

Efecto inhibitorio de extractos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. y *Lantana camara* L. en preemergencia y posemergencia

Inhibitory effect of extracts from *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. and *Lantana camara* L. in pre-emergence and post-emergence



ARLETTE IVONNE GIL^{1,3}

ÁLVARO CELIS²

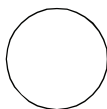
JUAN C. CUEVAS¹

Cerca viva de *Swinglea glutinosa* en el eje cafetero (Colombia).

Foto G. Fischer

RESUMEN

Para determinar el efecto inhibitorio de los extractos vegetales extraídos de las especies *Swinglea glutinosa* y *Lantana camara* se realizaron ensayos de preemergencia y posemergencia, con siete concentraciones (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 y 5,0% v/v), a cinco especies de arvenses (*Senna obtusifolia*, *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus*, *Brassica rapa* y *Poligonum segetum*) y cinco de cultivos comerciales (arroz, maíz, zanahoria, lechuga y tomate). En los ensayos de preemergencia se observó que el extracto de *Swinglea* inhibió la germinación y disminuyó la longitud radicular de las arvenses cuando se aplicó a las semillas con la concentración más baja (0,5%). Para los extractos de *Lantana* se requirió de una dosis media de 2,0% para observar el efecto de control en las variables evaluadas. Contrario a ello, no se observó un efecto deletéreo al realizar la aplicación a las semillas de cultivos comerciales. En las pruebas de posemergencia se observó que la aplicación de extractos no afectó el normal desarrollo de las plantas de cultivos comerciales, a diferencia de las arvenses, que mostraron daño entre los grados 3 y 9 de la escala de severidad, a partir de la concentración de 3,0%. Se recomienda realizar futuras investigaciones para identificación de metabolitos secundarios y ampliación de pruebas de posemergencia, con el fin de pensar en mecanismos de control de arvenses de forma ecológica y segura para el ambiente.



Palabras clave adicionales: germinación, desarrollo, metabolitos.

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá (Colombia).

² Sistema de Investigación, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá (Colombia).

³ Autor para correspondencia: arlettegil@hotmail.com

ABSTRACT

To determine the inhibitory effect of plant extracts taken from the species *Swinglea glutinosa* and *Lantana camara* on pre-emergence and post-emergence in five species of weeds (*Senna obtusifolia*, *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus*, *Polygonum segetum* and *Brassica rapa*) and five commercial crops (rice, corn, carrot, lettuce and tomato), applications of seven concentrations (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 and 5.0% v/v) were evaluated. In trials for pre-emergence it was shown that the extract of *Swinglea* inhibited germination and decreased the length of roots in weeds when applied to seeds with the lowest concentration (0.5%). With extracts of *Lantana*, an average dose of 2.0% was required to observe an effect on the control variables. Contrary to this, there was no deleterious effect observed as a result of the applications to the seeds of the commercial crops. For the post-emergence studies, it was noted that the implementation of extracts did not affect the normal development of crops, unlike the weeds, which showed damage between grades 3 and 9 on the severity scale starting with the concentration of 3.0%. Undertaking further research is recommended to identify secondary metabolites and expand evidence on post-emergence, in order to develop control mechanisms for weeds that are safe for the environment.

Additional key words: germination, development, metabolites.

Fecha de recepción: 16-10-2010

Aprobado para publicación: 26-10-2010

INTRODUCCIÓN

Las plantas arvenses ocasionan perjuicios a la agricultura debido a su competencia por agua, luz, nutrientes, espacio y CO₂, y por ser hospederos de plagas y enfermedades, además de demeritar la calidad de las cosechas. Tradicionalmente, su control se ha efectuado por métodos convencionales: manual y mecánico en cultivos de pequeña extensión, y químico, mayormente, en la agricultura tecnificada, el cual ocasiona altos costos, resistencia de malezas a herbicidas y contaminación ambiental (Celis *et al.*, 2008).

Según Rice (1974), la alelopatía se refiere a cualquier efecto inhibitorio que una planta ejerce sobre otra a través de la producción de compuestos químicos que escapan al ambiente. También se define como cualquier proceso que involucre metabolitos secundarios producidos por plantas, microorganismos, virus y hongos, que influyen en el crecimiento y desarrollo de plantas en sistemas agrícolas (Luna y Lara, 2007).

Los inhibidores químicos contenidos en extractos vegetales producidos por los agentes alelopáticos corresponden a metabolitos secundarios y pertenecen a varias clases de compuestos como fenoles, aldehídos, glucósidos, terpenos y

cianinas orgánicas (Rice, 1984). Liebman y Ohno (1998) indican que el efecto inhibitorio de los químicos alelopáticos sobre la germinación y el crecimiento solo resume el resultado del efecto sobre muchos procesos individuales del metabolismo de las plantas.

Lantana camara L., oriunda de América tropical, fue introducida como planta ornamental y medicinal a diferentes países de Asia y África. Los nombres populares en Colombia son «Venturosa», «Sanguinaria» y «Carraquillo». Afín con otras verbenáceas (*e.g. Lippia alba* y *Aloysia tripilla*), *L. camara* presenta una gran variedad de quimiotipos y diferencias en la composición química de sus aceites volátiles. En el aceite esencial de *Lippia camara* colombiana predominan sesquiterpenos, como el beta-cariofileno (15%) y su óxido (4-9%), el biciclosesquifelandreno (16-18%), el alpha-zingibereno (5-6%), el alpha-fameseno (3-4%) y el gama-bisaboleno. En el aceite esencial de *Lippia camara* colombiana predominan sesquiterpenos, como el beta-cariofileno (15%) y su óxido (4-9%), el biciclosesquifelandreno (16-18%), el alpha-zingibereno (5-6%), el alpha-fameseno (3-4%) y el gama-bisaboleno (3-4%) (Chitwood, 2002; Stashenko *et al.*, 2003).

Swinglea glutinosa (Blanco) Merr. es un arbusto de la familia Rutaceae, conocido en Colombia como «limoncillo» o «limón ornamental»; es utilizado como cercas vivas y setos (Segovia *et al.*, 2000), ha sido reportada con propiedades fungicidas y es conocida en Asia desde hace siglos por sus propiedades. En Colombia, donde esta planta introducida es una ornamental bastante común, se empezó a utilizar el extracto de tallo y hojas como biofungicida para algunas enfermedades de las plantas (Aguirre, 2008). Los metabolitos reportados en *Swinglea* son: eugenol, linajol, citronelol y geraniol (Luna y Lara, 2007); otros principios activos son alcaloides acridínicos (Weniger *et al.*, 2001). Díaz *et al.* (2005) identificaron 14 componentes en su corteza, dentro de los cuales destacaron, por su abundancia, alfa-cubebeno, beta-pineno, elixeno, beta-cariofileno, beta-felandreno, alfa-pineno, delta-limoneno y anozol.

Son escasos los trabajos en los que el efecto alelopático de una especie invasora está asociado a una o varias moléculas identificadas (Lorenzo y González, 2010). Isaza *et al.* (2007) evaluaron catorce extractos polares de especies *Miconia*, *Tibouchina*, *Henriettella*, *Tococa*, *Aciotis* y *Bellucia* (Melastomataceas), determinando su actividad alelopática frente a semillas de *Lycopersicon esculentum* L. Extractos de *Miconia Coronata* y *M. aeruginosa* fueron promisorios en rendimiento y porcentaje de inhibición sobre el hipocótilo, con un 24,92% y 91,16%, respectivamente.

Chávez y Pérez (2008) evaluaron el efecto de cinco extractos etanólicos de Piperáceas sobre germinación y estado de plántula de cinco malezas y cinco cultivos; encontraron que hubo una reducción de germinación y de las plántulas en las arvenses. Los cultivos se vieron afectados, especialmente tomate, zanahoria y lechuga.

Arévalo *et al.* (2009) evaluaron el efecto de extractos de *Cyperus rotundus* sobre la brotación y crecimiento posterior de la biomasa de esquejes uniyemares de caña *Sacharum* spp. tratados con concentraciones de 0, 50, 100, 150 y 200 g de bulbos molidos, suspendidos en 1 L de agua y filtrados previa aplicación. Los resultados revelaron que *Cyperus rotundus* no ejerció efecto en la brotación del cv. IAC-SP93-6006 en los dos experimentos con una germinación de 100%,

mientras que el crecimiento fue afectado significativamente en ambos.

Hagemann *et al.* (2010) evaluaron el efecto alelopático de cinco extractos acuosos de *Avena sativa* L. y cuatro de *A. strigosa* Schreb, a concentraciones de 0, 25, 50 y 100%, sobre la germinación y el desarrollo de plántulas de *Lolium multiflorum* Lam. y *Euphorbia heterophylla* L. Los resultados mostraron que los extractos mostraron potencial alelopático sobre la germinación y el desarrollo de las especies de malezas evaluadas.

Ibañez y Zoppolo (2010) realizaron ensayos de fitotoxicidad *in vitro* del aceite esencial y de extractos realizados de distintas partes de *Baccharis dracunculifolia* en solventes de distinta polaridad con la finalidad de aislar compuestos químicos responsables de actividad fitotóxica. Los ensayos de laboratorio mostraron que el efecto fitotóxico más pronunciado fue producido por el aceite esencial, seguido del extracto hexánico de hojas y del extracto metanólico de raíz. El análisis realizado al extracto metanólico mostró la presencia de compuestos fenólicos y terpenos, reportados como los aleloquímicos más ubicuos, que tienen especial significancia en interacciones alelopáticas que incluyen plantas aromáticas y cultivos.

Fernández *et al.* (2010) estudiaron el potencial alelopático de *Hordeum vulgare* sobre *Lolium multiflorum* con los indicadores largo, peso seco de raíz y parte aérea para calcular la actividad alelopática potencial.

De acuerdo con lo anterior, esta investigación se orientó a determinar el potencial alelopático de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. y *Lantana camara* L. sobre parámetros de crecimiento y desarrollo de especies arvenses y cultivos de importancia económica, con el fin de buscar nuevas alternativas de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de los extractos vegetales

En la granja «La Esperanza», de la Universidad de Cundinamarca, localizada en Fusagasugá, vereda

Guaviobajo (04°17' 34,83" N y 74° 24' 8,75" W a 1.450 msnm), se recolectó material vegetal compuesto de tallos, hojas y flores para *Swinglea glutinosa*, y de tallos y hojas para *Lantana camara*. La obtención de los extractos vegetales se realizó de acuerdo con el método estandarizado por Lizarazo *et al.* (2008). El material se secó 72 h a 40°C, luego se pulverizó. A 100 g de este material se agregó 500 mL de etanol y se dejó en oscuridad 96 horas. Después se filtró en gasa estéril. Luego, en una plancha calefactora se evaporó el solvente, con lo cual se obtuvieron los extractos vegetales crudos, sin contenido de solvente de extracción.

Ensayos de preemergencia

Se colocaron lotes de 25 semillas en una caja de petri, sobre discos de papel filtro humedecido con el tratamiento correspondiente, con 10 mL de agua (tratamiento testigo) o de extracto. Cada tratamiento se replicó cuatro veces.

Las especies utilizadas fueron:

Especies cultivadas: arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*), zanahoria (*Daucus carota*), lechuga (*Lactuca sativa*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Especies arvenses: chilinchil (*Senna obtusifolia* (L.) H.S. Irwin & Barneby), bledo (*Amaranthus dubius* Mart. Ex Thell.), lenguevaca (*Rumex crispus*), gualola (*Polygonum segetum* Kunth) y nabo (*Brassica campestris* subsp. *rapa* (L.) Hook. f.).

Se utilizó el protocolo propuesto por Zamorano y Fuentes (2005a, 2005b), realizando bioensayos con diferentes concentraciones de los extractos etanólicos de *Swinglea* y *Lantana*. Las semillas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% y posteriormente lavadas con agua destilada, de acuerdo con la metodología utilizada por Blanco *et al.* (2005), para luego ser utilizadas en los tratamientos preemergencia. Las semillas utilizadas fueron colocadas en cámara de crecimiento (Biotronette Mark III Environmental Chamber) a 27°C ± 2°C, en oscuridad. Siete días después de la exposición a los extractos se registró el porcentaje de germinación y la longitud de la radícula, como variables de respuesta para este ensayo.

Ensayos de posemergencia

El sustrato utilizado fue suelo: cascarilla de arroz quemada, en una proporción 3:1, tratado con Metam sodio anhidro: metil ditiocarbamato de sodio 510 g L⁻¹ de formulación a 20°C. Posteriormente, las semillas fueron sembradas en recipientes plásticos de 12 onzas, que se ubicaron en casa de malla, en los predios de la Universidad de Cundinamarca (Fusagasugá). La humedad fue mantenida constantemente para garantizar la emergencia de las plántulas. Cuando estas presentaron las primeras hojas se procedió a realizar la aplicación de los extractos. Como variable de respuesta se realizó la escala visual de daño en las plantas, tomando como base la desarrollada por Arango (2005), a partir de la escala de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM).

Diseño experimental

Los datos del ensayo de preemergencia provinieron de un diseño completamente aleatorizado, con cuatro repeticiones y 13 tratamientos. Los tratamientos consistieron en un factorial 7 x 2, con siete niveles de concentración de extracto (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 y 5,0% v/v) y las dos especies de las cuales se obtuvieron los extractos (*L. cámara* y *S. glutinosa*). El testigo absoluto correspondió al tratamiento sin aplicación de extractos.

Las variables de respuesta fueron porcentaje de germinación y longitud de radículas. Se aplicó el análisis de varianza para determinar si la aplicación de los extractos tuvo algún efecto significativo en las variables observadas. Se incluyó el resultado de la prueba de Tukey para la comparación de promedios de pares de tratamientos, al 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayos de preemergencia

Porcentaje de germinación de arvenses

Se observa que en el tratamiento testigo se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$)

Tabla 1. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación en especies arvenses.

Tratamiento	<i>S. obtusifolia</i>	<i>A. dubius</i>	<i>B. rapa</i>	<i>R. crispus</i>	<i>P. segetum</i>
1 Testigo	59,00 a	85,50 a	76,50 a	70,50 a	70,50 a
2 <i>L. camara</i> 0,5%	43,75 b	42,50 b	45,00 b	42,50 b	45,00 b
3 <i>L. camara</i> 1,0%	41,25 b	41,25 b	42,50 b	40,00 b	36,25 bc
4 <i>L. camara</i> 1,5%	0,00 c	6,25 c	0,00 d	0,00 c	31,25 c
5 <i>L. camara</i> 2,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
6 <i>L. camara</i> 3,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
7 <i>L. camara</i> 5,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
8 <i>S. glutinosa</i> 0,5%	0,00 c	5,00 c	15,00 c	1,25 c	5,00 d
9 <i>S. glutinosa</i> 1,0%	0,00 c	3,75 c	1,25 d	1,25 c	1,25 d
10 <i>S. glutinosa</i> 1,5%	0,00 c	2,50 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
11 <i>S. glutinosa</i> 2,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
12 <i>S. glutinosa</i> 3,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d
13 <i>S. glutinosa</i> 5,0%	0,00 c	0,00 c	0,00 d	0,00 c	0,00 d

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

con respecto al resto de tratamientos, con el mayor porcentaje de germinación, para todas las especies arvenses utilizadas (tabla 1). Los tratamientos *Lantana* 0,5% y 1,0% fueron los que le siguieron para esta variable. En el resto de tratamientos se observó inhibición drástica de la germinación, con los valores más bajos observados para todas las especies evaluadas.

En general, para *Senna obtusifolia*, *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus* y *Polygonum segetum* la aplicación del extracto de *S. glutinosa* a cualquier concentración inhibió el porcentaje de germinación. Para *Brassica rapa*, el extracto de *Swinglea glutinosa* 0,5% mostró diferencias significativas con los demás tratamientos. Este resultado concuerda con el obtenido por Robayo y Rodríguez (2006), quienes evaluaron el efecto alelopático de los extractos de *S. glutinosa* y *Piper aduncum* frente a arvenses de clima cálido, encontrando que la germinación se vio afectada debido a este efecto.

Algunos autores han reportado el efecto inhibitorio de compuestos fenólicos, en extractos de diferentes cultivos, sobre la germinación o el crecimiento de plantas, dependiendo de su concentración. Chon y Kim (2004) señalaron que

los extractos acuosos de cebada, avena, arroz y trigo inhiben el crecimiento de raíz de *Echinochloa crus-galli*. La inhibición se atribuyó a compuestos fenólicos; al aumentar la concentración de dichos compuestos en los extractos, el crecimiento de raíz disminuyó significativamente.

El extracto de esta especie se ha utilizado también como fungicida. En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Cali) se realizaron varios experimentos con extracto de hojas de *swinglea glutinosa* para el control de antracnosis, logrando reducir en 74% la severidad del hongo con respecto al testigo sin aplicación del extracto (Aguirre, 2008).

La aplicación del extracto de *Lantana* logró el mismo efecto, pero requirió de concentraciones intermedias, y un control general se logró con el 2,0% de concentración del extracto para esta variable, especialmente para *Polygonum segetum* y *Amaranthus dubius*, que fueron las especies que requirieron de mayores concentraciones del extracto para su control. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Bansal (2005), quien encontró que extractos acuosos de *Lantana camara* afectaban la germinación de diversas semillas de arvenses, y con los reportados por

Benavides (2009), quien evaluó la acción herbicida de extractos de plantas de *Lantana camara*, *Petiveria alliacea* y *Matricaria chamomilla* sobre las semillas de arvenses de dos lotes comerciales, y encontró que todos los extractos vegetales etanólicos mostraron un efecto inhibitorio sobre la germinación de las arvenses.

La explicación para este comportamiento podría deberse a los metabolitos secundarios presentes en las plantas de *Lantan* y *Swinglea*, que actúan como inhibidores de la germinación de semillas, teniendo en cuenta que son sesquiterpenos (precursores del ácido abscísico [ABA]) y fenoles (inhibidores de la germinación), de acuerdo con Rice (1974). El posible mecanismo de acción de este precursor de ABA sería el efecto antagónico con las giberelinas presentes en las semillas, induciendo la formación de ciertos compuestos, actuando como inhibidor de la germinación (Salisbury y Ross, 1994).

Al aplicar el extracto etanólico se encuentran diferentes metabolitos secundarios que estarían inactivando las enzimas presentes en la degradación de almidón (hidrolasas) y lípidos, con lo cual la germinación no se lograría (Montaldi, 1995) y tampoco se permitiría el

debilitamiento de la pared celular de la testa, como lo afirma Bewley (1997).

Tejada y Rodríguez (2008) evaluaron el efecto del extracto acuoso del residuo de *Amaranthus hypochondriacus* en la germinación y el crecimiento de *Echinochloa crus-galli*, *Raphanus sativus*, *Allium cepa* y *Daucus carota*. Las concentraciones más altas de fenólicos totales (108 y 54 ppm), derivadas del extracto, inhibieron la germinación de *E. crus-galli* y *R. sativus* (57 y 56%), y el crecimiento de radícula (de 51 a 76%) y vástago (de 47 a 86%) de las especies usadas. La principal conclusión fue que el residuo seco de amaranto posee sustancias inhibitorias de la germinación o el crecimiento de *Echinochloa crus-galli*, rábano, cebolla y zanahoria. Los extractos acuosos afectaron diferencialmente las especies analizadas.

Porcentaje de germinación de especies cultivadas

Las pruebas de comparación múltiple de Tukey (tabla 2) muestran que en maíz y tomate no hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, aunque sí se observaron a nivel

Tabla 2. Efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación en especies cultivadas.

Tratamiento	Arroz	Maíz	Zanahoria	Lechuga	Tomate
1 Testigo	90,00 ab	92,00 a	81,00 ab	100,00 a	82,00 a
2 <i>L. camara</i> 0,5%	90,00 ab	72,00 a	84,00 ab	75,00 abc	85,00 a
3 <i>L. camara</i> 1,0%	94,00 ab	95,00 a	90,00 a	98,00 a	73,00 a
4 <i>L. camara</i> 1,5%	83,00 ab	95,00 a	67,00 abc	70,00 bc	77,00 a
5 <i>L. camara</i> 2,0%	91,00 ab	91,00 a	82,00 ab	100,00 a	86,00 a
6 <i>L. camara</i> 3,0%	93,00 ab	77,00 a	80,00 ab	91,00 ab	89,00 a
7 <i>L. camara</i> 5,0%	77,00 b	78,00 a	60,00 bc	100,00 a	79,00 a
8 <i>S. glutinosa</i> 0,5%	93,00 ab	61,00 a	79,00 ab	100,00 a	78,00 a
9 <i>S. glutinosa</i> 1,0%	86,00 ab	77,25 a	41,00 c	82,00 abc	81,00 a
10 <i>S. glutinosa</i> 1,5%	80,00 ab	100,00 a	85,00 ab	100,00 a	83,00 a
11 <i>S. glutinosa</i> 2,0%	98,00 a	52,00 a	79,00 ab	100,00 a	72,00 a
12 <i>S. glutinosa</i> 3,0%	92,00 ab	100,00 a	81,00 ab	100,00 a	79,00 a
13 <i>S. glutinosa</i> 5,0%	77,00 b	83,00 a	60,00 bc	65,00 c	70,00 a

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

aritmético. En las semillas de arroz se observó que la aplicación de los extractos en las concentraciones más altas (5%) disminuyó el porcentaje de germinación. En zanahoria, la aplicación de *Lantana* no tuvo mayor efecto, pero el extracto de *Swinglea* pudo reducir el porcentaje de germinación, aunque la tendencia por efecto de concentración no fue clara, ya que el menor promedio se obtuvo con la concentración de 1,0%, pero al aumentarla se observó un incremento en esta variable.

En lechuga, la respuesta varió según el tipo de extracto y la concentración aplicada: para *Swinglea*, la mínima concentración (0,5%) permitió un 100% de germinación, mientras que con *Lantana*, la misma concentración redujo la germinación a un 75%, y se requirió de una concentración mayor (2,0% y 5,0%) para incrementar el porcentaje de germinación al 100%; por lo tanto, puede decirse que para esta especie la respuesta de las semillas a la concentración del extracto fue irregular.

La tendencia se puede explicar con los resultados obtenidos por Hill *et al.* (2007), quienes demostraron que los extractos de metanol y acetato de etilo de *Vicia vellosa* y *Vigna unguiculata*

contenían compuestos alelopáticos, y que su fitotoxicidad es probable que esté asociada con especies específicas.

Por lo tanto, el porcentaje de germinación en las especies cultivadas no presentó una tendencia regular como respuesta a la aplicación del extracto, y en general las concentraciones aplicadas no afectaron los porcentajes de germinación con respecto a los tratamientos testigos, por lo cual podrían evaluarse como un método de control preemergente de malezas en estos cultivos. Una respuesta similar fue encontrada por Ávila *et al.* (2007) al aplicar extracto de *Eucalyptus robusta* sobre plantas como lechuga, arveja, fríjol, maíz, arroz y sorgo, cuyos resultados mostraron efectos selectivos sobre el crecimiento de algunas de estas especies. El efecto diferencial del extracto de *Eucalyptus robusta* podría ser la base del desarrollo de productos para el control de gramíneas.

Longitud de radícula de arvenses

En la prueba de comparación de Tukey (tabla 3) se observa que las semillas del tratamiento testigo obtuvieron las mayores longitudes radiculares,

Tabla 3. Efecto de los tratamientos sobre la longitud de radícula (cm) en especies arvenses.

Tratamiento	<i>S. obtusifolia</i>	<i>A. dubius</i>	<i>B. rapa</i>	<i>R. crispus</i>	<i>P. segetum</i>
1 Testigo	0,8925 a	1,2850 a	0,3725 a	1,1575 a	0,4150 a
2 <i>L. camara</i> 0,5%	0,7525 ab	0,7475 b	0,3075 a	0,6100 b	0,1650 b
3 <i>L. camara</i> 1,0%	0,5325 b	0,0825 c	0,1275 b	0,1200 c	0,0900 c
4 <i>L. camara</i> 1,5%	0,0000 c	0,0100 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0725 cd
5 <i>L. camara</i> 2,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
6 <i>L. camara</i> 3,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
7 <i>L. camara</i> 5,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
8 <i>S. glutinosa</i> 0,5%	0,0000 c	0,0075 c	0,0225 b	0,0025 c	0,0150 de
9 <i>S. glutinosa</i> 1,0%	0,0000 c	0,0075 c	0,0025 b	0,0025 c	0,0025 e
10 <i>S. glutinosa</i> 1,5%	0,0000 c	0,0050 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
11 <i>S. glutinosa</i> 2,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
12 <i>S. glutinosa</i> 3,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e
13 <i>S. glutinosa</i> 5,0%	0,0000 c	0,0000 c	0,0000 b	0,0000 c	0,0000 e

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

aunque para *Senna obtusifolia* y *Brassica rapa* no hubo diferencias entre este y el tratamiento *Lantana camara* 0,5%. Para *Amaranthus dubius*, *Rumex crispus* y *Polygonum segetum*, a partir de este tratamiento se presentaron diferencias significativas entre tratamientos para esta variable (tabla 3).

Se observa que con extractos de *Swinglea* hubo completa inhibición radicular en las cinco arvenses, lo cual concuerda con el efecto deletéreo sobre la germinación; si no se presenta germinación, no existe desarrollo radicular.

Al igual que para porcentaje de germinación, y como está directamente relacionado con longitud radicular, la aplicación del extracto de *Lantana* requirió de concentraciones medias para su disminución; un control general se logró con un 2,0%. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Valerino *et al.* (2005), quienes encontraron reducción en la longitud radicular para diversas especies vegetales con la aplicación de dicho extracto.

Análogamente con el porcentaje de germinación, puede deducirse que el comportamiento inhibitorio sobre el desarrollo radicular de arvenses puede ser debido a los compuestos derivados del metabolismo secundario en estas especies, como terpenos, fenoles, cumarinas y otros, que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de los tejidos vegetales afectados, tal como lo indican Taiz y Zeiger (2006).

Los efectos observados sobre la germinación de las arvenses tienen explicación en la posible diversidad de la naturaleza química de los compuestos presentes en los extractos, que muestran un modo de acción directo dadas las condiciones controladas en las que se llevó a cabo el ensayo. Guedes *et al.* (2002) confirmaron la presencia en extractos vegetales de: a) fenoles (correlacionados con alteraciones en la actividad de las fitohormonas, división celular, síntesis orgánica, contenido de clorofila, absorción de agua y nutrientes); b) flavononas (interfieren en la síntesis de ATP mitocondrial, cadena de transporte de electrones y fotofosforilación); c) saponinas (reducción de la permeabilidad del tegumento de las semillas al oxígeno); d) taninos condensados (inhiben la acción de las giberelinas,

importantes para la germinación); y e) terpenoides (sesquiterpenos específicos que pueden interferir en la germinación).

Longitud de radícula de especies cultivadas

En la tabla 4 se observa que para arroz, el extracto de *Lantana* no mostró diferencias ($P > 0,05$) entre concentraciones, mientras que en el de *Swinglea* se obtuvo el mayor promedio de longitud radicular con una concentración de 3,0% (5,35 cm), y el menor (2,21 cm), con 0,5%. En maíz, los extractos de *Lantana* al 3,0% y al 0,5% mostraron los resultados de mayores y menores promedios (11,91 y 4,07 cm respectivamente), mientras que con *Swinglea* no se observaron mayores diferencias entre tratamientos. Para zanahoria, con *Lantana* no se observaron diferencias, pero con *Swinglea* las concentraciones de 1,5% y 2,0% mostraron las mayores longitudes radicales (5,81 y 5,46 cm, respectivamente), señalando diferencias significativas con la concentración de 1%, que obtuvo el promedio más bajo para esta variable (0,82 cm).

Para lechuga, la concentración de 1,5% de *Lantana* marcó diferencias significativas, con el promedio más bajo (0,51 cm). *Swinglea* no presentó mayores diferencias entre tratamientos. Finalmente, para tomate los tratamientos con *Lantana* y *Swinglea* no mostraron diferencias entre ellos ni con el testigo.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir que no se observó una tendencia en cuanto al efecto de las concentraciones de los extractos sobre la longitud radicular, por lo tanto, podrían ser empleados como mecanismos de control de malezas en preemergencia, ya que podría pensarse que son inocuos con estas especies, como lo sustentan Rizvi *et al.* (1992), quienes consideran que una de las ventajas más importantes de los pesticidas naturales es que son fácilmente biodegradables e inocuos desde el punto de vista ambiental.

Los resultados encontrados difieren de los de Zamorano y Fuentes (2005a), quienes realizaron bioensayos con diferentes concentraciones de los extractos acuosos y metanólicos de *Brassica campestris* subsp. *rapa* y *Lolium temulentum* (10,

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre la longitud de radícula (cm) en especies cultivadas.

Tratamiento	Arroz	Maíz	Zanahoria	Lechuga	Tomate
1 Testigo	2,77abc	10,5075abc	3,0550 bc	3,9950 a	2,0100 b
2 <i>L. camara</i> 0,5%	2,57bc	4,0725 d	1,6900 cd	2,2225 bcd	2,5175 ab
3 <i>L. camara</i> 1,0%	3,29abc	7,1675abcd	1,8175 bcd	2,0950 bcd	2,4125 ab
4 <i>L. camara</i> 1,5%	3,89abc	6,5950 cd	1,7425 cd	0,5150 e	1,7625 b
5 <i>L. camara</i> 2,0%	4,55abc	6,7125 bcd	1,4150 cd	1,8875 cd	1,7775 b
6 <i>L. camara</i> 3,0%	4,35abc	11,9100 a	2,6700 bc	2,2600 bcd	4,1800 a
7 <i>L. camara</i> 5,0%	3,85abc	11,8800 ab	1,6975 cd	2,4525 bcd	2,6850 ab
8 <i>S. glutinosa</i> 0,5%	2,21 c	9,4000 abc	2,3900 bcd	2,7625 bc	3,3675 ab
9 <i>S. glutinosa</i> 1,0%	2,55bc	7,8000abcd	0,8275 d	1,5025 de	2,1075 ab
10 <i>S. glutinosa</i> 1,5%	5,02 ab	9,5350 abc	5,8150 a	2,1800 bcd	2,5475 ab
11 <i>S. glutinosa</i> 2,0%	3,44abc	7,4600abcd	5,4625 a	2,5325 bcd	2,2875 ab
12 <i>S. glutinosa</i> 3,0%	5,35 a	12,1625 a	3,4650 b	2,9925 ab	3,2325 ab
13 <i>S. glutinosa</i> 5,0%	3,85abc	9,9850 abc	1,7025 cd	1,6075 d	3,2250 ab

Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P < 0,05$).

25, 50 y 100 g L⁻¹) sobre la emergencia de semillas de tomate, y encontraron que la elongación de la raíz con respecto al testigo disminuyó con el aumento de la concentración. Con la concentración de 10 g L⁻¹ no se obtuvo inhibición de la elongación de la raíz. En el caso del extracto metanólico, la inhibición en la elongación mostró una relación directa con la concentración del extracto. La explicación de este comportamiento podría sustentarse de acuerdo con Cruz De Matos (2000), quien afirma que la producción de sustancias bioactivas o metabolitos secundarios por las plantas ocurre a través de diferentes vías metabólicas, generando gran número de compuestos, muchos de los cuales solo son detectados en un determinado grupo de plantas y en concentraciones variables; por lo tanto, la cantidad y composición de esta clase de compuestos son muy variables y dependen del tipo de tejido, edad de la planta, su hábitat y el tipo de suelo.

Ensayos de posemergencia

Tomando como base la escala desarrollada por Arango (2005), se determinó el grado de severidad en las plantas para este ensayo. Para las especies

de cultivos ningún tratamiento afectó el normal desarrollo de las plántulas, comportándose de igual manera las del tratamiento testigo con aquellas que fueron asperjadas con los demás tratamientos. Para las arvenses, con una dosis intermedia, de 3,0%, las plántulas mostraron un daño entre grado 3 y 9, dependiendo de la especie (tabla 5).

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran concordancia con los de Bansal (2005), quien encontró que el extracto de *L. camara* afecta el crecimiento y desarrollo de varias especies de arvenses, pero no las variedades de arroz evaluadas con el extracto en ensayos de posemergencia, y con los de Robayo y Rodríguez (2006), quienes observaron fitotoxicidad y muerte de las hojas jóvenes en las especies de arvenses evaluadas.

En un ensayo conducido por Karlsson (2005) en yuca (*Manihot esculenta*) se observó que la aplicación del extracto de *S. glutinosa* causó muy pocos daños fitotóxicos, y la intensidad de los síntomas en las plantas fue baja. Algunas deformaciones fueron observadas en el 30% de las hojas al aplicar 6 mL L⁻¹ del extracto, y cambió

Tabla 5. Escala de severidad utilizada en el ensayo de posemergencia (Arango, 2005).

Especie	Grado	Descripción
Bledo (<i>A. dubius</i>)	3 Síntomas de toxicidad ligeramente visibles	Plantas con síntomas ligeramente visibles con entorchamiento leve. Clorosis en los bordes de las hojas. Planta aún viva.
Lengüevaca (<i>R. crispus</i>)	3 Síntomas de toxicidad ligeramente visibles	Plantas con síntomas ligeramente visibles con entorchamiento leve. Clorosis en los bordes de las hojas. Planta aún viva.
Gualola (<i>P. segetum</i>)	3 Síntomas de toxicidad ligeramente visibles	Plantas con síntomas ligeramente visibles con entorchamiento leve. Clorosis en los bordes de las hojas. Planta aún viva.
Nabo (<i>B. campestris</i> subsp. <i>rapa</i>)	5 Síntomas de toxicidad medianamente visibles	Plantas con clorosis generalizada, hojas entorchada y de coloración rojiza. Muestras visibles de afección. Planta aún viva.
Chilinchil (<i>S. obtusifolia</i>)	9 Plantas muertas	Plantas con quemazón generalizada. Muerte de la planta.

de color en 35% de ellas a la misma concentración.

Las especies comerciales, debido a su mejoramiento continuo, presentan tolerancia a los extractos aplicados, mientras que las especies arvenses se vieron afectadas en su normal crecimiento y desarrollo.

CONCLUSIONES

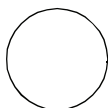
El extracto de *Swinglea glutinosa*, incluso con la concentración más baja (0,5%), inhibió la germinación y disminuyó la longitud radicular de las especies arvenses. Para los extractos con *Lantana camara* se requirió una dosis media de 2,0% para observar el efecto de control en las variables evaluadas.

Los efectos inhibitorios sobre la germinación y longitud de radícula pueden ser debidos a

metabolitos secundarios presentes en los extractos vegetales aplicados, evitando la protrusión radicular.

No se observó un efecto deletéreo sobre porcentaje de germinación y longitud radicular en las especies comerciales al realizar la aplicación de los extractos vegetales, debido posiblemente a los procesos de fitomejoramiento realizados, en comparación con las especies arvenses, que son primitivas y, por ende, susceptibles a factores externos.

Los tratamientos aplicados en las pruebas de posemergencia a cultivos comerciales no afectaron el desarrollo de las plántulas, a diferencia de las arvenses, que mostraron daño entre los grados 3 y 9 de la escala de severidad, a partir de la concentración de 3,0% de los extractos utilizados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, J.E. 2008. Evaluación del efecto de diferentes extractos vegetales sobre el crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. Agente causal de la antracnosis en mango (*Mangifera indica* L.) Trabajo de grado. Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Arango, N. 2005. Estudio fisiomorfológico y del control químico del nabo (*Brassica rapa* L.) en los sistemas productivos del municipio de Pasca, Cundinamarca. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Arévalo, R.; E. Bertoncini; S. Salgado y F. Rossi. 2009. Alelopatía de *Cyperus rotundus* L. en *Saccharum* spp. cv. IAC-SP 93-6006. Fitosanidad 13(3), 193-196.
- Ávila, L.; W. Murillo; E. Durango; F. Torres; W. Quiñones y F. Echeverri. 2007. Efectos alelopáticos diferenciales de extractos de eucalipto. Scientia et Technica 13(33), 203-204.
- Bansal, G. 2005. Allelopathic effect of *Lantana camara* on rice and associated weeds under the midhill conditions of Himachal Pradesh, India. En: Allelopathy Rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas.
- Benavides, A. 2009. Evaluación de la acción herbicida de extractos de *Lantana camara* L., *Petiveria alliacea* L. y *Matricaria chamomilla* L. sobre el banco de semillas de suelos de la Granja La Esperanza (Guavio Bajo). Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Bewley, J. D. 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9, 1055-1066.
- Blanco, G.; Sánchez, D.; Hernández, J. y Pérez, A. 2005. Evaluación preliminar del efecto de extractos acuosos provenientes de tres especies de malezas en el desarrollo radical temprano del plátano (*Musa AAB*). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Yaracuy, Venezuela.
- Celis, A.; C. Mendoza; M. Pachón; J. Cardona; W. Delgado y L.E. Cuca. 2008. Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia *Piperaceae*. Una revisión. Agron. Colomb. 26(1), 97-106.
- Chávez, C. y Y. Pérez. 2008. Efectos alelopáticos de extractos de *Piperaceae* sobre germinación y emergencia de arvenses y plantas cultivadas bajo condiciones controladas. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Chitwood, D.J. 2002. Phytochemical based strategies for nematode control. Annu. Rev. Phytopathol. 40, 221-249.
- Chon S.U. y Y.M. Kim. 2004. Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. J. Agron. Crop Sci. 190(2), 145-150.
- Cruz De Matos, O. 2000. Uso de sustancias naturales de origen vegetal com actividade biológico na protecao das cultural agrícolas. Agronomía Lusitana 48 (Suplemento 2), 1-44.
- Delgado, W.; L. Cuca; C. Mendoza; A. Celis y M. Pachón. 2009. Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociadas a la familia *Piperaceae* en la región del Sumapaz medio y bajo occidental. Informe técnico final. Colciencias-Universidad Nacional de Colombia, Bogotá y Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Díaz, C.; G. Arrázola; F. Ortega y J. Gaviria. 2005. Caracterización del aceite esencial en la corteza del limón *Swinglea (Swinglea glutinosa)* por CG/EM. Temas Agrarios 10(1), 5-13.
- Fernández, G.; P. Capurro y M. Sotelo. 2010. Interferencia alelopática de cultivares de cebada (*Hordeum vulgare*) sobre *Lolium multiflorum* L. XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 19 a 23 de julho de 2010, Ribeirão Preto (SP), Brasil.
- Guedes, C. M.; C. Melo De Souza; V. De Moraes; G. E. Alves de Carvalho y S. De Paiva-F. 2002. Efeitos de extratos aquosos de tiririca sobre a germinação de alface, pimentão e jiló e sobre a divisão celular na radícula de alface. Ceres 49(281), 1-11.
- Hagemann, T.; G. Benin; C. Lemes; J. Marchese; T. Newton; E. Stefani y E. Beche. 2010. Potencial alelopático de extratos aquosos foliares de aveia sobre azevém e amendoim-bravo. Bragantia 69(3), 509-518.

- Hill, E. C.; M. Ngouajio y M. G. Nair. 2007. Allelopathic potential of hairy vetch (*Vicia villosa*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) methanol and ethyl acetate extracts on weeds and vegetables. *Weed Technol.* 21(2), 437-444.
- Ibañez, F. y R. Zoppolo. 2010. Efecto alelopático de chilca blanca (*Baccharis dracunculifolia*) sobre ryegrás (*Lolium multiflorum*). INIA, Las Brujas, Canelones, Uruguay.
- Isaza, J.; F. Jiménez; J. Galván y J. Restrepo. 2007. Actividad alelopática de algunas especies de los géneros *Miconia*, *Tibouchina*, *Henriettella*, *Tococa*, *Aciotis* y *Bellucia* (Melastomataceae). *Scientia et Technica* 13(33), 409-413.
- Karlsson, M.F. 2005. Control de mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*) en yuca (*Manihot esculenta*). SLU Communications, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suecia.
- Liebman, M. y T. Ohno. 1998. Crop rotation and legume residue effects on weed emergence and growth: Applications for weed management. pp. 181-221. En: Hatfield, J.L.; D.O. Buhler y B.A Stewart (eds.). *Integrated weed soil management*. Ann Arbor Press, Michigan MI.
- Lizarazo, K.; C. Mendoza y R. Carrero. 2008. Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agron. Colomb.* 26(3), 427-434.
- Lorenzo, P. y L. González. 2010. Alelopatía: una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistemas* 19(1), 79-91.
- Luna, L.A. y G. Lara. 2007. Alelopatía y extractos vegetales: Alternativa para el manejo de insectos, plagas y enfermedades en cultivos. *Boletín Técnico*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Centro de Investigación Palmira, Colombia.
- Montaldi, E.R. 1995. Principios de fisiología vegetal. Ediciones Sur, La Plata, Argentina.
- Rice, E.L. 1974. Allelopathy. *Bot. Rev.* 45, 15-109.
- Rice, E.L. 1984. Allelopathy. 2nd ed. Academic Press, New York (NY).
- Rizvi, S.; H. Haque; V. Singh y V. Rizvi. 1992. A discipline called allelopathy. En: Rizvi, S. y V. Rizvi (eds.). *Allelopathy: Basic and applied aspects*. Chapman and Hall, London.
- Robayo, D. y Y. Rodríguez. 2006. Efecto alelopático de extractos de *Swingleaglutinosa* Murray y *Piper* sp. como inhibidores de germinación de semillas de arvenses asociadas a cultivos de clima cálido. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia.
- Salisbury, F. y C. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica, México D.F.
- Segovia, R.; R. Sedano; G. Reina; G. López y A. van Schoonhoven. 2000. Árboles, arbustos y aves en el agroecosistema del CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Stashenko, E. E.; B. E. Jaramillo y J. R. Martínez. 2003. Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante *in vitro* de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27(105), 579-597.
- Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. 4th ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tejada, O. y M. Rodríguez. 2008. Inhibidores de germinación y crecimiento de maleza y hortalizas, en residuos de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Agrociencia* 42, 415-423.
- Valerino, A.; T. González e I. Spengler. 2005. Estudio fitoquímico biodirigido de la actividad alelopática del follaje de *Lantana trifolia* L. Parte I. Centro de Estudios de productos Naturales, Facultad de Química, Universidad de La Habana, La Habana.
- Weniger, B.; S. Robledo; G. J. Arango; E. Deharo; R. Aragón; V. Muñoz; J. Callapa; A. Lobstein y R. Anton. 2001. Antiprotozoal activities of Colombian plants. *J Ethnopharmacol.* 78, 193-200.
- Zamorano, C. y C. Fuentes. 2005a. Potencial alelopático de *Brassica campestris* subsp. *rapa* y *Lolium temulentum* sobre la germinación de semillas de tomate. *Agron. Colomb.* 23(2), 256-260.
- Zamorano, C. y C. Fuentes. 2005b. Potencial alelopático de *Brassica campestris* subsp. *rapa* y *Lolium temulentum* sobre tres especies de malezas de la Sabana de Bogotá. *Agron. Colomb.* 23(2), 261-268.