

Efecto bioherbicida de extractos vegetales para el manejo de malezas en algodón en el Caribe colombiano¹

Alfredo de J. Jarma Orozco ²
Gonzalo R. Tirado G. ³

RESUMEN. Este trabajo se realizó en el Centro de Investigación Motilonia, en Colombia, con el propósito de identificar tecnologías limpias que tiendan a reducir el uso de herbicidas químicos en el cultivo del algodón. Se estableció un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones y un arreglo factorial de 3 x 3 x 5 (extractos, concentración y especie). Los extractos se obtuvieron por destilación etanólica de raíces de *Gliricidia sepium* Jacq. (matarratón), *Cyperus rotundus* L. (coquito) y *Crotalaria juncea* L. (crotalaria) y se diluyeron al 25, 50 y 100% de concentración. Se trabajó sobre cuatro malezas de importancia económica en el cultivo del algodón: *C. rotundus*, *Amaranthus dubius* Mart. (bledo), *Ipomoea tiliacea* Wild. (campanita) y *Cucumis melo* L. (meloncillo). Las aplicaciones se hicieron en pre- y postemergencia. En preemergencia, se evaluó el porcentaje de emergencia hasta 14 días después de la aplicación y la masa seca a los 16 días de la aplicación. En postemergencia, se evaluó la masa seca total a los 12 días después de la aplicación. En preemergencia, *G. sepium* registró efectos alelopáticos sobre *A. dubius* y algodón; *C. juncea* sobre *C. rotundus*, y *C. melo* fue susceptible a los tres extractos. En postemergencia, se observó que la masa seca de *I. tiliacea* se redujo considerablemente ante la aplicación de *G. sepium*. Las masas secas de *C. melo* y *C. rotundus* no fue afectada por ninguno de los extractos. *G. sepium* indujo síntomas de fitotoxicidad sobre las plántulas de algodón.

Palabras clave: *Cyperus rotundus*, *Crotalaria juncea*, *Gliricidia sepium*, porcentaje de emergencia, masa seca, alelopatía, efectos fitotóxicos.

ABSTRACT. Bio-herbicide effect of plant extracts on weed management in cotton, in the Colombian Caribbean region. Research for this paper took place at the Motilonia Research Center, in Colombia. The main objective was to identify a clean weed management technology, to reduce chemical herbicide applications. A randomized block array was used, with three replications and a factorial design of 3 x 3 x 5 (extracts, doses and weed species). The extracts were obtained from plant roots through distillation. Extracts of *Gliricidia sepium* (Jacq.), *Cyperus rotundus* (L.) and *Crotalaria juncea* (L.) (at concentrations of 25, 50 and 100%) were applied to four of the most important weed species in cotton production: *C. rotundus*, *Amaranthus dubius* (Mart.), *Ipomoea tiliacea* (Wild.), and *Cucumis melo* (L.). The applications were made in the pre-emergence and post-emergence stages. The quantitative variables measured in the first case were daily emergence percentages up until 14 days from application, and dry weight at 16 days from application. In post-emergence, total dry weight was evaluated 12 days from application. In pre-emergence, *G. sepium* showed allelopathic effects on *A. dubius* and cotton plants; *C. juncea* on *C. rotundus*, and *C. melo* was susceptible to the three extracts. In post-emergence, the *G. sepium* extract caused some physiological damage to *I. tiliacea*. However, *C. melo* and *C. rotundus* did not show any physiological susceptibility to plant extract applications. *G. sepium* extracts induced toxicity symptoms in cotton plants.

Key words: *Cyperus rotundus*, *Crotalaria juncea*, *Gliricidia sepium*, seed germination percentage, dry weight, allelopathy, phytotoxic effect.

¹ Trabajo financiado por el Fondo de Fomento Algodonero MINAGRICULTURA. Convenio CORPOICA – CONALGODON.

² Universidad de Córdoba, Facultad de Ciencias Agrícolas. Montería, Colombia. ajarma@sinu.unicordoba.edu.co

³ Ingeniero Agrónomo particular. Valledupar – César, Colombia. gotirado@yahoo.es

Introducción

En Colombia, el cultivo del algodón constituye una de las actividades más importantes desde el punto de vista socioeconómico. En un período de 40 años (1948-1988), el área sembrada de algodón se incrementó de manera notoria. Sin embargo, a partir de 1967 los rendimientos en las áreas sin riego han permanecido estancados; muchos factores, entre ellos las malezas, han determinado esta situación (Federalgodón 1990). Las pérdidas de producción causadas por las malezas son difíciles de estimar, ya que es casi imposible separarlas del efecto de los insectos, suelos, enfermedades y condiciones climáticas, convirtiéndose en una de las más serias plagas en todas las áreas de cultivo del país. Sin embargo, algunos autores estiman que las malezas pueden reducir los rendimientos del algodón entre un 13 y un 15%, alcanzando niveles superiores al 30% en algunas áreas con humedad y densidad elevadas de ciertas clases de malezas. Además, aumentan los costos de producción en un 16%-20%, reducen la eficiencia de las desmontadoras y afectan la clasificación de la fibra.

El uso indiscriminado de herbicidas altamente selectivos y efectivos ha incrementado la diversidad y densidad de especies de malezas en el mundo (Ghera y Roush 1993, Wyse 1994, Cousens y Mortimer 1995). Debido a lo anterior, debe incorporarse la búsqueda de métodos integrados de control de malezas a las nuevas y modernas técnicas de manejo del cultivo. Johnson *et al.* (1998) afirman que el desarrollo y la implementación de estrategias en el manejo integrado de malezas (MIM) son muy importantes, al considerar sus efectos sobre el ambiente y los aspectos culturales de los manejos tradicionales del cultivo. Por otra parte, Cate e Hinkle (1993) opinan que el programa de MIM podría ser similar a uno de manejo integrado de plagas (MIP), involucrando la selección, integración e implementación de múltiples tácticas de control, basadas en una predicción de consecuencias económicas, ecológicas y sociales.

La alelopatía es un proceso biológico presente tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas, y ha sido propuesta como una opción posible en el manejo de los componentes del agroecosistema, entre ellos las malezas (Altieri 1979, Rice 1979).

Durante las últimas décadas, el control químico con herbicidas ha sido muy importante en el mundo agrícola, y continuará siéndolo en la agricultura moderna. La posibilidad de modificar el metabolismo de

las malezas, las cantidades mínimas efectivas de los herbicidas modernos y el conocimiento que hoy se tiene de la bioquímica y la fisiología de su acción posibilitan el uso eficiente y selectivo de estos compuestos (CIAT 1975). Sin embargo, no todos los herbicidas poseen el mismo modo de acción, y los signos de fitotoxicidad en las malezas no son siempre los mismos.

Los herbicidas que se aplican en el algodón poseen una selectividad relativa, es decir, no ocasionan daños cuando se usan en las dosis y épocas de aplicación recomendadas (Dool 1977). Las restricciones sobre el uso de agroquímicos y la disminución en los márgenes de utilidad en la producción están cambiando la manera en que los agricultores combaten las plagas. En lugar de ser más dependientes de los plaguicidas, cada vez más productores están sustituyendo las aplicaciones químicas por controles mecánicos, culturales y biológicos (Gogerty 1996).

A pesar de que en el marco del control biológico se han incrementado los intentos por identificar plantas o partes de ellas con propiedades bioherbicidas, en Colombia son muy pocos los estudios realizados en esta área. Las escasas referencias encontradas en el país solo tocan aspectos del efecto de algunos insectos sobre unas pocas especies de malezas (Federalgodón 1990).

Algunos trabajos desarrollados en Costa Rica por Alan y Barrantes (1988) sugieren un efecto bioherbicida efectivo de los extractos de hoja de *Gliricidia sepium* Jacq. (matarratón) sobre *Ipomoea tiliacea* Wild. (campanita). Dichos autores sugieren que la investigación en este campo puede ser una de las posibilidades futuras en la implementación de un programa de MIM. Asimismo, Lydon *et al.* (1997) afirman que se ha despertado un particular interés en especies anuales como *Artemisia annua* L., que producen, entre otros compuestos biológicos, un sesquiterpeno que ha mostrado efectos fitotóxicos *in vitro*.

Este trabajo se realizó con el propósito de identificar especies de común ocurrencia en la región caribeña de Colombia, que muestren efectos alelopáticos sobre algunas malezas de importancia económica en el cultivo del algodón.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el Centro de Investigación Motilonia de CORPOICA, ubicado en Codazzi-Cesar (Colombia), a 5 km al sur de la cabecera

municipal, latitud 10°12'N y longitud 73°13'O. Según el sistema de zona de vida de Holdridge, las condiciones climáticas de esta zona corresponden a la formación de bosque seco tropical (bs-t), región Caribe, a 180 msnm, con una precipitación anual de 1360 mm, temperatura promedio anual de 28 °C y una humedad relativa del 68%.

El trabajo se realizó en bandejas de germinación de 72 x 42 cm, con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de 3 x 3 x 5 (extractos, concentraciones y especies) y tres repeticiones. Por el método químico de extracción etanólica se obtuvieron extractos puros a partir de las raíces de *G. sepium* y *Crotalaria juncea* L. (crotalaria) y de rizomas de *Cyperus rotundus* L. (coquito). Se trabajaron dosis de 25, 50 y 100% de concentración (pureza), diluidas con agua. Además, se consideró un testigo al que solo se le aplicó agua pura. Los extractos se aplicaron en pre- y postemergencia, dirigidos sobre cuatro malezas de importancia económica en el cultivo del algodón (*Gossypium hirsutum* L. var. 'Gossica' MC 23); *C. rotundus*, *Amaranthus dubius* Mart. (bledo), *I. tiliacea* y *Cucumis melo* L. (meloncillo), y sobre plántulas de algodón para observar susceptibilidad.

En preemergencia, las aplicaciones se hicieron inmediatamente después de la siembra y en postemergencia a los cinco días después de la emergencia del 50% de la población. Las variables observadas en preemergencia fueron porcentaje de emergencia diaria hasta 14 días después de la aplicación (dda) y masa seca (g) a los 16 dda. En postemergencia se evaluó la masa seca total (g) a los 12 dda. El porcentaje de emergencia se obtuvo al comparar el porcentaje de reducción en el número de plantas de los tratamientos respecto a un testigo sin tratar, siguiendo la metodología utilizada por Zhang y Watson (1997). La masa seca se evaluó luego de someter las muestras de plántulas completas a calor (70 °C), durante 72 horas.

Los análisis estadísticos se corrieron bajo el paquete SAS (Statistical Analysis System). Las interacciones dobles o triples que resultaron significativas se analizaron por medio de una prueba de *F* para contrastes ortogonales entre totales de tratamientos, a un nivel de significancia del 5%. Para tal efecto, se usó un *F* tabulado con uno y los grados de libertad del error. En los casos donde las interacciones no

mostraron efectos importantes, las pruebas de comparación de medias se ejecutaron por el test protegido de la diferencia mínima significativa (DMS), a un nivel de significancia del 5%.

Resultados y discusión

Efectos en preemergencia

Los resultados indicaron que el porcentaje de emergencia fue afectado principalmente por la especie y su interacción con otros factores y, al parecer, el efecto individual del extracto no fue importante (Cuadro 1). Para el caso de la masa seca, se observa un efecto importante de los factores individuales concentración y especie, así como de su interacción.

Cuadro 1. Significancia estadística en preemergencia de los factores extracto, concentración, especie y sus interacciones sobre el porcentaje de emergencia y la masa seca total por planta de cinco especies.

Fuente de variación	Emergencia (% a los 10 dda)	Masa seca total (g)
Extracto (E)	ns	ns
Concentración (C)	**	**
E x C	**	ns
Especie (Sp)	**	**
E x Sp	**	ns
C x Sp	**	**
E x C x Sp	ns	ns
<i>R</i> ²	0,96	0,97
C. V. (%)	15,1	18,7

* y ** significativos al nivel del 5% ($P < 0,05$) y 1% ($P < 0,01$), respectivamente; ns: no significativo ($P > 0,05$); dda: días después de la aplicación.

Porcentaje de emergencia

Los contrastes ortogonales que analizaron la interacción especie por extracto indicaron que, en general, todas las malezas incluyendo algodón presentaron reducciones significativas ($P < 0,05$) en la germinación ante la aplicación de los extractos (Cuadro 2). *A. dubius* es afectado significativamente ($P < 0,05$) por *G. sepium*; *I. tiliacea* fue más susceptible a *C. rotundus* que a *C. juncea* y *G. sepium*, y *C. melo* redujo significativamente su porcentaje de emergencia ante cualquiera de los tres extractos. Las plántulas de algodón se vieron más afectadas por la aplicación de *G. sepium* que cualquiera de los otros dos extractos, y *C. rotundus* presentó mayor susceptibilidad a *C. juncea* (Fig. 1).

Cuadro 2. Significancia estadística de la sumatoria de totales del porcentaje de emergencia de cuatro malezas y algodón para el análisis de la interacción especie por extracto en preemergencia.

Especie	Sumatoria de totales del porcentaje de emergencia			
	<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Crotalaria juncea</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	Testigo
<i>Amaranthus dubius</i>	319 b*	330 b	225 a	768 c
<i>Ipomoea tiliacea</i>	311 a	349 b	343 b	477 c
<i>Cucumis melo</i>	88 a	101 a	95 a	219 c
<i>Gossypium hirsutum</i>	740 b	769 b	699 a	876 c
<i>C. rotundus</i>	256 b	239 a	284 b	459 c

* Totales con la misma letra dentro de una fila son iguales estadísticamente de acuerdo con el test protegido de DMS, a un nivel del 5%.

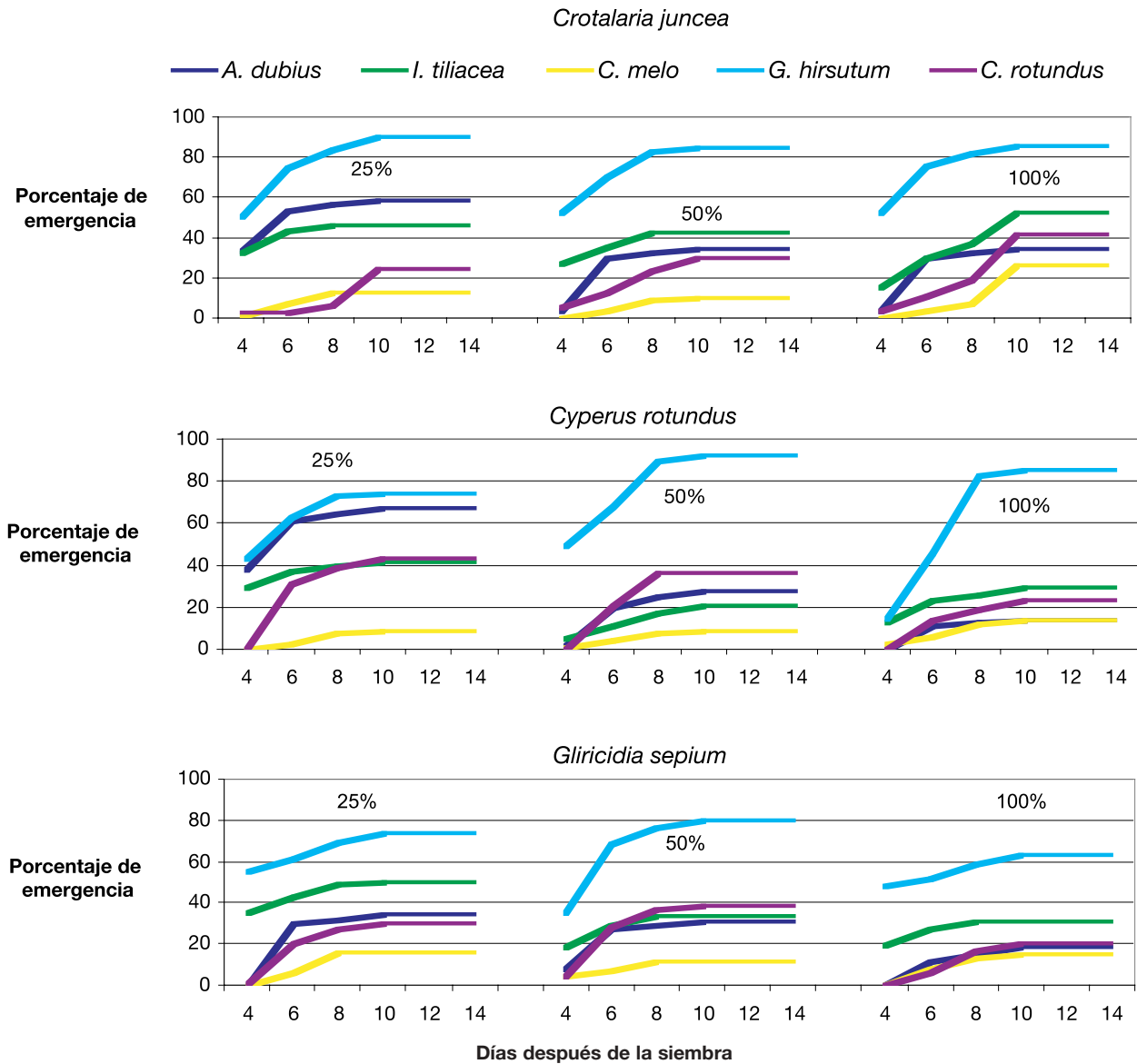


Figura 1. Porcentaje de emergencia de cuatro malezas y algodón bajo el efecto de tres extractos vegetales en tres concentraciones.

La descomposición de la interacción extracto por concentración se hizo únicamente para los extractos que registraron efectos significativos sobre determinada especie, con el fin de identificar la concentración más efectiva. Los resultados indicaron que la alelopatía observada en *A. dubius* ante el extracto de *G. sepium* fue significativa a una concentración del 100% de pureza. El efecto importante del extracto de *C. rotundus* sobre *I. tiliacea* se observó tanto al 50 como al 100% de su concentración. A su vez, *C. melo* fue susceptible a todas las concentraciones de los extractos evaluados, siendo la especie más afectada por los extractos. El extracto de *G. sepium* afectó el porcentaje de emergencia del algodón al 25 y 100% de concentración, en tanto que *C. juncea* afectó el porcentaje de emergencia de *C. rotundus* independientemente de la concentración.

Masa seca

En cuanto a la significancia de la interacción especie por concentración de la masa seca total en preemergencia, las concentraciones de 25% y 50% no mostraron ningún efecto sobre *C. melo*, *A. dubius* y algodón, pero sí fueron importantes para *I. tiliacea* y *C. rotundus*, siendo más efectiva la del 50%. Al comparar las concentraciones de 25% y 100% en *I. tiliacea*, se encontró que la segunda registró el mayor efecto bioherbicida (menor masa seca). Las concentraciones de 50% y 100% indicaron que existen efectos significativos sobre la masa seca de algodón y *C. rotundus*, siendo más efectiva esta última sobre *C. rotundus*.

Cuadro 3. Examen de la interacción especie por concentración del extracto para la variable masa seca total por planta (g) a los 16 días después de la aplicación.

Especie	Diferencias entre totales de concentraciones		
	25% - 50%	25% - 100%	50% - 100%
<i>Amaranthus dubius</i>	0,0 ns	0,0 ns	0,0 ns
<i>Ipomoea tiliacea</i>	-0,89 **	-0,75 **	0,14 ns
<i>Cucumis melo</i>	0,03 ns	0,02 ns	-0,01 ns
<i>Gossypium hirsutum</i>	0,69 ns	-0,57 ns	-1,03 **
<i>Cyperus rotundus</i>	40,6 **	0,56 ns	3,01 **

CM_{EE} = 0,0082; F_{tab} (1, gl_{ee} 96): 3,92; ns: no significativo (P > 0,05); * y ** significativos al nivel del 5% y 1%, respectivamente.

Efectos en postemergencia

La masa seca total por planta, evaluada en postemergencia, se vio afectada significativamente por las inte-

Cuadro 4. Significancia estadística de los factores extracto, concentración, especie y sus interacciones sobre la masa seca total por planta (g) en la postemergencia de cinco especies.

Fuente de variación	Masa seca total
Extracto (E)	ns
Concentración (C)	ns
E x C	**
Especie (Sp)	*
E x Sp	**
C x Sp	**
E x C x Sp	**
R ²	0,98
C.V. (%)	10,9

* y ** significativos al nivel del 5% (P < 0,05) y 1% (P < 0,01), respectivamente; ns: no significativo (P > 0,05).

racciones concentración por extracto, concentración por especie y extracto por especie. Asimismo, se observó un efecto altamente significativo (P < 0,01) en la triple interacción, sugiriendo que la biomasa es afectada diferencialmente al variar la especie, el extracto y la concentración de este último. Los valores de la masa seca de *A. dubius* fueron cercanos a cero en todos los tratamientos, por lo que no se discuten sus resultados. Los contrastes ortogonales realizados para analizar la interacción extracto por especie indicaron que *G. hirsutum* e *I. tiliacea* redujeron significativamente su masa seca de manera diferencial (P < 0,05), mientras que *C. melo* y *C. rotundus* no mostraron diferencias importantes ante la aplicación de cualquiera de los extractos evaluados (Fig. 2).

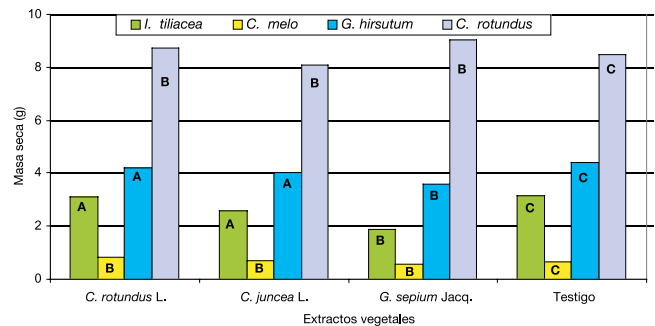


Figura 2. Masa seca por planta en postemergencia de tres malezas y algodón ante la aplicación de extractos vegetales. Promedios con la misma letra dentro de un mismo color (especie) son iguales estadísticamente según el test protegido de DMS, a un nivel del 5%.

La masa seca de *I. tiliacea* fue afectada significativamente (P < 0,05) por los tres extractos, presentando más y mejor eficacia el de *G. sepium*. Este mismo

extracto causó fitotoxicidad sobre las plántulas de *G. hirsutum*. Con base en las observaciones de las interacciones dobles, se analizó la interacción triple solamente para el efecto bioherbicida que ejerció *G. sepium* sobre algodón e *I. tiliacea*. Los resultados indicaron que la fitotoxicidad mostrada por estas dos especies fue independiente de las concentraciones utilizadas con este extracto.

Conclusiones

El efecto fitotóxico registrado en las cuatro especies evaluadas en pre- y postemergencia indica que existiría algún potencial para obtener extractos bioherbicidas a partir de *C. rotundus*, *G. sepium* o *C. juncea*. Con base en la respuesta de las variables evaluadas en preemergencia, se puede concluir que *G. sepium* registró efectos alelopáticos evidentes sobre el porcentaje de emergencia

de *A. dubius* y *G. hirsutum* a una concentración del 100%, por lo que debe tenerse precaución con esta especie. Asimismo, sería interesante explorar más a fondo el efecto de *C. juncea* sobre el porcentaje de emergencia de *C. rotundus*, que fue afectado por las tres dosis aplicadas, sobre todo si se tiene en cuenta que esta leguminosa es recomendada en algunos planes de recuperación de suelos en el Caribe colombiano. *C. melo* mostró susceptibilidad a las tres especies trabajadas como bioherbicidas potenciales, en las tres concentraciones utilizadas.

El estudio contempló solamente la identificación de las especies que podrían presentar efectos alelopáticos sobre algunas malezas comunes en el sistema de producción de algodón en el Caribe seco colombiano. Sería interesante identificar ingredientes activos, trabajar con otras partes de las plantas e iniciar trabajos exploratorios en el campo.

Literatura citada

- Alan, E; Barrantes, U. 1988. Efectos alelopáticos del madero negro (*Glyricidia sepium*) en la germinación y crecimiento inicial de algunas malezas tropicales. Revista Turrialba 38(4):271-278.
- Altieri, M; Doll, J. 1979. The potential of allelopathy as a tool for weed management in crops fields. Pans 24(4):459-502.
- Cate, JR; Hinkle, MK. 1993. Integrated pest management. The path of a paradigm. In National Audubon Society Special Report. New York, US, National Audubon Society. p. 117-132.
- CIAT-IPPC. 1975. Curso Corto de Postgrado para Investigadores en Control de Malezas. Cali, CO, CIAT. (Mimeo.).
- Cousens, R; Mortimer, M. 1995. Dynamics of weed populations. Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Dool, J. 1977. Manejo y Control de Malezas en el Trópico. Centro Internacional de Agricultura, Cali, octubre 1977. p. 114.
- Gogerty, R. 1996. Reduciendo el uso de los agroquímicos. El Surco 3: 101.
- Federación Nacional de Algodoneros. 1990. Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. 4 ed. Santafé de Bogotá, CO, Editora Guadalupe Ltda. 714 p.
- Ghersa, CM; Roush, ML. 1993. Searching for a solution to weed problems. Bio Science 43:104-109.
- Johnson, G; Hoverstad, TH; Greenwald, RE. 1998. Integrated weed management using narrow corn row spacing, herbicides and cultivation. Agronomy journal 90:40-46.
- Lydon, J; Teasdale, JR; Chen, PK. 1997. Allelopathic activity of annual wormwood (*Artemisia annua*) and the role of Artemisinin. Weed Science 45:807-811.
- Rice, E. 1979. Allelopathy: an update. Botanical Review 45(1):15-109.
- Williford, JR. 1992. Production of cotton on narrow row spacing. ASAE 35:1109-1112.
- Wyse, DL. 1994. New technology and approaches for weed management in sustainable agricultural systems. Weed Technology 8:403-407.
- Zhang, W; Watson, A. 1997. Efficacy of *Exserohilum monoceras* for the control of *Echinochloa* species in rice (*Oryza sativa*). Weed Science 45:144-150.