



Alelopatía de *Ageratum conyzoides* L. en *Bidens pilosa* L., *Oryza sativa* L. y *Cucumis sativus* L.*

Allelopathy of *Ageratum conyzoides* L. on *Bidens pilosa* L., *Oryza sativa* L., and *Cucumis sativus* L.

Alicia Zumbado-Rodríguez¹, Mary Pamela Portuguese-García¹, María Isabel González-Lutz¹

* Recepción: 24 de septiembre, 2025. Aceptación: 20 de abril, 2026. Este trabajo formó parte del trabajo final de graduación de la primera autora, denominado *Fitotoxicidad de Ageratum conyzoides* L. sobre *Bidens pilosa* L., *Poa annua* L., *Oryza sativa* L. y *Cucumis sativus* L., Universidad de Costa Rica.

¹ Universidad de Costa Rica. Alajuela, Costa Rica. aliciagzr@gmail.com (<https://orcid.org/0009-0009-7827-7580>); mary.portuguez@ucr.ac.cr (autora para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-3520-7699>); mariaisabel.gonzalezlutz@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-3073-7746>).

Resumen

Introducción. *Ageratum conyzoides* es considerada una especie invasora; sin embargo, se ha demostrado su potencial alelopático. Los extractos alelopáticos son una posible alternativa al control convencional de arvenses. **Objetivo.** Determinar el efecto alelopático de extractos de *Ageratum conyzoides* L. sobre la emergencia de plántulas y el crecimiento inicial de la arvense *Bidens pilosa* L. y los cultivos *Cucumis sativus* L. y *Oryza sativa* L. **Materiales y métodos.** Entre enero y octubre de 2021, se probaron extractos frescos y extractos secos a partir de hojas de *A. conyzoides* en el invernadero de la Subestación Experimental Fraijanes, Alajuela, Costa Rica. Cada extracto se preparó en dosis de 100 %, 50 % y 25 % p/v, y se aplicó a semillas de arvenses y cultivos seleccionados. Se determinó el número de plántulas emergidas y la longitud de la radícula, del vástago y de la plántula, así como la biomasa de las arvenses y cultivos. Se siguió un diseño irrestricto al azar. A los datos se les realizó un análisis de varianza, prueba de Tukey (longitud de plántula y raíz, y biomasa) y regresión logística (plántulas emergidas). **Resultados.** Los extractos alelopáticos de *A. conyzoides* inhibieron la emergencia de plántulas de *B. pilosa*. La dosis de 50 % fue más inhibitoria que la del 100 % (razón de ventaja = 3,12) y ocasionó una menor longitud radicular y una menor biomasa. En *O. sativa*, ninguno de los extractos tuvo efecto inhibitorio en la emergencia al compararlos con el testigo. Sin embargo, el extracto fresco ocasionó una menor longitud de la planta. No hubo efectos en *C. sativus*. **Conclusiones.** El extracto de *A. conyzoides* mostró efecto inhibitorio en *B. pilosa* y *O. sativa*, pero no afectó a *C. sativus*.

Palabras clave: extractos alelopáticos, control preemergente de arvenses, alelopatía en plantas, control biológico de arvenses.

Abstract

Introduction. *Ageratum conyzoides* is considered an invasive species; nevertheless, its allelopathic potential has been identified. Allelopathic extracts offer a potential alternative to conventional weed control. **Objective.** To determine the allelopathic effect of extracts of *Ageratum conyzoides* L. on seedling emergence and initial growth of the weed *Bidens pilosa* L. and the crops *Cucumis sativus* L. and *Oryza sativa* L. **Materials and methods.** From January



to October 2021, in the greenhouse of the Fraijanes Substation, Alajuela, Costa Rica, fresh and dried extracts prepared from *A. conyzoides* leaves were tested. Each extract was prepared at concentrations of 100 %, 50 %, and 25 % (w/v), and applied to seeds of selected weeds and crops. The number of emerged seedlings, radicle length, shoot and seedling length, as well as biomass of weeds and crops, were determined; a completely randomized design was used. Data were analyzed using analysis of variance and Tukey's test (for seedling and root length, and biomass) and logistic regression (for emerged seedlings). **Results.** The allelopathic extracts of *A. conyzoides* inhibited the emergence of *B. pilosa* seedlings; the 50 % dose was more inhibitory than the 100 % dose (odds ratio = 3.12) and resulted in shorter root length and lower biomass. In *O. sativa*, the use of both extracts showed no inhibitory effect on emergence compared with the control. However, the fresh extract resulted in shorter plant length. Neither extract affected *C. sativus*. **Conclusions.** *A. conyzoides* extract showed inhibitory effects on *B. pilosa* and *O. sativa* but did not affect *C. sativus*.

Keywords: allelopathic extracts, pre-emergent weed control, plant allelopathy, biological control of weeds.

Introducción

En la actualidad, los consumidores perciben que la aplicación de agroquímicos en las fincas de producción agrícola es una práctica nociva para la salud (Koch et al., 2017; Tran et al., 2023) y los productores desean conocer alternativas proambiente para el manejo sanitario de los cultivos (Gasques et al., 2025). Además, existe un incremento de casos de arvenses resistentes a herbicidas, situación que representa un desafío en la producción rentable de alimentos (Heap, s. f.). En este contexto, los extractos acuosos son bioinsumos que podrían integrarse a las estrategias del manejo integrado de arvenses; no obstante, para su elaboración es necesario conocer y evaluar la alelopatía.

La alelopatía es un proceso bioquímico que involucra metabolitos secundarios, producidos por plantas, algas, bacterias y hongos, y que puede ocasionar diversos efectos en los organismos receptores (Macías et al., 2000). En el caso específico de las plantas, pueden inhibir la germinación, el crecimiento, el desarrollo y la reproducción (Bachheti et al., 2019).

El empleo de extractos de plantas con propiedades alelopáticas ha demostrado ser eficaz para el control de arvenses (Kamran et al., 2017). Algunos de los compuestos responsables de esta actividad son solubles en agua (Macías et al., 2019), lo cual facilita su extracción y aplicación. Sin embargo, aún es necesario realizar estudios que permitan identificar los órganos productores de dichos metabolitos, así como establecer las dosis de aplicación (Hierro & Callaway, 2021).

Ageratum conyzoides L. posee potencial alelopático (Valverde Balladares, 2015), ya que puede inhibir la germinación de semillas de arroz (Batish et al., 2009), rábano, tomate, frijol y raigrás; no obstante, su efecto varía según los factores ambientales y la fenología del cultivo (Yadav et al., 2019). Esta arvense posee una amplia distribución en cultivos y pastos, sus semillas no presentan latencia, germina bajo temperaturas entre 15 y 30 °C y puede completar su ciclo en menos de dos meses (Vélez-Gavilán, 2016). Estas características la convierten en una especie con potencial para realizar experimentos de alelopatía mediante extractos acuosos (Okunade, 2002; Wong-Paz et al., 2020).

Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el efecto alelopático de extractos de *Ageratum conyzoides* L. sobre la emergencia de plántulas y el crecimiento inicial de la arvense *Bidens pilosa* L. y los cultivos *Cucumis sativus* L. y *Oryza sativa* L.

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la Subestación Experimental Fraijanes de la Universidad de Costa Rica, Alajuela, Costa Rica, a 1764 m s. n. m. Durante su desarrollo, la temperatura diurna promedio fue de 24 °C y la nocturna se mantuvo en 16 °C. La humedad relativa durante el día fue de 70 % y la nocturna de 90 %.

Se utilizaron semillas de *B. pilosa*, las cuales se obtuvieron de plantas de la Subestación Experimental Fraijanes. Estas fueron recolectadas el 18 de septiembre de 2020 y se almacenaron en frascos cerrados a temperatura ambiente (16,1 °C). Para este trabajo se utilizaron semillas de *O. sativa*, variedad Lazarroz, provenientes de Parrita y cosechadas en septiembre de 2018, y semillas de *C. sativus*, variedad Goliath, adquiridas en una casa comercial.

Siembra de semillas

Previo al experimento se ejecutó una prueba de germinación para verificar que las semillas fueran viables. Las semillas de *O. sativa* y *C. sativus* fueron almacenadas en refrigeración a una temperatura de 5 °C antes de la siembra. Se realizaron tres tratamientos pregerminativos: a) embeber las semillas de cada especie en agua corriente por 24 h, b) embeber las semillas en una solución de KNO₃ con una concentración de 0,25 % p/v por 24 h, y c) un testigo en el cual no se aplicó ningún tratamiento. Los tres grupos se colocaron en un laboratorio a una temperatura promedio de 16 °C, y una humedad relativa promedio de 80 %; la radiación solar no se controló.

Tanto para la prueba de germinación como para el experimento de aplicación de extractos alelopáticos, las semillas de la arvense y de los cultivos se sembraron en maceteros plásticos de 13 cm de diámetro y 10 cm de altura, a una profundidad de 0,5 cm con 10 semillas por macetero. En cada uno se colocaron 700 g de suelo no esterilizado proveniente de un lote agrícola de la Subestación Experimental Fraijanes, de la clase textural franco limosa, con una relación de carbono y nitrógeno de 11,8 y conductividad eléctrica de 0,3 mS/cm. El riego se aplicó por goteo con una frecuencia de tres riegos de un minuto a cada macetero; el coeficiente de uniformidad fue del 91 % (González & Rodríguez, 2011) y cada gotero presentó una descarga de 1,82 L/h.

Preparación de los extractos

Para elaborar los extractos se recolectaron hojas frescas de plantas de *A. conyzoides* en etapa de floración. Las plantas se recolectaron de un terreno agrícola ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, en la Garita de Alajuela, y se utilizaron inmediatamente después de su recolección. Para la desinfección del material, se separaron todas las hojas de la planta, se tomaron 2,5 kg de las hojas frescas y se lavaron con una solución de hipoclorito de sodio al 0,5 % durante 5 min. Para eliminar el excedente de cloro, en un lavadero se efectuaron tres lavados con agua corriente, cubriendo por completo el material.

Para producir el extracto fresco, se colocaron 500 g de hojas frescas recién lavadas en una licuadora junto con 500 mL de agua corriente y se licuaron durante 5 min a una potencia de 550 W. La solución obtenida se filtró con un colador plástico de 21 cm de diámetro y con orificios de 1 mm. El material restante fue licuado hasta obtener un volumen final de 5 L del extracto en una concentración madre de 100 % p/v; a partir de este se obtuvieron los extractos al 50 % p/v y al 25 % p/v.

Para elaborar el extracto seco, se colocaron 5 kg de hojas frescas en una estufa a una temperatura constante de 65 °C durante 57 h (Javaid et al., 2020). Posteriormente, se tomó 1 kg de hojas secas enteras y se colocó en un recipiente con 1 L de agua corriente, donde se dejó reposar durante 12 h para obtener la solución madre. Transcurrido ese tiempo, se filtró el contenido en un colador plástico de 21 cm de diámetro con orificios de 1 mm. Para preparar las dosis de 50 % y 25 % p/v, la solución madre (100 %) se diluyó con agua corriente.

Descripción de las concentraciones

Para ambos extractos se utilizaron tres concentraciones (100 %, 50 % y 25 % p/v), definidas con base en experimentos previos que emplearon métodos similares (Javaid et al., 2020; Monti Teixeira et al., 2004). Sin embargo, se efectuaron modificaciones, como el aumento del volumen de las hojas con el fin de obtener una concentración de 100 % p/v.

Aplicación de extractos

Los extractos se aplicaron con una bomba de espalda tipo Carpi de 18 L, con una boquilla 8002 y un regulador de presión de 2 bares; se empleó un volumen de aspersión de 200 L/ha. La bomba fue calibrada y la velocidad de aplicación fue de 1,09 m/s. Se colocaron los cuarenta maceteros en filas, de modo que cada tratamiento se aplicara de manera uniforme y simultáneamente. El tratamiento testigo consistió en la siembra de las especies sin la aplicación de extractos. Se monitorearon la temperatura, la humedad relativa y la radiación solar mediante un *data logger* con memoria interna para almacenamiento continuo e intervalos de registro configurables, el cual cuenta con conexión a computadora mediante tarjeta USB para la descarga de los datos climatológicos.

Diseño experimental y variables medidas

Se empleó un diseño experimental irrestricto al azar y se incluyó un testigo absoluto sin aplicación de extracto. Se realizaron 10 repeticiones por tratamiento, para un total de 70 unidades experimentales por especie.

Se contó el número de plántulas emergidas a los 4, 8, 15 y 22 días después de la aplicación (DDA), tanto en la prueba de germinación de las tres especies como en la de los extractos. A los 22 DDA se midieron la longitud del vástago (v) y la longitud radicular (raíz primaria) con una regla. El peso fresco y el peso seco de las estructuras se determinaron con una balanza electrónica de una precisión de 0,01 g y una capacidad máxima de 1000 g. Las muestras frescas se lavaron con agua corriente, se dejaron escurrir y se registró el peso fresco. Posteriormente, se guardaron en bolsas de papel y se colocaron en una estufa durante una semana a 80 ± 5 °C para obtener el peso seco.

Análisis estadístico

Se analizaron dos métodos de extracción (en fresco y en seco) y cuatro concentraciones: un testigo (0 %) y tres concentraciones del extracto (100 %, 50 % y 25 %). Cada factor se analizó de forma independiente para cada especie.

El análisis del número de plántulas emergidas inicial se realizó mediante un análisis de varianza por mínimos cuadrados ordinarios, seguido de una prueba post hoc de Tukey dentro de la interacción. El número de plántulas emergidas posterior a la aplicación de los extractos se analizó mediante regresión logística. A partir de este modelo se obtuvieron las razones de ventaja de la no emergencia de plántulas, lo que indica qué tratamiento presentó mayor efecto en comparación con otro. Se utilizó un nivel de significancia del 5 %. Este análisis se basa en la ecuación 1 (Cox, 1958).

$$\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon \quad (1)$$

Donde $\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right)$ = ventaja de no emergencia de plántulas (porcentaje de plántulas no emergidas vs. porcentaje de plántulas emergidas en el tratamiento *i*). Las razones de ventaja de la no emergencia en el tratamiento *i* con respecto a la no emergencia en el tratamiento *j* se definen como:

$$\frac{\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right)}{\ln\left(\frac{p_j}{1-p_j}\right)}$$

Las hipótesis probadas son:

$$\frac{\ln\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right)}{\ln\left(\frac{p_j}{1-p_j}\right)} = 1$$

Las variables de longitud radicular y aérea, peso fresco y peso seco se analizaron mediante un análisis de varianza para estudiar las interacciones de los efectos de los tratamientos, con un nivel de significancia del 5 %. Cuando se detectaron interacciones significativas, se aplicó una prueba de Tukey dentro de la interacción. No se efectuaron comparaciones entre distintas especies debido a sus diferencias morfológicas, ya que estas generarían diferencias no atribuibles a los tratamientos. Los análisis de datos se ejecutaron utilizando el *software* JMP versión 15.2.1 (Sall, 2023).

Resultados

Plántulas emergidas en la prueba inicial

La imbibición en agua por 24 h y el tratamiento testigo presentaron los mejores resultados para *C. sativus*. En *B. pilosa* y *O. sativa*, el tratamiento de pregerminación no fue significativo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de germinación promedio a los 22 días después de la siembra, por especie y por tratamiento. Subestación Experimental Fraijanes, Febrero, 2022.

Table 1. Average germination percentages 22 days after sowing, by species and by treatment. Subestación Experimental Fraijanes, February, 2022.

Especie	Porcentaje de germinación de acuerdo con el tratamiento			Probabilidad de la prueba de Tukey
	KNO ₃	Agua 24 h	Testigo	
<i>Bidens pilosa</i>	27,5	37,5	40	0,4566
<i>Cucumis sativus</i>	57,5 ^a	92,5 ^b	85 ^b	0,0004 *
<i>Oryza sativa</i>	72,5	87,5	90	0,8138

Medias con letras distintas en cada hilera son diferentes estadísticamente (Tukey, $\alpha = 5\%$). * Efecto diferente de cero al 5 % de significancia. / Means with different letters in each row are statistically different (Tukey, $\alpha = 5\%$). * Effect different from zero at 5 % significance.

Efecto del tipo de extracto y sus diferentes dosis

A los 4 DDA, ninguna especie había emergido. A los 8 DDA de los extractos fresco y seco, solo se detectaron diferencias entre tratamientos en la emergencia de *C. sativus* (Cuadro 2). Al evaluar el efecto del extracto a los 15 DDA, ambos métodos exhibieron diferencias en *C. sativus*. En *B. pilosa* la aplicación de extracto fresco generó diferencias. Este comportamiento se repitió en *O. sativa* al emplear el extracto seco (Cuadro 2).

Cuadro 2. Probabilidades asociadas a la prueba de comparación de las razones de ventaja de la no emergencia de plántulas entre los diferentes métodos de extracción de *Ageratum conyzoides* y el testigo en la emergencia de *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus* y *Oryza sativa* a los 8 y 15 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 2. Probabilities associated with the odds ratio comparison test for seedling non-emergence between the different extraction methods of *Ageratum conyzoides* and the control in the emergence of *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus*, and *Oryza sativa* at 8 and 15 days after treatment application (DDA). Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

DDA	Método de extracción	Especie		
		<i>Bidens pilosa</i>	<i>Cucumis sativus</i>	<i>Oryza sativa</i>
8	Seco	0,289	0,0001 *	–
	Fresco	0,4951	0,0034 *	–
15	Seco	0,2555	0,0001 *	0,0004 *
	Fresco	0,0002 *	0,0001 *	0,2462

* Significativo al 5 %. – En ese momento no hubo emergencia. / * Significant at 5 %. – At that time there was no emergence.

En *C. sativus*, a los 8 DDA, la dosis de 50 % p/v del extracto fresco fue la única que disminuyó la emergencia de plántulas respecto al testigo (1,91 frente a 1) y fue más inhibitoria que la dosis de 25 %. Las dosis de 50 % y 25 % del extracto seco no produjeron efecto inhibitorio. A los 15 DDA, tampoco se observaron efectos con las dosis de 25 % y 50 % del extracto seco, así como con las dosis de 25 % y 100 % de extracto fresco. Por lo tanto, los extractos secos y frescos no inhibieron la emergencia de plántulas de *C. sativus* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Razones de ventaja de la no emergencia entre las diferentes dosis en *Cucumis sativus* L. por extracto, a los 8 y 15 días después de la aplicación (DDA) de los tratamientos. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 3. Odds ratios of non-emergence between the different doses in *Cucumis sativus* L. by extract, at 8 and 15 days after treatment application (DDA). Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

DDA	Método de extracción	Razón de ventaja (RV) ¹					
		D100/T	D50/T	D25/T	D100/D50	D100/D25	D50/D25
8	Seco	1,4	0,17 *	0,14 *	8,21 *	10,19 *	1,24
	Fresco	0,84	1,91 *	0,70	0,44 *	1,20	2,70 *
15	Seco	1,33	0,08 *	0,29 *	16,67 *	4,55 *	0,26 *
	Fresco	0,01 *	1,00	0,26 *	0,01 *	0,39	3,85 *

* Significativa al 5 %. T: Testigo. D: Dosis. / * Significant at 5 %. T: Control. D: Dose.

¹ Razón de ventaja del numerador versus el denominador. / ¹ Odds ratio of the numerator versus the denominator.

En *B. pilosa*, las dosis de 25 % p/v (RV = 1,85) y 50 % p/v (RV = 2,26) del extracto fresco ocasionaron un efecto inhibitorio en comparación con el testigo. Además, la dosis de 50 % p/v tuvo mayor incidencia que la del 100 % (RV = 3,12).

En *O. sativa*, el extracto seco no inhibió la emergencia de plántulas a los 15 DDA. Contrario a lo anterior, la dosis de 50 % produjo mayor emergencia de plántulas en comparación con la dosis de 25 % (RV = 4,43) y el testigo (RV = 0,2).

Longitud radicular y del vástago

Al analizar el efecto del método de extracción y la dosis sobre la longitud radicular y del vástago de las especies, se determinó que en *O. sativa* estos efectos son independientes, y que solo hubo diferencias significativas entre los promedios de los extractos. Por otro lado, en *B. pilosa* y *C. sativus*, el efecto de la dosis dependió del extracto (Cuadro 4).

Cuadro 4. Probabilidades asociadas a los efectos de la dosis y el extracto de *Ageratum conyzoides* en comparación con el testigo en la longitud radicular y del vástago de las especies *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus* y *Oryza sativa* a los 22 días después de la aplicación de los tratamientos. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 4. Probabilities associated with the effects of dose and *Ageratum conyzoides* extract, compared with the control, on root and shoot length of *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus*, and *Oryza sativa* at 22 days after treatment application. Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

Variable	Especie	Probabilidad		
		Extracto	Dosis	Extracto*Dosis
Longitud del vástago (cm)	<i>B. pilosa</i>	0,0326 *	0,0001 *	0,0001 *
	<i>C. sativus</i>	0,0117 *	0,0439 *	0,00039 *
	<i>O. sativa</i>	0,0052 *	0,3407	0,3907
Longitud radicular (cm)	<i>B. pilosa</i>	0,0001 *	0,2465	0,0012 *
	<i>C. sativus</i>	0,0127 *	0,0629	0,0017 *
	<i>O. sativa</i>	0,0054 *	0,6199	0,3368

* Significativo al 5 %. / * Significant at 5 %.

En *O. sativa*, solo se encontraron diferencias significativas entre los promedios de ambos extractos a los 22 DDA. El extracto fresco produjo un menor promedio de longitud radicular (3,17 cm) y del vástago (5,28 cm), mientras que el seco obtuvo un mayor promedio de longitud radicular (4,08 cm) y del vástago (6,99 cm). Estos resultados indican que el extracto fresco inhibió el crecimiento inicial del arroz.

Ninguno de los extractos causó efecto negativo en la longitud del vástago de *B. pilosa*; por el contrario, la dosis de 100 % p/v del extracto fresco incrementó la longitud. Sin embargo, la dosis media del mismo extracto disminuyó la longitud radicular. El extracto seco no tuvo efecto sobre esta variable (Cuadro 5).

En *C. sativus* no se detectaron diferencias en la longitud del vástago ni en la longitud radicular entre los tratamientos y el testigo (Cuadro 6).

Biomasa

A los 22 DDA, *B. pilosa* mostró diferencias en la biomasa dependiendo del extracto empleado. En *C. sativus*, el peso fresco promedio varió según el extracto y la dosis, mientras que el peso seco solo presentó diferencias de acuerdo con la dosis. En *O. sativa* no hubo diferencias significativas entre los promedios ni en la biomasa fresca ni en la seca (Cuadro 7).

Cuadro 5. Longitud radicular y del vástago promedio de *Bidens pilosa* a los 22 días después de la aplicación de los tratamientos por efecto del extracto y la dosis de *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 5. Average root and shoot length of *Bidens pilosa* at 22 days after treatment application as affected by the extract type and dose of *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

Dosis (% p/v)	Longitud del vástago (cm)		Longitud radicular (cm)	
	Extracto fresco	Extracto seco	Extracto fresco	Extracto seco
100	1,19 ^b	0,63 ^a	1,88 ^a	2,83 ^a
50	0,41 ^a	0,78 ^a	1,47 ^b	3,90 ^a
25	0,66 ^a	1,46 ^b	1,86 ^a	3,94 ^a
Testigo	0,70 ^a	0,70 ^a	2,95 ^a	2,95 ^a

Medias con letras distintas dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 5\%$). La comparación de promedios es para cada extracto por separado. / Means with different letters within columns show significant differences (Tukey, $\alpha = 5\%$). The comparison of means is performed for each extract separately.

Cuadro 6. Longitud radicular y del vástago promedio de *Cucumis sativus* a los 22 días después de la aplicación de los tratamientos por efecto del extracto y la dosis de *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 6. Average root and shoot length of *Cucumis sativus* at 22 days after treatment application as affected by the extract type and dose of *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

Dosis (% p/v)	Longitud del vástago (cm)		Longitud radicular (cm)	
	Extracto fresco	Extracto seco	Extracto fresco	Extracto seco
100	3,59 ^a	2,04 ^a	4,04 ^a	1,85 ^a
50	2,74 ^a	3,53 ^b	2,99 ^a	3,70 ^b
25	3,84 ^a	3,10 ^{ab}	3,42 ^a	3,42 ^{ab}
Testigo	3,02 ^a	3,02 ^{ab}	3,13 ^a	3,13 ^{ab}

Medias con letras distintas dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 5\%$). La comparación de promedios es para cada extracto por separado. / Means with different letters within columns show significant differences (Tukey, $\alpha = 5\%$). The comparison of means is performed for each extract separately.

En *B. pilosa*, a los 22 DDA, la aplicación del extracto fresco produjo menores valores de peso fresco (0,27 g) y peso seco (0,10 g), en comparación con el extracto seco, cuyos valores fueron superiores (0,40 g y 0,13 g, respectivamente). Estas diferencias fueron significativas (Tukey, $\alpha = 5\%$), lo que sugiere que el extracto fresco tuvo un efecto alelopático, mientras que el extracto seco estimuló el crecimiento de la especie.

En *C. sativus*, el extracto fresco no provocó diferencias de peso fresco. En cambio, al aplicar el extracto seco, la dosis de 25 % p/v ocasionó una menor biomasa fresca que la dosis de 50 % p/v. No obstante, no se observaron diferencias entre las dosis de 25 %, la dosis de 100 % p/v y el tratamiento testigo (Cuadro 8).

Cuadro 7. Probabilidades asociadas al efecto de la dosis y el extracto de *Ageratum conyzoides* y el testigo sobre la biomasa de las especies *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus* y *Oryza sativa* a los 22 días después de la aplicación de los tratamientos. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 7. Probabilities associated with the effect of the dose and extract of *Ageratum conyzoides* and the control on the biomass of the species *Bidens pilosa*, *Cucumis sativus*, and *Oryza sativa* at 22 days after application of the treatments. Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

Variable	Especie	Probabilidad		
		Extracto	Dosis	Dosis*Extracto
Peso fresco (g)	<i>B. pilosa</i>	0,0014 *	0,2409	0,2041
	<i>C. sativus</i>	0,8999	0,7354	0,0009 *
	<i>O. sativa</i>	0,1208	0,2916	0,2544
Peso seco (g)	<i>B. pilosa</i>	0,0080 *	0,4109	0,0631
	<i>C. sativus</i>	0,868	0,0035 *	0,2571
	<i>O. sativa</i>	0,2427	0,8161	0,4957

* Significativo al 5 %. / * Significant at 5 %.

Cuadro 8. Peso fresco promedio de *Cucumis sativus* a los 22 días después de la aplicación de los tratamientos por efecto de la dosis y el extracto de *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. Marzo, 2022.

Table 8. Average fresh weight of *Cucumis sativus* at 22 days after treatment application as affected by the dose and extract of *Ageratum conyzoides*. Subestación Experimental Fraijanes. March, 2022.

Dosis (% p/v)	Peso fresco (g)	
	Extracto fresco	Extracto seco
100	11,97 ^a	11,00 ^{ab}
50	9,81 ^a	16,10 ^a
25	14,82 ^a	7,90 ^b
Testigo	12,80 ^a	12,80 ^{ab}

Medias con letras distintas dentro de columnas indican diferencias significativas (Tukey, $\alpha = 5\%$). La comparación de promedios es para cada extracto por separado. / Means with different letters within columns show significant differences (Tukey, $\alpha = 5\%$). The comparison of means is performed for each extract separately.

A los 22 DDA de los tratamientos en *C. sativus*, la dosis de 50 % p/v generó diferencias en el peso seco con respecto a la dosis de 25 % p/v, la de 100 % p/v y el testigo. Sin embargo, tras el análisis estadístico de los datos, no fue posible identificar con cuál tipo de extracto se asoció dicho efecto. Por lo tanto, los extractos no dañan ni estimulan el crecimiento inicial de *C. sativus*.

Discusión

Los resultados de inhibición de los extractos frescos al 25 % y 50 % de *A. conyzoides* sobre *B. pilosa* coinciden con estudios previos que documentan los efectos negativos de los aleloquímicos de *A. conyzoides* en esta arvense (Días et al., 2017; Medeiros Grindi et al., 2020). Asimismo, se ha reportado que, cuando se siembran poblaciones de *A. conyzoides* con *B. pilosa*, la primera produce más compuestos alelopáticos como precocenos I y II, y sesquiterpenos (Kong et al., 2002; Sharma & Sharma, 2001). Estos resultados sugieren que *A. conyzoides* tiene

potencial actividad alelopática sobre *B. pilosa*, por lo que podría considerarse como una alternativa para su control preemergente, ya que en este estudio, de forma consistente, el extracto fresco al 50 % inhibió su radícula.

La eficacia del extracto fresco en comparación con el seco podría relacionarse con la naturaleza de los compuestos alelopáticos de *A. conyzoides*, ya que los precocenos I y II pueden volatilizarse bajo condiciones de extracción en seco (Sharma & Sharma, 2001). Un método alternativo sería el hidrodestilado, el cual podría extraer mayor cantidad de compuestos aleloquímicos y aumentar la eficacia alelopática (Sharma & Sharma, 2001).

Los resultados constataron el efecto detrimental de *A. conyzoides* sobre la emergencia, la longitud radicular y la biomasa de *B. pilosa*. Estos hallazgos sugieren que los extractos podrían tener potencial para el control de la arvense en sistemas agrícolas. Sin embargo, se debe verificar la dosis, ya que concentraciones más altas pueden generar efectos contrarios. Esta variación se puede explicar por las interacciones que los metabolitos secundarios tienen con el suelo y la especie, ya que esto conduce a respuestas más complejas (Macías et al., 2019).

En *C. sativus*, el extracto fresco mostró un efecto inhibitorio en comparación con el seco. Sin embargo, dicho resultado se perdió a partir de los 15 DDA, por lo que se concluye que el extracto de *A. conyzoides* no tuvo efecto alelopático sostenido sobre esta especie. Otros estudios han determinado que esta especie puede poseer cierta tolerancia a compuestos alelopáticos por medio de compartimentalización celular y metabolismo enzimático (Inderjit & Duke, 2003). Adicionalmente, se ha comprobado que los exudados de *A. conyzoides* sobre varias plantas hortícolas, incluyendo *C. sativus*, fueron menos eficaces en esta especie (Akter & Islam, 2019).

Con base en los resultados, los extractos de *A. conyzoides* podrían funcionar como un método de manejo selectivo de arvenses en sistemas de siembra de *C. sativus*. No obstante, se deben llevar a cabo estudios específicos según la variedad. Esto se debe a que la sensibilidad de esta especie a los aleloquímicos posiblemente varíe, pues algunas plantas pueden metabolizar compuestos para contrarrestar el efecto de metabolitos secundarios como fenoles y flavonoides (Assaf et al., 2022).

Como sucedió en *C. sativus* y *B. pilosa*, en arroz el extracto fresco fue más alelopático que el seco. En condiciones de campo, *A. conyzoides* es una especie muy competitiva con *O. sativa*, debido a sus efectos alelopáticos sobre el arroz (Batish et al., 2009; Negi et al., 2020). En este estudio solo se observó la reducción de la radícula y del vástago, a diferencia de lo reportado por Batish et al. (2009), quienes documentaron reducciones en la biomasa, la radícula y los brotes del arroz. Estos autores aplicaron radículas de *A. conyzoides* en forma de enmienda al suelo, lo cual sugiere que su estudio simuló condiciones más reales que el presente trabajo.

Conclusiones

El extracto fresco de *Ageratum conyzoides* fue más inhibitorio que el extracto seco. Su aplicación inhibió la emergencia, la biomasa y la longitud radicular de *Bidens pilosa*, así como la longitud radicular y del vástago de *Oryza sativa*. En el caso de *Cucumis sativus*, hubo un efecto inhibitorio inicial, pero este se perdió con el tiempo, por lo que no presentó un efecto alelopático sostenido.

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento al proyecto B8A60-23 “Evaluación de herbicidas naturales y sustancias con efecto fitotóxico sobre poblaciones de arvenses”, inscrito en la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por financiar este trabajo.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses.

Referencias

- Akter, P., & Islam, M. (2019). Allelopathic effects of root exudates of some weeds on germinability and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 53(1), 33-38. <https://doi.org/10.18805/ijare.a-381>
- Assaf, M., Korkmaz, A., Karaman, Ş., & Kulak, M. (2022). Effect of plant growth regulators and salt stress on secondary metabolite composition in Lamiaceae species. *South African Journal of Botany*, 144, 480-493. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.10.030>
- Bachheti, A., Sharma, A., Bachheti, R. K., Husen, A., & Pandey, D. P. (2019). Plant allelochemicals and their various applications. En J. M. Merillon, & K. Ramawat (Eds.), *Co-evolution of secondary metabolites* (pp. 1-25). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_14-1
- Batish, D. R., Kaur, S., Singh, H. P., & Kohli, R. K. (2009). Nature of interference potential of leaf debris of *Ageratum conyzoides*. *Plant Growth Regulation*, 57(2), 137-144. <https://doi.org/10.1007/s10725-008-9329-9>
- Cox, D. R. (1958). The regression analysis of binary sequences. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 20(2), 215-232. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1958.tb00292.x>
- Dias, M. P., Nozari, R. M., & Santarem, E. R. (2017). Herbicidal activity of natural compounds from *Baccharis* spp. on the germination and seedlings growth of *Lactuca sativa* and *Bidens pilosa*. *Allelopathy Journal*, 42(1), 21-36. <https://doi.org/10.26651/2017-42-1-1103>
- Gasques, A. P., Zanin, L. M., Favaro, B. F., Stedefeldt, E., & Da Cunha, D. T. (2025). Pesticide risk perception as an attitudinal mediator: Exploratory research with farm managers and consumers. *Food Research International*, 200, Artículo 115449. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.115449>
- González, A. M., & Rodríguez, L. D. (2011). Evaluación de la uniformidad del riego por goteo en condiciones de casas de cultivo en Cuba. *Revista Cubana de Tecnología Agropecuaria*, 20(1), 111-118.
- Heap, I. (s. f.). *The International Herbicide-Resistant Weed Database*. Recuperado el 27 de mayo de 2021 de www.weedscience.org
- Hierro, J. L., & Callaway, R. M. (2021). The ecological importance of allelopathy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 52(1), 25-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-051120-030619>
- Inderjit, & Duke, S. O. (2003). Ecophysiological aspects of allelopathy. *Planta*, 217(4), 529-539. <https://doi.org/10.1007/s00425-003-1054-z>
- Javaid, N., Mukhtar, H. S., Iqra, H. K., Javaid, A., & Syed, M. W. (2020). Herbicidal activity of *Ageratum conyzoides* against parthenium. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 26(2), 137-146. <https://doi.org/10.28941/pjwsr.v26i2.823>
- Kamran, M., Raza, A., Qasim, A., Hafiz, H. A., & Muhammad, S. C. (2017). Investigating the influence of fertilizer and allelopathic water extracts on maize and associated weeds. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 23(3), 361-378. <https://www.wssp.org.pk/weed/ojs/index.php/pjwsr/article/view/708>

- Koch, S., Epp, A., Lohmann, M., & Böhl, G. F. (2017). Pesticide residues in food: attitudes, beliefs, and misconceptions among conventional and organic consumers. *Journal of Food Protection*, 80(12), 2083-2089. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-104>
- Kong, C., Hu, F., & Xu, X. (2002). Allelopathic potential and chemical constituents of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *Journal of Chemical Ecology*, 28(6), 1173-1182. <https://doi.org/10.1023/A:1016229616845>
- Macías, F., Castellano, D., & Molinillo, J. (2000). Search for a standard phytotoxic bioassay for allelochemicals. Selection of standard target species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2512-2521. <https://doi.org/10.1021/jf9903051>
- Macías, F., Mejías, F., & Molinillo, J. (2019). Recent advances in allelopathy for weed control: from knowledge to applications. *Pest Management Science*, 75(9), 2413-2436. <https://doi.org/10.1002/ps.5355>
- Medeiros Grindi, D., Medeiros Coelho, C., Gavicho Uarrota, V., & Martinez Rebelo, A. (2020). Herbicidal bioactivity of natural compounds from *Lantana camara* on the germination and seedling growth of *Bidens pilosa*. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, Artículo e57746. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5057746>
- Monti Teixeira, C., Silva Araújo, J., & De Carvalho, G. (2004). Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). *Ciência e Agrotecnologia*, 28(3), 691-695. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542004000300028>
- Negi, B., Bargali, S., Bargali, K., & Khatri, K. (2020). Allelopathic interference of *Ageratum conyzoides* L. against rice varieties. *Current Agriculture Research Journal*, 8(2), 69-76. <https://doi.org/10.12944/carj.8.2.01>
- Okunade, A. L. (2002). *Ageratum conyzoides* L. (Asteraceae). *Fitoterapia*, 73(1), 1-16. [https://doi.org/10.1016/s0367-326x\(01\)00364-1](https://doi.org/10.1016/s0367-326x(01)00364-1)
- Sall, J. (2023). *JMP: Statistical discovery software* (Version 15.2) [Software]. SAS Institute. <https://www.jmp.com/en/home>
- Sharma, K., & Sharma, O. P. (2001). Analysis of precocenes in the essential oil of *Ageratum* spp. by reverse-phase high-performance liquid chromatography. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 12(4), 263-265. <https://doi.org/10.1002/pca.587>
- Tran, L., McCann, L., & Su, Y. (2023). Consumer preferences for produce grown with reduced pesticides: a choice experiment in Missouri. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 38, Artículo e49. <https://doi.org/10.1017/S1742170523000418>
- Valverde Balladares, P. V. (2015). *Composición química, potencial antimicrobiano y letal de los aceites esenciales de las hojas de hierba luisa (Cymbopogon citratus), mastrante (Ageratum conyzoides), guabiduca (Piper carpunya), ajeno (Artemisia absinthium) y cedrón (Lippia citriodora), cultivados en la República del Ecuador* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Digital de la Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/2799>
- Vélez-Gavilán, J. (2016, 15 de setiembre). *Ageratum conyzoides* (billy goat weed). CABI Compendium. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.3572>
- Wong-Paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., Veana, F., & Muñoz-Márquez, D. B. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23, 1-11. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.255>
- Yadav, N., Ganie, S., Singh, B., Chhillar, A., & Yadav, S. (2019). Phytochemical constituents and ethnopharmacological properties of *Ageratum conyzoides* L. *Phytotherapy Research*, 33(9), 2163-2178. <https://doi.org/10.1002/ptr.6405>