

## Efecto alelopático de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre *Senna uniflora*

Abigail Malerva-Díaz<sup>1</sup>  
Bernardino Candelaria-Martínez<sup>1</sup>  
Norma Laura Rodríguez-Ávila<sup>1§</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Agroecosistemas Sostenibles-Campus Instituto Tecnológico de Chiná-Tecnológico Nacional de México. Calle 11 entre 22 y 28, Centro, Chiná, Campeche, México. CP. 24050. (abigail.tec1@hotmail.com; bernardino.cm@china.tecnm.mx). Tel. 986 8665432.

§Autora para correspondencia: norma.ra@china.tecnm.mx.

### Resumen

La alelopatía es un fenómeno biológico en el que las sustancias químicas liberadas por una especie vegetal influyen directamente sobre el crecimiento y desarrollo de otra; por tanto, las especies alelopáticas pueden ser fuente natural de herbicidas. Se ha demostrado que *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* tienen un efecto inhibitorio sobre plantas y microorganismos. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto supresor de diferentes dosis de extractos crudos de *M. brownei* y *V. dentata* sobre la germinación *in vitro* de una arvense tropical (*Senna uniflora*) y *Raphanus sativus*, una especie altamente sensible a aleloquímicos. Se demostró que los extractos acuosos de frutos de *M. brownei* aplicados a dosis tan bajas como de 0.5% suprimieron la germinación de la arvense *S. uniflora* al 100%. Los extractos etanólicos de ambas especies demostraron un efecto inhibitorio de la germinación de semillas de *S. uniflora* en concentraciones de 8% o superiores. Por otra parte, los extractos acuosos de flores de *V. dentata* fueron los más efectivos en inhibir la germinación de semillas de *R. sativus* al aplicarse en dosis superiores al 15%. De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye que *V. dentata* tiene un fuerte efecto alelopático sobre *S. uniflora* cuando se emplea en extractos etanólicos y acuosos, por lo que puede emplearse como bioherbicida para el control de la arvense en cultivos tropicales.

**Palabras clave:** alelopatía, arvenses, bioherbicidas, extractos naturales.

Recibido: diciembre de 2022

Aceptado: febrero de 2023

## Introducción

En México, la agricultura es una actividad de gran importancia para el desarrollo económico local, nacional e internacional (Macías, 2013). El control de malezas o especies arvenses representa una de las principales problemáticas a resolver con miras a alcanzar mejoras en la producción agrícola mediante la disminución de los costos. En ese sentido, tradicionalmente se han empleado herbicidas que tienen efectos negativos en el medio ambiente, causando afectaciones a la biodiversidad del suelo y a la salud humana (Oliva y Peña, 2004).

Un ejemplo puntual es el uso de glifosato, cuyos residuos como el ácido aminometilfosfónico (AMPA) se acumulan en el suelo y agua, causando bioacumulación en plantas, animales y humanos, dada su alta persistencia en el medio ambiente (Martins-Gomes *et al.*, 2022). Asimismo, se ha comprobado que el herbicida 2,4-D causa graves problemas de salud a los seres humanos, además del efecto ecotoxicológico que presenta sobre la vida acuática y vegetal (Islam *et al.*, 2018). De igual forma, la atrazina presenta una alta toxicidad y se acumula en aguas superficiales y subterráneas (Hansen *et al.*, 2013).

Por su parte el paraquat, otro herbicida ampliamente empleado y cuya forma de acción es como bloqueador de la respiración, causa un alto índice de intoxicación y mortalidad en mamíferos y su persistencia en el ambiente también es prolongada (Hernández *et al.*, 2008; Rojas, 2018). Una alternativa para solventar esta problemática es el desarrollo de productos basados en el uso de especies vegetales que han demostrado poseer efectos supresores sobre el crecimiento y desarrollo de las malezas, a un menor costo para el ambiente (Dousseau *et al.*, 2008; Celis *et al.*, 2009; Oliveira *et al.*, 2015).

Dicho efector inhibidor de una especie vegetal sobre otra, mediada por la interacción con metabolitos secundarios, se conoce como aleopatía; y los metabolitos secundarios que son liberados al medio ambiente por las especies alelopáticas se conocen como aleloquímicos. Un ejemplo de estos son los extractos de hojas y semillas de *Canavalia ensiformis*, cuyo efecto bioherbicida ha sido comprobado sobre *Grandifolia ipomoea* y *G. benghalensis* (Mendes y Rezende, 2014). El efecto alelopático en muchos casos se manifiesta en la inhibición de la germinación, crecimiento de la planta, desarrollo de brotes y la raíz (Sahu y Devkota, 2013).

En los cultivos tropicales, *Senna uniflora* (conocida en algunos lugares de México como ‘Cacahuatillo’) es una especie que se considera arvense en la Península de Yucatán y en otros lugares de México (Francisco, 2018) cuyas semillas tienen la capacidad de entrar en dormancia durante las épocas de sequía, germinar y crecer vigorosamente en el periodo de lluvias (Figueroa y Galeano, 2007). Esta especie tiene una alta presencia en cultivos tropicales como maracuyá (Murrira *et al.*, 2016), maíz, frijol, arroz, caña de azúcar y algodón, café y tabaco (Alipi y Flores, 2013), probablemente debido a su efecto alelopático sobre otras especies de malezas (Swati *et al.*, 2014) por lo que con facilidad se vuelve dominante en los cultivos en los que se presenta, pudiendo incluso inhibir el crecimiento de la especie cultivada.

De acuerdo con lo anterior, resulta un interesante modelo de estudio para probar el efecto de nuevos herbicidas, especialmente los formulados a partir de aleloquímicos. Por otro lado, *Metopium brownei* y *Viguiera dentata*, presentan una amplia distribución en la Península de Yucatán, cuyo potencial alelopático sobre otras plantas o microorganismos ha sido reportado en varios estudios.

Por lo anterior, en este estudio se evaluaron los extractos acuosos y etanólicos preparados a partir de diferentes órganos de ambas especies alelopáticas para conocer sus efectos sobre la germinación de *Senna uniflora*. Lo anterior, con el fin de establecer las bases que posibiliten el desarrollo de un producto bioherbicida inocuo y eficaz para el control de arvenses de la Península de Yucatán.

## Materiales y métodos

Se recolectaron muestras de hojas, frutos, corteza y raíz de árboles de *M. brownei*; así como de hojas, tallos, flores y raíces de arbustos de *V. dentata*. Las colectas fueron realizadas en el rancho experimental Xamantún, del Instituto Tecnológico de Chiná. Las muestras fueron almacenadas en refrigeración hasta su desinfección, empleando una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 10 min. Hecho esto, se enjuagaron con abundante agua estéril y se procedió a su deshidratación a 55 °C en un horno industrial, durante tres días.

El material deshidratado se trituro y maceró por 72 h con etanol absoluto 96% a temperatura ambiente o agua destilada (a 4 °C), a razón de 1:3 v/v (material vegetal/solvente). Posteriormente, se realizó la evaluación de la fitotoxicidad de los extractos embebiendo discos de papel filtro Whatman grado 3 con 1 ml de los extractos a evaluar diluidos para obtener concentraciones de 0.3, 0.5, 1, 2.5, 8, 15 y 20% (Cuadro 1), de forma similar a la técnica reportada por Uribe (2008) para evaluar extractos fitotóxicos en cebolla y soya.

**Cuadro 1. Efecto de los extractos acuosos y etanólicos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de semillas de *Raphanus sativus*.**

Dosis	Mb.Hoja	Mb.Fruto	Mb.Corteza	Mb.Raíz	Vd.Hoja	Vd.Flor	Vd.Tallo	Vd.Raíz
Extracto acuoso								
C-	66.6±47.14 <sup>ab</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>ab</sup>	66.6±47.14 <sup>ab</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>ab</sup>	66.6±47.14 <sup>b</sup>	66.6±47.14 <sup>ab</sup>
C+	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
0.3%	86.6±18.5 <sup>b</sup>	90±14.14 <sup>a</sup>	76.6±14.14 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>	90±8.16 <sup>a</sup>	100±0 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>	80±28.28 <sup>ab</sup>
0.5%	93.3±4.17 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>a</sup>	90±23.57 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>b</sup>	53.3±38.58 <sup>a</sup>	53.3±41.09 <sup>ab</sup>	93.3±9.42 <sup>b</sup>	86.6±18.85 <sup>b</sup>
1%	93.3±9.42 <sup>b</sup>	90±14.14 <sup>a</sup>	93.3±14.14 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>b</sup>	46.6±36.81 <sup>a</sup>	100±0 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>	60±43.2 <sup>ab</sup>
2.5%	90±14.14 <sup>b</sup>	80±28.28 <sup>a</sup>	93.3±28.28 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>b</sup>	86.6±9.42 <sup>a</sup>	90±47.14 <sup>ab</sup>	100±0 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>
8%	86.6±18.85 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>a</sup>	93.3±23.57 <sup>b</sup>	86.6±12.47 <sup>b</sup>	30±21.6 <sup>a</sup>	33.3±14.14 <sup>ab</sup>	93.3±9.42 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>
15%	86.6±18.85 <sup>b</sup>	70±35.59 <sup>a</sup>	93.3±35.59 <sup>b</sup>	86.6±18.85 <sup>b</sup>	16.6±16.99 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	76.6±9.42 <sup>b</sup>	83.3±12.47 <sup>ab</sup>
20%	83.3±23.57 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>a</sup>	90±23.57 <sup>b</sup>	96.6±4.71 <sup>b</sup>	6.6±9.42 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	93.3±9.42 <sup>b</sup>	93.3±9.42 <sup>b</sup>
Extracto etanólico								
C-	66.6±47.14 <sup>abc</sup>	66.6±47.14 <sup>b</sup>	66.6±47.14 <sup>b</sup>	66.6±47.14 <sup>b</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>
C+	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
0.3%	90±14.14 <sup>c</sup>	83.3±9.42 <sup>b</sup>	90±8.16 <sup>b</sup>	96.6±4.71 <sup>b</sup>	40±43.2 <sup>a</sup>	46.6±41.06 <sup>a</sup>	46.6±41.09 <sup>a</sup>	60±43.2 <sup>a</sup>
0.5%	83.3±9.42 <sup>bc</sup>	83.3±9.42 <sup>b</sup>	76.6±20.54 <sup>b</sup>	86.6±12.47 <sup>b</sup>	46.6±41.14 <sup>a</sup>	26.6±37.71 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>	66.6±47.14 <sup>a</sup>
1%	46.6±33.99 <sup>abc</sup>	80±8.16 <sup>b</sup>	83.3±12.47 <sup>b</sup>	76.6±20.54 <sup>b</sup>	33.3±47.14 <sup>a</sup>	36.6±44.96 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>	56.6±41.89 <sup>a</sup>
2.5%	13.3±18.85 <sup>ab</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	3.3±4.71 <sup>a</sup>	6.6±9.42 <sup>a</sup>	3.3±4.71 <sup>a</sup>
8%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
15%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
20%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>

Mb= *Metopium brownei*; Vd= *Viguiera dentata*; C-= control negativo (agua); C+= control positivo (pirocatecol); <sup>a</sup>, <sup>b</sup>, <sup>c</sup>= literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ )

Los solventes fueron previamente removidos de los extractos con el uso de un rotavapor. En los bioensayos, se usaron como especies receptoras, semillas de *Senna uniflora* y *Raphanus sativus*, esta última especie, dada su susceptibilidad a los aleloquímicos (Othman *et al.*, 2012; Rahman *et al.*, 2022). Para ello, las semillas se desinfectaron con una disolución de cloro (10 ml L<sup>-1</sup>) colocándose 10 sobre los discos ya embebidos con las diluciones de extractos.

Los tratamientos estuvieron sujetos a experimentación hasta observar la germinación de todas las semillas en los frascos del control negativo (agua destilada estéril). Como control positivo se empleó pirocatecol (35 mg L<sup>-1</sup>). El efecto fitotóxico se determinó mediante el cálculo del porcentaje de germinación obtenido en cada tratamiento. Los datos se analizaron por Anova de una vía y la prueba de medias de Tukey ( $p= 0.05$ ), usando el software Infostat V. 2017.

## Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se observa que los extractos acuosos y etanólicos de *M. brownei* y *M. brownei* afectaron la germinación de las semillas de *R. sativus*. Este efecto presentó diferentes intensidades de la inhibición de la germinación de las semillas de acuerdo con el tipo de extracto, concentración del extracto y tejido de la planta alelopática en cuestión. Se observó que los extractos acuosos de *V. dentata* obtenidos a partir de hojas, la aplicación de una dosis superior al 8% se tradujo en una inhibición de la germinación de alrededor del 70%.

Así mismo, los extractos obtenidos a partir de flores causaron la inhibición de la germinación de 100% a partir de una dosis de 15%. En general, dichos extractos fueron más efectivos que los obtenidos de los diferentes órganos de *M. brownei*. Con respecto a los extractos etanólicos, los obtenidos a partir de hojas de *M. brownei* condujeron a una inhibición de 100% de la germinación de las semillas de rábano al aplicarlos en dosis desde de 8%, siendo los más efectivos los aislados a partir de frutos, corteza y raíz, aplicados en dosis de 2.5% o superiores.

Por su parte los extractos preparados con hojas de *V. dentata* fueron los más efectivos entre los preparados con el material vegetal de esta especie, inhibiendo la germinación al 100% aplicándolos también a dosis de 2.5% o superiores. Los extractos obtenidos a partir de sus otros órganos alcanzaron la misma efectividad a partir de la dosis de 8%. Por tanto, en general puede establecerse que los etanólicos de ambas especies son efectivos para inhibir la germinación de semillas de rábano al aplicarlos en dosis tan bajas como de 2.5%. Sin embargo, los acuosos y los etanólicos aplicados a dosis bajas, promovieron la germinación (Cuadro 1).

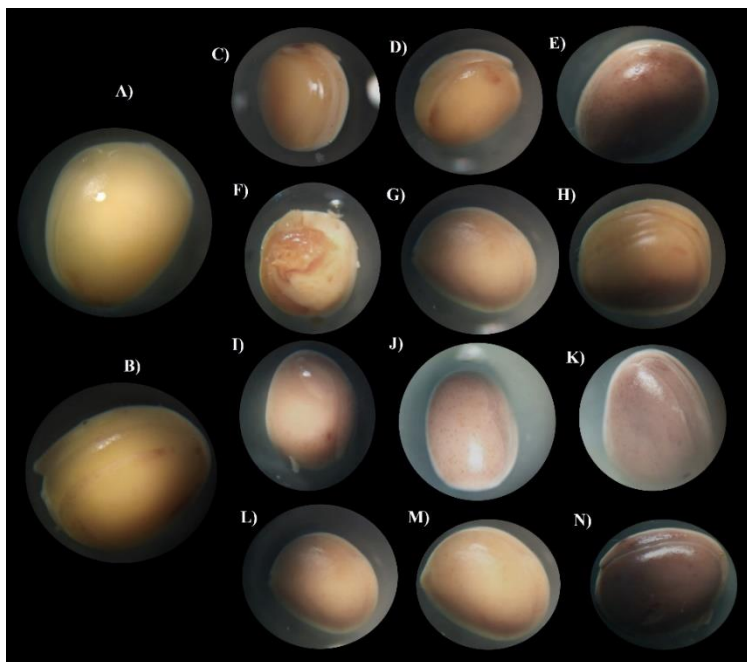
Se han reportado diversos extractos de plantas que han sido evaluados demostrando una efectividad similar a la observada en este estudio. De igual forma, los estudios realizados con extractos acuosos demuestran que pueden inhibir o promover la germinación y desarrollo de plantas, en función de la dosis aplicada. Por ejemplo, los extractos de hojas de 25 plantas leguminosas de Bangladesh inhibieron la germinación y crecimiento de brotes de rábano, confirmandose su actividad alelopática (Rahman *et al.*, 2022), mientras que en contraparte, en otro estudio se demostró que algunas dosis de los extractos de raíces y partes aéreas de *Deverra tridariata* estimularon la germinación y crecimiento vegetativo de *Triticum aestivum* L. (Guetat *et al.*, 2022).

De forma similar, los extractos de *Tectona grandis* L. y *Tagetes erecta* L. inhibieron la germinación de semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.), quimbombó (*Hibiscus sculentus* L.), rábano (*Raphanus sativus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), mientras que estimularon la germinación de frijol

(*Phaseolus vulgaris* L.). De igual forma los extractos acuosos de *Calotropis procera* aplicados en dosis altas (entre 40 y 60%) retrasaron la germinación de semillas de cebada (*Hordeum vulgare* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), fenogreco (*Trigonella foenum graecum* L.) y Alssana (*Senna occidentalis* L. Link) mientras que en dosis más bajas (5%) estimularon el crecimiento de plántulas de pepino, Alssana y fenogreco incluso más que el tratamiento control (Al-Zahrani y Al-Robai, 2007).

Por tanto, es importante tomar en cuenta que los extractos de plantas alelopáticas presentan también sustancias activas capaces de promover la germinación más rápida y uniforme (Carrillo-Martínez *et al.*, 2018). Por ejemplo, las lactonas se han probado como estimuladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas (Aristizábal *et al.*, 2017). Por otro lado, la aplicación de metabolitos secundarios puede inducir a la liberación de compuestos fenólicos implicados en la fisiología de defensa ante el estrés (Hernández y González, 2010).

Dicha acumulación de fenoles se ha detectado en altas cantidades en la vacuola y en las paredes celulares de diversas especies, conduciendo a la oxidación fenólica e inhibición del crecimiento en plantas leñosas (Jácome y Rojas 2017). Efectos similares de fenolización se observaron en este estudio en las semillas de *R. sativus* tratadas con los extractos orgánicos obtenidos a partir de los órganos vegetales de *M. brownei*, tales como el de hojas (1E), corteza (1H) y raíz (1N) aplicados al 20% (Figura 1). Es posible atribuir a este fenómeno los bajos porcentajes de germinación observados.



**Figura 1.** Efecto de los extractos etanólicos de *Metopium brownei* sobre las semillas de *Raphanus sativus*. A) control; B) control+; C) extracto de hojas al 8%; D) extracto de hojas al 15%; E) extracto de hojas al 20%; F) extracto de corteza al 8%; G) extracto de corteza al 15%; H) extracto de corteza al 20%; I) extracto de frutos al 8%; J) extracto de frutos al 15%; K) extracto de frutos al 20%; L) extracto de raíz al 8%; M) extracto de raíz al 15%; y N) extracto de raíz al 20%.

En la región de estudio, *V. dentata* es una herbácea cuya biomasa no es aprovechada y una vez que ha pasado su etapa de floración, termina desecándose y perdiéndose en los ambientes en los que se presenta. De acuerdo con los resultados obtenidos de los bioensayos con semillas de rábano, los extractos etanólicos preparados a partir de hojas de dicha especie se postulan como una buena alternativa bioherbicida, dada su alta efectividad y que en biomasa las hojas superan a los restantes órganos vegetales, lo que facilitaría la elaboración de un producto de aplicación en la agricultura sustentable.

Con base en lo anterior, se propuso evaluar la fitotoxicidad de los extractos sobre semillas de la arvense *S. uniflora*. En el Cuadro 2 se puede observar que los extractos de hojas de *M. brownei* tuvieron los mejores efectos en la inhibición de la germinación de esta arvense. En específico, los extractos acuosos de sus frutos inhibieron al 100% la germinación de *S. uniflora* a partir de la concentración de 0.5 hasta de 20%. En los valores de germinación obtenidos de la aplicación de extractos acuosos de corteza y raíz no hubo diferencias significativas, aunque cabe mencionar que la germinación fue menor a la obtenida en el control negativo (agua).

**Cuadro 2. Efecto de extractos acuosos y etanólicos de *Metopium brownei* y *Viguiera* sobre la germinación de semillas de *Senna uniflora*.**

Dosis	Mb.Hoja	Mb.Fruto	Mb.Corteza	Mb.Raíz	Vd.Hoja	Vd.Flor	Vd.Tallo	Vd.Raíz
Extracto acuoso								
C-	67±33.99 <sup>a</sup>	67±33.99 <sup>b</sup>	67±33.99 <sup>a</sup>	67±33.99 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>
C+	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
0.3%	20±28.28 <sup>a</sup>	90±14.14 <sup>b</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>	30±42.42 <sup>a</sup>	40±43.2 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	60±43.2 <sup>a</sup>	16±23.57 <sup>a</sup>
0.5 %	13±18.85 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	40±44.96 <sup>a</sup>	53±41.09 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>
1%	16±23.57 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	37±44.96 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	40±43.2 <sup>a</sup>
2.5%	20±28.28 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	73±42.42 <sup>a</sup>	3±4.71 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>
8%	7±9.42 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	26±37.71 <sup>a</sup>	26±37.71 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	52±41.09 <sup>a</sup>	3±4.71 <sup>a</sup>	3±4.71 <sup>a</sup>
15%	20±28.28 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	58±43.20 <sup>a</sup>	26±37.71 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>
20%	20±28.28 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	41±44.96 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>
Extracto etanólico								
C-	67±33.99 <sup>b</sup>	67±33.99 <sup>a</sup>	67±33.99 <sup>b</sup>	67±33.99 <sup>b</sup>	67±35.59 <sup>b</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>	67±35.59 <sup>a</sup>
C+	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
0.3%	16.67±23.57 <sup>ab</sup>	16.67±23.57 <sup>a</sup>	6.67±9.42 <sup>a</sup>	43.33±41.89 <sup>a</sup>	13.33±18.85 <sup>a</sup>	63.33±41.89 <sup>a</sup>	63.33±41.89 <sup>a</sup>	43.33±41.89 <sup>a</sup>
0.5%	16.67±23.57 <sup>ab</sup>	23.33±33.99 <sup>a</sup>	10±14.14	33.33±47.14 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>	30±43.2 <sup>a</sup>	30±41.89 <sup>a</sup>	33.33±47.14 <sup>a</sup>
1%	0±0 <sup>a</sup>	23.33±33.99 <sup>a</sup>	13.33±18.85 <sup>a</sup>	30±18.85 <sup>a</sup>	6.67±9.42 <sup>a</sup>	53.33±43.2 <sup>a</sup>	53.33±47.14 <sup>a</sup>	30±42.42 <sup>a</sup>
2.5	0±0 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	10±14.42 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	28±28.28 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>
8%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	6.67±9.42 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
15%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	3.33±4.71 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
20%	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>

Mb= *Metopium brownei*; Vd= *Viguiera dentata*; C-= control negativo (agua); C+= control positivo (pirocatecol); <sup>a, b</sup>= literales diferentes en la misma columna indican diferencia estadística significativa (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Los extractos de hojas de *M. brownei* tuvieron un mayor efecto sobre la inhibición de la germinación. En específico, los extractos acuosos de frutos inhibieron al 100% a partir de la concentración de 0.5%. En los valores de germinación obtenidos de la aplicación de extractos acuosos de corteza y raíz no hubo diferencias significativas.

Con los extractos acuosos de *V. dentata* obtenidos a partir de hojas, se obtuvo el menor porcentaje de germinación al compararla con los extractos obtenidos a partir de sus otros órganos y en general, fueron menos efectivos que los extractos acuosos de *M. brownei*. Con respecto a los extractos etanólicos, los obtenidos a partir de hojas de *M. brownei* condujeron a una inhibición de 100% de la germinación de *S. uniflora* a partir de la concentración de 1%. De forma similar, los extractos etanólicos de *V. dentata* fueron más eficientes en controlar la germinación de la gramínea que los acuosos obtenidos de la misma especie.

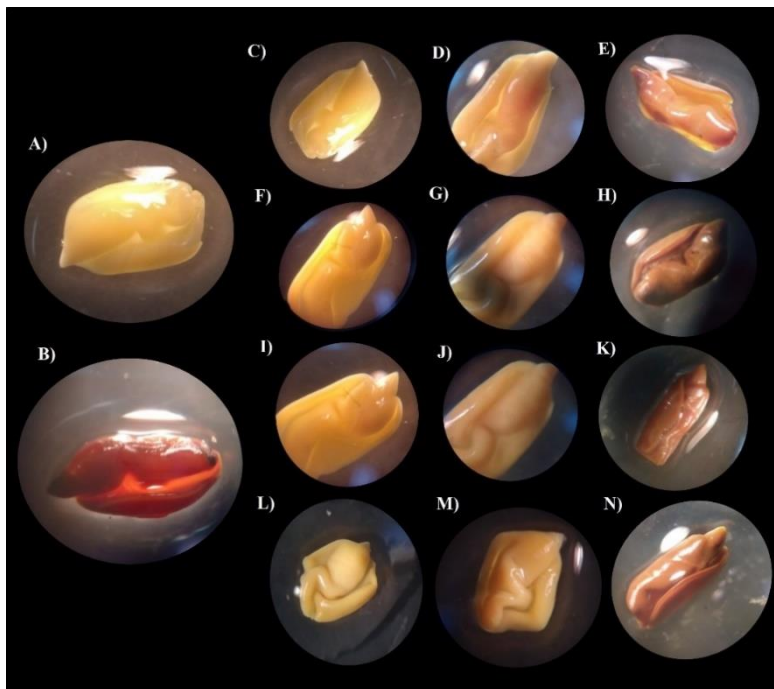
De esta forma, dosis por encima de 8% condujeron a una inhibición 100%, en especial al emplear los extractos preparados con raíces, tallos y flores de *V. dentata*. Es importante destacar que a pesar de que con algunos tratamientos se observaron altos porcentajes de germinación, éstos en todos los casos se mantuvieron por debajo de los valores observados en el control negativo (agua). De forma tal que, aunque en algunos casos el efecto supresor fue leve, todos los extractos evaluados tuvieron un efecto negativo sobre la germinación de *S. uniflora*.

Los extractos de diversas especies evaluados en otros estudios demuestran una efectividad menor a la observada con los extractos evaluados en este estudio. Por ejemplo, los extractos acuosos de *Azadirachta indica* A. Juss, *Murraya koenigii* (Linn.) Spreng y *Paederia foetida* Linn empleados a dosis de 10% sobre *Vigna radiata* (L.) Wilczek demostraron una baja eficiencia supresora, observándose una germinación de 73.3%, al aplicarlos a razón de 5% hubo una germinación de 80% y al aplicarlos en dosis 1% se presentó una germinación 86.7%.

Por otro lado, los extractos de *Paederia foetida*, con la concentración del 10% se obtuvo una germinación de 76.7% mientras que con la concentración de 5% se obtuvo un alto porcentaje de germinación, de 93.3% y con la concentración de 1% hubo 96.7% de germinación (Kakati y Baruah, 2013). Algunos autores resaltan que la actividad inhibitoria de los extractos alelopáticos depende de las concentraciones de extracto utilizadas; además influyen las especies de plantas donadoras y receptoras.

Es posible obtener incluso un efecto positivo en la germinación y crecimiento de las plantas, de forma similar al comportamiento observado en algunas de las concentraciones más altas evaluadas en este trabajo. Por ejemplo, en un estudio en el que se evaluaron extractos acuosos de *Ruta graveolens*, *Baccharis alnifolia* y *Caesalpinia spinosa* en la germinación de *Chenopodium album*, *Amaranthus hybridus* y *Brassica rapa* subsp. Se encontró que los obtenidos a partir de raíces de *R. graveolens* estimularon la germinación de *B. rapa* (Calderón, 2018).

De forma similar, los extractos acuosos aislados a partir de flores de *V. dentata* en dosis de 2.5% parecen estar promoviendo la germinación de *S. uniflora*. En la Figura 2 se presentan los efectos producidos por los extractos etanólicos de *M. brownei*. En general, se observa necrosis de las semillas, comprobándose el efecto letal de todos los tratamientos a partir de la dilución al 8%. Un efecto similar se observa en la semilla tratada con el pirocatecol (2B).



**Figura 2.** Semillas de *S. uniflora* después de ser sometidas a distintas dosis de *M. brownei*. A) control-; B) control+; C) extracto de hojas al 8%; D) extracto de hojas al 15%; E) extracto de hojas al 20%; F) extracto de flores al 8%; G) extracto de flores al 15%; H) extracto de flores al 20%; I) extracto de corteza al 8%; J) extracto de corteza al 15%; K) extracto de corteza al 20%; L) extracto de raíz al 8%; M) extracto de raíz al 15%; y N) extracto de raíz al 20%.

Finalmente, en la Figura 3 se presentan los efectos producidos por los extractos etanólicos de *M. brownei* en el desarrollo inicial de plántulas de *Senna uniflora*. En general, se observan puntos de necrosis en las hojas y tallo, clorosis e inhibición de la raíz.



**Figura 3.** Semillas de *Senna uniflora* después de ser sometidas a distintas dosis de extractos etanólicos de *M. brownei*. A) semilla fenolizada, producto del tratamiento con extracto de hojas al 1%; B) plántulas derivadas del tratamiento con extracto de frutos al 1%; C) plántulas derivadas del tratamiento con extracto de frutos al 2.5%; y D) plántula fenolizada, derivada del tratamiento con extracto de corteza al 1%.



## Conclusiones

Los extractos acuosos y etanólicos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* presentan efecto alelopático responsable de la inhibición de la germinación de semillas de la arvense tropical *Senna uniflora* y *Raphanus sativus*. La especie *M. brownei* presenta un efecto inhibitorio superior cuando se emplean frutos para la obtención de los extractos, mientras que *V. dentata* fue más eficiente cuando se emplearon hojas para la obtención de los extractos. Ambas especies tienen potencial para utilizarse como bioherbicidas en cultivos tropicales.

## Agradecimientos

Al Tecnológico Nacional de México por los recursos otorgados para el desarrollo del presente proyecto de investigación (6380.19-P).

## Literatura citada

- Alipi, A. M. H. y Flores, R. E. G. 2013. Costa norte de Nayarit, indicios de la vegetación que una vez fue. *Rev. Fue. Nue. Épo.* 4(12):23-36.
- Al-Zahrani, H. S. and Al-Robai, S. A. 2007. Allelopathic effect of *Calotropis procera* leaves extract on seed germination of some plants. *Science.* 19(1):115-126.
- Aristizábal, L. S. R.; Ortíz, A. M. M.; Bedoya, J. G. M. y Jiménez-González, F. J. 2017. Evaluación de la actividad alelopática del extracto en acetato de etilo de *Miconia caudata* (Bonpl.) dc. *Rev. Fac. Cienc. Básic.* 13(2):100-104.
- Calderon-Fernandez, A. R. 2018. Efecto alelopático de *Ruta graveolens*, *Baccharis alnifolia* y *Caesalpinia spinosa* en la germinación de semillas de *Chenopodium album*, *Amaranthus hybridus*, *Brassica rapa* subsp. *campestris* y *Brassica oleracea* var. *italica* en la región de Arequipa-Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Biológicas. Tesis de Maestría. 79-80 pp.
- Carrillo-Martínez, E. J.; Santana-Bejarano, M. B.; Zañudo-Hernández, J. y Hernández-Herrera, R. M. 2018. Imbibición de semillas de frijol mungo (*V. radiata*) en extractos del alga marina (*U. lactuca*) y su efecto de la sobre el crecimiento de las plántulas. *e-CUCBA.* 9(1):35-41.
- Celis, Á.; Mendoza, C. F. y Pachón, M. E. 2009. Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses: revisión. *Temas Agrarios.* 14(1):5-16.
- Dousseau, S.; Alvarenga, A. A. D.; Arantes, L. D. O.; Oliveira, D. M. D. and Nery, F. C. 2008. Germination of *Plantago tomentosa* Lam. Seeds: influence of the temperature, light and substrate. *Ciência e Agrotecnologia.* 32(2):438-443.
- Figueroa-C, Y. y Galeano, G. 2007. Lista comentada de las plantas vasculares del enclave seco interandino de la tatacoa (Huila, Colombia). *Caldasia.* 29(2):263-281.
- Francisco-Martínez, F. 2018. Conocimiento tradicional, comportamiento productivo y nutritivo de especies leguminosas forrajeras nativas en Tecmatlán, Puebla. Tesis de maestría. 46-51 pp.
- Guetat, A.; Abdelwahab, A. T.; Yahia, Y.; Rhimi, W.; Alzahrani, A. K.; Boulila, A.; Cafarchia, C. y Boussaid, M. 2022. *Deverra triradiata* Hochst. ex Boiss. from the Northern Region of Saudi Arabia: essential oil profiling, *Plant Extracts Biol. Activ. Plants.* 11(12):1543.

- Hansen, A. M.; Quintanilla, L. G. T.; Pacheco, H. M.; Canela, M. V.; Márquez, L. C. G.; Garcés, R. A. G. y Antonio, A. H. 2013. Atrazina: un herbicida polémico. *Rev. Internac. Contamin. Amb.* 29(1):65-84.
- Hernández, J.; Contreras, Z. E. y Zuluaga, M. S. X. 2008. Intoxicación por paraquat: descripción de un caso clínico. *Acta Toxicológica Argentina.* 16(1):5-8.
- Hernández, Y. y González, M. E. 2010. Efectos de la contaminación microbiana y oxidación fenólica en el establecimiento *in vitro* de frutales perennes. *Cultivos tropicales.* 31(4):00-00.
- Islam, F.; Wang, J.; Farooq, M. A.; Khan, M. S.; Xu, L.; Zhu, J.; Zhao, M.; Muños, S.; Li, Q. X. and Zhou, W. 2018. Potential impact of the herbicide 2, 4 dichlorophenoxyacetic acid on human and ecosystems. *Environ. Inter.* 111(1):332-351.
- Jácome-Gómez, J. D. y Rojas-Aimacaña, D. A. 2017. Establecimiento del cultivo *in vitro* de *Gaiadendron punctatum* (Ruiz y Pav.) G. Don, a partir de yemas y semillas, recolectadas en el cantón mejía. BS tesis. 15-19.
- Kakati, B. and Baruah, A. 2013. Allelopathic effect of aqueous extract of some medicinal plants on seed germination and seedling length of mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek.). *Indian J. Plant Sci.* 2(3):8-11
- Macías, A. M. 2013. Pequeños agricultores y nueva ruralidad en el occidente de México. *Cuadernos de Desarrollo Rural.* 10(71):187-207.
- Martins-Gomes, C.; Silva, T. L.; Andreani, T. y Silva, A. M. 2022. Exposición a herbicidas a base de glifosato vs glifosato: una revisión sobre su toxicidad. *Rev. Xenobióticos.* 12(1):21-40.
- Mendes, I. D. S. and Rezende, M. O. O. 2014. Assessment of the allelopathic effect of leaf and seed extracts of *Canavalia ensiformis* as postemergent bioherbicides: a green alternative for sustainable agriculture. *J. Environ. Sci. Health, part B.* 49(5):374-380.
- Muraira, I. G. L.; Cervantes, I.; Ocampo, E.; Díaz, D. y Nava, C. 2016. Agroecología de la maleza en el cultivo de caña en cuatro municipios de Jalisco, México. *Ciencia de la maleza.* 22-25 pp.
- Oliva, C. y Peña, D. 2004. Agricultura orgánica: ¿una alternativa para el desarrollo rural sostenible en la región de coquimbo? Ed. CEDEM. Santiago, Chile. 133 p.
- Oliveira, J. S.; Peixoto, C. P.; Poelking, V. G. C. and Almeida, A. T. 2015. Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiariabrizanthae* *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. *Rev. Brasileira de Plantas Medicinai.* 17(3):379-384.
- Othman, M. R.; Leong, S. T.; Bakar, B. B.; Awang, K. and Annuar, M. S. M. 2012. Allelopathic potentials of *Cuscuta campestris* yuncker extracts on germination and growth of radish (*Raphanus sativus* L.) and lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Agric. Sci.* 4(9):57-63.
- Rahman, M. A.; Kheya, S. A.; Hasan, A. K; Anwar, M. P. y Islam, A. K. M. M. 2022. Evaluación del potencial alelopático de extractos de hojas de leguminosas seleccionadas sobre el crecimiento de plántulas de *Raphanus sativus*. *Agricultura Fundamental y Aplicada.* 7(3):216-225.
- Rojas, M. M. 2018. Consecuencias ambientales y riesgos para la salud causados por el plaguicida paraquat en costa rica. *Pensamiento Actual.* 18(30):56-66.

- Sahu, A. and Devkota, A. 2013. Allelopathic effects of aqueous extract of leaves of *Mikania micrantha* HBK on seed germination and seedling growth of *Oryza sativa* L. and *Raphanus sativus* L. *Scientific World*. 11(11):91-93.
- Swati, V.; Thengane, R. J. and Ghole, V. S. 2014. Allelopathic effects of *Cassia tora* and *Cassia uniflora* on *Parthenium hysterophorus* L. *J. Medicinal Pl. Res.* 8(4):194-196.
- Uribe-Hernández, R. 2008. Ensayo de Inhibición de la germinación y del alargamiento radicular en semillas de cebolla *Allium cepa* y soya *Glycine max*. In: Ramírez, R.; Mendoza, P. y Cantú, A. Libro ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México. México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 285-289 pp.