

**Alelopatía de la maleza *Rottboellia
cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton sobre
otras plantas y el crecimiento *in vitro* de
hongos fitopatógenos**

Rosa María Soriano Ynfante

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Alelopatía de la maleza *Rottboellia cochinchinensis*
(Lour.) W.D. Clayton sobre otras plantas y el
crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Rosa María Soriano Ynfante

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Alelopatía de la maleza *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W.D. Clayton sobre otras plantas y el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos

Rosa María Soriano Ynfante

Resumen. La caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) es una maleza agresiva en potreros, cultivos tropicales y anuales. La caminadora tiene propiedades alelopáticas que pueden ser utilizadas para el control de otras malezas. En este estudio se evaluó el efecto alelopático de la caminadora en la germinación y crecimiento del repollo (*Brasica oleracea*), remolacha (*Beta vulgaris*) y rábano (*Raphanus sativus*), el efecto de extractos de caminadora en la germinación de verdolaga (*Portulaca oleracea*) y el efecto antifúngico en el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos. Se evaluó la alelopatía con los tratamientos: a) suelo sin colonizar por caminadora, b) suelo sin colonizar por caminadora + agua hirviendo, c) suelo sin colonizar por caminadora + agua lixiviada de suelo colonizado por caminadora, d) suelo colonizado por caminadora + agua hirviendo y e) suelo colonizado por caminadora. Hubo reducción del crecimiento en suelo colonizado, pero no hubo reducción de la germinación de las tres hortalizas. Se evaluó el efecto de cuatro extractos de caminadora (control, licuado de follaje de hojas jóvenes, solución con hojas secas trituradas y mantillo de hojas verdes picadas) en la germinación de *Portulaca oleracea*. El mantillo redujo 86% la germinación, el licuado de hojas jóvenes 50% y la solución con hojas secas trituradas 60%. Se evaluó el efecto antifúngico de un extracto de hojas de caminadora en el crecimiento de *Pestalotia* sp., *Fusarium* sp. y *Dothiorella* sp.; no se observó inhibición del crecimiento de los hongos. La caminadora tiene alelopatía sobre otras plantas, pero no afectó el crecimiento de los hongos fitopatógenos evaluados.

Palabras clave: Caminadora, extractos, germinación, mantillo.

Abstract. Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) is an aggressive weed in pastures, tropical and annual crops. Itchgrass has allelopathic properties that can be used to control other weeds. In this study was evaluated the allelopathic effect of itchgrass in the germination and growth of cabbage (*Brasica oleracea*), beet (*Beta vulgaris*) and radish (*Raphanus sativus*), the effect of itchgrass extracts in the germination of purslane (*Portulaca oleracea*) and antifungal effect in the growth of plant pathogenic fungi. The allelopathy of the itchgrass was evaluated with: (a) soil without colonizing by itchgrass, (b) soil uncolonized by itchgrass boiling water, (c) soil uncolonized by itchgrass water leached from soil colonized by itchgrass, (d) soil colonized by itchgrass boiling water and e) soil colonized by itchgrass. Growth reduction was observed in colonized soil, but there was no reduction in the germination of the three vegetables. We evaluated the effect of four extracts of itchgrass (control, liquefied foliage of young leaves, solution with dried leaves crushed and mulch of green leaves) in the germination of *Portulaca oleracea*. The mulch reduced 86% germination, the blending of young leaves 50% and the solution with dry leaves crushed 60%. We assessed the antifungal effect of an extract of itchgrass leaves in the growth of *Pestalotia* sp., *Fusarium* sp. and *Dothiorella* sp.. No inhibition of fungal growth was observed. Itchgrass exerts allelopathy on other plants but did not affect the growth of plant pathogenic fungi.

Key words: Itchgrass, extracts, germination, mulch.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Efecto alelopático de suelos colonizados y sin colonizar por caminadora (<i>Rottboellia conchinchinensis</i>) en el porcentaje de germinación de tres hortalizas.	6
2. Efecto alelopático de suelos colonizados y sin colonizar por caminadora (<i>Rottboellia conchinchinensis</i>) en el crecimiento (peso en gramos de materia seca) de tres hortalizas.	8
3. Efecto de extractos de caminadora (<i>Rottboellia conchinchinensis</i>) en la germinación de <i>Portulaca oleracea</i>	11

Figuras	Página
1. Muestra de rábano de los cinco tratamientos.	9
2. <i>Pestalotia</i> sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.	12
3. <i>Fusarium</i> sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.	12
4. <i>Dothiorella</i> sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.	13

1. INTRODUCCIÓN

Malezas son todas las plantas que interfieren con el desarrollo de un cultivo y por tanto, su adecuado manejo es necesario para obtener buenos rendimientos (FAO 1996). Las malezas en la agricultura provocan pérdidas económicas considerables por su nivel de competitividad con los cultivos, por ejemplo en cereales se estimaron pérdidas de cientos de millones de toneladas para la década de los 90 (Núñez 2006).

La caminadora (*Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. D. Clayton) es una gramínea anual originaria de Asia tropical, que fue introducida en América y África tropical (Valverde 1992). Es una de las malezas más agresivas en potreros, cultivos tropicales y cultivos anuales. El factor limitante para el desarrollo de la caminadora debajo de los 1,300 m es la humedad y la temperatura dependiendo de la altitud (Rojas 2010). La producción de semillas varía de acuerdo a las condiciones ambientales y oscila entre 2,200 y 16,000 semillas por planta. Las semillas tienen un período de latencia muy variable y su germinación es inducida cuando se disturba el suelo (Valverde 1992).

La caminadora ejerce gran competencia contra otras plantas y puede provocar pérdidas de hasta 80% de la producción; en casos extremos, incluso el abandono del terreno agrícola. Una vez el lugar ha sido infestado con caminadora, se convierte en un problema de importancia por su rápido crecimiento y la alta cantidad de semillas que produce. En el cultivo de caña de azúcar y maíz se registran las mayores pérdidas por esta maleza y el punto crítico para su control es la fácil diseminación de sus semillas mediante el agua, maquinaria agrícola, ganado y pájaros (Valverde 1992).

Debido a su convivencia con los cultivos, las malezas han coevolucionado para su supervivencia, desarrollando aleloquímicos que inhiben el desarrollo de otras especies (Ormeño et al. 1999). Estas características inhibitorias ejercidas por una especie sobre otra se conoce como alelopatía (Sampietro 1994). La alelopatía es utilizada en el manejo integrado de malezas como una alternativa sostenible y práctica (Blanco 2006). Los efectos alelopáticos son causados por metabolitos secundarios provenientes de los procesos fisiológicos de las plantas y su producción usualmente está asociada a factores ambientales. Los principales factores son la región y época del año; luz, deficiencias de minerales y exposición a sequía (Pitty 1997). La naturaleza química de los metabolitos es muy variable y va desde compuestos alifáticos hasta alcaloides (Sampietro 2007).

Las reacciones alelopáticas constan de múltiples efectos que pueden ser de estimulación o inhibición del crecimiento en las plantas vecinas. Los extractos acuosos de plantas tienen alto potencial en la estimulación o inhibición en ciertos cultivos por la capacidad del agua

de extraer los aleloquímicos de las plantas lo que permite aumentar las concentraciones de metabolitos (Blanco 2006).

Se ha confirmado la capacidad alelopática de la caminadora sobre plantas de diferentes especies. En Tailandia los pequeños agricultores utilizan el follaje de caminadora como control de malezas, colocándolas en los surcos para que se descompongan (Meksawat y Pornprom 2010). Utilizar los efectos alelopáticos de la caminadora para el control de otras especies de malezas puede ser una estrategia en el manejo integrado de malezas, permitiendo aprovechar los mecanismos que ha desarrollado la planta para tomar ventaja sobre otras especies.

Así también, se ha demostrado el efecto antifúngico de ciertos extractos vegetales mediante aplicaciones foliares y de suelo. Una evaluación *in vitro* del efecto de una mezcla de muestras de hojas frescas (*Lepidium virginicum* L. y *Ocimum basilicum* L.) semillas maceradas (*Azadirachta indica* A. Juss., *Ricinus communis* L.) y bulbos de ajo (*Allium sativum* L.) inhibieron el desarrollo de *Phytophthora infestans* y *Sclerotium rolfsii* durante los primeros 7 días (Zapata et al. 2003). Para otro estudio se realizó un análisis de cáscaras de *Byrsonima crassifolia* en el crecimiento micelial de *Fusarium solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* y se observó un control de crecimiento a diferentes concentraciones (Andrade et al. 2017). También se evaluó la actividad antifúngica de aceites esenciales, extractos de etanol y extractos de agua fría de 13 plantas contra *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora infestans*. Los resultados de este estudio se compararon con la eficiencia de fungicidas sintéticos y demostraron inhibición del crecimiento (Dakole et al. 2016).

Los objetivos de este estudio fueron:

- Determinar el efecto alelopático de la caminadora en la germinación y crecimiento de rábano, repollo y remolacha.
- Determinar el efecto alelopático de la caminadora sobre *Portulaca oleracea* con extractos del follaje de caminadora.
- Determinar el efecto de los metabolitos de caminadora en el crecimiento de hongos fitopatógenos en medios de cultivo sintéticos.

2. METODOLOGÍA

Se realizaron tres experimentos:

Evaluación de la alelopatía de la caminadora en la germinación de repollo, rábano y remolacha.

Se localizó un terreno (latitud 14°01' Norte y longitud 86°59' Oeste) en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, colonizado por caminadora y se tomó suelo de los primeros 10 cm. En el mismo lugar, a unos 15 m de la primera toma, se recolectó suelo sin colonizar.

Se determinó la densidad de semillas de caminadora en los terrenos recolectados. Para esto se tamizó el suelo en seco y mojado, luego el suelo restante del tamizado se colocó en agua para asegurarse que no quedaran semillas. En la muestra se determinó una densidad de 275 semillas en 0.0108 m³ (macetero 30 × 30 × 12 cm) para el terreno con caminadora y en la muestra del terreno sin caminadora no se encontró ninguna semilla.

Se llenaron dos maceteros (30 × 30 × 12 cm) con suelo colonizado por caminadora y se lixiviaron con 30 L de agua a fin de extraer sustancias que la maleza pudiese liberar en el suelo, posteriormente, el agua se usó para los tratamientos. Para cada tratamiento se usaron cinco maceteros, sembrados con 50 semillas de tres hortalizas: repollo (*Brasica oleracea* var. capitata), remolacha (*Beta vulgaris*) y rábano (*Raphanus sativus*).

Tratamientos.

- Suelo sin colonizar por caminadora.
- Suelo sin colonizar por caminadora regado con 2 L de agua hirviendo lixiviada del suelo colonizado por caminadora.
- Suelo sin colonizar por caminadora regado con 2 L de agua lixiviada del suelo colonizado por caminadora.
- Suelo colonizado por caminadora regado con 2 L de agua hirviendo lixiviada del suelo colonizado por caminadora.
- Suelo colonizado por caminadora.

A los 14, 18 y 24 días después de la siembra se contaron las plantas germinadas de rábano, repollo y remolacha, respectivamente. Los datos obtenidos se expresaron como porcentaje de germinación. Estos datos fueron convertidos al arcoseno como normalización para correr el análisis estadístico.

Estas plantas fueron secadas en un horno por 24 horas a temperatura entre 45 y 55 °C. Para asegurar que las plantas estuviesen totalmente secas después de las 24 horas en el horno, se pesaron las plantas y se colocaron en el horno nuevamente para pesarlos una hora después, si la segunda vez que se pesaron, las plantas tenían el mismo peso, se consideraron secas.

Diseño experimental. Se usó un diseño de bloques completamente aleatorizados (BCA), con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza mediante la prueba de medias de Duncan con una probabilidad $P \leq 0.05$. Se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4.

Evaluación de extractos de caminadora en la germinación y crecimiento de *Portulaca oleracea*.

Se colectaron plantas de caminadora en estado vegetativo para los tres tratamientos y se le cortó la raíz y la parte más gruesa del tallo para utilizar únicamente el follaje. Se recolectó suelo para los cuatro tratamientos del terreno destinado a las parcelas de estudiantes de primer año en Zamorano (latitud 4°00'58" Norte y longitud 87°00'19" Oeste) que no está colonizado por caminadora.

Tratamientos.

- Control (agua): se aplicaron 2 L de agua en los cinco maceteros.
- Licuado de follaje joven de caminadora: se pesaron 1,200 g de hojas de caminadora y se colocaron en una licuadora industrial con 10 L de agua. El mismo día se aplicaron 2 L del extracto en cinco maceteros.
- Solución con hojas de caminadora secas trituradas: se secaron hojas de caminadora por una semana a temperatura entre 50 y 60 °C, luego se trituraron en una licuadora casera, de lo que resultaron partículas entre 0.2 a 1.0 cm. Se pesaron 400 g de este material y se mezclaron con 10 L de agua. Se dejó reposar por dos horas y se aplicaron 2 L del extracto en cinco maceteros.
- Mantillo de hojas de caminadora picadas: se cortaron hojas verdes de caminadora en segmentos de 2.0 a 3.0 cm y se colocaron en los maceteros en tres capas cubriendo la totalidad del suelo.

A los 23 días de la aplicación de los extractos se contaron e identificaron todas las malezas presentes en los tratamientos. Sin embargo, solo se evaluó el efecto de los tratamientos en *Portulaca oleracea* porque esta maleza era dominante en el terreno.

Diseño experimental. Se usó un diseño de bloques completamente aleatorizados (BCA), con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza mediante la prueba de medias de Duncan con una probabilidad $P \leq 0.05$. Se utilizó el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4.

Evaluación del efecto de los metabolitos de caminadora en el crecimiento de tres hongos fitopatógenos en dos medios de cultivo sintéticos.

Elaboración de extracto de caminadora. Se recolectaron 15 g de hojas de caminadora en estado vegetativo y se desinfectaron con una solución de cloro al 0.1%. Se cortaron las hojas en segmentos de 1.0 a 2.0 cm y se colocaron 4 g del material en un motero para pulverizarlo con nitrógeno líquido.

Con el material pulverizado se preparó una solución madre del extracto. Con 4 g del material pulverizado, 8 mL de agua y 4 mL de DMSO. El DMSO (dimetilsulfóxido) es un disolvente orgánico usado para estabilizar los metabolitos de la solución y reducir los riesgos de contaminación del extracto.

Preparación de los medios de cultivo. Se utilizaron dos medios de cultivo: agar agua (AA) y agar V8 acidificado (V8ac). Estos medios fueron utilizados por su diferencia de nutrientes, el AA sin nutrientes y el V8ac con nutrientes.

De una preparación de 500 mL de medio de cultivo se dividió en botes con 75 mL para añadir el extracto de la solución madre en el medio con las siguientes dosis:

Concentración 1: 0.1 mL del extracto en 75 mL de medio

Concentración 2: 0.5 mL del extracto en 75 mL de medio

Concentración 3: 1.0 mL del extracto en 75 mL de medio

Para el control de DMSO se elaboró una solución 1:1 con agua destilada estéril y DMSO. Se aplicó las mismas dosis de los tratamientos del extracto.

El testigo absoluto fueron los medios de cultivo sin ninguna modificación.

Inoculación de hongos. Se inocularon tres hongos fitopatógenos: *Fusarium* sp. (aislado de okra), *Pestalotia* sp. (aislado de fresa) y *Dothiorella* sp. (aislado de mango) en AA. Después de 7 días se transfirieron pequeños trozos del material colonizado por el hongo en AA a todos los tratamientos.

Evaluación de crecimiento. Al tercer y sexto día después de la siembra se evaluó el crecimiento de los hongos en cada tratamiento. Se estimó visualmente el porcentaje de confluencia representado como el porcentaje del crecimiento del hongo en relación al tamaño del plato Petri. Se tomaron fotografías de las observaciones.

Al no observar inhibición del crecimiento en ninguno de los hongos en los tratamientos, se obviaron otras repeticiones.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la alelopatía de la caminadora en la germinación de repollo, rábano y remolacha.

Germinación. La germinación de las semillas de rábano, repollo y remolacha no fue reducida en suelo colonizado por la caminadora, comparado con el suelo sin colonizar ($P \geq 0.05$). Tampoco hubo efecto cuando se le añadió agua hirviendo lixiviada al suelo colonizado o sin colonizar. No hubo reducción de la germinación cuando se le añadió agua lixiviada de un suelo colonizado por caminadora al suelo sin colonizar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto alelopático de suelos colonizados y sin colonizar por caminadora (*Rottboellia conchinchinensis*) en el porcentaje de germinación de tres hortalizas.

Suelo	Especie		
	Rábano	Repollo	Remolacha
Sin colonizar por caminadora	88	88	76
Sin colonizar por caminadora + agua hirviendo lixiviada de suelo colonizado por caminadora	88	88	76
Sin colonizar por caminadora + agua lixiviada de suelo colonizado por caminadora	87	94	69
Colonizado por caminadora + agua hirviendo lixiviada de suelo colonizado por caminadora	84	90	79
Colonizado por caminadora	93	93	75
R2	0.4641	0.1414	0.2618
Coefficiente de variabilidad	8.9440	17.2586	30.0350
Probabilidad	0.1189	0.9573	0.9138

La germinación no se redujo en suelo colonizado por caminadora ni en suelo al que se le agregó agua hirviendo o agua lixiviada de un suelo colonizado por caminadora. Es probable que la cantidad de metabolitos de caminadora en el suelo no era suficientemente alta para afectar los procesos enzimáticos que causan la germinación (Arévalo et al. 2009). Otra explicación es que los compuestos alelopáticos que puede tener la caminadora no afectan la germinación de rábano, repollo ni remolacha.

El resultado de este experimento concuerda con una evaluación del efecto de extractos del bulbo de coyolillo (*Cyperus rotundus*) en la germinación de caña (*Saccharum officinarum*) donde los extractos no redujeron la germinación en lo absoluto, pero redujeron significativamente el crecimiento (Arévalo et al. 2009). En un estudio parecido se evaluó la capacidad inhibitoria de suelos plantados con caminadora y otras plantas simultáneamente; ellos observaron inhibición para la germinación de *Bidens pilosa* y *Lactuca sativa*, mientras que las especies *Mimosa pudica* y *Oryza sativa* L. var. RD germinaron en un 100% (Meksawat y Pornprom 2010). En ese estudio se evaluaron plantas vivas de caminadora en convivencia con las malezas y en nuestro estudio se evaluó la alelopatía del residuo de la caminadora. Además, autores afirman que *Oryza sativa* tiene propiedades alelopáticas (Ferrero 2004; Belz 2007). También se ha reportado que *Oryza sativa* puede ser susceptible al efecto de especies como *Lagascea mollis* (Murillo et al. 2005) y *Mimosa pudica* afectada por las propiedades alelopáticas de *Ocimum americanum* (Filho et al. 2009). Tomando en cuenta los resultados de esos estudios, se puede inferir que es probable que la caminadora no ejerza un efecto alelopático sobre estas especies o las cantidades de metabolitos presentes en el suelo fueron muy bajas como para reducir la germinación.

Crecimiento. El crecimiento de rábano, repollo y remolacha fue reducido por los suelos colonizados por caminadora, comparado con los suelos sin colonizar ($P \leq 0.05$) (Cuadro 2). El menor crecimiento del rábano fue en los tratamientos de suelo colonizado (1.9 g) y colonizado + agua lixiviada hirviendo (2.1 g). El crecimiento de rábano fue mayor en los tratamientos en suelo sin colonizar por caminadora (3.6 g). y sin colonizar + agua lixiviada hirviendo (3.6 g). El peso se redujo en el tratamiento de suelo sin colonizar + agua lixiviada (3.0 g). El rábano puede ser de las especies evaluadas, la más susceptible a los metabolitos de caminadora (Figura 1).

Cuadro 2. Efecto alelopático de suelos colonizados y sin colonizar por caminadora (*Rottboellia conchinchinensis*) en el crecimiento (peso en gramos de materia seca) de tres hortalizas.

Suelo	Especie		
	Rábano	Repollo	Remolacha
Sin colonizar por caminadora	3.6 a [§]	2.3 ab	1.9 ab
Sin colonizar por caminadora + agua hirviendo lixiviada de suelo colonizado por caminadora	3.6 a	2.6 a	2.4 a
Sin colonizar por caminadora + agua lixiviada de suelo colonizado por caminadora	3.0 b	2.0 bc	1.6 bc
Colonizado por caminadora + agua hirviendo lixiviada de suelo colonizado por caminadora	2.1 c	1.8 c	2.4 a
Colonizado por caminadora	1.9 c	1.9 bc	1.2 c
R2	0.8400	0.5304	0.6705
Coefficiente de variabilidad	14.2947	17.3897	25.3028
Probabilidad	<.0001	0.0157	0.0040

[§]Los promedios que comparten la misma letra en la columna no tienen diferencia significativa.

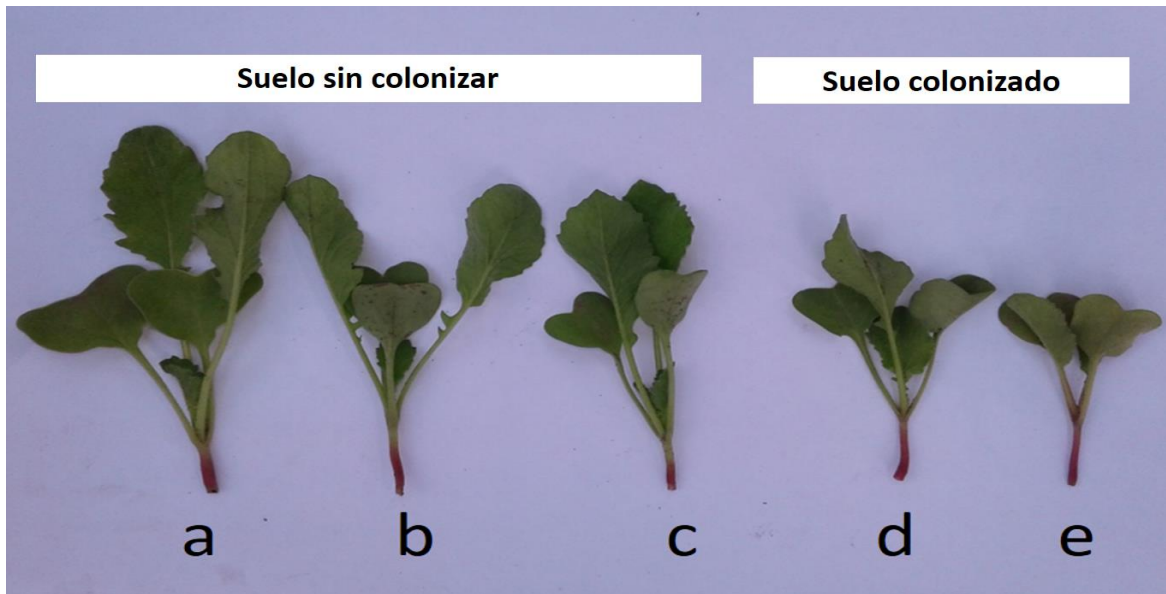


Figura 1. Muestra del crecimiento de rábano en los cinco tratamientos. **a.** Sin colonizar por caminadora, **b.** Sin colonizar por caminadora + agua lixiviada hirviendo, **c.** Sin colonizar por caminadora + agua lixiviada de suelo colonizado por caminadora, **d.** Colonizado por caminadora + agua lixiviada hirviendo y **e.** Colonizado por caminadora.

El repollo presentó menor crecimiento en los tratamientos de suelo colonizado (1.9 g) y colonizado + agua lixiviada hirviendo (1.8 g). El mayor crecimiento fue en los tratamientos de suelo sin colonizar por caminadora (2.3 g) y sin colonizar + agua lixiviada hirviendo (2.6 g). En el tratamiento de suelo sin colonizar + agua lixiviada se redujo el peso (2.0 g). Sin colonizar por caminadora + agua lixiviada de suelo colonizado por caminadora. Repollo y rábano son de la familia brassicaceae y presentan el mismo patrón de susceptibilidad.

Los resultados del tratamiento de suelo sin colonizar + agua lixiviada de suelo colonizado indican que los metabolitos que libera la caminadora en el suelo podrían ser solubles porque pueden ser extraídos con agua y siguen teniendo efecto en el crecimiento (Kim et al. 2003). Las sustancias alelopáticas tienen diferentes mecanismos de acción. Algunos de estos mecanismos son: inhibir la asimilación de nutrientes mediante la alteración de los procesos metabólicos de las plantas, limitar la función de hormonas responsables del crecimiento como las giberelinas y ácido indolacético, afectar el transporte de electrones en el proceso de fotosíntesis, así como inhibir la respiración de las raíces o alterar la permeabilidad de la membrana celular (Almeida 1988).

En remolacha, el menor crecimiento fue en suelo colonizado (1.2 g), seguido de suelo sin caminadora regado con agua lixiviada (1.6 g) y suelo sin colonizar (1.9 g). En los tratamientos de suelo colonizado y sin colonizar regados con agua lixiviada hirviendo, la remolacha presentó el mayor crecimiento (2.4 g) (Cuadro 2). Un mayor crecimiento en estos dos tratamientos pudo ser ocasionado por el efecto que tiene el agua hirviendo en la actividad enzimática y bacteriana en el suelo que por consiguiente mejora el desarrollo de las plantas. Algunas plagas de suelo son sensibles a tratamientos térmicos y por esto cada

vez se utilizan con más frecuencia este tipo de tratamientos, que no son diferentes a lo realizado en nuestro experimento (Moreno 2005; Braga et al. 2003).

Los resultados de este experimento concuerdan con una evaluación de la interferencia de plantas de caminadora en el crecimiento de soya (*Glycine max*) sembrada a diferentes distancias donde observaron que a medida que la soya fue sembrada más cerca de la maleza, se redujo significativamente su crecimiento. En ese experimento también se evaluó el efecto de la caminadora creciendo de manera simultánea con la especie susceptible (Lejeune et al. 1994; Meksawat y Pornprom 2010). Las propiedades alelopáticas de la caminadora pueden inhibir el crecimiento de rábano, repollo, remolacha y es probable que, en suelos con presencia de caminadora viva la germinación y crecimiento presente una mayor reducción.

Evaluación de extractos de caminadora en la germinación y crecimiento de *Portulaca oleracea*.

Los tres tratamientos presentan efecto en la germinación y hubo una alta correlación con los resultados ($R^2=0.89825$). En el tratamiento control, donde solo se aplicó agua en los maceteros, fue mayor la germinación que en los tratamientos de follaje joven de caminadora, solución de hojas secas trituradas y mantillo de hojas picadas. En comparación con el control, el licuado de follaje redujo 50% la germinación, la solución de hojas secas trituradas 60% y el mantillo 86%. El efecto del licuado de hojas jóvenes de caminadora y solución con hojas de caminadora secas trituradas no presentan diferencia significativa entre ellos y sí con el tratamiento de mantillo, donde hubo menor germinación de *Portulaca oleracea* (Cuadro 3).

Los metabolitos elaborados en la fotosíntesis de las plantas se encuentran en gran cantidad en las hojas por lo que estas son un buen segmento vegetativo para elaboración de extractos para control de malezas (Samprieto 2007). Los extractos acuosos tienen una liberación rápida de sustancias por el proceso de dilución, pero se pierde contenido por lixiviación, cosa que no sucede cuando se coloca un mantillo en el suelo.

Los resultados de este experimento concuerdan con una evaluación del efecto de extractos acuosos de caminadora en la germinación de algunas plantas, observaron una reducción en germinación y crecimiento de *Bidens pilosa*, *Echinochloa crus-galli*, *Lactuca sativa* y ningún efecto en *Oryza sativa* L. var. RD. En ese experimento también probaron el efecto de incorporar hojas de caminadora, lo que resultó en reducción de la germinación de varias malezas (Meksawat y Pornprom 2010). Otros autores también afirman que el arroz también tiene propiedades alelopáticas (Ranagalage et al. 2014; Kato-Noguchi 2008). Éstas características hacen muy probable que los metabolitos de otra gramínea no le afecten.

El efecto inhibitorio del mantillo puede ser por dos razones: liberación de sustancias de las hojas y la cobertura provista por la capa de hojas, funcionando como barrera física y sombra. Estos resultados también concuerdan con un experimento donde se utilizaron residuos secos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) y estos inhibieron la germinación de *Echinochloa crus-galli*, rábano, cebolla (*Allium cepa*) y zanahoria (*Daucus*

carota) (Tejeda y Rodríguez 2008). En otro experimento, se evaluó el efecto de la sombra en *Portulaca oleracea* y obtuvieron que en un ambiente de sombra se reduce considerablemente el área foliar de la maleza (Páez et al. 2007). Del mismo modo, una evaluación del control de malezas con cobertura vegetal sin considerar efectos alelopáticos presentó inhibición de crecimiento (Najull y Anzalone 2006).

Cuadro 3. Efecto de extractos de caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*) en la germinación de *Portulaca oleracea*.

Tratamientos	No. de plantas	Reducción de germinación (%)
Control	234 a [§]	0
Licuada de follaje joven de caminadora	116 b	50
Solución con hojas secas trituradas	94 b	60
Mantillo de hojas de caminadora picadas	33 c	86
R2	0.8982	
Coefficiente de variabilidad	26.9916	
Probabilidad	<.0001	

[§]Los promedios que comparten la misma letra en la columna no tienen diferencia significativa.

Evaluación del efecto de los metabolitos de caminadora en el crecimiento de tres hongos fitopatógenos en dos medios de cultivo sintéticos.

No se observó inhibición del crecimiento de los hongos en ninguno de los tratamientos. En el caso de agar agua, la presencia del extracto de caminadora promueve el crecimiento de los hongos posiblemente por el aporte de nutrientes del extracto (Figuras 2-4).

Los hongos presentaron diferencias en crecimiento que pueden ser atribuidos a su crecimiento natural. *Dothiorella* sp., creció más rápido a diferencia de *Fusarium* sp. y *Pestalotia* sp. que son hongos de crecimiento lento (Figuras 2-4). En el caso de *Dothiorella* sp. se observó un menor crecimiento en el control y DMSO. Con el extracto de caminadora el crecimiento fue mayor en los dos medios de cultivo. Al quinto día *Dothiorella* sp. presentó un porcentaje de confluencia del 100% y se observó un comportamiento similar en los demás hongos (Figuras 2-4).

Es probable que el uso de nitrógeno líquido para pulverizar las hojas de caminadora haya destruido las células, por lo que inactivó las propiedades de los metabolitos producidos por la maleza y por tanto el material vegetal funcionó únicamente como medio de nutrientes.

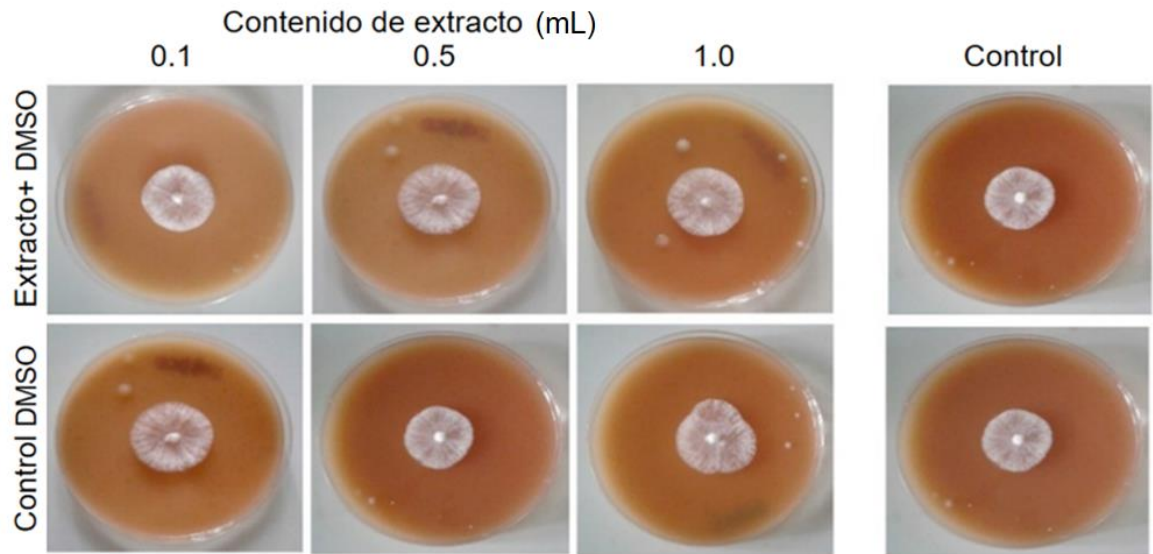


Figura 2. *Pestalotia* sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.

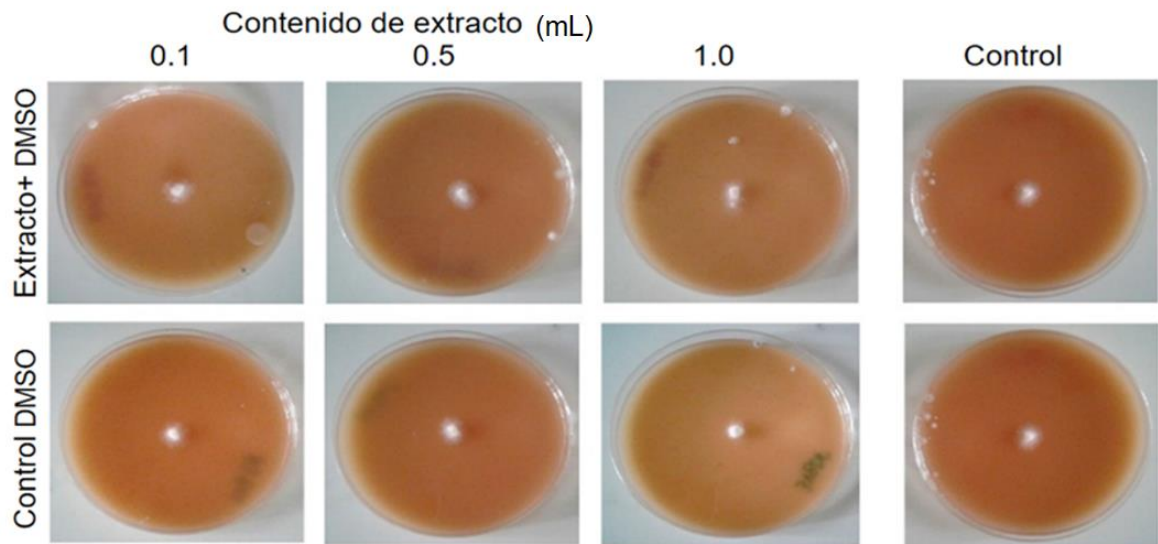


Figura 3. *Fusarium* sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.

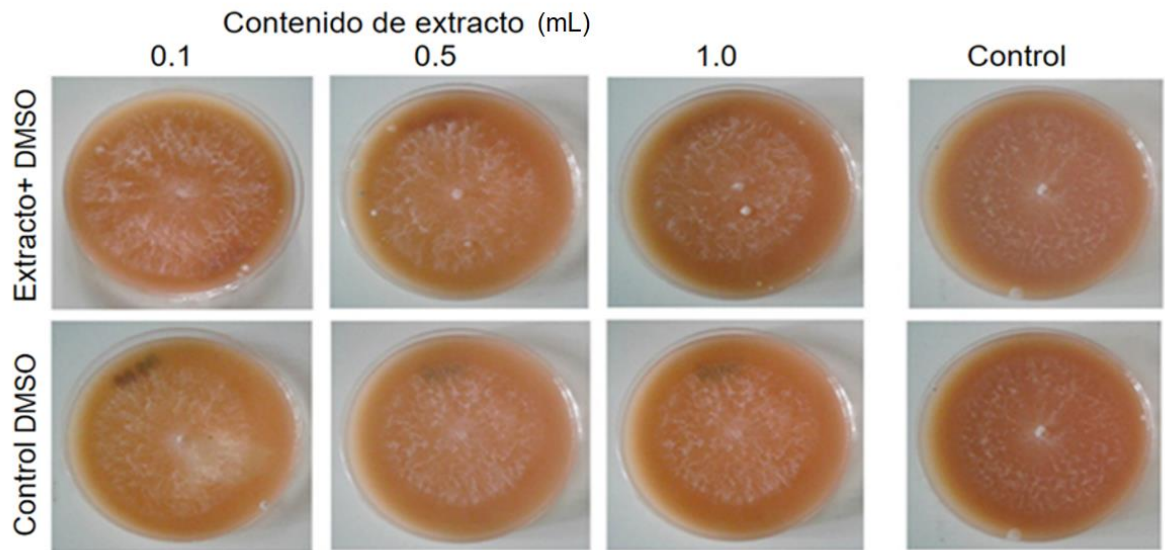


Figura 4. *Dothiorella* sp. en medio de cultivo agar V8 acidificado al tercer día después de la siembra.

4. CONCLUSIONES

- Los residuos en suelo colonizado por caminadora no redujeron la germinación de rábano, repollo ni remolacha. El crecimiento disminuyó en suelo colonizado y suelo regado con agua lixiviada.
- Los extractos elaborados a base de caminadora redujeron la germinación de *Portulaca oleracea*. La mayor reducción de germinación fue con el tratamiento de mantillo.
- El extracto de follaje de caminadora en este estudio carece de propiedades antifúngicas para: *Pestalotia* sp., *Fusarium* sp. y *Dothiorella* sp. en medios de cultivo agar agua (AA) y agar V8 acidificado (V8ac).

5. RECOMENDACIONES

- Replicar el experimento de evaluación de alelopatía utilizando plantas de caminadora sembradas a diferentes distancias de las plantas susceptibles.
- Hacer un nuevo experimento para determinar en el mantillo que tanto del efecto es provocado por la cobertura vegetal y que tanto por la liberación de aleloquímicos de la caminadora.
- Utilizar mayores concentraciones de los extractos.
- Evaluar extractos de plantas que hayan reportado efectos antifúngicos y con hongos que muestren sensibilidad.
- Evaluar el efecto antifúngico utilizando otros métodos de extracción de metabolitos.
- Determinar mediante análisis químicos cuáles son los compuestos alelopáticos presentes en la caminadora.

6. LITERATURA CITADA

- Almeida F. 1988. A alelopatía e as plantas. 54 ed. Paraná (Brasil): IAPAR. 60 p.
- Andrade B, Matias R, Corrêa B, Oliveira A, Guidolin D, Roel A. 2017. Phytochemistry, antioxidant potential and antifungal of *Byrsonima crassifolia* on soil phytopathogen control. Braz. J. Biol. 4(3):93-114.
- Arévalo R, Bertoncini E, Salgado S, Rossi F. 2009. Alelopatía de *Cyperus rotundus* L. en *Saccharum* spp. cv. IAC-SP 93-6006. Fitosanidad. 3(3):193-196.
- Belz R. 2007. Allelopathy in crop/weed interactions – an update. Pest Manag. Sci. 63:308–326. doi: 10.1002/ps.1320.
- Blanco Y. 2006. Revisión bibliográfica: la utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. Cultivos Tropicales. 27(3):5-16
- Braga R, Labrada R, Fornasari L, Fratini N. 2003. Alternativas al bromuro de metilo para la fumigación de los suelos. En: Labrada R. Manual para la capacitación de trabajadores de extensión y agricultores. Italia (Roma): FAO; [consultado 2017 ago 11]. p. 46-47. <http://www.fao.org/docrep/005/Y1806S/y1806s00.htm#Contents>
- Dakole C, Nguéfack J, Dongmo L, Galani J, Azah U, Irénéec S, Amvam Z. 2016. Antifungal potential of essential oils, aqueous and ethanol extracts of thirteen plants against *Fusarium oxysporum* f. sp *Lycopersici* and *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary as major tomato pathogens in Cameroon. INT J CURR SCI. 19(2):128–145.
- DGSV (Dirección General de Sanidad Vegetal), CNRF (Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria) 2016. Caminadora, cebada fina, gramínea corredora. *Rottboellia cochinchinensis* (Loureiro) W.D. Clayton. Ficha Técnica. 20 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 1996. Manejo de malezas en países en desarrollo: el control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. México; [consultado 2016 oct 26]. <http://www.fao.org/docrep/t1147s/t1147s05.htm>.
- Ferrero A. 2004. Arroz-maleza, características, biológicas y control. En: Labrada R ed. Manejo de malezas para países en desarrollo. Italia (Roma); [consultado 2016 oct 26]. FAO. 120:101-121. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm>

- Filho SH, Bayma A, Guilhon JB, Zoghbi, MH. 2009. Atividade potencialmente alelopática do óleo essencial de *Ocimum americanum*. Viçosa-MG. 27(3):499-505.
- Kato-Noguchi H. 2008. Alleloquimicals released from rice plants. Global sciences books. 2(1):18-25.
- Kim DO, Kyoung O, Kim Y, Moon HY, Lee C. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. J. Agric. Food Chem. 51(22):6509-6515.
- Lejeune K, Griffin J, Reynolds D, Saxton A. 1994. Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) interference in Soybean (*Glycine max*). WSSA. 8:33-737.
- Meksawat S, Pornprom T. 2010. Allelopathic effect of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) on seed germination and plant growth. Weed Biology and Management. 10:16-24.
- Moreno G. 2005. Vaporización como alternativa al uso de bromuro de metilo en la desinfección de suelos en el cultivo de liatris (*Liatris spicata*). Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército. 190 p.
- Murillo E, Viña A, Ruíz VH, Pérez C. 2005. Efecto alelopático de la fracción clorofórmica de *Lagascea mollis* cav. (asteraceae) sobre la germinación y el crecimiento radicular de *Oryza sativa* L. VITAE. 12(1):67-71.
- Najull C. y Anzalone A. 2006. Control de malezas con cobertura vegetal en el cultivo de la caraota negra (*Phaseolus vulgaris* L.). Bioagro. 18(2):75-82.
- Núñez D. 2006. Malezas. Métodos de control en la agricultura. Cuba: Universidad de Matanzas. 17 p.
- Ormeño J, Céspedes C, Carvajal M. 1999. Manejo y control de malezas con plantas alelopáticas: Centeno. Agricultura Orgánica. 2:121-137.
- Páez A, Páez PM, González ME, Vera A, Ringelberg TJ, Tschaplinski D. 2007. Crecimiento, carbohidratos solubles y ácidos grasos de verdolaga (*Portulaca oleracea* L.) sometida a tres niveles de radiación. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 24(4):642-660.
- Pitty A. 1997. Interferencia: competencia, alelopatía y parasitismo. En: Pitty A ed. Introducción a la biología, ecología y manejo de malezas. Tegucigalpa (Honduras): Zamorano Academic Press. p. 49-73.
- Ranagalage AS, Jayakody TSD, Wathugala DL. 2014. Allelopathic potential of rice residues of selected rice varieties (*Oryza sativa* L.) against *Echinochloa crus-galli*. Tropical Forestry and Environment. 4(2):24-30.

- Rojas S. 2010. Malezas de México, ficha -*Rottboellia cochinchinensis*. México: Colegio de Postgraduados; [consultado 2016 oct 26]. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/rottboellia-cochinchinensis/fichas/ficha.htm>.
- Sampietro D. 1994. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Argentina: Universidad Nacional de Tucuman. 26 p.
- Sampietro D. 2007. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. 3ra ed. Tucumán(Argentina): Universidad Nacional de Tucuman; [consultado 2017 sept 2]. <http://www.biologia.edu.ar/plantas/alelopatia.htm>
- Tejeda O, Rodríguez MT. 2008. Inhibidores de germinación y crecimiento de maleza y hortalizas, en residuos de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Agrociencia. 42: 415-423.
- Valverde BE. 1992. Manejo de malezas en países en desarrollo: progresos en el manejo de *Rottboellia cochinchinensis*. Roma(Italia): FAO; [consultado 2016 sept. 16]. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s07.ht>
- Zapata R, Sanabria ME, Rodríguez D. 2003. Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extracto de cardón lefaria (*Cereus deficiens* Otto & Diert). Interciencia. 28(5): 302-306.