

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL CON ENFASIS EN DESARROLLO
AGROPECUARIO SOSTENIBLE



Potencial inhibitorio de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton en dos suelos agrícolas

DAVID MAURICIO GUZMÁN MEJÍA

GUATEMALA, FEBRERO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL CON ENFASIS EN DESARROLLO
AGROPECUARIO SOSTENIBLE

Potencial inhibitorio de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de
Rottboellia cochinchinensis (Lour.) W. Clayton en dos suelos agrícolas

TESIS

Presentada al comité evaluador de tesis de la escuela de postgrado en cumplimiento con los
requisitos establecidos por el Sistema de Postgrado y la Facultad de Medicina Veterinaria y
Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

POR

DAVID MAURICIO GUZMÁN MEJÍA

Como requisito para optar al grado académico de
Maestro en Ciencias

DEDICATORIA

A Dios

A mi familia, en especial a Jhonatan David, Espero ser un ejemplo para ti.

A mis amigos.

AGRADECIMIENTO A

Astrid y Samuel, gracias por su motivación.

A la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en especial a M.A., Lic. Zoot., Ligia Ríos y al Ph.D., Msc., M.V., Dennis Guerra, Gracias por su apoyo incondicional para la culminación de esta etapa académica.

ÍNDICE

Resumen	1
Abstract	1
Introducción	2
Materiales y métodos	4
Resultados	6
Discusión	7
Referencias	8

PRESENTACIÓN

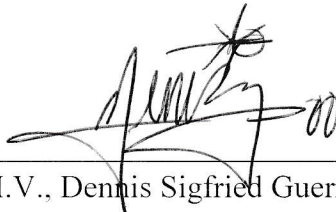
El presente trabajo de tesis titulado: “Potencial inhibitorio de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton en dos suelos agrícolas”, está redactado en formato de artículo científico, tal como lo establece el normativo de tesis de la Maestría en Ciencias de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia; y apto para ser remitido a una revista científica indexada.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL CON ENFASIS EN DESARROLLO
AGROPECUARIO SOSTENIBLE

TRABAJO PRESENTADO POR



Ing. Agr., David Mauricio Guzmán Mejía
AUTOR



Ph.D., Msc., M.V., Dennis Sigfried Guerra Centeno
TUTOR



M.A., Lic. Zoot., Ligia Vanesa Ríos de León
DIRECTORA DE ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

IMPRIMASE



M.A., M.V., Gustavo Enrique Taracena Gil
DECANO



Potencial inhibitorio de extractos acuosos de *Cyperus rotundus* L. sobre la germinación de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton en dos suelos agrícolas.

*Inhibitory potential of aqueous extracts of *Cyperus rotundus* L. on the germination of *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton in two agricultural soils*

Guzman-Mejía, D. M¹ & Guerra-Centeno, D.¹

¹Escuela de Estudios de Postgrado, FMVZ, USAC.

*Autor al que se dirige la correspondencia: guzmau@outlook.com

Resumen

Productiva y económicamente la presencia de malezas en los sistemas de producción agropecuarios no es deseable. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton y *Cyperus rotundus* L son malezas ampliamente distribuidas en campos de cultivo de gramíneas como maíz y caña de azúcar. Su presencia representa el aumento de costos de producción, especialmente en el rubro de herbicidas de origen químico. La presente investigación tuvo como objetivo determinar el uso del potencial alelopático por medio de extractos acuosos de *C. rotundus* para la inhibición de la germinación de *R. cochinchinensis* en dos suelos agrícolas (franco-arcilloso y franco-arenoso). El diseño estadístico fue completamente al azar. Se utilizaron cajas de petri, ubicadas en una incubadora a 26°C. Se evaluaron tres concentraciones de los extractos (5, 10 y 15 % p/v), las cuales solo mostraron diferencias significativas en suelo franco-arcilloso, para la variable tiempo medio de germinación (P=0.001) e índice de germinación (P=0.020). Se evaluaron también frecuencias de una, dos y tres aplicaciones en intervalos de 7 días entre sí, lo cual evidenció diferencias significativas en el índice de germinación en el suelo franco-arenoso (P=0.0309) indicando que entre mayor sea la exposición de la semilla a los extractos acuosos mayor será el potencial inhibitorio. Los resultados sugieren que existe un efecto inhibitorio de la semilla de *R. cochinchinensis* cuando se expone al contacto con extractos acuosos de *C. rotundus*. Lo resultados obtenidos deben ser el inicio de la exploración de esta alternativa para el manejo de la germinación de malezas en campo.

Palabras clave: arvenses, manejo integrado, herbicida, alelopatía, uso alternativo

Abstract

The presence of weeds in animal and plant production systems is not desirable both productively and economically. *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton and *Cyperus rotundus* L are widely distributed weeds in farmlands of corn and sugarcane. Their presence means an increase in

production costs, especially in the field of chemical-based herbicides. The objective this research was to determine the use of the allelopathic potential by use of aqueous extracts of *C. rotundus* for the inhibition of the germination of *R. cochinchinensis* in two agricultural soils (clay loam and sandy loam). We used a completely randomized design. Petri dishes located in an incubator at 26 ° C were used. Three concentrations of extract (5, 10 and 15% w / v) were evaluated. The concentrations showed significant differences only in clay loam soil, for germination mean time (P =0.01) and germination index (P =0.020). Frequencies of one, two and three applications were also evaluated in 7 day intervals between them, which evidenced significant differences for the index of germination in sandyloam soils (P = 0.0309) indicating that the greater the exposure of the seed to the aqueous extracts, the greater the inhibitory effect. The results suggest that there is an inhibitory effect on seeds of *R. cochinchinensis*. when they are exposed to contact with aqueous extracts of *C. rotundus*. These results should be the baseline for the exploration of this alternative for weed germination control in the field.

KeyWord: weeds, integrated management, herbicide, allelopathy, alternative use

Introducción:

Los sistemas de producción animal están condicionados al componente agrícola, como fuente primaria de alimentación. La agricultura moderna se ha apoyado en el uso de pesticidas para asegurar su producción (Culliney, 2005). No obstante las moléculas de origen químico tienen efectos no deseados como la contaminación ambiental e incluso la extinción de especies de la entomofauna (Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). Para contribuir al desarrollo agropecuario sostenible es necesaria la investigación de alternativas de control menos nocivas.

Las malezas inciden negativamente en la productividad de los sistemas agropecuarios. (Oerke, 2006; Schiavetto et al., 2016a; Sheley, Svejcar & Maxwell, 1996). Estas compiten directamente por nutrientes, humedad y luz (Cheema & Khaliq, 2000; Culliney, 2005; Monaco, Weller & Ashton, 2002; Sheley et al., 1996). La ausencia de un plan de manejo puede causar más del 80% de pérdida en los rendimientos de los cultivos (Chauhan & Bajwa, 2015; Heap, 2014; Oerke, 2006).

Considerada dentro de las 12 peores malezas a nivel mundial, *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) W. Clayton se encuentra distribuida en al menos 54 países y en más de 50 cultivos (Arévalo, Salgado, Bertocini & Aranda, 2012; Bundit, Datta & Pornprom, 2016; Correia, 2016; Millhollon & Burner, 1993). Perteneciente a la familia Poaceae, es una planta conocida en campos de cultivo de Guatemala de forma vernácula como “caminadora”. Tal denominación obedece a su alta

capacidad de dispersión en las áreas cultivadas (Arévalo et al., 2012). La presencia de esta planta en áreas cultivadas dificulta las labores agrícolas y reduce los rendimientos de cultivos de importancia económica como el maíz, la soya y otras especies destinadas a la alimentación humana y animal (Bundit et al., 2016; Chauhan & Bajwa, 2015; Correia, 2016; Leon, Izquierdo & González A., 2015; Mercado, 1976; Schiavetto et al., 2016b; Silva, Parreira, Alves & Pavani, 2009; Strahan, Griffin, Reynolds & Miller, 2000; Thomas & Allision, 1975).

Los herbicidas son los pesticidas de mayor demanda, con más de 442 ingredientes activos comerciales (Culliney, 2005). Entre los años 2008 y 2012 los herbicidas representaban la mayor parte de pesticidas de uso global, aproximadamente 50% en todos los años (Atwood & Paisley-Jones, 2017). Su uso continuo ha estimulado la evolución de la resistencia en decenas de especies y además pueden presentar riesgos para la vida silvestre y la salud humana (Culliney, 2005; Heap, 2014; Monaco et al., 2002). El desarrollo agropecuario sostenible requiere de alternativas ecológicas y económicas efectivas que reduzcan el uso de herbicidas de base química para el control de malezas (Cheema & Khaliq, 2000; Sheley et al., 1996).

El desarrollo de la investigación agrícola debe ver más allá del uso de herbicidas y los métodos mecánicos convencionales de control de malezas (Altieri & Doll, 1978; Farooq, Ahsan, Cheema & Cheema, 2013; Monaco et al., 2002). Los esfuerzos deben enfocarse en generar herramientas de gestión de malezas de bajo impacto sobre el medio ambiente y que permitan un manejo sostenible de los agroecosistemas (Monaco et al., 2002; Sheley et al., 1996).

La alelopatía incluye interacciones bioquímicas por exudados de compuestos orgánicos excretados por las plantas (Arévalo, Bertoncini, Aranda & González, 2011; Cheema & Khaliq, 2000; Duke, 2015; Zeng, 2014). Los extractos obtenidos de *C. rotundus* han mostrado tener efectos pre-emergentes en algunos cultivos de hoja angosta (Jarma, Angulo, Jaramillo & Hernandez, 2004; Laynez & Méndez, 2007; Soares, Queiroz & Vestena, 2011; Worthington et al., 2015).

Los experimentos de laboratorio usualmente no involucran la microflora del suelo, que puede desempeñar un papel importante en la mejora del efecto de las toxinas de las plantas o en la conversión de inofensivas excreciones de plantas y productos de descomposición en sustancias tóxicas (Altieri & Doll, 1978)

El objetivo del presente estudio fue explorar la influencia de la aplicación de extractos acuosos de *C. rotundus* L. sobre la germinación de *R. cochinchinensis* en dos suelos agrícolas, lo que proporcionará una base para futuras investigaciones que pretendan mejorar el manejo de malezas en campos agrícolas sostenibles.

Materiales y métodos

Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en el laboratorio de biología del Área de Ciencias Biológicas de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala -FAUSAC-. Se evaluaron tres factores: tipo de suelo: suelo franco-arenoso y suelo franco arcilloso, concentración del extracto de *C. rotundus*: 5, 10 y 15 % p/v y frecuencia de aplicación: una, dos y tres aplicaciones cada 7 días.

Recopilación de datos

Se consideró como una semilla germinada desde la aparición de la radícula. Las semillas germinadas se contaron diariamente y se registraron los datos hasta los 23 días.

El tiempo necesario para el 50% de emergencia de las plántulas (E_{50}) se calculó utilizando la fórmula citada por Khaliq, Matloob, Tanveer, Abbas e Khan (2012):

$$E_{50} = t_i + \frac{\left(\frac{N}{2} - n_i\right) (t_j - t_i)}{(n_j - n_i)}$$

donde N es el número final de semillas emergidas, y n_i y n_j son los números acumulados de semillas emergidas por conteos en los momentos t_i y t_j donde $n_i < N / 2 < n_j$, será expresado en días.

El tiempo medio de emergencia (TMG) se calculó según la fórmula propuesta por Ellis e Roberts (1981):

$$TMG = \frac{\sum Dn}{\sum n}$$

donde n es el número de semillas emergidas en el día D, y D es el número de días contados desde el inicio de la emergencia, será expresado en días.

Además, se calculó el índice de germinación (IG) para expresar el porcentaje de semillas germinadas durante el ensayo, para lo que se aplicará la fórmula citada por Iqbal, Zahra, Ahmad, Shah e Hassan (2018)

$$IG = \frac{\text{No. semillas germinadas}}{\text{Dia de primer conteo}} + \dots + \frac{\text{No. de semillas germinadas}}{\text{Dia de conteo final}}$$

Técnicas e instrumentos

Las semillas de *R. cochinchinensis* fueron obtenidas en el Centro Experimental Sabana Grande (CESG), de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en el departamento de Escuintla, Guatemala. Las semillas fueron colectadas de forma manual y almacenadas en recipientes de vidrio cerrados, hasta el momento de su preparación y uso.

Se colectaron muestras de suelo en dos localidades, la primera en el CESG, en donde el tipo de suelo predominante es el franco-arenoso, la segunda muestra se obtuvo del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA) ubicado en la Ciudad Universitaria del departamento de Guatemala, el cual presenta en mayor abundancia el tipo de suelo franco-arcillosos. Ambas localidades pertenecen a la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Las muestras de suelo se obtuvieron a una profundidad no mayor de 10 cm, se secaron al aire libre bajo la sombra durante 10 días, posteriormente se pasaron a través de un tamiz de malla de 2 mm y se almacenaron a temperatura ambiente.

Las muestras de suelo se procesaron en el laboratorio de análisis de suelo y planta Salvador Castillo Orellana, de la subárea de suelo y planta de la FAUSAC, los resultados se muestran en la Tabla 1.

Los extractos se obtuvieron a partir de plantas maduras de *C. rotundus* colectadas en el CEDA y separadas en hojas y raíces. La preparación de los extractos se hizo según el método descrito por Laynez e Méndez (2007) con una modificación, la cual consistió en la variación de concentraciones a 5, 10 y 15% p/v.

Para las pruebas de germinación se utilizaron cajas de petri. Por cada una se utilizaron 25 semillas de *R. cochinchinensis* y 15 gramos del sustrato. Como sustrato se evaluaron suelos franco-arenoso y franco-arcillosos. Las cajas se colocaron en una incubadora a 26°C, en condiciones de oscuridad. Los tratamientos consistieron en tres concentraciones de extractos de *C. rotundus* (5, 10 y 15 % p/v) y tres frecuencias de aplicación cada 7 días. El testigo fue tratado únicamente con agua destilada. Se realizaron conteos diarios. Los conteos se hicieron por un periodo de treinta días.

Procesamiento y análisis de la información.

Los datos recabados se analizaron a través de una prueba de t de student para la evaluación de diferencias entre sustratos para las variables emergencia del 50%, tiempo medio de germinación e índice de germinación. Para evaluar el efecto de la concentración y la frecuencia de aplicación de extractos de *C. rotundus*, se hicieron análisis de varianza para cada tipo de suelo. En todas las pruebas se utilizó el software estadístico R versión 3.5.1 para la plataforma Windows. El

experimento contó con 4 repeticiones para cada tratamiento. Todos los análisis se hicieron con una $p < 0.05$.

Resultados

Los resultados sugieren que existe un leve efecto inhibitorio de la semilla de *R. cochinchinensis* cuando se expone al contacto con extractos acuosos de *C. rotundus*. En suelos franco-arenosos la frecuencia de aplicación de extractos acuosos tiene la mayor influencia sobre la germinación de semillas y en suelos franco-arcillosos la concentración del extracto acuoso es el factor más importante para la inhibición de germinación.

Caracterización de las muestras de suelo:

Las muestras de suelo correspondieron a clases texturales franco arenoso y franco arcilloso, mostrándose la segunda con un pH más ácido, y con una menor cantidad de materia orgánica, el intercambio catiónico no presentó diferencias entre las muestras, por lo que se asume no tienen influencia sobre el potencial de germinación de las semillas (Tabla 1).

Tiempo necesario para el 50% de emergencia de plántulas:

El tiempo medido para la emergencia de la mitad de las plántulas de *R. cochinchinensis* (E50), no mostró diferencias en las muestras de suelo evaluadas ($P=0.487$) (Véase Tabla 2). En consecuencia, la aplicación de extractos acuosos de *C. rotundus* debió evaluarse de forma independiente para cada uno de los suelos. Bundit et al. (2016) y Drost e Doll (1980) coinciden en sus estudios que las propiedades físicas del suelo son importantes para la expresión de la alelopatía en los procesos de evaluación. Para suelos franco-arenosos la variable no presentó diferencias significativas con la aplicación de los extractos en diferentes dosis y concentraciones (Tabla 3). Las semillas en suelos franco-arcillosos fueron afectadas por la interacción de la concentración del extracto y la frecuencia de aplicación de este ($P < 0.0001$), (Tabla 4), las combinaciones más destacadas fueron las que incluían concentraciones de solamente 5% p/v según se muestra en la Tabla 7.

Tiempo medio de germinación:

El tiempo medio de inicio de la germinación de *R. cochinchinensis* mostró evidencias estadísticas solamente en el suelo franco-arcilloso, en la aplicación ($P=0.003$) y en la interacción de la aplicación con la concentración ($P < 0.0001$) lo que permitan afirmar que la aplicación de extractos de *C. rotundus* tiene influencia sobre esta variable. Los resultados muestran que una sola aplicación

es suficiente para apreciar los efectos inhibitorios de los extractos (Tabla 5), en cuanto a la combinación de factores.

Índice de Germinación:

El índice de germinación (IG) relaciona el porcentaje de semillas germinadas con el tiempo. El IG muestra estadísticamente diferencias entre los tipos de suelo, sugiriendo que la aplicación de extractos de *C. rotundus* en suelo franco arcilloso (media=1.6424) tendrá un efecto mayor que en suelos tipo franco arenosos (media= 4.8427, $t = -6.8209$, $P < 0.0001$) sobre la inhibición de la germinación de *R. cochinchinensis*. En suelos franco-arenosos el IG mostró sensibilidad estadística ($P = 0.0309$) a la frecuencia de aplicación de los extractos de *C. rotundus*, con la exposición de la semilla de *R. cochinchinensis* a dos aplicaciones (una al inicio del tratamiento y la otra a los 7 días) se obtuvo el menor IG (3.4571) para este tipo de suelo (Tabla 5). La interacción entre la frecuencia de aplicación y la concentración de extractos de *C. rotundus*, muestran que estadísticamente existe una influencia de la aplicación de estos sobre el IG ($P = 0.0446$), la interacción que incluía dos aplicaciones del extracto acuoso a una concentración de 10% p/v (media=1.7071) fue la más destacada para suelos franco-arenosos. El suelo franco arcilloso se vio influenciado estadísticamente ($P = 0.0201$) por la concentración de los extractos acuosos de *C. rotundus*. Como puede verse en la Tabla 6, las concentraciones de 15 y 10 % p/v con valores medios de 1.0202 y 1.2972, aventajan significativamente al tratamiento control sin aplicación (media=2.1373). Belel e Belel (2015) y Laynez e Méndez (2007) reconocen que la proporción de la germinación decrece proporcionalmente al incremento de la concentración del extracto con potencial alelopático. La interacción entre la frecuencia de aplicación y la concentración de los extractos de *C. rotundus* señala que existe diferencia entre los tratamientos, destacando la interacción de una sola aplicación con la mayor dosis de extracto evaluado (15% p/v) y el uso de la menor dosis (5%p/v) en dos y tres aplicaciones cada 7 días, con medias de 1.2598, 1.4848 y 1.4848 respectivamente.

Discusión

Las características físicas de los suelos influyen en el proceso de germinación de *R. cochinchinensis*. Los tipos de suelo franco-arenoso y franco-arcilloso son un ejemplo claro de estas diferencias. Mientras el primero ofrece menor compactación de sus partículas, lo cual puede favorecer la estimulación de la germinación al permitir mayor intercambio gaseoso y presencia de luz, se ve afectado por la menor capacidad de retención de humedad, el segundo es lo opuesto.

La adición de extractos de *C. rotundus* para la inhibición de la germinación de *R. cochinchinensis*, en las muestras de suelo se vio influenciada directamente por las diferencias físicas de los sustratos. La semilla de *R. cochinchinensis* mostró una mayor inhibición en suelo franco arcilloso según las variables índice de germinación (IG) y tiempo medio de germinación (TMG).

En suelos franco-arenosos, la frecuencia de aplicación fue el factor determinante para la observación de diferencias entre los tratamientos según el IG. La concentración de los extractos de *C. rotundus* solo tuvo influencia sobre la inhibición de la germinación en la interacción con la frecuencia de aplicación. Es más importante mantener la exposición constante de la semilla que la concentración del extracto para inhibir el proceso de germinación. Los tratamientos con dos y tres aplicaciones cada siete días mejoraron los parámetros utilizados para caracterizar la inhibición de la germinación de la semilla de *R. cochinchinensis*.

En suelos franco-arcillosos, el factor de influencia fue la concentración del extracto de *C. rotundus*. Presumiblemente debido a su mayor capacidad de retención de agua, la exposición de las semillas de *R. cochinchinensis* no requería de constantes aplicaciones. Este trabajo sugiere que entre mayor sea la concentración de los extractos mayor será la inhibición potencial de semillas de *R. cochinchinensis*, los resultados diferenciados se encuentran a partir de la aplicación de tratamientos con extractos acuosos de *C. rotundus* iguales o mayores a 10% p/v

Los resultados son alentadores. Aunque en principio puede parecer simple, la posibilidad de la reducción de uno o dos días para la emergencia del 50% y el tiempo medio de germinación de la población de una maleza puede convertirse en el primer paso para el desarrollo de una estrategia a largo plazo que permita el manejo de las poblaciones en campo, contribuyendo a la reducción de productos de base química en las zonas de producción agropecuarias. Se sugiere la evaluación de los extractos en condiciones de campo, utilizando las dosis más altas y aumentando el tiempo de exposición de las semillas de malezas.

Referencias

Bibliografía

- Altieri, M. A. & Doll, J. D. (1978). The Potential of Allelopathy as a Tool for Weed Management in Crop Fields. *PANS*, 24, 495–502. <https://doi.org/10.1080/09670877809414143>
- Arévalo, R. A., Bertoncini, E. I., Aranda, E. M. & González, T. A. (2011). Alelopatía en *Saccharum* spp. (caña de azúcar). *Avances en Investigación Agropecuaria*, 15.

- Arévalo, R. A., Salgado, S., Bertoncini, E. I. & Aranda, E. M. (2012). Efecto alelopático de *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton sobre dos variedades de *Saccharum* spp. *Fitosanidad*, 16.
- Atwood, D. & Paisley-Jones, C. (2017). Pesticides Industry Sales and Usage: 2008–2012 Market Estimates. *United States Environmental Protection Agency: Washington, DC, USA*.
- Belel, M. D. & Belel, R. D. (2015). Allelopathic effect of leaf and seed extract of nutgrass (*Cyperus tuberosus*) on the germination of beans (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Cogent Food & Agriculture*, 1, 17. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1102036>
- Bundit, A., Datta, A. & Pornprom, T. (2016). Effects of timing and soil moisture on the allelopathic activity of itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) in soil. *Biological Agriculture & Horticulture*, 32, 269–276. <https://doi.org/10.1080/01448765.2016.1184101>
- Chauhan, B. S. & Bajwa, A. A. (2015). Management of *Rottboellia cochinchinensis* and other weeds through sequential application of herbicides in dry direct-seeded rice in the Philippines. *Crop Protection*, 78, 131–136. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.007>
- Cheema, S. A. & Khaliq, A. (2000). Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 79, 105–112. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00140-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00140-1)
- Correia, N. M. (2016). Biología e manejo de *Rottboellia cochinchinensis*. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 15, 89. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i1.437>
- Culliney, T. W. (2005). Benefits of Classical Biological Control for Managing Invasive Plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24, 131–150. <https://doi.org/10.1080/07352680590961649>
- Drost, D. C. & Doll, J. D. (1980). The Allelopathic Effect of Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) on Corn (*Zea mays*) and Soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 28. <https://doi.org/10.1017/S004317450005517X>
- Duke, S. O. (2015). Proving Allelopathy in Crop–Weed Interactions. *Weed Science*, 63, 121–132. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00130.1>
- Ellis, R. H. & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology (Netherlands)*.

- Farooq, M., Ahsan, A., Cheema, S. A. & Cheema, Z. A. (2013). Application of Allelopathy in Crop Production. *International Journal of Agriculture & Biology*, *15*, 1367–1378.
- Heap, I. (2014). Herbicide Resistant Weeds. In D. Pimentel e R. Peshin (Edd.), *Integrated Pest Management* (pp. 281–301). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7796-5_12
- Iqbal, J., Zahra, S. T., Ahmad, M., Shah, A. N. & Hassan, W. (2018). Herbicidal Potential of Dryland Plants on Growth and Tuber Sprouting in Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Planta Daninha*, *36*, 169. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582018360100001>
- Jarma, A. J., Angulo, A., Jaramillo, J. & Hernandez, J. (2004). Efecto Alelopatico de Extractos de Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y Coquito (*Cyperus rotundus* L.) sobre malezas y cultivos anuales. *Temas Agrarios*, *9*, 23–31.
- Khaliq, A., Matloob, A., Tanveer, A., Abbas, R. N. & Khan, M.B. (2012). Bio-Herbicidal Properties of Sorghum and Sunflower Aqueous Extracts Against Germination and Seedling Growth of Dragon Spurge (*Euphorbia dracunculoides* Lam.). *Pakistan Journal of Weed Science Research*, *18*, 137–148.
- Layne, J. A. & Méndez, J. R. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista Peruana de Biología*, *14*. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i1.1759>
- Leon, R. G., Izquierdo, J. & González A., J. L. (2015). Characterization and Modeling of Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) Biphasic Seedling Emergence Patterns in the Tropics. *Weed Science*, *63*, 623–630. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00172.1>
- Mercado, B. L. (1976). Some properties of the inhibitor from *Rottboellia exaltata* LF seed [grass weed on mungbean, soybean and cucumber in the Philippines]. *Philippine Weed Science Bulletin*.
- Millhollon, R. W. & Burner, D. M. (1993). Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) Biotypes in World Populations. *Weed Science*, *41*, 379–387.
- Monaco, T. J., Weller, S. C. & Ashton, F. M. (2002). *Weed science: principles and practices*: John Wiley & Sons.
- Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, *144*, 31. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>

- Sánchez-Bayo, F. & Wyckhuys, K. A. G. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological Conservation*, 232, 8–27. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020>
- Schiavetto, A. R., Perecin, D., Pinto, L. R., Azania, C.A.M., Zera, F. S. & Melloni, M.N.G. (2016a). Genetic variability of *Rottboellia cochinchinensis* populations in sugarcane fields. *Planta Daninha*, 34, 475–484. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582016340300008>
- Schiavetto, A. R., Perecin, D., Pinto, L. R., Azania, C.A.M., Zera, F. S. & Melloni, M.N.G. (2016b). Genetic Variability of *Rottboellia cochinchinensis* Populations in Sugarcane Fields. *Planta Daninha*, 34, 475–484. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582016340300008>
- Sheley, R. L., Svejcar, T. J. & Maxwell, B. D. (1996). A Theoretical Framework for Developing Successional Weed Management Strategies on Rangeland. *Weed Technology*, 10, 766–773. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00040793>
- Silva, C.E.B., Parreira, M. C., Alves, P.L.C.A. & Pavani, M.C.M.D. (2009). Aspectos Germinativos de Capim-Camalote (*Rottboellia cochinchinensis*). *Planta Daninha, Viçosa-MG*, 27, 273–281.
- Soares, G., Queiroz, M. & Vestena, S. (2011). Potencial alelopático de extractos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. *Iheringia*, 66, 87–98.
- Strahan, R. E., Griffin, J. L., Reynolds, D. B. & Miller, D. K. (2000). Interference between *Rottboellia cochinchinensis* and *Zea mays*. *Weed Science*, 48, 205–211. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0205:IBRCAZ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0205:IBRCAZ]2.0.CO;2)
- Thomas, P. E. L. & Allison, J. C. S. (1975). Seed dormancy and germination in *Rottboellia exaltata*. *The Journal of Agricultural Science*, 85, 129. <https://doi.org/10.1017/S0021859600053491>
- Worthington, M., Reberg-Horton, S. C., Brown-Guedira, G., Jordan, D., Weisz, R. & Murphy, J. P. (2015). Relative Contributions of Allelopathy and Competitive Traits to the Weed Suppressive Ability of Winter Wheat Lines Against Italian Ryegrass. *Crop Science*, 55, 57. <https://doi.org/10.2135/cropsci2014.02.0150>
- Zeng, R. S. (2014). Allelopathy - the solution is indirect. *Journal of chemical ecology*, 40, 515–516. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0464-7>

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de las muestras de suelo.

Muestra	Clase textural	pH	%Materia orgánica	Porcentaje			Porcentaje de humedad		Capacidad de intercambio catiónico
				Arena	Limo	Arcilla	1/3 atm	15 atm	
M-1	Franco arenoso	7.9	6.62	62.04	26.54	11.42	46.29	22.59	24.05
M-2	Franco arcilloso	6.9	2.39	43.14	20.24	36.62	29.97	17.65	24.48

Tabla 2. Pruebas de t de Student para las muestras de suelo.

	Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso
Media	3.2946	3.5412	4.3342	3.5881	4.8427	1.6424
t	0.69726		-2.2458		-6.8209	
P-value	0.4887		0.02753		3.88E-09	

Tabla 3. Análisis de varianzas para suelos franco-arenosos

Fuente de variación	gl	Suelo Franco-Arenoso					
		Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
		SCC	Pr(<F)	SCC	Pr(<F)	SCC	Pr(<F)
Aplicación	2	1.642	0.116	1.29	0.6314	48.26	0.0309
Concentración	3	0.782	0.543	2.24	0.6586	52.54	0.0547
Aplicación: Concentración	6	3.18	0.214	16.21	0.0985	91.82	0.0446
Error	36	12.932		49.79		226.47	

Tabla 4. Análisis de varianzas para suelos franco-arcillosos

Fuente de variación	gl	Suelo Franco-Arcilloso					
		Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
		SCC	Pr(<F)	SCC	Pr(<F)	SCC	Pr(<F)
Aplicación	2	16.63	0.022	11.46	0.00345	0.5	0.79042
Concentración	3	0.76	0.942	3.29	0.29808	11.7	0.02016
Aplicación: Concentración	6	175.88	1.64e ^{-0.8}	133.72	1.11e ^{-0.11}	27.46	0.00212
Error	36	150.13		126.67		37.87	

Tabla 5. Prueba múltiple de medias en función de la aplicación.

Aplicación	Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso
Una	3.3312 a	2.8537 a	4.1093 a	3.1437 a	5.2742 ab	1.6931 a
Dos	3.0520 a	4.2912 b	4.3983 a	4.2687 b	3.4571 a	1.7339 a
Tres	3.5006 a	3.4787 ab	4.4950 a	3.3520 a	5.7967 b	1.5003 a

Tabla 6. Prueba múltiple de medias en función de la concentración.

Concentración	Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso	Franco arenoso	Franco Arcilloso
0 % p/v	3.3750 a	3.4150 a	4.0625 a	3.5750 a	6.4274 a	2.1373 b
5 % p/v	3.4375 a	3.5000 a	4.5791 a	4.0000 a	3.4894 a	2.1150 b
10 % p/v	3.1011 a	3.5000 a	4.1861 a	3.2777 a	4.7929 a	1.2972 a
15 % p/v	3.2650 a	3.7500 a	4.5091 a	3.5000 a	4.6609 a	1.0202 a

Tabla 7. Prueba múltiple de medias de las interacciones entre la aplicación y la concentración.

Aplicación	Concentración	Emergencia 50%		Tiempo medio Germinación		Índice de Germinación	
		Franco-arenoso	Franco Arcilloso	Franco-arenoso	Franco Arcilloso	Franco-arenoso	Franco Arcilloso
Una	0 % p/v	3.3750 a	3.4150 a	4.0625 a	3.5750 a	6.4274 b	2.1373 a
Una	5 % p/v	3.5000 a	3.5000 a	4.0000 a	4.0000 a	1.8561 a	3.3753 a
Una	10 % p/v	2.9700 a	---	3.9500 a	---	8.0756 b	0.0000 b
Una	15 % p/v	3.4800 a	4.5000 ab	4.4250 a	5.0000 a	4.7376 ab	1.2598 a
Dos	5 % p/v	3.5000 a	3.5000 a	5.8250 a	4.0000 a	2.4602 ab	1.4848 a
Dos	10 % p/v	2.8333 a	3.5000 a	3.3333 a	4.0000 a	1.7071 a	1.5126 a
Dos	15 % p/v	2.5000 a	6.7500 ab	4.3725 a	5.5000 a	3.2336 ab	1.8007 a
Tres	5 % p/v	3.3125 a	3.5000 a	3.9125 a	4.0000 a	6.1520 ab	1.4848 a
Tres	10 % p/v	3.5000 a	7.0000 b	5.2750 a	5.8333 a	4.5959 ab	2.3791 a
Tres	15 % p/v	3.8150 a	---	4.7300 a	---	6.0115 ab	0.0000 b