



2022
Lleida

27·1
junio · juny
julio · juliol

Cataluña
Catalunya

8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**

8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Cataluña | Catalunya · 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022
ISBN 978-84-941695-6-4
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Efecto de las prácticas forestales y ganaderas en la provisión de bienes y servicios de los sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea, una evaluación aplicando el método Delphi

LECEGUI, A.^{1,2}, OLAIZOLA, A. M.^{3,4}, BERNUÉS, A.^{4,5}, MARTÍN-COLLADO, D.^{4,5}, CASASÚS, I.^{4,5} y VARELA, E.^{1,2,6}

¹ Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias (IRTA), Caldes de Montbui (Barcelona).

² Centro de Investigación en Economía y Desarrollo Agroalimentario (CREDA-UPC-IRTA), Castelldefels (Barcelona).

³ Universidad de Zaragoza, Zaragoza.

⁴ Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA), Zaragoza.

⁵ Instituto Agroalimentario de Aragón – IA2 (Universidad de Zaragoza -CITA), Zaragoza.

⁶ Centro Tecnológico Forestal de Cataluña (CTFC), Solsona (Lleida).

Resumen

El silvopastoralismo es una práctica agroforestal con renovado interés por su contribución a la provisión de servicios de los ecosistemas (SE). No obstante, el efecto de la gestión de zonas forestales pastoreadas sobre un amplio rango de SE presenta cierta incertidumbre. Este estudio aplica el método Delphi para evaluar la influencia de 18 prácticas de gestión forestal y ganadera sobre 8 SE en los sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea. Siguiendo la clasificación CICES, se analizaron dos SE de provisión (producción ganadera y maderable), cuatro SE de regulación (control de la erosión, prevención de incendios, creación de hábitats para la biodiversidad y secuestro de carbono) y dos SE culturales (ofrecer espacios para actividades recreativas de senderismo y de caza). La información se recopiló mediante un cuestionario online distribuido por correo electrónico a un conjunto de investigadores y técnicos experimentados en dos rondas ($n_1=100$; $n_2=65$). Los resultados muestran una visión comparable y bastante heterogénea de las dinámicas entre prácticas de gestión y SE. Tratamientos selvícolas como los resalvos de monte bajo, claras, clareos y aclareo sucesivo uniforme presentaron un papel multifuncional por su contribución simultánea a múltiples SE, mientras que prácticas como las quemas prescritas resultaron adecuadas cuando el SE objetivo es la prevención de incendios. Las prácticas ganaderas, especialmente aquellas basadas en un sistema rotacional mostraron un gran potencial para la creación de hábitats para la biodiversidad y la prevención de incendios. El análisis sugiere compromisos entre los SE de prevención de incendios y control de la erosión, lo que muestra la dificultad de gestionar las masas para hacer frente a ambas perturbaciones. Estos resultados tienen implicaciones prácticas de gestión para la multifuncionalidad de los sistemas silvopastorales del mediterráneo.

Palabras clave

Sistemas socio-ecológicos, sistemas agroforestales, gestión forestal sostenible, multifuncionalidad, media montaña mediterránea.

1. Introducción

Los sistemas silvopastorales son sistemas agroforestales que combinan la ganadería extensiva y la gestión forestal, garantizando la sostenibilidad de los montes mediante la provisión de multitud de servicios de los ecosistemas (SE) (MOSQUERA-LOSADA et al., 2009). El pastoreo del sotobosque, además de ofrecer beneficios para ganaderos y propietarios forestales por la reducción de costes de alimentación del ganado y reducción de biomasa forestal, proporcionan productos de alta calidad y múltiples beneficios sociales y ambientales en las zonas rurales de la media montaña mediterránea. En los últimos años, las prácticas de gestión forestal y el pastoreo se han convertido en un aliado para la prevención de incendios forestales, fomento de la biodiversidad y conservación

de paisajes en mosaico frente a la matorralización por el abandono rural (CASALS et al, 2009; VARELA et al., 2022)

Los sistemas silvopastorales pueden conceptualizarse como socio-ecosistemas complejos y dinámicos donde interactúan distintos componentes sociales y ambientales. La provisión de SE en estos sistemas semi-naturales, está estrechamente ligada a las actividades humanas en forma de prácticas de gestión, las cuales modifican los atributos forestales e impulsan determinados grupos de SE en detrimento de otros (FELIPE-LUCIA et al., 2018).

A pesar de que la gestión sostenible de los sistemas silvopastorales debería potenciar la provisión óptima de SE mientras se minimizan los conflictos entre SE, existe una gran complejidad en el análisis del efecto de múltiples prácticas sobre múltiples SE. Los estudios empíricos sobre las relaciones entre prácticas de gestión forestal y ganadera y la provisión de SE, a menudo abordan unas pocas prácticas y SE, estando sujetos a gran cantidad de factores contextuales y amplias escalas temporales que obstaculizan su comparación.

En este contexto de falta de homogeneización en la literatura científica sobre las relaciones entre prácticas de gestión y provisión de SE, el conocimiento experto surge como una fuente eficiente de información para complementar los datos empíricos y permitir un análisis de las dinámicas entre SE, fundamentales para apoyar pautas de gestión que garanticen la sostenibilidad de estos sistemas. Además, una visión comparable de la contribución de prácticas de gestión sobre la provisión de SE podría apoyar el diseño de pagos por servicios ambientales que incentiven y compensen la gestión de los sistemas silvopastorales en la media montaña Mediterránea.

2. Objetivos

El objetivo de este estudio es evaluar la contribución de diferentes prácticas de gestión forestal y ganadera beneficiosas para la provisión de servicios de los ecosistemas en sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea, utilizando el método Delphi.

3. Metodología

La selección de las prácticas silvopastorales se realizó mediante revisión de literatura, y por la información proporcionada por entrevistas preliminares y encuestas con propietarios forestales y ganaderos en áreas representativas de Cataluña y Aragón (VARELA et al., 2022). Según el componente del sistema silvopastoral al que se dirigen, las prácticas se agruparon en tratamientos arbustivos y herbáceos, tratamientos silvícolas, prácticas de pastoreo y prácticas transversales (Tabla 1). Los SE fueron seleccionados a partir de una revisión bibliográfica centrada en los SE más relevantes proporcionados por los sistemas silvopastorales en Europa, con especial atención a las zonas mediterráneas de media montaña. Siguiendo la clasificación CICES (Clasificación común internacional de servicios de los ecosistemas, por sus siglas en inglés; HAINES-YOUNG Y POTSCHIN, 2018), los SE seleccionados fueron dos servicios de provisión (producción ganadera y maderable), cuatro servicios de regulación (control de la erosión, prevención de incendios, creación de hábitats para la biodiversidad y secuestro de carbono) y dos servicios culturales (ofrecer espacios para actividades recreativas de senderismo y de caza). Se seleccionaron 118 combinaciones de prácticas y SE considerando la contribución positiva, y eliminando, por tanto, aquellas combinaciones con efecto negativo o interpretación confusa para facilitar la evaluación.

La evaluación de la contribución positiva de las prácticas de gestión sobre los SE fue realizada mediante consulta a expertos con un panel Delphi. El método Delphi consiste en un proceso de comunicación grupal donde se consulta a expertos de forma individual y anónima en una serie de rondas iterativas y retroalimentadas hasta llegar a un cierto grado de consenso (ROWE Y WRIGHT,

2001). Esta técnica es especialmente adecuada para abordar problemas complejos, transdisciplinarios o donde la información disponible es limitada o presenta incertidumbre, como en la evaluación sociocultural de los SE (RODRÍGUEZ-ORTEGA et al., 2018).

De forma simultánea, se levantó una base de datos de contactos de expertos, investigadores y técnicos, tanto de la administración pública, privados u ONG, con diversa experiencia en el campo forestal, ganadero y silvopastoral. La muestra se circunscribió al ámbito nacional español, teniendo en cuenta una distribución geográfica equilibrada y con un especial esfuerzo de muestreo en la región mediterránea. La información se recopiló entre febrero y septiembre de 2020 mediante cuestionarios online distribuidos por correo electrónico al grupo preseleccionado de expertos. En la primera ronda, el cuestionario incluyó una descripción de los sistemas silvopastorales del mediterráneo, una sección sobre la especialización del encuestado y su grado de conocimiento sobre los distintos SE, así como la evaluación de las combinaciones de prácticas y SE. Para ello, se les pidió evaluar el efecto a medio plazo (5-10 años) y con una intensidad media a nivel rodal de las prácticas sobre los SE mediante una escala Likert de 6 puntos (desde nula, 0 hasta muy alta, 5). La evaluación incluyó las opciones de contribución negativa y NS/NC (no sabe/ no contesta). El orden de evaluación de cada SE fue aleatorio. La primera ronda recopiló 100 respuestas. El cuestionario de la segunda ronda se realizó de forma personalizada para cada participante e incluyó un resumen gráfico y numérico con las respuestas individuales y globales de la primera ronda, mientras que se invitaba a su validación y revisión. Finalmente, 69 expertos completaron el proceso y formaron el Panel Delphi definitivo. Al comparar las distribuciones de respuestas entre ambas rondas, se observó una notable reducción en los estadísticos de dispersión (varianza, desviación típica y rango) por la reconsideración de alguna de las respuestas iniciales del 75% de los expertos. El aumento en el grado de consenso, junto a la estabilidad de los estadísticos de tendencia central y la previsible reducción del tamaño de la muestra en una ronda adicional, motivaron la finalización del proceso deliberativo en dos rondas, como es habitual en otros estudios Delphi (ROWE Y WRIGHT, 2001).

La contribución de cada práctica a un SE en particular se consideró como la puntuación dada por los expertos multiplicada por un factor de corrección de uno menos el cociente entre el número de respuestas negativas y positivas para esa combinación. De esta forma, la contribución consideró las puntuaciones negativas y neutralizó el efecto de NS/NC para obtener una unidad de medida comparable. Se llevó a cabo un análisis de estadística descriptiva para caracterizar la contribución de las prácticas sobre los SE (los gráficos de cajas y bigotes muestran la media con un punto en rojo, mediana y rango intercuartílico de las distribuciones). Además, para analizar las diferencias en el grado de conocimiento de los expertos sobre los SE, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis seguida de la comparación múltiple post hoc de Dunn.

Tabla 1. Combinaciones de prácticas de gestión y SE evaluados (x).

Prácticas de gestión silvopastoral			Servicios de los ecosistemas (SE)							Total	
			Provisión		Mantenimiento y regulación				Cultural		
Grupo	Nº	Descripción	Gan	Mad	Ero	Inc	Bio	Car	Sen	Caz	
Tratamientos herbáceos y de matorral	1	Siembra de especies herbáceas bajo el dosel arbóreo	x	-	x	x	x	x	x	x	7
	2	Desbroce selectivo, considerando especies de sotobosque	x	x	x	x	x	x	x	x	8
	3	Quemas prescritas, fuego de baja intensidad	x	x	-	x	x	-	x	x	6
Tratamientos selvícolas	4	Resalveos de conversión y selección de rebrotes en monte bajo	x	x		x	x	x	x	x	7
	5	Claras y clareos: Cortas de mejora para reducir densidad	x	x	-	x	x	x	x	x	7
	6	Aclareo sucesivo uniforme: Cortas de regeneración mediante apertura progresiva del dosel de copas	x	x	x	x	x	x	x	x	8
	7	Adehesamiento: transformación a una masa con baja densidad	x	x	x	x	x	x	x	x	8
Prácticas transversales	8	Trituración de restos de tratamientos y dispersión en el monte	x	x	x	x	x	x	x	x	8
	9	Conservar, mejorar o habilitar fuentes de agua naturales (estanques, manantiales, charcas)	x	-	x	-	x	-	x	x	5
	10	Conservar, mejorar o habilitar cañadas, caminos y pistas	x	-	-	-	x	-	x	x	4
	11	Crear zonas de exclusión al pastoreo mediante cercados para favorecer la regeneración del arbolado	x	x	x	x	x	x	x	-	7
	12	Prolongar el periodo de rotación o turno de corta del arbolado	-	x	x	x	x	x	x	x	7
	13	Rotar zonas de "querencia" (áreas de descanso y alimentación)	-	x	x	x	x	-	x	-	5
	14	Alargar el periodo de pastoreo en el bosque	x	x	-	x	x	x	x	x	7
Prácticas ganaderas	15	Pastoreo mixto o secuencial con varias especies animales	-	x	-	x	x	x	-	-	4
	16	Pastoreo libre por todo el bosque	x	x	x	x	x	x	x	x	8
	17	Pastoreo rotacional, compartimentando el bosque	x	x	x	x	x	x	x	x	8
	18	Pastoreo controlado con altas cargas instantáneas en áreas estratégicas para reducir la biomasa	-	-	-	x	x	x	-	x	4
Total			14	14	11	16	18	14	16	15	118

Donde: Gan: Producción de productos ganaderos; Mad: Producción de productos maderables; Ero: Control de la erosión; Inc: Prevención de incendios; Bio: Creación de hábitats para la biodiversidad; Car: Secuestro de carbono; Sen: Ofrecer espacios para actividades recreativas de senderismo; Caz: Ofrecer espacios para actividades recreativas de caza

4. Resultados

Perfil del panel Delphi

El panel Delphi estuvo formado por los 69 expertos que completaron la evaluación en las dos rondas. De éstos, 36 eran investigadores (52%) y 33 técnicos (48%). Entre los técnicos había 17 profesionales de la administración pública, 13 del sector privado y 3 trabajadores de asociaciones u ONG del tercer sector. El 49% pertenecían al sector forestal, el 32% al sector ganadero y el 20% estaban especializados en sistemas silvopastorales. La mayor parte de los expertos se localizaron en la bioregión mediterránea (90%) y el resto en la atlántica (10%), abarcando 15 comunidades autónomas. Los expertos representaron a 49 instituciones españolas.

El grado de conocimiento que declararon los expertos fue diferente para los SE analizados (Figura 1). Los servicios de regulación presentaron un grado de conocimiento mayor, que los SE de provisión y los SE culturales. Entre éstos, la prevención de incendios y la creación de hábitats para la biodiversidad fueron significativamente los más conocidos por el panel Delphi, mientras que ofrecer espacios para actividades recreativas de senderismo y caza, los menos conocidos (según prueba Kruskal-Wallis). El conocimiento declarado para el resto de SE (ganadero, maderable, erosión y carbono) fue intermedio y similar entre ellos.

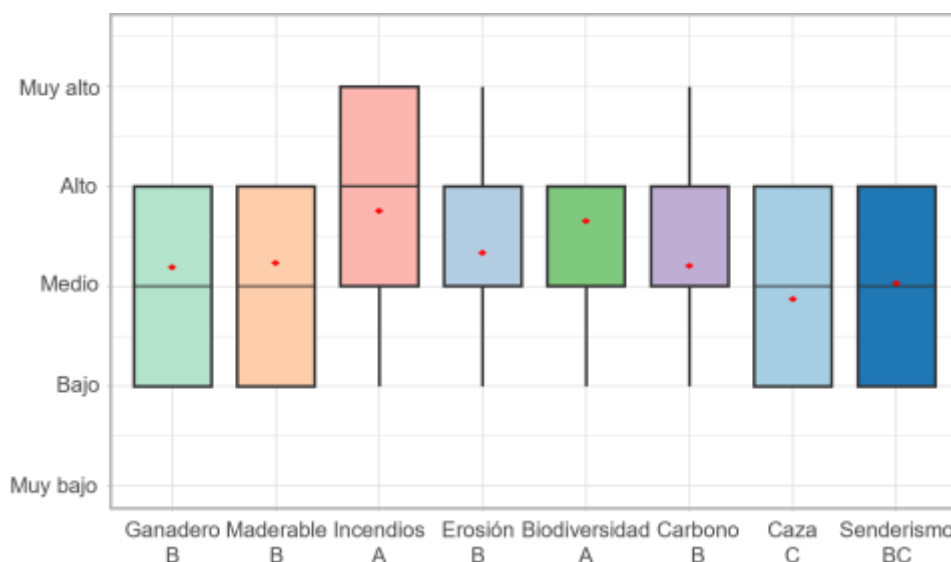


Figura 1. Conocimiento del panel Delphi sobre las categorías de SE. Letras diferentes en cada SE indican diferencias significativas en el grado de conocimiento de los expertos (prueba Kruskal-Wallis $p < 0.05$).

Contribución de las prácticas de gestión a la provisión de SE

Según la evaluación de los expertos, las prácticas transversales como la conservación de fuentes de cuerpos de agua (P9) y la conservación de caminos y senderos forestales (P10) son las que más contribuyeron a la producción ganadera (Figura 2). Entre los tratamientos selvícolas destacaron los adhesamientos (P7), en los tratamientos de matorral y herbáceo, la siembra bajo el dosel arbóreo (P1), mientras que la práctica de pastoreo con mayor contribución a la producción de productos ganaderos fue el pastoreo rotacional con compartimentación forestal (P17). Para la producción de madera, las puntuaciones más altas fueron para prácticas selvícolas como claras y clareos (P5) y los resalveos (P4). El aclareo sucesivo uniforme (P6), desbroce selectivo (P2) y la creación de zonas de exclusión al pastoreo mediante cercados (P11) también obtuvieron una alta contribución a la producción de madera. En contraste con la producción ganadera, el

adehesamiento (P7) y el pastoreo libre (P16) capturaron las contribuciones más bajas para la producción de productos maderables.

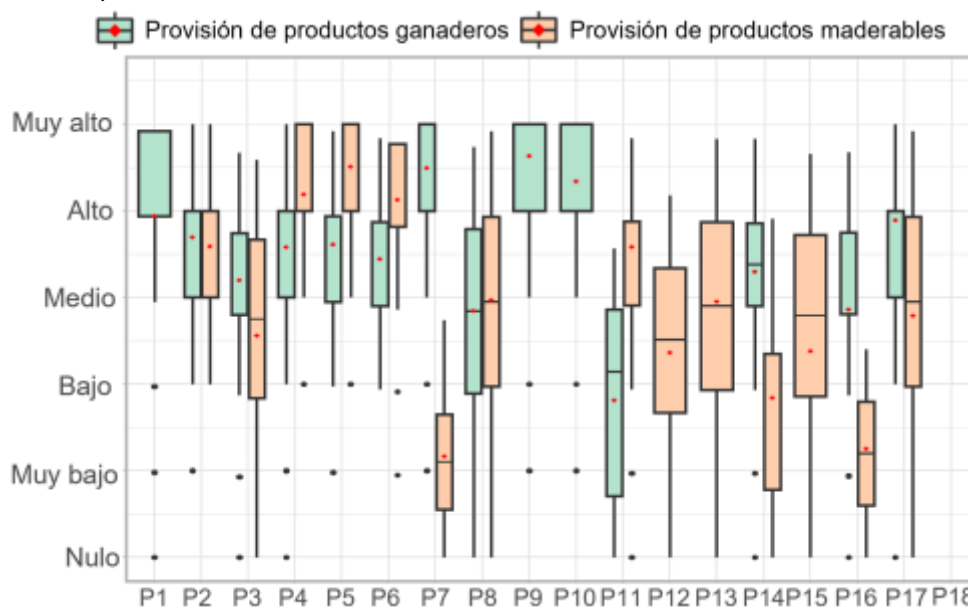


Figura 2. Contribución de las prácticas de gestión sobre los servicios de provisión: Producción de productos ganaderos y maderables.

La prevención de incendios fue el SE donde, en general, las prácticas analizadas presentaron mayores contribuciones (Figura3). Las prácticas que más contribuyeron fueron los tratamientos de herbáceas y matorral como los desbroces selectivos (P2) y quemas prescritas (P3), así como tratamientos selvícolas en forma de resalveos (P4), claras y clareos (P5), aclareo sucesivo uniforme (P6) y transformación a montes adehesados (P7). Además, los expertos dieron unos valores muy altos a todas las prácticas ganaderas para la prevención de incendios, destacando el pastoreo mixto o secuencial (P15) y el pastoreo controlado con altas cargas instantáneas en áreas estratégicas (P18). Las contribuciones de las prácticas de gestión sobre el control de la erosión, en general, mostraron un comportamiento contrario al de la prevención de incendios. Como excepción, los expertos dieron mayores puntuaciones a la siembra de herbáceas (P1) y la creación de zonas de exclusión al pastoreo (P11) para el control de la erosión que para la prevención de incendios. Aunque los sistemas de pastoreo libre (P16) fueron los peores valorados para ambos SE, la contribución de esta práctica sobre el control de la erosión fue mucho más bajo. Finalmente, rotar zonas de "querencia" de los animales (P13) fue la única práctica que mostró una contribución alta para ambos SE.

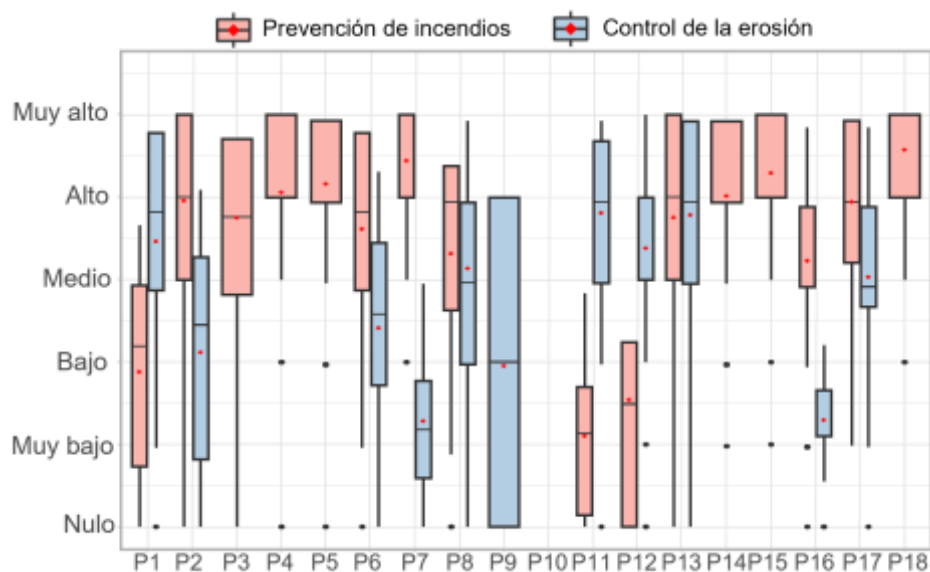


Figura 3. Contribución de las prácticas de gestión sobre los servicios de regulación y mantenimiento: Prevención de incendios y control de la erosión.

Las prácticas analizadas presentaron una mayor contribución a medio plazo para la creación de hábitats para la biodiversidad que para el secuestro de carbono (Figura 4). Las mayores contribuciones para la creación de hábitats para la biodiversidad se obtuvieron en prácticas transversales como conservar fuentes de agua naturales (P9), crear áreas cercadas (P11), rotar las áreas de querencia de los animales (P13) y la práctica ganadera de pastoreo mixto o secuencial (P15). Por otro lado, las practicas que más contribuyeron al secuestro de carbono fueron tratamientos selvícolas en forma de resalveos (P4), claras y clareos (P5) y aclareo sucesivo uniforme (P6). Prácticas trasversales como crear zonas de exclusión al pastoreo (P11) y prolongar el periodo de rotación o turno de corta del arbolado (P12) mostraron una contribución media para ambos SE. Por último, los expertos dieron valores bajos o muy bajos a la contribución de las prácticas ganaderas al secuestro de carbono, aunque éstos presentaron una alta variabilidad como muestra el rango intercuartílico de esas distribuciones.

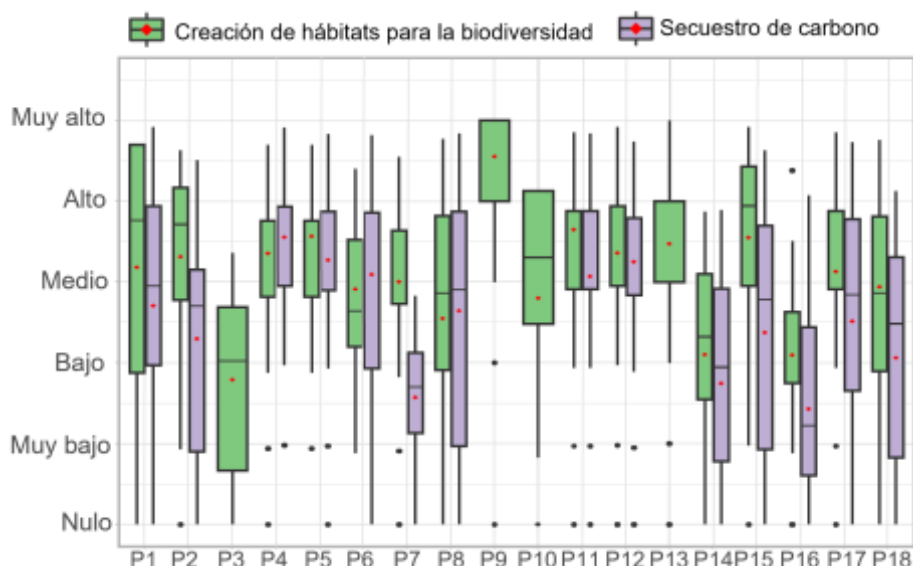


Figura 4. Contribución de las prácticas de gestión sobre los servicios de regulación y mantenimiento: Creación de hábitats para la biodiversidad y secuestro de carbono.

Las prácticas transversales dirigidas a conservar fuentes de agua naturales (P9) y caminos (P10) mostraron las mayores contribuciones para los SE culturales orientados a ofrecer espacios para actividades recreativas de senderismo y de caza (Figura 5). Las valoraciones de ambos SE fueron muy similares para todas las prácticas, a excepción de la siembra de herbáceas (P1), que presentó valores más altos para la caza. Mientras que las prácticas selvícolas tuvieron una valoración media para los SE culturales, las ganaderas presentaron valores bajos o muy bajos, destacando la extensión del periodo de pastoreo en el bosque (P14) y el sistema de pastoreo libre (P16), con las contribuciones más bajas para ambos SE culturales.

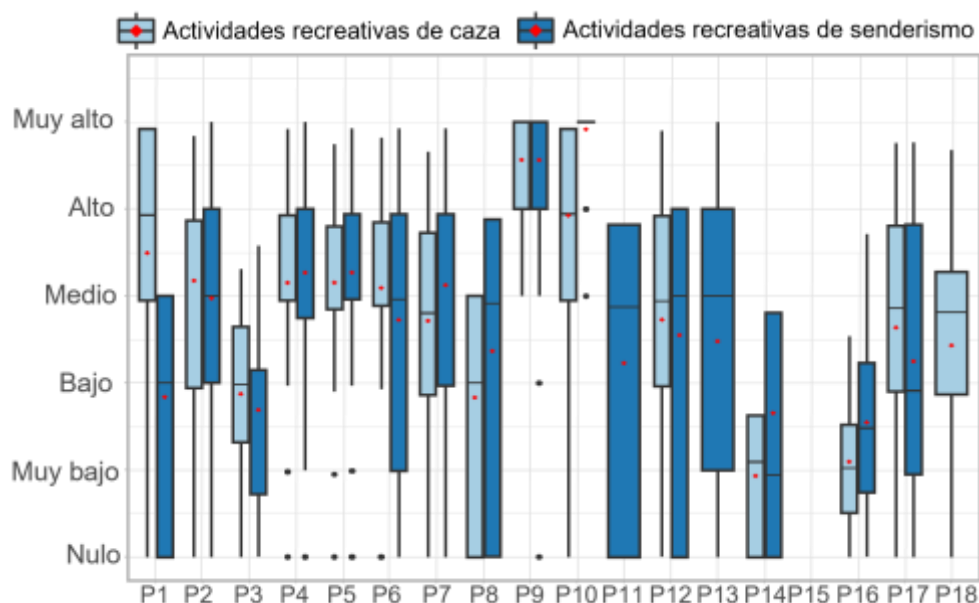


Figura 5. Contribución de las prácticas de gestión sobre los servicios culturales: Caza y senderismo.

5. Discusión

Este estudio evalúa el efecto a medio plazo (5-10 años) y nivel rodal de 18 prácticas de gestión forestal y ganadera sobre 8 SE en los sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea utilizando el método Delphi. La validez de los resultados en los estudios Delphi depende del número de expertos en la muestra y su nivel de experiencia y acuerdo (LANDETA, 2006). A pesar de que no existe un tamaño óptimo para una agrupación representativa, nuestro panel de 69 miembros se encuentra en el rango de 10 a 100 comúnmente utilizado en los estudios Delphi (ROWE Y WRIGHT, 2001). El Panel estuvo equilibrado en la dispersión geográfica, los especialización y perfiles de los expertos, reuniendo un amplio espectro de enfoques y conocimientos transdisciplinarios que arrojan luz sobre las relaciones entre prácticas de gestión y provisión de SE. Sin embargo, los expertos declararon un grado de conocimiento menor sobre los SE culturales que sobre el resto de SE prestados por los sistemas silvopastorales. Este hecho, junto a la mayor variabilidad encontrada en el SE secuestro de carbono, sugiere la necesidad de una mayor investigación en estos campos. Los servicios culturales como la caza y el senderismo proporcionan ingresos sustanciales para las comunidades rurales y propietarios de sistemas silvopastorales del Mediterráneo, que a menudo garantizan su rentabilidad y conservación (SAN MIGUEL-AYANZ, 2005). Por lo tanto, el estudio de estos SE requiere de una comprensión holística y multidisciplinaria para satisfacer las múltiples demandas sociales (MILCU et al., 2013)

Las prácticas de gestión, por su capacidad de modificar los atributos del rodal son impulsores del flujo de SE (FELIPE-LUCIA et al., 2018). Nuestros resultados muestran una visión comparable y bastante heterogénea sobre cómo las prácticas de gestión forestal y ganadera influyen en la provisión de SE en los sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea. Algunas prácticas, por su potencial de contribuir simultáneamente a múltiples SE, presentaron un papel multifuncional. Los tratamientos selvícolas, tanto de mejora (desbroce selectivo, resalveos), como de regeneración (aclareo sucesivo uniforme) permiten incrementar la producción forrajera para ganadería y caza, obtener árboles de mayor diámetro y mejor formados en la producción maderable, incrementar el secuestro de carbono (RUIZ-PEINADO et al., 2017) y mantener la vegetación natural abierta y accesible, contribuyendo a la prevención de incendios, biodiversidad y a los servicios culturales de recreación. Prácticas transversales como la conservación de fuentes de agua naturales, conservación de caminos y trituración de restos de tratamientos también contribuyeron simultáneamente a todos los SE analizados. Por el contrario, otras prácticas se mostraron especialmente efectivas para promover uno o pocos SE, pudiendo comprometer al resto de SE. Por ejemplo, las quemas prescritas presentaron una gran contribución sobre la prevención de incendios, mientras que los valores sobre la biodiversidad o los SE culturales fueron bajos. Prolongar el periodo de rotación o turno de corta del arbolado mostró una alta contribución sobre la biodiversidad, control de la erosión y secuestro de carbono, pero la contribución fue muy baja para la prevención de incendios. Alargar el periodo de pastoreo en el bosque, aunque se mostró beneficioso para la prevención de incendios, puede comprometer la provisión de otros SE como la producción ganadera (TERUEL-COLL et al., 2019), siendo recomendable la suplementación del ganado en los periodos desfavorables de escasez de alimento.

Los SE de control de erosión y prevención de incendios capturan la resiliencia del sistema silvopastoral para afrontar perturbaciones por pérdida de suelo, ignición y propagación del fuego, brindando un valor de seguridad en la sostenibilidad de la provisión del resto de SE (TORRALBA et al., 2016). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que es particularmente complicado aumentar la resiliencia frente a erosión e incendios simultáneamente, ya que las prácticas de gestión que contribuyen al primero pueden comprometer al segundo y viceversa. Los tratamientos selvícolas y prácticas ganaderas mostraron una contribución muy alta y similar en la prevención de incendios, reconociendo el efecto del ganadero como una herramienta efectiva y económica de la “silvicultura preventiva” para complementar a otros tratamientos como adehesamientos, claras, clareos desbroces selectivos y quemas prescritas, destinados a eliminar la carga y continuidad de biomasa inflamable. En este sentido, el pastoreo mixto o secuencial con varias especies ganaderas se mostró especialmente efectivo. No obstante, estas actuaciones de reducción de la cobertura vegetal arbórea y de matorral deben considerar factores ambientales y estar adecuadamente planificadas en intensidad, regímenes, temporadas y especies de pastoreo para evitar la degradación del suelo. En este sentido, la rotación de zonas de querencia de los animales mediante su atracción con puntos de sal, comederos y abrevaderos resulta una práctica compatible para mitigar ambas perturbaciones, como muestran nuestros resultados.

Entre las prácticas ganaderas, el pastoreo rotacional resultó el sistema con mayor contribución para todos los SE analizados, excepto para la prevención de incendios, que obtuvo valores mayores con el pastoreo controlado con altas cargas instantáneas. Este sistema de pastoreo basado en parcelas secuenciales evita el pastoreo selectivo de las plantas más palatables, aumentando la productividad forrajera y permitiendo un mayor control de las cargas ganaderas y del sobrepastoreo. Dado que la disposición de infraestructuras limita la aplicación del sistema rotacional, y la disposición de mano de obra limita el pastoreo dirigido, sobretudo en ganado ovino (OLAIZOLA et al., 2015), el pastoreo libre está cada vez más extendido en el mediterráneo (VARELA et al., 2022). Sin embargo, nuestros resultados muestran que el pastoreo libre puede comprometer la provisión de los SE de producción maderable, control de la erosión y culturales, por lo que otros sistemas de gestión del pastoreo con un mayor control de los animales pueden ser más adecuados

para fomentar múltiples SE. Por otra parte, todas las prácticas ganaderas mostraron una gran variabilidad para el secuestro de carbono, lo que sugiere discrepancias entre los expertos y contrasta con estudios recientes que señalan el potencial de los sistemas ganaderos bien gestionados para aumentar la capacidad de almacenamiento de carbono del suelo (STANLEY et al., 2018). Por último, la alta contribución de la creación de cercados para evitar daños del ganado durante la regeneración del arbolado, así como los bajos valores de las prácticas ganaderas sobre la provisión maderable y los SE culturales de creación de espacios para actividades recreativas de caza y senderismo, sugieren ciertos conflictos entre estos SE, los cuales deben compatibilizarse en tiempo y espacio mediante los distintos instrumentos de planificación forestal para garantizar la multifuncionalidad de los sistemas silvopastorales en el mediterráneo.

6. Conclusiones

Este estudio proporciona una visión general del efecto de las prácticas de gestión forestal y ganadera sobre los SE en los sistemas silvopastorales de la media montaña mediterránea mediante el método Delphi. La aplicación de esta técnica de evaluación estructurada basada en expertos permitió comparar la contribución de múltiples prácticas de gestión sobre diversos SE, resaltando información práctica importante que puede contribuir a incrementar la multifuncionalidad de estos sistemas. La participación de diferentes expertos no solo incluyó diferentes perspectivas de los sectores forestal y ganadero, también posibilitó la identificación de lagunas de conocimiento en los SE culturales y de secuestro de carbono.

Los resultados muestran que el conjunto de prácticas analizadas son especialmente efectivas para la producción ganadera, la creación de hábitats para la biodiversidad y la prevención de incendios. Aunque ninguna de las prácticas maximizó su contribución en todos los SE, los tratamientos selvícolas y las prácticas transversales mostraron un papel multifuncional, contribuyendo simultáneamente a promover múltiples SE. Las prácticas ganaderas presentaron un gran potencial para la creación de hábitats para la biodiversidad y la prevención de incendios. Otras prácticas resultaron muy efectivas para la promoción de uno o pocos SE, lo que obliga a tener en cuenta los potenciales compromisos que puedan surgir con el resto de SE. La evaluación realizada sugiere la existencia de compromisos entre la prevención de incendios y el control de la erosión, por lo que se recomienda la aplicación de diferentes prácticas de manejo cuando exista el riesgo de ambas perturbaciones. Además, prácticas como la rotación en las áreas de querencia de los animales pueden contribuir a compatibilizar la provisión de ambos SE. Aunque la provisión de SE depende en gran medida del contexto ambiental y socioeconómico, estos resultados podrían ayudar en los procesos de toma de decisiones y desarrollo de políticas para fomentar la gestión sostenible en los sistemas silvopastorales de media montaña mediterránea.

7. Agradecimientos

Este estudio es parte del proyecto: “Silvopastoralismo como estrategia de adaptación para un desarrollo rural integrado en el mediterráneo” (RTA2017-00036-C01/02), financiado por el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). A. Lecegui ha sido contratado con financiación de una beca predoctoral del Fondo Social Europeo asociada a este proyecto (PRE2018-084779). Un agradecimiento especial a los expertos que integraron el Panel Delphi por sus contribuciones y ayuda durante la recogida de información.

8. Bibliografía

CASALS, P.; BAIGES, T.; BOTA, G.; CHOCARRO, C.; DE BELLO, F.; FANLO, R.; SEBASTIÀ, M.T., TAULL, M.; 2009. Silvopastoral systems in the northeastern Iberian Peninsula: a multifunctional perspective, En: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MCADAM, J.; MOSQUERA-

LOSADA, M. (eds.), *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. 161–181. Springer. Berlin.

FELIPE-LUCIA, M.R.; SOLIVERES, S.; PENONE, C.; MANNING, P.; VAN DER PLAS, F.; BOCH, S.; PRATI, D.; AMMER, C.; SCHALL, P.; GOSSNER, M.M.; BAUHUS, J.; BUSCOT, F.; BLASER, S.; BLÜTHGEN, N.; DE FRUTOS, A.; EHBRECHT, M.; FRANK, K.; GOLDMANN, K.; HÄNSEL, F.; JUNG, K., KAHL, T., NAUSS, T., OELMANN, Y., PENA, R., POLLE, A., RENNER, S., SCHLOTTER, M.; SCHÖNING, I.; SCHRUMPF, M.; SCHULZE, E.D.; SOLLY, E.; SORKAU, E.; STEMPFHUBER, B.; TSCHAPKA, M.; WEISSER, W.W.; WUBET, T.; FISCHER, M.; ALLAN, E.; 2018. Multiple forest attributes underpin the supply of multiple ecosystem services. *Nat Commun* 9. 4839. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07082-4>

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHIN, M.; 2018. Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5. 1. Guidance on the application of the revised structure, Disponible en www.cices.eu.

LANDETA, J., 2006. Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technol. Forecast. Soc. Change* 73, 467–482. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2005.09.002>

MILCU, A.I.; HANSPACH, J.; ABSON, D.; FISCHER, J.; 2013. Cultural ecosystem services: A literature review and prospects for future research. *Ecol. Soc.* 18 (3): 44 <https://doi.org/10.5751/ES-05790-180344>

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; MCADAM, J.H.; ROMERO-FRANCO, R.; SANTIAGO-FREIJANES, J.J.; RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; 2009. Definitions and components of agroforestry practices in Europe, En: RIGUEIRO-RODRÍGUEZ, A.; MCADAM, J.H.; MOSQUERA-LOSADA, M.R. (eds.): *Agroforestry in Europe: Current Status and Future Prospects*. 3–19. Springer. Berlin,

OLAIZOLA, A.M.; AMEEN, F.; MANRIQUE, E.; 2015. Potential strategies of adaptation of mixed sheep-crop systems to changes in the economic environment in a Mediterranean mountain area. *Livest Sci.* 176, 166–180. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.03.012>

RODRÍGUEZ-ORTEGA, T.; OLAIZOLA, A.M.; BERNUÉS, A.; 2018. A novel management-based system of payments for ecosystem services for targeted agri-environmental policy. *Ecosyst. Serv.* 34, 74–84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.09.007>

ROWE, G.; WRIGHT, G.; 2001. Expert opinions in forecasting: The role of the Delphi technique, En: ARMSTRONG, J.S. (eds.): *Principles of Forecasting. International Series in Operations Research and Management Science*. 125–144. Springer. Boston.

RUIZ-PEINADO, R.; BRAVO-OVIEDO, A.; LÓPEZ-SENEPLEDA, E.; BRAVO, F.; DEL RÍO, M.; 2017. Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review. *For. Syst.* 26, 1–25. <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-11205>

SAN MIGUEL-AYANZ, A.; 2005. Mediterranean European silvopastoral systems, En: MOSQUERA-LOSADA, M.R., RIGUERIO, A., MCADAM, J. (eds.): *Silvopastoralism and Sustainable Land Management*. 36–40. CABI Publishing. Lugo.

STANLEY, P.L.; ROWNTREE, J.E.; BEEDE, D.K.; DELONGE, M.S.; HAMM, M.W.; 2018. Impacts of soil carbon sequestration on life cycle greenhouse gas emissions in Midwestern USA beef finishing systems. *Agric Syst.* 162, 249–258. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2018.02.003>

TERUEL-COLL, M.; PAREJA, J.; BARTOLOMÉ, J.; SERRANO, E.; MENTABERRE, G.; CUENCA, R.; ESPUNYES, J.; PAUNÉ, F.; CALLEJA, J.A.; 2019. Effects of boom and bust grazing management on vegetation and health of beef cattle used for wildfire prevention in a Mediterranean forest. *Sci Total Environ.* 665, 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.037>

TORRALBA, M.; FAGERHOLM, N.; BURGESS, P.J.; MORENO, G.; PLIENINGER, T.; 2016. Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agric Ecosyst Environ.* 230, 150–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002>

VARELA, E.; OLAIZOLA, A.M.; BLASCO, I.; CAPDEVILA, C.; LECEGUI, A.; CASASÚS, I.; BERNUÉS, A.; MARTÍN-COLLADO, D.; 2022. Unravelling opportunities, synergies and barriers for enhancing silvopastoralism in the Mediterranean. *Land use policy* (En revisión).