

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ

## TESIS

**Efecto de la fitotoxicidad de extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de arvenses**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES**

**PRESENTA**

**Abigail Malerva Diaz**

**Chiná, Campeche, México a mayo de 2022**



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520 Chiná, Campeche. Tel. (981) 82-72052 y 82-72082  
e-mail: [dir\\_china@tecnm.mx](mailto:dir_china@tecnm.mx) | [tecnm.mx](http://tecnm.mx) | [china.tecnm.mx](http://china.tecnm.mx)





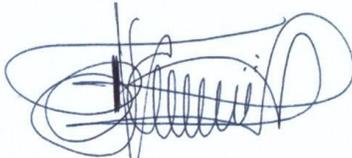
División de Estudios de Posgrado e Investigación  
Chiná, Campeche, **03/mayo/2022**  
OFICIO: **Tesis MCAGS-13**  
ASUNTO: **Aprobación**

**C. ABIGAIL MALERVA DÍAZ**  
PRESENTE

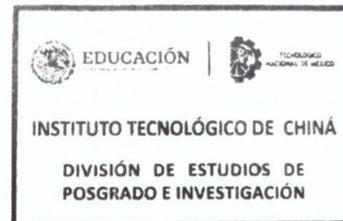
El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sínodo del trabajo de tesis denominado “Efecto de la fitotoxicidad de extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de arvenses”. Es aprobado como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles.

Sin más por momento le envió un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
*Excelencia en Educación Tecnológica*  
*Aprender Produciendo*



**JOSÉ JAVIER PERALTA COSGAYA**  
DIRECTOR  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ



JJPC/MGRA/JFMP



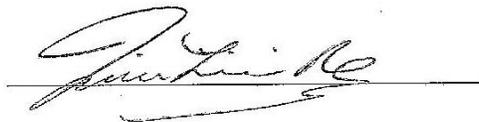
Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520 Chiná, Campeche. Tel. (981) 82-72052 y 82-72082  
e-mail: [dir\\_china@tecnm.mx](mailto:dir_china@tecnm.mx) [tecnm.mx](http://tecnm.mx) | [china.tecnm.mx](http://china.tecnm.mx)



## COMITÉ REVISOR

Este trabajo fue revisado y aprobado por este Comité y presentado por la C. Abigail Malerva Díaz como requisito parcial para obtener el Grado de Maestra en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles el día 03 de mayo del año 2022 en Chiná Campeche.

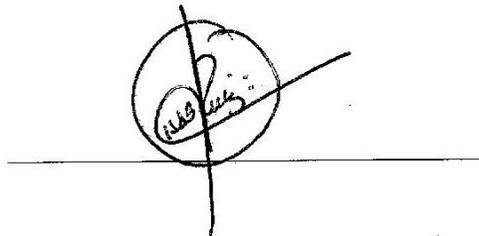
Dra. Norma Laura Rodríguez Ávila  
Presidente



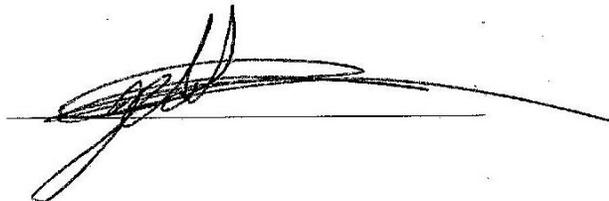
Dr. Bernardino Candelaria Martínez  
Secretario



MC. Antonio Olegario Chab Ruiz  
Vocal



Vocal suplente  
M.A.P.T. Jesús Froylán Martínez Puc



## DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en el presente documento deriva de los estudios realizados para alcanzar los objetivos planteados en mi trabajo de tesis, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Chiná. De acuerdo a lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná. Por otra parte, de acuerdo a lo manifestado, reconozco de igual manera que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de la información generada en el desarrollo del presente estudio, le pertenecen patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná de manera que si se derivasen de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.

Firma: \_\_\_\_\_



**Abigail Malerva Diaz**

## RESUMEN

La alelopatía es un fenómeno biológico-ecológico, que tiene una fuerte influencia en la estructura de las comunidades vegetales. Las plantas contienen metabolitos secundarios que funcionan como antagonistas de otras especies, denominados aleloquímicos. Dichos compuestos naturales fitotóxicos resultan de gran interés para la agricultura sostenible, pudiendo reemplazar a los herbicidas de síntesis química de alta residualidad y toxicidad.

Con base a lo anterior, en el presente estudio se analizaron los extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata*, dos especies cuyo potencial fitotóxico es sugerido a través de las interacciones ecológicas que presentan, dominando los ambientes en los que se encuentran. En primer lugar, se obtuvieron extractos crudos de diferentes órganos de las dos especies por el método de destilación por arraste de vapor y empleando distintos solventes orgánicos. Dichos extractos fueron caracterizados cualitativamente por tamizaje fitoquímico para posteriormente ser evaluado su papel en la inhibición de la germinación de semillas de tres especies arvenses.

Los resultados obtenidos demuestran que los extractos etanólicos obtenidos a partir de hojas para ambas especies contienen un mayor número de metabolitos secundarios descritos como aleloquímicos. Por otro lado, se encontró evidencia del efecto alelopático de dichos extractos, inhibiendo la germinación de semillas de las arvenses evaluadas. En particular, la máxima efectividad se encontró con el extracto de *M. brownei* aplicado al 1%, inhibiendo el 100% de la germinación de semillas de *S. uniflora*; mientras que para *Macroptilium atropurpureum* el extracto de *V. dentata* resultó efectivo al aplicarse al 20%. De forma similar, todos los extractos etanólicos preparados a partir de ambas especies fueron efectivos contra *Ballota nigra*, a dosis superiores al 2.5%. Por tanto, es posible postular a ambas especies como fuentes potenciales de bioherbicidas útiles para el manejo de agroecosistemas del trópico.

**Palabras clave:** Alelopatía, arvenses, extractos crudos, bioherbicida.

## ABSTRACT

Allelopathy is a biological-ecological phenomenon, which has a strong influence on the structure of plant communities. Plants contain secondary metabolites that function as antagonists to other species, called allelochemicals. These phytotoxic natural compounds are of great interest for sustainable agriculture, as they can replace chemically synthesized herbicides with high residuality and toxicity.

Based on the above, in the present study the crude extracts of *Metopium brownei* and *Viguiera dentata* were analyzed, two species whose phytotoxic potential is suggested through the ecological interactions they present, dominating the environments in which they are found. In the first place, crude extracts of different organs of the two species were obtained by the steam distillation method and using different organic solvents. These extracts were qualitatively characterized by phytochemical screening to subsequently evaluate their role in inhibiting seed germination of three weed species.

The results obtained demonstrate that the ethanolic extracts obtained from leaves for both species contain a greater number of secondary metabolites described as allelochemicals. On the other hand, evidence of the allelopathic effect of these extracts was found, inhibiting the germination of seeds of the evaluated weeds. In particular, the maximum effectiveness was found with the extract of *M. brownei* applied at 1%, inhibiting 100% of the germination of *S. uniflora* seeds; while for *Macroptilium atropurpureum* the extract of *V. dentata* was effective when applied at 20%. Similarly, all the ethanolic extracts prepared from both species were effective against *Ballota nigra*, at doses higher than 2.5%. Therefore, it is possible to postulate both species as potential sources of useful bioherbicides for the management of agroecosystems in the tropics.

**Keywords:** Allelopathy, weeds, crude extracts, bioherbicide.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a CONACYT por la beca otorgada, con la que pude financiar mi estancia y manutención en la ciudad de Campeche para el desarrollo de este trabajo. También a la Fundación Pablo García por el financiamiento otorgado al inicio de mis estudios. De igual forma agradezco al Tecnológico Nacional de México, por el financiamiento otorgado para el desarrollo de este proyecto de investigación (proyecto 6380.19-P), que además de resultarme muy interesante, establece las bases para futuras investigaciones del equipo de trabajo. Gracias por el apoyo a mis asesores de tesis, por su apoyo incondicional y por el conocimiento compartido, apoyándome para poder cumplir mi sueño y llegar a mi meta. Gracias a ese esfuerzo tuvimos la posibilidad de participar en tres congresos nacionales en el que se presentaron los resultados obtenidos a través del desarrollo de este trabajo de investigación

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi padre celestial, por el amor infinito que me tiene y no abandonarme. Porque siempre camina a mi lado. Gracias Señor por guiarme siempre y darme la inteligencia y sabiduría. Este trabajo se lo dedico a la mujer más hermosa de todas que ha sido madre, padre, hermana y sobre todo una amiga; la que siempre ha estado en los momentos mas difíciles de mi vida y la que siempre tiene una palabra de aliento cuando siento que ya no puedo más, apoyándome siempre incondicionalmente. También se le dedico a una persona muy especial que no es mi padre de sangre, pero es como si lo fuera por sus consejos y apoyo: Martín Gabriel Chan Palomo. Dedico este trabajo también a mis hermanas, que siempre me animaron para poder continuar con este sueño y a mi mejor amiga, Jaquelin Morán, que estuvo en los momentos mas difíciles, apoyándome y dándome ánimos. Y a todas las personas que no menciono, pero que estuvieron a mi lado en este trayecto de mi vida, les dedico también este trabajo; por sus buenas vibras y palabras de aliento.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. JUSTIFICACIÓN .....	4
4. HIPÓTESIS .....	5
5. OBJETIVOS.....	6
5.1 Objetivo general .....	6
5.2 Objetivos específicos .....	6
7. CAPÍTULOS .....	9
7.1 Efecto alelopático de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre <i>Senna uniflora</i> * .....	9
Cuadro 1. Efecto de los extractos acuosos y etanólicos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre la germinación de semillas de <i>Raphanus sativus</i> . .....	14
Figura 1. Efecto de los extractos etanólicos de <i>Metopium brownei</i> sobre las semillas de <i>Raphanus sativus</i> .....	15
Cuadro 2. Efecto de extractos acuosos y etanólicos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre la germinación de semillas de <i>Senna uniflora</i> .....	17
Figura 2. Semillas de <i>Senna uniflora</i> después de ser sometidas a distintas dosis de <i>M. brownei</i> .....	20
Figura 3. Semillas de <i>Senna uniflora</i> después de ser sometidas a distintas dosis de extractos etanólicos de <i>M. brownei</i> .....	21
7.2 Caracterización fitoquímica de extractos orgánicos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> .....	25
Tabla 1 Procedimiento empleado para la identificación de metabolitos secundarios .....	32
Tabla 2. Identificación de metabolitos secundarios de <i>Metopium brownei</i> con diferentes solventes.....	35
Tabla 3. Cantidad de metabolitos encontrados en el tamizaje fitoquímico de <i>Metopium brownei</i> con diferentes solventes.....	36
Tabla 4. Identificación de metabolitos secundarios de <i>Viguiera dentata</i> con diferentes solventes.....	37
Tabla 5. Cantidad de metabolitos encontrados en el tamizaje fitoquímico de <i>Viguiera dentata</i> con diferentes solventes.....	39
7.3 Potencial fitotóxico de extractos crudos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre la germinación de <i>Macroptilium atropurpureum</i> y <i>Ballota nigra</i> .....	46
Tabla 1. Efecto alelopático de los extractos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre la germinación de <i>Macroptilium atropurpureum</i> .....	52
Figura 1. Efectos de los extractos acuosos de <i>V. dentata</i> en el desarrollo inicial de <i>Macroptilium atropurpureum</i> . .....	54

<b>Tabla 2.</b> Efecto alelopático de los extractos de <i>Metopium brownei</i> y <i>Viguiera dentata</i> sobre la germinación de <i>Ballota nigra</i> .....	55
<b>Figura 2.</b> Efectos producidos por extractos etanólico de diferentes concentraciones de <i>M. brownei</i> en la germinación de <i>B. nigra</i> .....	56
<b>8. CONCLUSIÓN</b> .....	60
<b>9. ANEXOS</b> .....	61

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre los principales retos de la agricultura, se encuentra el control de malezas. Las especies arvenses afectan la producción agrícola al establecerse en los terrenos cultivados de forma indeseada, interactuando con las especies cultivadas afectando su crecimiento y productividad.

En general, para el control de arvenses se usan compuestos químicos que son nocivos para el medio ambiente debido a que contaminan las aguas y el suelo, con alta persistencia y toxicidad (Krautmann et al., 2001). Adicionalmente, provocan un desequilibrio ecológico, debido a la eliminación de microorganismos benéficos (Bettioli, 2009).

Las plantas producen metabolitos secundarios de aplicación en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Pérez-Alonso & Jiménez, 2011). Se ha descrito que dichas sustancias no contaminan al medio ambiente y pueden controlar de forma efectiva el establecimiento de otras especies, por el fenómeno conocido como alelopatía (Álvarez et al., 2013). La alelopatía, al afectar el crecimiento y desarrollo de otras plantas, en la dominancia y diversidad de especies (Blanco, 2006).

Existe una gran diversidad de aleloquímicos, entre los que se destacan los fenoles, terpenos, alcaloides, lactonas y taninos, por mencionar algunos. Estos compuestos al liberarse al medio ambiente, provocan la inhibición de la germinación y/o crecimiento de especies distintas a la que los produce. Un mecanismo de liberación muy frecuente en las especies alelopáticas es la exudación por las raíces (Zamorano y Fuentes, 2005).

Se ha reportado el efecto de alelopático de extractos acuosos y orgánicos de diversas especies, como los obtenidos a partir de *Amaranthus dubius*, *Echinochloa* sp. y *Trianthema portulacastrum* que inhibieron el porcentaje de germinación y la longitud radical de especies cultivables tales como cebolla, pepino, lechuga, tomate y arroz (Celis et al., 2009). En otro estudio se evaluó el efecto alelopático de extractos etanólicos de *Swinglia glutinosa* y *Piper aduncum*, empleando diferentes concentraciones de dichos extractos sobre semillas de cinco arvenses, observándose inhibición de la germinación en todas las especies estudiadas; de igual

forma, se demostró el efecto fitotóxico de dichos extractos en las arvenses germinadas (Celis et al., 2009).

En la península de Yucatán existen diversas especies que dada su abundancia, comportamiento biológico e interacciones con otras especies, resultan de interés dado su potencial alelopático. En ese sentido, *Metopium brownei* es un árbol abundante en las selvas de la península de Yucatán, que produce exudados y lixiviados ricos en urushioles. Existe un estudio en el que se reportaron los efectos alelopáticos de los extractos de *M. brownei* sobre la germinación de dos especies de plantas arvenses y hongos fitopatógenos (Anaya et al., 1999). Además, se ha reportado que los metabolitos bioactivos presentes en sus exudados radiculares favorecen la descomposición de la materia orgánica (Anaya, 2001). El tajonal (*Viguiera dentata*) es una planta silvestre herbácea que crece hasta 2.5 metros de altura y es común en muchos estados de la República Mexicana, Centroamérica y el sur de los Estados Unidos. Se le considera como una especie altamente invasiva, creciendo principalmente en vegetación secundaria en sitios perturbados, impidiendo el crecimiento de otras especies en donde se encuentra establecida. Se ha reportado que los extractos vegetales de esta especie tienen potencial antimicrobiano (Telma, 2017; Canales et al., 2008) y que el abono verde preparado con sus hojas inhibe la germinación de semillas de arvenses (Anaya, 1999).

De acuerdo a lo anterior, el presente trabajo se propuso como objetivo principal estudiar la composición cualitativa de metabolitos de extractos orgánicos crudos de *M. brownei* y *V. dentata* así como evaluar en bioensayos *in vitro* el efecto fitotóxico de dichos extractos obtenidos a partir de distintos órganos vegetales de dos especies nativas de la península de Yucatán con potencial alelopático.

## 2. ANTECEDENTES

En los últimos años, como producto del deterioro de medio ambiente por el uso de herbicidas de síntesis química para el control de arvenses en cultivos de interés económico, se ha iniciado una línea de investigación enfocada a la búsqueda de productos inocuos y amigables con el medio ambiente.

Así, la agricultura sostenible busca tener cultivos libres de químicos, siendo una alternativa los extractos naturales con metabolitos aleloquímicos y poder bioherbicida, que actualmente están siendo probados en laboratorio (Battacharyya et al., 2015) Estos productos naturales son biodegradables y de nula toxicidad en alimentos de origen animal y vegetal (Preston et al., 2006; Collins, 1993)

En este sentido Avila *et al.* (2007) demostraron que el eucalipto (*Eucalyptus obliqua*) fue capaz de inhibir la germinación y desarrollo de gramíneas tales como maíz (*Zea mays*) sorgo (*Sorghum vulgare*) y arroz (*Oriza sativa*). Sin embargo, también se ha demostrado que algunas gramíneas pueden tener un efecto estimulante cuando son tratadas con extractos acuosos de plantas alelopáticas (Layne-Garsaball y Méndez-Natera, 2006).

De igual forma, los extractos de especies arvenses pueden ser buenos biocontroladores de otras arvenses. Por ejemplo, se ha comprobado que los extractos de *Convolvulus arvensis* L y *Ammi visnaga* L. son eficientes para el control de malezas en cultivos de trigo, sin afectar su productividad (Khan,2015).

Con base en lo anterior, la investigación del potencial alelopático de especies locales resulta una buena opción para el desarrollo de productos bioherbicidas eficaces para el control de malezas características de la región.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Se denominan malezas o especies arvenses a aquellas especies que crecen de forma indeseable, en especial en los sitios de cultivo. El control de malezas representa una inversión económica importante para los productores, gasto que resulta imposible eludir ya que afectan a las especies cultivadas al competir con éstas por agua, nutrientes y luz, afectando su crecimiento y desarrollo.

Los herbicidas de síntesis química, aunque son efectivos para el control de malezas, causan efectos adversos al ser humano y al medio ambiente a largo plazo. Lo anterior, dada su alta toxicidad y residualidad, la bioacumulación y biomagnificación que se presenta a través de las redes tróficas.

Algunas especies de plantas producen metabolitos secundarios que resultan ser fitotóxicos para las especies que intentan establecerse en su entorno, dominando en los ambientes que se presentan. Dichas sustancias se conocen como aleloquímicos y a sus efectos sobre las otras especies, alelopatía.

Con base en lo anterior, las especies alelopáticas son potenciales fuentes de herbicidas orgánicos, que pudieran ser más amigables con el medio ambiente. *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* son especies que se presentan de forma abundante en la península de Yucatán. Existen algunos reportes sobre el efecto alelopático de los lixiviados acuosos y extractos orgánicos obtenidos a partir de hojas, corteza y madera de esta especie. Por su parte, tajonal (*V. dentata*) es una especie que se ha descrito como invasora, dada su alta dominancia en los ambientes que se presenta. Además, se ha probado que sus hojas, al descomponerse, ejercen un efecto supresor de la germinación de malezas.

Sin embargo, no se ha evaluado el efecto alelopáticos de dichas especies sobre malezas que se presentan de forma característica en los cultivos de la península de Yucatán.

Por tanto, resulta de interés describir los metabolitos con potencial aleloquímico que se presentan en dichas especies bajo las condiciones ambientales propias de la región, además de evaluar en bioensayos el efecto supresor de la germinación de extractos obtenidos a partir de otros tejidos vegetales a los caracterizados en estudios previos, con el fin de sentar las bases

para el desarrollo de productos naturales que posibiliten el control de arvenses en los cultivos del trópico.

## **4. HIPÓTESIS**

### **4.1 Hipótesis general**

Los extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* tienen metabolitos secundarios alelopáticos capaces de inhibir la germinación de semillas de especies arvenses.

### **4.2 Hipótesis específicas**

Los extractos crudos de *Metopium brownei* poseen mayor contenido de metabolitos secundarios con potencial alelopático que los *Viguiera dentata*.

Los extractos de *Metopium brownei* aplicados a dosis bajas disminuyen de forma efectiva la germinación *in vitro* de semillas de arvenses, mientras que los obtenidos a partir de *Viguiera dentata* solo presentarán efectos a dosis altas.

En general, los extractos etanólicos de ambas especies tendrán mayor efecto fitotóxico sobre el desarrollo inicial de plántulas de arvenses tropicales.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 Objetivo general**

Determinar el efecto de la fitotoxicidad de los extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de arvenses tropicales

### **5.2 Objetivos específicos**

- Determinar la composición fitoquímica de los extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* obtenidas con diferentes solventes orgánicos
- Determinar el porcentaje de germinación *in vitro* de tres arvenses tropicales con seis diferentes concentraciones de extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata*
- Determinar el crecimiento, desarrollo de hipocótilo y raíz *in vitro* de cuatro arvenses tropicales con seis diferentes concentraciones de extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata*

## Literatura citada

Álvarez López, C. L., Osorio Vega, N. W., & Marín Montoya, M. (2013). Identificación molecular de microorganismos asociados a la rizosfera de plantas de vainilla en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2).

Anaya, A. L., Mata, R., Rivero-Cruz, F., Hernández-Bautista, B. E., Chávez-Velasco, D., & Gómez-Pompa, A. (1999). *Journal of Chemical Ecology*, 25(1), 141–156.

Anaya, A. L. (1999). Allelopathy as a Tool in the Management of Biotic Resources in Agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(6), 697–739.

Anaya, A.L., Espinosa-García, F. and Cruz-Ortega, R. eds., (2001). *Relaciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*. Plaza y Valdés.

Avila, L., Murillo, W., Durango, E., Torres, F., Quiñones, W., & Echeverri, F. (2007). Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. *Scientia et Technica*, 13(33), 203-204.

Battacharyya D, Babgohari MZ, Rathor P, Prithiviraj B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*. 2015;30(196):39-48.

Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos tropicales*, 27(3), 5-16.

Bettiol, W. (2008). Conversão de sistemas de produção. In: Poltronieri, L.S., Ishida, A.K.N. (Eds.) Métodos Alternativos de Controle de Insetos-Praga, Doenças e Plantas Daninhas: Panorama atual e perspectivas. *Embrapa Amazônia Oriental*, Belém, Brasil, pp. 289-308.

Canales, M., Hernández, T., Rodríguez-Monroy, M.A., Jiménez-Estrada, M., Flores, C.M., Hernández, L.B., Gijón, I.C., Quiroz, S., García, A.M. & Ávila, G., (2008). Antimicrobial activity of the extracts and essential oil of *Viguiera dentata*. *Pharmaceutical Biology*, 46(10-11), pp.719-723.

Celis, Á., Mendoza, C. F., & Pachón, M. E. (2009). Uso de Extractos Vegetales en el Manejo Integrado de Plagas, Enfermedades y Arvenses: revisión. *Temas agrarios*, 14(1), 5-16.

Collins MB, Voulgaris G. (1993). Empirical field and laboratory evaluation of a real-time acoustic sea bed surveying system. *Proceedings-Institute of Acoustics*, 15:343-343

Khan, M. I. (2015). Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(6), 1307-1316.

Krautmann, M., Turbay, S., & Riscala, E. (2001). Efectos alelopáticos de *Trimax phocumbens* L. *Dominguezia*, 17(1), 13-22.

Layne-Garsaball, J. A., & Méndez-Natera, J. R. (2006). Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) CV. Arapatol S-15. *Idesia* (Arica), 24(2), 61-75.

Pérez-Alonso, N. & Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo *in vitro*. *Biotecnología Vegetal*, 11(4).

Preston J, Inouchi Y, Shioya F (2006). Acoustic classification of submerged aquatic vegetation. In: Proceedings of the eighth european conference on underwater acoustics, *ECUA*, p. 317-22.

Telma. (26 de agosto de 2017). Espacio de Telma. Obtenido de Tajonal o Chimalacate (*Viguiera Dentata*): <https://telmajr.wordpress.com>

Zamorano, C. y Fuentes, 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

## 7. CAPÍTULOS

### 7.1 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>Tecnológico Nacional de México campus Instituto Tecnológico de Chiná. Posgrado en Agroecosistemas Sostenibles. Calle 11 entre 22 y 28, Centro. C.P. 24050, Chiná, Campeche, México.

\* Autor para correspondencia: [norma.ra@china.tecnm.mx](mailto: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 rábano (*Raphanus sativus*), una especie altamente sensible a aleloquímicos. Para ello, se prepararon extractos acuosos y etanólicos macerando el tejido vegetal de diferentes órganos de ambas especies por 3 días, a 4°C. Se realizaron bioensayos en cajas de Petri con discos de papel filtro en el que se colocaron 10 semillas de las especies evaluadas y aplicando distintas dosis de los extractos obtenidos. Los resultados obtenidos demostraron que los extractos acuosos de frutos de *M. brownei* aplicados a dosis tan bajas como del 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 del 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

---

\*Artículo sometido para su publicación a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (ver Anexo)

etanólicos y acuosos, por lo que puede emplearse como bioherbicida para el control de la arvense en cultivos tropicales.

**PALABRAS CLAVE:** Alelopatía, bioherbicidas, arvenses, extractos naturales

## **ABSTRACT**

Allelopathy is a biological phenomenon in which the chemical substances released by one plant species directly influence the growth and development of another; therefore, allelopathic species can be a natural source of herbicides. *Metopium brownei* and *Viguiera dentata* have been shown to have an inhibitory effect on plants and microorganisms. The objective of this work was to determine the suppressive effect of different doses of crude extracts of *M. brownei* and *V. dentata* on the *in vitro* germination of a tropical weed *Senna uniflora* and radish (*Raphanus sativus*), a species highly sensitive to allelochemicals. For this, aqueous and ethanolic extracts were prepared by macerating plant tissue from different organs of both species for 3 days at 4°C. Bioassays were carried out in Petri dishes with filter paper discs in which 10 seeds of the evaluated species were placed and different doses of the obtained extracts were applied. The results obtained showed that the aqueous extracts of *M. brownei* fruits applied at doses as low as 0.5% suppressed the germination of the weed *S. uniflora* at 100%. The ethanolic extracts of both species showed an inhibitory effect on the germination of *S. uniflora* seeds at concentrations of 8% or higher. On the other hand, the aqueous extracts of *V. dentata* flowers were the most effective in inhibiting the germination of *R. sativus* seeds when applied in doses higher than 15%. According to the results obtained in the present work, it is concluded that *V. dentata* has a strong allelopathic effect on *S. uniflora* when used in ethanolic and aqueous extracts, so it can be used as a bioherbicide for the control of weeds in tropical crops.

**KEYWORDS:** Allelopathy, bioherbicidas, weeds, natural extracts

## INTRODUCCIÓN

En México, la agricultura es una actividad que se ha desarrollado durante muchos años, esta es 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, que contamina el medio ambiente y suele causar daño a los anfibios (Hermosín et al; 2009). Así mismo, el herbicida 2,4-D presenta efectos secundarios que provoca la muerte de mamíferos y aves, además la dispersión de los vapores de este herbicida puede provocar daños al aire, cultivos y el agua (Verzini *et al.*, 2001). 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, presenta un alto índice de intoxicación y mortalidad en mamíferos, y su persistencia en el ambiente 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 mediante la secreción de metabolitos secundarios se conoce como alelopatía 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 probado 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* es una arvense de importancia económica sus 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 amplia presencia en cultivos tropicales como maracuyá (Muraira *et al.*, 2016), agave (Salamanca *et al.*, 2007), maíz, frijol, arroz, caña de azúcar y algodón, café y tabaco (Alipi y Flores, 2013). De acuerdo con lo anterior, resulta un interesante modelo de estudio para probar el efecto de nuevos herbicidas. Por otro lado, las especies vegetales *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* presentan una amplia distribución en la Península de Yucatán, cuyo potencial alelopático sobre otras especies vegetales o microorganismos ha sido reportado en diferentes estudios. Por lo anterior, los extractos acuosos y etanólicos preparados a partir de diferentes órganos de ambas especies alelopáticas fueron evaluados para conocer sus efectos sobre la germinación de *Senna uniflora*, ya que esta gramínea se presenta como maleza en diferentes cultivos del trópico. 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 características de la Península de Yucatán.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se recolectó material vegetal de diferentes órganos de *M. brownei* y *V. dentata*, 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 minutos. Hecho esto, se enjuagaron con abundante agua estéril y se procedió a su deshidratación a 55°C en una estufa de secado, durante 3 días. El material seco, trituró y maceró por 72 horas 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 mediante la técnica de RSF descritas por Lu *et al.* (2016) que consistió en embeber discos de papel filtro Whatman grado 3 con 1 mL de los extractos a evaluar diluidos a las concentraciones de 0.3, 0.5, 1, 2.5, 8, 15 y 20% (Cuadro 1). En los bioensayos, se usaron como especies receptoras, semillas de *Senna uniflora* y *Raphanus sativus*; esta última especie, dada su descrita susceptibilidad a los aleloquímicos (Othman *et al.*, 2012; Turk *et al.*, 2005). Para ello, se desinfectaron y colocaron sobre 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 a una concentración de  $5 \times 10^{-3}$  M disuelto en DMSO al 0.05%. 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 ( $\alpha=0.05$ ), 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 acuosos obtenidos a partir de flores causaron la inhibición de la germinación del 100% a partir de una dosis del 15%. En general, dichos extractos fueron más efectivos que los obtenidos de los diferentes órganos de *M. brownei*.

Con respecto a los extractos etanólicos de *M. brownei*, los obtenidos a partir de hojas condujeron a una inhibición del 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 en dosis a partir del 2.5%. Con respecto a *V. dentata*, nuevamente los extractos preparados a partir de hojas fueron los más efectivos, inhibiendo la germinación al 100% desde la dosis del 2.5%. Los extractos obtenidos a partir de sus otros órganos alcanzaron la misma efectividad a partir de la dosis del 8%.

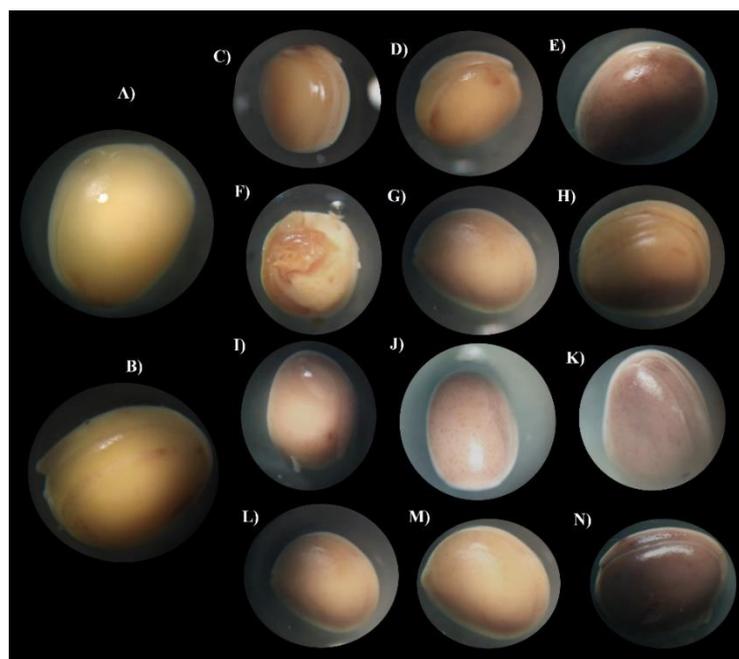
Es importante señalar que, aunque en los tratamientos con extractos se pudieron observar altos porcentajes de germinación, en general puede establecerse que los etanólicos de ambas especies son efectivos al aplicarlos en dosis tan mínimas como del 2.5%.

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

Extracto acuoso								
Dosis	Mb_Hoja	Mb_Fruto	Mb_Corteza	Mb_Raíz	Vd_Hoja	Vd_Flor	Vd_Tallo	Vd_Raíz
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>	90.0±14.14 <sup>a</sup>	76.6±14.14 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>	90.0±8.16 <sup>a</sup>	100±0 <sup>b</sup>	100±0 <sup>b</sup>	80.0±28.28 <sup>ab</sup>
0.5%	93.3±4.17 <sup>b</sup>	83.3±23.57 <sup>a</sup>	90.0±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>	90.0±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>	60.0±43.20 <sup>ab</sup>
2.5 %	90.0±14.14 <sup>b</sup>	80.0±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>	90.0±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>	30.0±21.60 <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>	70.0±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>	90.0±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								
Dosis	Mb_Hoja	Mb_Fruto	Mb_Corteza	Mb_Raíz	Vd_Hoja	Vd_Flor	Vd_Tallo	Vd_Raíz
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>	40.0±43.20 <sup>a</sup>	46.6±41.06 <sup>a</sup>	46.6±41.09 <sup>a</sup>	60.0±43.20 <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>

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

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 (Marks y Simpson 1990; 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*. Donde: 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%; N) Extracto de raíz al 20%.

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, como se ha mencionado con anterioridad, los extractos de *Brassica nigra* L. de hoja, flor, raíz y tallo han demostrado tener efecto inhibitorio sobre la germinación de rábano (Turk et al., 2005). En contraparte, en otro estudio se demostró que los extractos de *Phyla strugulosa* estimularon el proceso de germinación de *Zea mays* L. pero inhibieron el desarrollo de las raíces y los tallos de dicha especie (Jova-Sáez, 2006). 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.) y ají (*Capsicum annum* L.) (Quispe et al., 2010). De igual forma los extractos acuosos de *Calotropis procera* aplicados en dosis altas (entre un 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).

En la región de estudio *V. dentata* es una herbácea cuya biomasa no se aprovecha y una vez que ha pasado su etapa de floración termina desecándose y perdiéndose en los ambientes en los que se presenta, 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.

En el Cuadro 2 se puede observar, los extractos de hojas de *M. brownei* tuvieron los mejores efectos en la inhibición de la germinación. En específico, los extractos acuosos de frutos inhibieron al 100% a partir de la concentración de 0.5 hasta la 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.

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

Extracto Acuoso								
Dosis	Mb_Hoja	Mb_Fruto	MbCorteza	Mb_Raíz	Vd_Hoja	Vd_Flor	Vd_Tallo	Vd_Raíz
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±43.20 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	60±43.20 <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±43.20 <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								
Dosis	Hoja	Fruto	Corteza	Raíz	Hoja	Flor	Tallo	Raíz
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±43.20 <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±43.20 <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>

Donde: Mb: *Metopium brownei*; Vd: *Viguiera dentata*; C-: control negativo (agua); C+: control positivo (pirocatecol). <sup>abc</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 hasta la 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.

Con los extractos acuosos de *V. dentata* obtenidos a partir de hojas, se obtuvo el menor porcentaje de germinación obtuvo 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 del 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 del 8% condujeron a una inhibición del 100%, en especial al emplear los extractos preparados con raíces, tallos y flores de *V. dentata*.

Por su parte, los extractos etanólicos de *M. brownei* obtenidos a partir de hojas aplicados en semillas de *R. sativus*, demostraron ser eficientes en inhibir la germinación, cuando se aplicaron en dosis por encima del 8%. Los extractos etanólicos de hojas de *V. dentata* demostraron ser más eficientes ya que demostraron inhibición de la germinación de rábano incluso a partir de dosis del 2.5%.

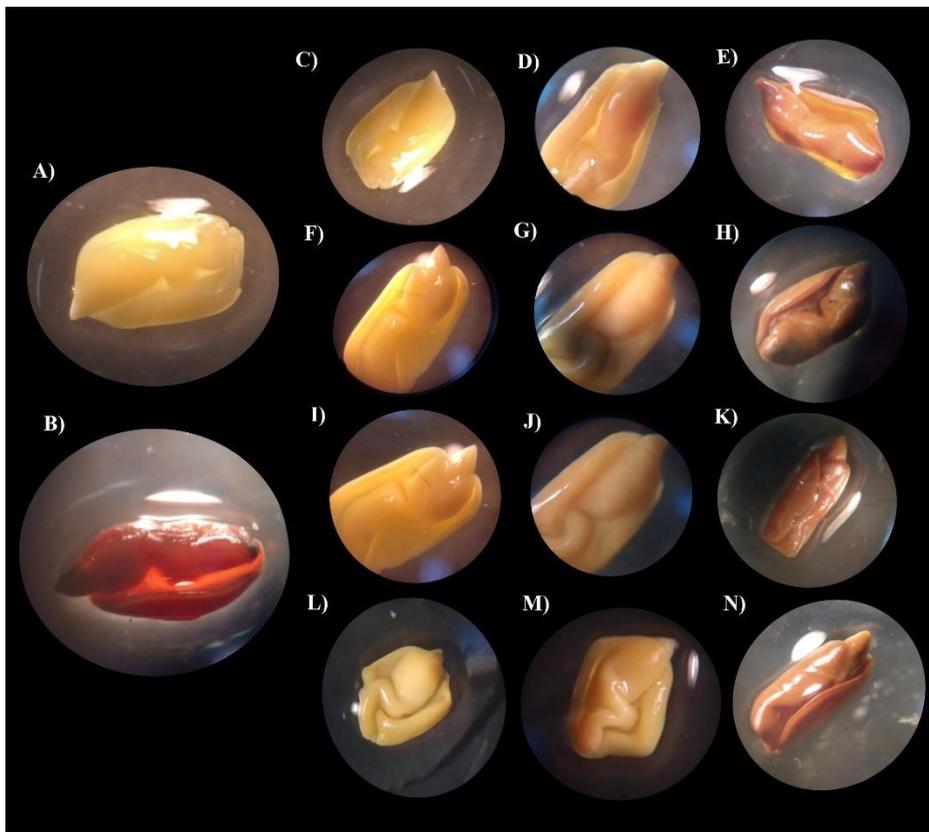
Es importante señalar que a pesar de que, con algunos tratamientos se observaron altos porcentajes de germinación, estos en todos los casos se mantuvieron por debajo de los valores observados en el tratamiento control negativo (agua). De forma tal que, aunque en algunos casos fue leve, todos los extractos evaluados tuvieron un efecto supresor de 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 del 10% sobre *Vigna radiata* (L.) Wilczek demostraron una baja eficiencia supresora, observándose una germinación del 73.3%; al aplicarlos a razón del 5% hubo una germinación del 80% y al aplicarlos en dosis del 1% se presentó una germinación del 86.7%.

Por otro lado, los extractos de *Paederia foetida*, con la concentración del 10% se obtuvo una germinación del 76.7% mientras que con la concentración del 5 % se obtuvo un alto porcentaje de germinación, del 93.3% y con la concentración del 1% hubo el 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* (Calderon, 2018). De forma similar, los extractos acuosos aislados a partir de flores de *V. dentata* en dosis del 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 *Senna uniflora* después de ser sometidas a distintas dosis de *M. brownei*. Donde: 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%; 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*. Donde: 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%. D) Plántula fenolizada, derivada del tratamiento con extracto de corteza al 1%.

## CONCLUSIÓN

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*. Así mismo, *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. 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. *Revista Fuente nueva época Año*, 4(12): 23-36.

Al-Zahrani, H. S., y Al-Robai, S. A. (2007). Allelopathic effect of *Calotropis procera* leaves extract on seed germination of some plants. *Science*, 19(1).

Aristizábal, L. S. R., Ortíz, A. M. M., Bedoya, J. G. M., & Jiménez-González, F. J. (2017). Evaluación de la actividad alelopática del extracto en acetato de etilo de *Miconia caudata* (bonpl.) dc. *Revista Facultad De Ciencias Básicas*, 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.

Carrillo-Martínez, E. J., Santana-Bejarano, M. B., Zañudo-Hernández, J., y Hernández-Herrera, R. M. (2018). Imbibición de semillas de frijol mungo (*Vigna radiata*) en extractos del alga marina (*Ulva lactuca*) y su efecto de la sobre el crecimiento de las plántulas. *e-CUCBA*, 9, 35-41.

Celis, Á., Mendoza, C. F., & 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., y 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 Galeano, G. (2007). Lista comentada de las plantas vasculares del enclave seco interandino de la tatacoa (huila, colombia)/Checklist of the vascular plants of Andean arid region of La Tatacoa (Huila, Colombia). *Caldasia*, 263-281.

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. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 65-84.

Hermosín, M. C., Rodríguez-Linaza, L. C., Cornejo, J., y Ordóñez-Fernández, R. (2009). Efecto de uso de agroquímicos en el olivar sobre la calidad de las aguas. *Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía*, 127-160.

Hernández, J., Contreras Zúñiga, E., y Zuluaga Martínez, 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.

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 (Bachelor's thesis).

Jova-Sáez, D. (2006). Efecto alelopático inducido por diferentes fracciones procedentes del extracto acuoso de orozuz (*Phyla strigulosa*) sobre la germinación de maíz (Doctoral dissertation, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas).

Kakati, B. y 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 Journal Of Plant Sciences*, 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.

Marks, T., y Simpson, E. 1990. Reduced phenolic oxidation at culture initiation in vitro following the exposure of field- grown stock plants to darkness or low levels of irradiance. *Journal of Horticultural Science*, 65: 103-111.

Mendes, I. D. S., y 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. *Journal of Environmental Science and 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.

Oliva, C. y Peña, D. 2004. Agricultura orgánica: Una alternativa para el desarrollo rural sostenible en la región de Coquimbo. Ediciones CEDEM. Santiago, Chile. 133p.

Othman, M. R., Leong, S. T., Bakar, B., Awang, K., y 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.). *Journal of Agricultural Science*, 4(9), 57.

Oliveira, J. S., Peixoto, C. P., Poelking, V. G. C., y Almeida, A. T. (2015). Avaliação de extratos das espécies *Helianthus annuus*, *Brachiaria brizanthae* y *Sorghum bicolor* com potencial alelopático para uso como herbicida natural. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 17(3), 379-384.

Quispe, F. E., Ruíz, R. E., Isidró, M. P., García, M. R., y Santana, R. C. (2010). Efecto alelopático de los extractos acuosos de *Tectona grandis* L. y *Tagetes erecta* L. sobre la germinación de cultivos de interés agrícola. *Centro Agrícola*, 37(1), 61-66.

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., y 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.

Salamanca, M., López-Muraira, I., y Iruegas, R. (2007). Control del huizache (*Acacia farnesiana* (L.) willd.) en el cultivo de *Agave tequilana* Weber var. Azul en el estado de Jalisco. In *XXVIII Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza* (p. 85).

Turk, M. A., Lee, K. D., y Tawaha, A. M. (2005). Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of radish. *Res. J. Agric. Biol. Sci*, 1(3), 227-231.

Verzini, A. M., Frassoni, C. A., & Ortiz, A. H. (2001). La contaminación ambiental por ruidos de muy bajas frecuencias: Un estudio de campo. *Medio Ambiente y Comportamiento Humano*, 2(2), 21-37

## **7.2 Caracterización fitoquímica de extractos orgánicos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata***

### **RESUMEN**

El uso de productos naturales que contengan aleloquímicos, representa una posible estrategia respetuosa con el medio ambiente para el manejo de malezas. *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* son especies abundantes en la península de Yucatán con características alelopáticas. *M. brownei* es un árbol que produce exudados y lixiviados altamente urticantes y se ha descrito que sus extractos son inhibidores del crecimiento de plantas y hongos fitopatógenos. Por su parte, *V. dentata* es una planta que crece principalmente en vegetación secundaria de sitios perturbados y cuando se establece, inhibe el crecimiento de otras especies. Con base en lo anterior, resulta de gran interés describir la composición de metabolitos secundarios presentes en diferentes extractos crudos de ambas especies. Lo anterior, con el fin de establecer las bases que posibiliten el desarrollo de nuevos productos naturales para el manejo de los cultivos. En este estudio, se describen los resultados obtenidos de la caracterización fitoquímica realizada en extractos crudos obtenidos con agua y distintos solventes orgánicos a partir de diferentes estructuras vegetales de ambas especies. En general, los extractos acuosos y etanólicos obtenidos a partir de las hojas de ambas especies presentaron mayor cantidad de metabolitos secundarios, asumiéndose la naturaleza polar de los aleloquímicos producidos por ambas especies, siendo éstos principalmente de tipo saponinas, lactonas, taninos, alcaloides, aminos y flavonas.

**PALABRAS CLAVE:** aleloquímicos, tamizaje fitoquímico, metabolismo secundario.

## **ABSTRACT**

The use of natural products containing allelochemicals represents a possible environmentally friendly strategy for weed management. *Metopium brownei* and *Viguiera dentata* are abundant species in the Yucatan Peninsula with allelopathic characteristics. *M. brownei* is a tree that produces highly stinging exudates and leachates and its extracts have been described as inhibitors of plant growth and phytopathogenic fungi. For its part, *V. dentata* is a plant that grows mainly in secondary vegetation of disturbed sites and when it becomes established, it inhibits the growth of other species. Based on the above, it is of great interest to describe the composition of secondary metabolites present in different crude extracts of both species. The foregoing, in order to establish the bases that enable the development of new natural products for crop management. In this study, the results obtained from the phytochemical characterization carried out on crude extracts obtained with water and different organic solvents from different plant structures of both species are described. In general, the aqueous and ethanolic extracts obtained from the leaves of both species presented a greater amount of secondary metabolites, assuming the polar nature of the allelochemicals produced by both species, these being mainly saponins, lactones, tannins, alkaloids, amines. and flavones.

**KEYWORDS:** Plants, Natural extracts, Secondary metabolites.

## INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos, las plantas han sido aprovechadas como fuente de alimentos así como de diversos productos que dan solución a problemáticas de gran importancia e interés económico (Mittermeier y Goettsch, 1997; Corzo Barragán, 2012). Así, gracias al contenido de sustancias químicas que poseen, de las plantas se pueden obtener extractos bioactivos derivados de la aplicación de diferentes solventes orgánicos acoplando técnicas para la extracción de los fluidos, lo que permite obtener extractos libres de solventes manteniendo las propiedades organolépticas del material vegetal, que se caracterizan por no causar efecto secundarios al medio ambiente (Herrero et al., 2010; Reyes-Najar et al., 2011).

La amplia diversidad de metabolitos secundarios producidos por las plantas ha favorecido que sean empleados para la elaboración de productos naturales útiles para el manejo de los cultivos en esquemas orgánicos o de menor impacto para el medio ambiente. De esta forma, se han probado extractos de *Allium sativum* para el control de *Alternaria spp.* y *Phytophthora spp.* siendo eficientes en el control de tizón de la hoja en zanahorias, papas y tomates (Slusarenko, et al., 2008). Además, los extractos de *Azardiachta indica*, *Artemessia annua*, *Eucalyptus globulus*, *Ocimum sanctum* y *Rheum emodi* se evaluaron contra *Fusarium solani*, probando su eficiencia para el control de marchitez en berenjena (Babu Joseph, & Kumar, 2008).

De igual manera se ha probado la actividad actifungica *in vitro* de extractos de *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Agave lechuguilla*, *Opuntia sp.* y *Yucca sp* contra el hongo *Rhizoctonia solani* inhibiendo el 100% de su crecimiento postulándose como una alternativa de agentes antimicrobianos para la agricultura orgánica (Castillo et al., 2010). Los extractos de *Hibiscus sabdariffa*, *Punica granatum* y *Eucalyptus globulus* al evaluarse en plantas de papa probaron su efectividad contra la enfermedad de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum*, presentándose una reducción de más del 94% del daño (Hassan et al. 2009).

De igual manera, se han hecho estudios de aceites esenciales de plantas y sus constituyentes como fumigantes, es decir, compuestos que actúan sobre los insectos objetivo, principalmente pertenecientes a *Apiaceae*, *Lamiaceae*, *Lauraceae* y *Myrtaceae*. Se han centrado en gran medida al control de plagas de escarabajos como *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica*,

*Sitophilus oryzae* y *Sitophilus zeamais* (Rajendran, & Sriranjini, 2008). De igual forma se evaluaron los extractos de tomillo, ajedrea, romero, mejorana, dillsun y lavanda para el control de Varroa en las colonias de abejas melíferas (Ariana et al., 2002). En otro trabajo, se utilizaron las cascara de naranja para el control de termitas donde se demuestra la eficacia entre un 68 y 96% (Raina et al., 2007).

Por otro lado, destacan las plantas alelopáticas. El fenómeno de alelopatía ha sido reconocido desde hace muchos años, describiéndose el poder inhibitorio que poseen algunas plantas sobre el crecimiento de especies arvenses presentes en las cosechas de chícharo, frijol forrajero y cebada (Rice, 1984). La definición de alelopatía se había manejado solo como un efecto dañino de una especie sobre otra (Molisch, 1937), aunque ahora define a los efectos perjudiciales o benéficos que son directos o indirectos como resultado de la acción de los compuestos químicos que liberan las plantas generando acción sobre otras (Blanco, 2006).

El fenómeno alelopático se caracteriza, en primer lugar, por la interacción que existe entre las distintas especies de plantas, sin incluir la interacción entre plantas y animales o la interacción entre plantas y organismos; en segundo lugar, el material de interacción, o los metabolitos secundarios que se liberan al medio ambiente; en tercer lugar, los aleloquímicos se utilizan para influir en el crecimiento y el desarrollo de plantas propias o vecinas. La clave de la investigación de la alelopatía es el mecanismo de liberación de los aleloquímicos, es decir, por qué y en qué condiciones las plantas liberan aleloquímicos (Kong, 1998; Chengxu et al. 2011).

La liberación de los aleloquímicos al medio ambiente se efectúa por medio de lixiviados de las hojas, exudados de raíces o por volatilización (Sampietro, 2002). Como se ha mencionado con anterioridad, esos compuestos pueden afectar a otras especies de plantas que intentan establecerse en el mismo lugar, causando efectos negativos notorios en la germinación, crecimiento y desarrollo de dichas especies receptoras (Kamaljit et al., 2005).

De acuerdo con lo anterior, los metabolitos secundarios producidos por las especies alelopáticas pueden ser empleados como herbicidas naturales (Macías et al., 2007, Vilela et al., 2011). Un claro ejemplo son los extractos de diente de león, tomillo rojo, ajedrea de verano y canela. Estas plantas se evaluaron en invernadero y laboratorio utilizando brotes de ambrosía y zacate

Johnson, demostrándose la efectividad de los extractos como herbicidas (Tworkoski, 2002). En otro estudio se evaluaron las hojas de *Mangifera indica* L. en el control de *Parthenium hysterophorus* L. donde se demostró que su extracto redujo significativamente la germinación, la longitud y biomasa de los brotes y la raíz, demostrando actividad herbicida contra la arvense (Javaid et al., 2010). De igual manera se evaluaron 22 extractos de plantas en la germinación de *Lolium perenne* donde se demuestra el notorio efecto inhibitorio en *Salvia officinalis* L., *Laurus nobilis* L. y *Artemisia vulgaris* L. (Kadioglu, & Yanar, 2004). Cabe señalar que los extractos de todas las plantas estudiadas inhibieron la germinación de *Abutilon theophrastii* Medik, *Amaranthus retroflexus* L., *Avena sterilis* L., *Rumex crispus* L. y *Trifolium repens* L. Se concluyó que los extractos pueden usarse como herbicidas para controlar la germinación y el crecimiento de dichas especies (Kadioglu, & Yanar, 2004). En otro estudio se observó el retraso de crecimiento sobre algunas monocotiledóneas (maíz, arroz y sorgo) con los extractos totales de *Eucalyptus robusta*, siendo mayor el efecto que al aplicar sobre dicotiledóneas (arveja, frijol y lechuga) de importancia agrónomica (Avila et al., 2007).

Los aleloquímicos más conocidos son los ácidos fenólicos, flavonoides, terpenoides, alcaloides y quinonas, estos están presentes en todos los tejidos de las plantas vasculares (Rabotnikof et al., 2005; Rodríguez et al., 2002; Kumar, 1992).

Las saponinas que se encuentran en las plantas se caracterizan por su sabor amargo y por ser espumosas; su complejidad estructural tiene como resultado propiedades físicas, químicas y biológicas que incluyen dulzura y amargor, así como propiedades espumantes y actividades antimicrobianas e insecticidas y son compuestos bioactivos (Umaru et al., 2007).

Los taninos son polímeros solubles en agua de alto peso molecular y se encuentran generalmente en los arbustos y las hojas (Vélez-Terranova et al., 2014; Smitha et al., 2013; Reddy, 2001). Los terpenos son los compuestos secundarios más comunes en plantas. Sus funciones varían ya que tienen efectos inhibitorios o estimulantes (Jensen & Ehlers, 2010; Gershenzon & Dudareva 2007; Langenheim, 1994).

Los flavonoides son los compuestos fenólicos más numerosos que están presente en todo el reino vegetal, están en la epidermis de las hojas y cáscaras de las frutas (Crozier et al., 2006; Vélez-Terranova et al 2014).

Una manera de conocer las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos cuantificando la germinación o emergencia de plántulas midiendo la radícula o hipocótilo (Lovett y Ryuntyu, 1992). En las últimas décadas se han logrado significativos avances para producir sustancias químicas o biológicas que contamine menos el ambiente gracias al contenido alelopático tóxicos de algunas plantas, ya que estos son biodegradables y muchos de ellos son seguros para aplicar para cuidar el medio ambiental (Blanco, 2006).

Los metabolitos secundarios, podrían utilizarse para desarrollar herbicida para el control de arvenses, así como productos antifúngicos para el control de postcosechas. (Trejo-Márquez, 2015).

Hoy en día podemos realizar tamizajes fitoquímicos y conocer el contenido de las sustancias presentes en las plantas caracterizando su probable función con base en las propiedades reportadas en la literatura. Lo anterior, con el fin de desarrollar nuevos productos, eficaces y amigables con el medio ambiente. Con base en lo anterior, en el presente estudio se analizan los perfiles fitoquímicos de diferentes extractos crudos obtenidos con distintos solventes a partir de los órganos vegetales de dos especies nativas de la península de Yucatán cuyo potencial alelopático ha sido previamente reportado, suprimiendo el crecimiento de plantas y microorganismos. El chechén (*Metopium brownei*) es un árbol que llega a medir hasta 25 m. Su corteza produce un aceite rico en urushioles que se torna de color negro en contacto con el aire y cuyo potencial alelopático sobre otras especies ha sido demostrado (Anaya et al., 1999). El tajonal (*Viguiera dentata*) por su parte, es una planta silvestre herbácea que crece hasta 2.5 metros de altura, común en muchos estados de la República Mexicana, Centroamérica y el sur de los Estados Unidos (Telma, 2017). Al emplearse sus hojas como abono verde, suprimen el crecimiento de algunas malezas (Anaya, 1999).

Sin embargo, esos estudios se han realizado con material vegetal colectado en el Estado de México, donde predomina el clima templado a frío, con temperaturas más bajas en los meses de invierno. Por el contrario, en la península de Yucatán el clima cálido es constante durante todo el año siendo la presencia de precipitaciones pluviales el factor ambiental que determina el cambio de épocas, de lluvias o de secas (estiaje). En ese esentido, se ha reportado para distintas

especies que los perfiles de metabolitos secundarios de las plantas varían de acuerdo con las condiciones ambientales (Franco, 2021)

## **MATERIALES /MÉTODOS**

### **Obtención de las muestras.**

Las muestras de tejidos vegetales de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* se obtuvieron del rancho Xamantún, incluyendo muestras de hojas de plantas adultas, frutos, corteza, raíz y en el caso de *viguiera dentata* hojas, flores, tallos y raíces. Cabe mencionar que cada muestra se colectó por separado, con el fin de no revolver las muestras colectadas. El material vegetal fue procesado el mismo día de su colecta, separando las diferentes estructuras vegetales para su secado y posterior análisis.

### **Desinfección y secado del material vegetal**

La asepsia del material vegetal se realizó por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 10 minutos. Hecho esto, se enjuagaron con abundante agua estéril y se deshidrataron a una temperatura de 55°C en un horno de sacado durante 3 días.

### **Obtención de extractos**

Ya deshidratadas las muestras se trituraron y se maceraron por 36 h con tres volúmenes de etanol absoluto, éter, acetona o diclorometano. Los extractos acuosos se prepararon con material vegetal fresco y a 4°C. Una vez terminado este procedimiento, se filtraron las muestras y se almacenaron a 4°C hasta su uso.

### **Caracterización fitoquímica**

Ya obtenidos los extractos, se realizaron los análisis por tamizaje fitoquímico descrito en el trabajo de Lezcano y cols. (2012) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Metodologías empleadas para la identificación de los metabolitos secundarios por tamizaje fitoquímico

<i>Metabolitos secundarios</i>	<i>Procedimiento</i>
<i>Alcaloides</i>	Dragendorff, Mayer
<i>Saponinas</i>	Prueba de la espuma
<i>Taninos</i>	FeCl <sub>3</sub> 4%
<i>Grupo α amino</i>	Ninhidrina
<i>Quinonas</i>	Bomtrager
	Ácido pícrico 1%
<i>Saponinas esteroideas</i>	Ácido anhídrido, ácido sulfúrico
<i>Benzoquinonas</i>	Hidróxido de potasio, cloroformo
<i>Leucoantocianidinas</i>	Ácido clorhídrico, alcohol amílico
<i>Flavonoides</i>	Etanol absoluto, ácido clorhídrico, Hidróxido de sodio

### **Saponinas.**

Prueba de altura y estabilidad de espuma. En un tubo de ensaye se añadió 1 ml de extracto, se agitó vigorosamente y se tomó la altura de la espuma producida, en caso de que se presentara. Se consideró positiva la prueba si la espuma alcanzaba una altura de 8 a 10 mm y se mantenía estable por 30 minutos.

### **Lactonas.**

A 1 ml de extracto se le adicionó 1 ml de ácido pítrico y 1 ml de hidróxido de sodio al 10%. Se consideró positiva la prueba si había una coloración roja o naranja.

### **Saponinas esteroideas.**

A 0.5 ml de extracto se añadió 2 gotas de ácido anhídrido y 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado. Se consideró positiva la prueba si había coloración azul o verde.

**Presencia de grupo aminos.**

A 1 ml de extracto se añadió 1 ml de ninhidrina al 5%. El tubo de ensayo se introdujo en un vaso de precipitado en agua a punto de ebullición durante 5 a 10 minutos. Se consideró positiva la prueba si se presentaba una coloración azul o violeta.

**Taninos.**

A 1 ml del extracto se adicionaron 2 ml de agua destilada y 3 gotas de cloruro de sodio al 10%. Se calentó a punto de ebullición por un minuto, para después enfriar y filtrar. Se dividió el filtrado en cuatro tubos de ensayo, utilizando uno de ellos como testigo. Se realizó una reacción de Cloruro férrico, adicionando una gota de cloruro férrico al 1%; la formación de coloraciones de azul a negro indicaron la presencia de derivados del ácido gálico y coloraciones verdes de derivados del catecol. Al tercer tubo se le agregó una gota de cloruro férrico de potasio al 1%. La formación de una coloración azul, indicó la presencia de compuestos fenólicos.

**Quinonas.**

A 1 ml del extracto se le agregó 1 gota de ácido sulfúrico concentrado. La formación de una coloración roja indicó la presencia de antraquinonas.

**Benzoquinonas.**

A 1ml de extracto se le añadió 3 ml de agua destilada y 3 ml de hidróxido de potasio. Las muestras se introdujeron en un vaso de precipitado para llevar a punto de ebullición por 3 min. Posteriormente, se enfriaron y se les añadió 3 ml de cloroformo, para después eliminar la fase acuosa. A la fracción clorofórmica se le añadió 2ml de hidróxido de potasio 5%. Si la coloración es roja la prueba era positiva.

**Triterpenos.**

A 1 ml de extracto se le añadió 1 ml de cloroformo y 1 ml de Ninhidrina y se mezcló por agitación. Finalmente, se añadieron 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado. La prueba era positiva si se presentaba una coloración verde oscuro.

**Alcaloides.**

A 1 ml de extracto se añadió 10 ml de ácido clorhídrico al 10%, después se calentó a punto de ebullición por 5 minutos y se dividió en tres tubos de ensayo, usando uno de ellos como testigo. A los otros dos, se les agregaron dos gotas de reactivo Dragendorff; la prueba era positiva si se presentaba una coloración naranja.

### **Leucoantocianidinas**

A 1 ml de extracto se añadió 1 ml de ácido clorhídrico concentrado, 1 ml de agua destilada y 2 ml de alcohol amílico. La prueba indicaba resultado positivo si la coloración era roja o marrón.

### **Flavonoides.**

A 0.5 ml de extracto se añadió 2 ml de etanol absoluto y se dividió en 3 fracciones uno de ellos como testigo; al segundo tubo se le agregó 2 gotas de ácido clorhídrico concentrado. Si la coloración es roja indica presencia de auronas o chalconas. Al tercer tubo se le agregó tres gotas de hidróxido de sodio. Una coloración amarilla indicaba la presencia de xantonas y flavonas.

## **RESULTADOS / DISCUSIÓN**

De acuerdo con los resultados obtenidos con los extractos etanólico de chechén se observó la presencia de las saponinas esteroide presentándose en hojas y corteza, lactonas en todos los órganos de chechén, taninos en frutos y hojas, antraquinonas, hojas y corteza, alcaloide hojas frutos y en xantonas frutos, hojas.

En la tabla 2 se muestran los resultados del tamizaje fitoquímico realizado con diferentes solventes, donde se muestra la alta variabilidad de los compuestos presentes en frutos, hojas, corteza, raíz en chechén y *Viguiera dentata* hojas, raíces, flores, tallos.

**Tabla 2.** Identificación de metabolitos secundarios de *Metopium brownei* con diferentes solventes

<i>Especie</i>		<i>Metabolitos secundarios evaluados</i>										
<i>Metopium brownei</i>	Solventes	Saponinas	Saponinas esteroide	Lactonas	Taninos	Aminos	Antraquinonas	Benzoquinonas	Alcaloide	Leucoantocianidinas	Auronas o chalconas	Xantonas o flavonas
Frutos	Etanol	-	-	++	+++	-	-	-	++	+	-	++
Hojas		-	++	+	+++	-	-	++	+++	-	-	+
Corteza		-	++	++	-	-	+++	-	++	-	+	-
Raíz		-	-	+++	+	+++	+	-	+	-	-	-
Frutos	Éter	-	+++	-	-	-	-	-	-	+++	-	-
Hojas		-	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Corteza		-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Raíz		-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Frutos	Acetona	-	-	+++	-	+++	-	-	-	+++	-	-
Hojas		-	++	+++	-	-	+	-	-	-	-	+
Corteza		-	++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Raíz		-	-	+++	-	+++	-	-	-	-	-	-
Frutos	Dic	-	+++	+	-	-	-	-	-	+++	-	-

Hojas		-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Corteza		-	+	++	-	-	+	-	-	-	-	-
Raíz		-	-	+++	-	-	+	-	+	-	-	-
Frutos	Agua	-	-	+++	+++	+++	-	-	-	+++	-	-
Hojas		-	-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-
Corteza		-	-	+++	+++	+	+	-	-	-	-	-
Raíz		-	-	+++	+++	+++	+	-	-	-	-	-

**Simbología:** Negativo (-) Positivo (+), Presencia notoria (++) Presencia muy notoria (+++)

En cuanto al éter, las saponinas esteroideas se presentaron en frutos y hoja, y las lactonas se presentaron en hojas, corteza y raíz, y las leucoantociandinas se mostraron en frutos. En el caso de acetona había presencia de saponinas esteroide en hojas y corteza, lactonas en todos los órganos de chechén, los aminos en frutos, raíz y hojas, las leucoantociandinas en frutos. En diclorometano se encontraron aponinas esteroide en frutos, hojas, corteza, las lactonas se encontraron en todos los órganos, con mayor abundancia en raíz, las antraquinonas en corteza y raíz, los taninos con poca presencia en los extractos acuosos. De acuerdo a estos resultados pudimos observar la abundancia de metabolitos secundarios utilizando como solvente etanol y extractos acuosos como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Cantidad de metabolitos encontrados en el tamizaje fitoquímico de *Metopium brownei* con diferentes solventes

Material vegetal	Cantidad de metabolitos encontrados				
	Etanol	Éter	Acetona	Diclorometano	Agua
<i>Metopium brownei</i>					
Frutos	10	6	9	7	12
Hojas	12	6	7	5	5
Corteza	9	3	5	3	8
Raíz	8	3	6	5	10

En la Tabla 3 se puede observar la cantidad de metabolitos secundarios, producidos con extractos de *Metopium brownei* con diferentes solventes, obtenidos por cada material vegetal, al utilizar el solvente etanólico el mayor contenido de metabolitos secundarios, fue en hojas seguido de frutos. Al utilizar el solvente éter, se obtuvo mayor producción de metabolitos en frutos y hojas. Con el solvente de acetona, encontramos mayor producción en frutos y hojas. En cuanto a diclorometano, los frutos presentaron mayor concentración de metabolitos seguidos de hojas y raíz, en cuanto los extractos acuosos, encontramos en frutos y raíz. Cabe señalar que los valores se asignaron con conforme a la simbología que contienen la Tabla 1 del tamizaje fitoquímico.

**Tabla 4.** Identificación de metabolitos secundarios de *Viguiera dentata* con diferentes solventes

<i>Especie</i>		<i>Metabolitos secundarios evaluados</i>										
<i>Viguiera dentata</i>	Solventes	Saponinas	Saponinas esteroide	Lactonas	Tamínos	Aminos	Antraquinonas	Benzoquinonas	Alcaloide	Leucoantocianidinas	Auronas o chalconas	Xantonas o flavonas
Raíz	Etanol	-	-	+++	++	-	-	-	-	+	-	+
Flores		-	-	+++	+++	-	-	-	-	+	-	+++
Tallos		-	-	+++	++	-	-	-	-	+	-	+
Hojas		-	++	++	++	-	-	-	++	++	-	++
Raíz	Éter	-	-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-
Flores		-	-	+++	+	-	-	-	-	+	-	-
Tallos		-	-	+++	++	-	-	-	-	-	-	-
Hojas		-	++	+++	++	-	-	-	++	+	-	-
Raíz	Acetona	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Flores		-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	-
Tallos		-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-	+
Hojas		-	++	+++	-	-	-	-	++	+	-	-

Raíz	Diclorometano	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Flores		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+++
Tallos		-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Hojas		-	++	++	-	-	-	-	++	+	-	+++
Raíz	Agua	-	-	-	+++	-	-	-	-	-	-	-
Flores		-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
Tallos		-	-	-	++	-	-	-	-	-	-	-
Hojas		-	-	-	+++	-	-	-	++	+	-	-

**Simbología:** Negativo (-) Positivo (+), Presencia notoria (++) Presencia muy notoria (+++)

Con respecto a los extractos de *V. dentata* (Tabla 4) al utilizar etanol encontramos saponinas esteroide en hojas; las lactonas se encontraron todos los materiales vegetales, así como los taninos. Los alcaloides solo en hojas se presentó este metabolito, las leucoantociandinas se presentaron positivamente, las xantonas se presentaron en todos los órganos positivamente. En cuanto los extractos de éter saponinas, los esteroides se encontró en hojas, las lactonas en todas las muestras, con respecto a los taninos se encontraron en todos los órganos evaluados. Usando la acetona, los alcaloides se encontraron en hojas, las leucoantociandinas en hojas y flores, las lactonas se encontraron en todos los órganos y en los alcaloides solo en hojas se presentó, Las leucoantociandinas se presentaron en hojas y las xantonas en los tallos. Con diclorometano solo se encontró xantonas en hojas, saponinas esteroide en hojas, las lactonas estuvieron presentes en todos los órganos, los alcaloides solo en hojas y las leucoantociandinas solo en hojas, Las xantonas se presentaron en flores y hojas. En cuanto los extractos acuosos los taninos se presentaron en todos los órganos evaluados, los alcaloides y leucoantociandinas solo en hojas teniendo mayor presencia los últimos.

**Tabla 5.** Cantidad de metabolitos encontrados en el tamizaje fitoquímico de *Viguiera dentata* con diferentes solventes

Material vegetal	Cantidad de metabolitos encontrados				
<i>Viguiera dentata</i>	Etanol	Éter	Acetona	Diclorometano	Acuosos
Raíz	7	5	3	2	3
Flores	10	5	3	1	2
Tallo	7	5	4	1	2
Hojas	12	10	8	7	6

En la Tabla 5 podemos ver la cantidad de metabolitos secundarios obtenidos por cada material vegetal empleado de *V. dentata*. En la extracción con etanol, las hojas presentaron mayor contenido de metabolitos secundarios, seguido del extracto de flores. Con éter y acetona se obtuvo mayor obtención de metabolitos en hojas. En cuanto a diclorometano en los extractos acuosos se encontró que las hojas presentaron una mayor concentración.

En resumen, los tamizajes fitoquímicos realizados en todos los extractos evaluados determinaron la presencia de saponinas, lactonas, taninos, alcaloides, aminos y flavonas, presentándose principalmente estos metabolitos en hojas, corteza y frutos de chechen; y en el caso de Tajonal, en hojas y flores lo cual permite hipotetizar la presencia de una gran diversidad de compuestos en los tejidos de estas dos plantas.

En un estudio similar realizados con extractos etanólicos y acuosos de 36 especies de plantas, se reportó que las saponinas se encontraron principalmente en semillas y hojas, resultando ser los metabolitos menos frecuentes en las especies estudiadas; los taninos y alcaloides se encontraron en moderada proporción en las hojas de las especies estudiadas (Beltrán Villanueva et al., 2013), de forma similar a los resultados obtenidos en este estudio, encontrándose la mayor cantidad de taninos y alcaloides en los frutos y hojas de chechen, respectivamente.

En otro estudio realizado con hojas, flores y tallo de *Helichrysum* sp. se encontraron quinonas en tallos y flores (García et al., 2010), de forma distinta a los resultados obtenidos en este estudio, ya que no hubo presencia de estos metabolitos en los tejidos analizados de *M. brownei* y *V. dentata*.

De igual forma, se ha reportado que las hojas y semillas son las de mayor producción de metabolitos secundarios en numerosas especies (Roca., et al 2009; Castillo Mompié et al., 2014; Robles-García et al., 2016) de forma concordante a los resultados encontrados en este estudio, donde los extractos de hojas de chechen y tajonal presentaron la mayor concentración de éstos en las hojas.

Con respecto a la caracterización de la bioactividad de los metabolitos secundarios, se ha reportado que en *Sorghum bicolor*, los metabolitos secundarios exudados por sus raíces destacándose las cumarinas y flavonoides, tienen bioactividad al aplicarse en semillas de la especie arverse *Pilocarpus goudotianus*, inhibiendo o activando la germinación (Santos et al., 2014; Netzly et al., 1988; Vyvyan, 2002). Por otro lado, los extractos alelopáticos de *Datura metel* contienen cumarinas, flavonoides, taninos, alcaloides y triterpenos y son eficaces para inhibir la longitud de los brotes y raíces de plantas de *Parthenium hysterophorus* L., una arverse conocida como atrayente de la mosca blanca causante de pérdidas en los cultivos (Javaid et al., 2010; Yaranga Zaga, 2015).

Gracias a los estudios realizados se determina que los metabolitos secundarios de *M. brownei* y *V. dentata* que pudieran tener potencial alelopático son mayoritariamente de naturaleza polar, dado que las extracciones con mayor rendimiento de metabolitos secundarios fueron la realizadas con etanol o agua. De igual forma, se establece que las hojas de ambas especies constituyen una buena fuente de compuestos bioactivos con actividad herbicida, ya que los metabolitos encontrados, en especial los flavonoides, taninos y alcaloides, han sido probados por su actividad alelopática.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se reporta por primera vez el estudio fitoquímico de los extractos crudos de *M. borwnei* y *V. dentata*, siendo los resultados obtenidos clave para el desarrollo de estudios posteriores dirigidos a la evaluación de su potencial bioherbicida para el manejo orgánico de las malezas de la región.

En ese sentido, en las hojas, corteza y frutos de chehén se encontró principalmente presencia de metabolitos secundarios como saponinas lactonas, taninos, alcaloides, aminos y flavonas. Se sabe que estos compuestos naturales poseen efecto alelopático sobre otras especies de plantas, hecho que confirma el potencial de chechen (*M. brownei*) y tajonal (*V. dentata*) para el desarrollo de bioherbicidas. En ese sentido, se observó que los extractos de tajonal presentan mayor abundancia de metabolitos secundarios cuando se preparan a partir de hojas y flores, mientras que para chechen fueron los obtenidos a partir de hojas y frutos.

Los hallazgos derivados de este estudio establecen las bases para el desarrollo de nuevas estrategias experimentales dirigidas hacia el desarrollo de tecnologías agrícolas aplicables a los agroecosistemas sostenibles.

## LITERATURA CITADA

Anaya, A. L., Mata, R., Rivero-Cruz, F., Hernández-Bautista, B. E., Chávez-Velasco, D., & Gómez-Pompa, A. (1999). *Journal of Chemical Ecology*, 25(1), 141–156.

Anaya, A. L. (1999). Allelopathy as a Tool in the Management of Biotic Resources in Agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(6), 697–739.

Ariana, A., Ebadi, R., & Tahmasebi, G. (2002). Laboratory evaluation of some plant essences to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). *Experimental & Applied Acarology*, 27(4), 319

Babu Joseph, M. A. D., & Kumar, V. (2008). Bioefficacy of plant extracts to control *Fusarium solani* f. sp. *melongenae* incitant of brinjal wilt. *Global Journal of Biotechnology & Biochemistry*, 3(2), 56-59.

Beltrán Villanueva, C. E., Díaz Castillo, F., & Gómez Estrada, H. (2013). Tamizaje fitoquímico preliminar de especies de plantas promisorias de la costa atlántica colombiana. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(4), 619-631.

Blanco, Y. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos tropicales*, 27(3), 5-16.

Castillo Mompié, A., Pascual Sanchez, Y. M., CunhaNune, L. C., de la Paz Lorente, C., & Cañete Aguila, F. (2014). Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de hojas y semillas de *Morinda citrifolia* L.(noni). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(4), 374-382.

Castillo, F., Hernández, D., Gallegos, G., Mendez, M., Rodríguez, R., Reyes, A., & Aguilar, C. N. (2010). In vitro antifungal activity of plant extracts obtained with alternative organic solvents against *Rhizoctonia solani* Kühn. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 324-328.

Chengxu, W., Mingxing, Z., Xuhui, C., & Bo, Q. (2011). Review on allelopathy of exotic invasive plants. *Procedia Engineering*, 18, 240-246.

Corzo Barragán, D. C. (2012). Evaluación de la actividad antimicrobiana del extracto etanólico. *Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas*, 43(3), 81-86

Crozier, A., Jaganath, I.B., Clifford, M.N. 2006. Phenols, polyphenols and tannins: an overview. In: Crozier, A., Clifford, M.N., Ashihara, H. (Eds.), *Plant Secondary Metabolites Occurrence Structure and Role in the Human Diet*. Blackwell Publishing, Chennai, India, pp. 1–24..

De Albuquerque MB, Dos Santos RC, Lima LM, Melo Filho PA, Nogueira RJMC, Da Câmara CAG, Ramos AR (2011) Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agron Sustain Dev*, 31: 379-395.

Franco Jiménez, J. C. (2021). Variación microclimática de metabolitos secundarios de *Epiphyllum oxypetalum* (DC.) Haw. (Cactaceae) en temporada de lluvia y de estiaje. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Instituto de Ciencias Biológicas. Tesis para la obtención del grado de Licenciatura en Biología. 67 pp.

García Mota, P. M. (2019). *Los senderos interpretativos, una herramienta para la educación ambiental en la Universidad de Quintana Roo* (Bachelor's thesis, Universidad de Quintana Roo).

García, Y. S., Arias, L. R., Espinosa, R. H., & Saavedra, M. A. (2010). Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólico, etéreo y acuoso de las hojas, tallos y flores de la *Helichrysum bracteatum*. *Química Viva*, 9(1), 40-45.

Gershenzon J, Dudareva N (2007) La función de los productos naturales de terpenos en el mundo natural. *Nature Chem Biol*, 3: 408–414.

Hassan, M. A. E., Bereika, M. F. F., Abo-Elnaga, H. I. G., & Sallam, M. A. A. (2009). Direct antimicrobial activity and induction of systemic resistance in potato plants against bacterial wilt disease by plant extracts. *The Plant Pathology Journal*, 25(4), 352-360.

Herrero M, Mendiola JA, Cifuentes A, Ibañez E. 2010. Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications- Review. *J. Chromatogr. A* 1217:2495-2511.

Javaid, A., Shafique, S., Kanwal, Q., & Shafique, S. (2010). Herbicidal activity of flavonoids of mango leaves against *Parthenium hysterophorus* L. *Natural product research*, 24(19), 1865-1875.

Jensen, C. G., & Ehlers, B. K. (2010). Genetic variation for sensitivity to a thyme monoterpene in associated plant species. *Oecologia*, 162(4), 1017-1025.

Kadioglu, I., & Yanar, Y. (2004). Allelopathic effects of plant extracts against seed germination of some weeds. *Asian J. Plant Sci*, 3(4), 472-475.

Kamaljit k. Sangha, Rajesh. k. Jalota. Value of Ecological Services of Exotic Eucalyptus tereticornis and Native Dalbergia sissoo Tree Plantations of North-Western India. Conservation and Society. 3, 192-109 (2005).

Kong C-H. Problems needed attention on plant allelopathy research. Chinese Journal of Applied Ecology, 1998,9(3):pp.332-

Kumar, R. 1992. Antinutritional factors. The potential risks of toxicity and the methods to alleviate them. In: Legumes trees and other fodder.

Langenheim JH (1994) Terpenoides vegetales superiores: una descripción fitocéntrica de sus funciones ecológicas. J Chem Ecol 20: 1223–1280

Lezcano, Y., Soca, M., Sánchez, L. M., Ojeda, F., Olivera, Y., Fontes, D., ... & Santana, H. (2012). Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, 35(3), 283-291.

Lovett, J. y Ryuntyu, M. (1992). Alelopatía: ampliación del contexto. En *Allelopathy* (pp. 11-19). Springer, Dordrecht.

Mittermeier RA, y Goettsch, C. Mega diversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo. 1997. Cemex, Ciudad de México.

Molisch, H. Der Einfluss eine Pflanze auf die andere: Allelopathie. Jena: Gustav Fischer, 1937, 106 p

Netzly, D. H., Riopel, J. L., Ejeta, G., & Butler, L. G. (1988). Germination stimulants of witchweed (*Striga asiatica*) from hydrophobic root exudate of sorghum (*Sorghum bicolor*). Weed Science, 36(4), 441-446.

Rabotnikof, C. M.; Petruzzi, H. J. and Stritzier, N. P. 2005. Implantación de pasturas de mijo perenne efecto del enmalezamiento con cebollin. Boletín de Divulgación Técnica. 88:05-07.

Raina, A., Bland, J., Doolittle, M., Lax, A., Boopathy, R., y Folkins, M. (2007). Efecto del extracto de aceite de naranja sobre la termita subterránea de Formosa (Isoptera: Rhinotermitidae). *Revista de entomología económica*, 100 (3), 880-885.

Rajendran, S., & Sriranjini, V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of stored products Research*, 44(2), 126-135

Reddy, D.V., (2001) Principles of Animal Nutrition and Feed Technology. Oxford IBM Publishing Company Pvt. Ltd., New Delhi

Reyes-Najar, A., Castro-Vargas, H. I., Rodríguez-Varela, L. I., Quijano-Celis, C. E., & Parada-Alfonso, F. (2011). Obtención de extractos de jengibre (*Zingiber officinale*) empleando CO<sub>2</sub> supercrítico. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(136), 381-385.

Rice, E. L. (1984). Allelopathy, 2nd. Ed. Orlando: Academic Press, 422 pp.

Robles-García, M. A., Aguilar, A. J., Gutiérrez-Lomelí, M., Rodríguez-Félix, F., Morales-Del-Río, J. A., Guerrero-Medina, P. J., ... & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2016). Identificación cualitativa de metabolitos secundarios y determinación de la citotoxicidad de extractos de tempisque (*Sideroxylum capiri* Pittier) /qualitative identification of secondary metabolites and cytotoxicity determination of tempisque extracts. *Sid. Biotecnia*, 18(3), 3-8.

Roca, L. B., Guzmán, B. H., Gómez, A. B., Sosa, E. H., Pérez, M. G., & Navarro, B. A. (2009). Caracterización física y tamizaje fitoquímico de la especie *Tagetes erecta* Lin. *Revista Cubana de química*, 21(2), 10-15.

Rodríguez, G. H.; Mederos, M. D. y Echevarría, S. I. 2002. Efectos alelopáticos de diferentes especies de plantas medicinales sobre la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de laboratorio. *Rev. Cub. Plantas Med.* 7(2):67-72.

Sampietro, D. A. (2002). Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Cátedra de Fitoquímica. Instituto de Estudios Vegetales "Dr. Antonio R. Sampietro" Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán Ayacucho On line: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/plantas/alelopatia.htm>.

Santos, R. C. D., Ferraz, G. D. M. G., Albuquerque, M. B. D., Lima, L. M. D., Melo Filho, P. D. A., & Ramos, A. D. R. (2014). Temporal expression of the sor1 gene and inhibitory effects of *Sorghum bicolor* L. Moench on three weed species. *Acta Botanica*

Slusarenko, A. J., Patel, A., & Portz, D. (2008). Control of plant diseases by natural products: Allicin from garlic as a case study. In *Sustainable disease management in a European context* (pp. 313-322). Springer, Dordrecht.

Smitha Patel P.A., S.C. Alagundagi and S.R. Salakinkop, (2013) The anti-nutritional factors in forages - A review. *Current Biotica*, 6(4): 516-526, 2013, ISSN 0973-4031.

Telma. (26 de 08 de 2017). Espacio de telma. Obtenido de Tajonal o Chimalacate (*Viguiera Dentata*): <https://telmajr.wordpress.com>

Trejo-Márquez, M. A., Vargas-Martínez, M. G., Sánchez-Soto, A., Vargas, A. A. L., Pascual-Bustamante, S., López, G. G., & González, A. G. V. (2015)

Tworowski, T. (2002). Herbicide effects of essential oils. *Weed science*, 50(4), 425-431

Umaru. H.A., Adamu. R., Dhiru. D., and Nadro. M.S., (2007) Levels of antinutritional factor in some wild edible fruits of northern Nigeria. *African J. of Biotechnology*. Vol.6 (16), pp. 1935-1938

Vélez-Terranova, M., Gaona, R. C., & Sánchez-Guerrero, H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 489-499.

Vilela, A. E., González Paleo, L., & Ravetta, D. A. (2011). Metabolismo secundario de plantas leñosas de zonas áridas: mecanismos de producción, funciones y posibilidades de aprovechamiento.

Vyvyan, J. R. (2002). Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. *Tetrahedron*, 58(9), 1631-1646.

Yaranga Zaga, L. (2015). Efecto biotóxico del extracto hidroalcohólico de las hojas y semillas de *Datura stramonium*

### **7.3 Potencial fitotóxico de extractos crudos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de *Macroptilium atropurpureum* y *Ballota nigra***

## **RESUMEN**

La alelopatía es un fenómeno basado en la liberación de metabolitos por las plantas, afectando el establecimiento de otras especies, favoreciendo su dominancia en los ecosistemas. Por lo anterior, las plantas alelopáticas son fuente potencial de bioherbicidas. Existen reportes de que las especies *Metopium brownei* y *Viguiera dentata*, nativas de la península de Yucatán, tienen efecto alelopático. Sin embargo, no se han evaluado sus extractos sobre especies arvenses nativas de la región. Por lo anterior, el presente estudio estuvo dirigido a determinar el efecto inhibitorio de extractos crudos acuosos y etanólicos obtenidos de distintos órganos de ambas especies, sobre la germinación y crecimiento *in vitro* de las arvenses *Macroptilium atropurpureum* y *Ballota nigra*, ambas de gran distribución y abundancia en la región. Para ello, se expusieron semillas de las dos especies de malezas a los extractos preparados en distintas dosis, determinándose pasados diez días el porcentaje de germinación presente en cada tratamiento. Los extractos acuosos de *M. brownei* tuvieron mayor efecto alelopático contra *M. atropurpureum*, inhibiendo hasta en un 80% su germinación a una dosis del 20%. De igual forma, los extractos etanólicos obtenidos a partir de frutos y hojas de *M. Brownei* y *V. dentata*, respetivamente, lograron la inhibición del 100% de la germinación de dicha arvense cuando se aplicaron a dosis del 20%. Por su parte, los extractos acuosos de *V. dentata* fueron los más efectivos contra *Ballota nigra*, inhibiendo su germinación al 100% tras aplicarse a dosis tan bajas como del 0.3%.

**Palabras claves:** bioherbicidas, malezas, inhibición de la germinación, extractos crudos.

## **ABSTRACT**

Allelopathy is a phenomenon based on the release of metabolites by plants, affecting the establishment of other species, favoring their dominance in ecosystems. Therefore, allelopathic plants are a potential source of bioherbicides. There are reports that the species *Metopium*

*brownei* and *Viguiera dentata*, native to the Yucatan Peninsula, have an allelopathic effect. However, their extracts on native weed species of the region have not been evaluated. Therefore, the present study was aimed at determining the inhibitory effect of crude aqueous and ethanolic extracts obtained from different organs of both species, on the germination and in vitro growth of the weeds *Macroptilium atropurpureum* and *Ballota nigra*, both of great distribution and abundance. in the region. To do this, seeds of the two weed species were exposed to the extracts prepared at different doses, determining the percentage of germination present in each treatment after ten days. The aqueous extracts of *M. brownei* had a greater allelopathic effect against *M. atropurpureum*, inhibiting its germination by up to 80% at a dose of 20%. Similarly, the ethanolic extracts obtained from the fruits and leaves of *M. Brownei* and *V. dentata*, respectively, achieved 100% inhibition of the germination of said weed when applied at a dose of 20%. On the other hand, the aqueous extracts of *V. dentata* were the most effective against *Ballota nigra*, inhibiting its germination 100% after applying doses as low as 0.3%.

**Keywords:** bioherbicides, weeds, germination inhibition, crude extracts.

## INTRODUCCIÓN

El control de malezas es uno de los grandes problemas para la agricultura. El uso constante de herbicidas ha alterado el medio ambiente y la biodiversidad (Wyse, 1994; Ozores-Hampton, 1998; Najul & Anzalone, 2006). La alta persistencia de los herbicidas de síntesis química más utilizados a nivel mundial ha provocado que se encuentren sus residuos en cuerpos de agua superficial y subterránea de Estados Unidos de América y han sido prohibidos en varios países de la Comunidad Europea (Hansen, et al., 2013).

Por otro lado, las plantas alelopáticas segregan compuestos secundarios que inhiben la germinación de otras especies (Garrido-Godino, 2019). Dichas especies se conocen como alelopáticas y resultan una fuente interesante de herbicidas orgánicos. Así, la alelopatía es un

fenómeno ecológico natural, que se conoce y maneja en la agricultura desde la antigüedad (Zeng, 2008; 2014).

Diversos extractos vegetales han demostrado ser efectivos, su obtención es de bajo costo y no contaminan al medio ambiente (Álvarez et al., 2013). Las sustancias con actividad alelopática son ácidos fenólicos, flavonoides, terpenoides, alcaloides y quinonas. Éstas se encuentran en todos los órganos de las plantas (Rabotnikof et al., 2005) y son liberadas por las plantas al medio ambiente a través de exudaciones radicales, lixiviación por el agua desde las partes aéreas, como compuestos volátiles y posterior a la descomposición de los residuos vegetales (Rabotnikof et al., 2005).

El efecto de los compuestos aleloquímicos sobre la germinación y el crecimiento puede suceder a través de la disminución de la actividad del crecimiento de las raíces e hipocótilo, eliminación de la actividad hormonal, inhibición de la fotosíntesis y de la respiración, reducción de la permeabilidad de las membranas y/o inhibición de la acción enzimática, entre otros mecanismos (Rice 1974; Céspedes et al. 2006).

De acuerdo a lo anterior, los metabolitos secundarios con efecto alelopático se han convertido en una fuente de nuevos herbicidas (Gliessman,2002; Robayo & Rodríguez, 2006). La realización de evaluaciones del potencial alelopático de especies nativas de las zonas agrícolas sobre las especies arvenses que afectan los cultivos resulta de interés si se desea desarrollar productos bioherbicidas eficaces.

Por ejemplo, los extractos de hojas de *Parthenium hysterophorus* actúan inhibiendo la germinación y desarrollo de la raíz de *Oryza sativa* L., *Zea mays* L. y *Triticum aestivum* L. (Maharjan et al., 2007). Por su parte, los extractos de hojas de mango (*Mangifera indica* L.) reducen la germinación y la longitud de los brotes y raíces de plántulas de *Parthenium hysterophorus* L (Javaid et al., 2010).

De igual forma, las plantaciones de árboles comerciales como *Eucalyptus* y *Pinus* liberan metabolitos secundarios que llegan al suelo e inhiben la germinación de arvenses (Espinosa-García et al. 2008; Zhang et al. 2010; Vokou et al. 2003).

En ese sentido, *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* han sido descritas por ser potencialmente alelopáticas (Anaya et al., 1999; Anaya, 1999; Anaya et al., 2001) pero no se han realizado estudios específicos para evaluar su efecto sobre malezas de la península de Yucatán. En estudios previos, se observó que *Macropodium atropurpureum* y *Ballota nigra* son especies arvenses muy abundante en las zonas cultivables de la región. Por tanto, se seleccionó como modelo de estudio para evaluar la fitotoxicidad de los extractos acuosos y etanólicos de *M. brownei* y *V. dentata*, mismos que en estudios preliminares, presentaron alta presencia de metabolitos secundarios con potencial alelopático. Los resultados obtenidos de este estudio se presentan y discuten a continuación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Obtención de las muestras.**

Las muestras de tejidos vegetales de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* se obtuvieron del rancho Xamantún, incluyendo muestras de hojas de plantas adultas, frutos, corteza, raíz y en el caso de *Viguiera dentata* hojas, flores, tallos y raíces. Cabe mencionar que cada muestra se colectó por separado, con el fin de no revolver las muestras colectadas. El material vegetal fue procesado el mismo día de su colecta, separando las diferentes estructuras vegetales para su secado y posterior análisis.

### **Desinfección**

Este proceso se realizó empleando una solución de hipoclorito de sodio al 5% durante 10 minutos para el lavado de las hojas. Hecho esto, se enjuagaron con abundante agua estéril y se procedió a su deshidratación. En cuanto las semillas evaluadas se utilizaron se les dio un previo tratamiento que este consistía en lavar en una solución de 250 ml formulada con hipoclorito de sodio al 5%, 8 gotas de detergente y 12 gotas del desinfectante comercial Microdyn (MR). El procedimiento de desinfección se realizó durante 15 a 20 minutos, en agitación continua en placa de agitación. Hecho lo anterior, se procedió a realizar cuatro lavados con agua estéril.

### **Deshidratación y obtención de los extractos.**

El material vegetal se deshidrató a una temperatura de 55°C en estufa de secado durante 3 días. Una vez deshidratadas las muestras, se trituraron y se maceraron en un matraz Erlenmeyer de

vidrio con 3 volúmenes (v/v) de etanol absoluto o agua, por 36 horas y a 4°C. Una vez terminado este procedimiento, las muestras tratadas con etanol se filtraron para proceder a la extracción por arrastre de vapor en rotavapor, empleando una temperatura de 70°C del baño y a 120 rpm. La obtención de los extractos acuosos se realizó retirando el material vegetal del macerado y filtrando los extractos. Ambos extractos fueron mantenidos en frascos ámbar y en refrigeración a 4°C hasta su uso.

### **Evaluación de la fitotoxicidad de los extractos mediante la técnica RSF**

Una vez obtenidos los extractos, se procedió a realizar la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI, por sus siglas en inglés) de la germinación de las semillas de la arvense. Para ello, se realizaron bioensayos con distintas concentraciones de los extractos en diluidos en agua estéril, aplicándose a discos de papel filtro y colocándolos en cajas Petri, en los que se dispusieron diez de las semillas a evaluar. Como control positivo se empleó pirocatecol a una concentración de  $5 \times 10^{-3}$  M disuelto en DMSO al 0.05% y como control negativo, agua estéril. La determinación del potencial fitotóxico se realizó registrando los datos de la medida de crecimiento del hipocótilo y raíz tras exponer a las semillas de las especies evaluadas por 10 días. Los datos se analizaron por ANOVA de una vía y la prueba de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), usando el software Infostat V. 2017.

## **RESULTADOS / DISCUSIÓN**

Se evaluaron los extractos acuosos y etanólicos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* en la germinación de *Macropitilium atropurpureum*. Los porcentajes de germinación obtenidos con las distintas dosis aplicadas se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Efecto alelopático de los extractos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de *Macroptilium atropurpureum*

	<i>Metopium brownei</i>				<i>Viguiera dentata</i>			
Concentración	Extracto Acuoso							
	Hoja	Fruto	corteza	Raíz	Hoja	Flor	Tallo	Raíz
C-	66±47.14 <sup>a</sup>	66±47.14 <sup>a</sup>	66±47.1 <sup>b</sup>	66±47.14 <sup>b</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <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>	46±41.09 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	83±16.99 <sup>ab</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>
0.5%	23±32.99 <sup>a</sup>	26±37.71 <sup>a</sup>	23±32.9 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	90±14.14 <sup>b</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>
1%	20±28.28 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	76±26.24 <sup>ab</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>
2.5%	43±41.09 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	33±32.9 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	83±23.57 <sup>ab</sup>	66±47.14 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	40±43.20 <sup>a</sup>
8%	13±18.85 <sup>a</sup>	23±37.71 <sup>a</sup>	23±32.9 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	93±9.42 <sup>b</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>
13%	40±43.20 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	50±40.8 <sup>a</sup>	50±40.82 <sup>a</sup>	73±37.71 <sup>ab</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	33±33.99 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>
20%	20±28.28 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	36±44.9 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	83±23. <sup>ab</sup>	40±43.20 <sup>a</sup>	46±33.99 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>
	Extracto Etanólico							
C+	66±42 <sup>a</sup>	66±41.89 <sup>a</sup>	66±41.89 <sup>a</sup>	66±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <sup>a</sup>	56±41.89 <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%	80±28 <sup>a</sup>	86±18.85 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	56±24.94 <sup>a</sup>	43±26.24 <sup>a</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>
0.5%	86±18 <sup>a</sup>	76±33 <sup>a</sup>	23±32.99 <sup>a</sup>	46±41.89 <sup>a</sup>	63±32.99 <sup>a</sup>	53±36.24 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>
1%	73±37 <sup>a</sup>	33±047.14 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	10±14.14 <sup>a</sup>	66±16.99 <sup>a</sup>	73±37.71 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>
2.5%	73±37 <sup>a</sup>	83±23.57 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	26±37.71 <sup>a</sup>	66±16.99 <sup>a</sup>	46±41.09 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>	43±41.89 <sup>a</sup>
8%	43±41 <sup>a</sup>	53±410 <sup>a</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	20±28.28 <sup>a</sup>	30±24.94 <sup>a</sup>	36±38.58 <sup>a</sup>	36±44.96 <sup>a</sup>	36±40.27 <sup>a</sup>
13%	50±40 <sup>a</sup>	33±47.140 <sup>a</sup>	46±41.09 <sup>a</sup>	26±37.14 <sup>a</sup>	10±16.32 <sup>a</sup>	53±24.94 <sup>a</sup>	46±41.06 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>
20%	63±44 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	63±44.96 <sup>a</sup>	13±18.85 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	33±47.14 <sup>a</sup>	36±40.27 <sup>a</sup>

Donde: <sup>abc</sup> Literales distintas indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05)

Los resultados indicaron que, de los extractos acuosos, los más efectivos en controlar la germinación de *Macroptilium atropurpureum* fueron los preparados a partir de hojas y frutos de *M. brownei*, suprimiéndola alrededor de un 80%. Sin embargo, no hubo diferencia estadística significativa entre los resultados obtenidos con los distintos extractos acuosos de las dos especies evaluadas. Por otro lado, los extractos etanólicos preparados a partir de hojas

de *V. dentata* y frutos de *M. brownei* fueron los más efectivos contra esta arvense, logrando suprimir su germinación al 100% cuando se aplicaron a una dosis del 20% de concentración.

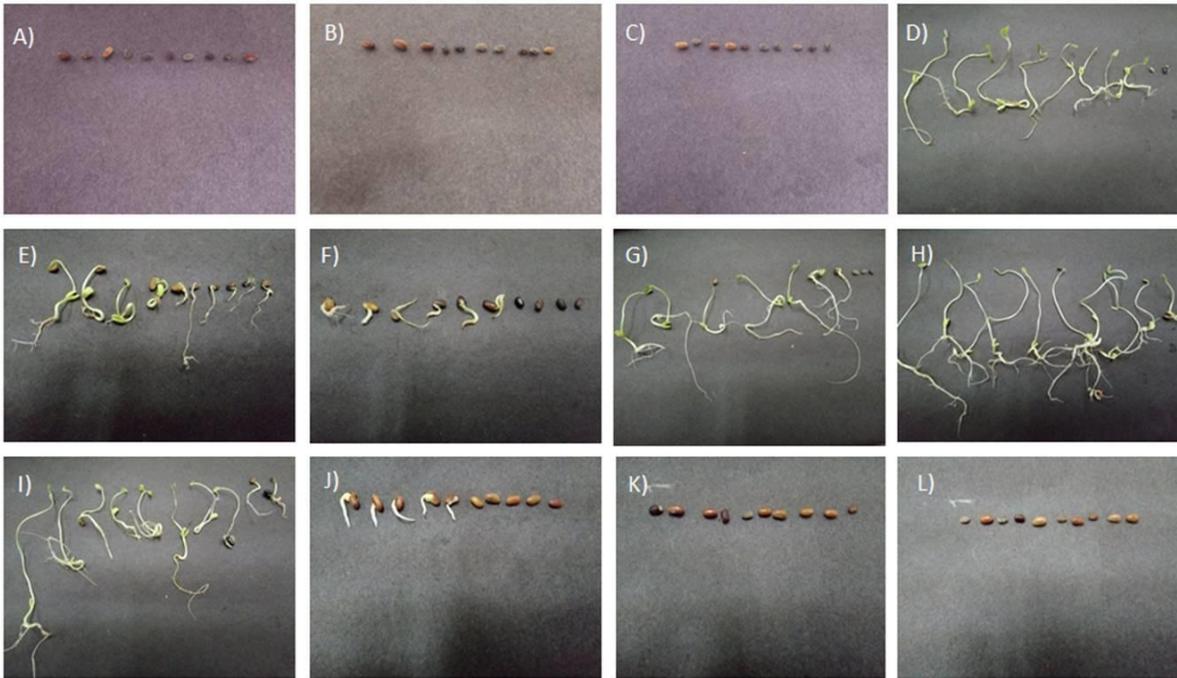
Estos resultados concuerdan con el efecto alelopático observado al aplicar a concentraciones elevadas, 25, 50 y 100%, el extracto acuoso preparado a partir de hojas de girasol (*Helianthus annuus*) sobre la germinación de *Setaria unguolata* y *Chenopodium mural* (Espejo et al., 2014).

Es importante resaltar que al evaluar los extractos acuosos de hojas de *Viguiera dentata* a dosis por encima del 0.3%, se observaron porcentajes de germinación superiores a los obtenidos en el Control (-), por lo que se presume que dicho extracto tiene potencial para promover la germinación.

Es común que los extractos acuosos aplicados a bajas dosis puedan tener efectos promotores de la germinación de semillas, como se reportó para los obtenidos a partir de hojas del corocillo (*Cyperus rotundus* L.), que favoreció la germinación de semillas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) cuando se aplicó a dosis de 0,5 y 1,0%. El mismo extracto podía funcionar como inhibidor cuando se aplicaba a dosis superiores, entre el 1,5 y 2,0% (Layne-Garsaball & Méndez-Natera, 2006).

De igual forma, como se puede observar en la Figura 1, los extractos acuosos de frutos y corteza de *M. brownei* promueven el desarrollo del hipocotilo y raíz.

En estudios similares, los extractos de *Cladonia verticillaris* al aplicarse a bajas dosis, no tuvieron efectos sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.); sin embargo, condujeron a modificaciones en el hipocótilo de las plántulas y el desarrollo de las raíces (Tigre et al., 2012). De forma contraria, los extractos de hojas y raíces de *Limnocharis flava* al aplicarse a altas dosis en semillas de arroz (*Oryza sativa*) reducían el alargamiento de la radícula y el causando retraso en el crecimiento de las plántulas (Ranawakage et al., 2014)



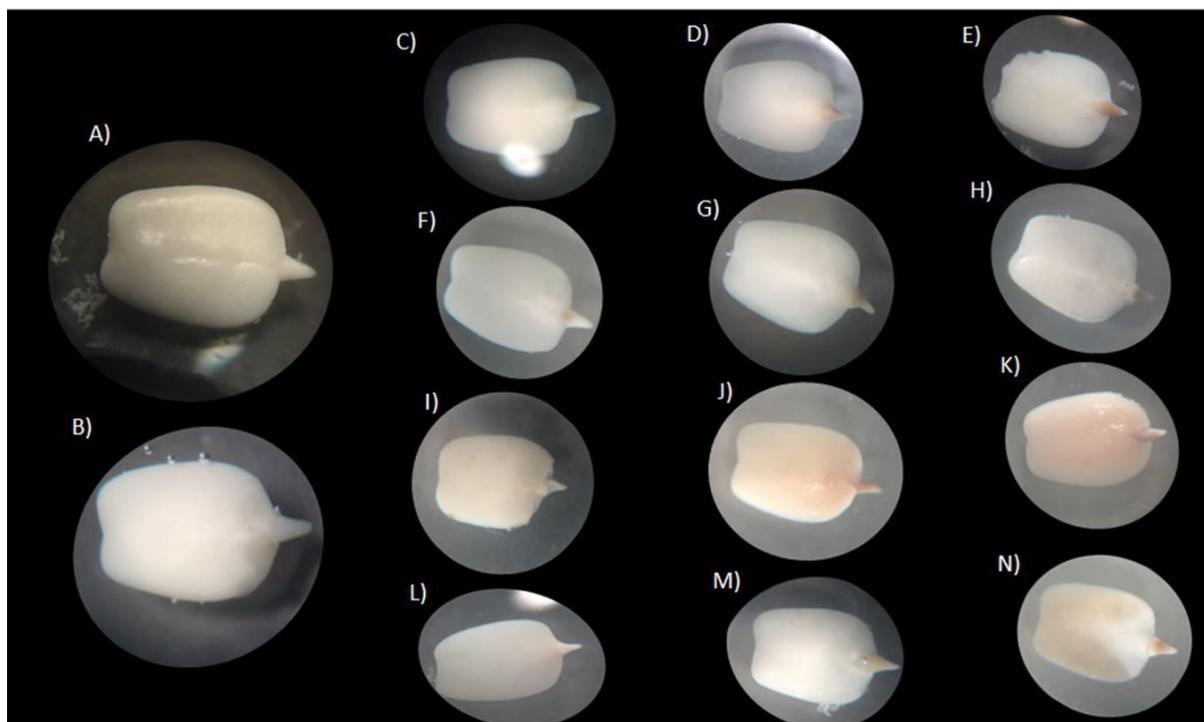
**Figura 1.** Efectos de los extractos acuosos de *V. dentata* en el desarrollo inicial de *Macropitilium atropurpureum*. Donde: hojas (H), Corteza(C), Flores (F) y Raíz (R) de *V. dentata*. El porcentaje indica la dosis evaluada del extracto. A) H8%, B) H15%, C) H20%; D) F8%, E) F15%, F) F20%, G) C8%, H) C15%, I) C20%, J) R8%, K) R1.5%, L) R20%.

Por su parte, como se puede observar en la Tabla 2, los extractos acuosos preparados a partir de *V. dentata* fueron altamente alelopáticos contra *Ballota nigra*, inhibiendo totalmente la germinación de sus semillas desde dosis del 0.3%. Con respecto a los extractos etanólicos, los obtenidos a partir de hojas, corteza y raíces de *Metopium brownei* presentaron mayor bioactividad (Figura 2), causando la fenolización de los embriones (Figura 2J, K). Sin embargo, los extractos de ambas especies evaluadas presentaron actividad inhibitoria de la germinación de *Ballota nigra* al 100% cuando se aplicaron a dosis superiores al 2.5%.

**Tabla 2.** Efecto alelopático de los extractos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre la germinación de *Ballota nigra*

	<i>Metopium brownei</i>				<i>Viguiera dentata</i>			
Concentración	Extracto Acuoso							
	Hoja	Fruto	corteza	Raíz	Hoja	Flor	Tallo	Raíz
C-	96±4.7b	96±4.7 <sup>a</sup>	96±4.7 <sup>a</sup>	96±4.7 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>
C+	0±0	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±23 <sup>a</sup>	36±44 <sup>a</sup>	36±44 <sup>a</sup>	30±42 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
0.5%	33±47 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>	70±42 <sup>a</sup>	23±32 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
1%	26±37 <sup>a</sup>	50±40 <sup>a</sup>	46±41 <sup>a</sup>	50±40 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
2.5%	20±28 <sup>a</sup>	63±44 <sup>a</sup>	63±44 <sup>a</sup>	30±42 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
8%	26±37 <sup>a</sup>	56±41 <sup>a</sup>	56±41 <sup>a</sup>	33±47 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
13%	23±32 <sup>a</sup>	40±43 <sup>a</sup>	36±44 <sup>a</sup>	10±14 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
20%	33±47 <sup>a</sup>	26±37 <sup>a</sup>	26±37 <sup>a</sup>	13±18 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>
	Extracto Etanólico							
C+	96±4.7 <sup>b</sup>	96 <sup>b</sup>	96 <sup>b</sup>	96 <sup>b</sup>	70±42 <sup>b</sup>	70±42 <sup>a</sup>	70±42 <sup>b</sup>	70±42 <sup>b</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%	0±0 <sup>a</sup>	13±18 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	13±18 <sup>a</sup>	40±43 <sup>a</sup>	20±28 <sup>ab</sup>	20±28 <sup>ab</sup>
0.5%	0±0 <sup>a</sup>	13±18 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	43±41 <sup>a</sup>	0±0 <sup>a</sup>	20±28 <sup>ab</sup>
1%	0±0 <sup>a</sup>	6±9 <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>
2.5%	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>
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>
13%	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>

Donde: <sup>abc</sup> Literales distintas indican diferencias estadísticamente significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P<0.05)



**Figura 2.** Efectos producidos por extractos etanólicos de diferentes concentraciones de *M. brownei* en la germinación de *B. nigra*. Donde: hojas (H), Corteza(C), Flores (F) y Raíz (R) de *V. dentata*. El porcentaje indica la dosis evaluada del extracto. A) Control+, B) Control-, C) H8%, D) H15%, E) H20%, F) F8%, G) F15%, H) 20%, I) C8%, J) C15%, K) C20%, L) R8%, M) R1.5%, N) R20%.

## CONCLUSIONES

En general, los extractos etanólicos obtenidos a partir de frutos de *M. brownei* y hojas de *V. dentata* fueron los más efectivos para inhibir la germinación de *Macroptilium atropurpureum*. De forma similar a otros extractos alelopáticos reportados en la literatura, los extractos acuosos preparados a partir de hojas de flores y hojas de *V. dentata* pueden promover la germinación de *M. atropurpureum*.

Por lo anterior, es importante destacar la importancia de las evaluaciones en laboratorio para establecer las dosis que en campo pudieran resultar promisorias para inhibir la germinación de semillas de las malezas de interés ya que, de caso contrario, podría promoverse su establecimiento.

Por otro lado, los extractos acuosos de *V. dentata* se postulan como la mejor alternativa para el manejo de *B. nigra*. Dado que *V. dentata* es una especie de interés para el sector apícola de la región, resulta de interés evaluar en trabajos futuros el potencial de los extractos acuosos preparados a partir de material vegetal seco colectado en campo; ya que de resultar efectivos aún a dosis más altas, representaría una excelente alternativa de aprovechamiento de la biomasa seca de esta especie sin afectar la producción de miel al cosechar la materia viva.

## LITERATURA CITADA

Anaya, A. L., Mata, R., Rivero-Cruz, F., Hernández-Bautista, B. E., Chávez-Velasco, D., & Gómez-Pompa, A. (1999). *Journal of Chemical Ecology*, 25(1), 141–156.

Anaya, A. L. (1999). Allelopathy as a Tool in the Management of Biotic Resources in Agroecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(6), 697–739.

Anaya, A.L., Espinosa-García, F. and Cruz-Ortega, R. eds., (2001). *Relaciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de su aplicación*. Plaza y Valdés

Álvarez López, c. l., Osorio vega, n. w., & Marín Montoya, Mauricio. (2013). Identificación molecular de microorganismos asociados a la rizosfera de plantas de vainilla en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2).

Céspedes, C.L., J.C. Marín, M Domínguez, L.G. Ávila & B. Serrato. (2006). Plant growth inhibitory activities by secondary metabolites isolated from Latin American flora. *Advances in Phytomedicine*, 2:373-410.

Espejo, M. R., Ruiz, J. C., & Williams, O. C. (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.

Espinosa-García, FJ; E Martínez-Hernández & A Quiroz-Flores. (2008) Allelopathic potential of Eucalyptus spp plantations on germination and early growth of annual crops. *Allelopathy J.* 21: 25-38

Hansen, A. M., Quintanilla, L. G. T., Pacheco, H. M., Canela, M. V., Márquez, L. C. G., Garcés, R. A. G., & Antonio, A. H. (2013). Atrazina: un herbicida polémico. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29, 65-84

Garrido-Godino, F. (2019). Evaluación del potencial herbicida de extractos de plantas y subproductos del cultivo del olivo en el control de flora arvense y ruderal.

Gliessman, S. R. (2002). Agroecológica; procesos ecológicos de la agricultura. Agronomía tropical de Investigación y enseñanza, Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza. Costa Rica, CATIE. 222 p.

Javaid, A., Shafique, S., Kanwal, Q., & Shafique, S. (2010). Herbicidal activity of flavonoids of mango leaves against *Parthenium hysterophorus* L. *Natural product research*, 24(19), 1865-1875

Layne-Garsaball, J. A., & Méndez-Natera, J. R. (2006). Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) CV. Arapatol S-15. *Idesia* (Arica), 24(2), 61-75.

Maharjan, S., Shrestha, B. B., & Jha, P. K. (2007). Allelopathic effects of aqueous extract of leaves of *Parthenium hysterophorus* L. on seed germination and seedling growth of some cultivated and wild herbaceous species. *Scientific World*, 5(5), 33-39

Najul, C., & Anzalone, A. (2006). Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la Caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). *Bioagro*, 18(2), 83-91.

Ozores-Hampton, M. (1998). Compost as an alternative weed control method: Municipal Waste Compost Production and Utilization for Horticultural Crops. *HortScience*, 33(6), 938-940

Rabotnikof, C. M.; Petruzzi, H. J. & Stritzier, N. P. (2005). Implantación de pasturas de mijo perenne efecto del enmalezamiento con cebollin. *Boletín de Divulgación Técnica*, 88:05-07

Ranawakage, V. P., Ellawala, K. C., & Chaminda, G. G. T. (2014). Root and leaf extract allelopathic effect of *Limnocharis flava* on seed germination and growth of rice. *World Journal of Agricultural Sciences*, 10(1), 14-17.

Rice, E. L. (1974). Allelopathy. New York: *Academic Press*, 353 pp

Robayo, D.y Rodríguez Y. (2006) Determinacion de la actividad aleloptica de extractos de *Swinqlia glutinosa* murray y *Piper aduncum* L. sobre germinacion de semillas de arvenses. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá.

Tigre, R. C., Silva, N. H., Santos, M. G., Honda, N. K., Falcao, E. P. S., & Pereira, E. C. (2012). Allelopathic and bioherbicidal potential of *Cladonia verticillaris* on the germination and growth of *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 84, 125-132.

Vokou, D., Douvli, P., Blionis, GJ y Halley, JM (2003). Efectos de los monoterpenoides, actuando solos o en pareja, sobre la germinación de las semillas y el posterior crecimiento de las plántulas. *Revista de ecología química*, 29 (10), 2281-2301.

Wyse, D. (1994). New technologies and approaches for weed management in sustainable agriculture systems. *Weed Technology*, 8: 403-407

Zhang, D. J., Zhang, J., Yang, W. Q., & Wu, F. Z. (2010). Potential allelopathic effect of *Eucalyptus grandis* across a range of plantation ages. *Ecological Research*, 25(1), 13-23.

Zeng, R. (2008). Alelopatía en la agricultura antigua y moderna china. En: *Alelopatía en agricultura y silvicultura sostenibles*, eds R. Zeng, A. Mallik y S. Luo (Nueva York: Springer New York Press), 39–59.

Zeng, RS (2014). Alelopatía: la solución es indirecta. *J. Chem. Ecol.* 40, 515–516.

## 8. CONCLUSIÓN

La realización del tamizaje fitoquímico de los extractos crudos obtenidos para *Metopium brownei* a partir de hojas, corteza y frutos permitió determinar la mayor presencia de metabolitos secundarios con potencial alelopático, como son las saponinas, lactonas, taninos, alcaloides, aminos y flavonas. En *V. dentata*, por su parte, la mayor cantidad de metabolitos secundarios se presentó en hojas y flores. De igual forma, los extractos etanólicos y acuosos fueron los que presentaron mayor abundancia de metabolitos secundarios, en comparación con los restantes solventes evaluados; por lo que se postula a dichas estrategias de extracción como las ideales para el aislamiento de compuestos bioactivos para ambas especies.

Los extractos acuosos y etanólicos de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* presentaron efecto alelopático eficaz para inhibir de la germinación de semillas de las tres especies de arvenses evaluadas.

En específico, los extractos etanólicos crudos obtenidos a partir de frutos de *M. brownei* y hojas de *V. dentata* fueron más eficientes para suprimir la germinación de *Senna uniflora* y *Macroptilium atropurpureum*. Finalmente, todos los extractos acuosos preparados a partir de material vegetal fresco de *V. dentata* resultaron fitotóxicos para *Ballota nigra*.

Dado que las preparaciones evaluadas resultaron ser fuente potencial de productos bioherbicidas de aplicación en el manejo de los agroecosistemas, resulta de especial interés caracterizar químicamente y de forma cuantitativa los metabolitos secundarios presentes en ambos extractos. Lo anterior, permitirá aislar los metabolitos alelopáticos y realizar ensayos más dirigidos con concentraciones bien definidas, lo que posibilitará el desarrollo de productos más eficaces para el manejo de las malezas.

## 9. ANEXOS

Evidencia del envío del artículo “Efecto alelopático de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre *Senna uniflora*” a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícola



Texcoco, Estado de México, 08 de octubre de 2021  
Núm. Ref.: 3015-21

**Dra. Norma Laura Rodríguez-Ávila**  
Tecnológico Nacional de México  
Presente

Por este medio le agradezco y acuso de recibido su manuscrito intitulado: “**Efecto alelopático de *Metopium brownei* y *Viguiera dentata* sobre *Senna uniflora***” cuyos autores (as) **Abigail Malerva-Díaz, Bernardino Candelaria-Martínez y Norma Laura Rodríguez-Ávila** que fue propuesto para su posible publicación a la Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Le notificamos que el texto inicial del manuscrito, autores (as) principal y los coautores(as), autor(a) para correspondencia no podrán alterarse y quedarán como se envía en esta versión.

Asimismo, me permito informarle que su contribución será enviada a revisión técnica por los árbitros que se designen en la REMEXCA, en caso de ser aceptado se le notificará sobre las observaciones correspondientes.

Agradezco su colaboración y le envío un cordial saludo.

Atentamente

JSAPlhPWpRZ6tXw+VhUyyg==EN0Xfy6BnNRYwvITqOd3FD5IFPo=

**Dra. Dora Ma. Sangerman-Jarquín**  
Editora en Jefa de la Revista  
Mexicana de Ciencias Agrícolas

ccp\* archivo  
DMSJ/igap

Carretera Los Reyes- Texcoco, km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56250  
E-mail: revista\_atm@yahoo.com.mx. Tel. 01 800 088 2222 Ext. 85353