

Efectos alelopáticos de extractos acuosos de las leguminosas crotalaria [*Crotalaria juncea* (L.) 'Tropic Sun'], canavalia [*Canavalia ensiformis* (L.)] y gandul [*Cajanus cajan* (L.) 'Lázaro'] en el desarrollo de los cultivos^{1,2}

Eliana Martínez-Mera,³, *Elide Valencia**⁴ y *Hugo Cuevas*⁵

J. Agric. Univ. P.R 100(1):71-82 (2016)

RESUMEN

En el laboratorio se evaluaron los efectos alelopáticos de extractos acuosos 3.3% m/v de crotalaria [*Crotalaria juncea* (L.) 'Tropic Sun'], canavalia [*Canavalia ensiformis* (L.)] y gandul [*Cajanus cajan* (L.) 'Lázaro'] en siete cultivos agronómicos: maíz (*Zea mays* 'Mayorbela 2011'), sorgo (*Sorghum bicolor*), habichuela (*Phaseolus vulgaris* 'Verano'), soya [*Glycine max* (L.)], caupí [*Vigna unguiculata* (L.)], lechuga [*Lactuca sativa* (L.) 'Nevada'] y gandul. Se encontró una interacción entre cultivos x extracto acuoso en el séptimo día de germinación. Se determinó el efecto alelopático contrastando con el tratamiento control el largo del coleóptilo y la radícula en maíz y sorgo y el largo hipocótilo y radícula en habichuela, soya, caupí, lechuga y gandul. El sorgo y la lechuga presentaron inhibición de crecimiento del coleóptilo e hipocótilo (respectivamente) y radícula al tratarse con los tres extractos acuosos, donde el extracto acuoso de canavalia mostró mayores porcentajes de inhibición (66% en lechuga y 49% en sorgo). Por el contrario, en los cultivos de maíz, habichuela y caupí, el extracto acuoso de crotalaria estimuló el crecimiento. De acuerdo a estos resultados se debe experimentar en el campo las asociaciones de leguminosas con cultivos agronómicos para determinar si las interacciones estimulan o inhiben el desarrollo de los cultivos ya que la influencia de los factores ambientales son determinantes en el efecto alelopático.

Palabras clave: alelopatía, extractos acuosos, leguminosas y cultivos agronómicos

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 2 de marzo de 2015.

²Esta investigación se realizó con fondos del proyecto SARE "Developing sustainable tropical leguminous cover and green manure mulch systems for low-external-input crop production in the U.S. Virgin Islands, Puerto Rico and Florida".

³Profesora, Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia (Exestudiante graduada, Departamento de Agronomía, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681).

⁴Catedrático, Departamento de Ciencias Ambientales, Box 9030, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681. *Autor para correspondencia, Tel.: 787-951-6444, *E-mail address*: elide.valencia@upr.edu

⁵Investigador en Genética de Plantas, Tropical Agriculture Research Station, USDA, Mayagüez.

ABSTRACT

Allelopathic effects of aqueous extracts of the legumes crotalaria [*Crotalaria juncea* (L.) 'Tropic Sun'], jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.)] and pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) 'Lazaro'] on crop development

Allelopathic effects of aqueous extracts 3.3% w/v of crotalaria [*Crotalaria juncea* (L.) 'Tropic Sun'], jack bean [*Canavalia ensiformis* (L.)] and pigeon pea [*Cajanus cajan* (L.) 'Lazaro'] were determined on seven agronomic crops: corn (*Zea mays* 'Mayorbela 2011'), sorghum (*Sorghum bicolor*), bean (*Phaseolus vulgaris* 'Verano'), soybean (*Glycine max*), cowpea [*Vigna unguiculata* (L.)], lettuce [*Lactuca sativa* (L.) 'Nevada'] and pigeon pea in the laboratory. There was interaction between aqueous extracts x agronomic crops on the seventh day of germination. Allelopathic effect was determined by contrasting with the control coleoptile and radicle length in corn and sorghum, and the hypocotyl and radicle length in bean, soybean, cowpea, lettuce and pigeon pea. Sorghum and lettuce showed growth inhibition of the coleoptile and hypocotyl (respectively) and radicle when treated with the three aqueous extracts, where jack bean aqueous extracts showed higher inhibitions percentages (66% in lettuce and 49% in sorghum). By contrast, corn, bean and cowpea treated with crotalaria aqueous extracts exhibited growth stimulation. According to these results, field experiments must be conducted using legume associations with agronomic crops to confirm if the interactions stimulate or inhibit crop development because environmental factors are a major determinant of allelopathic effects.

Key words: allelopathy, aqueous extracts, legumes and agronomic crops

INTRODUCCIÓN

En la alelopatía, la producción de metabolitos secundarios de plantas y microorganismos provoca interacciones bioquímicas, produciendo efectos de inhibición o estimulación. Esta actividad desempeña un rol determinante en las prácticas agroecológicas reflejado en los rendimientos de los cultivos (Albuquerque et al., 2011).

Aunque el efecto alelopático depende del compuesto químico que se añade al medio ambiente, existen varios factores que influyen enormemente la alelopatía (Rice, 1984). Las características morfológicas, fisiológicas y ecológicas de las plantas, la herbivoría, enfermedades e interacción con herbicidas determinan la concentración de metabolitos en las plantas. Así mismo, los factores fisicoquímicos y biológicos del suelo afectan la cantidad y calidad de los compuestos alelopáticos (Keating, 1999).

Las plantas de cobertura como las leguminosas, se caracterizan por mejorar los rendimientos de cultivos y controlar poblaciones de malezas, representando una alternativa para reducir la contaminación ambiental disminuyendo el uso intensivo de agroquímicos (Rosa et al., 2011). Sin embargo, Liebman y Ohno (1998) indican que las leguminosas pueden perjudicar las asociaciones entre diferentes cultivos

interfiriendo en la producción agrícola, debido a la liberación de sustancias alelopáticas provenientes de tejidos vivos o descomposición de los residuos de la planta como el follaje, las raíces, los tallos y las flores (Batlang and Susshu, 2007).

Investigaciones en el laboratorio realizadas por Caamal-Maldonado y colaboradores (2001) evaluaron el efecto inhibitor de extractos acuosos al 1% de mucuna (*Mucuna deeringiana*) y canavalia en el crecimiento radicular de *Amaranthus hypochondriacus*, *Echinochloa crus-galli* y *Solanum lycopersicum*. La leguminosa mucuna inhibió el desarrollo de *S. lycopersicum*, indicando que no es recomendable utilizar esta cobertura en asociación con este cultivo. Hossain y colaboradores (2012) demostraron que el extracto de diferentes partes de la planta *Moringa oleifera* afectó la germinación de *Vigna radiata* en condiciones de laboratorio. También, Adler y Chase (2007) y Skinner y colaboradores (2012) reportaron que el residuo seco de *Crotalaria juncea* inhibió la germinación del cultivo de lechuga y la maleza *Amaranthus hybridus*.

Las asociaciones de leguminosas con otros cultivos puede provocar interacciones alelopáticas, determinando sustancialmente la producción de sistemas agrícolas. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de extractos acuosos de crotalaria, canavalia y gandul sobre la germinación y desarrollo in vitro de los cultivos de maíz, sorgo, habichuela, soya, caupí, lechuga y gandul.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la Finca Alzamora de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, en un suelo Ultisol, se sembraron las leguminosas cobertoras crotalaria, canavalia y gandul. Seis semanas después de la siembra, se colectó el material vegetativo (tallos y hojas), y posteriormente, durante una semana se expuso al sol hasta obtener el material completamente seco.

El material seco se trituró en un molino y se pasó por un cedazo (tamaño de partícula de 1 mm). De acuerdo a las investigaciones de Skinner y colaboradores (2012), se preparó una solución al 3.3% m/v, utilizando 5 g de material vegetal con 150 ml de agua destilada. La solución se agitó por 16 h a temperatura ambiente en un agitador orbital a 100 rpm. Posteriormente, el extracto acuoso se almacenó durante 16 h a 4° C. Los cuatro tratamientos fueron agua destilada como control, extracto acuoso de crotalaria, gandul y canavalia. En el laboratorio se realizaron dos pruebas de germinación. Los tratamientos se arreglaron en un diseño completamente aleatorizado con seis repeticiones por tratamiento (N=336). Se incubaron 10 semillas de cada cultivo evaluado: maíz, sorgo, habichuela, soya, gandul, caupí y lechuga, en platos

petri, las cuales fueron tratadas con 10 ml de los respectivos extractos acuosos y agua destilada. Los tratamientos se colocaron en una germinadora a 29.5° C y 28.7° C, para el primer y segundo experimento, respectivamente.

Cuando hubo ruptura en la cubierta de la semilla se consideró semilla germinada. Se evaluó el porcentaje de germinación al cuarto y séptimo día después de la siembra. En el séptimo día de germinación se realizaron contrastes de los extractos acuosos con el control (agua destilada), para comparar el porcentaje de inhibición o estimulación de las plantas al ser sometidas a los diferentes extractos acuosos de las leguminosas. Por lo tanto, se evaluó el efecto alelopático en el desarrollo de la plántula midiendo la longitud de la radícula y el coleóptilo en los cultivos de maíz y sorgo, y la longitud de la radícula y del hipocótilo en los cultivos de habichuela, soya, gandul, caupí y lechuga con la de fórmula de Islam y Kato-Noguchi (2013).

$$\text{Inhibición o Estimulación (\%)} = \frac{(1 - \text{longitud (mm) en extracto acuoso de cobertura}) \times 100}{\text{longitud (mm) en control}}$$

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de experimentos combinados utilizando el programa Info Stat-Statistical Software versión 2012 (Di Rienzo et al., 2012). Los efectos principales (días de germinación, extracto acuoso y cultivo) y las interacciones entre estos efectos principales se evaluaron en la variable de respuesta efecto alelopático (inhibición o estimulación). Para determinar si hubo diferencias entre los tratamientos se utilizó un ANOVA con un nivel de significancia del 5%. Para las variables que presentaron diferencias significativas se realizó una prueba de separación de medias con LSD Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las dos fechas de evaluación del porcentaje de germinación de los cultivos presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). En el cuarto día se muestra interacción entre cultivo y fecha de siembra, indicando que las fechas en que se repitieron los experimentos influenciaron la germinación. En el séptimo día de germinación, se presentó interacción entre cultivo x extracto acuoso.

Independiente del extracto acuoso, los porcentajes de germinación difirieron entre los cultivos (Cuadro 1). Los cultivos de lechuga, soya y caupí presentaron germinación menor al 50%. En el séptimo día, el cultivo de habichuela mostró diferencias ($P < 0.05$) en el porcentaje de germinación (96%). El porcentaje de germinación total es un índice que depende de las mediciones finales al evaluar emergencia de plántu-

CUADRO 1.—*Germinación de los siete cultivos evaluados en condiciones de laboratorio.*

Cultivo	Germinación (%)	
	Días	
	4	7
Habichuela	88 a	96 a
Sorgo	79 ab	86 b
Gandul	71 bc	84 b
Maíz	64 c	83 b
Lechuga	45 d	63 c
Soya	40 d	61 c
Caupí	37 d	62 c
DMS	10	7
CV(%)	41	24

Medias con la misma letra en columnas no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05 (Diferencia Mínima Significativa de Fisher-DMS). CV(%)= Coeficiente de Variación

las y comúnmente se utiliza para determinar efectos alelopáticos. Sin embargo, este índice no ofrece información sobre inhibición o efecto retardado en la germinación. Por esta razón, Mominul-Islam y Kato-Noguchi (2014) afirman que el porcentaje de germinación se considera adecuado para estudios ecológicos y no para procesos fisiológicos como la germinación.

Teniendo en cuenta este factor, Mominul-Islam y Kato-Noguchi (2014) y Laynez-Garsaball y Méndez-Natera (2013), recomiendan evaluar el crecimiento de las plántulas ya que es el parámetro más sensitivo para detectar fitotoxicidad. En consecuencia, se analizaron las diferencias en el largo de la radícula, coleóptilo e hipocótilo para los cultivos (Cuadro 2). El análisis de varianza expone que la radícula de las monocotiledóneas y dicotiledóneas tiene efectos alelopáticos en la interacción cultivo x extracto acuoso ($P < 0.05$).

CUADRO 2.—*Porcentajes de inhibición de los extractos acuosos de leguminosas en monocotiledóneas y cotiledóneas.*

Extracto acuoso	Monocotiledóneas ¹		Dicotiledóneas ²	
	Coleóptilo	Radícula	Hipocótilo	Radícula
	% Inhibición			
Canavalia	28.20 a	46.38 a	29.87 a	22.56 ab
Gandul	23.11 a	35.30 ab	25.28 ab	25.04 a
Crotalaria	0.11 b	28.64 b	6.80 b	10.35 b
DMS	19.55	12.49	18.86	12.49

¹Monocotiledóneas: maíz y sorgo. ²Dicotiledóneas: habichuela, gandul, soya, caupí y lechuga.

Medias con la misma letra en columnas no son significativamente diferentes al nivel de probabilidad de 0.05 (Diferencia Mínima Significativa de Fisher=DMS).

Los efectos de cada uno de los extractos acuosos de leguminosas presentaron variabilidad en el porcentaje de reducción del crecimiento del coleóptilo, hipocótilo y radícula (Cuadro 2). El extracto acuoso de canavalia exhibió mayor porcentaje de reducción de crecimiento al ser comparado con crotalaria sobre las monocotiledóneas. El coleóptilo con el extracto acuoso de crotalaria presentó menor efecto en comparación con los otros dos extractos.

Al evaluar los efectos de los extractos acuosos en el crecimiento de los cultivos de maíz y sorgo se observó reducción del crecimiento del coleóptilo (Figura 1). Además, los efectos de los extractos acuosos de las leguminosas fueron diferentes en los dos cultivos, en el cultivo de maíz, los extractos acuosos de gandul y canavalia redujeron el crecimiento del coleóptilo en 34 y 25%, respectivamente. Sin embargo, el extracto acuoso de crotalaria estimuló el crecimiento del coleóptilo en un 8%. Por el contrario, el sorgo mostró menor efecto por los tres extractos acuosos de leguminosas en comparación con el maíz. El crecimiento del coleóptilo se inhibió con los tres extractos acuosos de las leguminosas: canavalia y gandul con 22% cada uno, de igual manera, el extracto acuoso de crotalaria inhibió menos (8.3%).

El porcentaje de inhibición de la radícula de las gramíneas fue mayor en el cultivo de sorgo que en el cultivo de maíz (Figura 2). Para el cultivo de maíz, el mayor porcentaje de inhibición lo presentó el extracto acuoso de gandul (28%), seguido por el extracto acuoso de canavalia (17%). Al igual que en la longitud del coleóptilo, en la radícula, el extracto acuoso de crotalaria produjo estimulación en el crecimiento en

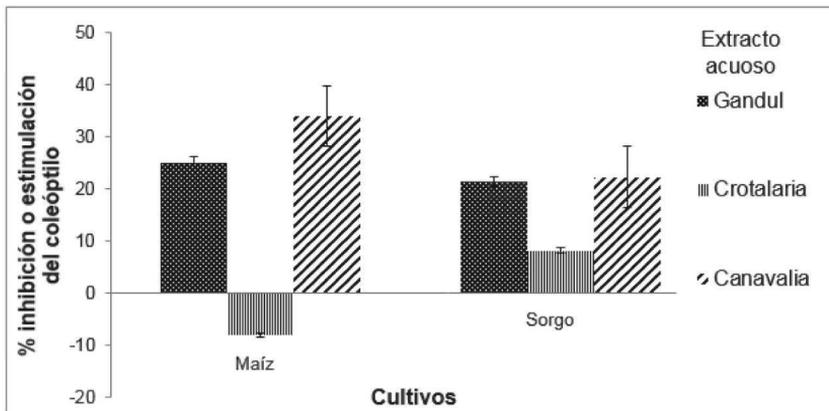


FIGURA 1. Porcentaje de inhibición (+) o estimulación (-) en el coleóptilo de los cultivos de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) utilizando tres extractos acuosos de leguminosas.

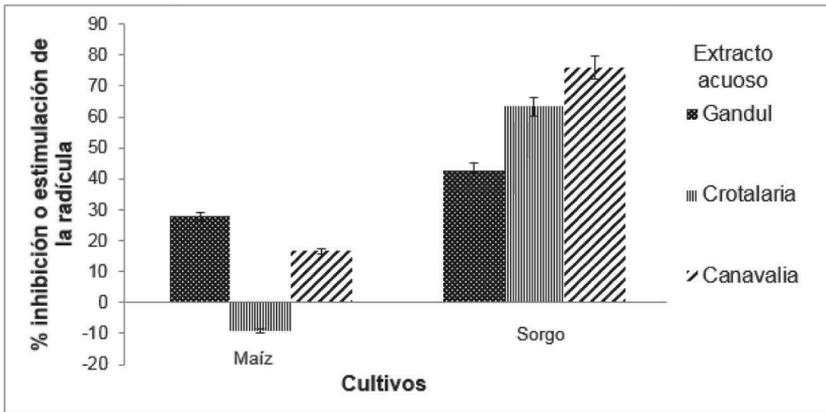


FIGURA 2. Porcentaje de inhibición (+) o estimulación (-) en la raíz de los cultivos de maíz (*Zea mays*) y sorgo (*Sorghum bicolor*) utilizando tres extractos acuosos de leguminosas.

un 9%. Por el contrario, en el cultivo de sorgo los tres extractos acuosos inhibieron el crecimiento de la raíz, donde el extracto acuoso de canavalia provocó mayor reducción (76%), seguido por el extracto acuoso de crotalaria (63%) y el extracto acuoso de gandul (43%). Comparando los dos cultivos, se pudo observar que el extracto acuoso de crotalaria tuvo efecto diferente: en maíz estimuló el crecimiento del coleóptilo y raíz, mientras que en sorgo, redujo el crecimiento del coleóptilo y la raíz.

Por otra parte, en los cultivos dicotiledóneos el porcentaje de inhibición del hipocótilo mostró variaciones dependiendo del extracto (Figura 3). En general, los extractos acuosos de gandul y canavalia inhibieron el crecimiento del hipocótilo en los cultivos de soja, gandul, habichuela y caupí. Sin embargo, el extracto acuoso de crotalaria estimuló el crecimiento del hipocótilo (a excepción en el cultivo de lechuga). Entre los cultivos evaluados, se observó menor efecto de inhibición en el hipocótilo de la soja con los extractos acuosos de las leguminosas gandul (8%) y canavalia (14%). Contrario a esto, el extracto acuoso de crotalaria estimuló el crecimiento del hipocótilo en 11%, el mayor porcentaje entre los cultivos evaluados. El cultivo de lechuga presentó los mayores porcentajes de inhibición en el hipocótilo con los extractos de crotalaria (58%) y canavalia (64%). Así mismo, en el cultivo de caupí, el extracto acuoso de gandul presentó el mayor porcentaje de inhibición (39%).

El efecto en el crecimiento de la raíz en los cultivos dicotiledóneos con los extractos acuosos de leguminosas, presentó variaciones

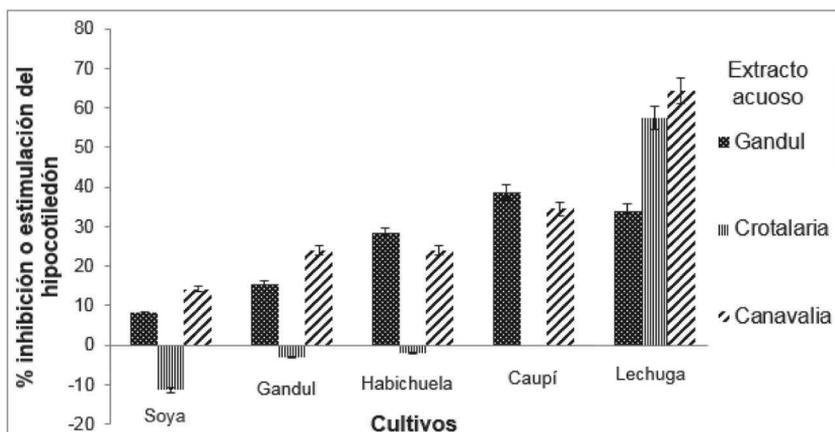


FIGURA 3. Porcentaje de inhibición (+) o estimulación (-) en el hypocótilo de los cultivos de soya (*Glycine max*), gandul (*Cajanus cajan*), habichuela (*Phaseolus vulgaris*), caupí (*Vigna unguiculata*) y lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando tres extractos acuosos de leguminosas.

(Figura 4). El extracto acuoso de canavalia mostró mayor efecto de inhibición en el crecimiento en los cultivos de caupí (44%) y lechuga (67%). El extracto acuoso de gandul causó menor inhibición en los cultivos de habichuela (32%), caupí (25%) y soya (21%). Por el contrario, el extracto acuoso de crotalaria presentó estimulación en los cultivos de habichuela y caupí.

Los efectos inhibitorios o negativos se fundamentan en que algunas plantas afectan las plantas vecinas por liberación de sustancias alelopáticas en el suelo ya sea como exudados de los tejidos vivos o como descomposición de los residuos de la planta (Batlang and Susshu, 2007). A menudo, la liberación de estos aleloquímicos de la hojarasca en descomposición afecta el crecimiento y el desarrollo de los cultivos adyacentes en sistemas agroforestales (Kamara et al., 2000). Aunque en el experimento se utilizaron extractos acuosos, los resultados indican que hubo presencia de sustancias alelopáticas en los tallos y hojas de leguminosas.

En los cultivos evaluados, el efecto del extracto acuoso fue más influyente en el crecimiento de la radícula coincidiendo con los resultados obtenidos por Mominul-Islam y Kato-Noguchi (2013) e Islam y Kato-Noguchi (2013). La mayor inhibición de raíz en comparación con las partes aéreas puede deberse a que en el desarrollo inicial el coleóptilo y el hypocótilo dependen mayormente de la expansión de células que son relativamente insensibles a los aleloquímicos. Por el contrario, el

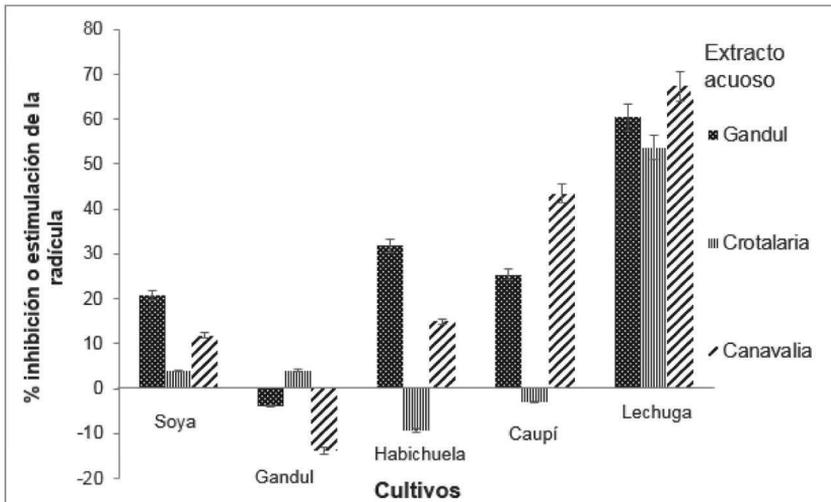


FIGURA 4. Porcentaje de inhibición (+) o estimulación (-) en la radícula de los cultivos de soya (*Glycine max*), gandul (*Cajanus cajan*), habichuela (*Phaseolus vulgaris*), caupí (*Vigna unguiculata*) y lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando tres extractos acuosos de leguminosas.

proceso de rizogénesis está íntimamente asociado a la división celular que es sensible a los aleloquímicos ejerciendo mayor inhibición de crecimiento de la radícula. Probablemente la reducción de la división celular en presencia de los aleloquímicos puede inhibir las hormonas promotoras del crecimiento vegetal. De igual manera, las raíces ejercen mayor contacto con los aleloquímicos debido a que son el primer órgano en absorber sustancias del medio ambiente (Islam y Kato-Noguchi, 2013), en este caso, los extractos acuosos de leguminosas. Debido a esto, el crecimiento de las plántulas es el parámetro más utilizado para evaluar respuestas fisiológicas representadas en efectos alelopáticos (Mominul-Islam y Kato-Noguchi, 2013). Los resultados obtenidos en este estudio indican que los extractos acuosos de canavalia y gandul ejercen mayor inhibición en el desarrollo de las plántulas; de igual manera, el extracto acuoso de crotalaria también afecta las plántulas de lechuga y sorgo, aunque en los otros cultivos se observó estimulación de crecimiento.

Los estudios de potencial alelopático reconocen problemas de autotoxicidad para la especie cultivada debido a la acumulación de fitotoxinas producidas por la descomposición de los residuos del cultivo. La continua producción de forrajes como la alfalfa y su reestablecimiento en el mismo lugar, ha demostrado actividad alelopá-

tica interespecífica e intraespecífica. La importancia de la alfalfa en la industria pecuaria ha hecho que sea uno de los forrajes más estudiados en alelopatía intraespecífica y se ha reportado que las condiciones ambientales y la edad de la planta influyen en los efectos alelopáticos (Seguin et al., 2002). Diferentes investigaciones reportan leguminosas que afectan el crecimiento de cultivos o malezas. Kumbhar y colaboradores (2011) exponen que el efecto alelopático de gandul en diferentes concentraciones inhibe significativamente la germinación y el crecimiento de caupí, resultados que coinciden con los encontrados en esta investigación. Sin embargo, no hay literatura publicada que indique si el extracto acuoso de gandul actúa con alelopatía intraespecífica en el desarrollo de la misma planta, es decir, si es una planta autotóxica. En este estudio, la interacción del extracto acuoso de gandul con el cultivo de gandul, mostró inhibición del hipocótilo y estimulación de la radícula.

En el cultivo de lechuga, los tres extractos acuosos inhibieron con mayores porcentajes el crecimiento del hipocótilo y la radícula. Laynez-Garsaball y Méndez-Natera (2013) afirman que la lechuga se considera la especie modelo más utilizada en bioensayos alelopáticos debido a su rápida germinación y alta sensibilidad a aleloquímicos. Skinner y colaboradores (2002) sugirieron que los extractos aleloquímicos de residuos de hojas de crotalaria reducen la germinación y el crecimiento de lechuga. Estos resultados se confirman en esta investigación, donde se encontró que este cultivo es altamente afectado inclusive, con los extractos acuosos de canavalia y gandul.

Las investigaciones sobre efectos alelopáticos en diferentes cultivos ha sido extensamente evaluada con diferentes parámetros como: especies y partes de plantas, concentraciones, edades de cosecha de la planta, metodologías, fechas de evaluación de germinación y fechas de evaluación de desarrollo de la plántula. Los resultados para inhibición o estimulación de germinación y desarrollo de plántulas son muy extensos. Teniendo en cuenta que el parámetro más utilizado para evaluar los efectos alelopáticos de los extractos de plantas en el desarrollo y/o el crecimiento de la especie utilizada es la longitud de las plántulas (Islam y Kato-Noguchi, 2013), esta investigación indica que los extractos acuosos de canavalia, gandul y crotalaria al 3.3% tienen efectos de inhibición y estimulación en el desarrollo de cultivos.

CONCLUSIÓN

Los extractos acuosos de canavalia, crotalaria y gandul influyen en el crecimiento del hipocótilo, coleóptilo y radícula y no en el porcentaje de germinación de los cultivos evaluados. En general, el extracto acuoso de canavalia presentó mayor inhibición en el crecimiento del

hipocótilo, coleóptilo y radícula de las monocotiledóneas y dicotiledóneas. Además, el extracto acuoso de gandul también inhibió el crecimiento pero con porcentajes más bajos en comparación con el extracto acuoso de canavalia. Por el contrario, el extracto acuoso de crotalaria causó estimulación del coleóptilo y radícula en el cultivo de maíz, y en el hipocótilo y radícula en los cultivos de habichuela, gandul y caupí. Teniendo en cuenta la variabilidad en la respuesta de los extractos acuosos de leguminosas, es importante profundizar acerca de la fitoquímica de las leguminosas para determinar los compuestos que inhiben o estimulan el crecimiento de hipocótilo, coleóptilo y radícula de los cultivos. Del mismo modo, evaluar las concentraciones utilizadas para establecer concentraciones adecuadas que no produzcan efectos negativos en el desarrollo de cultivos. Se recomienda realizar evaluaciones en el campo para determinar si los factores ambientales interfieren en los efectos alelopáticos generados por las asociaciones entre las leguminosas y cultivos.

LITERATURA CITADA

- Adler, M. J. and C. A. Chase, C. 2007. Comparison of the allelopathic potential of leguminous summer cover crops: cowpea, sunnhemp and velvetbean. *HortScience* 42: 289-293.
- Albuquerque, M.B., R. C. dos Santos, L.M. Lima, P. de Albuquerque, R.J. Mansur, C. A. Gomes y A. R. de Rezende, 2011. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 31: 379-375.
- Batlang, N. y D. D. Shushu, 2007. Allelopathic activity of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on growth and nodulation of bambara groundnut [*Vigna subterranea* (L) Verde]. *J. Agron.* 6(4): 541-547.
- Caamal-Maldonado J. A., J. J. Jiménez-Osornio, A. Torres-Barragán y A. Anaya, 2001. The use of allelopathic legume cover crops and mulch species for weed control in cropping systems. *Agron. J.* 93 (1):27-36. doi:10.2134/agronj2001.93127x. Accessed 10th July 2014.
- Di Rienzo, J., F. Casanoves, M. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. Robledo. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ferguson, J. J., B. Rathinasabapathi y C. A. Chase, 2013. Allelopathy: How plants suppress other plants. <http://edis.ifas.ufl.edu>. Accessed 23rd March 2014.
- Hossain, M. M., G. Miah, T. Ahamed y N. Shalia, N. 2012. Allelopathic effect of *Moringa oleifera* on the germination of *Vigna radiate*. *IJACS.* 4(3): 114-121.
- Islam, A. K. M. M. y H. Kato-Noguchi, 2013. *Mentha sylvestris*: A potential allelopathic medicinal plant. *Int. J. Agric. Biol.* 15:1313-1318.
- Kamara, A. Y., I. O. Akobundu, N. Sanginga y S. C. Jutzi, 2000. Effect of mulch from selected multipurpose trees (MPTs) on growth, nitrogen nutrition and yield of maize (*Zea mays* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 184(2): 73-80.
- Keating, K. I., 1999. Allelopathy: Principles, procedures, processes and promises for biological control. *Adv. Agron.* 67: 141-231.
- Kumbhar, B. A., B. Y. Dabgar y N. K. Patel, 2011. Allelopathic effects of aqueous extracts of *Cajanus cajan* L. (pigeon pea) and *Vigna uriculata* (black gram) on each other's seedling growth and seed germination. *International conference on life science*. <http://www.lifesciencesleaflets.ning.com>. Accessed 10th July 2014.

- Layne-Garsaball, J. A. L. y J. Méndez-Natera, 2013. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray.] sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Sci. Agropecu.* 4(3): 229-241.
- Liebman, M. y T. Ohno, 1998. Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth: Applications for weed management. In Hatfield, J., Buhler, D. and Stewart, B. (Eds.). *Integrated Weed and Soil Management* (181-221). Michigan: Ann Arbor Press.
- Martín, G. M. y R. Rivera, 2004. Mineralización del nitrógeno incorporado con los abonos verdes y su participación en la nutrición de cultivos de importancia económica -Revisión bibliográfica. *Cultivos Tropicales* 25(3): 89-96.
- Mominul-Islam, A. K. M. y H. Kato-Noguchi, 2014. Phytotoxic activity of *Ocimum tenuiflorum* extracts on germination and seedling growth of different plant species. doi:10.1155/2014/676242. Hindawi Publishing Corporation. Accessed 2nd July 2014.
- Mominul-Islam, A. K. M. y H. Kato-Noguchi, 2013. Allelopathic potential of five Labiatae plant species on barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*). *Aust. J. Crop. Sci.* 7(9): 1369-1374.
- Rice, E., 1984. *Allelopathy*. University of Minnesota, United States: Academic Press.
- Rosa, D. M., L. H. P. Nóbrega, G. P. De Lima, M. M. Mauli y S. R. M. Coelho, 2011. Action of dwarf mucuna, pigeon pea and stylosanthes on weed under field and laboratory conditions. *Interciencia* 36(11): 841-847.
- Seguin, P., C. C. Sheaffer, M. A. Schmitt, M. P. Russelle, G. W. Randall, P. R. Peterson, T. R. Hoverstad, S. R. Quiring y D. R. Swanson, 2002. Alfalfa autotoxicity: Effects of reseeding delay, original stand age and cultivar. *Agron. J.* 94(4): 775-781.
- Skinner, E. M., J. C. Díaz-Pérez, S. C. Phatak, H. H. Schomberg y W. Vencil, 2012. Allelopathic effects of sunnhemp (*Crotalaria juncea* L.) on germination of vegetables and weeds. *HortScience* 47(1): 138-142.