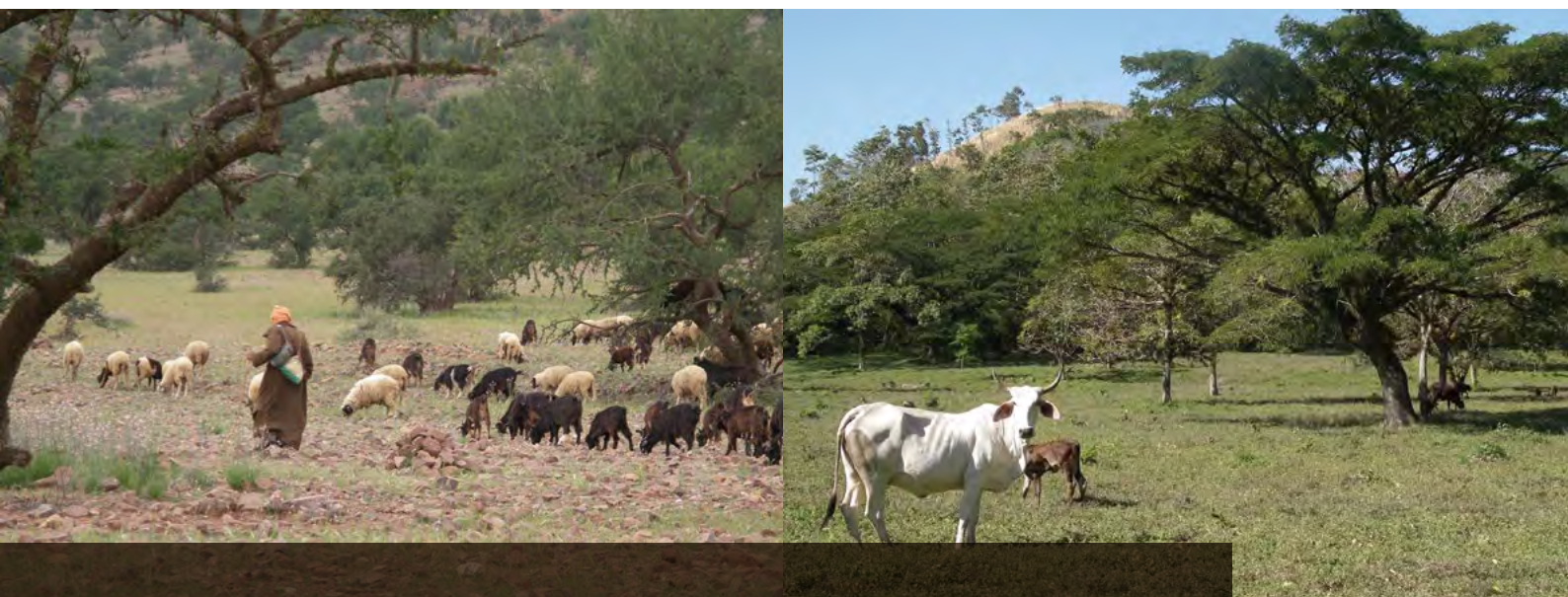


Figura 1. Ejemplos de sistemas silvopastorales: a la izquierda dehesa de argán (Marruecos) y a la derecha potrero con árboles dispersos (Nicaragua).

climático afectarán a las sociedades y a los ecosistemas dependiendo de la tolerancia y la resiliencia de los elementos que las componen y, a medio plazo, de su capacidad de adaptación. Cuando los sistemas socioeconómicos se tensionan o colapsan, la agricultura de proximidad y la ganadería extensiva constituyen una garantía para la seguridad alimentaria, como se pudo observar durante la pandemia, proveyendo productos locales, saludables y sostenibles.

Las explotaciones ganaderas en extensivo se han reducido considerablemente en número en las últimas décadas en el sur de

Europa. El problema deriva principalmente del bajo rendimiento económico de las explotaciones, con precios de mercado similares a los de finales del siglo pasado, y de la dureza de las condiciones laborales.

En este contexto de transformación climática y crisis rural, los sistemas silvopastorales constituyen una herramienta estratégica de adaptación y gestión de la zona mediterránea, integrando la producción silvopastoral y la resiliencia del paisaje frente a las adversidades causadas por el cambio climático.

Figura 2. Ejemplos de sistemas silvopastorales: pastoreo de bosque denso y de campo de almendros (Cataluña).



1.2. Objeto del manual

Los sistemas silvopastorales aprovechan los recursos forrajeros de formaciones forestales y sus productos derivados, como, por ejemplo, madera, frutos, miel, setas o plantas medicinales o aromáticas. Estos últimos aprovechamientos contribuyen a la sostenibilidad económica de una explotación silvopastoral y constituyen un recurso que, en momentos desfavorables para la ganadería, se convierte en importante para la sostenibilidad de una empresa silvopastoral. Este manual se centra en el papel directo o indirecto de los componentes leñoso y herbáceo en la sostenibilidad y el manejo de los sistemas silvopastorales mediterráneos en un contexto de cambio climático.

La finalidad de este manual es orientar y acompañar en el diseño y la planificación de sistemas silvopastorales en el contexto mediterráneo, aportando las bases técnicas y científicas que faciliten su implementación práctica y refuercen su capacidad adaptativa frente al cambio climático. A través de la exposición de principios de gestión, criterios técnicos y ejemplos de aplicación, el documento se plantea como una herramienta para mejorar la funcionalidad productiva y ecológica de estos sistemas.

El enfoque del manual está alineado con los retos del cambio climático, priorizando estrategias que refuercen la resiliencia de los sistemas silvopastorales y su capacidad para contribuir, de forma simultánea, a la producción agroganadera, la conservación de la vegetación leñosa y la prestación de servicios ecosistémicos esenciales.

Ámbito de aplicación del manual

El manual se dirige principalmente a titulares de explotaciones ganaderas extensivas o semiextensivas, propietarios forestales y selvicultores, así como a personal técnico de administraciones públicas y de empresas privadas vinculado a la gestión territorial.





2

Factores clave para la adaptación al cambio climático

La ganadería extensiva en general, y los sistemas silvopastorales en particular, muestran una resiliencia elevada a las vicisitudes meteorológicas y las variaciones en el clima, resistiendo o recuperándose después de perturbaciones como incendios, sequías o tormentas. La adaptación de los territorios ganaderos a fenómenos extremos requiere un enfoque sistémico a escala de explotación que incluya la diversificación de las fuentes de ingresos y de los recursos forrajeros, en vez de la adopción de prácticas individuales y de gestión de riesgos climáticos específicos (Devot *et al.*, 2023).

2.1. Adaptación de los herbívoros a los fenómenos climáticos

Los herbívoros responden a las variaciones ambientales modificando su condición corporal y su comportamiento. Cuando la temperatura ambiental excede el rango de confort, el animal regula su temperatura corporal a costa de un consumo energético. Si el episodio es duradero, la termorregulación conlleva una alteración de la condición corporal que puede incidir en su potencial reproductivo y, en último extremo, causar su muerte. Los animales combaten el frío activando su musculatura con temblores o movimiento, y el calor mediante vasodilatación, sudor y respiración acelerada. Mientras la compensación de las bajas temperaturas es bastante efectiva si los animales disponen de reservas de energía suficientes, los mecanismos fisiológicos para disipar el calor corporal son menos eficaces y, por consiguiente, los animales son más vulnerables a los episodios de calor extremos (Terrien *et al.*, 2011).

Los animales en libertad minimizan el coste energético por termorregulación buscando microambientes propicios (Terrien *et al.*, 2011). Así, se puede ver ungulados soleándose en días fríos de invierno o en zonas frescas o sombreadas en verano (figura 3). Para resistir los días calurosos, los animales también buscan sitios venteados, donde la corriente de aire disipa el calor corporal, a la vez que reduce la presencia de insectos molestos. Algunos animales gregarios pueden crear su propio microambiente agrupándose para sombrear sus cabezas y favorecer la circulación de aire como, por ejemplo, los rebaños ovinos que sestean (o amorrán) al mediodía. Elementos como árboles dispersos en un pasto y manchas de bosque contribuyen al bienestar animal frente a eventos meteorológicos desfavorables.

2.2. Desplazamiento de los animales

A lo largo de las estaciones o en episodios climáticos anómalos, los herbívoros salvajes se desplazan en busca de pasto y localidades más propicias, y, en último extremo, si las condiciones persisten, pueden llevar a cabo migraciones a largas distancias. Análogamente, los pastores dirigen el rebaño siguiendo la fenología de los pastos a lo largo del año, desplazándose en altitud o entre zonas secas y húmedas (figura 3). Tradicionalmente, y aún ahora, anteponiéndose a unas condiciones desfavorables para el pastoreo extensivo por agostamiento o frío, los pastores y los rebaños se desplazan largas distancias entre

los cuarteles de invierno y los de verano, lo que se conoce como trashumancia (Salguero, 2021). Si los desplazamientos tienen lugar entre zonas cercanas como, por ejemplo, entre el valle y los pastos de puerto en el Pirineo, se denominan trastermitancia.

Los sistemas trashumantes mediterráneos son dinámicos y complejos, basados en el aprovechamiento eficiente de los recursos, tanto del pasto como del agua, a lo largo del tiempo, iterando entre regiones para el aprovechamiento de recursos agrícolas, pastos y forestales. En los países del sur de Europa, la desaparición de

las vías pecuarias y las infraestructuras asociadas (abrevaderos, pasos, mojones y descansaderos) y la densidad de vías de comunicación dificultan cada vez más los movimientos de los pastores, que, además, tienen que lidiar con el coste económico y personal de la vida fuera de casa.

A corto plazo, las características intrínsecas de una explotación silvopastoral permiten resistir cambios climáticos poco severos, incorporando puntualmente insumos externos si es necesario; sin embargo, frente a episodios duraderos y severos, la trashumancia será una opción que se deba considerar para la sostenibilidad económica de la explotación.



Figura 3. Ovejas rasa aragonesa sesteando en el Prepirineo aragonés (arriba) y rebaño de ovejas xisqueta en trashumancia desde la depresión del Ebro hacia el Pirineo. (Créditos: Miguel Ángel Vicente de Almozara, para la fotografía de la izquierda).



2.3. El papel del componente leñoso en la adaptación al cambio climático de los sistemas pastorales

La importancia del componente leñoso en los sistemas de ganadería extensiva es conocida desde antaño, especialmente bajo climas áridos, semiáridos o tropicales estacionales, y aumentará con la severidad del cambio climático. El microclima generado por el árbol contribuye al bienestar animal frente a las inclemencias meteorológicas. La vegetación leñosa contribuye a la diversificación de la oferta forrajera tanto en el espacio como en el tiempo, lo que permite adaptar el manejo animal a los estreses derivados del cambio climático.

Los efectos de árboles y arbustos en la adaptación al cambio climático de los sistemas silvopastorales son difíciles de predecir, puesto que surgen como resultado de diversos mecanismos interdependientes y patrones de retroalimentación complejos y dinámicos en el tiempo entre factores ambientales, animales, plantas y suelo (figura 4; Mackay-Smith *et al.*, 2024).

2.3.1. El árbol como generador de microambiente

El sombreado es uno de efectos más evidentes de la presencia de árboles. Bajo el dosel arbóreo, la amplitud térmica diaria es menor y la humedad relativa es mayor en comparación con zonas abiertas, lo que reduce la evapotranspiración del estrato herbáceo (Joffre y Rambal, 1993). La densidad de hojas intercepta parte de la

radiación fotosintéticamente activa (PAR) que llega al sotobosque y a la superficie del suelo, incidiendo sobre la composición y la calidad del forraje. La copa altera la distribución de la lluvia sobre el suelo: una parte del agua de lluvia interceptada por la copa (intercepción) se evapora de nuevo, mientras que otra parte se canaliza por las ramas y el tronco hacia su base (escorrentía cortical); finalmente, otra parte se desprende de las hojas y cae en forma de gotas al suelo (trascolación). La repartición del agua entre estos tres procesos depende de la cantidad de lluvia en un episodio dado, de su intensidad y de las características del árbol, básicamente, de los rasgos foliares y la estructura de la copa (López-Arias, 2002; Miranda-Gómez *et al.*, 2013).

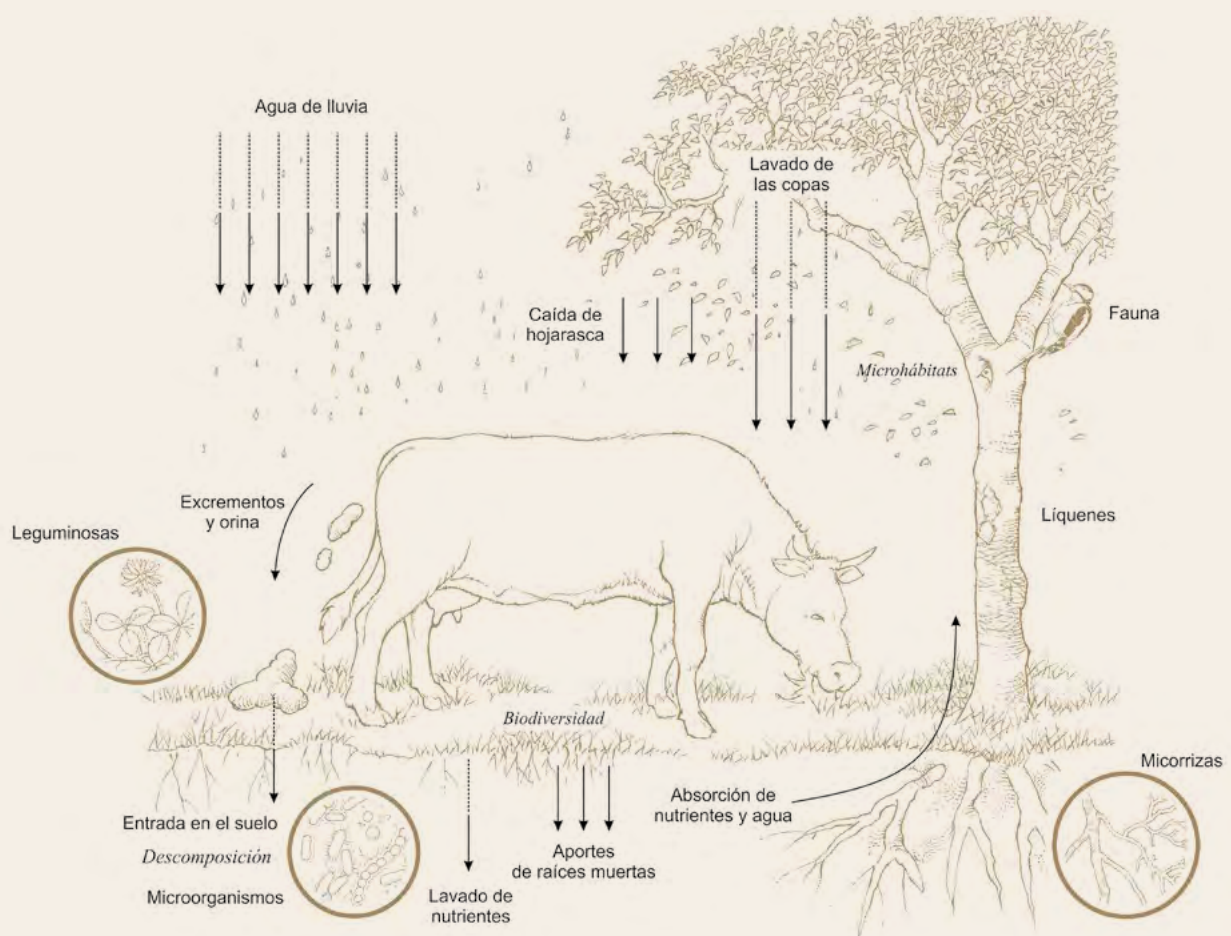
Los árboles mejoran la estructura edáfica mediante el aumento de la actividad biológica y de materia orgánica, favoreciendo, así, una mayor infiltración, un mayor almacenamiento hídrico y una reducción de la escorrentía (Benegas *et al.*, 2021). En función de la especie, los árboles pueden absorber el agua almacenada en capas profundas del suelo y redistribuirla hacia horizontes más superficiales durante la noche durante la época seca (proceso conocido como *hydraulic lift*; Ludwig *et al.*, 2004; Espeleta *et al.*, 2004), beneficiando a la vegetación herbácea circundante (Caldwell *et al.*, 1998).

La presencia de árboles aumenta la materia orgánica, el fósforo disponible y el potasio y calcio asimilables en el suelo, en comparación con el pasto abierto (Gallardo, 2003; Casals *et al.*, 2013). El contenido de materia orgánica también suele ser mayor en los primeros horizontes del suelo bajo matorral (Montané *et al.*, 2007). Un mayor

contenido de materia orgánica en el suelo bajo árboles y arbustos puede explicarse por diferencias en la calidad de la hojarasca (Cornwell *et al.*, 2008; Montané *et al.*, 2010) o por menores tasas de descomposición bajo el dosel por un efecto microclimático (Luizão *et al.*, 1998). Las diferencias en la arquitectura radicular y en la profundidad del perfil de suelo explorado entre especies leñosas y herbáceas explican en parte las diferencias en la fertilidad del suelo; así, los árboles con raíces profundas pueden redistribuir cationes y fósforo desde horizontes profundos del suelo mediante

la absorción por las raíces profundas y la liberación en los horizontes superficiales, o mediante la lixiviación de las hojas o el aporte de frutos y hojarasca (Jobbágy y Jackson, 2004). El polvo interceptado por las copas de los árboles, al depositarse en el suelo, contribuye también a su fertilidad (Hanson y Lindberg, 1991). Los animales también pueden contribuir a la acumulación de nutrientes mediante una deposición de heces y orina bajo las copas, si las priorizan para su descanso (Skarpe, 1991).

Figura 4. Los árboles generan un microambiente de relaciones complejas entre la atmósfera, el árbol, el pasto, los herbívoros y otros organismos asociados (Fuente: Pere Rovira i Castellà).



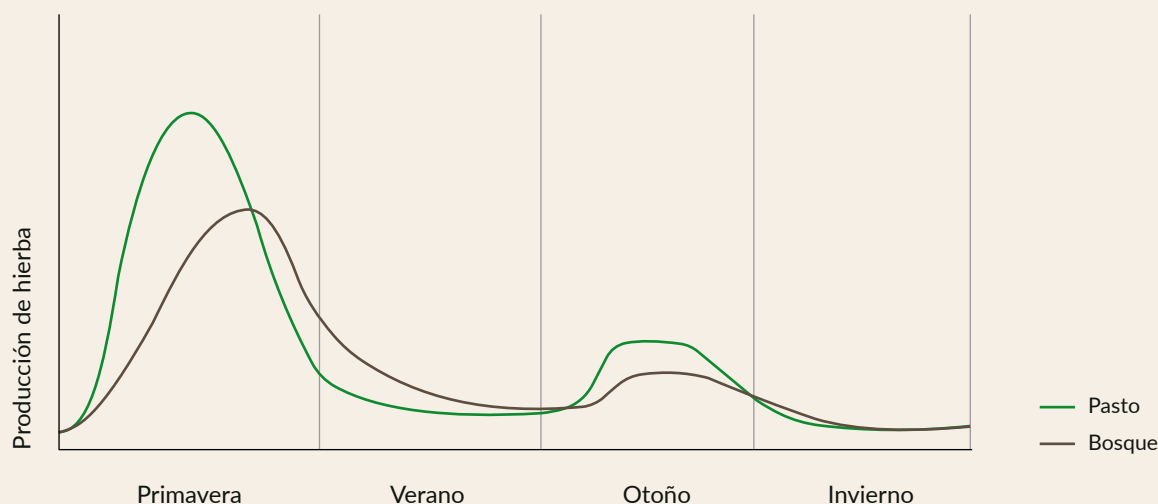
2.3.2. Facilitación-competencia del árbol en la producción herbácea

La literatura científica no es concluyente sobre los efectos de los árboles en la producción de la hierba (Mackay-Smith *et al.*, 2024), habiéndose descrito un efecto positivo de la copa, con mayor producción herbácea bajo ella (p. ej., Gea-Izquierdo *et al.*, 2009) o sin un efecto significativo (p. ej., Ludwig *et al.*, 2004; Rusch *et al.*, 2014). Los efectos de los árboles sobre el microclima y la disponibilidad de agua y nutrientes descritos en el apartado anterior facilitarían el crecimiento de la hierba. En cambio, la intercepción de la luz por la copa de los árboles limitaría su crecimiento. Sin embargo, existe una gran variabilidad en la intensidad del sombreado dependiendo de la especie arbórea, del tamaño y de la densidad de las copas (Sotelo Reyes, 2012).

La teoría ecológica predice que la importancia relativa de la facilitación y la competencia entre plantas leñosas y

herbáceas depende del entorno, con un mayor efecto de facilitación en entornos más extremos y un predominio de la competencia en condiciones más benignas (Bertness y Hacker, 1994; Dohn *et al.*, 2013). En climas como el mediterráneo, se podría esperar un cambio en la naturaleza de la interacción árbol-pasto entre estaciones (Scholes y Archer, 1997; Kikvidze *et al.*, 2006), mediante el cual los árboles promoverían la producción de hierba en la estación seca y la disminuirían en invierno y a principios de primavera. Así, por ejemplo, en robledales mediterráneos y submediterráneos del sur de Francia, el crecimiento herbáceo primaveral se inicia antes en zonas de pasto abierto que en zonas de bosque. A medida que avanza la temporada, la producción entra en un letargo estival, conocido como agostamiento. Posteriormente, en función de las precipitaciones, el crecimiento puede tener un repunte en otoño. En el bosque, el letargo estival de la hierba es menos severo en virtud del microclima que genera el árbol (figura 5).

Figura 5. Dinámica idealizada del crecimiento de la hierba en zonas de bosque y pasto abierto (modificado de Réseau Pâture'Ajuste, 2017).



El efecto del árbol en la productividad de la hierba puede estar mediado por cambios en la composición relativa de los grupos funcionales del pasto (Belsky *et al.*, 1993), por ejemplo, promoviendo especies con mayor tolerancia a la sombra (Nordenstahl *et al.*, 2011). Así, se ha descrito un aumento de la proporción de forbias (hierbas no graminoides) respecto a las graminoides por efecto del sombreado, en comparación con pastos sin árboles (Rusch *et al.*, 2014).

2.3.3. Los recursos leñosos contribuyen a compensar la escasez temporal de forraje herbáceo

Aunque los herbívoros domésticos tienen menos tendencia al ramoneo que muchos de los ungulados salvajes, la mayoría de los herbívoros pueden aprovechar hojas y ramillas de plantas leñosas en momentos de escasez de forraje herbáceo (figura 6). Esto

es debido a que los herbívoros consumidores de gramíneas (pastadores) han evolucionado de herbívoros ancestrales, ramoneadores, que basaban su dieta en hierbas no gramíneas y plantas leñosas (Saarinen, 2019). La aportación de microelementos por el ramón (hojas, ramillas o frutos) es muy importante para la nutrición de los herbívoros en extensivo. Además, las partes leñosas son ricas en taninos que reducen las bacterias metanogénicas del rumen (Tan *et al.*, 2011) y traslocan el nitrógeno de la orina a las heces, reduciendo las emisiones de N_2O (Dickie *et al.*, 2014), lo que contribuye a mitigar la emisión de gases de efecto invernadero.

La contribución a la dieta de los recursos herbáceos y leñosos depende de la especie y la raza de animal, y varía en el tiempo y el espacio (figura 7). Su gestión será clave para hacer frente a sequías duraderas en un futuro.

Figura 6. Aprovechamiento de hojas de poda en la dehesa extremeña.



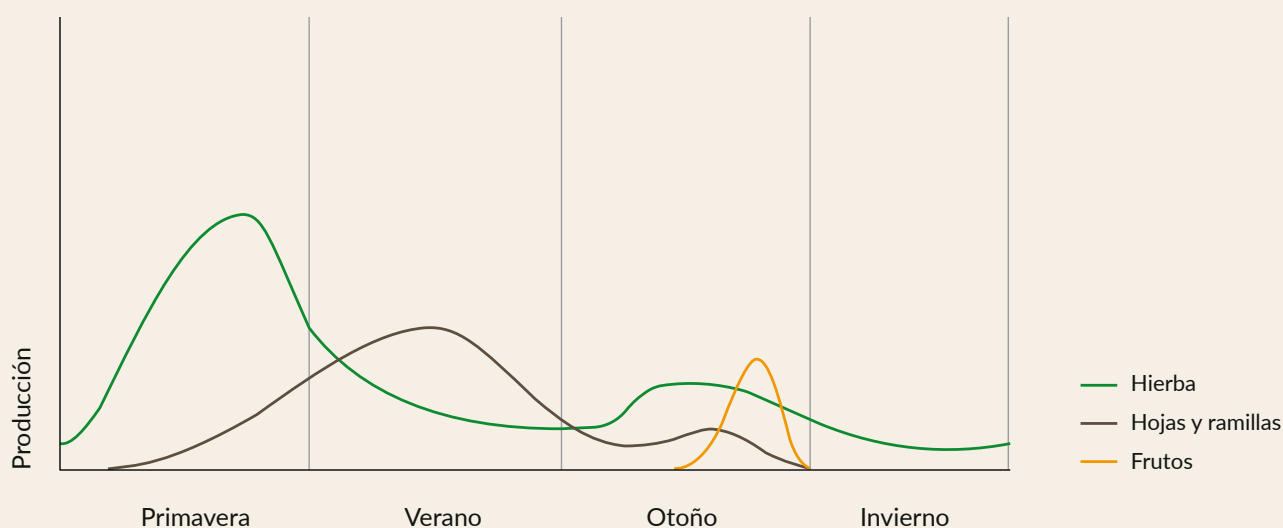


Figura 7. Oferta de hierba, hojas y frutos a lo largo del año en robledales mediterráneos y submediterráneos (modificado de Guérin y Sajdak, 2011).

En sistemas o en momentos en los que los recursos leñosos escasean, la plantación de especies leñosas en los márgenes de campos o pastos herbáceos puede contribuir a mitigar la escasez de forraje en años secos, pudiendo consumir directamente las hojas y ramillas a diente o después de la poda. Algunos ejemplos serían las plantaciones con *Atriplex halimus* en zonas secas del sur de España con pastoreo de ganado ovino (Ruiz-Mirazo, 2011); el ramón de las podas en la dehesa, como complemento de la alimentación de los rebaños, básicamente en invierno, pero también en verano (Carbonero *et al.*, 2016). En el sur de Francia, también hay experiencias de complementación del ganado a partir de plantaciones de *Morus alba* (González-García, 2019). En todo el Pirineo era habitual la poda del fresno de hoja ancha (*Fraxinus excelsior*) plantado en los márgenes de los prados, a finales de agosto o septiembre, cada 4-5 años, y que se daba como heno en invierno como complemento. Los fresnos fueron la especie escogida para esta práctica, ya residual, por su rápido crecimiento y buen valor nutritivo para los animales (Gómez y Fillat, 1982; Creus *et al.*, 1984). Aportar los restos

de poda de olivares también es una práctica frecuente para complementar rebaños en invierno en el levante peninsular, con un aporte importante de grasa (Alibés y Berge, 1983). Fuera del Mediterráneo, cabe mencionar los bancos de proteína formados por especies de *Leucaena* en África central o las cercas vivas frecuentes en Centroamérica.

La teoría de la facilitación sugiere que, aunque los árboles pueden competir por los recursos con la hierba, su presencia puede facilitar la disponibilidad de forraje en forma de hierba durante la época seca. El ramoneo y el consumo de frutos, junto con las plantaciones de especies leñosas forrajeras, contribuyen a la sostenibilidad forrajera en períodos desfavorables.

2.4. Medidas para la adaptación de la ganadería extensiva al cambio climático

La sostenibilidad ecológica y económica de la ganadería extensiva en un futuro estará condicionada por la evolución del clima. Como se ha descrito en este capítulo, las peculiaridades de los sistemas silvopastorales permiten mitigar esta vulnerabilidad, en comparación con sistemas pastorales exclusivamente herbáceos.

A continuación, se enumera una serie de medidas que contribuyen a la adaptación de los sistemas ganaderos extensivos al cambio climático:

- Aumentar la oferta forrajera
 - Favorecer el mosaico de recursos herbáceos y leñosos a escala de paisaje y de rodal.
 - Introducir árboles dispersos en pastos herbáceos.
 - Introducir cultivos herbáceos adaptados a las condiciones de sombra en plantaciones agroforestales.
 - Recuperar para uso pastoral antiguos bancales o fajas colonizadas por bosque.
- Aumentar la suficiencia forrajera
 - Crear bancos forrajeros leñosos, plantando especies forrajeras en pequeños rodales o en los márgenes de campos, pastos o bosque.
 - Favorecer a especies leñosas con fruto palatable.
 - Aumentar la riqueza en leguminosas, herbáceas o leñosas.
 - Aumentar la diversidad funcional de pastos.
 - Sembrar cultivos forrajeros plurianuales.
- Gestión del ganado
 - Pastoreo dirigido.
 - Pastoreo rotacional en cercados dentro de la explotación.
 - Planificar una posible trashumancia o trastermitancia en años especialmente desfavorables.
- Gestión del sistema
 - Evitar la degradación del suelo mediante la gestión de los complementos alimenticios, de la sal y del agua (abrevaderos móviles).
 - Crear barreras con vegetación arbustiva o cercas para evitar la degradación del suelo o del agua.
 - Proteger el regenerado (zonas con vegetación leñosa de pequeño tamaño, en fase de establecimiento) físicamente o bien acotar la entrada de animales en épocas de escasez de pasto.
 - Ajustar la gestión en función de la meteorología del año.



3

Bases para el silvopastoralismo

La sostenibilidad de los sistemas de pastoreo extensivo en general, y de los silvopastorales en particular, requiere de un manejo dinámico en el tiempo y modulable según la situación. A continuación, se introducen conceptos básicos para comprender su funcionamiento y facilitar la adaptación del manejo silvopastoral.



3.1. Palatabilidad y comportamiento alimentario de los rumiantes en pastoreo

La palatabilidad o apetecibilidad se refiere a las características de la planta que provocan una respuesta sensorial del animal (Baumont *et al.* 2000) y que determinan su aceptación o rechazo durante la ingesta.

La palatabilidad está intrínsecamente asociada a la planta e integra un conjunto de percepciones físicas (espinas, pilosidad y porte de la planta) y químicas (sabor y olor) que inciden en los sentidos del animal. Estas percepciones resultan de diversos factores ligados a la planta, como sus características nutritivas, su estado fenológico y la existencia de defensas químicas o físicas. Por ejemplo, los contenidos altos en sílice, alcaloides, taninos y aceites esenciales o la presencia de espinas reducen la palatabilidad de una planta. La presencia de deyecciones en el terreno, el pisoteo o consumo de hierba por otros animales también puede provocar rechazo. La dinámica de estos

factores a lo largo del año conlleva una variabilidad en la palatabilidad. Así, algunas especies leñosas como la coscoja (*Quercus coccifera*) aumentan su palatabilidad durante la fase de crecimiento anual de los brotes.

La palatabilidad está modulada por la interacción entre las características del alimento y las del tipo de animal que lo ingiere. Por ejemplo, el aparato bucal de animales pastadores resiste mejor que el de los ramoneadores la erosión producida por la sílice de las gramíneas. El estado metabólico del animal y su habituación a ingerir una determinada planta son factores que determinan la capacidad de ingestión por parte de los herbívoros. Así, los rebaños que reciben una buena dosis de complemento en pesebre pueden estar dispuestos a ingerir plantas u órganos de plantas que, sin complementación previa, rechazarían.

3.2. Intensidad óptima de carga ganadera de un rodal

3.2.1. Capacidad de carga ganadera

La carga ganadera es la densidad de animales que pastorean una superficie en un tiempo concreto. La carga se relaciona con la oferta forrajera y la presión herbívora que un determinado rodal admite, es decir, su capacidad de carga.

La capacidad de carga óptima (o carga potencial) se define como la densidad de animales que la capacidad productiva de un territorio puede sostener, garantizando la

persistencia del sistema (García-González y Marinas, 2008). Como detallan estos autores, su determinación es difícil, pero su consideración es imprescindible para una ordenación sostenible del territorio.

La carga o densidad de animales se suele expresar en unidades de ganado mayor (UGM) que pastan durante un determinado período de tiempo por unidad de superficie: $\text{UGM} \cdot \text{año} \cdot \text{ha}^{-1}$ (véase el cuadro adjunto). La expresión en UGM permite comparar animales con distinto tamaño. El cálculo de la carga constituye una

referencia para estimar un aprovechamiento óptimo de los recursos forrajeros de un rodal y valorar el riesgo de sobrepastoreo. La selección de las especies forrajeras por los herbívoros disminuye con la densidad de animales, de manera que, a densidades altas, se obtiene un aprovechamiento más homogéneo de los recursos disponibles, aunque un exceso de carga puede comprometer la renovación del recurso.

Evidentemente, la estimación teórica de la carga se debe acompañar de una evaluación sobre el terreno que permita ajustar el grado de aprovechamiento y anticipar problemas

no deseados. La capacidad de carga se debe modificar en función de la meteorología del año y las características del rodal para evitar el sobrepastoreo, la degradación del suelo por compactación, la erosión o la eutrofización de las aguas superficiales o freáticas. En especial, hay que prever que, en rodales de gran superficie, los animales tienden a concentrarse en determinados puntos, con un elevado riesgo de degradación. Esto se puede prevenir subdividiendo temporalmente el rodal o creando barreras permanentes con vegetación leñosa, y gestionando los puntos de agua y complementación.

Cálculo de la carga ganadera

Con el fin de estimar la carga existente o aceptable en un rodal, se calcula un indicador que relaciona el tipo de animal con la superficie disponible y el tiempo de permanencia en ella. A pesar de las evidentes diferencias fisiológicas y en las preferencias alimenticias, este indicador permite la comparación entre herbívoros con diferente peso vivo.

Indicador: unidad de ganado mayor (UGM) por superficie de rodal pastoreado durante un tiempo determinado: UGM·año/ha o UGM·mes/ha. Si no se menciona la referencia temporal (UGM/ha), se entiende que es anual.

Equivalencia UGM-Tipo de animal-Estado fisiológico

Equivalencia en UGM según los tipos de animal, el peso vivo y el estado fisiológico, en un manejo extensivo. Fuente: Mandaluniz *et al.*, 2006.

Tipo de animal ^a	Peso vivo (kg)	UGM según el estado fisiológico ^b			
		Mantenimiento	Gestación ^c	Lactación	Macho
Vaca	500	1,000	1,060	1,150	1,25
Oveja	50	0,122	0,122	0,187	
Cabra	50	0,122	0,122	0,213	

- Los valores se asocian a razas de un tamaño medio (500 kg de peso vivo (PV) para las vacas, y 50 kg de PV para ovejas o cabras). Las razas más corpulentas tendrían un 20% más.
- Un rebaño de vacas estándar está compuesto por un 80% de vacas reproductoras con un índice de fertilidad de 0,75; un 15% de cría y un 5% machos, lo que equivale a 1,03 UGM para "vaca-tipo".
- Como gestación se considera el último tercio de este período, puesto que las necesidades de los dos primeros tercios son similares al período de mantenimiento. Para el ovino solo se consideran las ovejas en mantenimiento, ya que el período de gestación y la cría se efectúan parcialmente en establo y el pastoreo se reduce mucho, llevándose a cabo principalmente en cultivos de buena calidad forrajera o prados de siega.

Para otros tipos de herbívoros como el ciervo o el gamo, el indicador se aproxima en proporción al peso vivo, considerando que 60 kg de animal equivalen aproximadamente a 0,10 UGM.

Interpretación

La carga ganadera constituye una aproximación de la presión ganadera que existe en un rodal. La carga aceptable depende de la oferta forrajera del rodal y de su estado fenológico. En este manual se indican algunos valores aceptables en condiciones óptimas fenológicas y de meteorología.

Cálculo

El número de cabezas de ganado en pastoreo durante el año, expresado en UGM, se divide entre la superficie del rodal (hectáreas) y se pondera por el tiempo que permanecen en el rodal.

Ejemplo 1:

La carga ganadera orientativa de un rodal de 50 ha pastoreado por un rebaño de 20 vacas durante tres meses sería:

$$20 \text{ vacas} \approx 20 \times 1,03 \text{ UGM/vaca-tipo} = 20,6 \text{ UGM}$$

$$\frac{20,6 \text{ UGM}}{50 \text{ ha}} \times \frac{3 \text{ meses}}{12 \text{ meses/año}} = 0,10 \text{ UGM} \cdot \text{año} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Ejemplo 2:

La carga ganadera orientativa en UGM · año/ha de un rodal de 10 ha pastoreado por 200 ovejas en estado fisiológico de mantenimiento durante un mes sería:

$$200 \text{ ovejas} \approx 200 \times 0,122 \text{ UGM/oveja} = 24,4 \text{ UGM}$$

$$\frac{24,4 \text{ UGM}}{10 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ mes}}{12 \text{ meses/año}} = 0,20 \text{ UGM} \cdot \text{año} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Ejemplo 3:

El número de ovejas aproximado para pastorear durante un mes un rodal de 10 ha que admite una carga de 0,15 UGM · año · ha⁻¹ sería:

Nota: en dos meses sería la mitad de los animales para no superar la carga admisible anual.

$$\frac{0,15 \text{ UGM} \cdot \text{año}}{1 \text{ ha}} \times \frac{10 \text{ ha}}{1 \text{ rodal}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times \frac{1 \text{ oveja}}{0,122 \text{ UGM}} \sim 140 - 160 \text{ ovejas en 1 mes}$$

Ejemplo 4:

El tiempo de pastoreo con un rebaño de 20 vacas en un rodal de 5 ha que admite una carga de 0,15 UGM · año/ha sería:

La carga admisible en un mes sería:

$$\frac{0,15 \text{ UGM} \cdot \text{año}}{\text{ha}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} = 9 \text{ UGM} \cdot \text{mes} \cdot \text{ha}^{-1}$$

La carga por unidad de superficie del rodal sería:

$$\frac{20,6 \text{ UGM}}{\text{ha}} = 4,12 \text{ UGM} / \text{ha}$$

Los meses para un rebaño de 20 vacas serían:

$$\frac{9 \text{ UGM} \cdot \text{mes}}{\text{ha}} \times \frac{1 \text{ ha}}{4,12 \text{ UGM}} \sim 2,1 \text{ meses}$$

Se consideran 20,6 UGM para un rebaño de 20 cabezas con parte de vacas adultas, reposición, y semental.

3.2.2. Carga ganadera instantánea

La carga instantánea corresponde al número de animales que aprovecha un recurso forrajero en un momento concreto. El pastoreo con carga instantánea en rodales de pequeñas dimensiones (figura 8) maximiza la calidad de la hierba, favorece su rebrote, y facilita la ingesta de una mayor diversidad de plantas, a la vez que reduce la presión sobre especies más palatables y se minimiza el rechazo (Teague, 2013).

La carga instantánea alta se logra manteniendo agrupado el rebaño sobre la base territorial que se va a pastar, bien sea con el pastor o con cercados físicos o virtuales. Estos últimos definen los límites que se van a pastar mediante una aplicación SIG y los animales se mantienen en su interior mediante collares alimentados por energía solar para su geolocalización y estímulos sensoriales cuando se aproximan al límite definido.

Una carga instantánea alta favorece la cubrición de hembras reproductoras, así como la vigilancia del ganado, especialmente después de su parto. Para el ovino o el

caprino, permite también un control del ganado en caso de que sea necesario separar madres o lotes de ganado al final del período de gestación.

Calendario pastoral

El calendario pastoral permite estimar la carga ganadera real de un determinado rodal, en función del número de animales, su estado fisiológico y el tiempo de estancia en el rodal. El calendario aporta información sobre la oferta forrajera de un rodal, el momento del año con mayor oferta, y su evolución con el paso de los años.

El calendario pastoral de un rodal se obtiene anotando las fechas de entrada y salida de los animales en cada período de paso al cabo del año, tomando en consideración su estado fisiológico, con fracciones de medio día.

Figura 8. Carga ganadera instantánea elevada con un rebaño de ovejas.



3.2.3. Intensidad óptima de pastoreo de un rodal

La intensidad óptima de pastoreo busca un consumo elevado del recurso sin condicionar su renovación. El concepto de intensidad óptima conlleva una planificación para lograr unos objetivos de gestión preestablecidos. Por ejemplo, la carga óptima es distinta en un rodal cuyo objetivo sea el mantenimiento de la oferta forrajera a largo plazo de otro cuyo objetivo sea el de prevención de incendios, donde se requiere una reducción importante del combustible de superficie y que requerirá una intensidad de pastoreo más elevada.

La intensidad y su estimación varía dependiendo del tipo de recurso, básicamente herbáceo o leñoso.

Rodales con predominio herbáceo

El pastoreo tiene como objetivo lograr un consumo homogéneo del estrato herbáceo, evitando la presencia de manchas sin aprovechar de especies rechazadas.

La intensidad se puede valorar sobre el terreno en seis categorías, siguiendo los criterios propuestos por Étienne y Rigolot (2001) (tabla 1).

Tabla 1. Criterios para la evaluación de la intensidad de pastoreo en rodales con predominio herbáceo. (Adaptado de Étienne y Rigolot, 2001).

Valor	Observación	Consumo herbáceo (%)	Gestión
0	Sin trazas de paso (heces, lana, etc.)	0	Sin pastoreo
1	Hierba consumida o aplastada de forma aislada; algunas heces	< 10	Paso rápido
2	Consumo herbáceo débil, principalmente de especies palatables	10-40	Pastoreo débil
3	Consumo herbáceo irregular: especies dominantes consumidas, pero con bastantes manchas de rechazo Consumo escaso de especies poco palatables	40-70	Pastoreo moderado
4	Consumo herbáceo elevado, con escasas manchas de rechazo. Especies poco palatables consumidas irregularmente	70-90	Mantenimiento
5	Aspecto de pasto raso por consumo elevado y regular. Escasas manchas de rechazo y especies poco palatables consumidas irregularmente	90-100	Pastoreo intenso

Rodales con predominio arbustivo

La intensidad óptima de pastoreo es más difícil de establecer cuando domina el componente leñoso, debido a la elevada diversidad de especies con porte arbustivo y a su rango amplio de palatabilidad, que varía a lo largo del año. La intensidad óptima depende del objetivo del pastoreo en el rodal:

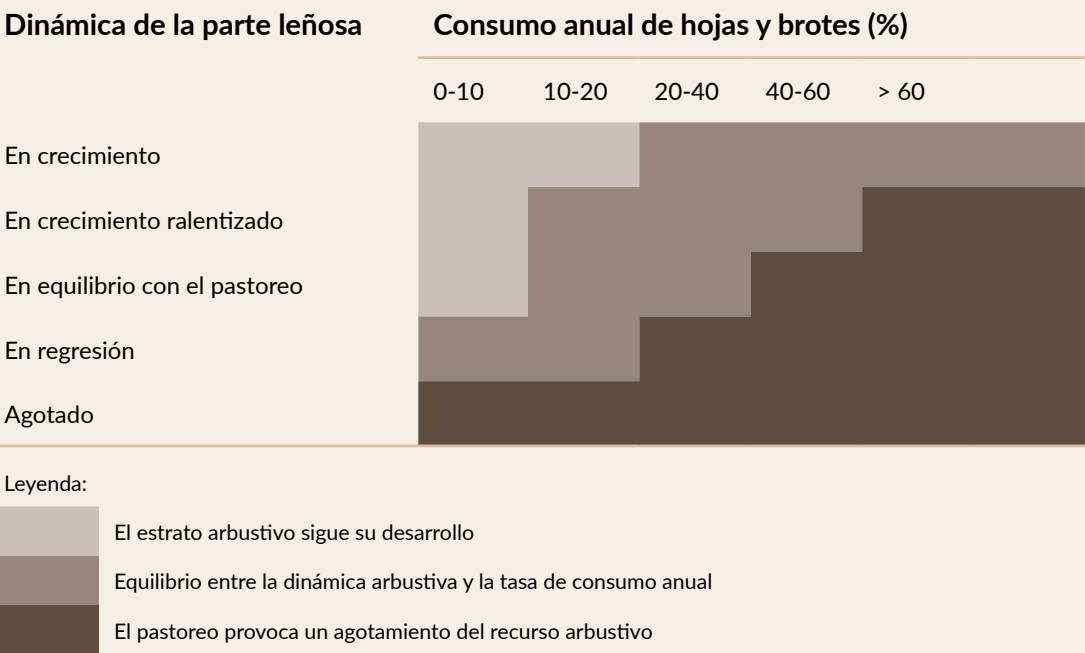
a. Si el objetivo es mantener la oferta forrajera leñosa, como, por ejemplo, en rodales de reserva para épocas desfavorables, se debe intentar encontrar un equilibrio entre el crecimiento arbustivo de las especies palatables y el consumo de las partes verdes (figura 9). Esto puede requerir un tratamiento

mecánico de las especies leñosas no palatables.

b. Cuando el objetivo es reducir la biomasa arbustiva, por ejemplo, para prevención de incendios, se debe intentar agotar el crecimiento del matorral (figura 9). Si las especies no son muy palatables, esto solo se puede conseguir forzando a los animales con cargas instantáneas altas y con complementación. Una vez agotado el recurso leñoso es posible que se deba cambiar el tipo de animal.

En ambos casos la intensidad de pastoreo y la gestión silvopastoral dependerán en gran medida de la composición y la estructura del estrato arbustivo.

Figura 9. Interacción entre la dinámica de la parte leñosa y la tasa de consumo anual de brotes y hojas.



La intensidad de ramoneo del recurso leñoso se puede estimar sobre el terreno valorando visualmente el grado de consumo según una escala ordinal, entre 0 y 5 (tabla 2). Para ello, se selecciona un mínimo de 10 individuos de las especies leñosas

dominantes, distribuidos aleatoriamente por el rodal, y se valora el grado de consumo de hojas y brotes accesibles para el animal (por ejemplo, altura inferior a 1,80 m para bóvidos), y la estructura de la planta.

Tabla 2. Criterios para estimar el grado de ramoneo de una planta leñosa en campo.

Categoría	Grado	Criterio
0	Nulo	Sin signos de ramoneo.
1	Escaso	Poco evidente, con alguna o pocas ramas ramoneadas.
2	Moderado	Evidencia clara de ramoneo, pero poco intenso, con los brotes del año o de años anteriores sobrepasando los segmentos ramoneados, lo que indica que la planta sigue desarrollándose.
3	Intenso	Pocos brotes sobrepasando los segmentos consumidos. Aspecto general de la planta relativamente vigoroso. Brotes y ramas creciendo en posiciones anómalas debido a la “poda” que llevan a cabo los animales sobre las guías de crecimiento, lo que confiere a la planta un aspecto recortado.
4	Muy intenso	Sin brotes nuevos por encima de los segmentos consumidos. Los brotes del año se encuentran protegidos por estructuras leñosas de la planta o en zonas poco o nada accesibles para el animal, que permiten efectuar la fotosíntesis y posibilitarían su recuperación si la presión disminuyera. A diferencia del nivel anterior, en este nivel el arbusto se observa claramente afectado y con un vigor muy limitado. La planta a menudo crece por debajo de los niveles de años anteriores (en regresión).
5	Muy severo	Planta muy ramoneada; brotes muy cortos y escasos; brotes y hojas únicamente localizados en zonas inaccesibles para los animales. Aspecto decrepito de la planta.

3.3. Potencial forrajero de un rodal

La oferta forrajera de un rodal se define como la disponibilidad de suministrar alimento e integra aspectos cualitativos, como el estado del recurso, y aspectos cuantitativos, como la biomasa disponible y la calidad, y la superficie ofertada. El potencial forrajero estima la capacidad de suministrar alimento de un rodal después de una gestión silvícola y agronómica optimizada para maximizar la producción y calidad de sus recursos, evitando su degradación.

La oferta determina la carga ganadera óptima que admite un determinado espacio. En el cálculo de la carga a partir de la oferta forrajera (es decir, la oferta dividida por las necesidades de consumo para cubrir los requerimientos nutricionales del animal), es necesario descontar la parte de la producción no accesible para el aparato bucal del animal, la rechazada y la desperdiciada por pisoteo o defecación.

Mientras que la oferta forrajera de un pasto herbáceo denso y homogéneo es relativamente fácil de estimar a partir de la producción y el valor nutritivo de la hierba, la de un bosque es compleja de determinar. Además, en sistemas silvopastorales se debe considerar la palatabilidad del recurso.

El potencial forrajero depende básicamente de la tipología de formación vegetal, de la meteorología y de la gestión silvícola y agronómica. El clima, el suelo y la fisiografía (pendiente, orientación, y ubicación en páramo, ladera o fondo de valle), junto con la historia de gestión, determinan la composición y la estructura vegetal de la tipología vegetal.

En la planificación silvopastoral de una explotación, la composición y la estructura vegetal de los rodales son las primeras variables por considerar: las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas dominantes indican la oferta forrajera del rodal, y su capacidad de mejora con la gestión silvícola y ganadera. La gestión forestal también favorece el acceso y el tránsito de los animales por el rodal.

3.3.1. Valor nutritivo y digestibilidad

Con la ingesta de alimentos los animales intentan cubrir sus necesidades energéticas, en minerales y en fibra. La ingesta está relacionada con el valor nutritivo o bromatológico de los alimentos y su palatabilidad.

Valor nutritivo

Los indicadores más utilizados para determinar el valor nutricional de un forraje son:

1. La energía neta.
2. El valor proteico: proteína bruta (PB) y proteína digestible (PD)
3. Las fibras: separadas a partir del proceso de laboratorio en f. neutrodetergentes (FND: hemicelulosa + celulosa + lignina); f. acidodetergentes (FAD: celulosa + lignina); lignina acidodetergente (LAD: lignina).
4. El aporte mineral, siendo los principales el fósforo, el potasio, el calcio y el magnesio.

La energía neta de un alimento se relaciona con la cantidad de energía necesaria para cubrir los gastos de mantenimiento y producción de un animal. Aunque puede expresarse en unidades de energía (p. ej., kJ o calorías), se suele expresar en unidades forrajeras (UF) que relacionan el aporte energético de un alimento con el grano de cebada, tomada como referencia.

La lignina es indigestible y obstaculiza la degradación de las paredes de las células vegetales en el aparato digestivo de los herbívoros. Su contenido aumenta con el embastecimiento de las herbáceas y con la proporción de material leñoso. La celulosa y las hemicelulosas también forman parte de la pared celular de los vegetales: la primera es parcialmente digestible, mientras que las segundas lo son completamente.

Ingestibilidad

La ingestibilidad de un forraje corresponde a la cantidad de materia seca ingerida cuando se distribuye a voluntad como único alimento y está negativamente relacionada con el contenido en paredes celulares del forraje. La ingestibilidad de materia seca (IMS) para hierbas o forrajes se puede estimar como $120/\text{FND}$, expresado en porcentaje sobre el peso vivo del animal. Por ejemplo, una IMS del 2,0% para una vaca de 500 kg en peso vivo significa una ingestión diaria de 10 kg de MS de forraje con una FND de 60%.

Digestibilidad

La digestibilidad de un constituyente de un alimento (p. ej., celulosa o proteína) corresponde a la proporción de ese constituyente que es absorbido durante el tránsito por el tubo digestivo del animal. La digestibilidad (DMS, %) de un recurso herbáceo se determina mediante la ecuación: $88,9 - (0,779 \times \text{FAD})$, y se expresa como porcentaje de la materia seca del forraje absorbido respecto al ingerido. Para recursos vegetales leñosos, la digestibilidad debería ser menor que la obtenida mediante esta ecuación, dado que la proporción de lignina sería superior.

Valor relativo forrajero (VRF)

Para recursos herbáceos, el VRF es un índice que determina su potencial energético y permite compararlo con otros como el heno de gramíneas o leguminosas. Se calcula

sobre la base de la ingestión prevista (IMS) y la digestibilidad (DMS): $VRF = DMS \times IMS / 1,29$. De esta forma, se establecen seis categorías:

Valor	Categoría	Observaciones
< 75	Quinta	Similar o menor que la paja
75-86	Cuarta	
87-102	Tercera	
103-124	Segunda	
125-151	Primera	
> 151	Excelente	Forraje de primera calidad

El valor nutritivo de los distintos recursos forrajeros presenta una variabilidad elevada (figura 10). Así, los pastos herbáceos forestales tienen una gran calidad, equiparable a la de cultivos de leguminosas y gramíneas cuando se aprovechan en su momento óptimo, pero pueden tener una calidad similar a la paja cuando se han embastecido o secado. Los recursos leñosos presentan menor variabilidad que los herbáceos y una calidad inferior a los cultivos de gramíneas y leguminosas, pero mejor que la de la paja. Además, el contenido en minerales de árboles y arbustos es elevado.

En general, el valor nutritivo es más elevado a finales de primavera o principio de verano. Por ejemplo, la especie *Brachypodium phoenicoides*, gramínea abundante en pinares submediterráneos sobre sustrato margoso, presenta un contenido de proteína a principios de primavera más elevado que a finales de verano, cuando muestra unos valores de fibra y lignina superiores a los de la paja. No obstante, la especie *Aphyllanthes monspeliensis*, característica de hábitats similares, presenta un valor nutritivo más o menos constante durante todo el período vegetativo.

CALIDAD NUTRITIVA DE DIVERSOS RECURSOS PASTORALES

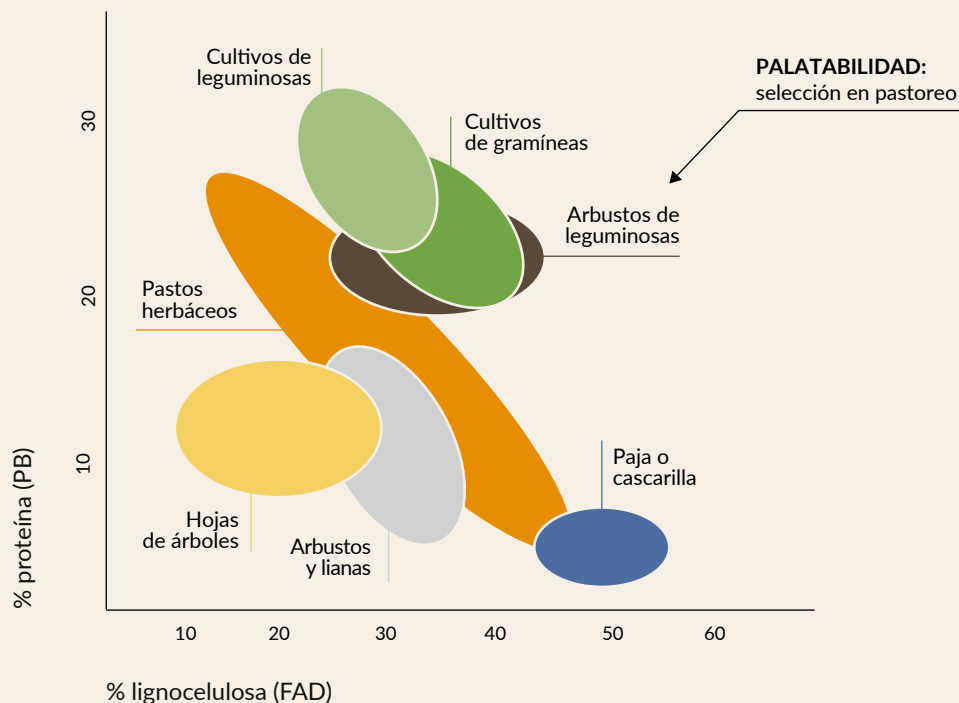


Figura 10. Calidad de diversos recursos disponibles en pastoreo según su valor en proteína y contenido lignocelulósico (modificado de Meuret et al., 1995). Ambas variables se expresan en porcentaje sobre materia seca de forraje.

3.3.2. Producción y calidad forrajera de la hierba

La producción y la calidad de la hierba están condicionadas por el clima y el tipo de suelo, y varían en función de la estación del año y del microambiente, que puede modularse por la presencia de árboles más o menos dispersos (apartado 2.2). La frecuencia de pastoreo también incide en la calidad de la hierba: un pastoreo recurrente, consumiendo una gran parte de la oferta, rejuvenece la hierba

y mejora su calidad. Se ha observado que zonas de *B. phoenicoides* aprovechadas por rebaño bovino de forma ocasional presentan valores de proteína bruta superiores al 10%, con valores mucho mejores de fibras y de valor relativo forrajero (VRF) que la paja. Una práctica habitual para incentivar el consumo de hierba de poca calidad al rebaño ovino es dar una dosis de grano de cebada en establo antes de salir a pastar. Con un máximo de 500 g se cubren las necesidades energéticas de una oveja de 50 kg.

Seguimiento de fincas silvopastorales adehesadas

En fincas adehesadas de la Red de Parcelas Demostrativas del Centro de la Propiedad Forestal de Cataluña (Generalitat de Catalunya), el período de rotación de un rodal en años meteorológicamente normales oscila entre 30 y 120 días para zonas con pastos relativamente húmedos (mésicos) y entre 45 y 180 días, para pastos subhúmedos (xeromésicos). Los pastos mésicos son muy productivos en épocas favorables, sobre todo en primavera, pero también tienen períodos en los que su crecimiento es lento o nulo, que implican tiempos de rotación mayores, mientras que los xeromésicos se pueden aprovechar dos o tres veces al año.

La producción herbácea anual varía —como cabe esperar— en función de la tipología de rodal (tabla 3): los mésicos tienen una producción claramente superior al resto. En los rodales de tipo xérico, la producción interanual es muy variable, con la mayor parte del crecimiento en primavera y pudiendo llegar a ser prácticamente nula en

años muy secos. Para una misma tipología (figura 11), no se aprecian diferencias entre zonas llanas (o abancaladas) y laderas, aunque las diferencias bajo y entre copas aumentan en las zonas de ladera. Así, en zonas llanas, la producción anual entre copas es un 30-60% superior a la de debajo de las copas, mientras que estas diferencias aumentan a un 60-90% en zonas de ladera.

La producción herbácea es superior entre copas que bajo la copa en todas las tipologías de pastos (tabla 3) y en todos los períodos del año, a excepción de los veranos con sequía, en los que no existen diferencias. La producción en orientaciones de solana es algo superior en las umbrías, mientras que la calidad es similar. En las situaciones de solana se produce un máximo de producción en primavera, mientras que la producción es más uniforme en las situaciones de umbría. En estas últimas, la diferencia debido a la copa es mayor. Los rodales en orientación solana y en ladera son más sensibles a la sequía, siendo también los que presentan oscilaciones interanuales de la producción más marcadas.



Figura 11. Rodales adehesados de roble pubescente en relieve abancalado (izquierda) y en ladera (derecha).

Tabla 3. Producción herbácea anual total, bajo y entre copas (media $\pm$ error estándar, $n = 5$ años por tipo de rodal^a, 2009-2013) para cada tipología de rodal adehesado y en zonas de relieve llano o abancalado y ladera.

Tipología de rodal			Producción ^b (kg MS * año / ha)		
Pasto	Relieve	Potencial forrajero	Herbácea total	Bajo copa	Entre copas
Mésico	Llano	A 1; A2	4.151 $\pm$ 227 a	2.911 $\pm$ 297 a	4.919 $\pm$ 329 a
	Ladera	B1; B2	4.304 $\pm$ 313 a	2.696 $\pm$ 341 a	5.388 $\pm$ 726 a
Xeromésico	Llano	C1; C2	2.543 $\pm$ 464 b	2.315 $\pm$ 126 a	3.038 $\pm$ 101 b
	Ladera	D1; D2	2.456 $\pm$ 190 b	2.092 $\pm$ 120 b	3.562 $\pm$ 218 b
Xérico	Llano	E1	< 2.500		

a. La precipitación del período estudiado se situó dentro del rango esperado para cada zona según los datos del Servicio Meteorológico de Cataluña.

b. Para cada variable de producción, letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tipologías.

La calidad bromatológica de la hierba disminuye desde los rodales mésicos en relieve abancalado o llano a los xeromésicos en ladera (tabla 4). Los rodales de mayor potencial presentan valores de proteína (PB y PD) mejores que los forrajes ensilados, y similares a los de cultivos forrajeros o prados de siega aprovechados a diente de zonas de montaña (Villalba *et al.*, 2016). La disminución de la calidad debida al contenido en fibras es menos evidente, excepto para la celulosa, que aumenta desde los mésicos a los xeromésicos en ladera. La

calidad bromatológica está influida por el relieve: los rodales mésicos y xeromésicos de zonas llanas presentan un mayor contenido de proteína y menor de fibras que los de ladera. En las primeras dominan gramíneas de hoja plana y leguminosas.

Una primera aproximación al contenido en microelementos sugiere que la hierba entre copas es ligeramente más rica en calcio, mientras que, bajo las copas, lo es en potasio (tabla 5).

Tabla 4. Porcentaje de proteína y fibras sobre el total de materia seca^a para las diferentes tipologías de rodales.

Tipología de rodal			Valor nutritivo (% SMS) ^b				
Pasto	Relieve	Potencial forrajero	PB	PD	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina
México	Llano	A 1; A2	18,81 ± 0,45 a	12,66 ± 0,34 a	21,1 ± 0,71 a	23,4 ± 1,02 a	5,02 ± 0,47 a
	Ladera	B1; B2	15,58 ± 0,64 b	10,08 ± 0,52 b	20,2 ± 0,17 ab	29,2 ± 0,93 b	5,70 ± 0,56 a
Xeromésico	Llano	C1; C2	11,59 ± 0,85 c	7,21 ± 0,64 c	21,4 ± 1,67 ab	31,9 ± 2,81 bc	5,79 ± 0,41 a
	Ladera	D1; D2	10,92 ± 0,58 c	6,68 ± 0,48 c	24,3 ± 1,31 b	32,9 ± 2,98 c	6,34 ± 0,54 a

a. Valores obtenidos a partir de los análisis bromatológicos, efectuados por vía húmeda, de todas las muestras herbáceas de los años 2009 y 2010.

b. Para cada variable de producción, letras distintas indican diferencias significativas entre tipologías.

Tabla 5. Concentración de minerales (mg/kg) en la hierba situada bajo o entre copas para rodales méxicos.

Minerales	Concentración (mg / kg MS)		
	Bajo copa		Entre copas
Calcio	7.785 ± 724	<	9.402 ± 636
Potasio	25.553 ± 628	>	23.589 ± 929
Magnesio	1.839 ± 66	≤	2.009 ± 95
Fósforo	2.919 ± 202	~	2.844 ± 175

El valor energético muestra un gradiente claramente decreciente desde tipologías de pasto mésico en zonas llanas a las xeromésicas en ladera (tabla 6), siendo, para

cada tipo de pasto, superior en zonas llanas que en ladera. Para los pastos mésicos, las zonas entre arbolado tienen mayor valor energético que las zonas bajo arbolado.

Tabla 6. Valor energético global (UF/ha) para zonas entre arbolado y zonas bajo arbolado, según las tipologías de rodal.

Tipología de rodal			Valor energético (UF/ha) ^a		
Pasto	Relieve	Potencial forrajero	Global	Entre copas	Bajo copas
Mésico	Llano	A 1; A2	0,65-0,70	0,68-0,75	0,60-0,68
	Ladera	B1; B2	0,55-0,60	0,55-0,62	0,50-0,55
Xeromésico	Llano	C1; C2	0,54-0,60	0,54-0,60	0,54-0,60
	Ladera	D1; D2	0,50-0,56	0,50-0,56	0,50-0,56

a. Valores obtenidos a partir de los análisis bromatológicos, efectuados por vía húmeda, de todas las muestras herbáceas de los años 2009 y 2010, para cada una de las tipologías de potencial pastoral. Las UF han sido determinadas a través de algoritmos por Antoni Seguí (Universitat de Lleida)

El valor relativo forrajero (VRF) de los pastos mésicos es de 125 (primera calidad-A1, A2) en relieve llano y 104 (segunda calidad-B1, B2) en pendiente. Para los xeromésicos, los valores son de 93 en relieve llano y

86 en pendiente, lo que corresponde a una calidad de tercera y cuarta categoría, respectivamente. El valor nutritivo entre copas es superior al de bajo copas para rodales mésicos.

Producción y calidad de la bellota en rodales adehesados

La producción de bellota durante tres años en rodales adehesados de roble pubescente o roble pubescente con encina con un recubrimiento arbóreo entre 40% y 60% osciló entre 400 y 1.540 kg por hectárea y año. Esto supone entre 4,5-19,5 kg por árbol que presente una copa bien desarrollada. La producción tiene un carácter cíclico

entre años (vecería), con fuertes diferencias interanuales. Las producciones más altas se producen en rodales con orientación de solana. Los años que han tenido alguna fase de sequía durante el período vegetativo también han tenido mayor producción. El contenido de proteína y fibras de la bellota es bajo, inferior al de los pastos (tabla 7). El consumo por el ganado se estimó en un 60%, quedando bellotas aplastadas o enterradas en el rodal.

Tableau 5. *Pourcentage de protéines et de fibres par rapport à la matière sèche totale d'un échantillon de glands de chêne pubescent provenant de peuplements situés dans un climat humide, récoltés la deuxième semaine de novembre.*

Type de peuplement			Valeur nutritive (% SMS) ^b				
Pâturage	Relief	Potentiel fourrager	PB	PD	Hémicellulose	Cellulose	Lignine
Mésique	Plat	A 1; A2	6,6	5,3	6,7	6,0	4,2

La charge animale liée à la consommation de glands a été obtenue à partir du critère expert de l'éleveur : dans les peuplements à forte production de glands, l'éleveur a estimé combien de jours (avec une fraction de demi-journée) le bétail pouvait passer dans la parcelle en ne consommant que de l'herbe au moment de la production des glands, lorsque la production herbacée est

faible. La différence par rapport à ce qu'il a réellement passé permet d'estimer la contribution du gland. En conséquence, la charge de bétail varie entre zéro, les années sans production, et 0,10 UGM ^{ha-1 an-1} pour les peuplements à forte couverture de chênes, les années de forte production de glands.

3.3.3. Producción y calidad forrajera de la bellota en rodales adehesados

La bellota constituye un complemento forrajero cuando los recursos herbáceos escasean en los sistemas arbolados en los que la encina o el roble predominan.

La producción de bellota es muy variable entre zonas, entre años e incluso entre individuos, y depende de numerosos factores, como las características del árbol, la meteorología y la silvicultura (Carbonero, 2011). La producción de bellota de distintas especies de *Quercus* oscila entre valores máximos de 4 a 371 kg por árbol y año o entre 120 y 1.428 kg por hectárea y año, según la revisión bibliográfica que ha efectuado esta autora para dehesas del suroeste español. Los valores encontrados en sistemas adehesados del Prepirineo, en años de buena producción, se sitúan en la parte alta del rango de producción.

La densidad de árboles es uno de los factores más determinantes de la producción de bellota: estudios citados por Carbonero *op. cit.* indican producciones óptimas de bellota cuando se mantienen fracciones de cabida cubierta del 60% para cualquier edad o tamaño de árbol.

La bellota es una semilla muy energética (0,55-0,58 UF/kg; FEDNA, 2025) y palatable, lo que la hace muy apreciada para el engorde y el mantenimiento del ganado. Se la considera un alimento no proteico, con una parte de la proteína ligada a la pared celular (25% según Carbonero, 2011) lo que reduce su digestibilidad en especies no rumiantes. La cáscara presenta grandes cantidades de fibra y taninos, lo que reduce su digestibilidad.

3.3.4. Calidad forrajera leñosa

Las hojas y los brotes de árboles y arbustos (ramón) diversifican la alimentación y contribuyen a aumentar la ingesta de los animales en combinación con otros recursos pastorales (Meuret, 2014). De forma genérica, en sistemas silvopastorales el ramón representa un complemento de la dieta en fibra superior al de la paja. En un pastoreo basado solamente en el ramoneo de arbustos y árboles, los animales prácticamente cubren sus necesidades en mantenimiento.

La producción de forraje leñoso (o ramón) disponible para los herbívoros en un rodal es muy difícil de estimar, variando considerablemente con la especie leñosa y su vitalidad.

El consumo leñoso por los herbívoros varía en función del tipo de especie y del momento fenológico, tanto del animal como de la planta, así como de la disponibilidad de otros recursos forrajeros. El pastoreo de cultivos o la complementación con forraje o grano aumenta el ramoneo de especies leñosas, puesto que los rumiantes complementan la ingesta de alimentos energéticos o proteicos con materiales fibrosos. Todos estos factores dificultan una estimación de la contribución de las formaciones leñosas a la sostenibilidad forrajera.

La preferencia relativa por las especies leñosas presentes en un rodal se puede estimar con el método que describe la sección 3.2.3. La cantidad consumida de brotes de una determinada especie leñosa se puede aproximar midiendo la distancia entre el ápice y el punto del brote con un diámetro estandarizado previamente (p. ej., 6 mm) de un número elevado de brotes de la especie en el rodal y comparar las medidas con una medición a la salida de los animales.

La tabla 8 muestra algunas especies del sotobosque mediterráneo con interés forrajero. En general, el ramón de estas

especies tiene una calidad superior a la de la paja, pero inferior a un forraje de referencia como el triticales (tabla 9).

Tabla 8. Preferencia^a de los ungulados domésticos por especies leñosas frecuentes en formaciones forestales mediterráneas.

Preferencia alta

<i>Arbutus unedo</i>	<i>Erica multiflora</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Acer monspessulanum</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Acer opalus</i>	<i>Genista hispanica</i>	<i>Quercus pubescens</i>
<i>Anthyllis cytisoides</i>	<i>Helichrysum stoechas</i>	<i>Quercus faginea</i>
<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Quercus ilex</i>
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Lonicera etrusca</i>	<i>Quercus ilex</i> subsp. <i>rotundifolia</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Lonicera implexa</i>	<i>Rosa</i> sp. pl.
<i>Cytisus sessilifolius</i>	<i>Lonicera xylosteum</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Dorycnium hirsutum</i>	<i>Olea europaea</i>	<i>Sorbus domestica</i>
<i>Dorycnium pentaphyllum</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>	<i>Sorbus torminalis</i>
<i>Erica arborea</i> ^b	<i>Prunus avium</i>	<i>Viburnum lantana</i>

Preferencia media

<i>Amelanchier ovalis</i>	<i>Prunus spinosa</i> ^c	<i>Rhamnus saxatilis</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Rubus ulmifolius</i> ^c

Preferencia baja o rechazadas

<i>Buxus sempervirens</i>	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Salvia rosmarinus</i>
<i>Cistus</i> sp. pl.	<i>Juniperus</i> sp. pl.	<i>Spartium junceum</i>
<i>Cytisus</i> sp. pl.	<i>Nerium oleander</i>	<i>Thymelaea tinctoria</i>
<i>Daphne</i> sp. pl.	<i>Pinus</i> sp. pl.	<i>Thymus</i> sp. pl.
<i>Genista scorpius</i>	<i>Retama sphaerocarpa</i>	<i>Ulex parviflorus</i>

a. La preferencia puede variar según el tipo y la raza de animal, su hábito de consumir determinadas especies y también la abundancia relativa de las diferentes especies en el rodal.

b. Después de desbroce.

c. Para rumiantes pequeños.

El ramón constituye también una buena fuente de minerales. En algunos casos, como el calcio y el magnesio, el aporte es superior al forraje de referencia, mientras que para el fósforo es inferior. Sin embargo, especies

como *Pistacia terebinthus*, *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Phillyrea latifolia*, *Quercus ilex*, *Q. faginea* y *Olea europaea* presentan buenos valores de fósforo.

Tabla 9. Calidad bromatológica (proteína y fibras) de diferentes especies de sotobosque de carrascal y encinar. Se toma el forraje de triticales y la paja como referencia para poderlos comparar con las especies de sotobosque. Valores en porcentaje sobre materia seca.

Especies	Valor nutritivo (% sobre MS) ^d				
	Proteína bruta	Proteína digestible	Hemicelulosa	Celulosa	Lignina
Sotobosque de carrasca^a					
<i>Quercus rotundifolia</i>	9,7	4,7	19,0	27,0	11,6
<i>Quercus coccifera</i>	8,9	4,5	17,2	22,6	14,2
<i>Genista scorpius</i> (fruto)	12,9	5,4	9,6	30,6	11,6
Sotobosque de encinar^b					
<i>Quercus ilex</i>	12,4	6,9	14,0	21,4	12,4
<i>Quercus humilis</i>	13,9	7,5	16,1	25,2	9,8
<i>Phillyrea latifolia</i>	8,8	4,4	14,3	22,3	15,9
Cultivo de triticales^c					
Paja de cebada y triticales	8,0	3,3	29,2	35,3	4,8
Forraje de triticales	11,8	8,9	20,7	12,3	1,9

a. Sotobosque de carrasca pastado 1 o 2 veces al año desde 10 años atrás, sin actuación de desbroce; las muestras se tomaron dos años seguidos en invierno, inicio de primavera y otoño.

b. Sotobosque de encinar: rebrote de dos años después de aclareo de pies y desbroce de sotobosque, pastado una vez al año en primavera. Las muestras se tomaron dos años justo en el momento de la máxima intensidad del rebrote anual, en primavera. Muestreo de matorral, para todas las especies: 5-6 cm de la parte final de las ramas.

c. Cultivo de triticales sembrado a inicio de otoño y muestreado en el mes de febrero. La paja se muestreó en la primera quincena de junio.

d. Valores de calidad nutritiva obtenidos por vía húmeda.

3.3.5. Potencial forrajero de los bosques densos

El potencial forrajero de un bosque denso depende de la tipología forestal y no es fácil de determinar, puesto que depende de distintos tipos de recursos (hierba, ramón y frutos), muy dinámicos en el tiempo y con una heterogeneidad espacial elevada. Una aproximación indirecta a la oferta de un rodal se puede derivar de su aprovechamiento por los animales en pastoreo, es decir, de la carga que admite.

En la cuenca mediterránea, el potencial forrajero incluyendo el pasto herbáceo, el arbustivo y los frutos se sitúa alrededor de

0,10 UGM·año ha⁻¹ para zonas de clima árido y semiárido (Robles *et al.*, 2001). En Cataluña, este valor se sitúa alrededor de 0,15 UGM·año ha⁻¹ para bosques submediterráneos de pino laricio, mientras que las tipologías con mejor potencial se encuentran en media montaña o alta montaña y corresponden a formaciones con un recubrimiento herbáceo alto y potencial de mejora forrajera mediante actuaciones silvícolas. En cambio, las formaciones de baja altitud tienen poca cubierta herbácea y abundante cubierta de matorral, a menudo de escaso valor forrajero. La gestión forestal puede contribuir a alcanzar la parte superior del intervalo de oferta o incluso superarlo, como puede ocurrir con pinares de pino carrasco.

Tipologías de pasto de las principales formaciones de bosque denso en Cataluña

(Taüll *et al.*, 2016)

Se han identificado 24 tipologías de pasto arbolado (TPA) para 12 formaciones de bosque puras caracterizadas en el marco de las ORGEST (Piqué *et al.*, 2014). La metodología ha consistido en la asignación de un hábitat CORINE a cada tipología y se ha estimado su composición y estructura florística a partir de los inventarios de vegetación del Banco de Datos de la Biodiversidad de Cataluña. El potencial pastoral se ha estimado a partir de la composición del estrato arbustivo y herbáceo de los inventarios forestales en rodales con una fracción de cabida de cubierta superior al 60%. El potencial forrajero se ha asociado a un orden de magnitud aproximado de carga ganadera (UGM·año/ha).



Potencial pastoral de 24 tipologías de bosque presentes en Cataluña

Tipología	Potencial pastoral	UGM-año/ ha	Itinerario silvícola
Pinares de pino negro, y abetales con rododendro	Bajo	0,05-0,15	Desbroce / Aclareo
Pinares de pino negro con enebro	Bajo	0,00-0,10	Desbroce
Pinares de pino negro y abetales con sotobosque escaso	Medio	0,10-0,15	Aclareo / Adehesamiento
Abetales calcícolas con arándano	Muy bajo	< 0,05	Aclareo / Adehesamiento
Abetales acidófilos con arándano y rododendro	Muy bajo	< 0,05	Aclareo / Adehesamiento
Pinares de pino albar con boj y avellano	Medio	0,15-0,25	Aclareo
Pinares de pino albar, montanos y de alta montaña, con boj	Medio	0,15-0,20	Aclareo / Adehesamiento
Pinares de pino albar de alta montaña con arándano, boj y enebro	Medio	0,15-0,20	Aclareo
Hayedos mesófilos con boj y avellano	Medio	0,15-0,20	Aclareo / Adehesamiento
Hayedos xerófilos con boj y avellano	Bajo-Medio	0,05-0,15	Desbroce / Aclareo
Hayedos con arándano, boj y brecina	Bajo	0,05-0,10	Aclareo
Robledales de roble albar y bosques mixtos con otros planifolios	Alto-Muy alto	0,20-0,25	Aclareo / Adehesamiento
Robledales de media montaña, calcícolas	Medio-Alto	0,15-0,25	Aclareo / Adehesamiento
Robledales de media montaña, silicícolas	Medio-Alto	0,15-0,25	Aclareo / Adehesamiento
Robledales de roble pubescente con encina, tierra baja	Medio-bajo	0,10-0,20	Aclareo
Quejigares		0,05-0,20	Aclareo
Pinares de pino laricio de media montaña prepirenaica	Bajo-Medio	0,10-0,15	Desbroce / Aclareo / Adehesamiento
Pinares de pino laricio de media montaña litoral	Bajo	0,05-0,15	Desbroce / Aclareo / Adehesamiento
Bosques de encina carrasca	Bajo	0,05-0,15	Desbroce / Aclareo
Encinares mediterráneos con brezo, durillo y madroño	Bajo	0,05-0,10	Desbroce / Aclareo
Encinares montanos con brezo	Bajo-Medio	0,10-0,15	Desbroce / Aclareo
Alcornocales con brezo, madroño y encina	Bajo	0,05-0,15	Desbroce / Aclareo
Pinar de pino carrasco, con romero, tomillo y brezo de invierno	Bajo	0,05-0,10	Desbroce / Aclareo
Pinar de pino carrasco con lentisco y coscoja	Muy bajo	< 0,05	Desbroce

Para formaciones de bosque denso (> 60% FCC), el itinerario silvícola puede servir para llegar a la parte superior del intervalo de producción potencial propuesto o incluso superarlo. En algunas tipologías se proponen distintas actuaciones según la estructura de los estratos arbustivo y herbáceo.

3.3.6. Sostenibilidad de la oferta forrajera en el tiempo

La sostenibilidad de la oferta forrajera se define como la capacidad que tiene un rodal de mantener su oferta forrajera lo largo del tiempo. La sostenibilidad depende de las características del rodal y no tiene relación directa con la intensidad de pastoreo: cargas ganaderas altas pueden mejorar la oferta, pero también pueden degradar el rodal. Por consiguiente, es necesario una evaluación de la oferta a lo largo de los años mediante indicadores directos, como la producción, e indirectos, como la presencia o la ausencia de especies indicadoras de calidad forrajera o de sobrepastoreo, signos de degradación del suelo, etc.

En rodales con abundancia de matorral palatable cabe esperar que la oferta disminuya con el tiempo. Así, mientras la hierba se renueva después del pastoreo, e incluso mejora su calidad nutritiva, la oferta del matorral disminuye con el tiempo e incluso se puede agotar en función de la época y la intensidad del ramoneo. Esto puede suponer que, al inicio de la explotación, el ganado tenga autosuficiencia con lo que pasta en el bosque, pero al cabo de unos años tenga un déficit de alimentación, y que el rodal presente signos de sobrepastoreo.

Como posibles medidas para mantener la sostenibilidad se puede considerar:

i) dejar tierras de sotobosque en reposo, pastoreando, por ejemplo, uno de cada dos años; ii) incorporar más superficie de sotobosque en la base territorial de la explotación, y iii) sembrar especies herbáceas forrajeras en el sotobosque.

En caso de sobrepastoreo, la complementación debe efectuarse en un rodal diferente y evitar que el ganado siga ramoneando el sotobosque para complementar su dieta en fibra. La gestión de los puntos de agua también puede ayudar a mitigar los efectos del sobrepastoreo.

3.3.7. Acceso y facilidad de tránsito en un rodal

El acceso al rodal y la facilidad de transitar por su interior determinan indirectamente el interés forrajero de un rodal. Así, muchas zonas del rodal quedan inexploradas si presentan dificultades para el movimiento de los animales, aunque la oferta forrajera sea alta.

El tránsito por el sotobosque es fácilmente modificable mediante la gestión forestal (desbroces y aclareos) y mantenido por el manejo de los animales. En el momento de la apertura es importante considerar las zonas en las que priorizar el movimiento y, especialmente, aquellas donde no se quiere potenciar el paso de animales para evitar consecuencias no deseadas, por ejemplo, cerca de masas de agua o en zonas con riesgo de erosión.

Para facilitar el tránsito y el pastoreo posterior se pueden utilizar animales de gran volumen como vacas que, ayudadas por su cornamenta, producen daños mecánicos en el sotobosque.



Figura 12.
Daños mecánicos sobre un pie de encina.

3.4. Tipos de ungulados herbívoros

Las especies y las razas de herbívoros difieren en su conducta de pastoreo. Para la planificación y la eficiencia de un aprovechamiento silvopastoral es esencial conocer la aptitud de cada especie y raza animal y su efecto sobre el estrato herbáceo y arbustivo, especialmente en rodales de bosque. La elección de la especie o la combinación de estas y sus razas es primordial para la utilización eficiente y sostenible de los recursos disponibles en la explotación.

Las diferentes especies y razas de animales presentan diferencias notables en la adaptación al medio donde viven, en el potencial productivo y, por consiguiente, en sus necesidades de energía y nutrientes.

En función de la dieta, los herbívoros se pueden distribuir a lo largo de un eje, desde los que básicamente consumen gramíneas (herbívoros pastadores) hasta las especies que basan su alimentación en el ramoneo de herbáceas no gramíneas (forbias) y leñosas (matas, arbustos y árboles), que son los herbívoros ramoneadores (Hofman *et al.*, 1989). Como estas últimas seleccionan especialmente partes de plantas con un elevado contenido celular y bajo de fibra, como hojas y brotes, se denominan también “selectoras de concentrado”. Entre ambas situaciones se encontrarían las especies “de alimentación intermedia”, que alternan el consumo de gramíneas y ramón en función del hábitat o del momento del año. No existen herbívoros domésticos estrictamente ramoneadores, aunque las cabras en pastoreo libre son altamente selectivas de alimento de elevada calidad, como hojas de especies leñosas y frutos.

Aunque existen excepciones, los herbívoros pastadores y ramoneadores presentan características morfológicas y fisiológicas distintas como consecuencia de su comportamiento alimentario (tabla 10). En general, los ramoneadores tienen un hocico largo y estrecho que les permite acceder a hojas y frutos en medio del ramaje, mientras que el hocico de los pastadores es ancho, facilitando una mayor ingesta por bocado. Los animales de talla pequeña tienen unas necesidades energéticas mayores en relación con su tamaño que los grandes. Los herbívoros pequeños suelen ser más selectivos en la dieta, buscando alimentos más digestibles, con alto contenido en proteína y bajo en fibra, aunque la correlación entre tamaño y tipo de dieta es muy débil. En general, para una determinada especie, las razas de menor talla son de mayor rusticidad y las más indicadas para aquellas zonas donde la disponibilidad de recursos alimenticios está limitada (Osoro *et al.*, 2002).

En función del sistema digestivo, los herbívoros se dividen en rumiantes, con un sistema digestivo poligástrico, y los no rumiantes, con un sistema monogástrico (tabla 11). La mayoría de las especies pastadoras son rumiantes, lo que les permite ingerir una gran cantidad de forraje rico en fibra, que después, durante el rumiado, son capaces de digerir. En cambio, los monogástricos pastadores aprovechan con menor eficiencia los recursos con fibra elevada como las gramíneas, y suelen compensar la pérdida en la eficiencia digestiva efectuando ingestas más elevadas y continuas en el tiempo. Los equinos presentan un sistema digestivo monogástrico, pero con una fermentación microbiana en la parte posterior del sistema intestinal (ciego y colon) que les permite aprovechar recursos con un alto contenido en fibra.

A pesar de la utilidad de la asignación de una determinada especie o raza a una determinada categoría, es necesario subrayar que los herbívoros alteran su

dieta en función de las circunstancias del entorno, la competencia y la disponibilidad de alimento (Cordon *et al.*, 2019).

Tabla 10. Comparación de rasgos fisiológicos entre herbívoros pastadores y ramoneadores (Venter *et al.*, 2019).

Rasgo	Pastadores	Ramoneadores
Primordio estomacal anterior	Grande, subdividido en rumen, retículo, omaso	Pequeño y simple
Estómago verdadero	Pequeño	Grande
Sistema intestinal	Intestinos pequeños	Intestino ciego y colon largos
Glándulas salivares	Glándulas parótidas pequeñas	Glándulas parótidas grandes
Hígado	Pequeño	Grande
Boca	Hocico ancho, boca pequeña y labios rígidos	Hocico estrecho y largo, boca con labios musculados y lengua larga
Dentición	Incisivos inferiores de tamaño similar, con una superficie de contacto amplia, proyectados hacia adelante. Corona alta, con mayor acción de cizalla y más crestas	Incisivos centrales más anchos que los externos. Fila de incisivos estrecha y verticales. Corona baja, con una superficie de contacto entre dientes superiores e inferiores ancha para el triturado

Tabla 11. Sistema digestivo y estilo de dieta de las principales especies herbívoras de Europa.

Sistema digestivo	Especie	Tamaño (kg de peso vivo) ^a	Estilo de dieta ^b
Poligástrico	Corzo	14-20 ♀ / 17-32 ♂	Ramoneadora
	Rebeco	23-25 ♂	Mixta/ramoneadora
	Oveja	40-60	Pastadora
	Muflón	18-38 ♀ / 27-59 ♂	Pastadora
	Cabra	30-80	Mixta/ramoneadora
	Cabra montés	50-80 ♂	Mixta/ramoneadora
	Gamo	32-65 ♀ / 65-89 ♂	Pastadora/mixta
	Ciervo	110 ♀-140 ♂	Mixta/pastadora
	Vaca	500-750	Pastadora
	Bisonte	420-635 ♀ / 615-920 ♂	Pastadora
	Alce	600-720	Ramoneadora
Monogástrico	Jabalí	54-82	Mixta
	Cerdo	100-110	Mixta
	Asno	150-250	Mixta
	Yegua	350-600	Pastadora

a. Rango aproximado, distinguiendo, cuando ha sido posible, entre hembras (♀) y machos (♂).

b. Basado en Hofmann (1989).



Figura 13. A grandes rasgos, en función del estilo de alimentación, las distintas especies de herbívoros se distribuyen en un gradiente que cubre desde las especies eminentemente ramoneadoras hasta las que consumen principalmente gramíneas —pastadoras—. Entre ambos extremos estarían las especies con alimentación intermedia (autoría Figura Pere Rovira y Castellà).

3.4.1. Vacuno

En general, las vacas europeas son poco selectivas, con un aparato bucal grande y dentición especializada para resistir la abrasión que causan las paredes celulares de las gramíneas, ricas en sílice. Su aparato bucal grande confiere una gran eficiencia en la ingestión por bocado, pero reduce la capacidad de selección entre las especies herbáceas y también la de ramoneo. En general, consume hierba de mayor altura que los herbívoros de menor talla. Entre los rumiantes, son los que tienen el rumen más evolucionado y, por eso, pueden digerir hierba de poca calidad nutritiva, especialmente gramíneas embastecidas.

Algunas razas, sin embargo, consumen hojas y ramillas de especies arbustivas y arbóreas, penetrando en el bosque denso y ayudándose de la cornamenta para abrirse paso.

Algunas razas de vacuno especialmente aptas para el silvopastoralismo en Cataluña son las razas autóctonas de vaca de la Albera y Bruna, y también las razas originarias del macizo central de Francia, como Salers o Aubrac.

La dieta de la vaca de la Albera incluye una proporción importante de especies leñosas, tanto en pastos herbáceos como en matorral (Bartolomé *et al.*, 2011). Este hecho las hace especialmente interesantes para el control de combustible leñoso frente a otras razas.



Figura 14. Vaca Bruna en pastos de media montaña con fresnos en el Pirineo catalán (izquierda) y vaca de la Albera para el control del rebrote de coscoja después de una quema prescrita en un área estratégica para la gestión de incendios en el macizo de Montgrí (Girona; derecha).

3.4.2. Ovino

La oveja es una especie bastante selectiva en cuanto a la calidad de la vegetación y rechaza las partes envejecidas, con menor valor nutritivo y mayor proporción de fibras. Presenta dificultad para penetrar en bosque denso, y lo evita siempre que tenga otros recursos forrajeros a su disposición. Aunque es una especie pastadora, tiene una cierta capacidad de consumir hojas y brotes de especies leñosas. Un desbroce del sotobosque o el matorral denso facilita el acceso y el tránsito de este tipo de ganado.

Aunque la mayoría de razas son aptas para el silvopastoralismo, las más utilizadas en Cataluña son las autóctonas: Ripollesa, Xisqueta y Aranesa; en menor medida, la Rasa Aragonesa o Lacaune del sur de Francia.

Figura 15. El ganado ovino se alimenta de recursos herbáceos y leñosos preferentemente en bosque poco denso como los pinares de pino carrasco de la Cordillera Litoral (Terres de l'Ebre, Cataluña).



3.4.3. Caprino

La cabra es una especie de alimentación mixta, bastante ramoneadora, que busca selectivamente las especies herbáceas o arbustivas con mayor contenido energético en cada momento. Es un ganado apto para el consumo de matorral, aunque no se haya desbrozado previamente. Le facilita esta tarea su aparato bucal pequeño, así como su tendencia a situarse de pie, lo que le permite ramonear a mayor altura que la oveja. Penetra bien en zonas de bosque denso y consume bien su estrato arbustivo. En rebaños mixtos con ovejas, su carácter ramoneador se acentúa.

Las razas más utilizadas en Cataluña son diversas: para aptitud cárnica, la cabra de rasquera y cruces entre cabras de razas diversas que se han acabado denominando “cabra del país”; para aptitud láctea, Murciana, Granadina, Malagueña, Florida, y Payoya.



Figura 16. Rebaño de cabras pastoreando en zona de matorral en el Montsec.
(Fotos: Jordi Bas, Entitat la Sabina).



3.4.4. Equino

Los caballos son una especie pastadora que requiere una ingesta elevada de alimento por la menor eficiencia de su estómago monogástrico. Pueden consumir hierba de baja calidad. En general, aprovechan la hierba en pastos abiertos en zonas forestales, pero pueden emplearse para apacentar zonas de bosque denso, ya que son capaces de penetrar en su interior y consumir matorral y hierba de poca calidad.

Los asnos son también especies no rumiantes, pero con una mayor capacidad ramoneadora que los caballos, y de talla más pequeña, lo que les hace especialmente interesantes para el control del sotobosque en zonas forestales mediterráneas.

Las razas más utilizadas en Cataluña son: el caballo Pirenaico Catalán y los asnos, entre los cuales destaca el asno Catalán.

Figura 17. Yegua (*Bracons, Girona*) y asno (*Mas de Melons, Lleida*).



3.4.5 Combinación de varios tipos de animal

Emplear varios tipos de animal al mismo tiempo o de manera sucesiva es una práctica que puede optimizar el aprovechamiento del forraje. Algunas combinaciones habituales son:

Vacuno-equino: en rodales de bosque se puede efectuar un primer pastoreo de intensidad débil o moderada con ganado vacuno con el objetivo de que consuma una

parte del estrato herbáceo. El paso posterior con ganado equino permite apurar la hierba y consumir una parte de matorral.

Ovino-caprino: la combinación de cabras (10-15%) y ovejas en un mismo rebaño permite un aprovechamiento más eficiente del sotobosque y los márgenes de campos y pastos. La relación ovino-caprino está en función de la proporción de herbáceas-matorral (Osoro *et al.*, 2000).

3.5. Silvopastoralismo prescrito^a como instrumento para la reducción del riesgo de incendio

Con el consumo de hierba, hojas y ramas, complementado por el pisoteo, los herbívoros salvajes y domésticos que pastan o ramonean desempeñan un papel importante en la reducción del combustible fino en paisajes agrícolas y forestales. Sin embargo, para ser un instrumento eficaz en la prevención de grandes incendios forestales, el silvopastoralismo debe prescribirse con unos objetivos claramente establecidos que conlleven un manejo definido e inscrito en una estrategia integral de gestión del fuego con el fin de mantener un paisaje resiliente a los incendios (Newman *et al.*, 2023).

La eficacia del pastoreo para mantener la biomasa de combustible por debajo de los umbrales críticos para la prevención de incendios se ha demostrado ampliamente en toda la cuenca mediterránea (p. ej., Étienne

et al., 1990; Pardini *et al.*, 1993; Rigolot *et al.*, 2002; Ruiz-Mirazo *et al.*, 2009), aunque en algunas ocasiones se ha descrito un aumento del riesgo de incendio después del pastoreo con vacas debido a la proliferación de arbustos no palatables (p. ej., Williamson *et al.*, 2014).

Los herbívoros influyen tanto en la composición como en la estructura de la vegetación, y su impacto depende de varios factores: el tipo y el comportamiento de la especie, las preferencias dietéticas, y la intensidad y el momento del pastoreo. La combinación de animales con distintos requisitos alimentarios puede ayudar al control de especies con baja palatabilidad, pero, en general, el pastoreo debe ir precedido de intervenciones de gestión forestal, como el desbroce o la quema, para mejorar la accesibilidad, garantizar la

a. Concepto acuñado por el proyecto Ramats de Foc de la Fundación Pau Costa para destacar la necesidad de establecer un plan de pastoreo con objetivos y calendarios bien establecidos.

disponibilidad de forraje fino y controlar la vegetación que los animales rechazan.

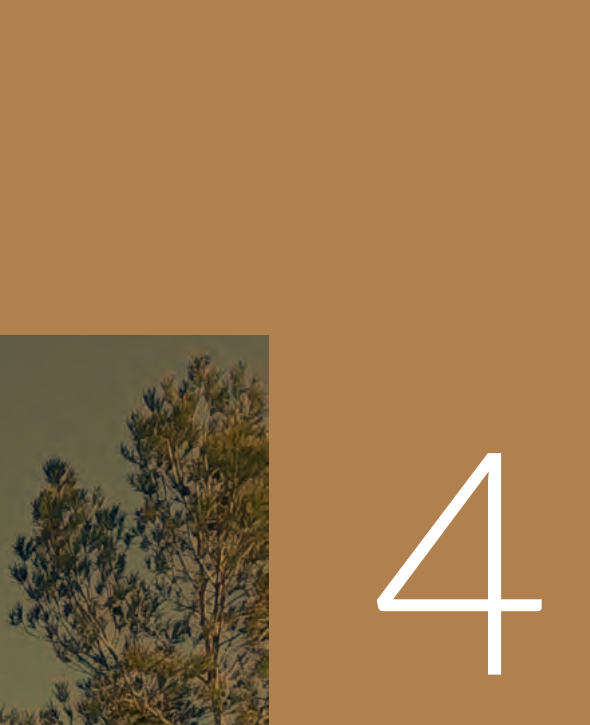
El pastoreo es un instrumento rentable para reducir el riesgo de incendios forestales y conservar la biodiversidad (Casals *et al.*, 2009), especialmente cuando se integra en un paisaje agrosilvopastoral multipropósito. Sin embargo, los costes aumentan cuando la actividad silvopastoral debe reintroducirse en áreas donde ha desaparecido. En ambos escenarios, la implementación de instrumentos económicos que reconozcan los servicios ecosistémicos que brinda el silvopastoralismo es esencial para facilitar su adopción y su éxito a largo plazo (Casals *et al.*, 2009). Si bien no siempre es fácil de implementar, el pastoreo prescrito es una herramienta valiosa para gestionar zonas estratégicas para la reducción del riesgo y las áreas de interfaz urbano-forestal (IUF) y demostrar los beneficios multifuncionales del silvopastoralismo.

Los puntos clave que se deben considerar en la prescripción del silvopastoralismo como herramienta de prevención de incendios son:

- Integrar las explotaciones existentes en la estrategia local o regional de gestión de incendios.
- Establecer un contacto permanente entre los ganaderos y ganderas y la administración responsable de la gestión del riesgo de incendio. El proyecto “Ramats de Foc” de la Fundació Pau Costa es un referente en este sentido (www.ramatsdefoc.org).
- Si bien todos los herbívoros domésticos pueden contribuir a la reducción de combustible, se recomiendan los rebaños mixtos, ya sea simultáneamente o en rotación, para una mayor eficacia.
- Asegurar la disponibilidad de puntos de agua y proporcionar recursos forrajeros adicionales, como campos de forraje o alimento suplementario, para aumentar el consumo de especies poco palatables.
- Efectuar intervenciones silvícolas previas para facilitar el tránsito de los animales y planificar desbroces o quemas prescritas periódicamente para controlar las plantas rechazadas o poco consumidas.
- Utilizar un pastoreo rotacional con cargas instantáneas altas, que se debe definir según la especie y la raza animal y los recursos forrajeros disponibles.
- Con el fin de reducir el combustible herbáceo, programar el pastoreo justo antes del verano, cuando el riesgo de incendios forestales es mayor.
- Evaluar anualmente la eficacia del pastoreo en la reducción de combustible justo antes del verano y ajustar la estrategia de gestión del combustible según sea necesario.







4



Planificación y diseño de sistemas silvopastorales

Existe un consenso amplio sobre la importancia de los tratamientos silvícolas en la creación de paisajes resilientes al cambio global (Busquets, 2022). La gestión silvopastoral, como modelador del paisaje y proveedor de servicios, es una de las mejores herramientas disponibles para apoyar la acción de la silvicultura manteniendo una estructura forestal poco vulnerable a incendios y sequías. Sin embargo, conseguir esa estructura a partir de una masa forestal poco gestionada, como es habitual en el contexto mediterráneo, requiere una inversión económica importante en trabajos silvícolas, infraestructuras auxiliares para la ganadería, etc. A pesar de la existencia de programas de financiación y planes estratégicos para promover, mantener o recuperar la ganadería extensiva (PAC, FEADER, PERTE o PEREC) sobre la base de los objetivos de la legislación nacional y europea, como la Ley de desarrollo rural o el Pacto Verde Europeo (Zabalza *et al.*, 2021), se requiere una priorización para desplegar el silvopastoralismo y conseguir los mejores resultados en términos de coste-eficacia.

4.1. Priorización a escala de paisaje

La planificación agroforestal a escala de paisaje requiere instrumentos de priorización del territorio que, a través de un análisis multicriterio, permitan identificar y valorar distintas variables en función de objetivos preestablecidos. Con la finalidad de promover sistemas silvopastorales, se considera importante considerar en la priorización las variables geoespaciales siguientes:

- El valor pastoral de las distintas unidades de vegetación por tipo de animal.
- El valor pastoral por tipo de animal optimizado por la gestión silvícola.
- Factores topográficos y fisiográficos, como la pendiente y la orientación.
- Usos históricos, priorizando los agrícolas o pascícolas.
- Zonas de interfase entre espacios abiertos y de bosque o matorral.
- Conectividad entre hábitats de interés pastoral.
- Existencia de explotaciones ganaderas en extensivo.
- Facilidad de acceso.
- Disponibilidad de agua.

En función de los objetivos de la planificación, la priorización debe ponderar de manera distinta las variables indicadas anteriormente e incluir otras de especial interés como, por ejemplo, los espacios más estratégicos para la gestión del riesgo de incendio o la conservación de determinadas especies de fauna o flora. Un ejemplo de instrumento para ayudar a la priorización del despliegue del silvopastoralismo es la herramienta SilPas desarrollada en el contexto del proyecto LIFE AgroForAdapt (Tejedor *et al.*, 2025).

Herramienta SilPas

Tejedor *et al.* (2025). <https://agroforadapt.eu/>

SilPas es una herramienta de ayuda a la planificación territorial dirigida a administradores y gestores del territorio. Su finalidad es contribuir a la priorización de áreas con elevado valor forrajero actual o potencial después de aplicar un tratamiento silvícola. En función de si el objetivo prioriza la viabilidad técnica del silvopastoralismo o bien la reducción del riesgo de incendio, la herramienta pondera de manera distinta una serie de variables geoespaciales. La herramienta permite optimizar la creación y el mantenimiento de espacios abiertos y su conectividad para la conservación de la biodiversidad y la prevención de grandes incendios forestales. La metodología se ha definido para su aplicación a escala regional, con una prueba piloto desarrollada en las montañas de Prades.

SilPas está concebida para utilizarse en una escala de planificación forestal intermedia entre los planes regionales y los proyectos de ordenación a escala de finca. Tiene un enfoque dinámico, que permite personalizar la visualización para diferentes tipos de ganado.



Ejemplo de mapa de priorización de sistemas silvopastorales para contribuir a la gestión del riesgo de incendio con explotaciones de rebaño caprino en el Espacio Natural Protegido Muntanyes de Prades (Tarragona).

4.2. Diseño de sistemas silvopastorales

Las explotaciones silvopastorales se intentan ajustar a los condicionantes territoriales impuestos por el contexto climático, geomorfológico y forestal en el que se ubican, escogiendo hasta dónde es posible la tipología de animales y ajustando la gestión ganadera y forestal. Con el fin de sentar las bases para el diseño de un sistema silvopastoral, es útil agrupar las explotaciones en función de diversos parámetros como, por ejemplo, los condicionantes territoriales y la capacidad de inversión inicial. Estas agrupaciones permiten describir los factores determinantes de la sostenibilidad ecológica y económica de cada modelo, y elaborar unas directrices para su implementación.

A continuación, se describe y discute el potencial de tres modelos silvopastorales (agrícola, pascícola y ajustado) existentes en Cataluña. Estos modelos son susceptibles de ser generalizables a la mayoría de los territorios del sur de Europa (tablas 12 y 13).

La determinación de estos modelos se basa en un análisis a escala de finca que puede incluir diversas superficies agrarias y forestales utilizadas para el pastoreo, así como en el número de animales. En el conjunto del año, el pastoreo se puede llevar a cabo en la misma finca o combinando varias, efectuando desplazamientos entre finca y finca, cada una de las cuales puede pertenecer a un modelo determinado, independientemente de la distancia recorrida.

Tabla 12. Principales modelos de gestión silvopastoral

Descriptores	Modelos de gestión silvopastoral		
	Agrícola	Pascícola	Ajustado
Clima	Mediterráneo y submediterráneo	Mediterráneo húmedo y eurosiberiano	Todo tipo de clima
Uso del suelo	Mosaico de campos y manchas forestales	Bosques claros y adehesados con algunos campos forrajeros Pastos herbáceos en zonas de montaña	Bosques y matorrales
Aptitud de la finca	Agroganadera	Ganadera-forestal	Forestal
Base de la economía	Agrícola y ganadera	Ganadera	
Objetivo principal			
de la explotación	Agrícola	Pascícola	Silvícola
de la actividad pastoral	Producción	Producción	Reducción del riesgo de incendio
secundarios	Reducción del riesgo de incendio	Biodiversidad	Reducción de la competencia
Gestión ganadera			
tipo de animal	Ovino o vacuno	Ovino o vacuno	Caprino / ovino-caprino / vacuno
carga	Ajustada a la obtención de forraje en los campos agrícolas	Ajustada a la superficie de pasto arbolado en la variante adehesada	Ajustada a la superficie forestal
Actuaciones			
forestales	Transformación agrícola	Aclareos y desbroces	Aclareos, desbroces puntuales
agrícolas		Siembra después del aclareo	Siembra después del aclareo
ganaderas	Cercado de los distintos terrenos, agrícolas y forestales. Puntos de agua y complementación	Cercados de los distintos rodales. Puntos de agua	Puntos de agua y complementación
Gasto			
inicial	Alto	Alto	Medio
anual	Alto: siembra y cosecha agrícola	Ensilados para la estación de parada vegetativa	Bajo. Excepto complementación en años desfavorables

Tabla 13. Fortalezas y debilidades de los tres modelos silvopastorales y su capacidad de adaptación a adversidades meteorológicas no extremas.

Modelos de gestión silvopastoral		
Agrícola	Pascícola	Ajustado
Fortalezas		
Adecuado para subproductos agrícolas: rastrojos, barbechos, eriales	Buena rentabilidad en fincas medianas o grandes	Buen instrumento de gestión del sotobosque
Elevada resistencia a adversidades meteorológicas al combinar recursos agrícolas y forestales	El manejo agronómico de pastos y dehesas permite mejorar la calidad de la hierba	Costes de explotación y de mano de obra bajos
Reduce la continuidad del combustible a escala de paisaje	Las zonas adehesadas reducen la continuidad de combustible	Reduce la intensidad de un incendio de superficie
Contribuye a la conservación de especies asociadas a espacios abiertos		
Debilidades		
Marcada estacionalidad condicionada por la gestión agrícola	Restringido a zonas de clima húmedo o subhúmedo	Dificultad para mantener la oferta forrajera basada en el matorral
Alto gasto inicial en cercas y necesidad de mano de obra para el movimiento de los animales entre cercados, y conservación de las cercas	Necesidad de recursos forrajeros alternativos a los pastos en periodos de sequía	Dificultad de implantar un estrato herbáceo en bosque cerrado
	Difícil control del matorral no apetecible y malas hierbas	
	Coste inicial alto en la generación de dehesas o bosques de baja densidad arbórea	
Adaptación a adversidades meteorológicas no extremas		
Resistencia		
Media	Media	Baja
Resiliencia		
Alta	Media	Media

4.2.1. Modelo agrícola

El objetivo principal de este modelo se basa en la producción agrícola integrando el pastoreo como actividad secundaria, generalmente vinculada a rebaños de ovino, o también de bovino. El aprovechamiento en ovino se suele llevar a cabo con pastor o cercados. Las principales actuaciones

sobre la masa forestal consisten en roturaciones para crear campos agrícolas y, puntualmente, transformaciones a pastos o adehesamientos. También se llevan a cabo intervenciones localizadas para alojar el ganado o para mejorar el tránsito de los animales.

Modelo agrícola

Orientación de la finca

Agrícola-ganadera

Objetivo de la explotación

Suelen ser explotaciones de cereal que mantienen un rebaño ovino, aunque también puede efectuarse con explotaciones de bovino de cría. El objetivo principal es la producción agrícola y el pastoreo es una actividad complementaria.

Tipo de clima

Sin restricciones climáticas, aunque la idoneidad de su aplicación puede verse condicionada por el entorno. Más habitual en zonas de clima subhúmedo y seco, siendo residual en zonas de clima húmedo.

Base territorial

Bosque/matorral + cultivos

Aplicación

Existen dos submodelos:

- Con cercados: cultivos + bosque o matorral. En el caso de campos de cereal, se pastorean los rastrojos; en el caso de cultivos plurianuales, como la alfalfa, se aprovechan entre dos y cuatro veces al año, mediante pastoreo o siega. Este submodelo se aplica básicamente en explotaciones con bovino, siendo menos frecuente en las de ovino.
- Con pastor/a: los recursos agrícolas siguen siendo importantes. Se aprovechan zonas forestales con cargas muy dispares, o como zonas de paso. En este caso, la decisión de aprovechar la zona forestal es esencial para los beneficios ecosistémicos asociados a este modelo.

Ratio orientativa de carga ganadera

Indicador: *UGM/ha sobre superficie de cultivos pastoreados*

Interpretación:

- $UGM \cdot \text{año/ha de cultivo pastoreado} \leq 2,0$: los cultivos aportan prácticamente toda la dieta del rebaño cuando están verdes. El uso de zonas forestales es poco relevante.
- $UGM \cdot \text{año/ha de cultivo pastoreado} > 2,0$: los cultivos no cubren la demanda forrajera. Una alternativa es proponer actuaciones de gestión forestal para mejorar la disponibilidad de forraje.

Potencial forrajero de los rodales forestales

Los rodales forestales cumplen una función secundaria en este modelo en comparación con la producción agrícola, pero desempeñan un papel relevante en determinados momentos del ciclo productivo del rebaño. Las funciones del rodal forestal incluyen: i) aportar forraje suplementario en períodos de escasez; ii) servir como apoyo cuando los terrenos agrícolas no están disponibles para el ganado; iii) ofrecer sombra y refugio, y iv) desempeñar otras funciones para la explotación tales como la aportación de madera o leñas.

En algunos casos, estos rodales pueden incluir transformaciones puntuales a pastos arbolados o adehesamientos, con el fin de aumentar la disponibilidad forrajera.

Aunque el silvopastoralismo es secundario en este modelo, su aplicación permite mantener un mosaico de zonas agrícolas y forestales pastoreadas, con una función importante en la prevención de incendios y la conservación de la biodiversidad asociada a espacios abiertos.

Factores clave

- Disposición de cultivos, bien sea para aprovechamiento agrícola o ganadero.
- Pastoreo de la superficie forestal con intensidad variable según decisión del pastor o pastora.

4.2.2. Modelo ajustado

Explotaciones con una finalidad silvícola o de conservación y mejora de la masa forestal y en las que el aprovechamiento ganadero es secundario. Se caracteriza por el pastoreo de pequeños rebaños con una carga ajustada a la capacidad de la superficie forestal, habitualmente de bovino de cría

o, menos frecuentemente, rebaños de caprino u ovino-caprino. Las actuaciones silvícolas son de baja intensidad, destinadas principalmente a mejorar el tránsito del ganado a través del sotobosque, mediante desbroces suaves, desbroces selectivos o aclareos suaves.

Modelo ajustado

Orientación de la finca

Forestal-conservación de la masa.

Objetivo de la explotación forestal

El pastoreo es uno de los objetivos de la finca, pero no necesariamente el principal. Si se efectúa aprovechamiento maderero, este suele ser prioritario; en caso contrario, el pastoreo suele ser el objetivo principal, aunque pueden existir otros objetivos como, por ejemplo, la reducción del riesgo de incendios y la conservación de la masa o la biodiversidad.

Tipo de clima

No requiere condiciones climáticas estrictas, pero la idoneidad de su aplicación puede verse condicionada por el entorno. Su viabilidad mejora en zonas con cierta humedad y productividad forestal.

Base territorial

Más del 80% de la superficie pastoreada son zonas de bosque denso (FCC > 60%).

Ratio orientativa de carga ganadera

UGM·año/ha en zonas de bosque denso

Interpretación del valor de carga ganadera

Indicador: *UGM/ha sobre superficie forestal*

Interpretación:

La carga en zonas forestales suele oscilar entre 0,05 y 0,10 UGM·año/ha y, en general, es siempre inferior a 0,20 UGM·año/ha.

Potencial forrajero

El tipo de rodal más representativo es el bosque denso, con una cobertura arbórea superior al 60%. La función del rodal en relación con el ganado puede ser:

i) proporcionar recursos forrajeros; ii) servir como refugio y protección, y iii) funciones adicionales según la gestión de la finca.

El silvopastoralismo se usa como herramienta para reducir la continuidad vertical del combustible entre la superficie y la copa, a la vez que se mejora el acceso y el tránsito de los animales. La aptitud para el pastoreo se define por la estructura y la palatabilidad del sotobosque leñoso y herbáceo, así como por el tránsito de los animales (véase el apartado 3.2).

Ajuste en campo del potencial forrajero en función de la estructura del rodal

El valor potencial forrajero debe ajustarse en campo según las características concretas del rodal, con indicadores fáciles de estimar. En concreto, se proponen como variables (tabla 14):

- **Cubierta herbácea (%):** el potencial forrajero es alto cuando la cubierta herbácea es superior al 60% y la especie dominante es palatable; los recubrimientos inferiores al 15% limitan el potencial. El recubrimiento y la calidad nutritiva de la hierba suelen aumentar con el pastoreo y la apertura del dosel arbóreo.
- **Composición de especies leñosas:** un predominio de especies palatables incrementa la oferta forrajera del rodal. Si las especies no palatables superan el 30% de la cubierta, el potencial de mejora del rodal es limitado. La gestión del estrato arbustivo favorece el tránsito de los animales y el desbroce selectivo de especies no deseadas puede favorecer el crecimiento de las palatables.

Factores clave

- Producción y calidad nutritiva de la parte palatable de la hierba y del sotobosque.
- Facilidad de tránsito del sotobosque.
- Sostenibilidad de la oferta forrajera a largo plazo.

Tabla 14. Clave para determinar el potencial pastoral de un rodal de bosque denso. Las categorías de potencial forrajero permiten diferenciar rodales dentro de un mismo ámbito bioclimático.

Recubrimiento herbáceo	Especies arbustivas dominantes	Potencial pastoral
> 60%	Palatables	Alto
	No palatables	Medio
35%-60%	Palatables	Medio
	No palatables	Medio-bajo
15%-35%	Palatables	Medio-bajo
	No palatables	Bajo
< 15%	Palatables	Bajo
	No palatables	Nulo

4.2.5. Modelo pascícola

Modelo de orientación principalmente ganadera, con explotaciones que basan su actividad en la cría de bovino u ovino. Son fincas con pastos permanentes. Se llevan a cabo actuaciones de adehesamiento acompañadas de desbroce y otras

intervenciones con el objetivo de favorecer la entrada de luz al estrato herbáceo y aumentar el crecimiento de pastos y su potencial forrajero. Es un modelo habitual en climas húmedos o en zonas de media montaña.

Se distinguen dos submodelos:

1. Modelo de fincas con adehesamientos, bosque claro y pastos herbáceos (finca estante o conjunto de diversas fincas)

Orientación de la finca

Ganadera-forestal.

Objetivo de la explotación forestal

Pascícola como principal. Puede haber objetivo forestal importante por las intervenciones silvícolas para crear dehesas o claros de bosque.

Tipo de clima

Es adecuado en zonas de clima húmedo y, en menor medida, en las de clima subhúmedo.

Base territorial

Más del 50% de la superficie pastoreada corresponde a pastos permanentes. La distribución es estable y concentrada en una única finca o conjunto contiguo de parcelas.

Ratio orientativa de carga ganadera

Indicador: UGM/ha

Interpretación:

El ratio suele ser superior a 2,0 UGM/ha en las zonas de pastos o dehesas

2. Modelo valle-montaña

Orientación de la finca:

Ganadera

Objetivo de la explotación forestal

Pascícola. Puede existir objetivo silvícola secundario

Tipo de clima

Se lleva a cabo en el Pirineo y el Prepirineo (clima húmedo y subhúmedo).

Base territorial

Pastos: los animales se desplazan en primavera desde el fondo de valle hasta la alta montaña, donde llegan en verano. A final de verano o inicios de otoño efectúan el desplazamiento inverso.

Ratio orientativa de carga ganadera

Indicador: UGM-año/ha

Interpretación:

La carga general desde fondo de valle hasta alta montaña suele ser inferior a 0,20 UGM-año/ha

Potencial forrajero de rodales adehesados

Los rodales adehesados cumplen un papel clave en la provisión de forraje, aportando pasto de calidad y zonas de refugio. Se trata de un rodal arbolado con fracción de cabida cubierta inferior al 50%, uso preferente ganadero y recubrimiento herbáceo alto y productivo. Pueden tener árboles dominantes tanto de coníferas como de frondosas.

La gestión ganadera puede llegar a maximizar la producción esperable a escala de rodal. En finca estante, los aspectos más importantes de esta gestión son un pastoreo rotacional y una carga instantánea alta, entrando el ganado en el momento de mayor valor nutritivo de la hierba. Si la rotación se detiene, la hierba pasa a un estado fenológico más avanzado, lo que disminuye su calidad nutritiva y aumenta el rechazo por parte de los animales.

Factores clave

Cuatro factores principales explican la alta variabilidad en el potencial de los rodales adehesados, de mayor a menor importancia:

- Clima.
- Tipos de pasto.
- Relieve.
- Especies arbóreas dominantes.

De la combinación de estos factores resultan 10 categorías de potencial pastoral de un rodal adehesado (tabla 15). Puede sorprender el hecho de que no figure el factor orientación (solana vs. umbría): históricamente, todos los adehesamientos y pastos se han localizado en solanas, dejando las umbrías para bosque. De hecho, los resultados obtenidos en un seguimiento de la producción herbácea de diversos rodales adehesados en Cataluña sugieren que las umbrías producen algo menos que las solanas, pero estas diferencias no han sido tan importantes como los factores indicados anteriormente.

Tabla 15. Potencial pastoral para cada tipo de rodal adehesado en finca estante. En los rodales de quercíneas se añade el aporte de la bellota.

Tipo de clima	Tipo de pastos	Tipo de relieve	Especies arbóreas	Potencial pastoral	Carga ganadera (UGM·año/ha)
Húmedo	Mesófilo	Llano/Abancalado	Quercíneas	A1	0,74-0,90
			No quercíneas	A2	0,73-0,80
		Ladera	Quercíneas	B1	0,60-0,82
			No quercíneas	B2	0,60-0,72
	Xeromesófilos	Llano/Abancalado	Quercíneas	C1	0,60-0,73
			No quercíneas	C2	0,60-0,63
		Ladera	Quercíneas	D1	0,42-0,63
			No quercíneas	D2	0,42-0,53
Subhúmedo	Pasto seco	Llano/Abancalado	Quercíneas	E1	0,05-0,30
			No quercíneas	E2	0,05-0,20

Potencial forrajero de un rodal adehesado

El potencial forrajero de un rodal adehesado resulta de la oferta herbácea y de bellota (véase el apartado 3.3). Se puede estimar como el número de días que puede pastar un lote de animales en una hectárea en todo un año. Considerando un rebaño de 40 vacas estándar (80% vacas adultas, 15% recría y 5% machos, con fertilidad de 0,8) o 350 ovejas vacías se obtienen los resultados siguientes:

Potencial pastoral A

A1: clima húmedo, pasto mesófilo, relieve llano, quercíneas: 7,0-8,5 días ha⁻¹ año.

A2: clima húmedo, pasto mesófilo, relieve llano, no quercíneas: 7,0-7,5 días ha⁻¹ año.

Potencial pastoral B

B1: clima húmedo, pasto mesófilo, relieve en ladera, quercíneas: 5,5-7,75 días ha⁻¹ año.

B2: clima húmedo, pasto mesófilo, relieve en ladera, no quercíneas: 5,5-6,50 días ha⁻¹ año.

Potencial pastoral C

C1: clima húmedo, pasto xeromésico, relieve llano, quercíneas: 5,5-7,0 días ha⁻¹ año.

C2: clima húmedo, pasto xeromésico, relieve llano, no quercíneas: 5,5-5,75 días ha⁻¹ año.

Potencial pastoral D

D1: clima húmedo, pasto xeromésico, relieve en ladera, quercíneas: 3,75-5,75 días ha⁻¹ año.

D2: clima húmedo, pasto xeromésico, relieve en vertiente, no quercíneas: 3,75-4,75 días ha⁻¹ año.

Potencial pastoral E

E: clima subhúmedo, pasto seco, relieve llano: < 2,75 días ha⁻¹ año.

El criterio para controlar la presión de pastoreo es dejar pocos centímetros de altura después de cada aprovechamiento, excepto el último del año, cuando la hierba debe de consumirse totalmente si es posible.

Conclusiones sobre el potencial forrajero de rodales adehesados en fincas estantes

- *Zonas de clima húmedo*: es viable la transformación de bosque en dehesas o en pastos. En estas condiciones se puede plantear la creación de una finca del “modelo pascícola”, con la mayor parte de la base territorial formada por dehesas y pastos, que pueden ser un buen recurso forrajero para el ganado.
- *Zonas de clima subhúmedo*: el potencial que pueden ofrecer los pastos y las dehesas es bajo, pero puede ayudar a pastorear unos cuantos días al año.
- *Zonas de clima seco*: el retorno sería tan bajo que solo se propone en caso de que el objetivo sea la prevención de incendios.

Manejo agronómico de rodales adehesados

La instauración de un rodal adehesado es lenta en el tiempo, siendo más rápida en zonas que han sido pasto herbáceo en el pasado y en áreas de clima húmedo. Las prácticas agronómicas para optimizar el aprovechamiento de dehesas y pastos en zonas de clima húmedo son:

- *Pastoreo rotacional*: para maximizar el valor nutritivo del estrato herbáceo del rodal, evitando que aumente el contenido en fibra.
- *Pastoreo completo al final del período vegetativo (noviembre-diciembre)*: pastoreo de repaso para eliminar la hierba rechazada en las rotaciones anteriores. Este pastoreo puede alargarse durante el invierno y, para aumentar su efectividad, se puede dar complemento al ganado.
- *Aplicación de cargas instantáneas altas*: con la finalidad de evitar la existencia de zonas poco aprovechadas y otras sobrepastoreadas. En zonas de pendiente existe un riesgo de erosión debido al pisoteo. A modo indicativo, las cargas instantáneas se encuentran en un intervalo entre 5 y 20 UGM ha⁻¹ en rodales adehesados.
- *Tiempo de reposo*: se debe dejar reposar la parcela antes de volver a entrar con el rebaño entre 30 y 120 días.
- *Evitar lotes grandes de ganado*: los lotes pequeños son de manejo más fácil y el pisoteo es menor, ya que lo reduce la compactación del suelo. La división en lotes también permite regular la alimentación en función del estado fisiológico de los animales.
- *Fertilización de pastos y dehesas*: en zonas de fácil acceso mecanizado se puede aportar estiércol. El momento para llevar a cabo esta operación es justo antes del inicio de la primavera.

Rodales arbolados en el modelo valle-montaña

En el modelo valle – montaña los rodales arbolados tienen un papel fundamental para garantizar la continuidad forrajera durante el ciclo anual de pastoreo. Pueden: i) aportar pasto de calidad en periodos críticos; ii) complementar la producción de cultivos herbáceos y prados de siega en valle; iii) ofrecer refugio y zonas de sombra, y iv) desempeñar otras funciones que defina el ganadero.

Los prados de siega, de fondo de valle o de media ladera, en áreas del Pirineo y Prepirineo son claves en el submodelo valle-montaña, para la provisión de heno o el ensilado para el invierno y el aprovechamiento a diente antes de subir a la montaña o bajar de ella (figura 18). Su producción oscila entre 4 y 6 t/ha.

Figura 18. *Prados de siega de fondo de valle (arriba) y de media ladera (abajo). En ambos casos se aprecian setos de fresnos.*







5

Implementación de un sistema silvopastoral

En los sistemas silvopastorales, tanto el manejo silvícola como el agronómico de cultivos y pastos busca asegurar la autosuficiencia forrajera y una producción ganadera económicamente rentable, mejorando la producción y la calidad nutritiva del forraje herbáceo y leñoso, a la vez que se contribuye a la provisión de servicios para la sociedad. El cuidado de los animales tienen como finalidad garantizar su bienestar, a través de la provisión de alimento y agua, junto con un entorno saludable

5.1. Itinerarios silvícolas

Los itinerarios silvícolas pretenden mejorar la oferta forrajera de un rodal y favorecer un buen aprovechamiento pastoral a través de la gestión a lo largo del tiempo de los estratos arbóreo y arbustivo. En dehesas y bosques densos, la gestión silvícola se lleva a cabo principalmente a escala de rodal. En cambio, el modelo valle-montaña funciona como un mosaico de recursos forrajeros distribuidos a lo largo de un gradiente altitudinal, que el rebaño aprovecha de forma secuencial durante el año. Aquí, la gestión silvícola busca mejorar la complementariedad estacional de los distintos tipos de forraje y la conectividad funcional entre áreas con distinto uso.

A continuación, se describen algunas consideraciones esenciales para implementar los modelos silvopastorales en rodales de bosque denso ($FCC > 60\%$) y adehesados ($FCC < 60\%$), así como en los sistemas valle-montaña.

5.1.1. Itinerarios silvícolas para los modelos agrícola y ajustado

Los itinerarios silvícolas para las superficies forestales de los modelos ajustado o agrícola coinciden. En el caso de que el pastoreo sea con ganado ovino —tarea compleja en bosque denso—, se propone una intensidad de desbroce alta para favorecer el tránsito del rebaño.

Aclareo silvopastoral

Intervención sobre el arbolado eliminando una parte del mismo, buscando un compromiso entre el objetivo pascícola y el silvícola, para poder llevar a cabo ambos aprovechamientos.

El objetivo de la gestión es mejorar la masa, seleccionando árboles de futuro que se mantienen a largo plazo, y mejorar la oferta forrajera.

Recomendaciones para la gestión silvícola:

- Desde un punto de vista silvícola, conviene mantener árboles vigorosos y bien formados, que tengan capacidad de desarrollar la copa y producir semilla. También conviene mantener árboles de todas las especies presentes.
- Desde un punto de vista pastoral:
 - Reducir la densidad de copas para favorecer el desarrollo de recursos forrajeros.
 - Mantener árboles de copa bien desarrollada o pequeños grupos de árboles, donde los animales se puedan refugiar.
 - Eliminar árboles dominados no palatables.
 - Mantener especies leñosas palatables con ramas vivas a una altura inferior a 1,50 m o con capacidad de rebrote.

Según el tipo de sotobosque, se proponen tres intensidades de aclareo:

- **Aclareo débil:** reducción de la fracción cabida cubierta, $FCC < 15\%$. Adecuado en rodales con recubrimiento herbáceo bajo o medio, pero con dominio de especies leñosas de baja palatabilidad. El objetivo es intentar aumentar el recubrimiento

herbáceo evitando la expansión de las especies leñosas.

- **Aclareo medio:** reducción entre el 25% > FCC > 15%. En rodales con buen recubrimiento herbáceo o recubrimiento leñoso palatable del sotobosque, con el fin de aumentar y mantener una cubierta herbácea verde en verano gracias al microclima inducido por el arbolado.
- **Aclareo fuerte:** reducción entre el 40% > FCC > 25%. Adecuado para rodales con un estrato herbáceo dominante de buena calidad.

Recomendaciones para la gestión ganadera:

El momento adecuado para la entrada de los animales será en el pico máximo de producción herbácea.

Mosaico silvopastoral

Combinación de espacios abiertos y bosquetes, respetando la estructura del bosque existente, en proporciones variables según el objetivo priorizado. En los bosquetes se pueden llevar a cabo aclareos para incentivar la entrada de los animales y la oferta forrajera.

El objetivo es desarrollar un recurso forrajero precoz en las zonas abiertas y uno más tardío en las zonas cerradas.

Recomendaciones para la gestión silvícola:

Esta actuación solo es adecuada cuando el recubrimiento y la calidad herbáceos son elevados, preferentemente en zonas de clima húmedo.

Para la creación de un mosaico es necesario reducir entre el 30 y el 50% de la superficie

forestal del rodal, mientras que, si también se hace un aclareo en zonas de bosque denso, se debe reducir entre un 20% y un 40% de la cobertura.

Recomendaciones para la gestión ganadera:

El aprovechamiento de primavera es óptimo para las zonas abiertas, y el de verano para las zonas cerradas.

Extracción de leñas

Consiste en una extracción relativamente débil de árboles según las necesidades de leña del propietario.

Esta actuación puede formar parte del aclareo silvopastoral. La incidencia sobre la oferta herbácea es débil, pero puede tener una repercusión elevada si la corta promueve el rebrote de la especie arbórea, y esta es palatable (p. ej., encina o roble).

Apertura de franjas lineales

Eliminación de árboles y arbustos en los márgenes de las parcelas para facilitar la colocación y la gestión de las cercas, o bien, en rodales con sotobosque denso, facilitar el tránsito del ganado.

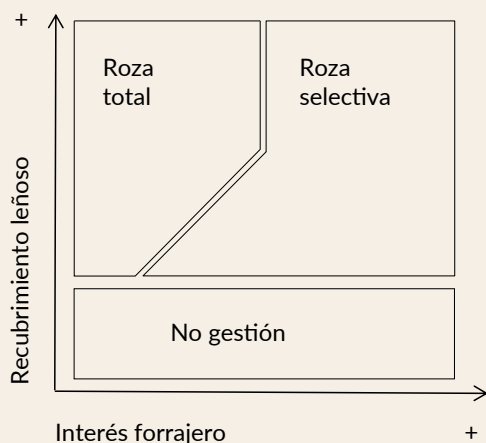
Actuaciones sobre el estrato arbustivo

Las actuaciones sobre el estrato arbustivo tienen como finalidad mantener el matorral y el rebrote de especies palatables y facilitar el movimiento del ganado.

Las formaciones forestales mediterráneas y submediterráneas tienen una elevada riqueza de especies leñosas, con estrategias

diversas para resistir y recuperarse después de la eliminación parcial o total de su parte aérea por perturbaciones tales como la presión herbívora, el fuego, la sequía o la corta. Los rebaños consumen estas especies en sus itinerarios de pastoreo. Las actuaciones silvícolas sobre el estrato arbustivo dependerán del interés forrajero de las especies leñosas, y su recubrimiento (figura 19). La capacidad de rebrote y su vigor de las especies vegetales, el tipo de actuación y el animal o la combinación de animales también inciden sobre la respuesta de la vegetación.

Figura 19. Abanico de decisiones que se deben tomar en el sotobosque mediterráneo según el recubrimiento y el interés forrajero del componente leñoso.



No gestión

Cuando el recubrimiento de especies leñosas es bajo, la gestión activa del estrato arbustivo no es necesaria, excepto cuando se prevea que la apertura del dosel o la actividad pastoral favorecerá su proliferación.

Roza total

Consiste en eliminar totalmente la parte aérea del estrato arbustivo para estimular el crecimiento de la hierba y facilitar el tránsito de los animales. Esta actuación es recomendable cuando el estrato arbustivo presenta un elevado recubrimiento de especies sin interés forrajero. La actuación debe preservar la cobertura leñosa en zonas donde el tránsito de los animales puede dar lugar a impactos no deseados, como cerca de cursos de agua o en zonas de pendiente. La eliminación del estrato arbustivo se suele llevar a cabo con maquinaria, pero cabe la posibilidad de usar el fuego (véase más abajo).

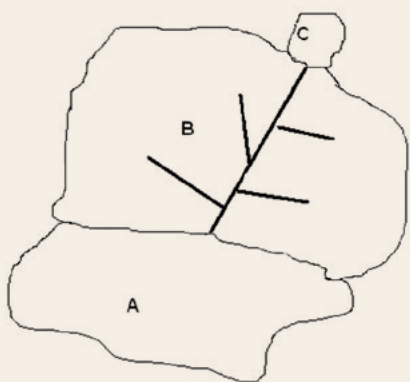
Aunque los animales contribuyen a la dispersión de semillas, si no existe recubrimiento herbáceo, se debe valorar la siembra con especies palatables.

Roza total de forma localizada

Cuando la especie dominante no es palatable y rebrota con vigor, la efectividad de la actuación es reducida. En este caso, es recomendable gestionar superficies pequeñas, facilitando el acceso al ganado abriendo pasillos para dificultar el rebrote gracias al pisoteo. La actuación debe ser gradual en el tiempo para concentrar a los animales en las zonas actuadas. Un ejemplo podría ser rodales con recubrimientos altos de especies como *Buxus sempervirens*, *Rubus ulmifolius* o *Quercus coccifera*.

La roza localizada también permite conectar dos zonas con interés forrajero separadas por una mancha de matorral no palatable mediante la apertura de un pasillo con anchura suficiente para el paso de los animales y pasillos laterales entre las dos zonas de interés (figura 20). Los animales ayudan a mantener el paso abierto mediante el pisoteo y ramoneando el rebrote y los brotes de la vegetación lateral. La actuación se puede reforzar colocando puntos de complemento forrajero o mineral.

Figura 20. Ejemplo de roza localizada para facilitar el tránsito del ganado entre dos ay C) a través de una zona con matorral denso, no palatable (B), abriendo un paso central y pasillos laterales en forma de espina de pescado para facilitar el consumo del matorral.



Desbroces selectivos

Intervención sobre el estrato arbustivo para mantener y promover un estrato arbustivo de especies palatables frente a las no palatables, especialmente en aquellos lugares donde se observa presencia de hierba, para mejorar su producción.

La actuación es recomendable cuando el estrato arbustivo presenta un recubrimiento medio o alto de especies con interés forrajero, como, por ejemplo, rebrotes de carrasca. Aunque la tarea conlleva menos intensidad de corta en comparación con una roza total, la selección de los individuos puede requerir una capacitación previa del personal que permita diferenciar las especies palatables de las no palatables. La tala de especies leñosas no palatables y no rebrotadoras, pero con elevada capacidad de germinación, es recomendable realizarla manualmente para no promover el escarificado de las semillas y su proliferación. Sería el caso, por ejemplo, de *Ulex parviflorus* o *Cistus albidus*.

Selección de pies de especies leñosas del sotobosque

La selección de los pies más vigorosos de las cepas de especies rebrotadoras puede ser recomendable tanto para especies palatables como no palatables para aprovechar la reducción de la capacidad de rebrote de la cepa, debido a la inversión de los recursos en el crecimiento de los pies remanentes. En especies no palatables está especialmente indicado para las especies de luz, mientras que en las especies palatables la parte de la copa fuera del alcance de los herbívoros puede contribuir a mantener el vigor del rebrote.



Figura 21. Quema prescrita para reducir el volumen de restos forestales después de una clara y el rebrote de boj.

Uso del fuego

El uso del fuego directo sobre el sotobosque puede facilitar la reducción del estrato arbustivo y favorecer el crecimiento de la hierba. Es recomendable cuando existe combustible herbáceo seco (p. ej., *Brachypodium retusum*) y continuidad de combustible con el arbustivo. Los restos leñosos muertos en pie, pero no consumidos por el fuego pueden dificultar el tránsito de los animales, siendo recomendable una actuación mecánica para su eliminación. El uso del fuego es más difícil de aplicar si se quieren preservar los individuos palatables y es desaconsejable cuando el estrato arbustivo está dominado por especies que ven estimulada su germinación por el fuego como, por ejemplo, la mayoría de estepas (*Cistus* sp.) o leguminosas poco palatables (*Cytisus* sp.).

La ventana de prescripción debe evitar los impactos no deseados, especialmente sobre el arbolado y el suelo. Aunque la bibliografía no es concluyente, es recomendable llevar a cabo la quema al inicio de otoño para reducir el impacto sobre las copas de los árboles y reducir el vigor del rebrote, y después de las primeras lluvias para minimizar los daños en el horizonte orgánico del suelo.

Después de un aclareo o desbroce mecánico, la quema de restos ayuda a su eliminación y reduce la capacidad de rebrote al eliminar una gran parte de las yemas rebrotadoras (figura 21). Sin embargo, la humedad del suelo debe ser elevada para evitar su degradación por un exceso de temperatura.

También se debe evitar que los restos leñosos se acumulen en la base de los árboles, para que su combustión no afecte a los tejidos de crecimiento de estos por anillamiento térmico.

5.1.2. Itinerario silvícola con modelo pascícola-dehesa

Adehesamiento

La finalidad es transformar una masa forestal densa (Fracción de cabida cubierta, "FCC" > 60%) en un bosque claro (FCC 40-60%) para facilitar el desarrollo del estrato herbáceo. La actuación consiste en una corta preservando los árboles con un buen desarrollo de la copa para conseguir una masa con una fracción de cabida cubierta entre 40 y 60% (tabla 16).

Actuaciones sobre los estratos arbustivo y herbáceo

El objetivo es lograr un recubrimiento herbáceo elevado con el matorral no palatable relegado a zonas para la protección de puntos de agua o de fuerte pendiente.

Las recomendaciones indicadas para el itinerario en bosque denso también se aplican en este caso. La fuerte reducción de la cobertura de copas puede favorecer la proliferación de arbustos. En zonas húmedas y sobre litología ácida la gestión del arbolado y arbustivo también puede contribuir a la proliferación del helecho (*Pteridium aquilinum*), especie no palatable. Esta especie se expande a través de rizomas subterráneos

y el fuego la favorece. Su control es muy difícil, requiriendo el desarraigado manual o la aplicación de herbicidas.

Plantaciones leñosas forrajeras

Las plantaciones de especies forrajeras tienen como finalidad contribuir a la alimentación del ganado en momentos de escasez de pasto herbáceo, mediante la poda o el aprovechamiento a diente del ramaje de árboles y arbustos.

La plantación se lleva a cabo en márgenes o en rodales específicamente reservados para ello. Las especies arbustivas y arbóreas deben alcanzar una altura por encima de la zona de ramoneo antes de la entrada de los animales para evitar su consumo total. Algunas especies interesantes pertenecen a los géneros *Acer*, *Sorbus*, *Fraxinus* o *Rhamnus*.

La plantación suele consistir en disponer los individuos al tresbolillo, separadas unos 2 m (arbustivas) o 5 m (arbóreas), pudiéndose intercalar los dos portes en una misma plantación. La plantación puede limitarse a dos líneas de plantas en un margen del rodal o a una pequeña superficie, con aceso perimetral. Los plantones, especialmente los primeros años, debe de protegerse de la fauna doméstica y salvaje mediante un hilo eléctrico o vallado.

Tabla 16. Clase diamétrica dominante (CD) y densidad de pies para rodales adehesados según su potencial pastoral en masas adultas

Potencial pastoral	CD dominante	Densidad (pies/ha)
Muy elevado	40-50	100
Elevado	15-30	150-200
Medio	20-30	150
Bajo	10-20	~ 300
Muy bajo	10-15	~ 500

5.1.3. Itinerario silvícola modelo valle-montaña

Pastos de media montaña

Los pastos de media montaña se localizan preferentemente en el piso montano. Suelen estar intercalados con manchas de bosque y su calidad forrajera es generalmente buena.

Las actuaciones silvícolas tienen como finalidad el mantenimiento de claros y zonas abiertas para reducir la competencia por luz y nutrientes, evitando la pérdida de superficie pastable. Básicamente consisten en eliminar la vegetación leñosa no palatable que compite con el estrato herbáceo. En terrenos con pendiente se debe minimizar la erosión.

Pastos supraforestales

Estos pastos se ubican por encima del límite del bosque y se utilizan principalmente en verano e inicio de otoño.

Las actuaciones recomendadas tienen como finalidad la reducción de la densidad del bosque colindante, para aumentar la superficie útil de pasto y suavizar la transición entre áreas arboladas y abiertas. Esto facilita la existencia de zonas de sombra y la protección de los animales frente a tormentas. La eliminación del matorral debe ser parcial y selectiva para preservar el refugio y la alimentación de especies salvajes y reducir el acceso del rebaño a zonas de interés para la conservación de estas especies o donde puedan causar daños en el suelo o el agua.

Prados de siega

Se localizan en los fondos de valle y en zonas llanas de media ladera.

Su gestión es básicamente ganadera.

Las actuaciones silvícolas consisten en mantener el acceso mediante el control de la vegetación de los márgenes y evitar la colonización por plantas no deseadas como helechos o especies leñosas.

5.2. Cuidado de los animales

El concepto *cuidado de los animales* enfatiza la dedicación tradicional de los ganaderos y ganaderas para garantizar el bienestar de los animales, incluyendo la provisión de alimento y agua, y un entorno ambiental sano.

5.2.1 Planificación del pastoreo

El calendario pastoral contribuye a la planificación del cuidado de los animales en pastoreo y facilita la elaboración de los itinerarios entre los rodales para que los animales puedan cubrir sus necesidades alimentarias, hídricas y de reposo (véase el apartado 3.2.2). En especial, los rumiantes requieren tranquilidad para efectuar la digestión; en caso contrario, pierden apetito en las siguientes comidas y se ve afectada su condición corporal (Meuret, 2014).

El ganado en mantenimiento (hembras reproductoras vacías, o en los dos primeros tercios de gestación) puede aprovechar los recursos de menor calidad nutritiva de la base territorial, mientras que los animales al final de la gestación o con cría deben consumir recursos forrajeros de mayor calidad o bien ser complementados. En ovino-caprino, el período de cría generalmente se lleva a cabo con las madres saliendo a pastar durante el día y volviendo al establo por la noche para amamantar a los corderos, recibiendo complemento. Por este motivo, el sistema productivo ovino-caprino se puede considerar semiextensivo. Para el vacuno y el equino, las madres reproductoras pueden mantener su cría en el exterior durante todo el período de lactancia.

Tipos de rodales

Las características de los rodales y su gestión varían según su función en la planificación del cuidado de los animales. Los tipos más frecuentes en sistemas silvopastorales son:

- **Rodales para la alimentación del ganado:** tienen como función primordial proveer de forraje de calidad al ganado.
- **Rodal de invierno:** se usa para concentrar el rebaño y darle refugio en la época fría, evitando la estabulación. Incluye una zona para aportar alimentación desde el exterior, y, por este motivo, debe ser accesible con tractor. Se debe ubicar en una zona resguardada, con árboles bien desarrollados, soleada y transitable. Un afloramiento de roca puede ayudar a reducir la degradación del suelo por exceso de pisoteo.
- **Rodal de servicio:** es un área polivalente en sistemas adehesados, pastos arbolados o pastos herbáceos para abreviar o complementar el rebaño. Además, en algunos casos se emplea para separar lotes y ejecutar operaciones de manejo.
- **Rodal de reserva:** usado para evitar la entrada a cultivos o pastos de buena calidad después de lluvias o en épocas de sequía en las que el rebaño no dispone de más rodales para su alimentación.

Tipos de pastoreo

Los principales tipos de pastoreo son:

- **Pastoreo continuo:** los animales permanecen durante largos períodos de tiempo en un área amplia a su disposición. El aprovechamiento es bastante heterogéneo, con zonas sobrepastoreadas e infrapastoreadas. Como resultado existen zonas donde abunda hierba rechazada por parte de los animales, impide un rebrote herbáceo de calidad, puede generar zonas muy pisoteadas, y, en condiciones en las que se busque la aplicación de cargas ganaderas altas, da lugar a la proliferación de plantas ruderales, no palatables. En general, no permite alcanzar cargas ganaderas altas.
- **Pastoreo rotacional *sensu stricto*:** la superficie de la explotación se divide en diferentes rodales, y todo el rebaño o un lote de animales aprovecha un rodal durante un tiempo determinado y pasa al siguiente hasta que vuelven al inicio de la rotación, habiendo respetado un tiempo suficiente para la recuperación de la hierba. Con cercados pequeños, en los que el rebaño no tenga disposición de pasto para más de tres días, se alcanzan cargas instantáneas altas, minimizando el pisoteo del pasto y los gastos energéticos del ganado. Los desplazamientos hacia puntos de agua son de escasa distancia. En este sistema se aprovecha la hierba uniformemente y se optimiza su calidad nutritiva. Sin embargo, conlleva una elevada dedicación en mano de obra.
- **Pastoreo rotacional sencillo:** las parcelas son de mayor superficie que en el caso anterior, lo que conlleva una carga instantánea menor.
- **Pastoreo rotacional diferido:** consiste en un pastoreo rotacional, pero dejando sin pastar uno o más rodales durante una parte importante del período vegetativo.

Estos rodales en reposo constituyen una reserva para episodios de sequía o para el aprovechamiento al final de temporada. Se recomienda al menos un aprovechamiento anual en estos rodales en reposo para evitar que la hierba pierda calidad.

- **Pastoreo rotacional intenso:** se trata de aplicar cargas instantáneas altas en un período muy corto de tiempo en un rodal, dejándolo después en largos períodos de reposo para permitir la recuperación de la vegetación. Es adecuado para zonas matorralizadas de clima seco.

Infraestructuras

Cercado perimetral

El tipo de cercado perimetral depende del tipo de ganado y de la capacidad de inversión (figura 22). Para ovino-caprino se puede utilizar vallado de mallazo (la opción más cara), cierre de alambre galvanizado o bien cercados eléctricos. En este último caso, es necesario desbrozar recurrentemente la vegetación para evitar la pérdida de corriente.

Para vacuno o equino, uno o dos hilos electrificados —a 80 cm del suelo, y, opcionalmente, otro a 40 cm—, con mástil de REA de 10 mm de diámetro, cada 4 o 5 m, más aislante, son un buen sistema de cierre (figura 23).



Figura 22. Cierres para ovino-caprino: cierre de mallazo de 1,2 m de altura, con una punta de REA de 10 mm cada 6 m (arriba izquierda); de alambre galvanizado de 1,2 m de altura con palos de RTI de 1,5 m de altura cada 4 m (arriba izquierda); cierre de cuatro o más hilos electrificados, con palos de REA de 10 mm y aislantes cada 6 o 7 m, y malla de hilo metálico, rodeada de cuerda, con piquetas para clavar en el suelo cada 3,5 m, ya incorporadas en la malla. Los tres primeros son adecuados como cerramiento permanente, mientras que el último lo es como cercado nocturno o para un corto espacio de tiempo.

Figura 23. Cierres para vacuno y equino con manivela aislante en una zona de paso para entrar en el cercado (detalle de la derecha). Adecuado como cerramiento permanente.



Ubicación de puntos de agua y zonas para el complemento alimenticio

Los puntos de agua y las zonas de complemento alimenticio condicionan la rutina diaria del ganado. Su distribución debe evitar la concentración de los animales en determinadas zonas de un

rodal. Una opción consiste en situarlos en una zona de servicio en la intersección de varios rodales (figura 24). También hay que evitar que las zonas de servicio queden demasiado lejos de las áreas de pastoreo, ubicando, si es necesario, diversos puntos de agua o zonas de complemento dentro del rodal.



Figura 24. *Diseño de rodales en una finca agroforestal (arriba): el punto verde es una zona de servicio entre distintos rodales, y comedero para paca de paja o forraje con tejado para evitar que se moje (abajo).*

5.2.3. Cuidado de los rebaños según los tipos de modelo silvopastoral

A partir de todos los conceptos expuestos hasta ahora, se proponen unas líneas básicas del manejo de explotaciones silvopastorales de los modelos pascícola (con sus dos submodelos), ajustado y agrícola. Se definen los aspectos principales de la gestión del rebaño, considerando las razas animales más adecuadas, y de los componentes pastoral y silvícola.

Modelo pascícola

Dado que se aplica principalmente con ganado bovino de cría, en la tabla 17, se

citan los aspectos del manejo para estos rebaños. La mayoría de ellos son iguales en los dos submodelos, pero en algunos casos existen diferencias debidas a las condiciones climáticas más severas en zonas de montaña.

Si se aplica el modelo con ganado ovino, es interesante conocer los sistemas reproductivos que se pueden aplicar, que pueden ser de un parto al año, tres partos en dos años o cinco partos en tres años. Las razas de ovejas más adecuadas son ripollesa, xisqueta, y lacaune, en caso de que se aplique el sistema de cinco partos en tres años. Los aspectos más importantes del pastoreo y la gestión silvícola se recogen en la tabla 18. En caso de ganado ovino, después de desmamar a los corderos se lleva a cabo engorde en la propia explotación.

Tabla 17. Aspectos que se deben considerar para la gestión de los rebaños de bovino de cría en los dos submodelos del modelo pascícola.

Aspectos del manejo	Dehesas y pastos	Valle-Montaña
Razas utilizadas	Bruna, charolais, limousin. En ocasiones se utilizan cruces industriales, siendo los machos limousin los más utilizados	Bruna especialmente, también Charolais y Limousin. En ocasiones se utilizan cruces industriales, con machos Limousin
Época de partos	Sin separación de partos: todo el año, con preferencia en primavera Con separación de partos: final de invierno	Concentración de partos durante el invierno
Fertilidad del rebaño	> 0,8 terneros por vaca reproductora y año	> 0,7 terneros por vaca reproductora y año
Edad en el primer parto	33-36 meses	33-36 meses
Peso en el nacimiento de los terneros y evolución hasta destete	~40 kg; entre 2-4% de los animales necesitan asistencia en el parto. Desmame con 180-220 kg, entre 6 y 8 meses de crecimiento.	
Engorde en propia explotación	Generalmente no	Generalmente no

Tabla 18. Principales aspectos del pastoreo y la gestión silvícola en el modelo pascícola.

Aspectos del manejo	Dehesas y pastos	Valle-Montaña
Tipo de pastoreo	Rotacional durante todo el período vegetativo	Rotacional en prados de siega; sectorización por zonas en media montaña; pastoreo continuo en las cotas más altas del piso subalpino, y en el alpino
Complemento alimenticio	Invierno; épocas de sequía en pastos herbáceos y dehesas	Invierno e inicio de primavera
Principales amenazas	Sequía de pastos herbáceos y dehesas; falta de puntos de agua	
Problemas del pastoreo	Rechazo de especies de baja palatabilidad; dificultad del control de especies invasoras; problemas con parásitos	Matorralización en zonas de media montaña; control de parásitos
Prácticas ganaderas recomendadas	Fertilización de los pastos y las dehesas; pastoreo de pastos o cultivos en el momento de fructificación para aportar con los excrementos semillas forrajeras	Fertilización de prados de siega; redileo en prados de siega
Prácticas silvícolas recomendables	Crear bosques claros y dehesas/desbroces	Desbroces en pastos matorralizados y creación de bosques claros

Modelo ajustado

El modelo ajustado se puede desarrollar en todo tipo de climas y con bovino, ovino-caprino, caprino o asnos (tabla 19). En la

base territorial domina claramente el bosque, con posibilidad de disponer de una pequeña parte de cultivos o zonas abiertas. En la tabla 19 se exponen los principales puntos de la gestión de rebaños en el modelo ajustado.

Tabla 19. Aspectos del pastoreo y la gestión silvícola en el modelo ajustado.

Aspectos del manejo	Bovino	Ovino-caprino	Caprino
Razas más adecuadas	Vaca de la Albera, Bruna, Salers, Aubrac	Ripollesa, Xisqueta Incluir un 20% de caprino en el rebaño	Aptitud cárnica: Rasquera y cabra Catalana, cabra "del país". Aptitud láctea: alpinas y andaluzas
Concentración partos	Preferentemente en primavera y otoño		Caprino cárnico: intentar la mayoría de los partos en otoño; Caprino lácteo: marzo-abril; octubre-noviembre

Modelo Agrícola

El modelo agrícola se puede desarrollar en clima subhúmedo o seco, y con ovino o bovino, en base territorial dominada por cultivos o rastrojos. El uso del bosque y la intensidad de pastoreo en zonas forestales vienen más determinados por la decisión del pastor o el ganadero que por el modelo en sí. La caracterización de razas adecuadas, así como las prácticas silvopastorales son muy similares a las del modelo ajustado. Aun así, se pueden incorporar algunas ideas:

- Para la producción ovina en clima subhúmedo, la raza Lacaune podría ser adecuada, mientras que no se recomienda en bases territoriales claramente dominadas por bosque (modelo ajustado) ni tampoco en clima seco.
- Llevar a cabo un pastoreo combinado bosque-cultivos, o bosque-rastrojos.





6

Normativa

Este apartado es un resumen del informe Los sistemas agroforestales en el Plan estratégico de la PAC Español: análisis y reflexiones (Bertomeu *et al.*, 2024), centrado en aquellos aspectos del marco normativo que afectan más directamente a los sistemas silvopastorales.

6.1. La clasificación de los terrenos de pasto y silvopastoralismo en el SIGPAC

El Sistema de Información Geográfica de Identificación de Parcelas Agrícolas (SIGPAC) clasifica los terrenos de pasto como: bosque denso (FO), pasto permanente con arbolado (PA), pasto arbustivo (PR) y pastos permanentes y pastizales, que incluye los pastos de siega (PS). Un punto clave que se debe tener en cuenta es la definición de pastos permanentes que hace el Real decreto 1048/2022 es el siguiente: “las tierras utilizadas para la producción de hierbas y otros forrajes herbáceos naturales (espontáneos) o cultivados (sembrados), incluidos los pastizales permanentes y que no hayan sido incluidas en la rotación de cultivos de la explotación durante cinco años o más, ni hayan sido labradas, aradas o resembradas con un tipo de gramínea o forraje herbáceo diferente durante cinco años o más. Pueden incluir otras especies arbustivas y arbóreas que pueden servir de pastos y otras especies tales como arbustos y árboles que producen alimentos para los animales, incluso si las hierbas u otros forrajes herbáceos no son predominantes o

bien no están presentes en dichas tierras”. En Europa, solo Irlanda y Grecia comparten una definición de pastos permanentes que incluye especies arbustivas en todo el territorio nacional “aunque las especies herbáceas no sean predominantes” (Bertomeu y Lawson, 2023).

El coeficiente de subvencionabilidad o admisibilidad de pastos (CSP) es una medida de cálculo que se utiliza cuando una superficie agraria de pastos no es productiva en una medida significativa (véase el apartado siguiente). En el caso de superficies con vegetación leñosa, el CSP penaliza la superficie subvencionable. En total, las superficies de pasto en el SIGPAC suman 10,8 Mha (tabla 20), equivalente a un 24% de la superficie agrícola utilizada en España. Los cambios recientes en los criterios de clasificación han aumentado ligeramente —del 68,4% al 71,2%— la elegibilidad de los pastos con árboles o arbustos respecto al período anterior de la PAC (tabla 20).

Tabla 20. Superficie de pastos en el SIGPAC (PA: pasto permanente con arbolado; PR: pasto arbustivo; PS: pastizal) en el período anterior de la PAC (2015) y en el actual (2023). Adaptado de Bertomeu et al. (2024). Datos originales: Agrodigital (2023).

Uso del suelo	Número de parcelas	Superficie total (ha)	CAP 2015 Superficie subvencionable		CAP 2023 Superficie subvencionable	
			Hectáreas	% respecto total	Hectáreas	% respecto total
PA	665.313	3.537.994	2.388.649	67,5	2.485.879	70,3
PR	3.289.847	5.019.676	3.022.172	60,2	3.179.297	63,3
PS	2.882.928	2.231.318	1.969.774	88,3	2.018.215	90,5
Total	6.838.088	10.788.988	7.380.595	68,4	7.683.391	71,2

El visor SIGPAC contiene capas adicionales de información relevantes para el silvopastoralismo: una de estas capas —solo disponible en Andalucía, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Extremadura y la Comunidad de Madrid— es la “montanera”: se trata de parcelas validadas por cada comunidad autónoma como aptas para obtener productos que pueden comercializarse con la etiqueta “de bellota”, establecida en el Real decreto 4/2014, de 10 de enero, y es una norma de calidad para la carne de cerdo ibérico. Otra capa se denomina “dehesas comunales” y delimita las zonas de propiedad comunal declaradas en virtud del Real decreto 1048/2022, de 27 de diciembre, sobre la declaración geográfica de pastos permanentes.

Una categoría de uso del suelo recientemente añadida al SIGPAC es “elementos del paisaje”, que incluye

árboles en grupos, árboles en hileras, árboles aislados, setos, bosquecillos y lindes de bosques (MAPAMA, 2023). Los agricultores y ganaderos deben proteger estas zonas como parte de las normas de condicionalidad de la PAC (es decir, buenas condiciones agrícolas y ambientales —BCAM-8—; véase el apartado siguiente). El Real decreto 1049/2022, de 27 de diciembre, describe los elementos —incluyendo las dimensiones y los factores de conversión y ponderación—. Sin embargo, las normas que deben seguir los agricultores y ganaderos para declararlas no están claras, especialmente tras la eliminación de las superficies mínimas obligatorias para la BCAM-8 en el Reglamento de simplificación de la PAC de 2024. Los agricultores siguen estando obligados a mantener estos elementos del paisaje, pero los procedimientos para actualizar los datos y supervisar la protección no están claros.

6.2. Los sistemas silvopastorales y los pagos directos de la PAC (pilar I)

6.2.1. El coeficiente de subvencionabilidad de pastos

El coeficiente de subvencionabilidad de pastos (CSP) indica el porcentaje de la subvención que puede recibir una superficie pastoral. El valor 100% correspondería a una superficie completamente pastable, pero este valor se reduce a través de cuatro factores que se considera que reducen su pleno potencial:

- **Factor suelo:** penaliza las zonas sin vegetación: suelo desnudo, afloramientos rocosos, arenales, carreteras, edificios y otros elementos improductivos. Se basa

en índices de vegetación medidos por satélite a lo largo del año, clasificando el territorio en valores de 0 (sin vegetación), 25, 50, 75 o 100 (vegetación alta).

- **Factor pendiente:** se basa en modelos digitales del terreno (MDT) de alta resolución del Instituto Geográfico Nacional (IGN), aplicándose un descuento progresivo cuando la pendiente es superior al 60%, y considerándose zona excluida (0% de la ayuda) si la pendiente es superior al 100%.
- **Factor incendio:** es un factor temporal que asigna un CSP de 0 a los pastizales

situados en zonas acotadas (restringidas) al pastoreo tras un incendio, hasta que se considere que se han recuperado.

- Factor vegetación:** la vegetación de entre 40 y 100 cm de altura se clasifica automáticamente como matorral y se considera un factor de “acceso limitado al ganado”, lo que daría lugar a un CSP de 0. Sin embargo, se ha creado recientemente un “factor de especie”: las comunidades autónomas pueden determinar qué especies leñosas se consideran de interés forrajero en su territorio, y su presencia no sería un impedimento para el cálculo del CSP (MAPA, 2023). Por ejemplo, Extremadura concede una subvencionabilidad del 100% a toda la dehesa arbolada, en aplicación de la Resolución, de 27 de febrero de 2023, de la Dirección General de Política Agraria Comunitaria, que enumera 16 especies arbustivas y 3 géneros arbóreos de interés forrajero, tanto dentro como fuera de las zonas de dehesa.

6.2.2. Buenas condiciones agrarias y medioambientales para la biodiversidad y el paisaje (BCAM)

Las BCAM establecen los requisitos obligatorios de cuidado de la tierra y el ganado que deben cumplirse en la gestión agraria para recibir ayudas directas. La BCAM-8 aborda los elementos del paisaje o elementos “improductivos” que deben conservarse, enumerados por Lawson y De Boeck (2023).

6.2.3. Los ecorregímenes

Los ecorregímenes son una novedad de la PAC 2023-2027 consistente en pagos anuales adicionales a los pagos directos, para favorecer la adopción voluntaria de acciones ambientales o climáticas. España ha definido nueve ecorregímenes, que se aplican en todo el país, cinco de los cuales son potencialmente relevantes para los sistemas silvopastorales (tabla 21), y representan

Tabla 21. Los cinco ecorregímenes activados en España potencialmente relacionados con el silvopastoralismo. Fuente: [FEGA \(2025\)](#).

Ámbito	Ecorrégimen	Núm.	Tipo de superficie	Prácticas
Agricultura de carbono y agroecología	Pastoreo extensivo, siega y biodiversidad	1	Pastos húmedos	P1. Pastoreo extensivo
		2	Pastos mediterráneos	P2A. Establecimiento de islas de biodiversidad P2B. Siega sostenible
Agricultura de carbono	Cubiertas vegetales y cubiertas inertes	6	Cultivos leñosos; terrenos de pendiente elevada	P6. Cubiertas vegetales espontáneas o sembradas P7. Cubiertas inertes de restos de poda
		7	Cultivos leñosos; terrenos de pendiente media	
		8	Cultivos leñosos; terrenos llanos	

el 60% de la financiación asignada. Las autoridades regionales pueden llevar a cabo pequeños ajustes en sus normas, como el período necesario para demostrar que el pastizal se está utilizando efectivamente para el pastoreo.

Los ecorregímenes 1 y 2 son especialmente relevantes para los sistemas silvopastorales, y buscan promover el pastoreo extensivo y la adición o el mantenimiento de islas de biodiversidad, incluyendo vegetación leñosa. Las dehesas se mencionan como típicas de los pastos arbolados en los que se centra el ecorregimen 2. En cuando a los

ecorregímenes relacionados con cubiertas vegetales e inertes (ecorregímenes 6, 7 y 8) se permite el pastoreo de la cubierta vegetal viva, lo que permitiría establecer sistemas silvopastorales en terrenos de cultivos leñosos.

Las superficies que se han acogido a estos ecorregímenes por parte de cada comunidad autónoma se recogen en el Balance PAC 2024 (MAPA, 2025), pero es difícil medir el impacto de los ecorregímenes sin conocer las prácticas aplicadas en cada parcela.

6.3. Los sistemas silvopastorales en las políticas de desarrollo rural (pilar II de la PAC)

6.3.1. Medidas agroambientales y climáticas-AECM (artículo 70)

Las medidas AECM proporcionan pagos anuales durante períodos de hasta ocho años, si se adoptan medidas beneficiosas para el medioambiente, el clima y el bienestar animal. España ha activado dos medidas claramente alineadas con los sistemas silvopastorales:

- 6501.3 - Compromisos para promover y gestionar de forma sostenible los pastos: prevé las acciones siguientes: a) pastoreo extensivo con animales de determinadas especies; b) práctica de la trashumancia; c) planes anuales de pastoreo que incluyan la rotación, el traslado de animales y el uso de pastos fuera de la explotación; d) gestión tradicional de los pastos con traslado estacional del ganado con el mismo número de animales durante al menos cinco años consecutivos;

e) exclusión temporal del pastoreo, que consiste en dejar sin pastar al menos el 20% de la superficie contratada cada año durante tres meses y de forma rotativa; f) extensificación del pastoreo respetando los límites máximos de carga ganadera; g) siega, no labranza, pastoreo controlado, limitaciones en la fertilización, regeneración de la superficie (evitando especies invasoras o vegetación arbustiva).

- 6502.2-Compromisos para mantener plantaciones forestales y sistemas agroforestales: estas medidas apoyan la conservación de las plantaciones leñosas, facilitando su desarrollo para que puedan proporcionar servicios ecosistémicos (por ejemplo, la captura y el almacenamiento de carbono, la regulación hidrológica, los servicios culturales y recreativos, la protección del suelo y la conservación de la biodiversidad), incluidos los hábitats y el mantenimiento del paisaje.

Además, hay otras tres medidas AEEM que pueden favorecer el silvopastoralismo, en función de cómo se articulen en las CC. AA. que las han activado: Mantenimiento o mejora de los hábitats y las actividades agrícolas tradicionales que preservan la biodiversidad (6501.6); Prácticas para la mejora del suelo y el control de la erosión (6501.8), y Compromisos de gestión forestal (6502.1).

6.3.2. Medidas de inversión-INVEST (artículo 73)

Las medidas INVEST son pagos únicos destinados a cubrir los costes de inversiones productivas o no productivas. De las medidas elegibles en España, hay cinco claramente alineadas con los sistemas silvopastorales:

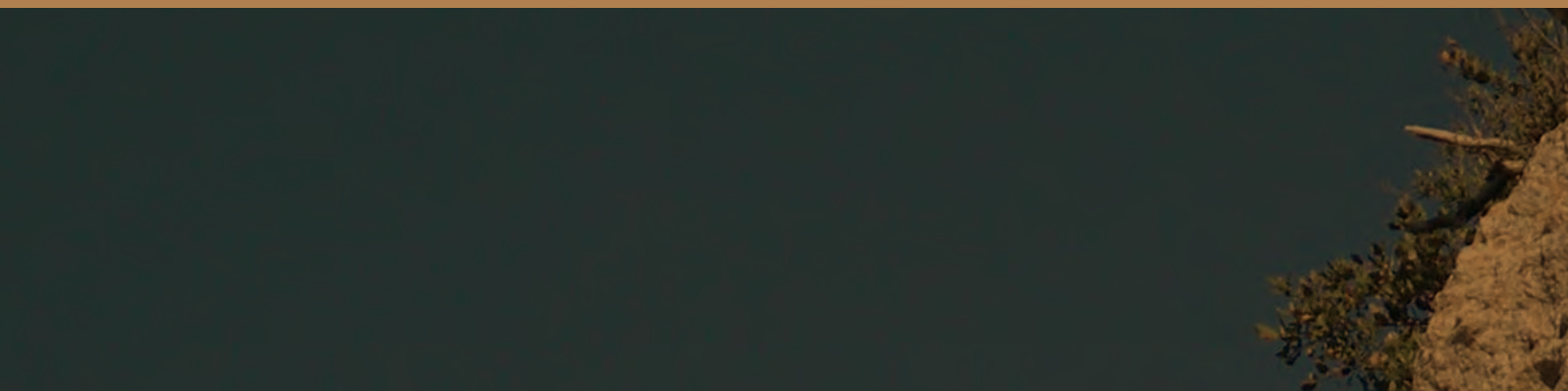
- 6881.1-Inversiones forestales no productivas en sistemas de reforestación y sistemas agroforestales: incluye el establecimiento de vegetación leñosa en espacios agrarios, el aclareo de la vegetación forestal para permitir el uso ganadero y el establecimiento o la mejora de pastizales.
- 6881.2-Inversiones forestales no productivas para prevenir daños forestales: incluye tratamientos silvícolas y el uso del ganado para prevenir incendios forestales, y la instalación o la mejora de pastos.
- 6881.3-Inversiones no productivas en la restauración de daños forestales: incluye tratamientos silvícolas e infraestructuras ganaderas (cerramientos, puntos de agua, etc.).

- 6881.4-Inversiones forestales no productivas en acciones silvícolas con objetivos medioambientales: incluye planes de gestión forestal y mejora de la red de caminos ganaderos.
- 6844-Inversiones no productivas en explotaciones agrícolas relacionadas con la mitigación y la adaptación al cambio climático, el uso eficiente de los recursos naturales y la biodiversidad: incluye la creación y el mantenimiento de elementos que generen heterogeneidad ambiental.

Otras medidas, como INVEST 6841.1 (Ayudas a las inversiones productivas en explotaciones agrícolas vinculadas a la contribución a la mitigación y la adaptación al cambio climático, al uso eficiente de los recursos naturales y al bienestar animal), INVEST 6864 (Ayudas a la inversión para la diversificación agrícola) e INVEST 6883 (Inversiones forestales productivas) también pueden ayudar a fomentar los sistemas silvopastorales.

6.3.3. Grado de adopción de las medidas AEEM e INVEST más relacionadas con los sistemas silvopastorales

Castilla y León y Galicia han activado las siete medidas identificadas como especialmente favorables a los sistemas silvopastorales, mientras que Cantabria, Navarra y Extremadura han activado seis de ellas. Por otra parte, Euskadi solo ha aprobado una de esas medidas, las Islas Baleares dos, y la Comunidad Valenciana tres.





7

Glosario

Adaptación. En un contexto de cambio climático, consiste en aumentar la resiliencia frente a una perturbación o combinación de ellas, tales como una ola de calor, una sequía duradera o un incendio severo, entre otras.

Agroforestería. Término colectivo que designa los sistemas de gestión de la tierra que integran de forma espacial o temporal plantas leñosas, cultivos agrícolas o producción ganadera.

Aprehensibilidad. Facilidad de recolección bucal de un forraje por un animal. Depende de las características estructurales del alimento (altura y recubrimiento) y del tipo de animal (labial en ovino y caprino, y lingual en bovino). Es un factor determinante de la ingestión de alimento.

Calidad forrajera. Constituyentes de un alimento que aportan beneficios en la dieta de un animal. En silvopastoralismo, alto contenido en fibras como la celulosa y, especialmente, la lignina, penalizan la calidad forrajera de una planta u órgano de esta.

Carga ganadera. Presión herbívora que un determinado rodal admite y se relaciona con su potencial forrajero. Constituye un indicador útil para estimar el número de animales de una determinada especie que pueden aprovechar el rodal sin causar daños por sobrepastoreo. La carga se suele expresar en unidades de ganado mayor por unidad de superficie y tiempo ($\text{UGM} \cdot \text{año} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Contenido celular. Conjunto de sustancias minerales y orgánicas del interior de las células (en contraposición a la pared celular en los vegetales) como proteínas, azúcares, lípidos, ácidos orgánicos, etc.

Facilitación. Interacción positiva, no trófica, entre especies que contribuyen a la estructuración y el funcionamiento de los ecosistemas mediada a través de cambios en los entornos abiótico o biótico.

Forraje. Alimento fresco o conservado seco o ensilado, como, por ejemplo, hierba, heno, ramón o frutos.

Lignina. Constituyente de la pared de las células vegetales. Es indigestible y obstaculiza la degradación de las paredes celulares por los microorganismos del rumen y el intestino grueso.

Mitigación. Acción para reducir y limitar los gases de efecto invernadero en la atmósfera causantes del cambio climático.

Oferta de forraje (o disponibilidad).

Cantidad de materia seca a disposición de un animal en pastoreo. Se calcula en función de la biomasa por unidad de superficie durante el tiempo de permanencia del animal. Integra aspectos cualitativos de la estructura del recurso forrajero, como la altura, y la proporción de hojas que determinan su prensibilidad.

Palatabilidad (o apetecibilidad). Impresión global que el alimento provoca en el animal (véase el capítulo 3) y que depende de un conjunto de características físicas (porte de la planta, espinas, etc.) y químicas (olor, sabor, etc.). La palatabilidad depende también del tipo de animal y sus características.

Paisaje resiliente al fuego. Sistema socioecológico que acepta la presencia del fuego, a la vez que previene pérdidas significativas mediante la gestión del paisaje, la participación comunitaria y una recuperación eficaz (Thacker *et al.*, 2023).

Pared celular. Retículo externo de la célula formada por fibras que confiere rigidez a los tejidos vegetales. Las fibras están formadas principalmente por cuatro grupos de constituyentes: celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y lignina.

Ramón. Hojas y ramillas que constituyen la alimentación de especies de ungulados

herbívoros para su consumo a diente, en forma de forraje aportado en fresco o seco.

Rodal. Unidad básica de gestión caracterizada por una composición y dinámica propias, homogénea en cuanto a especies forestales, calidad y estado, así como su función dentro del sistema ganadero.

Resiliencia. Capacidad de un sistema de recuperar las funciones a niveles similares a los anteriores a una perturbación. Incluye tanto su capacidad de resistir las condiciones derivadas de una perturbación como su capacidad de recuperación de sus funciones a niveles similares a los existentes antes de ella.

Resistencia. Capacidad de un sistema de mantener sus funciones esenciales durante una perturbación.

Selección en pastoreo. Cualidad de los animales de seleccionar unas plantas en pastoreo y rechazar otras. Depende de la palatabilidad de las plantas en un momento concreto, y también de aspectos fisiológicos de los animales, como el hambre, la necesidad de agua que puedan aportar las plantas, la sensación de saciedad, etc.

Silvopastoralismo. Sistema de gestión ganadera que combina de forma espacial o temporal el pastoreo de recursos leñosos, herbáceos o cultivos, con interacciones ecológicas y socioeconómicas entre los distintos componentes. Es una solución basada en la naturaleza que diversifica la producción y aumenta los beneficios sociales, económicos y medioambientales.

Trastermitancia. Desplazamientos relativamente cortos, inferiores a 50 km según algunos autores, que se suelen llevar a cabo dentro de una misma comarca o montaña.

Trashumancia. Desplazamientos relativamente largos, entre regiones, alternando anualmente los pastos de verano con los pastos de invierno.

Unidad forrajera (UF). Magnitud relativa que compara el valor energético de un kilogramo de un forraje con el de un kilogramo de grano de cebada al 13% de humedad (870 g MS = 2.700 kcal de energía metabolizable). Corresponde a la energía neta disponible para el mantenimiento y el crecimiento de un animal en cebo, con un nivel de producción de 1,5. 1 UFC = 1.820 kcal o 7.62 kJ de energía neta para la producción de carne.

Unidad de ganado mayor (UGM). Magnitud relativa utilizada para cuantificar el consumo de un animal en pastoreo, bien sea a través de consumo diario de materia seca o de gasto energético. En sistemas extensivos, se suele considerar 1,0 UGM una vaca vacía de 500 kg de peso vivo, y a partir de aquí se determina una equivalencia para vacas en otros estados fisiológicos, o bien para ovejas o cabras de un peso vivo determinado.

Potencial forrajero. Capacidad de alimentar el ganado que tiene una determinada superficie y se relaciona con la carga ganadera óptima que admite.

Valor pastoral. Índice relativo y adimensional que permite clasificar los pastos de una zona según su calidad forrajera. Habitualmente, el VP se calcula a partir de la composición florística y del valor de calidad forrajera de cada taxón para un determinado tipo de animal herbívoro (Daget y Poissonet, 1991). En la bibliografía se pueden encontrar valores de calidad específicos (Is) para un número elevado de taxones, especialmente de herbáceas de pastos de montaña, basados en la interpretación de numerosos atributos botánicos (morfología y relación hojas/tallos), y en observaciones de campo sobre su apetecibilidad.

Bibliografía

Agrodigital (2023). Los pastos bajo arbolado serán subvencionables gracias al nuevo coeficiente de admisibilidad. www.agrodigital.com/2023/03/06/los-pastos-bajo-arbolado-seran-subvencionables-gracias-al-nuevo-coeficiente-de-admisibilidad/

Alibes, X. y P. Berge. (1983). "Valorización de los subproductos del olivar como alimentos para los rumiantes en España". División de la Producción Animal, FAO, Roma.

Bartolomé, J., Plaixats, J., Piedrafita, J. *et al.* (2011). Foraging behavior of Alberes cattle in a Mediterranean forest ecosystem. *Rangeland Ecology and Management* 64, 319-324.

Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest Prod. Sci.* 6.

Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., Morand-Fehr, P. (2000). How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.* 64, 15-28.

Belsky, A. J., Mwonga, S. M., y Duxbury, J. M. (1993). Effects of widely spaced trees and livestock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agrofor. Syst.* 24, 1-20.

Benegas, L., *et al.* (2021). Positive Effects of Scattered Trees on Soil Water Dynamics in a Pasture Landscape in the Tropics. *Front. Water* 3:736824.

Bertness, M.D., Hacker, S.D. (1994) Physical stress and positive associations among marsh plants. *Am Nat* 144, 363-372.

Bertomeu, M., Coello, J., Lawson, G., Armengot, L., Baiges, T., Borràs, G., Casadesús, A., Pascual, D., Pauné, F., Rull, J., Sánchez, L., y de Torre Barrio, B. (2024). Los sistemas agroforestales en el Plan estratégico de la PAC español: análisis y reflexiones (Version 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11071948>

Bertomeu, M., y Lawson, G. (2023). Definiciones de agrosilvicultura y pastizales permanentes en la UE. Informe de políticas 29. Federación Agroforestal Europea. <https://zenodo.org/records/10449117>

Brovkin, V., Chatain, A., Callaghan, T.V., Díaz, S., Garnier, E., Gurvich, D.E., Kazakou, E., Klein, J.A.L., Read, J., Reich, P., Soudzilovskaia, N.A., Vaieretti, M.V., Westoby, M. (2008). Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecol Letters* 11, 1065-1071.

Brovkin, V., Chatain, A., Callaghan, T.V., Díaz, S., Garnier, E., Gurvich, D.E., Kazakou, E., Klein, J.A.L., Read, J., Reich, P., Soudzilovskaia, N.A., Vaieretti, M.V., Westoby, M. (2008). Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. *Ecol Letters* 11, 1065–1071.

Busquets, E., Piqué, M., González-Olabarria, J.R., Domènech, R. (2022). Servidor regional para la evaluación del peligro de incendio forestal. 8º Congreso Forestal Español Sociedad Española de Ciencias Forestales, 1-14.

Caldwell, M. M. (1998). Hydraulic lift: consequences of water efflux from the roots of plants. *Oecologia*. 113, 151–161.

Carbonero Muñoz, M.^a D. (2011). Evaluación de la producción y composición de la bellota de encina en dehesas. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba. ISBN¹³: 978-84-694-9098-3.

Casals, P., Romero, M. J., Rusch, G. M., e Ibrahim, M. (2013). Soil organic C and nutrient contents under trees with different functional characteristics in seasonally dry tropical silvopastures. *Plant and Soil*, 374, 643–659.

Casals, P., Baiges, T., Bota, G., Chocarro, C., de Bello, F., Fanlo, R., Sebastià, M.T., Taüll, M. (2009). Silvopastoral systems in the Northeastern Iberian Peninsula. A Multifunctional Perspective. In: Rigueiro-Rodríguez A, McAdam JH, Mosquera-Losada MR (Eds) *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. Cap. 9, pp. 161-181 Springer-Berlag. ISBN 978-1-4020-8271-9.

Castellnou, M., Nebot, E., Estivill, L., Miralles, L., Rossell, M., Valor, T., Casals, P., Duane, A., Piqué, M., Górriz, Mifsud, E., Coll, L., Plana, E., Colaço, C., Skulska, I., y Moran, P. (2022). Transfer of Lessons Learned on Extreme wildfire Events to key stakeholders. Deliverable D1.1 FIRE-RES project. 119 páginas.

Codron, D., Hofmann, R. R., y Clauss, M. (2019). Morphological and physiological adaptations for browsing and grazing. En: J. Gordon, HT Prins (eds.). *The ecology of browsing and grazing II*. Ecological studies 239. Doi.org/10.1007/7978-3-030-25865-8-4

Creus, J., Fillat, F., Gómez, D. (1984). El fresno de hoja ancha como árbol semi-salvaje en el Pirineo de Huesca (Aragón). *Acta biológica de montaña*, IV: 445 – 454.

Daget, P. H., y Poissonet, J. (1991). Une methode d'analyse phytologique des prairies. *Annales Agronomiques*, 22(1), 5–41.

De Gea-Izuierdo, G. (2008). Modelos silvopascícolas en sistemas adheridos en el oeste de la Península Ibérica. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.

Dickie, A., Streck, C., Roe, S., Zurek, M., Haupt, F., Dolginow, A., (2014). Strategies for mitigating climate change in agriculture: Abridged report. Climate focus and california environmental associates, prepared with the support of the climate and land use. In: Rowlinson, P., Steel, M., Nefzaoui, A. (Eds.), *Livestock and Global Climate Change Conference Proceeding*. Cambridge University Press, Tunisia, pp. 36–39.

Dohn, J., Dembele, F., Karembé, M., Moustakas, A., Amevor, K. A., y Hanan, N. P. (2013). Tree effects on grass growth in savannas: Competition, facilitation and the stress-gradient hypothesis. 2013. *J. Ecol.* 101, 202–209. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12010>

Espeleta, J. F., West, J. B., y Donovan, L. A. (2004). Species-specific patterns of hydraulic lift in co-occurring adult trees and grasses in a sandhill community. *Oecologia*, 138, 341–349.

Étienne, M., Hubert, B., Jullian, P., Lecrivain, E., Legrand, C., Meuret, M., y Napoleone, M. (1990). Espaces forestières, élevage et incendie. *Revue Forestière Française*. Núm Spécial 42, 157–172.

Étienne M, Hubert B, Msika B (1994). Sylvopastoralisme en région méditerranéenne. *Revue Forestière française* (XLVI):30–41.

Étienne, M., y Rigolot, E. (2001). Méthodes de suivi des Coupures de combustible. Réseau Coupures de combustible RCC n°1 - Éd. de la Cardère Morières, 48p.

Fabbio, G., Merlo, M., Vittorio, T. (2003). Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe-the Mediterranean region. *J Environ Manage* 67, 67–76.

FEDNA-Fundación Española para la Nutrición Animal. Bellota de encina entera. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/bellota-de-encina-entera. Último acceso: diciembre de 2025.

FEGA. (2025). Ecorregímenes. www.fega.gob.es/es/pepac-2023-2027/ayudas-directas/ecorregimenes.

Gallardo, A. (2003). Effect of tree canopy on the spatial distribution of soil nutrient in a Mediterranean Dehesa. *Pedobiologia*, 47, 117–125.

García-González, R., y Marinas, M. (2008). Bases ecológicas para la ordenación de territorios pastorales. En Fillat, F., García-González, R., Gómez, D., y Reiné, R. (eds.) *Pastos del Pirineo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Diputación de Huesca. Madrid. Cap. 15. ISBN: 978-84-00-08614-5.

Gea-Izquierdo, G., Montero, G., y Cañellas, I. (2009). Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree-grass interactions. *Agrofor. Syst.* 76, 375–387.

- Gómez, D. Fillat, F. (1981). La cultura ganadera del fresno. *Pastos* 11 (2), 295 -302.
- González García, E. (2019). Le mûrier blanc: une ressource fourragère à fort potentiel. *Réussir Bovins Viande*, 268, 46-47.
- Guérin, G., y Sasjdak, G. (2011). Le sylvopastoralisme, un atout pour les surfaces boisées. *Forêt-entreprise*, 196, 47–50. <https://www.cnpf.fr/sites/socle/files/2024-07/FE196.pdf>. Último acceso: diciembre de 2025.
- Hanson, P.J., Lindberg, S.E. (1991). Dry deposition of reactive nitrogen compounds: a review of leaf, canopy and nonfoliar measurements. *Atmos Environ* 25,1615–1634.
- Herrera, P. M. (ed.) (2020). Ganadería y cambio climático: un acercamiento en profundidad. Fundación Entretantos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. Pp. 30. ISBN 978-84-09-19757-6.
- Hofmann, R. R. (1989). Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive systems. *Oecologia*, 78, 443–457.
- IPCC (2021). Resumen para responsables de políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (editores)]. Cambridge University Press.
- Jobbágy, E. G., y Jackson, R. B. (2004). The uplift of soil nutrients by plants: biogeochemical consequences across scales. *Ecology*, 85, 2380–2389.
- Joffre, R., y Rambal, S. (1993). How tree cover influences the water balance of Mediterranean rangelands. *Ecology*, 74, 570–582.
- Lawson, G., y De Boeck, A. (2023). Landscape Features in the new CAP (2023-2028) (Versión 1). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7907039>
- López-Arias, M. (2002). Sobre intercepción, trascolación y escurrimiento cortical en el ciclo hidrológico. *Cuad. Soc. Esp. Cien. For.*, 13, 55–66.
- Ludwig, F., Dawson, T. E., Prins, H. H. T., Berendse, F., y de Kroon, H. (2004). Below-ground competition between trees and grasses may overwhelm the facilitative effects of hydraulic lift. *Ecol. Lett.*, 7, 623–631.
- Luizão, F.J., Proctor, J., Thompson, J., Luizão, R.C.C., Marrs, R.H., Scott, D.A., Viana, V. (1998). Rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil: soil and litter process response to artificial gaps. *Forest Ecol Manage* 102, 291–303.
- Kikvidze, Z., Khetsuriani, L., Kikodze, D., Callaway, R.M. (2006). Seasonal shifts in competition and facilitation in subalpine plant communities of the central Caucasus. *J Veg Sci*. 17, 77–82.

Mandalúniz, N., Ruiz, R., Oregui, L.M. (2006). Propuesta de definición de Unidad Animal, y metodología de estimación, para su aplicación en sistemas de pastoreo extensivo. XLV Reunion Científica de la SEP, 274 - 280.

Mackay-Smith, T.H., Spiekermann, R.I., Richards, D.R., Harcourt, H., Burkitt L.L. (2024). An integrative approach to silvopastoral system design: perspectives, potentials and principles, New Zealand Journal of Agricultural Research, DOI: 10.1080/00288233.2023.2298922

MAPA. (2023). Nota explicativa sobre el coeficiente de subvencionabilidad de los pastos-CSP 2023. Subdirección General de Ayudas Directas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. www.fega.gob.es/sites/default/files/files/document/230302_nota_web_csp_2023.pdf

MAPA. (2025). Balance del segundo año de aplicación de la política agrícola común (PAC). www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/reforma-de-la-pac/plan-estrategico-pac-post-2020/documentos/balance-pac-2024.pdf

MAPAMA. (2023). Descarga de los datos de elementos del paisaje, franjas de protección de los cauces y superficie resultante de los mismos en los recintos SIGPAC, campaña 2023. Subdirección General de Ayudas Directas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. www.fega.gob.es/sites/default/files/files/document/230315_nota-descarga_eepf_franjas-por-recinto_2023_0.pdf

Meuret, M., y Agréil, C. (2006). Des broussailles au menu. INRA Écodéveloppement Avignon. pp 4. https://www.paturajuste.fr/files/public/docs-vulgarises/fichiers/inra_plaquette_broussaillesaumenue.pdf. Último acceso: diciembre de 2025).

Meuret, M. (1993). Piloter l'ingestion au pâturage. *Étud. Rech. Syst. Agraires Dév.*, 27, 161–198.

Meuret, M., Bellon, S., Guérin, G., y Hanus, G. (1995). Outils et méthodes pour analyser les ressources au pâturage. *2è Recherche des Ruminants*, 2, 27–36.

Meuret, M. 2014. Des ressources fourragères à construire en tenant compte du point de vue de l'animal. *Espaces pastoraux espaces de production agricoles Pastum*, 15 -23.

Miranda-Gómez, J., Rusch, G. M., Casals, P., Declerck, F., Ibrahim, M., Casanoves, F., y Jiménez, F. (2013). Efectos de los rasgos morfológicos y ecofisiológicos de árboles neotropicales en la transferencia de agua y nutrientes al suelo. *Agroforesteria en las Américas*, 50, 69–75.

Montané, F., Rovira, P., Casals, P. (2007). Shrub encroachment into mesic mountain grasslands in the Iberian peninsula: Effects of plant quality and temperature on soil C and N stocks. *Global Biogeochemical Cycles*, 21, doi:10.1029/2006GB002853

Montané, F., Romanyà, J., Rovira, P., Casals, P. (2010). Aboveground litter quality changes may drive soil organic carbon increase after shrub encroachment into mountain grasslands. *Plant Soil* 337, 151-165.

Moreno, G., y Pulido, F. J. (2009). The Functioning, Management and Persistence of Dehesas. *Springer Nature*, 7, 127–160.

Mosquera-Losada, M. R., McAdam, J., y Rigueiro-Rodríguez, A. (2004). Silvopastoralism and Sustainable Land Management: Proceedings of an International Congress on Silvopastoralism and Sustainable Management held in Lugo, Spain. CABI publishing. pp. 429. ISBN 1 84593 0001 0.

Nair, P.K.R. (1993) An Introduction to Agroforestry. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Newman Thacker, F.E., Castellnou Ribau, M., Bartholomeus, H., Stoof, C.R. (2023). What is a free resilient landscape? Towards an integrated definition. *Ambio*. DOI: 10.1007/s13280-023-01891-8

Nordenstahl, M., Gundel, P.E., Clavijo, M.P., Jobbagy, E.G. (2011). Forage production in natural and afforested grasslands of the Pampas: ecological complementarity and management opportunities. *Agrofor Syst* 83:201–211

Osoro, K., Celaya, R., Martínez, A. (2002). Producción ecológica de productos derivados de rumiantes en España: Situación y posibilidades. En: Labrador, J., Porcuna, J. L., y Bello, A. (eds.). Manual de agricultura y ganadería ecológica. Ed. Soc. Española de Agricultura Ecológica. 84-930738-3-0.

Osoro, K., Vassallo, J. M., Celaya, R., y Martínez, A. (2000). Resultados de la interacción vegetación x manejo animal en dos comunidades vegetales naturales de la Cordillera Cantábrica. *Inv. Agraria: Producción y Sanidad Animales*, 15(3), 137–157.

Papanastasis, V.P. (1996). Silvopastoral systems and range management in the Mediterranean region. In: Etienne, M. (ed) Western European Silvopastoral Systems. INRA. París, pp. 143-156.

Pardini, A., Piemontese, S., y Argenti, G. (1993). Limitation of forest fire risk by grazing of firebreaks in Tuscany. *Italia Forestale e Montana*, 48(6), 341–352.

Piqué, M.; Vericat, P. (2011). Orientaciones de gestión forestal sostenible de Cataluña (ORGEST). Tipologías forestales arboladas. 354 pp. Centro de la Propiedad Forestal de Catalunya. Generalitat de Catalunya.

Reis, G. L., Quintão Lana, Â. M., Martins Maurício, R., Quintão Lana, R. M., Matta Machado, R., Borges, I., y Quinzeiro Neto, T. (2010). Influence of trees on soil nutrient pools in a silvopastoral system in the Brazilian Savannah. *Plant Soil*, 329, 185–193.

Réseau Pâtur'Ajuste (2017). Les ressources ligneuses. Fiche technique. Ed. SCOPELA. pp. 4. <https://www.agroforesterie.fr/wp-content/uploads/2022/07/fiche-paturajuste-ressources-ligneuses-novembre-2017.pdf>

Rigolot, E., Lambert, B., Pons, P., y Prodon, R. (2002). Management of a mountain rangeland combining periodic prescribed burnings with grazing: impacts on vegetation. En: Trabaud, L., y Prodon, R. (Eds). Fire and biological processes. Leiden, the Netherlands: Backhuys.

Rodaut, F., Aussibal, G., Beylier, G., Garde, L., y Gautier, D. (2007). La broussaille, un atout pour le pâturage. *Renc. Rech. Ruminants*, 7, 14.

Rodrigañez, C. (1949). Prados arbóreos. Apuntes y datos para aprovechar el follaje de los árboles y arbustos en la alimentación del ganado. Publicaciones del Ministerio de Agricultura.

Manuales Técnicos, 3. Pp. 187. Madrid.

Ruiz-Mirazo, J. (2011). Las áreas pasto-cortafuegos: un sistema silvopastoral para la prevención de incendios. Tesis doctoral. CSIC. Granada.

Ruiz-Mirazo, J., Robles, A. B., y González-Rebollar, J. L. (2009). Pastoralism in Natural Parks of Andalusia (Spain): A tool for fire prevention and the naturalization of ecosystems. En: Pacheco, F. (ed.), Morand-Fehr, P. (ed.). *Changes in sheep and goat farming systems at the beginning of the 21st century: research, tools, methods and initiatives in favour of a sustainable development*. Zaragoza: CIHEAM / DRAP-Norte / FAO, 2009. pp. 141–144. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens; n.º 91.

Rusch, G.M., Zapata, P.C., Casanoves, F., Casals, P., Ibrahim, M., DeClerk, F. (2014). Determinants of grassland primary production in seasonally-dry silvopastoral systems in Central America. *Agrofor. Syst.* 88, 517-526.

Saarine, J. (2019). The paleontology of browsing and grazing. En: Gordon, J., Prins, H. T. (eds.). *The ecology of browsing and grazing II. Ecological studies*, 239. Doi.org/10.1007/7978-3-030-25865-8-4.

San Miguel-Ayanz, A. (2003). Gestión silvopastoral y conservación de especies y espacios protegidos. In: Robles, A.B.; Ramos, M.E.; Morales, M.C.; Simón, E.; González-Rebollar, J.L.; Boza, J. (Eds.) *Pastos, desarrollo y conservación*. Junta de Andalucía. 409-422 pp. Granada.

Salguero, C. (2021). Manual de la trashumancia. Fundación Trashumancia y Naturaleza. 12 pp.

Scholes, R. J., y Archer, S. R. (1997). Tree-grass interactions in savannas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 28, 517–544.

Skarpe, C. (1991). Spatial patterns and dynamics of woody vegetation in an arid Savanna. *J Veg Sci* 2, 565–572.

Sotelo Reyes, M. (2012). Efecto de las características y rasgos funcionales de los árboles en la intercepción y distribución de la radiación solar y la temperatura ambiental durante la época lluviosa en pasturas de Rivas, Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, p. 74.

Souza de Abreu, M. H. (2002). Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in the humid tropics. Ph. D. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Taüll, M., Casals, P., Baiges, T. (2016). Tipologies de pastura de les principals formacions arbrades de Catalunya. Generalitat de Catalunya. Centre de la Propietat Forestal. <https://cpf.gencat.cat/ca/detalls/Article/Informacio-pastures>

Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens, T., Barnes, M. (2013). Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *Journal of Environmental Management*, 128, 699-717.

Tejedor, R., Taüll, M., Busquets, E., Gallego, M., Coello, J., Piqué, M., y Casals, P. (2025). Silpas: priorización territorial del silvopastoralismo como herramienta de prevención de incendios y gestión del paisaje. *Actas del Noveno Congreso Forestal Español*. Gijón. Sociedad Española de Ciencias Forestales. pp. 1-17.

Terrien, J., Perret, M., Aujard, F. (2011). Behavioral thermoregulation in mammals: a review. *Front. Biosci.* 16, 1428-1444 Thacker, F. E. N., Ribau, M. C., Bartholomeus, H., y Stoof, C. R. (2023). What is a fire resilient landscape? Towards an integrated definition. *Ambio*, 52(10), 1592-1602. <https://doi.org/10.1007/S13280-023-01891-8>

Varela, E., Olaizola, A., Blasco, I., Capdevila, C., Lecegui, A., Casasús, I., Bernués, A, y Martín-Collado, D. (2022). Unravelling opportunities, synergies, and barriers for enhancing silvopastoralism in the Mediterranean. *Land Use Policy*, 118, 106-140.

Venter, J. A., Vermeulen, M. M., y Brooke, C. F. (2019). Feeding ecology of large browsing and grazing herbivores. En: Gordon, J., y Prins, H. T. (eds.). *The ecology of browsing and grazing II*. Ecological studies 239. Doi.org/10.1007/7978-3-030-25865-8-4.

Vetaas, O. R. (1992). Micro-site effects of trees and shrubs in dry Savannas. *J. Veg. Sci.*, 3, 337-344.

Villalba, D., Molina, E., Álvarez-Rodríguez, J. (2016). Clustering forage types according to their forage nutritive value. *Options méditerranéennes, Serie A*, 116, 123-126.

Williamson, G. C., Murphy, B. P., Bowman, D. M. (2014). Cattle grazing does not reduce fire severity in eucalypt forests and woodlands in Australian Alps. *Austral. Ecol.*, 39, 462-468.

Zabala, S., Balza, S., Linares, A., Navarro, A., Urivelarrea, P., y Astrain, C. (2021). Propuesta de bases técnicas para una estrategia estatal de ganadería extensiva. WWF España, Trashumancia y Naturaleza, Sociedad Española de Pastos y Plataforma por la Ganadería Extensiva y el Pastoralismo. Pamplona, 152 pp.

Este manual forma parte de las publicaciones técnicas elaboradas en el marco del proyecto LIFE AgroForAdapt: sistemas agroforestales para la adaptación al cambio climático de espacios agrícolas y forestales mediterráneos (2021-2026 - <https://agroforadapt.eu>). El objetivo del proyecto es promover los sistemas agroforestales como herramienta de adaptación al cambio climático y de mejora de la viabilidad económica y ambiental del sector agrícola, ganadero y forestal en el Mediterráneo. En el proyecto se define sistema agroforestal como la práctica de combinar deliberadamente vegetación leñosa (árboles o arbustos) con sistemas agrícolas y/o ganaderos para generar beneficios de sus interacciones ecológicas y económicas.

En particular, el presente manual se centra en mostrar la diversidad, los fundamentos y los criterios para concebir y gestionar sistemas silvopastorales, es decir, la combinación de recursos leñosos y herbáceos en el pastoreo extensivo. Está concebido como un documento técnico-divulgativo destinado a profesionales y personal técnico y gestor de fincas, así como a responsables de políticas agrarias y ambientales.

Socios del proyecto Life Agroforadapt



Entidades co-financiadoras del proyecto



El proyecto LIFE AgroForAdapt (LIFE20 CCA/ES/001682) está cofinanciado por el programa LIFE de la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son exclusivamente de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la CINEA. Ni la Unión Europea ni la autoridad concedente pueden ser consideradas responsables de ellos.



Cofinanciado por
la Unión Europea