

Extractos de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. y su efecto alelopático sobre arvenses

Ipomoea batatas (L.) Lam. extracts and their allelopathic effect on weeds

Ricardo Hernández Pérez^{1*} , Alfredo Olarte Paredes¹, Brayert Vladimir Briones Tellez¹, René Salgado Delgado¹, Areli M. Salgado Delgado¹, Maykel Hernández Aro²

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Zacatepec. Col. Center, # 27. Zacatepec, Morelos. C.P. 62780, México.

² Post-Doctoral. (CEPROBI). Instituto Politécnico Nacional. Car. Yautepec-Jojutla, 6.8, San Isidro, Yautepec. Morelos. C.P. 62730, México.

RESUMEN

Muchos de los metabolitos secundarios que se sintetizan en plantas tiene efectos alelopáticos. Tales aleloquímicos, son excretados por diferentes vías y llegan a estimular, retrasar o inhibir eventos como germinación, crecimiento o desarrollo otras plantas aledañas, fenómeno alelopático que tiene una especial atención en los últimos años, en agroecología, por evidentes propiedades herbicidas. Algunos estudios, han permitido el desarrollo de nuevo bioherbicidas para el control de arvenses, en sustitución de herbicidas sintéticos. El objetivo de estos ensayos fue evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos y etanólicos de *Ipomoea batatas* a diferentes concentraciones (0, 1, 2 y 3.33 %) sobre plantas aceptoras: *Amaranthus hypochondriacus* y *Portulaca oleracea* en condiciones controladas, tomando como variables respuesta; la germinación total (GT), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud radicular (LR). Los resultados mostraron que los extractos acuoso pH 7 no tuvieron efecto sobre la germinación de *A. hypochondriacus*, observándose un ligero retraso en la velocidad de germinación y efecto estimulante en la longitud radicular a concentraciones de 2 y 3.3 %. Cuando se probó el extracto acuoso a pH 5, se evidenció efecto inhibitorio significativo en las tres variables respuesta, lo cual aumentaba con la concentración sobre las aceptoras, siendo más sensible en *P. oleracea*. Similar resultado se obtuvo con el extracto etanólico, donde el efecto inhibitorio fue dependiente de la concentración y *A. hypochindriacus* la especie más sensible hasta llegar a una inhibición del 100 % de la germinación incluso con la dosis más baja.

Palabras clave: aleloquímicos, alelopatía, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus hypochondriacus*, especies aceptoras.

ABSTRACT

Many secondary metabolites that are synthesized in plants have allelopathic effects. Such allelochemicals are excreted by different routes and come to stimulate, delay or inhibit events such as germination, growth or development of other neighboring plants, an allelopathic phenomenon that has received special attention in recent years in agroecology due to its evident herbicidal properties. Some studies have allowed the development of new bioherbicides for control of weeds, replacing synthetic herbicides. The objective of these

trials was to evaluate the allelopathic effect of aqueous and ethanolic extracts of *Ipomoea batatas* at different concentrations (0, 1, 2 and 3.33 %) on acceptor plants as: *Amaranthus hypochondriacus* and *Portulaca oleracea* under controlled conditions, taking as response variables total germination (GT), germination speed index (IVG) and root length (LR). The results showed that aqueous extracts at pH 7, had no effect on the germination of *A. hypochondriacus*, observing a slight delay in the speed of germination and a stimulating effect on root length at concentrations of 2 and 3.3 %. When the aqueous extract at pH 5 was tested, a significant inhibitory effect was evidenced in the three response variables, which increased with the concentration on the acceptors, being *P. oleracea* more sensitive. A similar result was obtained with the ethanolic extract, where the inhibitory effect was dependent on the concentration and *A. hypochindriacus* the most sensitive species until reaching 100 % germination inhibition even with the lowest dose.

Keywords. Allelochemicals, allelopathy, *Portulaca oleracea*, *Amaranthus hypochondriacus*, acceptor species.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen innumerables razones que sustentan el interés por los bioherbicidas, por un menor daño medioambiental y toxicológico (González, 2009). Muchas especies de plantas producen considerable cantidad de compuestos biológicamente activos que afectan directa o indirectamente las interacciones planta-planta y planta-animal en un mismo hábitat (Lines y Fournier, 1979). Durante los últimos cincuenta años el uso continuo y desmedido de compuestos químicos sintéticos bajo sistemas de producción agrícola, han generado contaminaciones al medio ambiente, acelerando la erosión del suelo, deteriorando las fuentes hídricas, inclusive influyendo de manera negativa en la salud humana y biodiversidad (Trujillo, 2008; Hernández *et al.*, 2010; Flores *et al.*, 2015), siendo el centro de atención de muchos especialistas, principalmente en la rama agrícola (Espejo *et al.*, 2010). Una alternativa prometedora, son las alelopatías, que en una agricultura sustentable permiten un equilibrio ecológico (Torres *et al.*, 2003).

(Sampietro, 2003) relacionó la alelopatía como un fenómeno biológico en el que un tipo de organismo sin-

*Autor para correspondencia: Ricardo Hernández Pérez
 Correo-e: jsantaclara57@yahoo.es

tetizan varios componentes químicos (aleloquímicos) que intervienen en la reproducción, crecimiento, desarrollo o supervivencia de organismos diferentes. Los aleloquímicos pueden implicar resultados beneficiosos, lo que se le conoce como aleopatía positiva, así como resultados nocivos a los organismos aceptores, lo que se conoce como aleopatía negativa.

Krautmann *et al.* (2001) comprobaron que el efecto alelopático positivo, se manifiesta cuando la especie vegetal influye, específicamente cuando hay estimulación de los procesos vitales de la especie aceptora. Mientras, el efecto negativo se presenta cuando los metabolitos secundarios de la planta donante, afectan significativamente los mismos procesos vitales en la planta aceptora, ocasionando hasta la muerte de la aceptora. Aunque, existe la posibilidad de que simplemente sea indiferente, cuando no influyen sobre el desarrollo de la planta invasora. Tales efectos se basan en el comportamiento de cada aceptor frente a los agentes alelopáticos.

Los aleloquímicos expulsado, juegan un papel decisivo sobre todo en prácticas agroecológicas, reflejándose directamente sobre los rendimientos de las plantas cultivadas (Albuquerque *et al.*, 2011). De hecho, el proceso o mecanismo evolutivo (selección natural) es el resultado de la competencia entre genotipos estrechamente relacionados (Margalef, 1980) citado por Anaya *et al.* (2016).

Actualmente se conocen más de 15,000 metabolitos secundarios con diferentes propiedades químicas. De estos un gran número poseen carácter alelopático (Cárdenas, 2014). Por lo que el objetivo del ensayo fue evaluar el efecto alelopático de extractos acuosos y etanólicos de *I. batatas*, sobre plantas aceptoras de *A. hypochondriacus* y *P. oleocarea*, a diferentes concentraciones bajo condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en el departamento de postgrado (DEPI) del Instituto Tecnológico de Zacatepec, estado de Morelos, México.

Las semillas de *A. hypochondriacus* fueron donadas por el Dr. Hernández, investigador postdoctoral del (CEPROBI)/ Instituto Nacional Politécnico, México. mientras que las semillas de plantas fueron adquiridas comercialmente.

Se colectaron en campo plantas de *I. batatas* de las que se seleccionaron hojas y tallos, las que fueron secadas al sol durante 15 días hasta lograr una deshidratación total. La biomasa fue molida en licuadora y luego tamizada (malla 50), hasta lograr suficiente material para los ensayos, el cual fue almacenado en bolsas ziploc y recipiente de plástico, etiquetados y mantenidos en oscuridad a baja humedad H.R.

Método de extracción (sólido-líquido)

Para la obtención de extractos se maceró la biomasa en la relación 1:30 p/v agitación constante según la metodología de (Hernández *et al.*, 2015), formándose dos tipos de extractos (acuoso y etanólico). La extracción acuosa se formuló según lo descrito por Hernández *et al.* (2017), a partir de 5 g de biomasa molinada tamizada y disuelta en 150 mL

de agua destilada estéril a pH de 7.0. La mezcla fue homogenizada bajo agitación constante (300 rpm/ 24 h.) y en oscuridad a temperatura (22 ± 2°C). Luego la mezcla se filtró, por gasa doble y posteriormente el líquido se filtró al vacío. La concentración máxima del extracto fue ajustada a (3.33 %), a partir de la cual se prepararon las fracciones diluidas a concentraciones de 1 y 2 %. Luego se ajustó pH en rango de 6 -7.2. Finalmente, los recipientes de cristal rotulados, fueron conservados a 4 °C en oscuridad hasta su uso. La extracción etanólica, fue preparada con 5 g de biomasa en etanol absoluto (96 - 98 %) en relación 1:30 p/v, agitación constante a (300 rpm/24 h) a temperatura ambiente y en oscuridad. Las soluciones formadas, siguieron la misma preparación que el extracto acuoso, con máxima concentración (3.33 %) y partiendo de esta se prepararon 1 y 2 %, agregando el disolvente en las proporciones requeridas y finamente se llevaron a pH 7. Los recipientes se sellaron y se conservaron a 4 °C en oscuridad hasta su uso.

Un control positivo con biomasa de *I. batata*, gentilmente cedida por Hernández (2017), conformó un extracto referenciado al (3.33 %) en relación 1:30 (soluto/solvente). Este tuvo la misma preparación que los extractos antes mencionados, partiendo de 3 gramos de dicha biomasa y preparada al momento de ser requeridos en cada ensayo.

Los bioensayos de laboratorio fueron realizados en placas de Petri estériles, según lo descrito por (Rodríguez *et al.*, 2014; Hernández, 2015). En cada bioensayo se usó un diseño de bloques completamente al azar, formado por cinco tratamientos, que incluyó cuatro concentraciones de extracto (tratamientos) con tres repeticiones. Además de establecer un control con agua estéril y un control positivo dosis (3.33 %). La unidad experimental fue una placa de Petri con 24 semillas de las especies receptoras para un total de 72 semillas por tratamiento (Tabla 1).

Para verificar el efecto de los extractos, se evaluó el número de semillas germinadas, cada día hasta el cuarto día, considerándose semilla germinada, cuando la radícula alcanzó un mínimo (0.5 - 1 mm). Para observar la germinación de semillas se utilizó una lupa de 8.5 cm Ø.

A partir de esto, se calculó la Germinación Total (GT) y el Índice de velocidad de germinación (IVG) en cada trata-

Tabla 1. Diseño experimental general y resumido para los bioensayos.

Table 1. General and summary experimental design for bioassays.

Tipo de extracto	Tratamientos	Dosis /Conc.	Volumen asperjado	Total de UE	No. de semillas por UE
Acuoso (EA)	T0 (Control -)	0 % p/v	5 mL	15	24
	T1	1 % p/v			
	T2	2 % p/v			
	T3	3.33 % p/v			
	T4 (Control +)	3.33 % p/v			
Etanólico (EE)	T0 (Control -)	0 % p/v	5 mL	15	24
	T1	1 % p/v			
	T2	2 % p/v			
	T3	3.33 % p/v			
	T4 (Control +)	3.33 % p/v			

miento. Así mismo, se tomaron al azar 10 plantas por cada unidad experimental (30 plantas) por tratamiento, a las que se les midió la longitud radicular (LR) (cm), con ayuda de una regla. Las ecuaciones registradas fueron:

Germinación Total (G_T) (Hernández *et al.*, 2017)

Formula: $G_T = [N_T \times 100] / N$

Donde:

N_T : Número de semillas germinadas en la última evaluación del experimento.

N : Número de semillas utilizadas en el bioensayo.

Índice de Velocidad de Germinación (IVG) (Hernández *et al.*, 2015)

Formula: $IVG = G_1 / N_1 + G_2 / N_2 + \dots + G_n / N_n$

Donde:

G_1, G_2, G_n : Número de semillas germinadas, en el primer, segundo, hasta el último conteo.

N_1, N_2, N_n : Tiempo en días desde el primer, segundo, hasta último conteo.

Longitud radicular (Pereira *et al.*, 2019).

Los datos registrados con las variables respuesta, germinación total (GT), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud radicular (LR), fueron procesados en un análisis de varianza (ANOVA). Previo a la verificación de los supuestos de homogeneidad de la varianza, acompañado de una prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$), para determinar si existían diferencias significativas entre tratamientos. Previo a cada bioensayo se verificó la viabilidad de las semillas de cada especie aceptora, garantizando un máximo de germinación superior al 80 %, según Zamorano y Fuentes (2005).

Bioensayos

Cuatro bioensayos se ejecutaron, utilizando los extractos acuosos pH 7 y pH 5, con la especie aceptora *A. hypochondriacus* o *P. oleracea* en placas de Petri. El papel absorbente (sanitas) sirvió para formar una cámara húmeda. Se usaron 24 semillas por placa y se les asperjó 5 mL del extracto, o solo agua en el caso del control absoluto. Se mantuvieron entre 3 – 4 días (72 horas) para garantizar la germinación de las semillas y si formaban plantas de buen tamaño. A cada placa se les añadió 1.0 mL de agua destilada estéril cada día para humedecer el papel absorbente. Se estableció el control del fotoperiodo con un sensor ajustando 16 h luz y 8 h oscuridad a temperatura ambiente de $25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2$. Los otros dos bioensayos fueron usando extracto etanólicos pH 5.0, con las mismas especies de *A. hypochondriacus* o *P. oleracea* en placas de Petri, aplicado las dosis (0,1,2 y 3.33 %) y un control positivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad alelopática del extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente alcalino sobre semillas de *A. hypochondriacus*.

La germinación de *A. hypochondriacus* no se vio afectada por ninguna de las concentraciones, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$), el extracto no influyó en el proceso fisiológico de germinación (GT) (Tabla 2). Por otro

lado, el índice de velocidad de germinación (IVG), evidenció un ligero retraso en la cantidad de semillas germinadas/día de un tratamiento a otro, se demostró algunas diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Tabla 2. Influencia de las diferentes concentraciones de extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente alcalino sobre *A. hypochondriacus*. Letras iguales no difieren significativamente entre tratamientos, según prueba Tukey ($p < 0.05$).

Table 2. Influence of the different concentrations of *I. batatas* aqueous extract with a slightly alkaline pH on *A. hypochondriacus*. Equal letters do not differ significantly between treatments, according to the Tukey test ($p < 0.05$).

Tratamientos	N	GT (%)	IVG (semillas/día)	N	LR (cm)
T0 (Control)	3	94.44 a	23.556 a	30	2.487 c
T1 (1 % p/v)	3	88.89 a	20.44 ab	30	3.843 b
T2 (2 % p/v)	3	91.70 a	21.33 a	30	4.283 ab
T3 (3.33 % p/v)	3	88.89 a	19.278 ab	30	5.130 a
T4-C+ (3.33 % p/v)	3	88.89 a	14.28 b	30	4.097 b
D. E		7.05308	2.44760		1.19136

Fue más notable el efecto alelopático positivo sobre la longitud radicular de la misma especie aceptora, en el tratamiento 3.33 % donde se aplicó una concentración de (3.33 %) de extracto acuoso. Lo que influyó relativamente mejor en esta variable. Aunque en realidad el tratamiento (2 %), donde se aplicó una concentración de (2 %) y el tratamiento (3,33 %) no difirieron, por lo que ambas concentraciones estimularon considerablemente la longitud de la radícula (LR) en comparación con el tratamiento control, aunque de hecho el efecto estimulante se evidenció a partir de la menor dosis (1 %).

Resultados similares obtuvo Silva (2013) cuando utilizó lixiviados acuosos (pH 7.2) a partir de diferentes tejidos secos de zacate (*P. ciliare*). Tales lixiviados no generaron inhibición en la germinación de *A. hypochondriacus* entre 24 y 48 horas, con germinación cercana al 100 %. Solo hubo efecto en el tamaño de la radícula en la misma especie, durante las primeras 24 horas, pero no se mantuvo al llegar a las 48 horas. González (2011), quien aplicó extracto acuoso de *E. gomphocephala* a concentraciones de (10, 30, 50 y 100 %) sobre semillas de *A. hybridus*, observó efectos significativos entre los tratamientos en cuanto a la germinación: Sin embargo, registró un incremento de la germinación de *A. hybridus*, cuando se aplicó extracto en concentraciones altas (50 y 100 %). Según Torres *et al.* (2003), *I. batatas* aplicada directamente al suelo en concentraciones (0, 75 y 100 %) sobre *A. crassipes Schlecht*, mostraron solo una mayor concentración inhibitoria significativamente sobre la germinación, pero sin efecto alguno sobre la altura de las plantas.

Actividad alelopática del extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente ácido sobre semillas de *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*

La germinación (GT), el IVG y longitud radicular (LR) de ambas especies fueron afectadas, conforme aumentaba la concentración del extracto, el efecto inhibitorio fue más drástico, sobre todo con la concentración de extracto acuoso más alta (3.33 %), la que correspondió al tratamiento (3.33 %)

y al control (C+). Para ambos tratamientos, no hubo diferencias significativas respecto a las variables respuesta (Tabla 3). Sin embargo, se puede inferir, que la dosis (3.33 %) obtuvo mejores resultados de inhibición, debido a que el extracto acuoso de ese mismo tratamiento, fue obtenido con partes vegetativas del camote, mientras que el extracto acuoso del control positivo se obtuvo a partir de hojas y tallos.

Tabla 3. Influencia de las diferentes concentraciones de extracto acuoso de *I. batatas* con pH ligeramente ácido, utilizando semillas de *A. hypochondriacus*. Medias con letras iguales en una misma columna no difieren significativamente entre estas. Prueba Tukey ($p < 0.05$).

Table 3. Influence of different concentrations of *I. batatas* aqueous extract with slightly acidic pH, using *A. hypochondriacus* seeds. Means with the same letters in the same column do not differ significantly between them. Tukey test ($p < 0.05$).

Tratamientos	N	GT (%)	IVG (semillas/día)	N	LR (cm)
T0 (Control)	3	94.44 a	36.94 a	15	5.367 ab
T1 (1 % p/v)	3	90.28 a	23.81 b	15	4.087 b
T2 (2 % p/v)	3	84.72 a	11.194 c	15	5.72 a
T3 (3.33 % p/v)	3	9.72 b	1.69 c	15	0.033 c
T4-C+ (3.33 % p/v)	3	56.9 ab	4.64 c	15	0.583 c
D. E		18.7885	4.22224		1.28856

Este efecto pudo atribuirse a compuestos fenólicos presentes en el camote. Al respecto, estudios realizados por Hernández *et al.* (2015), afirmaron que el efecto inhibitorio del camote, está estrechamente relacionado con la parte de la planta que se utilice y el tipo de extracto. Sus resultados, fueron con extracto acuoso de camote *I. batatas* (L.) Lam. (CEMSA 78-354). Cuando aplicaron el extracto sobre semillas de *A. spinosus* y *P. oleracea* a 1 % y el control, obtuvieron efectos tanto de estimulación como de inhibición en dependencia de la parte de la planta utilizada. En el tamizaje fitoquímico los aleloquímicos presentes en camote, como los compuestos fenólicos, estaban concentrados en la inflorescencia, seguido del follaje (Figura 1).

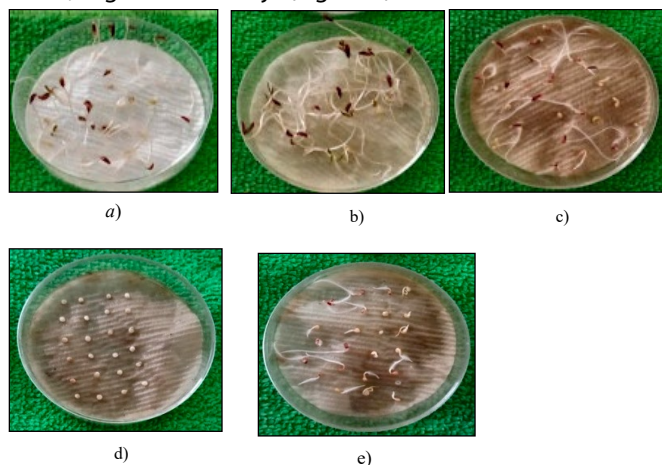


Figura 1. Semillas de *A. hypochondriacus* tratadas con extracto acuoso ligeramente ácido a diferentes concentraciones. Longitud radicular (LR) y velocidad de germinación (IVG), indicadores del efecto inhibitorio. a) Semillas sin tratar; b) dosis 1 % p/v, c) dosis 2 % /v, d) dosis 3.33 % p/v, e) tratamiento Control (+ 3.33 % p/v).

Figure 1. Seeds of *A. hypochondriacus* treated with slightly acid aqueous extract at different concentrations. Root length (LR) and germination speed (IVG), indicators of the inhibitory effect. a) Untreated seeds, b) dose 1 % p/v, c) dose 2 % /v, d) dose 3.33 % p/v, e) Control treatment (+ 3.33 % p/v).

De acuerdo con Latif *et al.* (2017), la actividad alelopática positiva o negativa de los compuestos fenólicos o en general de los aleloquímicos, depende directamente de su concentración, en especial con dosis bajas, que suelen presentar efecto estimulativo. Lo que coincide con los resultados obtenidos para *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*, en el caso de germinación, obtenidos a concentraciones de (1 y 2 %), muy cercanos al tratamiento control.

No hubo diferencias significativas entre esos tratamientos, el mejor efecto inhibitorio se mostró hasta la mayor concentración, lo mismo paso con la longitud radicular, en general hubo diferencias significativas entre los tratamientos de ambas especies. En *A. hypochondriacus* la longitud radicular del control fue muy similar a las de dosis menores (1 y 2 %) ya que los valores fueron muy cercanos y en efecto lo fueron, entre el tratamiento (control) y al (1 %) no hubo diferencia ni entre el control y la dosis (2 %), sin embargo, el mejor efecto estimulativo se evidenció con la concentración de 2 %, pero la longitud radicular fue inhibida con el tratamiento aplicado a 3,3 % y el control (Tabla 4).

Tabla 4. Influencia de las diferentes concentraciones de extracto acuoso de *I. batatas* con un pH ligeramente ácido sobre semillas de *P. oleracea*. Medias que no comparten una letra en común son significativamente diferentes según prueba Tukey ($p < 0.05$).

Table 4. Influence of different concentrations of aqueous extract of *I. batatas* with slightly acidic pH, using *A. hypochondriacus* seeds. Means with the same letters in the same column do not differ significantly between them. Tukey test ($p < 0.05$).

Tratamientos	N	GT (%)	IVG (semillas/día)	N	LR (cm)
T0 (Control)	3	86.11 a	42.39 a	15	2.407 a
T1 (1 % p/v)	3	79.17 a	24.97 b	15	3.267 a
T2 (2 % p/v)	3	68.1 a	8.14 c	15	1.150 b
T3 (3.33 % p/v)	3	2.78 b	0.278 d	15	0.00733 c
T4-C+ (3.33 % p/v)	3	4.17 b	0.361 d	15	0.01133 c
D. E		11.3346	2.42030		0.917924

En el caso de *P. oleracea* el mejor efecto positivo radicular ocurrió, con la menor dosis (1 %). La dosis de 2 %, promovió la inhibición considerablemente, en cuanto a la longitud radicular, mientras que de la misma forma se expresó el mejor efecto inhibitorio, con la mayor concentración del extracto.

En cuanto al índice de velocidad de germinación (IVG) para ambas especies, fue muy notorio el retraso de germinación, la cantidad de semillas/día disminuía paulatinamente conforme aumentaba la concentración del extracto y de igual manera hubo diferencias significativas entre los tratamientos. A grandes rasgos, los resultados indicaron que *P. oleracea* fue la especie de arvense más sensible frente al efecto alelopático del extracto acuoso de *I. batatas*. En relación con esto, Torres *et al.* (2003) mencionó que algunos de los aleloquímicos responsables de los efectos estimulantes y de inhibición se deben a compuestos fenólicos como el ácido cafeico y los flavonoides epigenina y naringenina, encontrados en partes de la planta del camote. Mismos que son estimulantes de las AIA- oxidasa, por lo que reducen los niveles de auxina (AIA) y por ende disminuye el crecimiento.

Por el contrario, derivados fenólicos como el ácido clorogénico y flavonoides como la quercetina y rutina, poseen la capacidad de estimular el crecimiento al inhibir la actividad de las AIA oxidasa. Otros investigadores también han afirmado que en el extracto acuoso de *I. batatas*, están presentes ácidos fenólicos, los cuales son conocidos por inhibir tanto la síntesis de proteínas como de hormonas inclusive tienen la capacidad de modificar la composición ultraestructural celular, la división celular, la estabilidad de la membrana celular, la biosíntesis de clorofila y la absorción de iones (Soni *et al.*, 2019).

Mientras que Hernández *et al.* (2017) comprobaron que la actividad alelopática de esta especie fue detectada mediante un microensayo, lo que corrobora los resultados en estos experimentos.

Por otra parte, recientemente Pérez-Peralta *et al.* (2019) informó también el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth una especie cercana a la usada en estos experimentos.

Scavo *et al.* (2019) obtuvieron efecto alelopático similares, con extractos acuosos de hojas de tres variedades de *Cynara cardunculus* L. (alcachofa, cardo cultivado y silvestre), sobre el crecimiento de plántulas de *A. retroflexus* y *P. oleracea*. Estos también, mencionaron que los efectos alelopáticos fueron diferentes en relación al genotipo de las especies aceptoras, siendo *P. oleracea* la más susceptible.

La longitud radicular (LR) fue la variable más afectada en el bioensayo (- 32.6 %). Es importante resaltar que se utilizó una única concentración de los extractos (80 %) y solo se comparó su actividad alelopática respecto al control que fue agua bidestilada (Figura 2).

Sobre los metabolitos secundarios que se identificaron y al que se atribuyó el efecto alelopático fueron: apigenin y lu-

teolin 7-O-glucorodine (solo detectado en el cardo silvestre), apigenin 7-O-glucoside presente en alcachofa, así como también 11,13-dihidro-deacylcynaropicrin y 11,13-dihydroxi-8-deoxygrosheimin (característicos del cardo cultivado) (Scavo *et al.*, 2019).

También El-Shora y El-Gawad (2014), en bioensayos de germinación para evaluar el efecto alelopático de extracto acuoso de (*Lipinus termis* L.) sobre *P. oleracea*, señalaron que el porcentaje de germinación de *P. oleracea* se redujo considerablemente cuando aumentaba la concentración del extracto, las concentraciones que se aplicaron fueron (0,2, 0,4, 0,6, 0,8 y 1 mg/mL), encontraron que el (%) de germinación se redujo alrededor del 78.8 % respectivamente después de aplicar la concentración más alta de extracto acuoso. Sin embargo, los autores no identificaron los aleloquímicos responsables de tal efecto. Resultados similares obtuvo Al-Harbi (2018), al estudiar el efecto alelopático de extractos acuosos de hojas de *Rhanterium epapposum* y *Salsola imbricata* a distintas concentraciones (0, 20, 40 y 60 %) sobre la germinación y longitud radicular y de brotes de dos especies de arvenses (*P. oleracea* y *C. murale*). Se demostró un mayor efecto alelopático negativo en la germinación de *C. murale* cuando se aplicaron los extractos de mayor concentración (40 y 60 %) sin embargo fue más notorio el efecto alelopático negativo a la mayor concentración (60 %) sobre la germinación de semillas de ambas arvenses. También se evidenció que tanto la longitud radicular como la de los brotes de *P. oleracea* fueron más sensibles a la alelopatía del extracto de hoja de *R. epapposum* en comparación con el extracto de hoja de *S. imbricata*.

Actividad alelopática del extracto etanólico de *I. batatas* sobre semillas de *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*.

En este último bioensayo se pudo determinar que *A. hypochondriacus* fue mucho más sensible que *P. oleracea* respecto con el extracto etanólico, con evidente efecto alelopático negativo (inhibición) total, en la germinación desde la dosis de (1 %). Solo hubo germinación (GT) en el tratamiento control que fue de 98.61 % (Figura 3).

Sin embargo, para *P. oleracea* el efecto que la inhibición sobre la germinación, tuvo un aumento conforme aumentó la concentración del extracto etanólico, con diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) (Tabla 5).

Al igual que para el IVG el efecto fue inversamente proporcional a la concentración del extracto. La cantidad de semillas germinadas por día, fue disminuyendo conforme aumentaba la concentración del extracto, en cuanto a la longitud radicular (LR) de esa misma especie de arvense.

También se mostró diferencias significativas entre los tratamientos, con efecto inhibitorio que comenzó a notarse desde la dosis de 2 %, a 3.33 %, con aumento ligero del tamaño, pero sin diferencias entre los dos tratamientos mencionados (Figura 4).

El mejor efecto inhibitorio resultó cuando se aplicó el tratamiento control (3,33 %), aunque no hubo diferencia con la dosis 2%, mucho mejor tal efecto alelopático negativo, por

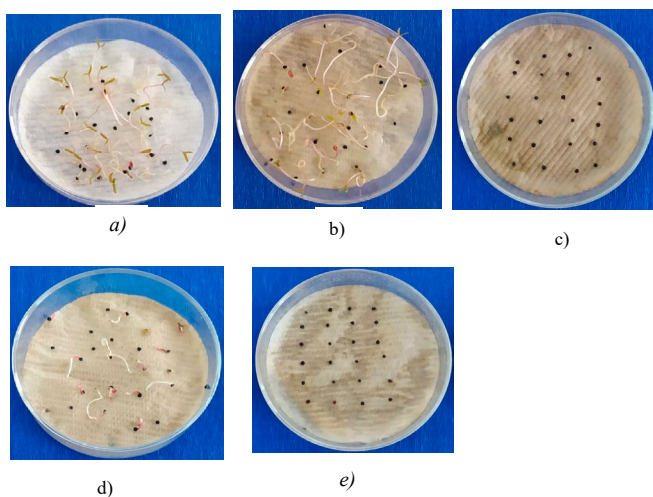


Figura 2. Semillas de *P. oleracea* tratadas con extracto acuoso ligeramente ácido a diferentes concentraciones. Longitud radicular (LR) y velocidad de germinación (IVG), indicadores del efecto inhibitorio. a) Semillas sin tratar; b) dosis 1 % p/v, c) dosis 2 % p/v, d) dosis 3.33 % p/v, e) tratamiento Control (+ 3.33 % p/v).

Figure 2. *P. oleracea* seeds treated with slightly acidic aqueous extract at different concentrations. Root length (LR) and velocity indicators of the inhibitory effect. a) Untreated seeds; b) dose 1 % p/v, c) dose 2 % p/v, d) dose 3.33 % p/v, e) Control treatment (+ 3.33 % p/v).

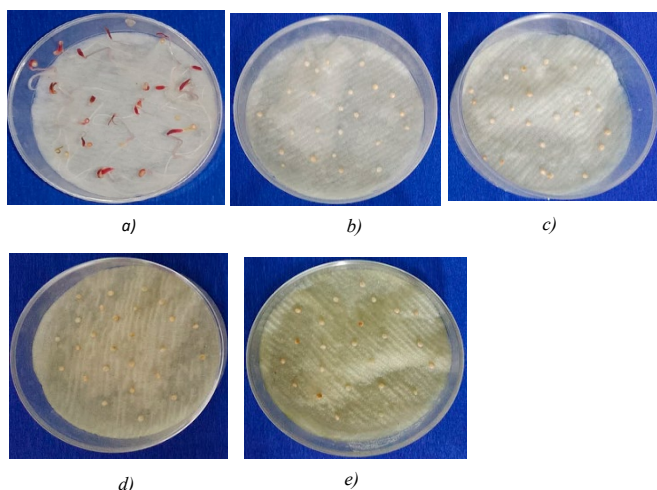


Figura 3. Semillas de *A. hypochondriacus* tratadas con extracto etanólico a diferentes concentraciones. Radículas no visibles en semillas, indican que hubo efecto. a) Semillas sin tratar: b) dosis 1 % p/v, c) dosis 2 % p/v, d) dosis 3.33 % p/v, e) tratamiento Control (+ 3.33 % p/v).

Figure 3. *A. hypochondriacus* seeds treated with ethanol extract at different concentrations. Radicles not visible in seeds indicate that there was an effect. a) Untreated seeds: b) dose 1 % p/v, c) dose 2 % /v, d) dose 3.33 % p/v, e) Control + (3.33 % p/v).

Tabla 5. Influencia de las diferentes concentraciones de extracto etanólico de *I. batatas* sobre semillas de *P. oleracea*. Medias con letras iguales son significativamente diferentes. Tukey ($p < 0.05$).

Table 5. Influence of the different concentrations of *I. batatas* ethanol extract on *P. oleracea* seeds. Means with the same letters are significantly different. Tukey ($p < 0.05$).

Tratamientos	N	GT (%)	IVG (semillas/día)	N	LR (cm)
T0 (Control)	3	80.56 a	34.11 a	15	3.24 a
T1 (1 % p/v)	3	73.61 a	22.06 b	15	2.787 ab
T2 (2 % p/v)	3	22.2 b	4.11 c	15	1.147 cd
T3 (3.33 % p/v)	3	12.50 b	2.333 c	15	1.767 bc
T4-C+ (3.33 % p/v)	3	2.78 b	0.556 c	15	0.420 d
D. E		9.91865	2.88900		1.14498

otro lado, el tratamiento control, evidenció mejor efecto inhibitorio que el tratamiento (3,33 %), aunque se refiere a una misma dosis, pero con posibles diferencias, con las partes de la planta que se utilizaron para obtener cada extracto.

Los metabolitos implicados con este efecto, posiblemente se encuentren en mayor abundancia en las hojas y tallos, pero en general los resultados del efecto alelopático negativo fueron satisfactorios.

Resultados similares obtuvo Hernández (2016), al evaluar los efectos alelopáticos de extractos acuosos y etanólicos de *I. batatas* (hojas, tallos raíces e inflorescencias) sobre *P. oleracea* y *A. spinosus* a concentraciones de (5 y 10 %). Este mostró un efecto inhibitorio sobre *P. oleracea* con extracto etanólico (5 %) a partir de hojas, al (10 %) con tallos y (10 %) con hojas de camote mostraron diferencias significativas respecto al control y testigo. Por otro lado, no hubo germinación de las semillas de *A. spinosus* (inhibición total) al aplicar las concentraciones (1,5 y 10 %) de extracto etanólico obtenido a partir de hojas, así como también a la concentración de 10 %, a partir de inflorescencias, tallos, corteza y follaje.

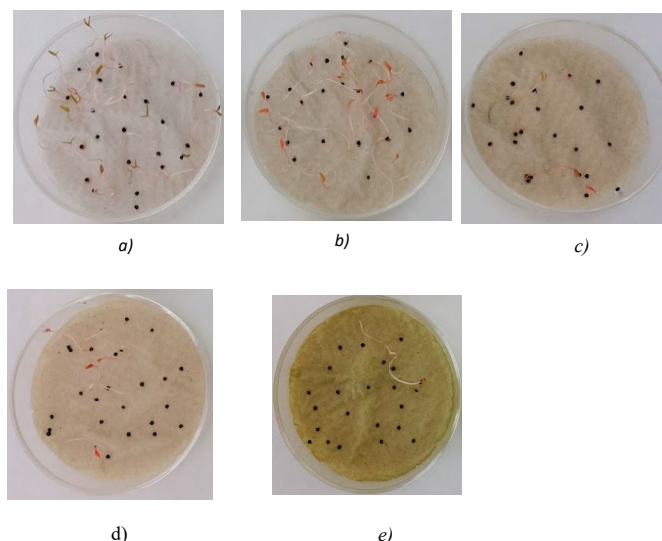


Figura 4. Experimento 5- Semillas de *P. oleracea* tratadas con extracto etanólico a diferentes concentraciones. Radículas visibles en semillas, indican que no hubo efecto. a) Semillas sin tratar: b) dosis 1 % p/v, c) dosis 2 % /v, d) dosis 3.33 % p/v, e) tratamiento Control (+ 3.33 % p/v).

Figure 4. Experiment 5. *P. oleracea* seeds treated with ethanol extract at different concentrations. Visible radicles in seeds, indicate that there was no effect. a) Untreated seeds: b) dose 1 % p/v, c) dose 2 % /v, d) dose 3.33 % p/v, e) Control + (3.33 % p/v).

Por otro lado, se han empleado extractos etanólicos de *Tagetes lucida* (pericón) a concentraciones de 100, 630 y 1000 ppm para evaluar la germinación y crecimiento radicular de *A. hypochondriacus* a partir de un bioensayo en placas de Petri, encontrándose que dicho extracto a la mayor concentración (1000 ppm) inhibió al 100 % la germinación de la arvense antes mencionada (Torres, 2021).

En condición *in vitro* el efecto fitotóxico de extractos de fruto de chile manzano (*C. pubescens*) a diferentes concentraciones sobre *A. hybridus*, mostraron inhibición sobre la germinación, a partir de dosis de 5 % hasta 20 %, con evidente reducción entre 98 - 99 % respectivamente (García *et al.*, 2013), en este caso fueron identificados un alcaloide (capsaicina), implicado en el efecto inhibitorio, junto a la acción sinérgica de diferentes alcaloides.

Según Motmainna *et al.* (2021) los alcaloides actúan inhibiendo la germinación de semillas, así como el crecimiento de algunas plantas, la toxicidad de estos compuestos depende específicamente como en todos los aleloquímicos, de la dosis, además de la sensibilidad de la especie diana, del sitio de acción y sin duda también tiene mucho que ver la etapa de desarrollo del organismo, lo que corrobora los resultados expuestos en los bioensayos etanólicos y acuosos.

En cuanto a *P. oleracea*, Erez y Fidan (2015) obtuvieron resultados muy similares, con el efecto alelopático detectado en extracto etanólico de *Salvia macrochlamys* (hojas y tallos), sobre la germinación de la arvense antes mencionada. En este se informó también, que la germinación fue inhibida cuando se expuso sobre las semillas extracto a concentraciones mayores a 2.5 %, con efecto alelopático negativo, que fue significativamente mayor con el aumento de la concentración (García *et al.*, 2013). Estos infirieron que los esto podía deberse a la alta concentración de compuestos fenólicos y

flavonoides, pero atribuyeron los efectos principalmente, a ácidos grasos presentes en el extracto de *S. macrochlamys*. Y mencionan que los ácidos grasos, podría estar vinculado con la absorción de las semillas, que interfieren enzimas como las lipasas y otras como isocitrato liasa en los cotiledones.

El efecto de un extracto etanólico de *Paspalum maritimum*, obtenido a partir del tallo y raíz de esta contribuyeron a una disminución en la germinación y longitud radicular (LR) en *P. oleracea* (Pereira et al., 2019). Indicando tuvo un efecto específicamente sobre la elongación y división celular, cuanto menor sea el IVG, el tiempo necesario para germinar será mayor. Estos llegaron a la conclusión que el extracto etanólico crudo y las fracciones obtenidas con cloroformo y hexano presentaron mayor capacidad extractiva de los alelo- químico, sin embargo, aunque determinaron el potencial osmótico del extracto etanólico, entre -0.015 y -0.126 MPa, no mencionaron nada respecto al pH.

CONCLUSIONES

Los resultados indicaron que ambos extractos mostraron potencial alelopático sobre las especies aceptoras *A. hypochondriacus* y *P. oleracea*.

Se observó inhibición en la germinación en la longitud radicular y en la tasa de germinación, a medida que la concentración de los extractos aumentaba. El tratamiento 3,33 % fue el que influyó significativamente mejor en cuanto al efecto alelopático negativo.

El efecto dependió en gran medida de la especie aceptora, siendo *P. oleracea* más sensible al extracto acuoso. Mientras que *A. hypochondriacus* mostró mayor sensibilidad respecto al extracto etanólico.

Por lo que, los efectos alelopáticos difirieron entre genotipos, especie donante y especie diana o aceptora.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la dirección TecNM/ del Instituto Tecnológico de Zacatepec y al CONAHCYT por su apoyo en la realización de esta investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses.

REFERENCIAS

- Albuquerque, M., Santos, R., Lima, L., Melo Filho, P. D. A., Custodió Nogueira, R. J. M., Gomes da Câmara, C. A., y Ramos, A. D. R. 2011. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 31 (2): 379-395.
- Al-Harbi, N. A. 2018. Allelopathic Effect of Leaf Extract of Two Wild Plants on Seed Germination, Shoot and Root Lengths of Two Weed Species; *Portulaca oleracea* and *Chenopodium murale*. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 15(4), 929-935. <https://doi.org/10.13005/bbra/2704>
- Anaya Lang, A. L., Espinosa García, F. J. y Reigosa Roger, M. J. 2016. Ecología química y Alelopatía: avances y perspectivas. Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- Cárdenas, C. 2014. Plantas Alelopáticas. Sistemas Inteligentes para Domicilios y edificios. (Vol. 1).
- El-Shora, y El-Gawad. 2014. Evaluation of Allelopathic Effect of White Lupin (*Lupinus termis* L.) Leaf Extract on the Biochemical Dynamics of Common Purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Egyptian Journal of Botany*. 54(2): 317-232. <https://doi.org/10.21608/ejbo.2014.494>
- Flores Córdova, M. A., Sánchez Chávez, E., y Pérez Leal, R. 2015. Potencial Alelopático de extractos foliares de *Astragalus mollissimus* Torr. sobre la germinación in vitro de semillas de maleza. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5):1093-1103. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i5.601>
- García-Mateos, M.R., Sánchez-Navarro, C., Martínez-Solís, J., y Pérez-Grajales, M. 2013. Actividad fitotóxica de los extractos de chile manzano (*Capsicum pubescens* R & P). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(4):23-33. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2013000400002&lng=es&tlng=es.
- González, L. E. 2011. Efectos del aceite esencial y extractos acuosos de *Eucalyptus gomphocephala* DC. sobre la germinación y el crecimiento de arvenses. (Máster). Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/15344/TESINA%20%20FINAL.pdf?sequence=1>
- González, Y. 2009. Propuesta tecnológica para la obtención de extractos con características alelopáticas (Tesis de licenciatura). Universidad Central Marta Abreu de las Villas. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1224/Q09032.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Erez, M. E., y Fidan, M. 2015. Allelopathic effects of sage (*Salvia macrochlamys*) extract on germination of portulaca oleracea seeds. *Allelopathy Journal*, 35(2):285-296.
- Espejo, F., Espinosa, R., Puente, M., Cupull, R., y Rodríguez, M. 2010. Efecto alelopático de *Tagetes erecta* L. y *Terminalia catappa* L. sobre *Rhizoctonia solani* (Kühn), 37(2): 89-92. http://cagrica.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V37-Numero_2/ASB1.pdf
- Hernández, M. 2016. Potencial alelopático de *Phyla strigulosa* (M.Mart. & Gal.) Mold., *Sphagneticola trilobata* L. Pruski e *Ipomoea batatas* (L.) Lam sobre arvenses y cultivos. *March*, 57. <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6881>
- Hernández, M. A., Hernández, R. P., Espinosa, R. R., Guillen, D. S., & Cianna, M. I. 2015. Scientific Communication Allelopathic influence of *Ipomoea batatas* (L.) Lam. commercial clone' CEMSA 78- 354' on weeds. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science*, 4(10): 657-662.
- Hernández, M., Hernández, R., Guadalupe, G., Guillen, D., y Castellanos, L. 2017. Potencial fitotóxico de extratos de *Ipomoea batatas*, detectado por meio de um novo microbiensaio do tipo sanduiche, em três espécies de plantas daninhas. *Planta Daninha*, 35, 1-9. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582017350100035>
- Hernández, M., Torres, S., y Hernández, R. 2010. Alelopatía de *Wedelia trilobata* e *Ipomoea batatas* sobre malezas y cultivos hortícolas. 6 - 21, May 2014. https://www.researchgate.net/publication/260080422_Alelopatia_de_Wedelia_trilobata_e_Ipomoea_batatas_sobre_malezas_y_cultivos_hortícolas

- Hernández, P. 2017. Efecto de diferentes métodos de control de arvenses en las propiedades del suelo, en plantaciones de teca, *Tectona grandis* (L.f.) (Tesis de licenciatura). Instituto Tecnológico de Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9398/efecto_diferentes_metodos_control_arvenses_propiedades_sielo_plantaciones_teca_tectona_grandis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Krautmann M., Turbay S. y Riscala E. 2001. Efectos alelopáticos de *Tridax procumbens* L; 1-9 .
- Latif, S., Chiapusio, G., y Weston, L. A. 2017. Allelopathy and the Role of Allelochemicals in Plant Defence. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 82). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2016.12.001>
- Lines, N., y Fournier, L. 1979. Efecto alelopático de *Cupressus lusitanica* Mill, sobre la germinación de las semillas de algunas hierbas. *Rev. Biol. Trop.*, 27(2): 223-229. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/25652/25981>
- Motmainna, M., Shukor B, A., Uddin, M. K., Binti Asib, N., Mominul Islam, A., y Hasan, M. 2021. Assessment of allelopathic compounds to develop new natural herbicides: A review. *Allelopathy Journal*, 52(1): 21-40. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2021-52-1-1305>
- Pereira, J. C., Paulino, C. L. A., Endres, L., Santana, A. E. G., Pereira, F. R. S., y Souza, R. C. 2019. Allelopathic potential of ethanolic extract and phytochemical analysis of *Paspalum maritimum* trind. *Planta Daninha*, 37:1-12. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100053>
- Pérez-Peralta, P.J; Ferrera-Cerrato, R; Alarcón, A; Trejo-Téllez L.I; Cruz-Ortega, R; Silva-Rojas, y H.V. 2019. Respuesta del simbiosistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y *Rhizobium tropici* CIAT899 ante el efecto alelopático de *Ipomoea purpurea* L. Roth, *Revista Argentina de Microbiología*, 51 (1): 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2018.01.006>.
- Rodríguez, M., Chico, J., y Chávez, O. 2014. Efecto alelopático del extracto acuoso de hojas de *Helianthus annuus* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Setaria unguolata* y *Chenopodium murale*. *Rebiol*, 34(1): 5-12. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/582/544>
- Sampietro, D. 2003. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. *Fitoquímica Instituto de Estudios Vegetales Dr. Antonio .*, 26. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/19-alelopatia.pdf
- Scavo, A., Pandino, G., Restuccia, A., Lombardo, S., Roberto Pesce, G., y Mauromicale, G. 2019. Allelopathic potential of leaf aqueous extracts from *Cynara cardunculus* L. On the seedling growth of two cosmopolitan weed species. *Italian Journal of Agronomy*, 14(2): 78-83. <https://doi.org/10.4081/ija.2019.1373>
- Silva, A. 2013. Efecto alelopático de *Pennisetum ciliare* (L.) Link en la germinación y desarrollo inicial de plantas del desierto Sonorense (Tesis de licenciatura). Universidad de Sonora. <http://repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/1106/1/silvafloradanl.pdf>
- Soni, B., Tseng, T.-M. P., y Yue, Z. 2019. Identification and Quantification of Allelochemicals from Selected Sweet Potato (*I. batatas* L.) Cultivars. *American Journal of Plant Sciences*, 10(12): 2354-2365. <https://doi.org/10.4236/ajps.2019.1012163>
- Torres García, S., Puente Isidró, M., De Cupere, F., Gabriel Puerto Aguiar, M., y Rodríguez García, M. 2003. Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas (Vol. 30). http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V30-Numero_1/cag141031274.pdf
- Torres, G. A. 2021. Cumarinas como fuente de agentes alelopáticos (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma Metropolitana. <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/26348>
- Trujillo Sánchez, A.F. 2008. Determinación de la actividad alelopática de extractos vegetales sobre *Lactuca sativa* (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de Pereira. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/2380e1b9-cd1e-445e-ba97-61cc13c5cdbf/content>
- Zamorano, Carolina, y Fuentes, Cilia L. 2005. Potencial alelopático de *Brassica campestris* subsp. rapa y *Lolium temulentum* sobre tres especies de malezas de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 23(2): 261-268. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652005000200010&lng=en&lng=es