

14

POTENCIAL ALELOPÁTICO
DE ESPECIES NATIVAS SOBRE ARVENSES EN MORELOS,
MÉXICO ASOCIADAS AL CULTIVO DEL MAÍZ

POTENCIAL ALELOPÁTICO

DE ESPECIES NATIVAS SOBRE ARVENSES EN MORELOS, MÉXICO ASOCIADAS AL CULTIVO DEL MAÍZ

ALLELOPATHIC POTENTIAL OF NATIVE SPECIES ON WEEDS IN MORELOS, MEXICO ASSOCIATED WITH THE CULTIVATION OF CORN

Maykel Hernández-Aro¹

E-mail: mayk12443@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1644-2458>

Federico Castrejón-Ayala¹

E-mail: fcastrej@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2986-5668>

Hilda E. Flores-Moctezuma¹

E-mail: hfloresm@ipn.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3794-6564>

Ricardo Hernández Pérez²

E-mail: santaclara57@yahoo.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1264-7242>

¹ Instituto Politécnico Nacional. México.

² Instituto Tecnológico de Zacatepec. México.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Hernández-Aro, M., Castrejón-Ayala, F., Flores-Moctezuma, H. E., & Hernández Pérez, R. (2023). Potencial alelopático de especies nativas sobre arvenses en Morelos, México asociadas al cultivo del maíz. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 6(1), 115-123.

RESUMEN

El objetivo principal del estudio fue identificar plantas nativas del Estado de Morelos con potencial alelopático asociadas al cultivo del maíz, que pudieran involucrarse como estrategia Push-Pull. Extractos acuosos de treinta especies de arvenses colectadas, fueron aplicadas contra dos especies blanco, evaluadas mediante un nuevo microbioensayo sándwich en placas Elisa, en paralelo con un bioensayo en placa. Efectos sobre germinación, crecimiento radicular e hipocótilo fueron calculados. Un segundo ensayo evaluó el potencial alelopático de arvenses sobre el crecimiento de *Parthenium hysterophorus* bajo condiciones semicontroladas, registrándose el efecto total, interacción foliar y radicular sin barreras, competencia por cobertura e interacción radicular, para luego calcular la Interacción radicular (IR) en base al testigo. Los resultados indicaron que las dosis medias 2.5% p/v y altas 5% p/v de extractos acuosos de las arvenses *Rhynchosia minima*, *Antigonon leptopus*, *Ipomoea tricolor*, *Ipomoea triloba*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria pumila* y *Ipomoea hederifolia*, manifiestan actividad inhibitoria sobre la germinación y crecimiento de *Amaranthus hypochondriacus* y *Panicum maximum*. Todos los residuos inhibieron la germinación y crecimiento de las arvenses, aumentando su actividad al incrementar la dosis. Las especies con potencial alelopático, podrían ser evaluadas en un programa que involucre la estrategia Push-Pull asociadas al cultivo del maíz. Se identificaron siete especies nativas con potencial efecto alelopático mediante un protocolo rápido y económico como microbioensayo sándwich, además se comprobó las arvenses con mayor inhibición usando dos dosis de residuos, y se demostró el efecto predominante de tres especies de Convulvaceae, en la inhibición con interacción radicular sobre arvenses.

Palabras clave:

Alelopatía, microbioensayo sándwich, inhibición, germinación, interacción radicular.

ABSTRACT

The main objective of the study was to identify native plants of the State of Morelos with allelopathic potential associated with the cultivation of corn, which could be involved as a Push-Pull strategy. Aqueous extracts of thirty collected weed species were applied against two white species, evaluated by a new sandwich microbioassay in Elisa plates, in parallel with a plate bioassay. Effects on germination, root growth and hypocotyl were calculated. A second trial evaluated the allelopathic potential of weeds on the growth of *Parthenium hysterophorus* under semi-controlled conditions, recording the total effect, foliar and root interaction without barriers, competition for cover and root interaction, to then calculate the root interaction (IR) based on the witness. The results indicated that the medium doses 2.5% w/v and high doses 5% w/v of aqueous extracts of the weeds *Rhynchosia minima*, *Antigonon leptopus*, *Ipomoea tricolor*, *Ipomoea triloba*, *Calopogonium mucunoides*, *Crotalaria pumila* and *Ipomoea hederifolia*, show inhibitory activity on the germination and growth of *Amaranthus hypochondriacus* and *Panicum maximum*. All the residues inhibited the germination and growth of the weeds, increasing their activity when increasing the dose. Species with allelopathic potential could be evaluated in a program that involves the Push-Pull strategy associated with maize cultivation. Seven native species with potential allelopathic effect were identified by means of a fast and economic protocol such as sandwich microbioassay, in addition, the weeds with the highest inhibition were verified using two doses of residues, and the predominant effect of three species of Convulvaceae was illuminated, in the inhibition with interaction, root on weeds.

Keywords:

Allelopathy, sandwich microbioassay, inhibition, germination, root interaction.

INTRODUCCIÓN

La aleopatía se utiliza como complemento de otras tecnologías para el manejo de arvenses de forma preventiva, como es el caso de su integración con cultivos de cobertura (usados como abonos verdes o cobertura muerta) y el manejo de los residuos de los cultivos empleados; en los métodos culturales: el uso de cultivos de cobertura (cuando se usan como cobertura viva) y el empleo los cultivos intercalados (Bàrberi, 2004; Kim & Shin, 2004). Por esta razón, la integración de extractos vegetales con efecto inhibitorio sobre la germinación y crecimiento de las arvenses puede ser oportunamente utilizado en forma conjunta con la estrategia de Push-Pull para lograr una mayor producción de los cultivos agrícolas.

Se desconoce actualmente el potencial alelopático de especies de plantas nativas de México y en especial del estado de Morelos, que permitan inhibir la germinación y el crecimiento de arvenses, específicamente en el cultivo del maíz bajo estrategia Push-Pull. Estrategia de gestión de plagas, basada en el aprovechamiento de las propiedades defensivas de las plantas, más exitosa utilizadas como plantas acompañantes (Pickett et al., 2014). Por esta razón, el método de micro bioensayo sándwich (Hernández et al., 2015) resulta una alternativa novedosa, rápida y masiva para determinar la actividad alelopática. Por lo que el objetivo del trabajo fue evaluar el potencial alelopático de especies nativas del Estado de Morelos, asociadas al cultivo del maíz con vistas a ser utilizados en futuros programas de control de arvenses.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló entre los meses de septiembre del 2020 a mayo 2021. La colecta del material vegetal de diferentes especies, en fase de floración-fructificación, se realizó en parcelas experimentales de maíz localizadas a 18° 49' 33" N; 99° 05' 44" W; 1220 m de altitud, en el municipio de Yautepec, Morelos. Lavado, secado, almacenamiento se realizó previa obtención de extractos acuosos de las especies vegetales.

Los extractos obtenidos se utilizaron inmediatamente en los ensayos, sobre dos especies blanco, *Amaranthus hypochondriacus* L. y *Panicum maximum* Jacq. El diseño establecido fue completamente aleatorizado compuesto por cuatro tratamientos, cuatro réplicas y 24 observaciones por réplica. Tres dosis de extracto, 5 % p/v, 2,5 % p/v, 1,25 % p/v y un testigo con agua destilada y estéril fueron empelados con *A. hypochondriacus*. Se conformaron cámaras húmedas, para aplicar el microbioensayo tipo sándwich en placas Elisa de 96 pocillos, el protocolo probado fue el propuesto por Hernández et al. (2015); en paralelo se aplicó un bioensayo según lo descrito por Fujii et al. (2003). Se contabilizaron el número de semillas germinadas por réplica cada 24 horas desde las 12 horas de establecimiento. A las 84 horas se midieron longitud del hipocótilo y la radícula en cinco plantas tomadas al

azar. Para la segunda especie blanco *P. maximum*, se estableció con igual diseño formado por 30 tratamientos y 4 réplicas. Se aplicaron dos dosis de extracto, 5 % p/v, 2,5 % p/v y un testigo con agua. La evaluación se realizó en cámaras húmedas, con placas Petri de Ø 40 mm y papel de filtro. Se dispensaron 1 mL de extracto en la dosis prevista y 20 semillas de *P. maximum*. Posteriormente, se incubaron con fotoperíodo 12:12 horas luz: oscuridad, a 25 °C ± 2. Se contabilizaron el número de semillas germinadas por réplica cada 24 horas desde las 12 horas de establecimiento. A los siete se midió la longitud del hipocótilo y de la radícula en cinco plantas tomadas al azar.

Se calculó el porcentaje de germinación (G) y el índice de velocidad de germinación (GSI) en el tratamiento testigo.

Para determinar el efecto de residuos sobre el crecimiento de arvenses en condiciones semicontroladas, se estableció un experimento se estableció bajo un diseño factorial, que incluyó dos factores: especie de arvense donadora (10 niveles), dosis (tres niveles) y tres réplicas en cada caso. Para esto, los residuos vegetales de 10 especies fueron incorporados al suelo, en tres dosis: equivalentes a: 0,5 t·ha⁻¹, 1,0 t·ha⁻¹, 2,0 t·ha⁻¹ y un testigo sin residuos. La mezcla de la dosis de residuos se mezcló con $\frac{3}{4}$ parte del suelo depositándose en masetas, las que fueron evaluadas a los 40 días de establecidas. Con los datos se calculó el Índices de respuesta (IR) en base al testigo. Un IR negativo indica efecto inhibitorio, por el contrario, un IR positivo indica estimulación.

Un tercer experimento para valorar el potencial alelopático de arvenses sobre el crecimiento de *Parthenium hysterophorus* L. se estableció en condiciones semicontroladas. Con un diseño factorial, con dos factores: especie de arvense donadora (10 especies), tipo de efectos (tres niveles) y tres réplicas en cada caso. Seis plántulas de cada especie donadora interactuaron con tres plántulas de *P. hysterophorus* en la maceta y se incluyó un testigo sin tratar. Se evaluó, a) el efecto total, interacción foliar y radicular sin barreras entre especie donadora y *P. hysterophorus*. b) Competencia por cobertura y c) Interacción radicular sobre *P. hysterophorus*. A los 45 días se midió la longitud total de las plantas, la longitud de la raíz y el peso fresco de *P. hysterophorus*. Se calculó el IR con base al testigo.

Los valores de IR calculados para cada variable fueron procesados en el paquete estadístico Statgraphics Plus 5.0 (2000). Se realizaron ANOVA Factorial y ANOVA simple, previa determinación de los supuestos de homogeneidad y normalidad. Se aplicó prueba LSD y Scott-Knott, para comparar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los extractos de las diferentes especies no afectaron la germinación de *A. hypochondriacus*, constatándose ligera respuesta inhibitoria, entre -1,05% y -7,29%. Sin diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1).

El índice de velocidad de germinación (GSI) disminuyó con la aplicación de los extractos acuosos de todas las especies donadoras estudiadas, entre -3,27 y -41,07 %. La mayor inhibición se alcanzó con todas las dosis de extractos de *Sanvitalia procumbens*, (5 y 2,5 p/v) de *Rhynchosia minima*, (5% p/v) de *Ipomoea hederifolia*, *Antigonon leptopus*, *Ipomoea triloba*, con inhibición por encima de -20,49%. La menor inhibición se obtuvo con la dosis 5% p/v de *Ipomoea tricolor*, 2,5% p/v y 1% p/v de *I. triloba*, *Ipomoea purpurea*, *Crotalaria pumila*, 1,25% p/v de *I. tricolor*, *Calopogonium mucunoides*, *I. hederifolia*.

Todos los tratamientos de *Antigonon leptopus*, *S. procumbens*, *I. hederifolia*, *Aeschynomene americana*, *C. pumila* e *I. purpurea*, produjeron estimulación. No obstante, los mayores porcentajes de esta respuesta se alcanzaron con todas las dosis de *C. pumila*, 2,5% p/v y 5% p/v de *A. americana*. En la mayoría de los casos, con la disminución de la concentración se manifestaron efectos estimulatorios, mientras que con el aumento de la concentración aparece la inhibición en *A. americana*, 1,25% p/v de *A. leptopus*, *S. procumbens*, 5% p/v de *I. hederifolia* e *I. purpurea*.

Informes de Anaya et al. (1995), concuerdan con la inhibición de *I. tricolor* sobre el crecimiento radicular de *A. hypochondriacus* y *Amaranthus leucocarpus* Watts (Achnine et al., 1998). Por otra parte, Miranda-Arámbula et al. (2021), demostraron efectos inhibitorios de la germinación y la elongación radicular por especies invasivas ruderales *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers y *Lepidium virginicum* L. estudiando a *A. hypochondriacus* como modelo. Otras especies como *Tagetes minuta* L., *Bidens pilosa* L. y *Brassica nigra* L. pueden ser una alternativa para el manejo de especies de arvenses dominantes como *Avena fatua* L., *Cyperus difformis* L. (monocotiledónea), y *Echinochloa crus-galli* (L) P. Beauv., *Amaranthus* spp. (dicotiledóneas) en los cultivos de trigo, algodón y arroz (Farooq et al., 2011; Scavo et al., 2020).

Tabla 1. Efecto de extractos acuosos sobre la germinación y crecimiento de *A. hypochondriacus*.

Especies donadoras	Dosis (% p/v)	IR*100 Germ. Total	IR*100 GSI / Tranf	IR * 100 Radícula	IR * 100 Hipocótilo
<i>A. leptopus</i>	1,25	-1,05	-15,42 b	46,87 a	29,61 c
<i>A. leptopus</i>	2,5	-2,63	-16,57 b	28,78 b	-7,55 e
<i>A. leptopus</i>	5	-4,73	-26,28 c	17,96 c	-15,96 e
<i>S. procumbens</i>	1,25	-2,15	-22,02 c	56,33 a	48,39 b
<i>S. procumbens</i>	2,5	-2,15	-29,16 c	29,8 b	32,26 c
<i>S. procumbens</i>	5	-2,15	-41,07 d	9,47 c	14,54 d
<i>C. mucunoides</i>	1,25	-3,12	-6,38 a	14,74 c	16,84 d
<i>C. mucunoides</i>	2,5	-3,12	-13,82 b	9,6 c	29,84 c
<i>C. mucunoides</i>	5	-4,16	-15,95 b	-28,92 d	42,74 c
<i>I. triloba</i>	1,25	0,0	-3,27 a	10,44 c	31,39 c
<i>I. triloba</i>	2,5	0,0	-5,46 a	-1,35 c	26,67 c
<i>I. triloba</i>	5	-4,16	-21,31 c	-15,16 d	18,89 d
<i>I. hederifolia</i>	1,25	-1,04	-7,56 a	20,76 b	33,63 c
<i>I. hederifolia</i>	2,5	-2,08	-17,29 b	31,57 b	43,57 c
<i>I. hederifolia</i>	5	-5,20	-30,81 c	40,32 a	57,77 b
<i>I. purpurea</i>	1,25	-3,19	-3,68 a	14,43 c	48,46 b
<i>I. purpurea</i>	2,5	-3,19	-6,42 a	35,02 b	59,39 b
<i>I. purpurea</i>	5	-4,25	-12,84 b	39,74 a	68,62 a
<i>A. americana</i>	1,25	-4,16	-12,84 b	20,22 b	33,51 c
<i>A. americana</i>	2,5	-5,20	-11,01 b	39,9 a	50,47 b
<i>A. americana</i>	5	-7,29	-13,76 b	41,99 a	54,69 b
<i>R. minima</i>	1,25	-4,21	-18,03 b	26,54 b	39,17 c
<i>R. minima</i>	2,5	-4,21	-22,95 c	6,12 c	43,39 c
<i>R. minima</i>	5	-5,78	-20,49 c	-32,8 d	45,77 c
<i>C. pumila</i>	1,25	-3,19	-9,48 a	45,92 a	56,17 b
<i>C. pumila</i>	2,5	-3,19	-8,62 a	46,76 a	65,61 a
<i>C. pumila</i>	5	-5,31	-18,10 b	56,88 a	70,82 a

Especies donadoras	Dosis (% p/v)	IR*100 Germ.Total	IR*100 GSI /Tranf	IR * 100 Radícula	IR * 100 Hipocótilo
<i>I. tricolor</i>	1,25	-2,12	-8,54 a	35,56 b	50,82 b
<i>I. tricolor</i>	2,5	-4,25	-11,96 b	32,13 b	48,28 b
<i>I. tricolor</i>	5	-3,19	-8,54 a	-4,95 c	-34,18 f
S.K. (P ≤ 5%)	N=4	± 1,85*	± 3,13	± 6,25	± 6,04
*(diferencias no significativas)					

Ensayo sobre *Panicum maximum* Jacq.

Todas las dosis de extractos de las especies de arvenses probadas inhibieron la germinación de *P. maximum*, entre -26,0% y -90,0%. La prueba de Scott-Knott, determinó cuatro grupos estadísticos. La mayor inhibición se obtuvo con *C. mucunoides*, 5% p/v de *I. hederifolia*, seguida con diferencias significativas por todas las dosis de *I. tricolor*, 5% p/v de *A. leptopus*, *R. mínima* y *C. pumila*. Con diferencia significativas con las anteriores, la menor inhibición se obtuvo con todas las dosis de *S. procumbens*, 2,5% p/v *A. americana*, *C. pumila* y *I. triloba* (Tabla 2).

La velocidad de germinación de *P. maximum* fue inhibida entre un -32,2% y -91,52%. La prueba de Scott-Knott, determinó cuatro grupos estadísticos, alcanzándose los valores más altos de inhibición con 5% p/v y 2,5% p/v de *C. mucunoides*, 5% p/v de *I. hederifolia*, seguida con diferencias significativas por todas las dosis de *I. tricolor*, 5% p/v de *A. leptopus*, *R. mínima* y *C. pumila*. Con diferencias significativas con los anteriores tratamientos, la menor inhibición se obtuvo con todas las dosis de *S. procumbens*, 2,5% p/v *A. americana*, *C. pumila* e *I. triloba*.

Tabla 2. Efecto de extractos acuosos sobre la germinación y crecimiento de *P. maximum*.

Especies Donadoras	Dosis (% p/v)	IR*100 Germ.Total	IR*100 IVG	IR * 100 Radícula	IR * 100 Hipocótilo
<i>A. leptopus</i>	2,5	-740 c	-77,96 c	-36,17 b	-40,69 a
<i>A. leptopus</i>	5,0	-82,0 d	-84,74 d	-100 c	-100 b
<i>S. procumbens</i>	2,5	-26,0 a	-32,20 a	47,89 a	14,33 a
<i>S. procumbens</i>	5,0	-34,0, a	-44,06 a	27,81 a	-91,43 b
<i>C. mucunoides</i>	2,5	-78,0 d	-81,35 d	-96,34 c	-3,07 a
<i>C. mucunoides</i>	5,0	-84,0 d	-86,4 d	-97,44 c	-98,77 b
<i>I. triloba</i>	2,5	-38,0 a	-42,37 a	-10,98 a	-37,52 a
<i>I. triloba</i>	5,0	-46,0 b	-54,23 b	-49,49 b	-60,97 b
<i>I. hederifolia</i>	2,5	-60,0 c	-66,1 c	-12,25 a	1,49 a
<i>I. hederifolia</i>	5,0	-90,0 d	-91,52 d	20,71 a	-34,86 a
<i>I. purpurea</i>	2,5	-42,0 b	-50,84 b	-17,85 a	-35,08 a
<i>I. purpurea</i>	5,0	-46,0 b	-54,23 b	-57,74 b	-62,71 b
<i>A. americana</i>	2,5	-36,0 a	-42,37 a	20,55 a	-1,9 a
<i>A. americana</i>	5,0	-46,0 b	-50,84 b	-11,82 a	-35,01 a
<i>R. minima</i>	2,5	-50,0 b	-57,62 b	-60,70 b	-57,38 b
<i>R. minima</i>	5,0	-72,0 c	-76,27 c	-87,02 c	-66,32 b
<i>C. pumila</i>	2,5	-36,0 a	-44,06 a	-41,8 b	-16,93 a
<i>C. pumila</i>	5,0	-68,0 c	-71,18 c	-87,51 c	-30,71 a
<i>I. tricolor</i>	2,5	-58,0 c	-64,40 c	-8,06 a	12,57 a
<i>I. tricolor</i>	5,0	-68,0 c	-72,88 c	-34,74 b	-11,51 a
S.K. (P ≤ 5%)	N=4	± 4,12*	± 4,52	± 19,95	± 21,82

(Letras iguales no difieren entre sí para cada columna)

La respuesta de las especies blanco dependió de las potencialidades de cada arvenses y de las dosis utilizadas. Mientras los extractos de algunas arvenses estimularon el crecimiento de *A. hypochondriacus*, todos los extractos

causaron inhibición del crecimiento radicular de *P. maximum*. Este resultado coincide con los resultados de Hernández et al. (2009), quienes reportaron una alta sensibilidad de la radícula de esta especie al probar extractos de diferentes especies, con inhibición de hasta el 100 %.

Los residuos de las especies de arvenses estudiadas provocaron inhibición de la germinación espontánea de otras arvenses entre -24,39% y -80,48%, con dependencia de la especie donadora y la dosis probada. Se determinó dos grupos estadísticos, alcanzándose la mayor inhibición con todas las dosis de *I. tricolor*, *C. pumila*, *R. mínima*, 2 t·ha⁻¹ y 1 t·ha⁻¹ de *A. americana*, *I. purpurea*, *I. hederifolia*, *I. tiloba*, *C. mucunoides*, *S. procumbens*, 2 t·ha⁻¹ de *A. leptopus*, entre -56,09% y -80,48% (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de residuos sobre la germinación y crecimiento de arvenses germinadas espontáneamente.

Especies Donadoras	Dosis	IR	IR	IR
	(t·ha ⁻¹)	(Germ.)	(Peso Fresco)	(Peso seco)
<i>A. leptopus</i>	0,5	-24,39 a	-25,40 a	-47,64 a
<i>A. leptopus</i>	1,0	-37,41 a	-41,89 a	-86,56 b
<i>A. leptopus</i>	2,0	-63,41 b	-83,73 b	-95,03 b
<i>S. procumbens</i>	0,5	-31,71 a	-61,50 b	-86,62 b
<i>S. procumbens</i>	1,0	-63,41 b	-83,73 b	-88,98 b
<i>S. procumbens</i>	2,0	-73,17 b	-86,90 b	-92,30 b
<i>C. mucunoides</i>	0,5	-51,21 a	-28,57 a	-65,79 a
<i>C. mucunoides</i>	1,0	-60,98 b	-65,87 b	-87,72 b
<i>C. mucunoides</i>	2,0	-70,73 b	-75,39 b	-89,02 b
<i>I. tiloba</i>	0,5	-29,26 a	-27,77 a	-75,11 b
<i>I. tiloba</i>	1,0	-63,41 b	-73,01 b	-77,31 b
<i>I. tiloba</i>	2,0	-73,17 b	-88,09 b	-95,64 b
<i>I. hederifolia</i>	0,5	-46,34 a	-62,7 b	-84,30 b
<i>I. hederifolia</i>	1,0	-70,73 b	-66,27 b	-84,55 b
<i>I. hederifolia</i>	2,0	-73,7 b	-84,13 b	-93,84 b
<i>I. purpurea</i>	0,5	-48,77 a	-31,35 a	-67,62 a
<i>I. purpurea</i>	1,0	-63,41 b	-85,28 b	-91,60 b
<i>I. purpurea</i>	2,0	-78,05 b	-92,06 b	-95,52 b
<i>A. americana</i>	0,5	-34,14 a	-3,42 a	-58,62 a
<i>A. americana</i>	1,0	-68,29 b	-70,63 b	-88,39 b
<i>A. americana</i>	2,0	-70,73 b	-84,12 b	-89,58 b
<i>R. minima</i>	0,5	-56,09 b	-54,36 b	-80,52 b
<i>R. minima</i>	1,0	-60,97 b	-69,44 b	-90,50 b
<i>R. minima</i>	2,0	-70,73 b	-84,66 b	-93,61 b
<i>C. pumila</i>	0,5	-58,53 b	-48,81 a	-79,68 b
<i>C. pumila</i>	1,0	-70,7 b	-61,11 b	-84,93 b
<i>C. pumila</i>	2,0	-75,61 b	-86,50 b	-94,28 b
<i>I. tricolor</i>	0,5	-60,97 b	-57,93 b	-79,38 b
<i>I. tricolor</i>	1,0	-65,85 b	-69,04 b	-88,24 b
<i>I. tricolor</i>	2.,	-80,48 b	-89,68 b	-96,74 b
S.K. (P ≤ 5%)	N=3	± 8,05	± 13,99	± 7,24

(Letras iguales no difieren entre sí para cada columna)

La biomasa fresca de las arvenses emergidas espontáneamente se redujo al estar en contacto con los residuos durante su crecimiento, los valores de inhibición oscilaron entre -3,42% y -92,06%, con dependencia de la especie donadora y la dosis probada. La prueba de Scott-Knott, determinó dos grupos estadísticos, alcanzándose la mayor inhibición

con todas las dosis de *I. tricolor*, *R. minima*, *I. hederifolia*, *S. procumbens* 2 t·ha⁻¹ y 1 t·ha⁻¹ de *C. pumila*, *A. americana*, *I. purpurea*, *I. triloba*, *C. mucunoides*, 2 t·ha⁻¹ de *A. leptopus*, entre -54,36% y -92,06%.

También la biomasa seca de las arvenses emergidas espontáneamente se redujo frente a los residuos de las arvenses evaluadas; los valores de inhibición oscilaron entre -47,64% y -96,74%, con dependencia de la especie donadora y la dosis probada. Las dosis medias 1 t·ha⁻¹ y altas 2 t·ha⁻¹ de residuos de las arvenses estudiadas mostraron una actividad inhibitoria de la germinación y crecimiento de todas las especies, lo cual indica una mayor actividad con el aumento de la dosis de residuos utilizadas, independientemente de la especie. Las dosis de 1 t·ha⁻¹ pueden ser recomendables para el control de otras arvenses en cultivos, teniendo en cuenta el punto de vista sustentable en general, o sea la disponibilidad y la factibilidad de la labor de manejo (Narwal, 1996). La utilización de residuos puede ser conveniente, si se considera que los residuos actúan como materiales que retienen los metabolitos con actividad y que su descomposición permite una lenta pero sostenida liberación de los aleloquímicos al medio y un aumento en otros componentes mejoradores del suelo como la materia orgánica. Las especies de la familia Asteraceae se han reportado entre las más invasivas y con gran poder alelopático (Kumar et al., 2021).

Como se ha encontrado en este estudio, los extractos y residuos de *S. procumbens* manifestaron gran inhibición en las especies blanco estudiadas, probablemente a la actividad desencadenada una vez a parte de la biomasa generada cae y se descompone en el suelo, pues sus efectos de interferencia con el sistema radicular de *P. hysterothorus* fue menor comparado con las otras especies (Tabla 4). Las dosis media y bajas de residuos y extractos de *A. leptopus* fueron las menos inhibitorias, demostrando poca capacidad alelopática. Este resultado confirma la poca actividad encontrada entre unas 100 especies de arvenses estudiadas sobre el crecimiento radicular de *Lactuca sativa* L., donde se reportaron incluso efectos estimulatorios (Ishak et al., 2021). Aunque invade algunos ecosistemas de forma predominante, sus capacidades invasivas están enmarcada a condiciones de alta humedad, árboles o arbustos que proveen sostén, sombra y suelos arcillosos (Nodza et al., 2021).

El acompañamiento de las especies de arvenses seleccionadas con *P. hysterothorus* L. causaron inhibición del crecimiento a los 45 días de desarrollo, con reducción de la longitud de la planta entre -1,97% y -43,8%, longitud de la raíz entre -1,21% y -58,53% y el peso fresco de la planta entre -5,49% y -56,43% respecto al testigo de *P. hysterothorus* (Tabla 4).

Las pruebas multifactoriales demostraron poca variabilidad en la interacción de los factores “Especie de arvense donadora” (Factor A) versus “Tipos de efectos de interacción” (Factor B) sobre la longitud de la planta de *P. hysterothorus* (F-Fisher=1.00, Df=18, pv=0.470), lo cual permitió realizar el análisis con independencia de la actividad entre uno u otro factor. Al analizar el factor “especies de arvenses donadoras” (Factor A), se encontraron diferencias significativas entre los niveles del factor (F-Fisher=3.44, Df=9, pv=0.0018). La prueba de LSD diferenció seis agrupamientos estadísticos: (a) *I. purpurea*, (ab) *I. hederifolia*, *I. tricolor*, (abc) *C. mucunoides*, *I. triloba*, *R. mínima*, *A. leptopus*, (bc) *A. americana*, (cd) *S. procumbens*, (d) *C. pumila*. Con independencia del tipo de interacción que se establecieron entre las arvenses y *P. hysterothorus* durante su crecimiento, la mayor inhibición de la longitud de la planta se obtuvo cuando esta interactuó con *I. purpurea*, *I. hederifolia* y *I. tricolor* (-23,12% a -43,18%), mientras la menor inhibición se alcanzó con *C. pumila* y *S. procumbens* (-1,97% a -18,12%).

Tabla 4. Efectos de la interacción de arvenses - *P. hysterothorus* sobre el crecimiento de *P. hysterothorus*.

Factor A	Long. Total (cm)	1 LSD	Long. Raíz (cm)	2 LSD	Peso fresco total (g)	1 LSD
<i>A. leptopus</i>	-4,31	8,83 abc	13,04	4,62 cd	2,03	9,44 abc
<i>S. procumbens</i>	-18,12	8,33 cd	-27,03	4,59 cd	-19,69	9,14 bcd
<i>C. mucunoides</i>	-16,97	9,11 abc	-9,23	4,71 cd	-5,49	9,88 ab
<i>I. triloba</i>	-27,04	8,88 abc	-40,84	6,53 ab	-40,01	9,75 abc
<i>I. hederifolia</i>	-23,12	9,25 ab	-25,01	5,19 bcd	-24	8,82 cd
<i>I. purpurea</i>	-43,18	9,62 a	-58,53	7,57 a	-56,43	10,25 a
<i>A. americana</i>	-23,93	8,58 bc	-32,01	5,56 bc	-30,4	9,51 abc
<i>R. minima</i>	-28,93	8,84 abc	-5,56	3,75 d	-37,74	9,32 abcd
<i>C. pumila</i>	-1,97	7,75 d	-1,21	3,84 d	21,53	8,43 d
<i>I. tricolor</i>	-23,95	9,24 ab	-38,13	6,16 abc	-52,7	10,09 ab
DMS (P≤ 5%)	N=9	± 0,80	N=9	± 1,65	N=9	± 0,97

Factor B	Long. Total (cm)	1 LSD	Long. Raíz (cm)	2 LSD	Peso fresco total (g)	1 LSD
Efecto Total	-18,2	8,75 a	-26,47	5,62 a	-12,49	9,41 a
Interferencia Radicular (Alelopatía)	-21,67	8,73 a	-24,41	5,56 a	-28,94	9,63 a
Competencia por Luz (Cobertura)	-23,59	9,05 a	-16,47	4,58 b	-32,65	9,34 a
DMS (P≤ 5%)	N=30	± 0,44	N=30	± 0,90	N=30	± 0,53
1 (X'=SQRT([X]+50)), 2 (X'=SQRT([X]+0.5))						

El contacto radicular entre plantas de las especies de arvenses seleccionadas y *P. hysterophorus*, en razón 2:1, inhibió el crecimiento radicular de *P. hysterophorus*, comparado con el efecto de competencia por la luz impuesto a través de la cobertura de estas arvenses sobre *P. hysterophorus*. Esta puede ser una clara evidencia de la intervención de aleloquímicos exudados y lixiviados al entorno radicular por las especies de arvenses que ejercieron una regulación del crecimiento de la especie receptora. Estos mismos efectos pudieron obtenerse al incorporar los residuos, desde los cuales se ha comprobado una liberación de metabolitos importantes en la regulación del crecimiento.

Las especies de la familia Convolvulaceae fueron las que mayor actividad inhibitoria alcanzaron al interactuar con la raíz de *P. hysterophorus*. Efectos similares se reportaron por Pereda et al. (1993), al identificar a “tricolorin A” ((11S)-hydroxyhexadecanoic acid 11-O-alpha-L-rhamnopyranosyl-(1-3)-O-alpha-L-(2-O-(2S-methylbutyryl)-4-O-(2S-methylbutyryl))rhamnopyranosyl-(1-2)-O-beta-D-glucopyranosyl-(1-2)-beta-D-fucopyranoside-(1,3"-lactone)), aislado de *I. tricolor*, como el principal inhibidor de la longitud de la radícula y la germinación de *A. leucocarpus* y *E. crus-galli*. Se probó su actividad como desenlace de la fotofosforilación y por tanto la reducción de la producción de energía y la acumulación de biomasa en las plantas. Específicamente estos efectos están directamente relacionados con las concentraciones de fenoles y enzimas detoxificantes en plántulas de *P. hysterophorus*, lo cual fue demostrado por Kapoor et al. (2019), que encontraron gran correlación en la inhibición de crecimiento de *P. hysterophorus*, al ensayar extractos de *Artemisia absinthium* L. y *Psidium guajaba* L.

La especie *A. americana* ha sido reportada con efectos benéficos en la conservación y mejoramiento del suelo, como pastos naturales y en sistemas de corte y acarreo, incluso comercializada con estos fines. También proporciona hábitat a pavos salvajes y codornices (Basinger, 2017). Los resultados obtenidos brindan nuevo servicio al ecosistema, en este caso la regulación del crecimiento de *P. hysterophorus*, lo cual pudiera ser utilizado en algunos cultivos como maíz. Una atenuante en la aplicación de *A. americana* ha de ser su contribución con las poblaciones de nematodos, fitófagos del suelo. Aunque Rhoades (1980), reportó alta resistencia a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White). Al-Rehiyani & Hafez (1998), clasificaron esta planta como pobre o no hospedera de nematodos, específicamente *M. chitwoodi* Golden. Kokalis-Burelle & Roskopf (2012), indicaron su capacidad para aumentar diferentes especies de nematodos en el suelo, aspecto a considerar en las rotaciones y establecimiento de esta planta como cobertura.

Las especies nativas que se encuentran con mayor frecuencia también en otros hábitats, más cosmopolitas, como *I. purpurea*, *I. tricolor* e *I. triloba* mostraron una mayor interferencia sobre *P. hysterophorus*. Este resultado concuerda con lo encontrado por Belgeri & Adkins (2015), quienes reportan una actividad mayor de especies de este tipo, como *Macroptilium atropurpureum* (DC) Urb., *P. maximum*, *Cenchrus ciliaris* L., frente a *P. hysterophorus*; igualmente el crecimiento radicular fue donde más sensiblemente se mostró la interacción entre estas especies estudiadas.

CONCLUSIONES

Las dosis medias 2,5% p/v y altas 5% p/v de extractos acuosos de las arvenses *R. mínima*, *A. leptopus*, *I. tricolor*, *I. triloba*, *C. mucunoides*, *C. pumila* y *I. hederifolia* manifestaron actividad inhibitoria sobre la germinación y crecimiento de *A. hypochondriacus* y *P. maximum*. La especie *S. procumbens* mostró un claro efecto estimulante, lo mismo con las dosis bajas de *C. pumila* sobre *A. hypochondriacus* e *I. tricolor* sobre *P. maximum*.

Los residuos de todas las especies estudiadas inhiben la germinación y crecimiento de las arvenses, lo cual aumenta al incrementar la dosis. Las arvenses con mayor inhibición fueron *I. tricolor*, *I. triloba*, *I. purpurea* y *S. procumbens*.

Las especies *I. tricolor*, *I. triloba* e *I. purpurea* mostraron mayor inhibición sobre el crecimiento de *P. hysterophorus*, particularmente la interacción radicular, mostró un efecto predominante respecto a la cobertura de estas especies en la inhibición de la longitud de la raíz de *P. hysterophorus*; lo que demostró el potencial alelopático de las tres especies de la familia Convolvulaceae sobre otras especies de arvenses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achnine, L., Pereda-Miranda, R., Iglesias-Prieto, R., & Lottina-Hennsen B. (1998). Impairment of Photosystem II Acceptor Side of Spinach Chloroplasts Induced by Tricolorin A. In: Garab G. (eds) Photosynthesis: Mechanisms and Effects. Springer.
- Al-Rehiayani, S., & Hafez, S. (1998). Research: Host Status and Green Manure Effect of Selected Crops on *Meloidogyne chitwoodi* Race 2 and *Pratylenchus neglectus*. *Nematropica* 28, 213-230.
- Anaya, A. L., Hernández-Bautista, B. E., Pelayo-Benavides, H. R., Calera, M., & Fernández-Luiselli, E. (1995). Allelopathy in Mexican plants: More recent studies. Allelopathy. Chapter 17 pp 224-241. ACS Symposium Series, 582.
- Bàrberi, P. (2004). Métodos preventivos y culturales para el manejo de malezas. En, R. Labrada, (Ed), Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I). (pp.197-213). FAO.
- Basinger, R. (2017). American Jointvetch. QDMA, Quality Deer Management Association. <https://www.qdma.com/american-jointvetch/>
- Belgeri, A., & Adkins, S. W. (2015). Allelopathic potential of invasive parthenium weed (*Parthenium hysterophorus* L.) seedlings on grassland species in Australia. *Allelopathy Journal*, 36(1-2). 1-14.
- Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z.A., Wahid, A., & Siddique, K.H. (2011). The role of allelopathy in agricultural pest management. *Pest management science*, 67(5), 493-506.
- Fujii, Y., Parvez, S. S., Parvez, M. M., Ohmae, Y., & Lida, O. (2003). Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. *Weed Biol. Manage*, 3, 233-241.
- Hernández, M., Hernández, R., & Guillen, D. (2015). New micro bioassay sandwich to detection allelopathic activity from *Ipomoea batatas* (L.) Lam., *Journal of Food, Agriculture and Environment*, (3-4), 45-48.
- Hernández-Terrones, M. G., do Nascimento, E. A., de Moraes, S. A. L., Chang, R., Andrade, G. A., Santos, D. Q., & Pereira, B. H. A. (2009). Allelopathic potencial of Pequi (*Caryocar brasiliense*) on *Panicum maximum* seeds. (Ponencia). XII Congresso da Sociedade Española de Malherbologia. Lisboa, Portugal.
- Ishak, M. S., Ain, M. N., Sahid, I., & Mardiana-Jansar, K. (2021). Allelopathic screening of Malaysian noxious weeds and several medicinal plants as potential alleloherbicides. *Journal of Environmental Biology*, 42, 762-774.
- Kapoor, D., Tiwari, A., Sehgal, A., Landi, M., Brestic, M., & Sharma, A. (2019). Exploiting the allelopathic potential of aqueous leaf extracts of *Artemisia absinthium* and *Psidium guajava* against *Parthenium hysterophorus*, a Widespread Weed in India. *Plants*, 8(12).
- Kim, K.U., & Shin, D.H. (2004). La importancia de la alelopatía en la obtención de nuevos cultivares. En, R. Labrada, (Ed.), Manejo de malezas para países en desarrollo, (Addendum I). FAO.
- Kokalis-Burelle, N., & Roskopf, E. N., (2012). Susceptibility of several common subtropical weeds to *Meloidogyne arenaria*, *M. incognita*, and *M. javanica*. *J. Nematol.*, 44 (2), 142-147.
- Kumar, T., Bishwas, A. J., Khare, P. K., & Garg, N. (2021). Invasive alien flora of tropical dry deciduous forest of Nauradehi Wildlife Sanctuary, Central India. *Indian Journal of Ecology*, 48(1), 219-225.
- Miranda-Arámbula, M., Reyes-Chilpa, R., and Anaya L, A. L. (2021). Phytotoxic activity of aqueous extracts of ruderal plants and its potential application to tomato crop. *Botanical Sciences*, 99(3), 487-498.
- Narwal, S.S. (1996). Suggested methodology for allelopathy laboratory bioassay. *Allelopathy: Field Observation and Methodology*. Joudpur, India: Scientific Publisher, 1, 255-266.
- Nodza, G., Anthony, R., Onuminya, T., & Ogundipe, O. (2021). Floristic Studies on Herbaceous and Grass Species Growing in the University of Lagos, Nigeria. *Tanzania Journal of Science*, 47(1), 80-90.
- Pereda-Miranda, R., Mata, R., Anaya, A. L., Wickramaratne, D. B., Pezzuto, J. M., Kinghorn, A. D., & Tricolorin, A. (1993). Major phyto-growth inhibitor from *Ipomoea tricolor*. *J Nat Prod.*, 56 (4), 571-82.
- Rhoades, H. L. (1980). Relative susceptibility of *Tagetes patula* and *Aeschynomene americana* to plant nematodes in Florida. *Nematropica*, 10(2), 116-120.
- Scavo, A., Pandino, G., Restuccia, A., & Mauromicale, G. (2020). Leaf extracts of cultivated cardoon as potential bioherbicide. *Scientia Horticulturae*, 261(2).