



Alelopatía de *Panicum maximum* Jacq. sobre *Euphorbia heterophylla* L. y *Amaranthus dubius* Mart. en laboratorio¹

Allelopathy of *Panicum maximum* Jacq. on *Euphorbia heterophylla* L. and *Amaranthus dubius* Mart. in laboratory

Lisette Alonso Sánchez², Leónides Castellanos González³, Isabel Ortega Meseguer⁴

- ¹ Recepción: 9 de marzo, 2023. Aceptación: 22 de mayo, 2023. Este trabajo se derivó de un proyecto interno de la Especialidad de Herbología del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos a partir del cual se asesoró una tesis de pregrado de ingeniería agronómica y otra de posgrado en la Maestría en Agricultura Sostenible de la Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- ² Estación Territorial de Protección de Plantas, Cumanayagua 57600, Cuba. etppcumanayagua@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0003-2156-2419>).
- ³ Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. Carretera a Bucaramanga Km 1. Pamplona, Norte de Santander, Colombia. lccastell@gmail.com (autor para la correspondencia; <http://orcid.org/0000-0001-9285-4879>).
- ⁴ Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal, Carretera de Palmira km 4, Cienfuegos 55500, Cuba. ybarmax@mpcfg.co.cu (<https://orcid.org/0000-0003-4263-8056>).

Resumen

Introducción. Profundizar en los efectos alopatóxicos de las arvenses sobre los cultivos agrícolas y sobre otras arvenses, resulta de gran importancia para establecer estrategias de manejo. **Objetivo.** Evaluar el efecto alelopático de residuos de rizomas de *Panicum maximum* Jacq. sobre *Euphorbia heterophylla* L. y *Amaranthus dubius* Mart. en pre y pos-emergencia. **Materiales y métodos.** Se realizaron cuatro ensayos en diseños completamente al azar 5x5 en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, Cuba, en el año 2020. Se evaluó la capacidad alelopática de residuos de rizoma de la planta *P. maximum* contra *E. heterophylla* y *A. dubius* en aplicaciones previo a la emergencia o emergencia (pre-emergencia) y después de la emergencia (pos-emergencia). Se evaluaron cinco tratamientos 0, 40, 60, 80 y 100 g de rizomas fraccionados de plantas de *P. maximum* por 2 kg de suelo, con cinco repeticiones (potes plásticos). Para la obtención de los rizomas, se tomaron plantas en fase de floración y fructificación a los tres meses de edad. A los 12 días desde el tratamiento se comparó el porcentaje de emergencia y/o sobrevivencia, la longitud de la raíz y del hipocótilo. Se realizaron análisis de varianzas y comparación de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$), con el uso de SPSS (vers. 15). **Resultados.** Al compararse el efecto de los tratamientos contra *E. heterophylla*, se observó reducción significativa de la emergencia en pre-emergencia y una disminución del porcentaje de la sobrevivencia y de la longitud del hipocótilo significativas en pos-emergencia, mientras que contra *A. dubius* hubo una reducción de la emergencia y sobrevivencia y disminución significativa de la longitud de la raíz y del hipocótilo en pre y pos-emergencia. **Conclusiones.** Se verificó el efecto alelopático negativo ($P < 0,05$) de los residuos de *P. maximum* sobre *E. heterophylla* y *A. dubius*.

Palabras claves: efecto alelopático, fitotoxicidad, arvenses, emergencia, sobrevivencia.



Abstract

Introduction. Delving into the allelopathic effects of weeds on agricultural crops and other weeds is of great importance in establishing management strategies. **Objective.** To evaluate the allelopathic effect of residues from *Panicum maximum* Jacq. rhizomes on *Euphorbia heterophylla* L. and *Amaranthus dubius* Mart. in pre and post-emergence. **Materials and methods.** Four experiments were conducted in completely randomized design 5x5 at the Plant Health Laboratory in Cienfuegos, Cuba, in 2020. The allelopathic capacity of *P. maximum* rhizome residues against *E. heterophylla* and *A. dubius* was evaluated in pre-emergence and post-emergence applications. Five treatments were assessed: 0, 40, 60, 80, and 100 g of *P. maximum* plants rhizomes fractioned per 2 kg of soil, with five repetitions (plastic pots). Rhizomes were obtained from plants in the flowering and fruiting stage at three months of age. At 12 days from the treatment, the percentage of emergence and/or survival, radicle, and hypocotyl length were compared. Analysis of variance and mean comparisons using Tukey's test ($p \leq 0.05$) were performed using SPSS (vers. 15). **Results.** When comparing the treatment effect against *E. heterophylla*, a significant reduction in emergence in pre-emergence and a decrease in survival percentage and hypocotyl length in post-emergence were observed, while against *A. dubius*, there was a reduction in emergence and survival, and a significant decrease in radicle and hypocotyl length pre and post-emergence. **Conclusions.** The negative allelopathic effect ($P < 0.05$) of *P. maximum* residues on both *E. heterophylla* and *A. dubius* was confirmed.

Keywords: allelopathic effect, phytotoxicity, weeds, emergency, survival.

Introducción

Las arvenses son responsables de mermas importantes en la producción agrícola, tanto por competencia por espacio, agua, luz y nutrientes, así como por los efectos alelopáticos (Hussain et al., 2020). Se define la alelopatía como los efectos inhibidores o estimulantes de una planta sobre otras plantas a través de la liberación de sustancias tóxicas de las raíces y el follaje (Ashok Shinde, & Tarachand Salve, 2019). La alelopatía puede ser positiva y negativa, aunque su estudio profundiza más en la descripción de los efectos alelopáticos negativos (Blanco, 2006; Qasem & Foy, 2001).

El efecto negativo de la alelopatía se evidencia por el retraso en la germinación de las semillas o la reducción del crecimiento de la planta al alterar las funcionalidades normales que, a partir de metabolitos secundarios derivados de otras plantas, pueden producir diferentes tipos de interacciones. Se señala además que la mayoría de los agentes alelopáticos conocidos son exudados radiculares (Sampietro, 2003). Se ha evidenciado que casi todas las especies de plantas los producen y que pueden ser liberados a través de cuatro vías: descomposición, exudación, lixiviación y volatilización (Anand Singh et al., 2021). La gran diversidad de plantas alelopáticas, justifica la necesidad de investigar especies nuevas o aquellas que no han sido totalmente estudiadas (Flores Córdova et al., 2015).

Panicum es un género de plantas que tienen un sistema radicular bien desarrollado, lo que le confiere una gran resistencia y supervivencia en varias situaciones, que compiten con el cultivo establecido (Valdés-Reyna et al., 2009). En particular, la especie *P. maximum* libera compuestos con acción alelopática, ya que el extracto acuoso de hojas secas contiene ácido o-hidroxifenilacético y pueden acumular grandes cantidades de glucósidos cianogénicos en las inflorescencias, con efecto tóxico acelerado (Kissmann & Groth, 1999).

Existen estudios sobre los potenciales efectos alelopáticos de los extractos de *P. maximum* y su capacidad de inhibir la emergencia de la semilla, la emergencia y el crecimiento de las plántulas (Alonso Sánchez et al., 2020a; Rosa et al., 2011; Tanise Sonogo et al., 2012).

Se verificó una reducción significativa de la germinación de las semillas de lechuga con la aplicación de un extracto acuoso fresco de *P. maximum*, indicativo de la presencia de metabolitos secundarios con efecto alelopático en esta arvense (Rosa et al., 2011). En otros estudios también se ha observado que el crecimiento radicular de las plántulas de maíz se afectaba por los extractos de *P. maximum* (Tanise Sonego et al., 2012). Además, se tienen antecedentes de que extractos acuosos de rizomas de *P. maximum* manifestaron un efecto alelopático negativo en pre-emergencia sobre la emergencia de *E. heterophylla* con estimulación de la longitud del hipocótilo, mientras que en pos-emergencia disminuyen el porcentaje de sobrevivencia y reducen la longitud de la radícula y del hipocótilo (Alonso Sánchez et al., 2020a).

Se ha demostrado que los residuos o fracciones de rizomas de *Sorghum halepense* incorporados al suelo tienen potencial alelopático sobre las arvenses, lo cual se expresa en una respuesta inhibitoria de la emergencia, el crecimiento de la radícula y el hipocótilo (Alonso Sánchez et al., 2020b), por lo que al tener estos antecedentes en cuenta, se planteó como objetivo de esta investigación evaluar el efecto alelopático de fracciones de rizomas de *P. maximum* sobre *E. heterophylla* y *Amaranthus dubius* en pre y pos-emergencia.

Materiales y métodos

Se desarrolló una investigación en los años 2019 y 2020, en el Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal Cienfuegos (Laprosav-Cienfuegos), perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAG) de Cuba.

Los ejemplares de la arvense *P. maximum*, usada como planta alelopática, se colectaron en áreas de la Unidad Empresarial de Base Santa Martina, perteneciente a la Empresa Pecuaria Sierrita, municipio Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, Cuba, en diciembre de 2019. Las mismas fueron recogidas en la fase de inflorescencia en época de sequía. Para determinar el efecto alelopático de los residuos de *P. maximum* se emplearon las arvenses *Amaranthus dubius* Mart. (bledo) y *Euphorbia heterophylla* L. (hierba lechosa) malezas de importancia económica en el país (Rodríguez et al., 1985). Las arvenses se colectaron en la misma unidad de producción mencionada en el municipio Cumanayagua, también en diciembre de 2019. Las mismas se pusieron en bolsas de plástico y se llevaron al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la provincia de Cienfuegos para su identificación y determinar el porcentaje de germinación de las semillas, así como para verificar que estuvieran asépticas. Después de verificado el buen estado de las semillas, estas se almacenaron en recipientes cerrados, a temperatura de 13 °C.

En el primer trimestre de 2020 se desarrollaron cuatro experimentos de laboratorio para determinar el efecto alelopático de los residuos de *P. maximum* sobre las dos dicotiledóneas. Dos ensayos tenían la finalidad de evaluar el efecto pre-emergente, uno sobre cada arvense, y dos para evaluar el efecto pos-emergente, uno sobre cada arvense en cuestión.

Los tratamientos empleados en los ensayos fueron de 0, 50, 30, 40 y 50 g/kg de suelo, los cuales se dispusieron en un diseño completamente aleatorizado 5x5 (cinco tratamientos y cinco repeticiones). Las repeticiones estuvieron constituidas por los potes plásticos, los cuales tenían 110 mm de diámetro inferior, 120 mm de diámetro superior y una altura de 60 mm. En cada pote fueron colocados 250 g del suelo, con los residuos de *P. maximum* correspondientes para esa cantidad de suelo según tratamiento.

Como sustrato en los ensayos se utilizó un suelo aluvial poco diferenciado (XXVI, T) (Hernández Jiménez, 1979), el cual se esterilizó a temperatura de 140 °C, durante una hora, en estufa marca Membert, para evitar interferencia con microorganismos del suelo. Se emplearon rizomas de *P. maximum*, los cuales habían demostrado efectos alelopáticos en extractos acuosos (Alonso Sánchez et al., 2020a).

Ensayos en pre-emergencia

Los ensayos de los tratamientos en pre-emergencia, se llevaron a cabo según lo sugerido por Sampietro (2003), para ello, se realizaron cortes de los rizomas en fragmentos de 0,5 cm. Se esperó 24 h para efectuar la siembra de las semillas de las arvenses en estos ensayos, para dar un tiempo para que los residuos estuvieran en contacto con el suelo.

Se sembraron veinte semillas por pote de cada arvense, según los tratamientos a evaluar, los cuales se regaron todos los días con agua destilada estéril para mantener una humedad aproximada de 60 % de capacidad de campo. El peso del suelo y de los rizomas de las plantas, se obtuvieron en una balanza mecánica, marca OHAUS, verificada por la Oficina Territorial de Normalización de Cienfuegos.

Los potes de todos los tratamientos de cada experimento fueron colocados e incubados en cámara de germinación a una temperatura de $30,0\pm 0,1$ °C durante 16 h de luz y $25,0\pm 0,1$ °C durante 8 h, para todas las concentraciones que se ensayaron y el testigo.

Ensayos en pos-emergencia

Para evaluar el efecto alelopático en pos-emergencia en los ensayos, se añadió a cada unidad experimental 250 g el suelo estéril y se sembraron veinte semillas de cada especie de arvense por pote, los cuales se regaron todos los días con agua destilada estéril para mantener una humedad aproximada de 60 % de capacidad de campo.

Al quinto día de la siembra, cuando se observaron al menos un 50 % de las plántulas emergidas en los potes, se aplicaron con la ayuda de una pinza, los fragmentos de los rizomas de *P. maximum* según la cantidad establecida para los tratamientos pre-emergentes; 0, 20, 30, 40 y 50 g de rizomas por kg de suelo. Se tuvo cuidado de que los fragmentos de rizomas estuvieran en contacto con el suelo y no con las plántulas.

Mediciones realizadas

En los ensayos con tratamientos pre-emergente, se evaluó cada tres días el porcentaje de emergencia (%) y a los doce días la longitud de la radícula (cm) y del hipocótilo (cm). Para el efecto pos-emergente las variables evaluadas fueron: porcentaje de sobrevivencia de las plántulas (%) cada tres días y, al día doce después de realizado el tratamiento, la longitud de la radícula (cm) y del hipocótilo (cm).

Las mediciones de longitud de la radícula y del hipocótilo, se realizaron con una regla milimetrada. Los porcentajes de emergencia y sobrevivencia, se determinaron en cada pote como la proporción porcentual de las plántulas emergidas o sobrevivientes, con respecto a las veinte semillas colocadas de cada especie de arvense por pote.

Se tomó la información del día doce después de aplicados los residuos, para realizar los análisis estadísticos en cada ensayo, tiempo de incubación necesario para cuantificar el número de semillas emergidas y las plántulas sobrevivientes después de cada tratamiento (Alonso Sánchez et al., 2020a; 2020b).

Para comparar las varianzas entre las medias de los diferentes tratamientos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA). La comprobación de los supuestos para el ANDEVA se llevó a cabo mediante la prueba de normalidad por la prueba de Komodorov- Smirnov y la de la uniformidad de varianzas por la prueba de Levene. Para lograr la normalidad, los datos en porcentajes se transformaron en $\arcsen\sqrt{\%/100}$ (Lerch, 1977). Las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p\leq 0,05$). Los análisis se realizaron con el uso del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS, por sus siglas en inglés) para Windows versión 21.

Resultados

Efecto pre y pos-emergente *in vitro* de los fragmentos de *Panicum maximum* sobre *Euphorbia heterophylla* L. (hierba lechosa)

Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos en pre-emergencia sobre *E. heterophylla* para la variable emergencia, pero no para la longitud de la radícula y del hipocótilo. Esta situación se reflejó en las comparaciones de las medias (Cuadro 1), donde se muestra el efecto alelopático negativo de los residuos de *P. maximum* en pre-emergencia sobre la emergencia a tres concentraciones (30, 40 y 50 g/kg) que se diferenciaron del testigo, pero no del tratamiento a 20 g/kg.

Cuadro 1. Efecto alelopático de los fragmentos de *P. maximum* sobre *E. heterophylla* en pre-emergencia. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, Ministerio de la Agricultura, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Table 1. Allelopathic effect of *P. maximum* fragments on *E. heterophylla* in pre-emergence. Provincial Laboratory of Plant Health in Cienfuegos, Ministry of Agriculture, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Tratamientos Fracciones <i>P. maximum</i> g/kg de suelo	Pre-emergente		
	Emergencia (%)	Radícula (cm)	Hipocótilo (cm)
	12días	12días	12días
0	62,5a	1,67a	10,65a
20	35ab	1,47a	10,35a
30	32,5b	1,57a	12,0a
40	32,5b	1,62a	10,7a
50	32,5b	1,62a	10,7a
Error estándar*	0,56	0,63	0,93
Coefficiente de variación (%)	18,19	11,79	16,54

*Medias en columnas con letra diferente difieren significativamente ($p \leq 0,05$). / Means in columns with different letters differ significantly ($p \leq 0,05$).

En los tratamientos aplicados en pos-emergencia sobre *E. heterophylla*, se observaron diferencias estadísticas significativas para el porcentaje de sobrevivencia y la longitud del hipocótilo, no así para la longitud de la radícula. La comparación de medias del ensayo en pos-emergencia (Cuadro 2) muestra que todos los tratamientos difirieron del testigo con reducción del porcentaje de sobrevivencia. Se observó un efecto significativo de los tratamientos sobre el hipocótilo con los tratamientos de 30 y 40 g/kg, pero no con 20 y 50 g/kg, que no difirieron del testigo.

Efecto pre y pos-emergente *in vitro* de los fragmentos de *Panicum maximum* sobre *Amaranthus dubius* Mart (Bledo)

Hubo diferencia estadística entre los tratamientos en pre-emergencia contra *A. dubius* para las tres variables en estudio. El porcentaje de emergencia de las plántulas de esta arvense se redujo desde 95 % en el testigo hasta 2,5 a 12,5 % con los tratamientos 50 y 30 g/kg, respectivamente. Se observó una reducción de la longitud de la radícula

Cuadro 2. Efecto alelopático los fragmentos de *P. maximum* sobre *E. heterophylla* en pos-emergencia. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, Ministerio de la Agricultura, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Table 2. Allelopathic effect of *P. maximum* fragments on *E. heterophylla* in post-emergence. Provincial Laboratory of Plant Health in Cienfuegos, Ministry of Agriculture, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Tratamientos Fracciones <i>P. maximum</i> g/kg de suelo	Pos-emergente		
	Sobrevivencia (%)	Radícula (cm)	Hipocótilo (cm)
	12 d	12 d	12 d
0	80a	1,97a	14,35a
20	17,5b	2,1a	12,9ab
30	15b	1,77a	12,25bc
40	12,5b	1,97a	11c
50	15b	2,0a	12,85ab
Error estándar de *	0,51	0,65	0,96
Coefficiente de variación (%)	15,87	12,78	18,04

*Medias en columnas con letra diferente difieren significativamente ($p \leq 0,05$). / Means in columns with different letters differ significantly ($p \leq 0,05$).

con diferencia estadística con testigo y disminución de alrededor del 60 % con el tratamiento de 50 g/kg. Similar situación se observó sobre el efecto del tratamiento de 50 g/kg que redujo en más del 75 % la longitud del hipocótilo. Los otros tratamientos no difirieron del testigo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto alelopático los fragmentos de *P. maximum* sobre *A. dubius* en pre-emergencia. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, Ministerio de la Agricultura, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Table 3. Allelopathic effect of *P. maximum* fragments on *A. dubius* in pre-emergence. Provincial Laboratory of Plant Health in Cienfuegos, Ministry of Agriculture, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Tratamientos Fracciones <i>P. maximum</i> g/kg de suelo	Pre emergente		
	Emergencia (%)	Radícula (cm)	Hipocótilo (cm)
	12 d	12 d	12 d
0	95a	1,67a	4,07a
20	50b	1,35ab	4,05a
30	12,5c	1,12ab	3,05a
40	7,5c	0,92ab	3a
50	2,5c	0,32b	1b
Error estándar*	0,54	0,59	0,69
Coefficiente de variación (%)	17,17	19,78	14,72

*Medias con letra diferente por columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$). / Means with different letters per column differ significantly ($p \leq 0,05$).

Hubo diferencia estadística entre los tratamientos en pos-emergencia sobre *A. dubius* para el porcentaje de sobrevivencia, longitud de la radícula y del hipocótilo. Con relación a la sobrevivencia, la comparación de medias mostró que todos los tratamientos difirieron estadísticamente del testigo (95 %), con una reducción de la sobrevivencia hasta 37,5 % a la dosis de 30 g/kg y hasta 0 % a la dosis de 50 g/kg. Este último tratamiento fue el único que tuvo efecto sobre la longitud de la radícula, mientras que la longitud del hipocótilo se diferenció del testigo en las dosis de 20, 40 y 50 g/kg de suelo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto alelopático de los fragmentos de *P. maximum* sobre *A. dubius* en pos-emergencia. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Cienfuegos, Ministerio de la Agricultura, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Table 4. Allelopathic effect of *P. maximum* fragments on *A. dubius* in post-emergence. Provincial Laboratory of Plant Health in Cienfuegos, Ministry of Agriculture, Cienfuegos, Cuba. 2020.

Tratamientos Fracciones <i>P. maximum</i> g/kg de suelo	Pos-emergente		
	Sobrevivencia (%)	Radícula (cm)	Hipocótilo (cm)
	12d	12d	12d
0	95a	1,4a	3,7ab
20	30b	1,32a	3,27b
30	37,5b	1,37a	4,05a
40	27,5b	1,35a	3,37b
50	0c	0b	0c
Error estándar*	0,57	0,59	0,69
Coefficiente de variación (%)	18,61	19,88	14,58

*Medias con letra diferente por columna, difieren significativamente ($p \leq 0,05$). / Means with different letters per column differ significantly ($p \leq 0,05$).

Discusión

En los resultados de los cuatro experimentos realizados, se observó siempre efecto alelopático sobre la emergencia y la sobrevivencia de las arvenses *E. heterophylla* y *A. dubius*, por lo que se confirma lo señalado por Sampietro (2003), quien informó varios ejemplos donde el empleo de residuos de especies de plantas puede inhibir la germinación de otras.

Los resultados de emergencia obtenidos ratifican el potencial alelopático de *P. maximum* sobre la germinación de las arvenses *E. heterophylla* y *A. dubius*, ya que en otra investigación un extracto acuoso mostró reducción significativa de la emergencia de estas dos arvenses, tanto en pre-emergencia como en pos-emergencia (Alonso Sánchez et al., 2020a).

Al aplicarse en pos-emergencia, los residuos de *P. maximum* a razón de 50 g/kg redujeron totalmente la sobrevivencia de *A. dubius*. Una situación similar se observó al someter semillas de lechuga a un extracto fresco de *P. maximum* a la concentración de 100 % (Rosa et al., 2011); sin embargo, no siempre se observó efecto alelopático de *P. maximum* sobre la germinación de todas las especies de plantas como informaron Pimentel de Almeida et al. (2000), quienes determinaron influencia de los extractos de *P. maximum* al reducir el porcentaje de germinación en

la leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) y el guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. cv. Kaki), pero no en la sesbania (*Sesbania sesban* (L.) Merr.).

Los resultados obtenidos sobre la inhibición de la germinación y sobrevivencia concuerdan con autores como Sampietro (2003) y Zamorano (2006), quienes refirieron que el fenómeno de la aleopatía produce efectos sobre la germinación y crecimiento de las plantas que viven en el mismo hábitat o su cercanía, por lo que se recomienda continuar los estudios en laboratorio sin esterilizar el suelo y en fase de campo, para comprobar los presentes resultados sobre las arvenses estudiadas y otras, en condiciones similares a las que existen en la naturaleza.

No hubo efecto significativo de los residuos de *P. maximum* sobre la radícula de *E. heterophylla*, pero sí sobre la de *A. dubius*, lo que indica que puede variar el efecto alelopático sobre este órgano en dependencia de la especie. Además, se puso de manifiesto una influencia marcada de la concentración sobre la radícula de *A. dubius*, tanto en pre-emergencia como pos-emergencia, resultados que no concuerdan con los obtenidos con *P. maximum* en extractos acuosos, donde no se observó acción alelopática negativa significativa sobre la radícula en pre-emergencia, pero sí en pos-emergencia de *E. heterophylla*, mientras que sobre *A. dubius* sí manifestó efecto alelopático significativo en pos-emergencia y no en pre-emergencia (Alonso Sánchez et al., 2020a), por lo cual se sugiere evaluar este efecto en laboratorio y en campo.

Los resultados del efecto alelopático negativo observado sobre el hipocótilo, tanto para *E. heterophylla* como para *A. dubius*, difirieron de los de Alonso Sánchez et al. (2020a), quienes informaron solo efecto en pre-emergencia sobre el hipocótilo de estas dos arvenses al aplicar extractos acuosos de *P. maximum*, aspecto a tener en cuenta si se van a evaluar estos resultados en condiciones de campo, ya que, como señalan Rosa et al. (2011), *P. maximum* puede mostrar reducción significativa del hipocótilo en algunas plantas como la lechuga o de estimulación significativa sobre otras plantas nativas.

Los resultados de la presente investigación, se corresponden con los de Sampietro (2003), quien informó que los efectos alelopáticos de una planta pueden variar sobre diferentes especies e incluso sobre los diferentes órganos de una misma planta, por lo que puede observarse efecto alelopático negativo sobre la germinación de la semilla y no sobre la elongación del hipocótilo o de la radícula.

P. maximum produce una acción inhibitoria muy marcada en el desarrollo de la planta de lechuga con una reducción del 50 % en la longitud de la raíz, con un mayor efecto con el extracto más concentrado (80 %) (Rosa et al., 2011), esto no se evidenció para las dos arvenses en estudio en la presente investigación.

No hubo efecto alelopático de los fragmentos de *P. maximum* sobre la radícula y el hipocótilo de *E. heterophylla* en pre-emergencia, pero sí en pos-emergencia, lo cual podría explicarse por la diferencia de edad de la plántula en el momento del contacto con el tratamiento, tal como señalaron Gui Ferreira & Borguetti (2004), quienes mencionaron que durante el proceso inicial del crecimiento, las plántulas son más sensibles a aleloquímicos, lo que puede causar necrosis a las plántulas.

Una caracterización fitoquímica de *P. maximum* mostró la presencia de saponinas, compuestos fenólicos y cumarinas, los cuales inhiben la acción de la giberelina en la germinación, al producir precipitación de hidrolasas (Alves Oliveira et al., 2013). Se indica que las cumarinas también pueden reducir el crecimiento primario de la radícula en la germinación y bloquear los sitios de acción de giberelinas (Saleh et al., 2015). Estos efectos de los metabolitos identificados en *P. maximum* pudieran explicar la reducción del porcentaje en la emergencia y las afectaciones sobre la radícula y el hipocótilo de las dos arvenses estudiadas.

Conclusiones

Se verificó el efecto alelopático negativo de los residuos de *P. maximum* sobre *E. heterophylla* y *A. dubius*. Los mejores resultados se observaron en la sobrevivencia de las dos especies de arvenses, al diferir estadísticamente

todos los tratamientos del testigo. La emergencia fue reducida significativamente con respecto al testigo en todos los tratamientos de *P. maximum* sobre *A. dubius*, pero solo a dosis superiores a 20 g/kg de suelo sobre *E. heterophylla*. En *E. heterophylla* no se observó reducción significativa de la longitud del hipocótilo en ninguno de los dos ensayos y solo la longitud de la radícula en pos-emergencia, mientras que en *A. dubius* se produjo una reducción significativa de la radícula y del hipocótilo tanto en pre como pos-emergencia.

Referencias

- Alonso Sánchez, L., Castellanos González, L., & Ortega Meseguer, I. (2020a). Efecto alelopático de un extracto acuoso de *P. maximum* Jacq. sobre dos dicotiledóneas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 47-52. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/381/361>
- Alonso Sánchez, L., Castellanos González, L., & Ortega Meseguer, I. (2020b). Efectos alelopáticos de residuos de *Sorghum halepense* (L.) sobre dos arvenses dicotiledóneas en condiciones de laboratorio. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 11(1), 1-9. <https://doi.org/10.24054/aaas.v11i1.354>
- Alves Oliveira, N., Mello, E. B., Matias, R., & Jank, L. (2013). Análise fitoquímica de genótipos de *Panicum maximum* Jacq. *BIO (IN)FORMAÇÃO*, 6(6), 267-277. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/124981/1/19.pdf>
- Anand Singh, A., Rajeswari, G., Anto Nirmal, L., & Jacob, S. (2021). Synthesis and extraction routes of allelochemicals from plants and microbes: A review. *Reviews in Analytical Chemistry*, 40(1), 293-311. <https://doi.org/10.1515/revac-2021-0139>
- Ashok Shinde, M., & Tarachand Salve, J. (2019). Allelopathic effects of weeds on *Triticum aestivum*. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 9(2), 19873-19876.
- Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 27(3), 5-16. <https://ediciones.inca.edu/cu/index.php/ediciones/article/view/362/pdf>
- Flores Córdova, M. A., Sánchez Chávez, E., & Pérez Leal, R. (2015). Potencial Alelopático de extractos foliares de *Astragalus mollissimus* Torr. sobre la emergencia *in vitro* de semillas de maleza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1093-1103. <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/601/474>
- Gui Ferreira, A., & Borghetti, F. (2004). *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed Editora.
- Hernández Jiménez, A., Pérez, J., & Bosch, O. (1979). *Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba
- Hussain, M. I., El-Sheikh, M. A., & Reigosa, M. J. (2020). Allelopathic potential of aqueous extract from *Acacia melanoxylon* R. Br. on *Lactuca sativa*. *Plants*, 9(9), Article 1228. <https://doi.org/10.3390/plants9091228>
- Kissmann, K. G., & Groth, D. (1999). *Plantas infestantes e nocivas* (2ª ed., Vol. 3). BASF.
- Lerch, G. (1977). *La experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas*. Editorial Científico Técnico.
- Qasem, J. R., & Foy, C. L. (2001). Weed allelopathy, its ecological impacts and future prospects: a review. *Journal of Crop Production*, 4(2), 43-119. https://doi.org/10.1300/J144v04n02_02
- Pimentel de Almeida, A., Deléo Rodrigues, T. de J., & Maia dos Santos, J. (2000). Aleopatía de cultivares de *Panicum maximum* Jacq., sobre leguminosas forrajeras arbustivas e arbóreas. I Avaliações em laboratório. *Boletim de Indústria Animal*, 57(2), 113-127. <http://35.198.24.243/index.php/bia/article/view/1399>

- Rodríguez, S., Rodríguez J. I., Alfonso O., Alomá, J., Pérez C., & Romero, C. (1985). *Manual de malezas de la caña de azúcar en Cuba*. Plant Protection Division.
- Rosa, D. M., Fortes, A. M. T., Mauli, M. M., Marques, D. S., & Palma, D. (2011). Potencial alelopático de *Panicum maximum* Jacq. sobre a germinação de sementes de espécies nativas. *Floresta e Ambiente*, 18(2), 198-203. <https://doi.org/10.4322/foram.2011.038>
- Saleh, A. M., Madany, M. M. Y., & González, L. (2015). The Effect of Coumarin Application on Early Growth and Some Physiological Parameters in Faba Bean (*Vicia faba* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, 34, 233–241. <https://doi.org/10.1007/s00344-014-9459-4>
- Sampietro A. (2003). *Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf
- Tanise Sonogo, E., Cuzzi, C., Villani, A., Freddo, A. R., & dos Santos, I. (2012). Extratos alelopáticos de capim Tanzânia no desenvolvimento inicial de plântulas de milho. *Applied Research & Agrotechnology*, 5(2), 61-72. <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/1715>
- Valdés-Reyna, J., Zuloaga, F. O., Morrone, O., & Aragón, L. (2009). El género *Panicum* (Poaceae: Panicoideae) en el noreste de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84, 59-82. <https://doi.org/10.17129/botsoci.2295>
- Zamorano, C. (2006). Alelopatía: Un nuevo reto en la Ciencia de las arvenses en el trópico. *Agronomía*, 14(1), 7-15. https://doctoradoagrarias.files.wordpress.com/2016/05/art_2006_alelopatia_nuevo_reto_para_las_ciencias_de_las_arvenses_en_el_tropico.pdf