

# Actividad fitotóxica del citral sobre *Avena fatua* y *Chenopodium album*

## Phytotoxic activity of citral on *Avena fatua* and *Chenopodium album*

Natalia Torres-Pagán<sup>1,8</sup>, Javier Ortiz-Verdú<sup>1</sup>, Marta Muñoz<sup>1,2</sup>, Sara Barbero<sup>1</sup>, Nieves Melero-Carnero<sup>1</sup>, David López-González<sup>1,3</sup>, Diego Gómez de Barreda-Ferraz<sup>4</sup>, Jose María Osca<sup>4</sup>, Rosa Peiró<sup>5</sup>, Mónica Boscaiu<sup>1,5</sup>, Marta Teijeira<sup>3,6</sup>, Fabrizio Araniti<sup>7</sup>, Alessandra Carrubba<sup>8</sup>, Adela Sánchez-Moreiras<sup>3</sup> & Mercedes Verdeguer<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agroforestal Mediterráneo, Valencia, España

<sup>2</sup> SEIPASA S.A, L'Alcudia (Valencia), España

<sup>3</sup> Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo, Vigo, España

<sup>4</sup> Departamento de Producción Vegetal, Valencia, España

<sup>5</sup> Centro de Conservación y Mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana, Valencia, España

<sup>6</sup> Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur, Vigo, España

<sup>7</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Milano, Italia

<sup>8</sup> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali, Palermo, Italia

(\*E-mail: merversa@eaf.upv.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.34851>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

### RESUMEN

El citral es un metabolito secundario que se encuentra en la composición de muchos aceites esenciales de plantas, como por ejemplo en el aceite esencial de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, en el que es el componente mayoritario. Se trata de una molécula con diferentes propiedades biológicas, entre ellas, se ha demostrado su actividad herbicida, lo que le confiere un elevado potencial como base para el desarrollo de herbicidas naturales. En este trabajo, se ha estudiado el potencial fitotóxico del citral sobre dos arvenses, *Avena fatua* L. (moconotiledónea) y *Chenopodium album* L. (dicotiledónea). Los ensayos se llevaron a cabo en condiciones de invernadero en la Universitat Politècnica de València. Se probó el citral a diferentes concentraciones aplicado mediante pulverización en post emergencia sobre las plantas arvenses cuando tenían 2-3 hojas en el caso de *A. fatua* y 4-6 hojas para *C. album*. Los resultados mostraron una elevada efectividad del citral como herbicida en condiciones de invernadero. Sería necesario realizar ensayos sobre otras especies y en condiciones de campo, para verificar su potencial herbicida en condiciones reales, pero se demostró que puede ser un buen candidato para la formulación de bioherbicidas.

**Palabras-clave:** bioherbicidas, citral, metabolitos secundarios, manejo integrado de malas hierbas

### ABSTRACT

Citral is a secondary metabolite found in the composition of many essential oils from plants, such as the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, in which it is the major constituent. Citral has been demonstrated to possess several biological activities, among them herbicidal activity, so it has a high potential for the development of natural herbicides. In this work, the phytotoxic potential of citral was studied on two weeds, *Avena fatua* L. (monocotyledonous) and *Chenopodium album* L. (dicotyledonous). The tests were carried out under greenhouse conditions at the Universitat Politècnica de València. Citral was tested at different concentrations applied by spraying in post-emergence when the plants had 2-3 leaves in the case of *A. fatua* and 4-6 leaves in the case of *C. album*. The results showed high efficacy of citral as herbicide under greenhouse conditions. Trials on other species and under field conditions would be necessary to verify its herbicidal potential under real conditions, but it was shown to be a good candidate for bioherbicide formulations.

**Keywords:** bioherbicides, citral, secondary metabolites, integrated weed control

## INTRODUCCIÓN

La población mundial, se estima que crecerá en torno a 9.8 billones en el 2050, por lo que la demanda de alimentos aumentará más de un 50% (Searchinger *et al.*, 2019). Debido a la competencia por los recursos naturales, las arvenses pueden afectar a la producción de alimentos en los sistemas agrícolas, disminuyendo la calidad de los productos y reduciendo la productividad (Monteiro & Santos, 2022). El control mecánico y la aplicación de herbicidas son los métodos más frecuentes en la gestión de las arvenses (Christensen *et al.*, 2009). Desde la implantación de la Directiva 2009/128/CE para conseguir el uso sostenible de los productos fitosanitarios en Europa, se promueve el uso de métodos de control de plagas en los que se reduce el uso de productos químicos. En este sentido, las plantas aromáticas y sus compuestos volátiles tienen potencial para usos agrícolas como reguladores del crecimiento vegetal y como bioherbicidas, porque afectan la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas (Chaimovitsh *et al.*, 2017).

El citral (3,7-dimetil-2,6-octadienal) es un monoterpeno muy utilizado en cosmética y farmacia, es una mezcla de dos aldehídos, geranial y neral, la proporción de geranial en los aceites esenciales es 1,5-3 veces superior al neral (Hirai *et al.*, 2022). El citral se encuentra presente en muchos aceites esenciales, como en los de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Tajidin *et al.*, 2012), *Cinnamomum camphora* (L.) J.Presl y *Cinnamomum bodinieri* H.Lév. (Ling *et al.*, 2022), *Citrus x aurantifolia* (Christm.) Swingle (Fagodia *et al.*, 2017), *Citrus limon* (L.) Osbeck (Pucci *et al.*, 2020), entre otros.

Se ha demostrado que el citral tiene propiedades antioxidantes, bactericidas y anticancerígenas (Kang *et al.*, 2022). En cuanto a su actividad herbicida, el citral mostró efectos inhibitorios sobre la germinación y fitotóxicos sobre plantas en *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Amaranthus retroflexus* L. y *Plantago lanceolata* L. (Graña *et al.*, 2013).

En el presente trabajo se estudió el efecto fitotóxico del citral in vivo, bajo condiciones de invernadero en dos especies arvenses importantes a nivel mundial, *Chenopodium album* L. y *Avena fatua* L.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las especies ensayadas fueron *Chenopodium album* y *Avena fatua*. Las plantas de *C. album* fueron obtenidas a partir de semillas recolectadas en campos de L'Alcudia (provincia de Valencia, España) en noviembre de 2019, y las plantas de *A. fatua* fueron obtenidas a partir de semillas compradas a la empresa Herbiseed (Reading, Reino Unido) en 2019. Los ensayos se llevaron a cabo en un invernadero de la Universitat Politècnica de València en 2021. Se prepararon dos semilleros, uno para cada una de las especies arvenses. Cuando se desarrollaron las plántulas, se trasplantaron a macetas individuales de 8x8x7 cm.

Las plantas se trataron mediante pulverización cuando alcanzaron el estado de 2-3 hojas en el caso de *A. fatua*, que según la escala *Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie* (BBCH) sería el estado BBCH 12-13, y en el estado de 6-8 hojas (BBCH 16-18) en el caso de *C. album*.

El citral utilizado en los ensayos fue proporcionado formulado por la empresa SEIPASA S.L. Los tratamientos ensayados fueron las concentraciones de citral 2, 4 y 8%, un control agua y un control con los coadyuvantes presentes en la formulación del citral. Se realizaron 6 repeticiones de cada tratamiento. Los tratamientos se aplicaron por pulverización con un pulverizador de vidrio VFOC.712/10 (VidraFOC, Barcelona, España) equipado con globo y campana de recuperación de líquido, que proporcionó una neblina de pulverización uniforme, aplicando un volumen de caldo de 5 mL/planta.

Para evaluar la evolución del ensayo, se tomaron fotos los días 1, 3, 7 y 15 tras la aplicación de los tratamientos. Para evaluar la eficacia del tratamiento, se asignó el valor 0, si la planta estaba viva y 100 si la planta estaba muerta. Para evaluar el nivel de daño, se elaboró una escala para cada especie con valores de 0 a 3 (0- planta sana, sin daños, 1- planta con daño leve, 2- planta con daño severo y 3- planta muerta). Las imágenes fueron procesadas con el software Digimizer para obtener las medidas de longitud de las plantas.

Los resultados de las variables obtenidas en los experimentos fueron procesados mediante el paquete estadístico Statgraphics® Centurion

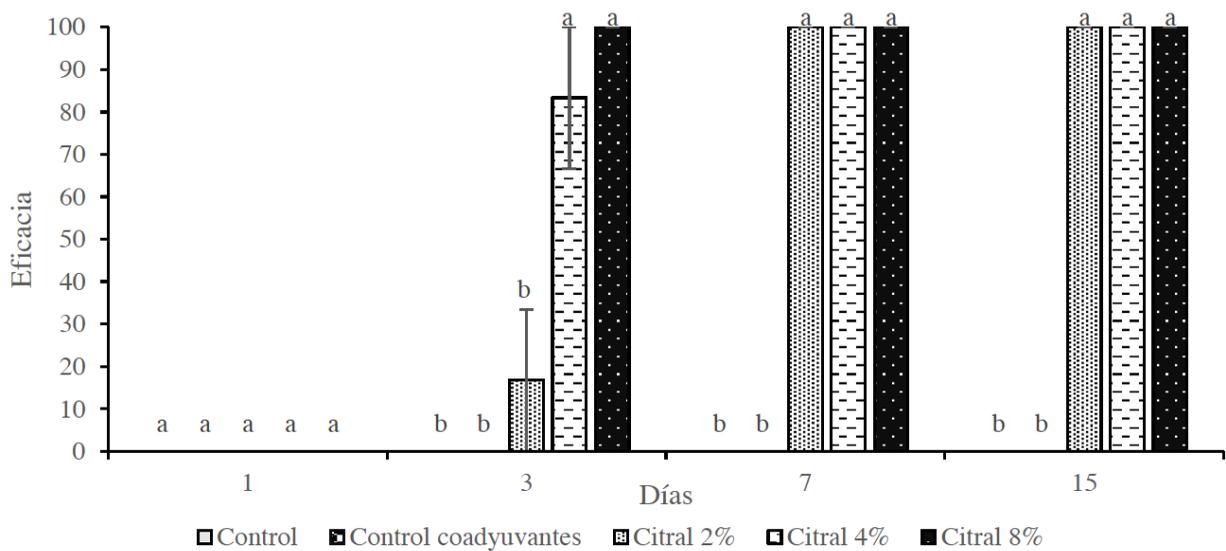
XVIII (StatPoint Technologies Inc., Warrenton, VA, USA). Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) simple, utilizando el test de Fisher (Least Significant Difference, LSD) para la comparación de medias ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

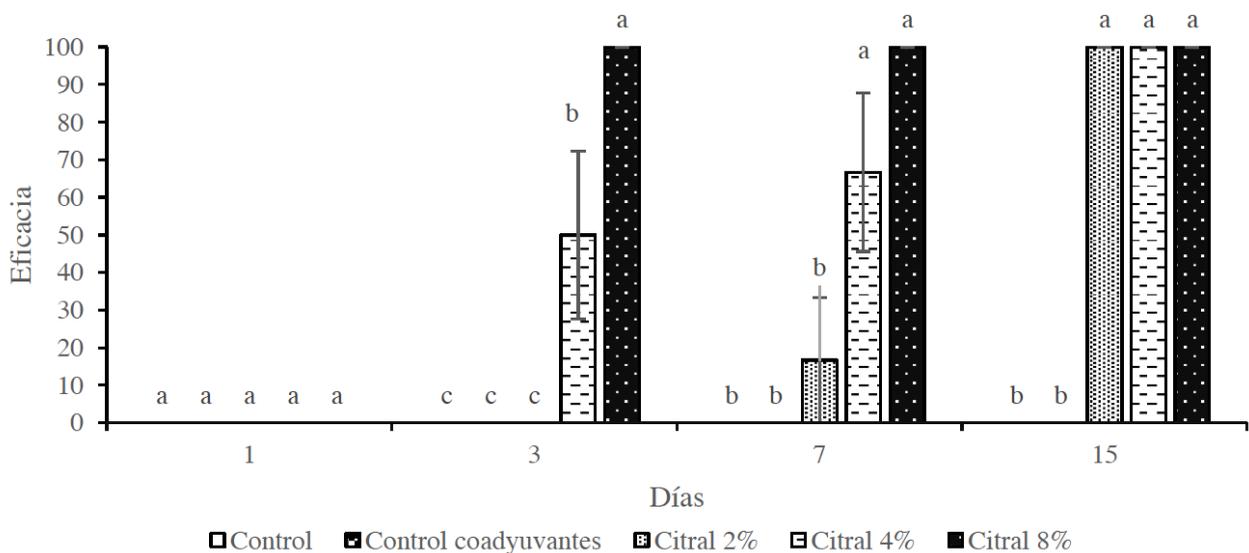
En la Figura 1, se muestran los resultados de eficacia de los tratamientos aplicados sobre las plantas

de *A. fatua*. Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las plantas tratadas con las concentraciones 4 y 8% de citral con respecto a las plantas control a partir del tercer día tras la aplicación de los tratamientos, siendo 100 la eficacia de la concentración 8% de citral. A partir del día 7 la eficacia para todas las concentraciones de citral fue de 100.

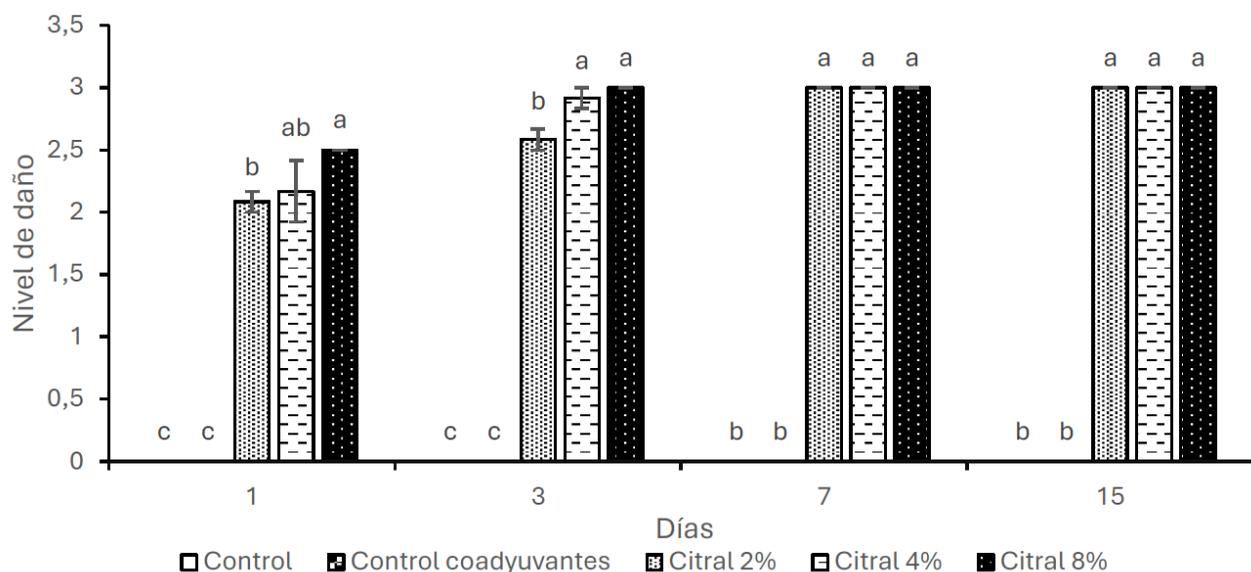
En cuanto a la eficacia del citral sobre las plantas de *C. album* (Figura 2), la concentración de citral



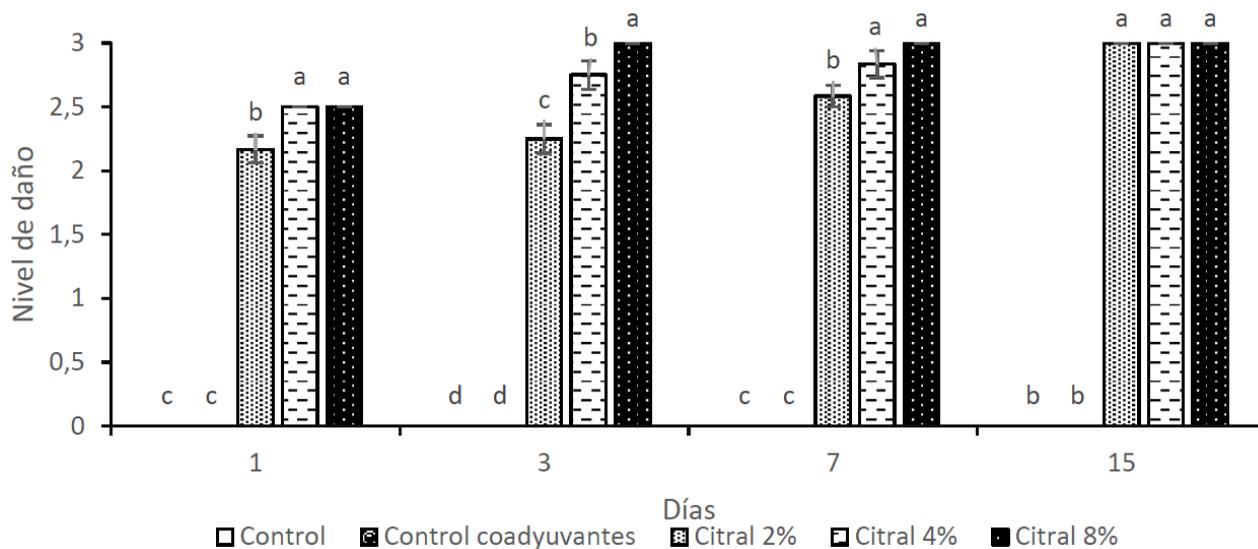
**Figura 1** - Evolución de la eficacia del citral sobre *Avena fatua*. Letras diferentes en el mismo día indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.



**Figura 2** - Evolución de la eficacia de citral en *Chenopodium album*. Letras diferentes en el mismo día indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.



**Figura 3** - Evolución del nivel de daño en *Avena fatua* tras la aplicación de citral. Letras diferentes en el mismo día indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.



**Figura 4** - Nivel de daño observado en las plantas de *Chenopodium album*. Letras diferentes en el mismo día indican diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados.

8% consiguió una eficacia de 100 el día 3 tras la aplicación de los tratamientos, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos. La eficacia de las otras concentraciones de citral fue aumentando con el tiempo, obteniendo todas las concentraciones de citral una eficacia de 100 el día 15 tras la aplicación.

A la vista de los resultados obtenidos para el nivel de daño por los diferentes tratamientos (Figura 3), se puede afirmar que existieron diferencias estadísticamente significativas para el nivel de daño en las plantas de *A. fatua* tratadas con citral a partir del día 1 tras la aplicación de los tratamientos respecto al control. A partir del día 7 todas las plantas

tratadas con las diferentes concentraciones de citral presentaron el valor máximo de daño (3).

En la Figura 4, se muestra la evolución del nivel de daño para las plantas de *C. album* tras la aplicación de los tratamientos. Se pueden observar diferencias estadísticamente significativas con respecto al control a partir del día 3 tras la aplicación de los tratamientos para todas las concentraciones de citral y entre ellas, obteniéndose un nivel de daño máximo (3) para todas las concentraciones en el último día de evaluación (15 días tras la aplicación).

## CONCLUSIONES

El citral mostró gran actividad herbicida, consiguiendo un 100 de eficacia para todas las concentraciones ensayadas (2, 4 y 8 %) en ambas especies al final de los experimentos.

En la especie *A. fatua*, las tres concentraciones de citral obtuvieron un 100 de eficacia a partir del día 7 tras la aplicación de los tratamientos, mientras que en *C. album*, se alcanzó una eficacia del 100 para las tres concentraciones de citral ensayadas el día 15 tras la aplicación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chaimovitsh, D.; Shachter, A.; Abu-Abied, M.; Rubin, B.; Sadot, E. & Dudai, N. (2017) - Herbicidal activity of monoterpenes is associated with disruption of microtubule functionality and membrane integrity. *Weed Science*, vol. 65, n. 1, p. 19-30. <https://doi.org/10.1614/WS-D-16-00044.1>
- Christensen, S.; Søgaard, H.T.; Kudsk, P.; Nørremark, M.; Lund, I.; Nadimi, E.S. & Jørgensen, R. (2009) - Site-specific weed control technologies. *Weed Research*, vol. 49, n. 3, p. 233-241. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00696.x>
- Fagodia, S.K.; Singh, H. P.; Batish, D.R. & Kohli, R.K. (2017) - Phytotoxicity and cytotoxicity of Citrus aurantiifolia essential oil and its major constituents: Limonene and citral. *Industrial Crops and Products*, vol. 108, p. 708-715. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.005>
- Graña, E.; Sotelo, T.; Díaz-Tielas, C.; Reigosa, M. J. & Sánchez-Moreiras, A. M. (2013) - The phytotoxic potential of the terpenoid citral on seedlings and adult plants. *Weed Science*, vol. 61, n. 3, p. 469-481. <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00159.1>
- Hirai, M.; Ota, Y. & Ito, M. (2022) - Diversity in principal constituents of plants with a lemony scent and the predominance of citral. *Journal of Natural Medicines*, vol. 76, p. 254-258. <https://doi.org/10.1007/s11418-021-01553-7>
- Kang, S.; Li, X.; Xing, Z.; Liu, X.; Bai, X.; Yang, Y.; Guo, D.; Xia, X.; Zhang, C. & Shi, C. (2022) - Antibacterial effect of citral on *Yersinia enterocolitica* and its mechanism. *Food Control*, vol. 135, art. 108775. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108775>
- Ling, Q.; Zhang, B.; Wang, Y.; Xiao, Z.; Hou, J.; Xiao, C.; Liu, Y. & Jin, Z. (2022) - Chemical composition and antioxidant activity of the essential oils of citral-rich chemotype *Cinnamomum Camphora* and *Cinnamomum Bodinieri*. *Molecules*, vol. 27, n. 21, art. 7356. <https://doi.org/10.3390/molecules27217356>
- Monteiro, A. & Santos, S. (2022) - Sustainable approach to weed management: The role of precision weed management. *Agronomy*, vol. 12, n. 1, art. 118. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010118>
- Pucci, M.; Raimondo, S.; Zichittella, C.; Tinnirello, V.; Corleone, V.; Aiello, G. & Alessandro, R. (2020) - Biological properties of a citral-enriched fraction of *Citrus limon* essential oil. *Foods*, vol. 9, n. 9, art.1290. <https://doi.org/10.3390/foods9091290>
- Searchinger, T.; Waite, R.; Hanson, C.; Ranganathan, J.; Dumas, P. & Matthews, E. (2019) - *Creating a Sustainable Food Future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050*. World Resources Report. World Resources Institute, 556 p.
- Tajidin, N.E.; Ahmad, S H.; Rosenani, A.B.; Azimah, H. & Munirah, M. (2012) - Chemical composition and citral content in lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil at three maturity stages. *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, n. 11, p. 2685-2693. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2939>