



9CFE-1668

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



Evaluación de la actividad antigerminativa de aceites esenciales e hidrolatos obtenidos en la destilación de jara pingosa

SOLA-LANDA, A. (1), LORITE MARTOS, A. (2), CALONGE, M. (1), KOSALKOVÁ, K. (1), SÁNCHEZ-OREJAS, C. (1), PÉREZ-REDONDO, R. (1), LÓPEZ AYÚCAR, S. (2), HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, M. (2) OLAIZOLA SUÁREZ, J. (2), ESTEBAN, L.S. (3), MEDIAVILLA, I. (3) y RODRÍGUEZ-GARCÍA, A. (4)

(1) Área de Biotecnología. Fundación Cesefor (Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León), Parque Científico de León. Avda. Real 1, 24006 León, España

(2) IDForest-Biotecnología Forestal Aplicada S.L. Calle de los Curtidores 17, 34004 Palencia, España.

(3) CEDER-CIEMAT (Centro de Desarrollo de Energías Renovables – Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas). Autovía A15, Salida 56, 42290 Lubia (Soria), España.

(4) Área de Recursos naturales y biodiversidad. Fundación Cesefor (Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León), Parque Científico de León. Avda. Real 1, 24006 León, España.

Resumen

La jara pingosa (*Cistus ladanifer*) es una especie típica mediterránea, que se adapta muy bien a suelos pobres o degradados. En España ocupa más de 460.000 ha, lo que hace que sea el país con mayor extensión del mundo. A partir de la jara se obtienen diferentes materias primas para bioproductos muy utilizados en cosmética y en la industria alimentaria y farmacéutica, como el ládano y derivados, aceites esenciales e hidrolatos. A pesar de ser una fuente de bioproductos de interés económico, solo se explota el 4% de la superficie donde es la especie dominante. Por este motivo, en el Grupo Operativo ESJARA (REGAGE22e000149943) se han caracterizado tanto los aceites esenciales como los hidrolatos con el fin de aportar valor a través de la búsqueda de nuevas aplicaciones. Ambos productos han demostrado tener actividad antigerminativa frente a distintos tipos de plantas arvenses, por lo que se ha evaluado su potencial como agente para su uso en campo. La capacidad de estos bioproductos para trabajar como herbicidas permite pensar en una formulación que mantenga sus cualidades y que permita diseñar nuevos productos de control de herbáceas de residuo cero, dando valor añadido a estas extensas masas forestales.

Palabras clave

Cistus ladanifer, producto forestal no maderero, herbicida, producto de valor añadido

1. Introducción

Durante los últimos años está cobrando fuerza el uso de los aceites esenciales y sus hidrolatos en agricultura, principalmente como sustitutos de fertilizantes químicos y pesticidas. Ambos tipos de compuestos son conocidos desde hace años



por sus propiedades biocidas. Esto, junto al hecho de que son productos naturales, hace que se esté estudiando igualmente su potencial para ser utilizados como biofertilizantes. En un estudio reciente se evaluó el uso del aceite esencial de *Thymus citriodorus* como biofertilizante por su actividad nematocida. Los nematodos se alimentan de bacterias y hongos beneficiosos para las plantas, por lo que al eliminar a los nematodos se beneficia de forma indirecta a la planta (NTALLI et al., 2020). Otro estudio sobre la actividad nematocida se centró en *Meloidogyne incognita* (D'ADDABO et al., 2020), nematodo que ataca a las raíces de las plantas. En dicho trabajo se analizaron diez aceites esenciales, obteniendo distintas actividades en función de la planta de la que se extrajeron. El aceite esencial de *Cinnamomum verum* fue altamente tóxico tanto para los juveniles como para los huevos del nematodo, reduciendo la infestación en raíces de tomate. Por otro lado, los aceites de *Eucalyptus citriodora* y *Syzygium aromaticum* también demostraron alta toxicidad para los juveniles y menos efectividad en los huevos, mientras que el aceite de *Ruta graveolens* presentó una alta inhibición de la eclosión de los huevos, pero fue menos tóxico para los juveniles.

Otra actividad biocida que presentan muchos aceites e hidrolatos es la antifúngica. Así, el aceite esencial de *Lippia palmeri* logró inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum* al 100 %, mientras que la inhibición de *Thanatephorus* sp. fue del 90-100 %. El hidrolato correspondiente mostró igualmente actividad antifúngica, aunque el grado de inhibición frente a estos dos hongos fitopatógenos dependía de la dosis aplicada, variando entre el 20 y el 100 % en *F. oxysporum* y entre el 10 y el 100 % en *Thanatephorus* sp. (VALENZUELA-QUINTERO et al., 2023).

Igualmente, algunos aceites presentan actividad bioherbicida o antigerminativa. SYNOWIEC et al. (2016) estudiaron el potencial fitotóxico de 12 aceites esenciales de plantas de clima templado, identificando cuatro grupos con diferente fitotoxicidad. Los más tóxicos resultaron los de *Carum carvi* y *Thymus vulgaris*, que inhibieron significativamente la germinación de malezas como *Amaranthus retroflexus* y *Centaurea cyanus*, mientras que los cultivos como el maíz mostraron mayor tolerancia. Por otro lado, NIKOLOVA & BERKOY (2018) mostraron la capacidad de aceites esenciales de *Origanum vulgare hirtum* y *Thymus longidentatus* para inhibir la germinación y crecimiento de plántulas de diversas especies de malezas.

El presente trabajo se centra en el estudio del aceite esencial y el hidrolato de la jara pringosa (*Cistus ladanifer*), un arbusto perenne típico de la región mediterránea que crece especialmente en suelos ácidos y pobres. A partir de la jara se obtiene el ládano, una resina pegajosa ampliamente utilizada en perfumería, así como aceite esencial e hidrolatos. Aunque existen empresas dedicadas a la explotación de esta planta, apenas se aprovecha el 4 % de la superficie disponible en España. Con el fin de determinar la mejor época de cosecha, nuestro grupo ha analizado recientemente la composición química de los aceites esenciales obtenidos a partir de *C. ladanifer* cosechado en 4 localidades distintas en las cuatro estaciones del año, observándose importantes variaciones tanto en la composición como en el rendimiento, dependiendo de la localidad y la estación del año (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024). Las localidades objeto de

estudio fueron El Ordial (provincia de Guadalajara), Santa Eufemia del Barco (Zamora), Valencia del Mombuey (Badajoz) y Puebla de Guzmán (Huelva). Por un lado, se observó que el mayor rendimiento se obtenía a partir de la cosecha de primavera y otoño de Huelva. Por otro lado, se observaron grandes diferencias en la composición de los aceites, siendo el compuesto mayoritario en todos los casos el α -pineno (aunque con grandes variaciones, oscilando entre el 20 y el 50 % del total), salvo en el caso del aceite de invierno de Zamora, en el que el compuesto principal fue el viridiflorol (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024). En la Figura 1 se muestra una gráfica con los principales grupos químicos de compuestos identificados en los aceites analizados.

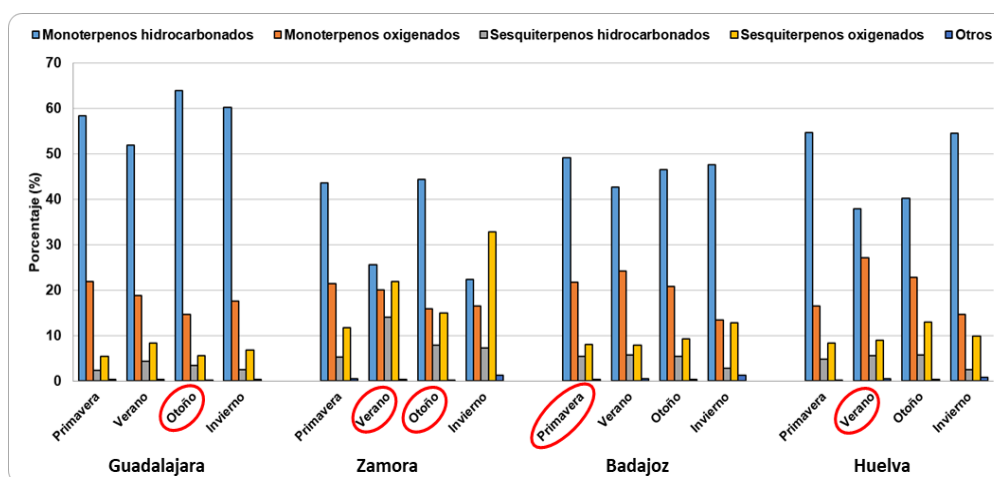


Figura 1. Composición química de los distintos aceites esenciales analizados en función de la localidad y la estación de cosecha. Con un círculo rojo se indican los aceites empleados en el presente estudio. Imagen tomada y modificada de RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024.

En ese mismo trabajo se observó que los aceites esenciales inhibían el crecimiento de determinados hongos fitopatógenos, principalmente de *Phytophthora cinnamomi* y *Phytophthora citrophthora*, además de retrasar el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Botryotinia fuckeliana*, no teniendo apenas efecto sobre *Penicillium italicum*. Además, no todos los aceites tenían la misma actividad, siendo el más activo el obtenido en Huelva durante el verano, que es el aceite con una mayor concentración de monoterpenos oxigenados (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024).

Con el presente trabajo se pretende determinar si existe una relación entre la composición de los aceites y la capacidad antigerminativa de los mismos, al igual que ocurre con la actividad antifúngica. Otros estudios independientes han demostrado que el aceite esencial de *C. ladanifer* posee propiedades antigerminativas frente a un gran número de semillas de diferentes plantas arvenses. VERDEGUER et al. (2012) mostraron que el aceite inhibe la germinación *in vitro* de *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea*, *Chenopodium album*, *Conyza*



canadensis y *Parietaria judaica*. Por su parte, ALVES-FERREIRA et al. (2023) observaron una disminución en la población de *Phillyrea angustifolia*, *Phillyrea latifolia*, *Rhamnus alaternus*, *Halimium ocymoides*, *Cistus populifolius*, *Erysimum lagascae*, *Brassica barbelieri*, *Silene tridentata* y *Moricandia moricandioides* en zonas donde también está presente *C. ladanifer*. Esta propiedad bioherbicida se ha visto que afecta incluso a las propias plantas de jara (ALÍAS et al., 2006).

2. Objetivo

Determinar el posible uso de los aceites e hidrolatos de *C. ladanifer* como un producto ecológico para el control de plantas arvenses, empleando como referencia semillas de *Lolium rigidum* (como ejemplo de monocotiledónea) y *Sinapis alba* (ejemplo de dicotiledónea), habitualmente encontradas en muchos cultivos agrícolas.

3. Metodología

Aceites esenciales

Los aceites esenciales se obtuvieron mediante destilación por arrastre de vapor a una presión de 0.5 bares durante una hora. De los 16 aceites obtenidos (4 localidades y 4 estaciones del año), se seleccionaron 5 aceites en función de la composición, teniendo en cuenta que cubrieran todo el espectro de concentraciones de cada grupo de compuestos y que hubiera al menos un aceite de cada localidad. Estos aceites fueron los mismos que los empleados en el trabajo previo sobre actividad antifúngica (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024). Concretamente, los correspondientes a las extracciones realizadas en Guadalajara en otoño, Zamora en verano y otoño, Badajoz en primavera y Huelva en verano (ver Figura 1 para la composición). Como hidrolato se empleó el obtenido a partir de *C. ladanifer* extraído en otoño en la localidad de Guadalajara.

Semillas de plantas arvenses

Para el presente estudio se emplearon semillas de *S. alba* y *L. rigidum*, suministradas por Semillas Cantueso S.L. (Córdoba, España).

Capacidad antigerminativa

Para este ensayo se emplearon placas de Petri de 9 cm de diámetro, colocando en cada una de ellas 10 semillas sobre un papel de filtro que cubría aproximadamente 2/3 de la superficie de la misma y humedecido con 1.5 ml de agua. Se emplearon 4 concentraciones distintas de aceites esenciales, realizando diluciones dobles seriadas en DMSO y colocando 10 µl en un disco de antibiograma de 6 mm de diámetro, el cual estaba fuera del papel de filtro. Para mantener cierta humedad ambiental, en uno de los laterales de la placa se añadieron 1.5 ml de agua en una pequeña porción de algodón hidrófilo estéril, antes de sellar las placas con Parafilm. En el caso de los hidrolatos, se probaron igualmente 4 diluciones en agua, añadiéndolo directamente sobre el papel de filtro de la base de la placa en vez de solo agua como con los aceites. En todos los casos las placas se incubaron a 25 °C



con un fotoperiodo de 16 horas de luz y 8 de oscuridad. El grado de la capacidad antigerminativa se determinó cuantificando el porcentaje de semillas germinadas a lo largo del tiempo, independientemente del tamaño de los brotes. Los experimentos se realizaron por triplicado.

4. Resultados

Como se ha indicado anteriormente, la actividad antifúngica de los aceites esenciales está claramente influida por la composición de los mismos, detectándose una mayor actividad en aquellos aceites con una mayor concentración de monoterpenos oxigenados (RODRÍGUEZ-GARCÍA et al., 2024). Para determinar si esos mismos compuestos son los responsables de la actividad antigerminativa descrita por otros grupos (VERDEGUER et al., 2012) se decidió analizar esos mismos aceites frente a semillas de *S. alba* y *L. rigidum*. Como se observa en la Figura 2, se aprecia en general una mayor sensibilidad de *L. rigidum* a los distintos aceites, detectándose inhibiciones de la germinación cercanas al 100 % en la mayoría de los casos cuando se utiliza en aceite puro, mientras que esto no ocurre con ninguno de los aceites con *S. alba*. Además, la mayor o menor sensibilidad de cada una de las semillas no es igual para cada aceite. Mientras que en el caso de *S. alba* se observa una mayor sensibilidad a los aceites de Huelva-verano y Badajoz-primavera, que son los aceites con una mayor concentración de compuestos monoterpenos oxigenados, *L. rigidum* fue más sensible a los aceites de Badajoz-primavera y Zamora-verano, que no se corresponden a la predominancia de ningún tipo de compuesto.

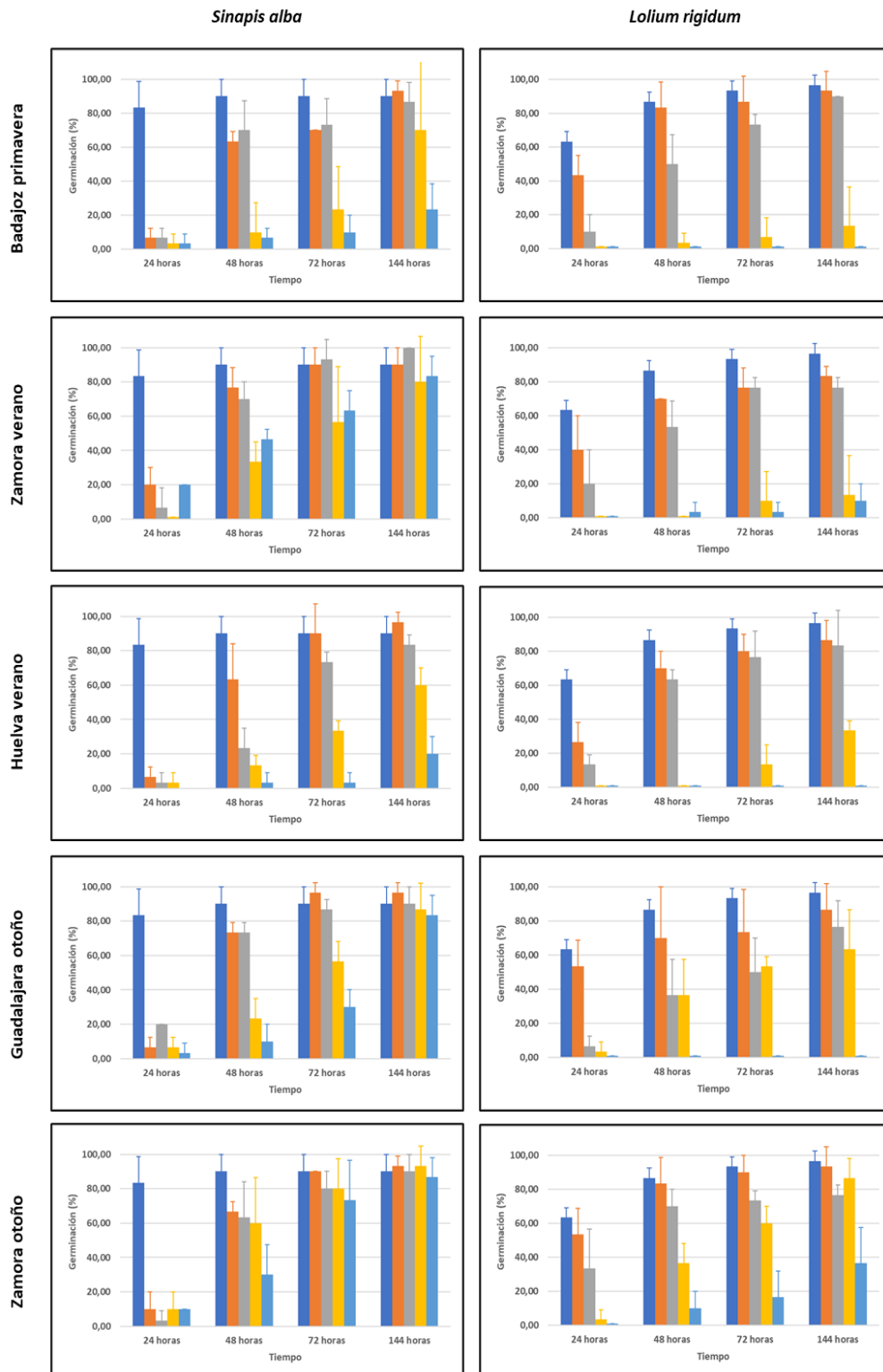


Figura 2. Diagrama de barras mostrando el porcentaje de germinación de *S. alba* (izquierda) y *L. rigidum* (derecha) frente a distintas concentraciones de los aceites esenciales seleccionados. Azul oscuro, control con DMSO; naranja oscuro, aceite esencial al 12.5 %; gris, aceite al 25 %; naranja claro, aceite al 50 %; azul claro, aceite al 100%.

Por otro lado, el hecho de que se puedan detectar grados de germinación del 10-40 % de las semillas con altas concentraciones de aceites esenciales, no implica que las semillas se desarrollen correctamente, ya que como se puede observar en la Figura 3, con concentraciones del 50-100 % de los aceites las semillas apenas han desarrollado raíz y tallo, mientras que en los controles y con bajas concentraciones de aceites el desarrollo de la planta es muy superior.

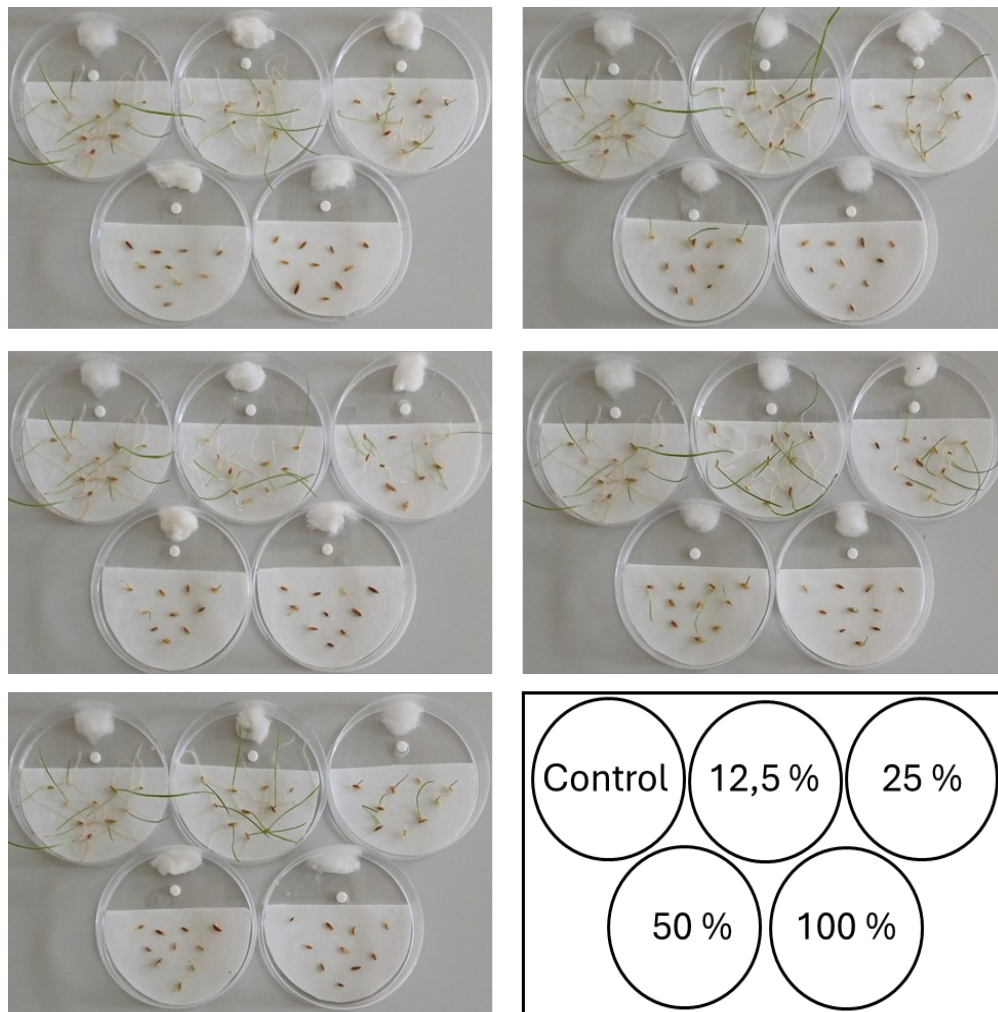


Figura 3. Imagen de las semillas germinadas de L. rigidum al final del ensayo. De izquierda a derecha y de arriba abajo, aceites de Badajoz-primavera, Zamora-verano, Huelva-verano, Guadalajara-otoño y Zamora-otoño. Abajo a la derecha, esquema de la colocación de las distintas concentraciones de aceites ensayados.

Finalmente se decidió analizar la actividad del hidrolato frente a las mismas semillas. Los procesos de extracción con los que se obtuvieron los distintos aceites esenciales se realizaron a pequeña escala, por lo que no se obtuvo cantidad suficiente de hidrolatos para realizar los ensayos en la misma medida que con los aceites. Sin embargo, sí se disponía de hidrolato suficiente obtenido a partir de un proceso industrial empleando jara recogida en la localidad de Guadalajara, por lo

que se decidió utilizar este hidrolato como modelo. A diferencia de lo que ocurría con los aceites, en los que la semilla más sensible fue la de *L. rigidum*, en este caso la especie más sensible fue *S. alba*, cuya germinación se inhibió totalmente cuando el hidrolato se empleaba directamente o diluido al 50 % (Figura 4). Este hecho probablemente se deba a que *S. alba* es más sensible a alguno de los compuestos más hidrosolubles, presentes en el hidrolato, mientras que *L. rigidum* lo es a compuestos más hidrófobos, presentes en el aceite.

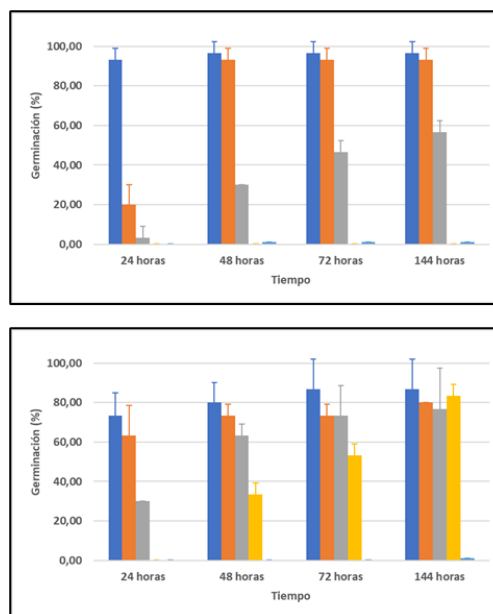


Figura 4. Diagrama de barras mostrando el porcentaje de germinación de *S. alba* (arriba) y *L. rigidum* (abajo) frente a distintas concentraciones de hidrolato. Azul oscuro, control con agua; naranja oscuro, aceite esencial al 12.5 %; gris, aceite al 25 %; naranja claro, aceite al 50 %; azul claro, aceite al 100%.

5. Discusión

En el presente trabajo, se ha confirmado la actividad antigerminativa del aceite esencial y del hidrolato obtenidos en el proceso de destilación de *C. ladanifer*. Esta actividad ya había sido mostrada anteriormente por otros autores (VERDEGUER et al., 2012; ALVES-FERREIRA et al. 2023), pero aquí hemos demostrado que esta actividad depende mucho de la composición de los aceites esenciales, que a su vez depende del lugar donde se cultivan y de la estación del año en la que se cosechan. Por tanto, habría que dejar de considerar a los aceites esenciales como compuestos de composición fija y constante y aprovechar esta variabilidad recurriendo a uno u otro aceite dependiendo de la especie diana que se quiera tratar.

En el escenario de la agricultura sostenible, los aceites esenciales son de gran interés debido al gran número de actividades biológicas, por lo que es preciso la formulación de un nuevo producto basado en él. Sin embargo, su uso suele estar limitado por varios inconvenientes que pueden surgir durante su manipulación o almacenamiento. Uno de estos inconvenientes es que son susceptibles a reacciones químicas de oxidación, isomerización, polimerización y reorganización



producidas, principalmente, por parámetros ambientales como son el oxígeno atmosférico, la luz o la temperatura. Además de esto, junto con que tienen unas propiedades físico-químicas especiales, al ser insolubles en agua, tener una alta volatilidad y una vida media corta, con el tiempo reducen o, incluso, pierden de eficacia. Todo ello, ha llevado al desarrollo de diferentes estrategias de formulación de productos basados en aceites esenciales.

Una de las estrategias para solventar dichos inconvenientes sería la encapsulación, ya que puede mejorar sus propiedades físico-químicas y estabilidad al reducir su volatilidad, protegerlos de las interacciones con el ambiente y permitir su dispersabilidad en agua. En concreto, destaca la formación de micro- y nanoemulsiones al ser las más fáciles de formular y las que se pueden obtener con menor coste. En la revisión de PAVONI et al. (2020) se detalla que su preparación generalmente implica la mezcla de agua, el aceite esencial y unos compuestos que son los surfactantes. Estos últimos son cruciales ya que reducen la tensión superficial entre la fase acuosa y la orgánica, permitiendo la formación de pequeñas gotas dispersas. El artículo destaca que las nanoemulsiones, debido a su menor tamaño de partícula, tienen una mayor estabilidad y una mejor capacidad de penetración en tejidos biológicos si las comparamos con las microemulsiones. Además, las nanoemulsiones muestran una liberación controlada y sostenida de los aceites esenciales. En otro estudio realizado por HAZRATI et al. (2017) también se estudiaron los efectos herbicidas naturales de las nanoemulsiones del aceite esencial de *Satureja hortensis*, demostrando que la eficacia de las nanoemulsiones como herbicida variaba según el tamaño de la emulsión y la concentración del aceite en agua.

En definitiva, debido a estas propiedades antigerminativas se podría elaborar un producto para su aplicación presiembra, para evitar la germinación de las semillas de las especies arvenses indeseadas. Aunque, como también puede presentar propiedades inhibitorias del crecimiento, ya que inhibe el crecimiento de la raíz y la parte aérea, se podría aplicar cuando el cultivo de interés ya ha germinado y crecido lo suficiente como para no verse afectado por el producto herbicida, tal y como proponen CHAVES & ESCUDERO (1997). Además, gracias a las propiedades antifúngicas que presentan tanto el aceite esencial como los hidrolatos de la jara, se podría utilizar como un fungicida postcosecha, como se presenta en el trabajo de UPADHYAY et al. (2018), donde lo utilizan para evitar la aparición de hongos contaminantes de semillas oleaginosas almacenadas durante un cierto tiempo, asegurando así su calidad y durabilidad.

6. Conclusiones

Tanto el aceite esencial de *C. ladanifer* como su hidrolato presentan actividad antigerminativa frente a distintos tipos de plantas arvenses. Esta actividad depende en gran medida de la composición del aceite, la cual a su vez se ve afectada no solo por la localidad donde crece la planta sino también por la estación del año en la que se recoge.



El hecho de que estos derivados de la jara también tengan actividad antifúngica frente a distintos tipos de hongos fitopatógenos, convierten a esta especie vegetal en una prometedora fuente de bioproductos para su aplicación agrícola, generando un importante valor añadido a una especie infrautilizada, lo que a su vez puede revertir en las zonas rurales donde crece, normalmente caracterizadas por ser suelos pobres no aptos para otros cultivos.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado al 100 % con fondos procedentes del Instrumento de Recuperación Europeo (EU Next Generation), gestionado por la Dirección General de Desarrollo Rural, Innovación y Formación Agroalimentaria (DGDRIFA) del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, a través del Grupo Operativo ESjara: “Aceite Esencial de jara para el desarrollo de la bioeconomía en el mundo rural”.

8. Bibliografía

ALÍAS, J.C.; ESCUDERO J.C.; CHAVES, N.; 2006. Atotoxicity Against Germination and Seedling Emergence in *Cistus ladanifer*. *L. Plant and Soil* 282, 327-332.

ALVES-FERREIRA, J.; DUARTE, L.C.; FERNANDES, M.C.; PEREIRA, H.; CARVALHEIRO, F.; 2023. *Cistus ladanifer* as a Potential Feedstock for Biorefineries: A Review. *Energies* 16, 391.

CHAVES, N.; ESCUDERO J.C.; 1997. Allelopathic effect of *Cistus ladanifer* on seed germination. *Funct Ecol* 11, 432-440.

D'ADDABO, T.; ARGENTIERI, M.P.; LAQUALE, S.; CANDIDO, V.; AVATO, P.; 2020. Relationship between Chemical Composition and Nematicidal Activity of Different Essential Oils. *Plants* 9(11), 1546.

HAZRATI, H.; SAHARKHIZ, M.J.; NIAKOUSARI, M.; MOEIN, M.; 2017. Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. *Ecotoxicol Environ Saf* 142, 423-430.

NIKOLOVA, M.T.; BERKOV, S.H.; 2018. Use of Essential Oils as Natural Herbicides. *Ecologia Balkanica* 10(2), 259.

NTALLI, N.; BRATIDOU PARLAPANI, A.; TZANI, K.; SAMARA, M.; BOUTSIS, G.; DIMOU, M.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U.; MONOKROUSOS, N.; 2020. *Thymus Citriodorus* (Schreb) Botanical Products as Ecofriendly Nematicides with Bio-Fertilizing Properties. *Plants* 9(2), 202.



PAVONI, L.; ROMANO PERINELLI, D.; BONACUCINA, G.; CESPI, M.; FILIPPO PALMIERI, G.; 2020. An Overview of Micro- and Nanoemulsions as Vehicles for Essential Oils: Formulation, Preparation and Stability. *Nanomaterials*, 10(1), 135.

RODRÍGUEZ-GARCÍA, A.; CALONGE, M.; KOSALKOVÁ, K.; PÉREZ-REDONDO, R.; SOLA-LANDA, A.; BADOS, R.; MEDIAVILLA, I.; 2024. The chemical composition and antifungal activity of *Cistus ladanifer* essential oils vary according to the locality and season of harvest. *Mediterranean Forest Week*, Barcelona.

SYNOWIEC, A.; KALEMBA, D.; DROZDEK, E.; BOCIANOWSKI, J.; 2017. Phytotoxic potential of essential oils from temperate climate plants against the germination of selected weeds and crops. *J Pest Sci* 90, 407-419.

UPADHYAY, N.; KUMAR SINGH V.; KUMAR DWIVEDY, A.; DAS, S.; KUMAR CHAUDHARI, A.; KISHORE DUBEY, N.; 2018. *Cistus ladanifer* L. essential oil as a plant based preservative against molds infesting oil seeds, aflatoxin B1 secretion, oxidative deterioration and methylglyoxal biosynthesis. *Food Sci Technol* 92, 395-403.

VALENZUELA-QUINTERO, G.; ORTEGA-NIEBLAS, M.M.; BURBOA-ZAZUETA, M.G.; GUTIÉRREZ-MILLÁN, L.E.; LÓPEZ-CÓRDOVA, J.P.; RENTERÍA-MARTÍNEZ, M.E.; JIMÉNEZ-LEÓN, J.; CURLANGO-RIVERA, G.; GUERRERO-RUIZ, J.C.; 2023. Actividad Antifúngica del aceite esencial y extracto acuoso del orégano *Lippia palmeri* W. sobre *Fussarium oxysporum* y *Thanatephorus* sp. *Revista de Ciencia Biológicas y de la Salud*.

VERDEGUER, M.; BLÁZQUEZ, M.A., BOIRA, H., 2012. Chemical composition and herbicidal activity of the essential oil from a *Cistus ladanifer* L. population from Spain. *Nat Prod Res* 26, 1602-1609.