



TRABAJO FINAL DE CARRERA  
TECNICATURA UNIVERSITARIA EN PARQUES Y JARDINES  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR



# Efecto bioherbicida de productos naturales bioactivos sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de rúcula (*Eruca vesicaria* L.)

María Eugenia Valladares

Docente Tutora:

Dra. Irene Laura Cibanal

Docentes consejeras:

Dra. María de las Mercedes Longás

Dra. Ivana Fernández Moroni



MARZO 2025

## AGRADECIMIENTOS

Cuando comencé esta carrera veía muy lejano el momento de preparar el trabajo final y recibirme. Hoy quiero agradecer a todos los que de una forma u otra ayudaron a que llegue acá:

A la Universidad Nacional del Sur pública, gratuita y de excelencia que me permitió estudiar esta carrera.

Al departamento de Agronomía por crear la tecnicatura.

A mi tutora Dra. Irene Cibanal y a mis consejeras Dra. Ivana Fernández Moroni y Dra. María de las Mercedes Longás que me acompañaron en este trabajo final guiándome y siempre dispuestas a ayudarme.

A los profesores y ayudantes que nos acompañaron compartiendo sus conocimientos con generosidad y dedicación.

A mi familia por brindarme su apoyo para poder cursar y en especial a mi hija Maite que me impulsó a comenzar esta carrera y me ayudo con la tecnología!

A mis amigas y compañeras por el hermoso grupo que formamos!!!! gracias por TODO !! Quiero hacer una mención especial a Julia Roque y a Sofía Zabaloy con quienes compartí los grupos de trabajo y también varios viajes. A Sofía en especial agradecerle además por su ayuda con los detalles finales de este trabajo, su colaboración fue fundamental para avanzar y terminar. Gracias por todo el tiempo que me prestaste!!!!

Gracias!!!!!!

## CONTENIDO

1. RESUMEN .....	3
2. INTRODUCCIÓN .....	4
2.1. Aceite esencial de romero.....	5
2.2. Hidrolato de orégano.....	6
2.3. Propóleos y sus extractos .....	8
2.4. Utilización de <i>Eruca vesicaria</i> L. como modelo experimental .....	9
3. OBJETIVOS .....	10
3.1. Objetivo general .....	10
3.2. Objetivos específicos .....	10
4. MATERIALES Y METODOS .....	11
4.1. Origen de los productos naturales evaluados .....	11
4.2. Preparación del extracto acuoso de propóleos .....	11
4.3. Formulación de tratamientos para el bioensayo de actividad herbicida .....	12
4.4. Bioensayo de actividad herbicida de productos naturales .....	13
4.5. Diseño experimental y análisis de datos .....	14
5. RESULTADOS .....	15
5.1. Evaluación de la germinación .....	15
5.2. Evaluación del crecimiento inicial.....	15
6. DISCUSIÓN .....	18
7. CONCLUSIÓN .....	20
8. BIBLIOGRAFÍA .....	21

## 1. RESUMEN

A fin de encontrar un producto natural para reemplazar el uso de herbicidas químicos sintéticos, se evaluó el efecto del extracto acuoso de propóleos, del aceite esencial de romero y del hidrolato de orégano sobre la germinación de semillas y el crecimiento de la radícula y del hipocótilo de rúcula (*Eruca vesicaria* L.).

Semillas de rúcula fueron cultivadas bajo cuatro diferentes concentraciones de los productos mencionados. Como controles metodológicos, se incluyeron un tratamiento con agua destilada y otro con una solución acuosa de Tween 20 (emulsionante del aceite esencial de romero).

Se observaron diferencias significativas en la capacidad germinativa y el crecimiento de las plántulas entre los productos. El propóleos redujo la germinación y el crecimiento en todas las concentraciones probadas, mientras que el aceite esencial de romero lo hizo solo en las concentraciones más altas. En cambio, el hidrolato de orégano no afectó la germinación, pero redujo el crecimiento de los hipocótilos y estimuló ligeramente la longitud de las radículas.

Estos resultados destacan el gran potencial de estos productos naturales para el control de malezas.

## 2. INTRODUCCIÓN

El cuidado de parques, jardines y áreas verdes enfrenta el desafío del manejo de plantas que crecen de manera espontánea y no deseada, generalmente denominadas malezas. Estas especies vegetales compiten con las plantas ornamentales por nutrientes, agua y luz, lo que repercute negativamente en el crecimiento y el desarrollo de estas últimas (Gómez-Gómez, 2024). Adicionalmente, el impacto de las malezas es especialmente importante ya que afectan la estética de los espacios que deben mantenerse visualmente atractivos y seguros para el uso público (Mac Loughlin *et al.*, 2024).

Tradicionalmente, el control de las malezas se realiza empleando herbicidas sintéticos ya que resultan una solución rápida y efectiva. No obstante, su uso ha causado serias preocupaciones por sus efectos negativos sobre la salud humana y el ambiente (Della Penna, 2004). Por este motivo, en áreas recreativas o de uso frecuente por personas y animales domésticos, la aplicación de estos productos puede resultar especialmente problemática. Por otro lado, pueden afectar los suelos y el agua subterránea, lo que representa un riesgo para los ecosistemas locales. Además, su uso excesivo y repetido ejerce presión de selección sobre las malezas, provocando la aparición de poblaciones resistentes a uno o más principios activos, lo que limita la efectividad de los herbicidas disponibles (Chipomho *et al.*, 2023).

Este contexto planteó la necesidad de buscar alternativas más sostenibles en el manejo de áreas verdes, y fue así como cobró importancia la investigación y aplicación de productos naturales bioactivos (PNB) para el control sostenible de malezas. Dentro de los PNB, aquellos que contienen metabolitos secundarios de origen vegetal pueden presentar acción herbicida relacionada con las propiedades alelopáticas de las especies botánicas de las que provienen.

- Por alelopatía se entiende al mecanismo en el que las plantas liberan metabolitos secundarios a su entorno que influyen en el crecimiento y desarrollo de otros organismos, incluso del reino vegetal (Tucat *et al.*, 2014). De acuerdo a una clasificación tradicional. Lustre Sánchez (2022) menciona que estos compuestos se pueden incluir dentro de tres grandes

grupos químicos: Terpenoides: compuestos volátiles que dan aroma y sabor a las plantas.

- Fenoles: compuestos que protegen a las plantas frente a otros organismos y poseen colores atractivos para la polinización y dispersión de semillas.
- Alcaloides: compuestos naturales que repelen a los organismos herbívoros.

Entre los productos naturales que contienen este tipo de sustancias se destacan los extractos de propóleos, los hidrolatos y los aceites esenciales obtenidos de especies aromáticas. Estos han sido evaluados por su capacidad para ejercer acción herbicida sobre la germinación de semillas (Lima Lanna *et al.*, 2020). Algunos estudios sugieren que estos no solo controlan las malezas, sino que también pueden beneficiar a las plantas ornamentales al mejorar la salud del suelo debido a sus propiedades antimicrobianas. A continuación, se describen las características principales de cada uno, destacando su potencial en el manejo de malezas.

## 2.1. Aceite esencial de romero

Los aceites esenciales son mezclas de compuestos volátiles (principalmente terpenos), obtenidos de especies aromáticas que poseen numerosas propiedades bioactivas (Prins *et al.*, 2010). Se obtienen fundamentalmente de las partes no leñosas de las plantas, en especial de las hojas, mediante arrastre por vapor de agua o hidrodestilación (Batish *et al.*, 2008). Entre los aceites esenciales más comunes, el de romero es uno de los más estudiados cualitativamente. Este aceite, junto con el de tomillo y clavo de olor, entre otros obtenidos de especies aromáticas, constituyen una parte importante de muchos de los insecticidas basados en productos naturales (Dayan *et al.*, 2009).

*Salvia rosmarinus* L. (Fig. 1), especie vegetal conocida comúnmente como romero, es una hierba leñosa, perenne, con follaje siempre verde y flores que varían en color desde blanco hasta azul. Pertenece a la familia Lamiáceas y es originaria de la región mediterránea. Su aceite esencial se obtiene principalmente de las hojas mediante destilación por arrastre de vapor. Este producto posee

propiedades antimicrobianas, antioxidantes, insecticidas, citotóxicas y herbicidas, incluyendo la capacidad de inhibir la germinación de semilla (Flores *et al.*, 2020). La composición química de este aceite varía según las condiciones ecológicas del cultivo, aunque en general todos contienen moléculas con actividad biológica reconocida, como el ácido carnósico, el carnosol y el ácido rosmarínico (Flores *et al.*, 2020).

Numerosos estudios sobre la actividad herbicida (fitotóxica y fitoinhibitoria) del aceite esencial de romero han sido realizados en diferentes especies cultivadas y arvenses (Dudai *et al.*, 1999; Angelini *et al.*, 2003; Arminante *et al.*, 2006; Azirak y Karaman, 2008; Salamone *et al.*, 2010). En este sentido, se ha demostrado que su acción es variable, ya que depende tanto de la especie afectada, como de los compuestos predominantes en el aceite, entre otros (Angelini *et al.*, 2003; Salamone *et al.*, 2010).



**Figura 1.** Ramas y hojas tomadas de una planta de *S. rosmarinus* (romero). Fuente: Internet <sup>1</sup>

## 2.2. Hidrolato de orégano

Los hidrolatos son subproductos de la destilación por arrastre de vapor de los aceites esenciales. Contienen una pequeña cantidad del aceite esencial y de sus componentes hidrosolubles. Estos pueden conservar sus propiedades

---

<sup>1</sup> <https://www.webconsultas.com/noticias/belleza-y-bienestar/un-compuesto-de-la-hierba-romero-puede-ser-util-contra-el-covid-19> - Última fecha de ingreso 5/3/2025

bioactivas (Navarro *et al.*, 2024). Comúnmente se obtienen de la condensación del vapor que atraviesa al material vegetal durante el proceso de obtención del aceite esencial.

En el caso del hidrolato de orégano, este proviene de *Origanum vulgare* L. (Fig. 2), una planta de la familia Lamiáceas, nativa del Mediterráneo y Asia occidental. Tanto el aceite esencial como el hidrolato de esta especie son apreciados por sus compuestos bioactivos, tales como el carvacrol y el timol, que poseen propiedades antibacterianas, antifúngicas, herbicidas, antiinflamatorias y antioxidantes. Estas sustancias, que están en menor concentración en el hidrolato que en el aceite esencial, hacen a estos productos útiles en diversas aplicaciones como la conservación de alimentos, la cosmética, la medicina natural y el control de plagas y malezas en la agricultura. Respecto de esto último, el hidrolato de orégano puede provocar un retraso o inhibición de la germinación y el desarrollo inicial de plántulas (Torres *et al.*, 2017).



**Figura 2.** Plantas de *O. vulgare* (orégano). Fuente: Internet<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/primero-en-el-mundo-un-oregano-mendocino-con-alta-concentracion-de-aceites-esenciales-consiguio-el-nid27022025/> -  
Última fecha de ingreso 5/3/2025

### 2.3. Propóleos y sus extractos

El propóleos (Fig. 3) es elaborado por las abejas (*Apis mellifera* L.) a partir de resinas, gomas y bálsamos que son exudados por diversas especies vegetales, y que mezclan con cera y enzimas salivares propias para crear este material que es utilizado como sellador y protector de la colmena (Aziz *et al.*, 2021). Es una mezcla compleja de más de 300 compuestos bioactivos, entre los cuales se destacan los flavonoides, ácidos fenólicos y terpenoides. Su composición varía según las fuentes botánicas de origen, lo que a su vez influye en su acción biológica (Lozina *et al.*, 2010).

Este material presenta una textura sólida a temperaturas frías, tornándose pegajoso y maleable cuando se expone al calor. Debido a su composición compleja, no suele utilizarse industrialmente tal como se extrae de la colmena. En cambio, se realiza una extracción con solventes líquidos que permiten la disolución de sus componentes bioactivos (Šuran *et al.*, 2021)

El propóleos ha sido ampliamente estudiado por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias y cicatrizantes, lo que lo convierte en un recurso versátil para aplicaciones médicas, veterinarias, cosméticas y agrícolas (Cayuela *et al.*, 2003). En este último ámbito y puntualmente en el manejo de áreas verdes, el propóleos presenta un potencial interesante para la protección de cultivos frente a malezas, plagas y enfermedades. Ciertos compuestos del propóleos pueden inhibir la germinación y el crecimiento de plantas no deseadas, convirtiendo a este producto en un potencial herbicida natural.



**Figura 3.** Fragmentos de propóleos bruto obtenido de la colmena. Fuente: propia.

## 2.4. Utilización de *Eruca vesicaria* L. como modelo experimental

Para los estudios iniciales sobre la actividad herbicida de nuevas sustancias, se suelen utilizar especies vegetales modelo. Las especies modelo deben tener alta sensibilidad a la aplicación de productos y rápido crecimiento y desarrollo (Sobrero y Ronco, 2004). En este sentido, *Eruca vesicaria* L., más conocida como rúcula (Fig. 4), resulta una planta adecuada ya que posee dichas características, permitiendo obtener resultados experimentales en tiempos cortos.

Al pertenecer a la familia Brassicáceas, al igual que numerosas malezas comunes en áreas verdes, como la flor amarilla (*Diplotaxis tenuifolia* L.), la mostacilla (*Sisymbrium irio* L.) y la bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris* L.), la rúcula es adecuada para predecir los efectos de los productos naturales sobre otras especies cuyo control resulta de interés (Prina y Novara, 1995; Lázaro, 1995).



Figura 4. Planta adulta de rúcula. Fuente: Internet<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> <https://www.mendozapost.com/estilodevida/cultiva-rucula-en-tu-hogar-del-jardin-a-la-ensalada/> - Última fecha de ingreso 5/3/2025

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Estudiar el efecto bioherbicida de tres compuestos naturales bioactivos que contienen metabolitos secundarios vegetales sobre la germinación y el crecimiento inicial de *E. vesicaria*.

#### 3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de diferentes dosis de extracto de propóleos, hidrolato de orégano (*O. vulgare*) y aceite esencial de romero (*S. rosmarinus*) sobre la germinación de rúcula (*E. vesicaria*).
- Comparar el efecto de diferentes dosis de extracto de propóleos, hidrolato de orégano y aceite esencial de romero sobre el largo de la radícula y del hipocótilo de plántulas de rúcula.
- Registrar defectos visibles en el crecimiento de plántulas de rúcula provocados por el extracto de propóleos, hidrolato de orégano y aceite esencial de romero.

## 4. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Estudios Apícolas (LabEA), en el Laboratorio de Fisiología Vegetal, y el Laboratorio de Malezas, ubicados en el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS). El primero es además un centro asociado a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

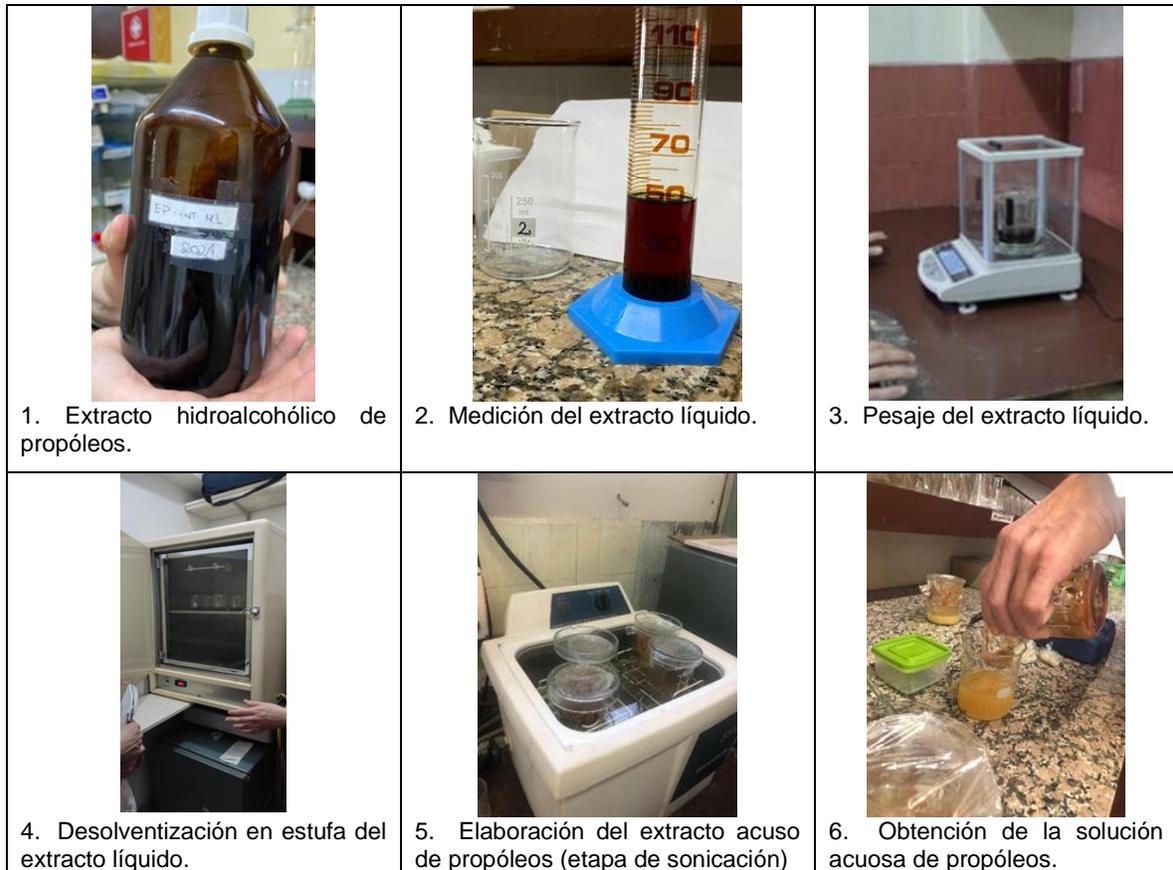
### 4.1. Origen de los productos naturales evaluados

- El propóleo en bruto fue obtenido en un apiario cercano a la ciudad de Río Colorado, Provincia de Río Negro, Argentina.
- El hidrolato de orégano fue elaborado por la Cooperativa Aromáticas Alto Valle, situada en General Fernández Oro, Provincia de Río Negro, Argentina.
- El aceite esencial de romero fue elaborado por la Cooperativa Skua, en la ciudad de Azul, Provincia de Buenos Aires, Argentina.
- Las semillas se obtuvieron de Agronomía Malizia ubicada en la ciudad de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

### 4.2. Preparación del extracto acuoso de propóleos

A partir del propóleo en bruto, se elaboró una solución hidroalcohólica compuesta por 70 % etanol y 30 % agua destilada, la cual se conservó en un frasco de vidrio color ámbar (Cibanal *et al.*, 2017; Stickard, 2008). Posteriormente, este extracto líquido se desolventizó en una estufa a  $40 \pm 2$  °C, con el fin de eliminar el solvente, ya que según estudios previos podría tener efecto fitotóxico sobre la germinación (Cibanal, 2023). Una vez obtenido el extracto seco, este se diluyó en agua destilada estéril y se llevó a un baño termostático a 92 °C con agitación continua a 80 RPM, durante 15 minutos. Luego, se llevó a un agitador magnético a 700 RPM durante 15 min y finalmente fue sonicado durante 15 minutos. De esta manera, se obtuvo un extracto acuoso de propóleos (Fig. 5). Esta

metodología se adaptó de Bucio-Villalobos y Martínez-Jaime (2017) y Bankova *et al.* (2021).



**Figura 5.** Parte de la metodología llevada a cabo para la desolventización del extracto hidroalcohólico de propóleos y obtención del extracto acuoso.

#### 4.3. Formulación de tratamientos para el bioensayo de actividad herbicida

A partir de los tres productos (extracto acuoso de propóleos, hidrolato de orégano y aceite esencial de romero), se formularon los distintos tratamientos para evaluar su acción herbicida (Fig. 6). Básicamente, esto consistió en preparar cuatro concentraciones diferentes de cada uno:

- Extracto acuoso de propóleos (PRO), en concentraciones del 25, 50, 75 y 100 %, respecto del extracto acuoso original. Para realizar las diluciones se utilizó agua destilada estéril.

- Hidrolato de orégano (HO), en concentraciones del 25%, 50%, 75% y 100%, respecto del producto original. Para realizar las diluciones se utilizó agua destilada estéril.
- Aceite esencial de romero (RO), en concentraciones de 0,25%, 0,5%, 1% y 2%, respecto del producto original. Para realizar las diluciones se utilizó agua destilada estéril y Tween 20 (Biopack). Este último se utilizó para facilitar la emulsión del aceite en agua, y se agregó en igual cantidad que el aceite esencial en cada tratamiento.
- Como controles metodológicos se incluyeron un tratamiento con agua destilada y otro con una solución acuosa de Tween 20 en la mayor concentración utilizada al formular las emulsiones de RO (2%).



**Figura 6.** Sustancias evaluadas: **A.** extracto de propóleos, **B.** hidrolato de orégano y **C.** aceite esencial de romero.

#### 4.4. Bioensayo de actividad herbicida de productos naturales

La evaluación de la actividad de los productos naturales se llevó a cabo en condiciones controladas de laboratorio. Para ello, se prepararon germinadores en cajas de Petri, en las cuales se colocaron dos hojas de papel de filtro estéril. Sobre estas se dispusieron 30 semillas de rúcula, asegurando un espacio adecuado entre las mismas para permitir la elongación de las raíces. Cada germinador se

humedeció con 4 mL de la solución correspondiente al tratamiento asignado (PRO, HO, RO, en sus cuatro dosis, y los controles metodológicos). Posteriormente, las cajas de Petri fueron selladas con papel film para evitar la pérdida de humedad y se incubaron durante una semana en una cámara de germinación. La temperatura de cultivo fue de 24 °C y el fotoperiodo de 12 horas de luz seguidos de 12 horas de oscuridad (ISTA, 2004).

Finalizado el período de incubación, se procedió a registrar el porcentaje de semillas germinadas y no germinadas, y dentro de las primeras se cuantificó el crecimiento de las plántulas (incluyendo la longitud de la raíz y de la parte aérea). Asimismo, se contabilizaron y describieron los defectos visibles, a ojo desnudo, observados sobre las plántulas en cada tratamiento, tales como crecimiento desequilibrado y alteraciones morfológicas evidentes (plántulas defectuosas) respecto del control (Cibanal *et al.*, 2023). También, se tomaron fotografías de las plántulas, las cuales se utilizaron para medir las variables de crecimiento con el software ImageJ®.

#### 4.5. Diseño experimental y análisis de datos

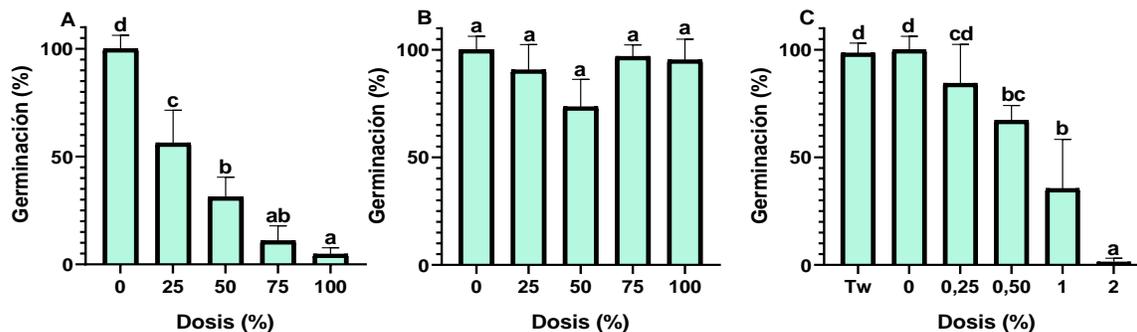
El bioensayo se realizó siguiendo un diseño simple, totalmente aleatorizado con cuatro réplicas.

Los datos fueron graficados utilizando el software GraphPadPrism 8.0.1. Los parámetros se analizaron mediante el programa estadístico Infostat (Di Renzo *et al.*, 2010). Cada población se comparó mediante la prueba de ANOVA seguida del test de comparaciones múltiples de Fisher (*Least Significant Difference* – LSD -  $\alpha = 0,05\%$ ).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Evaluación de la germinación

El número de semillas de rúcula que germinó, varió según las diferentes sustancias testeadas (Fig. 7). El cultivo con PRO causó disminución de la germinación y su efecto inhibitorio fue mayor a medida que la dosis aumentó ( $p < 0,05$ ; Fig. 7A). En cambio, cuando las semillas fueron expuestas a HO, ninguna de las dosis probadas tuvo un efecto significativo sobre la germinación ( $p > 0,05$ ; Fig. 7B). Por su parte, RO mostró que en las tres dosis más altas, la germinación se redujo con respecto al control y fue nula en la concentración del 2 % ( $p < 0,05$ ; Fig. 7C).



**Figura 7.** Porcentaje de germinación ( $\pm$  error estándar) de semillas de rúcula bajo diferentes dosis de: **A.** extracto de propóleos; **B.** hidrolato de orégano y **C.** aceite de romero. Letras iguales no denotan diferencias significativas según el test LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

### 5.2. Evaluación del crecimiento inicial

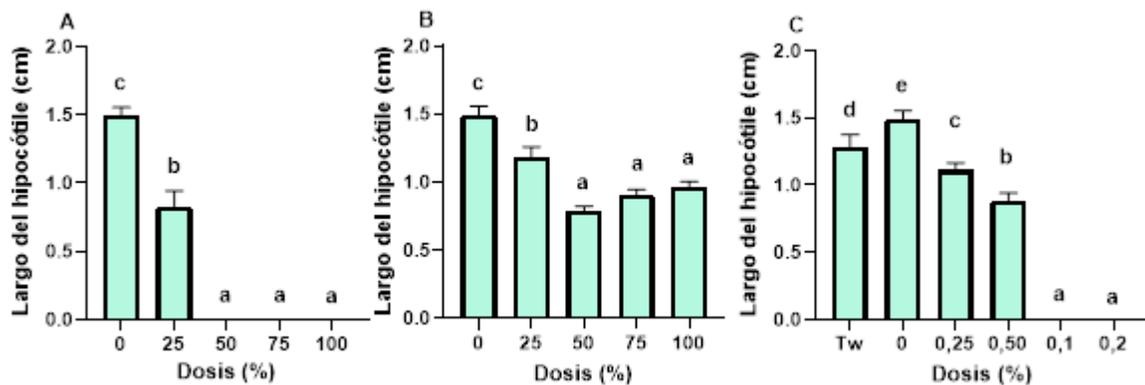
La rúcula mostró mayor sensibilidad al PRO en comparación a las otras sustancias evaluadas en el crecimiento de la radícula e hipocótilo (Fig. 8A y 9A). Bajo dosis superiores al 25 % se observaron defectos (daños) en radículas y a partir del 50% en hipocótilos (Fig. 10).

En las pruebas realizadas con HO (Fig. 8A y 9A), se observó que, si bien el porcentaje de germinación no fue afectado, los hipocótilos presentaron un crecimiento significativamente menor que el grupo control, con una reducción de hasta un 50 % ( $p < 0,05$ ), y defectos morfológicos (Fig. 10). Por otro lado, se

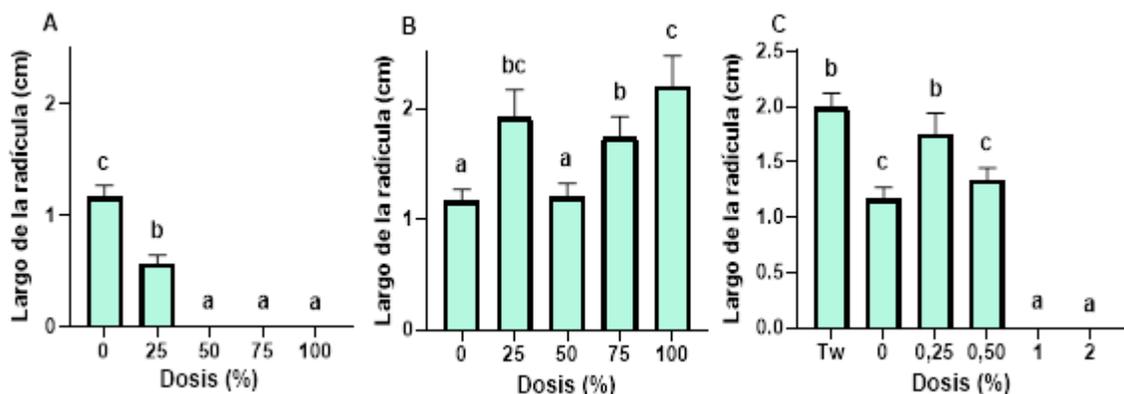
evidenció una estimulación del crecimiento en la longitud de las radículas, con una diferencia significativa en comparación con el control ( $p < 0,05$ ).

En los tratamientos correspondientes a RO, tanto la longitud del hipocótilo como la de la radícula fue afectada (Fig. 8C y 9C). Todas las dosis probadas mostraron un impacto negativo respecto de los controles en el largo del hipocótilo, siendo las dosis más altas las que presentaron un efecto más significativo ( $p < 0,05$ ).

El Tween 20 tuvo un leve efecto inhibitorio en el crecimiento del hipocótilo y estimuló el desarrollo de la radícula, en comparación al testigo de agua destilada ( $p < 0,05$ ).



**Figura 8.** Medias ( $\pm$  Error estándar) del largo del hipocótilo de plántulas de rúcula bajo un gradiente de dosis de **A.** extracto de propóleos, **B.** hidrolato de orégano y **C.** aceite de romero. Letras iguales no denotan diferencias significativas según el test LSD ( $\alpha = 0,05$ ).



**Figura 9.** Medias ( $\pm$  Error estándar) del largo de la radícula de plántulas de rúcula germinadas bajo un gradiente de dosis de: **A.** Extracto de propóleos; **B.** Hidrolato de orégano; **C.** Aceite de romero. Letras iguales no denotan diferencias significativas según el test LSD ( $\alpha = 0,05$ ).

En las plántulas consideradas defectuosas en los distintos tratamientos se observaron hipocótilos ensanchados, radículas retorcidas, cotiledones plegados y coloración oscura, principalmente en el ápice radical (Fig. 10).



**Figura 10.** Plántulas de rúcula al finalizar el ensayo. **A.** Normal (control sin agregados); **B.** Defectuosas (tratadas con los PNB).

## 6. DISCUSIÓN

El compuesto bioactivo PRO se destacó entre los productos probados por sus efectos inhibitorios, sobre la germinación y el desarrollo de las plántulas de *E. vesicaria*. Esto coincide con los hallazgos de Dadgostar y Nozari (2020) y Gonnet (1968), quienes reportaron que este producto posee acción herbicida sobre diversas especies vegetales. Tal efecto se ha atribuido a la presencia de compuestos fenólicos y flavonoides en el propóleo, que afectan a la germinación (Cibanal et al., 2023). Además, se observó un efecto dosis-respuesta, donde un aumento en la concentración del producto natural bioactivo (PNB) resultó en un mayor efecto. Este hallazgo es consistente con los resultados reportados por Khakimov *et al.* (2020) y Khuat *et al.* (2023), quienes señalaron que la acción herbicida de las soluciones de propóleo depende de la dosis aplicada. En este estudio, también se observó que las soluciones acuosas de propóleo generaron deformaciones en la morfología de las plántulas que lograron germinar, lo cual coincide con los resultados obtenidos por otros autores que han trabajado con este tipo de compuestos (Sampietro, 2001). El crecimiento defectuoso de las plántulas debe considerarse parte de la acción herbicida de los PNB, ya que efectos negativos como la coloración oscura de las radículas y las deformaciones en los hipocótilos impiden el normal crecimiento y desarrollo de la plántula (Sobrero *et al.*, 2004). En concordancia con esto, Bankova y Popova (2023), reportaron que la aplicación de propóleo generó inhibición o retraso de la germinación, falta de elongación de radículas y menor crecimiento de hipocótilos en *Mimosa púdica* L. y *Senna obtusifolia* L.

El efecto de la aplicación de HO fue dispar entre los parámetros evaluados y las dosis. En cuanto a la germinación de las semillas, no se observaron diferencias significativas en comparación con el control metodológico. Sin embargo, a nivel de plántula, se evidenció disminución del crecimiento del hipocótilo y estimulación en el crecimiento de la radícula, lo cual ha sido reportado en otros ensayos (Verdeguer Sancho, 2011). Si bien los estudios específicos sobre la acción herbicida del HO son escasos, en estudios realizados evaluando otras propiedades del hidrolato del género vegetal *Tagetes* (*Tagetes multiflora*

Kunth), se encontró comparativamente menor actividad antioxidante que la del aceite esencial de la misma planta (Tapia *et al.*, 2024). Aunque se sabe que el HO tiene efectos bioactivos, por ejemplo antibacterianos sobre estafilococos y enterobacterias (García Ángeles *et al.*, 2022), su actividad puede ser limitada debido a su baja concentración de metabolitos secundarios, como el observado por Pabón-Montoya *et al.* (2024) al estudiar su acción antifúngica. Ciertos estudios han demostrado que los hidrolatos tienen un efecto herbicida más pronunciado sobre las monocotiledóneas que sobre las dicotiledóneas, como lo es la rúcula (Elizondo *et al.*, 2024). Es importante señalar que los efectos de los hidrolatos pueden variar según la planta de origen. Por ejemplo, hidrolatos de romero han demostrado una fuerte actividad antigerminativa y capacidad de retrasar la emergencia de malezas (Politti *et al.*, 2023), al igual que los de lavanda y artemisa (Navarro *et al.*, 2024).

La efectividad de los aceites esenciales como bioinsumo para el agro ha sido demostrada previamente por otros autores. Los terpenos presentes en su composición son potentes inhibidores de la germinación, lo que sugiere una correlación favorable entre el contenido de terpenos y la actividad del aceite esencial (Dudai *et al.*, 2004; Arminante *et al.*, 2006). En este ensayo, se observó que las tres concentraciones más altas mostraron diferencias significativas con respecto al control, destacándose la concentración al 2 %, donde la germinación fue nula. En cuanto a su efecto sobre la radícula y el hipocótilo, se observó que todas las dosis probadas redujeron su crecimiento respecto de los controles metodológicos. Estos resultados indican efectos herbicidas propios de los componentes de este PNB. Según Mirmostafae *et al.* (2020), dependiendo de la dosis aplicada, el aceite esencial de romero inhibe la germinación de las semillas ya que afecta la viabilidad del embrión. También provoca una reducción en el crecimiento del hipocótilo y de la radícula en las plántulas. Por su parte, Aragão *et al.* (2015) observaron resultados similares con los aceites esenciales de *Eucalyptus grandis* H. y *Eucalyptus citrodora* H. en ensayos sobre *Lactuca sativa* L. Se ha reportado que los aceites esenciales inducen estrés oxidativo en las semillas, alterando la membrana celular, dañando las proteínas y los núcleos

celulares. Esto afecta directamente el número de divisiones celulares, la viabilidad celular y la tasa de crecimiento celular (Mutlu *et al.*, 2011; Ricci *et al.*, 2017).

## 7. CONCLUSIÓN

A partir de la experiencia se puede concluir que el PRO fue muy efectivo en inhibir tanto la germinación como el crecimiento de la radícula y el hipocótilo en todas sus concentraciones. El RO presentó efectos inhibidores, especialmente en altas concentraciones, aunque en dosis bajas mostró un leve estímulo en el crecimiento de la radícula. El HO por su parte, no afectó la germinación y promovió el crecimiento de la radícula; sin embargo, este último causó algunos defectos en el hipocótilo.

Se concluye así que el PRO y el RO presentan una importante acción herbicida sobre la germinación de la rúcula, que podría ser de interés para futuros desarrollos en el área del control de malezas. Es fundamental continuar investigando sobre los efectos de todos estos PNB, para poder determinar con mayor precisión su potencial.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Aragão, F. B., Palmieri, M. J., Ferreira, A., Costa, A. V., Queiroz, V. T., Pinheiro, P. F., & Andrade-Vieira, L. F. (2015). Phytotoxic and cytotoxic effects of Eucalyptus essential oil on lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Allelopathy Journal*, 35(2), 259-272.

Aziz, A., Yuliawan, V. N., & Kustiawan, P. M. (2021). Identification of secondary metabolites and antibacterial activity of non-polar fraction from *Heterotrigonaitama propolis*. *Journal of Fundamental and Applied Pharmaceutical Science*, 2(1), 23-33.

Angelini, L. G., Carpanese, G., Cioni, P. L., Morelli, I., Macchia, M., & Flamini, G. (2003). Essential oils from Mediterranean Lamiaceae as weed germination inhibitors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 6158-6164.

Arminante, F., De Falco, E., De Feo, V., De Martino, L., Mancini, E., & Quaranta, E. (2006). Allelopathic activity of essential oils from Mediterranean Labiatae. *Acta Horticulturae*, 723, 347-352.

Azirak, S., & Karaman, S. (2008). Allelopathic effect of some essential oils and components on germination of weed species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B*, 58, 88-92.

Bankova, V., & Popova, M. (2023). Propóleo: un tesoro escondido en la naturaleza para una agricultura sostenible. Laboratorio de Química de Productos Naturales, Instituto de Química Orgánica con Centro de Fitoquímica, Academia Búlgara de Ciencias, Acad. G. Bonchev Str., Bl. 9, 1113 Sofía, Bulgaria.

Bankova, V., Trusheva, B., & Popova, M. (2021). Propolis extraction methods: A review. *Journal of Apicultural Research*, 60(5), 734-743.

Batish, D. R., Kohli, R. K., Singh, H. P. & Kaur, S. (2008). *Ecological basis of allelopathy*. CRC Press.

Bucio-Villalobos, C. M., & Martínez-Jaime, O. A. (2017). Actividad antibacteriana de un extracto acuoso de propóleos del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 223-227.

Cayuela, M. S., & Serrano, J. (2003). Propóleo: aplicaciones terapéuticas. *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas alternativas*, 21(2), 94-104.

Chipomho, J., Parwada, C., & Gwatidzo, V. O. (2023). Evolution of herbicide resistant weeds in agro-ecological systems. *Advanced Chemicobiology Research*, 138.

Cibanal, I. L. (2023). Estudio del extracto de propóleos y del aceite esencial de orégano para el control de fitopatógenos de importancia en la producción hortícola.

Cibanal, I. L., Fernández, L. A., Fernández Moroni, I., Buedo, J., Cruz, M., Garayalde, A., & Gallez, L. M. (2023). Efectos fitoinhibitorios del extracto de propóleos y del aceite

esencial de orégano sobre la germinación de lechuga. En 3era Reunión Argentina de Biología de Semillas, Bahía Blanca.

Cibanal, I. L., Krepper, G., Fernández, L. A., & Gallez, L. M. (2017). Caracterización fisico-química de propóleos argentinos para su uso como biofungicida agrícola. In IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT 2017.

Dadgostar, S., & Nozari, J. (2020). Evaluation of propolis extract in preventing weed seed germination. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 10(4), 125-130.

Dayan, F. E., Cantrell, C. L., & Duke, S. O. (2009). Natural products in crop protection. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 17(12), 4022-4034.

Della Penna, A. B. (2004). Impacto del herbicida paraquat sobre invertebrados acuáticos (Tesis de maestría, Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales). Recuperado de [http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis\\_n3764\\_DellaPenna](http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n3764_DellaPenna)

Di Rienzo, J., Balzarini, M., Gonzalez, L., Casanoves, F., Tablada, M., & Walter-Robledo, C. (2010). Infostat: software para análisis estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, (Argentina). <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10346>

Dudai, N., Poljakoff-Mayber, A., Mayer, A. M., Putievsky, E., & Lerner, H. R. (1999). Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. Journal of Chemical Ecology, 25, 1079-1089.

Elizondo, F., Zaragoza, D., Gómez, J., Flores-Villa, E., Sáenz-Galindo, A., Castañeda-Facio, A. O., & Narro-Céspedes, R. I. (2023). Hidrolato de la especie nativa de San Juan *Aloysia gratissima* como un potencial bioherbicida.

Flores-Villa, E., Sáenz-Galindo, A., Castañeda-Facio, A. O., & Narro-Céspedes, R. I. (2020). Romero (*Rosmarinus officinalis* L.): su origen, importancia y generalidades de sus metabolitos secundarios. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 23.

García Ángeles, B., Soto Simental, S., González Tenorio, R., & Ayala Martínez, M. (2024). Efecto del hidrolato de orégano (*Oreganum vulgare*) sobre algunas características de calidad de nuggets elaborados con carne de conejo.

Gómez-Gómez, R. (2024). ¿Malezas o arvenses? Una propuesta conceptual para su manejo agroecológico. Agronomía Mesoamericana, 35(1), 56900-56900.

Gonnet, M. (1968). Propriétés phytoinhibitrices de quelques substances extraites de la colonie d'abeilles (*Apis mellifica* L.). I. Action sur la croissance de *Lactuca sativa*. Les Annales de l'Abeille, 11(1), 41-47.

International Seed Testing Association (ISTA). (2004). International rules for seed testing. The International Seed Testing Association.

Khakimov, A. A., Omonlikov, A. U., & Utaganov, S. B. U. (2020). Current status and prospects of the use of biofungicides against plant diseases. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, 13(3), 119-126.

Khuat, Q. V., Kalashnikova, E. A., Nguyen, H. T., Trukhachev, V. I., & Kirakosyan, R. N. (2023). In vitro effect of Purple Amomum (*Amomum longiligulare* TL Wu) extracts on seed germination and seedling growth of different crop species. *Horticulturae*, 9(5), 554.

Lima Lanna, N. D. B., Martins Bardivieso, E., Santivañez Aguilar, A., Ayala Pérez, C. P., Contreras, S., Nakada-Freitas, P. G., & Inácio Cardoso, A. I. (2020). Uso de la temperatura y propóleos en el tratamiento alternativo de semillas de calabacín. *Idesia (Arica)*, 38(4), 83-88.

Lozina, L. A., Peichoto, M. E., Acosta, O. C., Granero, G. E. (2010). Estandarización y caracterización organoléptica y físico-química de 15 propóleos argentinos. *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 29(1), 102-110.

Lustre Sánchez, H. (2022, marzo-abril). Los superpoderes de las plantas: los metabolitos secundarios en su adaptación y defensa. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 23(2). <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2022.23.2.10>

Mac Loughlin, T. M., de Castro, M. C., López Aca, V., Orofino, A., Davidovich, I., Bernasconi, C., Alonso, L., Etchegoyen, A., Peluso, L., & Marino, D. J. (2024). La química ambiental como herramienta de transformación social: Glifosato en espacios públicos urbanos y propuestas para su prohibición. Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP.

Mirmostafae, S., Azizi, M., & Fujii, Y. (2020). Study of allelopathic interaction of essential oils from medicinal and aromatic plants on seed germination and seedling growth of lettuce. *Agronomy*, 10(2), 163. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020163>

Morales-Moreno, P. E. D. R. O., & Cazorla-Perfetti, D. A. L. M. I. R. O. (2017). Efectos de dos surfactantes sobre la germinación in vitro de 13 aislamientos nativos de *Beauveria bassiana* Sensu Lato (Ascomycota), patógenos para *Rhodnius prolixus* (Triatominae). *Saber*, 29, 83-90.

Mutlu, S., Atici, Ö., Esim, N., & Mete, E. (2011). Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(3), 943-951. <https://doi.org/10.1007/s11738-010-0626-3>

Naciones Unidas. (2019). World population prospects 2019. Department of Economic and Social Affairs. <https://population.un.org/wpp/>

Navarro, J., Gimeno, D., Pueyo, J., Villar, M. P., Pardo, G., & Cirujeda, A. (2024). Uso de hidrolatos de plantas aromáticas para el control de cuatro especies de malas hierbas. *Revista de Ciências Agrárias*, 47(1), 128-132.

Pabon-Montoya, B., Córdova-Chávez, M., Alban-Alcivar, J., & Jaramillo-Robles, A. (2024). Efectos antifúngicos de extractos botánicos sobre el crecimiento micelial de *Colletotrichum* sp., causante de antracnosis en la fruta de aguacate a nivel in vitro. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(1), 869-879. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.1.2218>

Politi, M., Ferrante, C., Menghini, L., Angelini, P., Angeles, G., & Salgueiro, L. R. (2023). Hidrosoles de *Rosmarinus officinalis*, *Salvia officinalis*, y *Cupressus sempervirens*: Análisis fitoquímico y evaluación de la bioactividad.

Prina, A. O., & Novara, L. (Eds.). (1995). Brassicaceae. Aportes Botánicos de Salta - Serie Flora, 3(2), 1-81.

Prins, C. L., Vieira, I. J., & Freitas, S. P. (2010). Growth regulators and essential oil production. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 22(2), 91-102.

Ricci, D., Epifano, F., & Fraternali, D. (2017). The essential oil of *Monarda didyma* L. (Lamiaceae) exerts phytotoxic activity in vitro against various weed seeds. *Molecules*, 22(2), 222. <https://doi.org/10.3390/molecules22020222>

Salamone, A., Lazzara, S., Verdeguer, M., Boira, H., Blázquez, M.A. (2010). Antifungal and herbicidal activity of *Rosmarinus officinalis* L. and *Pelargonium odoratissimum* (L.) L'Hér. essential oils. In Program and Abstracts 16th International Reinhardtsbrunn Symposium. Modern Fungicides and Antifungal Compounds (p. 170). Friedrichroda, Alemania, 25-29 April 2010.

Sampietro, D. A. (2001). Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes.

Sobrero, M. C., & Ronco, A. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). En Ensayos toxicológicos y métodos de evaluación de calidad de aguas: Estandarización, intercalibración, resultados y aplicaciones. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Šuran, J., Cepanec, I., Mašek, T., Radić, B., Radić, S., Tlak Gajger, I., & Vlainić, J. (2021). Extracto de propóleo y sus compuestos bioactivos: de las tecnologías de extracción tradicionales a las modernas. *Molecules*, 26(10), 2930. <https://doi.org/10.3390/molecules26102930>

Stikard, D. (2008). Propóleos: ¿alternativa para control de patógenos en agricultura? (Trabajo de investigación, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur).

Tapia Tadeo, F., Delgado Laime, M. D. C., Palomino Rincón, H., Mescco Caceres, E., & Alarcón Camacho, J. (2024). Composición química y actividad antibacteriana de aceites esenciales e hidrolato de Chikchimpay (*Tagetes multiflora* Kunth). *Revista Alfa*, 8(24), 1108-1123. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.327>

Torres, L., Díaz Vizcaíno, E. A., & Rigueiro, A. (2017). Evaluación de la potencialidad bioherbicida de orégano, romero y tomillo sobre la germinación de *Rumex obtusifolius* L. y *Spergula arvensis* L. En M. Royuela Hernando & A. Zabalza Aznárez (Eds.), XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología: Actas (pp. 25-27). Pamplona-Iruña: Universidad Pública de Navarra.

Tucat, G., Daddario, J. F. F., & Bentivegna, D. J. (2014). Alelopatía: ¿Puede una planta producir sustancias que afecten el crecimiento de otras? Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, Agro UNS, 22, 18-20.

Verdeguer Sancho, M. M. (2011). Fitotoxicidad de aceites esenciales y extractos acuosos de plantas mediterráneas para el control de arvenses (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).