



2025 | **16-20**
GIJÓN | JUNIO

9º CONGRESO **FORESTAL** ESPAÑOL

9CFE-1715

Organiza





Resumen

Los trabajos de prevención de incendios en las masas de sabina albar (*Juniperus thurifera* L.) contemplan la poda de arbolado hasta 2 m de altura en zonas próximas a caminos forestales. Como alternativa a la práctica tradicional de trituración de los restos de poda y deposición en el suelo, el proyecto BIOVALOR apuesta por impulsar una nueva cadena de valor mediante la obtención de aceite esencial a partir de las podas de sabina recolectadas de manera mecanizada. En los Llanos de Calatañazor (Soria), donde se encuentran los rodales más puros de sabina albar de España, se ha probado la desbrozadora-trituradora López-Garrido TBA 2300 para la recolección de restos de poda, obteniendo 6.3 tMH/ha (3.3 tMS/ha) con una productividad de 0.2 ha/PMH. Estos restos han sido posteriormente triturados y destilados mediante arrastre de vapor en una planta piloto, obteniéndose un rendimiento de aceite esencial de 0.32 % (b.s.). El análisis mediante GC-MS del aceite ha permitido ver que su componente mayoritario es el limoneno, seguido por alfa-pineno, tujopseno, acetato de linalilo, beta-mirceno y delta-4-careno. Con la obtención de aceite esencial, se abre una nueva vía para la puesta en valor del residuo de poda de sabina.

Palabras clave

Prevención de incendios forestales, desbrozador-triturador, destilación, arrastre de vapor

1. Introducción

Los sabinares de *Juniperus thurifera* son formaciones vegetales distribuidas principalmente en las zonas altas de la meseta norte de la Península Ibérica y con una marcada preferencia hacia los climas continentales. Se encuentra también en otros países del Mediterráneo occidental, como Marruecos, Argelia, Francia e Italia. Suelen ser bosques abiertos, sobre suelos pobres y muchas veces esqueléticos (PEREIRA et al., 1997). Posee un temperamento muy duro y una enorme vitalidad. La densidad de sus masas puras no suele ser grande, por el gran desarrollo del sistema radical frente al aéreo, a menos que el suelo sea muy fresco y profundo (RUIZ DE LA TORRE et al. 1979). Suelen configurar dehesas que se manejan mediante ganadería extensiva combinada con el aprovechamiento de la madera como combustible o elemento constructivo. La despoblación de muchas de estas áreas, junto con la reducción de la presión ganadera han conducido a un abandono de estos usos tradicionales, con el consiguiente aumento en la regeneración de las sabinas, desarrollo del estrato arbustivo, pérdida de calidad de los pastos e incluso la irrupción de otras especies arbóreas más competitivas (GAUQUELIN et al, 1999; OLANO et al., 2009; ALLENDE et al., 2001). Actualmente, el aprovechamiento de la madera de sabina, a pesar de su singularidad, calidad y propiedades, se comercializa casi exclusivamente en Ibiza, como elemento constructivo para recuperar la arquitectura tradicional ibicenca o en el mercado local soriano. En 2009, en base a un estudio de mercado para desarrollar nuevos productos que compatibilizasen el aprovechamiento y la conservación de los sabinares (HERNÁNDEZ et al., 2009), los actores participantes en la “Mesa de la Sabina” propusieron fomentar el desarrollo y la creación de tres productos



concretos de sabina: vigas y estructuras de exterior, mobiliario urbano y de jardín, y productos de artesanía y carpintería. En paralelo y en el marco del proyecto BIOVALOR, que pretende impulsar la bioeconomía a través del desarrollo de nuevas cadenas de valor en torno a una gestión forestal sostenible, se trabaja en la obtención de aceite esencial a partir de las podas de sabina recolectadas de manera mecanizada.

2. Objetivos

El objetivo de este trabajo es estudiar la viabilidad técnica de la recolección mecanizada de las podas de sabina (*Juniperus thurifera* L.) y su aprovechamiento posterior para la obtención de aceite esencial.

3. Metodología

Área de estudio. Los trabajos demostrativos de recolección de podas de sabina se realizaron en un monte de socios ubicado en La Cuenca, término municipal de Golmayo (Soria), sobre terreno apto para la mecanización, con escasa pendiente, sin ondulaciones y pedregosidad media.

Material vegetal. Se podaron los ejemplares remanentes de tratamientos selvícolas de clareos ligeros, en los que se eliminaron los árboles dominados y peor conformados. La altura de poda fue hasta 2 m en zonas colindantes a carreteras y pistas forestales por prevención de incendios forestales, y hasta 1 m de altura en zonas más alejadas de los caminos para generar sobra y favorecer el pasto para el ganado.

Recolección de biomasa. Para la recolección de las podas de sabina se empleó un equipo triturador-recolector de biomasa (López Garrido TBA serie 2300), accionado por un tractor Valtra T194D (196 CV) adaptado al trabajo forestal y con puesto de conducción invertido, que permite controlar el triturador que trabaja suspendido en el alzamiento tripuntal trasero del tractor. En la parte frontal, el tractor dispone de un contenedor de 5 m³ y 1400 kg de carga máxima, para almacenar el material triturado que es conducido de manera neumática desde el triturador.

Para el estudio de rendimientos se cronometraron tiempos operativos de desbroce-recolección mediante el servicio de telemetría Valtra Connect, implementado en el tractor, que permite controlar de forma remota, entre otros parámetros, las horas de trabajo productivo, la velocidad del tractor, el consumo de combustible y AdBlue, así como ver un mapa de los lugares por los que se ha conducido el tractor. El pesaje de la biomasa recolectada diariamente se realizó en una báscula de pesaje de vehículos en las instalaciones del CEDER-CIEMAT. La eficiencia de recolección del equipo se calculó como la relación entre el peso de biomasa recolectada y el peso de la biomasa de podas existente antes de su recolección (suma de biomasa recolectada y pérdidas en el suelo tras el paso de la máquina).



Acondicionamiento de la biomasa y destilación. La biomasa recolectada fue trasladada al CEDER-CIEMAT el mismo día de su cosecha. En las 24 horas siguientes, se trituró a 20 mm en un triturador de giro lento de 90 kW y fue destilada por arrastre de vapor. La planta piloto de destilación utilizada consta de un depósito destilador de acero inoxidable de 1,8 m³, una caldera de vapor de biomasa (170 kW) y un condensador. El flujo de vapor (0.5 bar) durante los ensayos fue de aproximadamente 100 kg/h y, en cada ensayo, se introdujeron 450 kg de restos de poda de sabina triturada que fueron destilados durante 3 h. Tras la condensación, el aceite esencial fue separado por decantación del hidrolato, empleándose para ello un matraz florentino. Este aceite fue pesado y el rendimiento de la destilación se calculó como porcentaje de aceite esencial, dividiendo el peso de aceite por el peso de biomasa seca utilizada para obtenerlo. Se llevaron a cabo tres ensayos de destilación con la biomasa cosechada.

Análisis del aceite esencial. Para determinar la composición de los aceites esenciales, se mezclaron las tres muestras obtenidas por cada lote de biomasa y fueron analizadas mediante GC-MS por CESEFOR. La columna cromatográfica utilizada fue una DB-5MS (5%-fenil-polisiloxano 30 m x 0,25 mm i.d. y 0,25µm de espesor J&W Scientific, Inc., Folsom, CA, USA), la temperatura de la línea de transferencia fue de 300°C y la temperatura del inyector de 250°C. El gas portador fue Helio ajustado a un flujo de 1 ml/min y el volumen de inyección de 1 µl a partir de una muestra de aceite esencial diluida 1/10 con Split 1:25. El programa de horno fue: 0 min a 50°C subiendo a 3°C/min hasta 220°C y hasta 285°C a 10°C/min manteniendo esta temperatura durante 9 minutos. La temperatura del inyector fue de 25°C, la de la línea de transferencia de 300°C y la de la fuente de ionización de 220°C. La adquisición se realizó en Full Scan en un rango de masas m/z entre 33 y 350 u.m.a. La identificación de los compuestos se realizó por comparación de los espectros de masas de los componentes eluidos de la columna cromatográfica con espectros de librerías NIST, por índice de retención de Kovats. La cuantificación se llevó a cabo usando porcentaje de área relativa obtenida directamente del total ion current (TIC).

4. Resultados

Los resultados de las pruebas de recolección de restos de poda de sabina con desbrozadora-trituradora López-Garrido TBA 2300 se muestran en las Tablas 1 y 2. Se recogieron 4.6 tMH, con un contenido de humedad de 47.3% (2.42 tMS) en 0.88 ha durante 4.78 h. Los valores medios de productividad obtenidos fueron de 6.3 tMH/ha (3.3 tMS/ha) con un rendimiento medio de 0.2 ha/PMH.

Tabla 1. Resultados de recolección de restos de poda de sabina con desbrozadora-trituradora López-Garrido TBA 2300



Fecha de recolección	Superficie (ha)	Biomasa recolectada (tMH)	Humedad (%)	Biomasa anhidra (tMS)	Tiempo (PMH)
12/3/2024	0.1058	1.17	47.8	0.61	0.53
13/2/2024	0.1748	1.15	44.9	0.63	0.98
18/3/2024	0.2737	1.12	46.8	0.60	1.47
19/3/2024	0.3266	1.16	49.8	0.58	1.80
Total/Promedio	0.8809	4.60	47.3	2.42	4.78

tMH: tonelada de materia húmeda; tMS: tonelada de materia seca; PMH: hora productiva

Tabla 2. Rendimiento, productividad y eficiencia de los trabajos de recolección de restos de poda de sabina con desbrozadora-trituradora López-Garrido TBA 2300



Fecha de recolección	Product. horaria (tMH/PMH)	Product. horaria (tMS/PMH)	Product. superf. (tMH/ha)	Product. superf. (tMS/ha)	Rdto. (ha/PMH)
12/3/2024	2.19	1.15	11.06	5.77	0.20
13/2/2024	1.17	0.64	6.58	3.63	0.18
18/3/2024	0.76	0.41	4.09	2.18	0.19
19/3/2024	0.64	0.32	3.55	1.78	0.18
Promedio	0.96	0.63	6.32	3.34	0.19
Desv. típica	0.70	0.37	3.42	1.81	0.01



tMH: tonelada de materia húmeda; tMS: tonelada de materia seca; PMH: hora productiva; Product. superf.: productividad superficial; Rdto.: rendimiento

Los restos de poda triturados y destilados mediante arrastre de vapor en la planta piloto tuvieron un rendimiento medio de aceite esencial de 0.32 % (base seca). Los resultados de composición del aceite esencial derivados del análisis mediante GC-MS se muestran en la Tabla 3. El análisis mediante GC-MS del aceite ha permitido ver que su componente mayoritario es el limoneno (43,05%), seguido por alfa-pineno (16,24%), tujopseno (8,54%), acetato de linalilo (3,76%), beta-mirceno (3,45%) y delta-4-careno (2,42%).

Tabla 3. Composición del aceite esencial de sabina analizado por GC-MS. Compuestos mayoritarios

Compuesto	Concentración	(% relativo)
Alfa-pineno	16,24	
Delta-4-careno	2,42	
Beta-mirceno	3,45	
Limoneno	43,05	
Alfa-terpinoleno	1,22	
Linalool	1,41	
Acetato de linalilo	3,76	
Alfa-cedreno	0,92	
Beta-cedreno	0,57	
Alfa-terpinil acetato	1,17	
Tujopseno	8,54	
Cedrol	1,57	

5. Discusión

Por ser la primera vez que se realiza una prueba de recolección mecanizada de los restos de poda de sabina derivados de una intervención preventiva de incendios forestales y mejora silvopastoral, no se ha encontrado bibliografía que permita comparar los resultados obtenidos en este estudio con otras experiencias similares sobre sabinars. Las cifras que se ofrecen a continuación y que están pendientes de publicación, corresponden a experiencias de recolección de biomasa con el equipo López Garrido TBA 2300 sobre formaciones vegetales no comparables a la del sabinar estudiado, pero sirven para tener un orden de cifras de los



rendimientos de este equipo trabajando en otras masas forestales.

Los resultados de las pruebas de recolección mecanizada de los restos de poda de sabina en las pruebas de corta duración llevadas a cabo (3.3 tMS/ha y 0.19 ha/PMH), son muy diferentes a los obtenidos en otras experiencias realizadas con la misma desbrozadora-trituradora, dentro del proyecto BIOVALOR, sobre restos de poda de pino silvestre (*Pinus sylvestris*) (16.1 tMS/ha y 0.18 ha/PMH) o de pino negral (*Pinus pinaster*) (20.0 tMS/ha y 0.09 ha/PMH). Esto es lo esperado, dado que se trata de una masa de sabina natural con vegetación heterogénea, sobre la que se han realizado trabajos de poda por prevención de incendios y mejora de pastizales, a diferencia de los pinares sobre los que se ha trabajado, que corresponden a repoblaciones forestales sobre las que se ha planificado un aprovechamiento de clareo y poda de arbolado. Las cifras de la recolección de sabina se asemejan más a las obtenidas en otras pruebas realizadas sobre matorral de jara pringosa (*Cistus ladanifer*) (4.2 tMS/ha y 0.48 ha/PMH) para la obtención de aceite esencial. Nuevas pruebas de recolección de biomasa con este equipo serán necesarias para comparar los resultados obtenidos en otros escenarios de tratamientos selvícolas sobre masas de sabina albar.

A pesar de que existen algunos trabajos de destilación de sabina llevados a cabo por otros autores, como por ejemplo [NAIMI et al., 2024] o [LAFRAXO et al., 2022], cabe destacar que son trabajos realizados a escala de laboratorio mediante hidrodestilación en Clevenger, por lo que los rendimientos obtenidos no son comparables a los de la destilación por arrastre de vapor a escala piloto. Igualmente, también se producen variaciones en la composición del aceite esencial dependiendo del tipo y escala de destilación.

Por este motivo, si se compara la destilación de sabina con la de otra especie del mismo género, como es el *Juniperus communis*, realizada en la misma instalación piloto y bajo condiciones de operación similares, puede verse que el rendimiento medio obtenido con la sabina (0,32%, b.s.) fue algo inferior al procedente de la destilación de enebro común (0,45%, b.s.) [MEDIIVILLA et al., 2023]. Por otro lado, considerando otras destilaciones llevadas a cabo también sobre muestras de *J. communis* procedentes de distintos puntos de España, aunque en una planta piloto más pequeña, puede apreciarse que el porcentaje de aceite obtenido a partir de sabina se encontró entre los límites registrados para el enebro común (0,24-0,58%) [ESTEBAN et al., 2024]. En cuanto a la composición del aceite esencial, cabe indicar que, cualitativamente, el aceite de sabina obtenido fue parecido al del enebro común analizado en otros trabajos [MEDIIVILLA et al., 2023; ESTEBAN et al., 2024] en lo que se refiere a los compuestos mayoritarios, aunque la proporción de los mismos varió entre las dos especies.

6. Conclusiones

Con la obtención de aceite esencial, se abre una nueva vía para la puesta en valor del residuo de poda de sabina, que tradicionalmente se tritura en campo y queda depositado en el suelo. La mecanización de la recolección y trituración de esta



biomasa con el equipo López Garrido TBA 2300, en escenarios similares a la zona de estudio, es viable con una planificación previa de los trabajos de clareo, poda y acordonado de restos, que garanticen anchuras de trabajo suficientes para permitir la movilidad en el monte de este equipo voluminoso. Actualmente se trabaja en el estudio de los costes de recolección de biomasa con este equipo y en la evaluación de las posibles aplicaciones del aceite esencial de sabina.

7. Agradecimientos

Este trabajo se ha llevado a cabo en el marco del Proyecto BIOVALOR, que pretende impulsar la bioeconomía a través del desarrollo de nuevas cadenas de valor en torno a una gestión forestal sostenible y al cultivo de especies aromáticas autóctonas en tierras marginales para la producción de aceites esenciales, extractos y subproductos de alto valor añadido. Este proyecto cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea-NextGenerationEU.

8. Bibliografía

ALLENDE, F.; GUERRA, J.C.; LÓPEZ, N.; 2001. Actas del III Congreso Forestal Español.

ESTEBAN, L.S., MEDIAVILLA, I., XAVIER, V., AMARAL, J.S., PIRES, T.C.S.P., CALHELHA, R., LÓPEZ, C., BARROS, L., 2024. Yield, chemical composition and bioactivity of essential oils from common juniper (*Juniperus communis* L.) from different Spanish origins. *Molecules*. 28, 4448

GAUQUELIN, T.; BERTAUDIÈRE, V.; MONTES, N.; BADRI, W.; ASMODOE, J.F. 1999. Endangered stands of thuriferous juniper in the western Mediterranean basin: ecological status, conservation and management. *Biodiv. Cons.* 8: 1479-1498.

HERNÁNDEZ, C.; SANZ, A.; HERRERO, J.; PINILLOS, F.; BROTO, M.; 2009. Madera de Sabina: Estudio de mercado para el desarrollo de nuevos productos que compatibilicen el aprovechamiento y la conservación de los sabinars. Actas del V Congreso Forestal Español.

LAFRAXO, S., EL BARNOSSI, A., EL MOUSSAOUI, A., BOURHIA, M., SALAMATULLAH, A. M., ALZHRANI, A., AIT AKKA, A., CHOUBBANE, A., AKHAZZANE, M., ABOUL-SOUD, M. A. M., GIESY, J. P., BARI, A., 2022. Essential oils from leaves of *Juniperus thurifera* L., exhibiting antioxidant, antifungal and antibacterial activities against antibiotic-resistant microbes. *Horticulturae* 8(4), 321.



MEDIAVILLA, I., BADOS, R., BARROS, L., XAVIER, V., FINIMUNDY T.C., PIRES, T.C.S.P., HELENO, S.A., CALHELHA, R.C., AMARAL J.S., RIZZO, A.M., CASINI, D., LOMBARDI, G., CHIARAMONTI, D., CÁMARA, M., SUÁREZ, A., ARDID, T., ESTEBAN, L.S.; 2023 Assessment of the use of common juniper (*Juniperus communis* L.) foliage following the cascade principle. *Molecules* 28, 4008.

MONTERO, G., LÓPEZ-LEIVA, C., RUIZ PEINADO, R., LÓPEZ-SENEPLEDA, E., ONRUBIA, R., PASALODOS, M.; 2020. Producción de biomasa y fijación de carbono por los matorrales españoles y por el horizonte orgánico superficial de los suelos forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. 101. Madrid.

NAIMI, I., BOUAMAMA, H., BA M'HAMED, T., 2024. Chemical composition and repellent effects of powders and essential oils from *Juniperus oxycedrus*, *Juniperus phoenicea*, and *Juniperus thurifera* against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), 2024. *J Stored Prod Res* 109, 102435.

OLANO, J.M.; ROZAS, V.; ZAYAL, M.A.; SANZ, A.; YAGÜE, L.; RUIZ, P.; PINILLOS, F.; 2009. El abandono del manejo tradicional aumenta la diversidad arbórea en los sabinas albares. *Actas del V Congreso Forestal Español*.

PEREIRA, I., FERNÁNDEZ, A., MANRIQUE, E.; 1997. Estudio fitoclimático de los sabinas de *Juniperus thurifera* L. y de su evolución en los últimos 500 años. *Actas del II Congreso Forestal Español*.

RUIZ DE LA TORRE, J.; CEBALLOS Y FERNÁNDEZ DE CÓRDOBA, L.; CEBALLOS JIMÉNEZ, M.; RUIZ DEL CASTILLO Y DE NAVASCÚES, J.; 1979. Árboles y arbustos de la España Peninsular. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 512 p. Madrid.