

## LA ALELOPATIA EN EL MANEJO DE MALEZAS\*

Ramiro de la Cruz\*\*

### INTRODUCCION

El fenómeno alelopático en la agricultura fue reconocido por Demócrito y Teofrasto en el Siglo V y II antes de Cristo respectivamente. Se define como el efecto detrimento en plantas superiores de una especie (donante) en la germinación, crecimiento o desarrollo de plantas de otras especies (receptor). No debe aplicarse para los efectos bioquímicos beneficiosos o dañinos de microorganismos a plantas (Putnam and Duke, 1978).

Hay igualmente diferencia de los efectos de interferencia, ya que en la alelopatía el efecto se lleva a cabo mediante la liberación de una sustancia química por parte de la especie donante.

Se indican tres mecanismos de interferencia entre plantas (Bykov, en Putnam and Duke, 1978). Estos mecanismos son:

1. Alelospoli, cuando hay competencia por un factor de crecimiento
2. Alelopatía, cuando hay liberación de una sustancia tóxica
3. Alelomedicación, cuando se tienen sustancias tóxicas o repelentes contra herbívoros para evitar su daño.

Los grupos químicos aislados como responsables en alelopatía pertenecen a productos del metabolismo secundario de las plantas: ácidos fenólicos, cumarinas, terpenoides, flavonoides, alcaloides, glicósidos cianogénicos, glucosinolatos.

Es interesante destacar que estas sustancias del metabolismo secundario implicadas en interacciones entre algunas plantas también han sido encontradas jugando un papel defensivo o protector contra el ataque de varios organismos. Muchas veces esta acción depende más de la concentración de la sustancia que de su misma característica química (Fraenkel, 1983).

### PRESENCIA DEL FENOMENO

La estrecha interacción entre plagas y especies vegetales en sistemas biológicos diversificados posiblemente promovió el desarrollo de ciertos tipos de sustancias defensivas o aleloquímicos alomónicos. Estas sustancias del

\* Material Didáctico, Curso de Malezas, Estudios de Posgrado, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

\*\* Especialista en Malezas. Proyecto MIP/CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica.

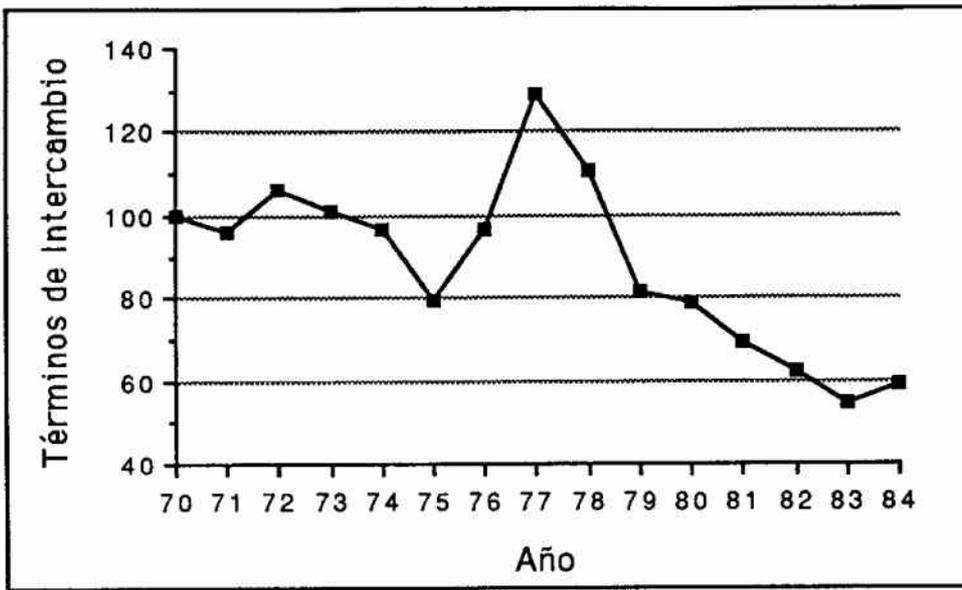


FIGURA 5. Relación de los términos de intercambio comercial (exportaciones/importaciones de bienes) 1970:100, Nicaragua. (Rosset, 1986).

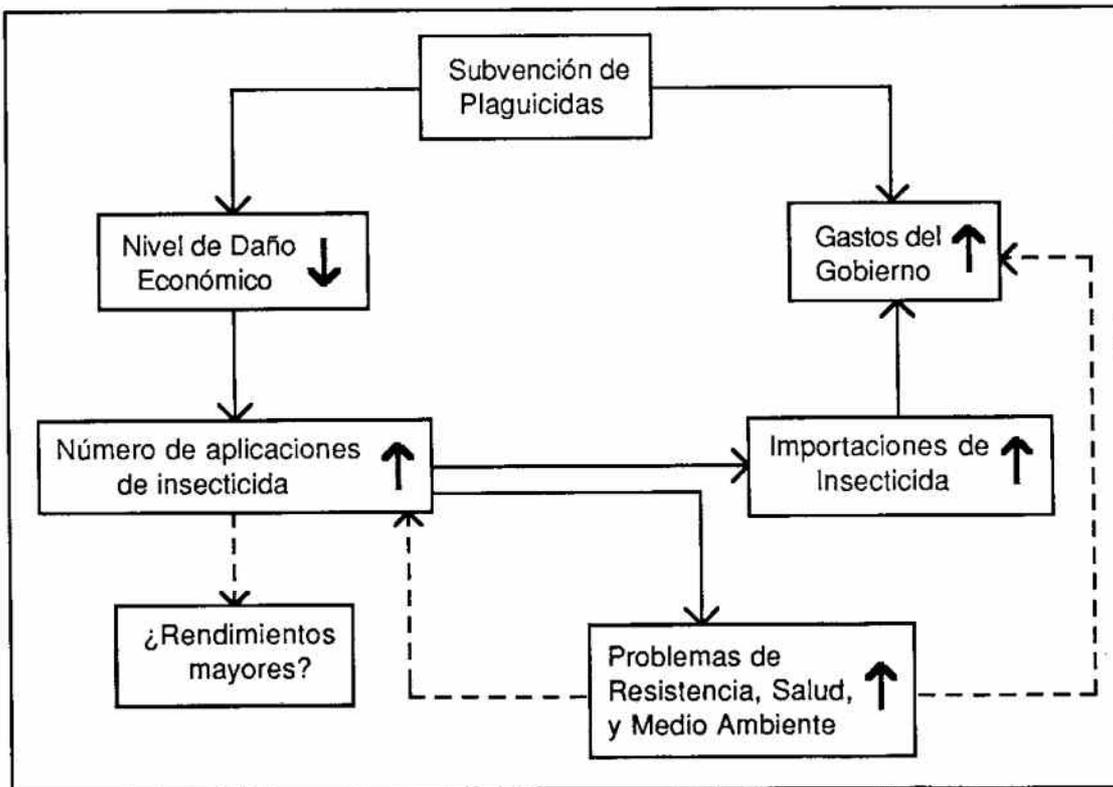


FIGURA 6. Modelo sencillo de los efectos probables de una subvención de insecticidas.

metabolismo secundario de las plantas que actúan como mensajeros químico-ecológicos, producen efectos antialimentarios tóxicos, los cuales modifican el hábito sexual o poblacional de los insectos (alelomedación). (Whittaker and Feeny, 1971).

Se han considerado las sustancias aleloquímicas como subproductos metabólicos que en el proceso de selección evolutiva fueron mostrando características defensivas. No se sabe si estas sustancias representan un producto final del metabolismo o si son resultados intermedios dentro de una ruta metabólica. La verdad es que son potentes autotóxicos para los cuales existen diferentes sistemas de detoxificación (Seigler y Price, 1976).

La liberación de estas sustancias en el medio ambiente tiene lugar de diferentes maneras:

1. Exudaciones volátiles desde partes vivas de la planta
2. Lavados, mediante las lluvias, de sustancias solubles producidas por la parte aérea de la planta
3. Exudados radiculares
4. Sustancias liberadas y lavadas durante la descomposición de tejidos vegetales
5. Subproductos de la descomposición por microorganismos

Para que estas sustancias actúen deben acumularse a niveles tóxicos, perdurar algún tiempo o producirse continuamente. No basta con que las sustancias sean fitotóxicas o repelentes, sino que deben existir condiciones propicias para su acumulación.

Y aún cuando la producción de alelopáticos es muy importante en los ecosistemas, no se conocen actividades selectivas en este sentido. Tampoco se sabe si son producidas por casualidad o por presión especial, lo que se sabe es que se producen y desaparecen rápidamente.

Estudios recientes han demostrado que hay cierta especificidad en la capacidad para producir sustancias alelopáticas. Ciertas razas de Cucumis sativus y Avena sativa tienen mayor capacidad que otras razas para reducir el efecto competitivo de algunas malezas. Se podría entonces tratar de manipular el fenómeno para lograr ventajas agronómicas (Lockerman and Putnam, 1978).

Un aspecto agronómico por el cual es de interés particularmente el fenómeno de la alelopatía es por su aplicación en el manejo de las malezas. Desde tiempos remotos existe información sobre la producción de sustancias alelopáticas por muchas malezas, bien sea generadas por sus semillas, durante su crecimiento o después de muertas.

Los siguientes podrían ser algunos de los temas de interés para el estudio de la alelopatía en las malezas: a) su efecto sobre los cultivos; b) desequilibrio en poblaciones de malezas y c) la caracterización de las sustancias producidas.

La información sobre los efectos alelopáticos generalmente se basa en observaciones sobre: a) producción de cultivos en ciertos tipos de suelo, b) las coberturas con residuos de cosecha o barbechos empleadas en las calles de algunos cultivos; c) algunos sistemas de rotación de cultivos; d) la resiembra de frutales en su antiguo sitio; e) la siembra de monocultivos; f) las resiembras

forestales. En la mayoría de estos casos no se sabe si el efecto alelopático sobre las plantas se debe a la acción directa de las sustancias liberadas o al daño de patógenos. De todas maneras, la posibilidad del daño al cultivo en los casos referidos ha sido la razón para que se deban hacer cambios en las prácticas agrícolas (Rice, 1984).

En condiciones tropicales es frecuente hacer resiembras o cambios de cultivo y algunos agricultores se cuidan de resembrar cultivos de frijol inmediatamente después de fracasar por efectos del clima en la primera siembra.

En los casos señalados las pocas plantas del cultivo que germinaron inicialmente, se incorporan mediante una acción superficial durante la preparación del terreno para la nueva siembra, la que según los agricultores debe hacerse unos ocho días después para evitar el efecto dañino que se podría presentar en la germinación y crecimiento del cultivo. Sobre este tipo de alelopatía de frijol contra frijol el autor realizó algunos estudios demostrativos en CIAT, Colombia, sin que se pudiera notar dicho efecto.

Es importante recalcar las variables que puedan influir en los resultados, ya que las sustancias del metabolismo secundario son muy sensibles a las condiciones climáticas presentes durante el crecimiento de la planta y a su edad fisiológica. Los experimentos realizados bajo condiciones normales de lluvias o con riego, no son los mismos que motivan al agricultor a resembrar y por lo tanto los resultados en cuanto a sustancias alelopáticas pueden ser diferentes.

Se considera que la principal forma de manifestación de la alelopatía es mediante la liberación de sustancias tóxicas producidas durante la descomposición de residuos agrícolas. Muchos de los productos del metabolismo secundario permanecen en los residuos vegetales y son liberados con la ayuda de las labores de preparación del terreno, por la acción de las lluvias o de los microorganismos. Se podría generalizar diciendo que ninguna de las otras formas de liberación de sustancias del metabolismo secundario tienen tanto efecto en el crecimiento de las plantas como las producidas mediante el lavado de residuos de cosecha o liberados por acción de microorganismos durante la descomposición de estos residuos (Rice, 1984).

El efecto de las secreciones radiculares, aunque más difíciles de demostrar, también se han indicado como responsables de estimular o inhibir el desarrollo de algunas plantas. Así por ejemplo es el caso de las secreciones radiculares de algunas malezas, las cuales afectan el crecimiento del cultivo de arroz. También se estableció este mismo tipo de efecto lo mismo que autotoxicidad en la maleza Convolvulus sepium contra plantas de trigo (Quinn, 1974) y de algunas variedades de arroz contra otras, sin que se presentara autotoxicidad (Sadhu and Das, 1971).

En una investigación realizada en Colombia, para estudiar la eficiencia de algunos herbicidas en el control de malezas en sistemas maíz y frijol, en suelos de alto contenido de materia orgánica (27%), se apreció la acción alelopática de los residuos de una maleza al ser esta incorporada al suelo. En el lote experimental había un gran predominio de la maleza Polygonum persicaria L. Cuando por circunstancias experimentales una franja del campo con la maleza se incorporó en época de plena floración, se notó un gran efecto alelopático sobre la población de las malezas, incluyendo la misma especie incorporada. A los veinte días cuando se hizo la primera evaluación de los tratamientos, la franja de terreno

donde se había incorporado la maleza florecida, el control total de malezas era de un 75%, superior a algunos de los herbicidas que se estaban investigando. Para el recuento siguiente, el efecto de incorporación de la maleza ya había desaparecido por completo, presentando una población normal de malezas (observación del autor, no publicada).

## LA INVESTIGACION DE SUSTANCIAS ALELOPATICAS

Para el análisis de cualquier planta sospechosa de producir sustancias alelopáticas, deben probarse las secreciones foliares, exudados radiculares, residuos, suelo donde crecieron las plantas en estudio, extractos de hojas, cortezas o raíces; y productos de descomposición por microorganismos.

Toda esta serie de variables en el donante; la edad o época cuando se producen las sustancias; los factores que intervienen en su formación y acumulación; y los bioensayos para determinar en que forma el receptor es afectado, dan la base para una amplia gama de técnicas de investigación en el área de la alelopatía (Putnam y Duke, 1978) es una fuente recomendable de información bibliográfica sobre el tema.

El método más simple consiste en la inmersión en agua por variados períodos, de la parte vegetal que se desea estudiar, bien sea fresca o seca, y luego hacer bioensayos con el filtrado producido. Generalmente estos bioensayos se realizan en platos de petri, en suelo o en soluciones nutritivas. La práctica de ayudar la extracción mediante la trituración de las partes en estudio, no es confiable por el temor a que durante la maceración las células de los tejidos en estudio sufran daños y puedan liberar al medio sustancias ricas en enzimas, azúcares, compuestos nitrogenados, ácidos orgánicos, sales, aminoácidos, los que pueden ser tóxicos a las plantas. Además, cuando se destruyen las células de un tejido verde, se alteran los procesos metabólicos que son básicos en las actividades alelopáticas. De esta manera se reduciría la oportunidad para detectar la presencia de ellas en los extractos acuosos. La práctica de maceración suave puede ser de utilidad, principalmente cuando se trabaja con tejidos secos. Igualmente pueden ser de provecho los bioensayos simultáneos con la extracción.

Otros sistemas de extracción incluyen el empleo de agua hirviendo, el autoclave o el uso de solventes orgánicos. Con los dos primeros se aumenta la difusión de las sustancias químicas en el agua de extracción y a la vez se eliminan los posibles inconvenientes con microbios. Los solventes orgánicos ayudan a la extracción de un mayor número de sustancias. Como estos métodos implican la muerte del tejido o el trabajo con tejidos muertos, los resultados no son necesariamente los mismos que se obtienen cuando se trabaja con el tejido vivo. Estos métodos serán válidos cuando las sustancias alelopáticas son el producto final de un proceso metabólico que logre acumularse en el tejido estudiado.

Para estudiar sustancias que se producen continuamente, durante el crecimiento de la planta, y que puedan liberarse de la parte aérea mediante el lavado con las lluvias o el rocío, generalmente se acostumbra a rociar suavemente el follaje de estas plantas y atrapar dicha agua para hacer con ella los bioensayos en platos de petri, soluciones nutritivas, suelo o arena.

Otro campo de investigación interesante con alelopáticos se presenta cuando estas sustancias son producidas mediante secreciones radiculares durante el crecimiento de las plantas. Para estas investigaciones se usan varios métodos: a) cultivar la planta en agar y posteriormente analizar ese agar para la presencia de las posibles sustancias activas; b) sembrar en arena la planta donante y la receptora y antes de que se presente competencia analizar en la planta receptora el posible efecto de las sustancias producidas; c) cultivar la planta donante en arena por un tiempo, lavar posteriormente esa arena con agua y con esta agua hacer los bioensayos en cajas de petri, suelo o arena; d) cultivar en materos individuales con arena las plantas donantes y las receptoras y luego colocarlas alternadamente en el sistema conocido como de "escalera". En este sistema una solución nutritiva fluye por gravedad desde un recipiente superior, a través de los materos donde se alternan individualmente las plantas donantes y receptoras. Al final la solución llega a un recipiente desde donde se vuelve a recircular en el sistema (Bell y Koepe, 1972).

Cuando se trata de evaluar el efecto alelopático de las sustancias liberadas por los tejidos vegetales muertos o producidas durante su descomposición, la metodología es más simple, pero el análisis de la información obtenida es más difícil. Basta con poner o mezclar los residuos de la planta donante con el suelo donde se van a hacer los estudios. Luego, a diferentes intervalos se siembran las plantas receptoras. Se puede trabajar con suelo esterilizado para descartar la participación de los microorganismos o dejarlos actuar en la descomposición de los residuos. Posteriormente se aíslan para analizar en ellos la presencia de subproductos de su metabolismo con posibles sustancias alelopáticas.

En los trabajos con residuos vegetales se presentan dificultades de análisis porque no es fácil determinar si las sustancias producidas son liberadas por los tejidos vegetales, por los microorganismos o si son debidos a una interacción entre los dos.

En los estudios con sustancias alelopáticas gaseosas generalmente se mide su efecto sobre la germinación de las semillas de las plantas potencialmente involucradas. En estos trabajos, únicamente las emanaciones gaseosas producidas por el donante entran en contacto con las semillas de las plantas receptoras.

#### **LA ALELOPATIA EN EL MANEJO DE MALEZAS**

Hasta ahora la gran mayoría de las investigaciones sobre el fenómeno de la alelopatía tienen solo implicaciones cualitativas, es decir, indican la producción, por parte de una especie, de una sustancia química que inhibe de alguna manera el crecimiento o desarrollo de otra especie conocida como receptor. Pero falta mucho por definir y medir en este campo. Es necesario identificar las sustancias producidas, sus cantidades, las condiciones que favorecen su producción, la forma de actuar y las rutas metabólicas involucradas tanto en el donante como en el receptor. Muy importante igualmente y quizá el aspecto que más interesa desde el punto de vista práctico, es el conocimiento de la participación de las condiciones bióticas (organismos asociados) y abióticas (suelo y clima) que bajo condiciones naturales participan en la manifestación del fenómeno alelopático (Rice, 1984).

El hecho de que algunas especies de malezas produzcan alelopatía contra otras ofrece una oportunidad para ayudar, aún con el uso de sustancias químicas, al manejo de la población de malezas en un área determinada, fomentando la competencia interespecífica, evitando la dominancia de algunas especies nocivas y buscando la presencia de "buenas malezas".

Se espera que la alelopatía tenga en un futuro cercano una activa participación en las prácticas agronómicas del control de malezas. La posibilidad de manipular el fenómeno en cultivos o sistemas de cultivos debe ser un tema de cuidadosas investigaciones, principalmente en el trópico, no solo por un interés académico sino por su utilidad práctica.

Existe información valiosa sobre estudios e investigaciones propuestas para la utilización de las sustancias del metabolismo secundario de las plantas en beneficio de ellas mismas, al proteger las cosechas de los insectos, de los nemátodos, de las enfermedades y de las malezas. Las sustancias alelopáticas pueden ofrecer gran potencial en el área de la fitoprotección y ser un elemento importante en el manejo integrado de plagas.

En el área de las malezas es posible la utilización de los compuestos alelopáticos para inhibir la germinación de las semillas, reducir su crecimiento o prevenir la formación de sus propágulos.

Algunos autores han pensado en la posibilidad de incorporar en los cultivos la característica genética de producir alelopáticos para que tengan ciertas ventajas competitivas contra algunas especies de malezas. Es posible desarrollar cultivos que liberan koalinas con actividad herbicida. Igualmente los cultivos se pueden asociar con otras especies, las que mediante la producción de alelopáticos, le ayuden al cultivo a defenderse de las malezas, sin que ellos sean perjudicados (Rice, 1984).

Las sustancias tóxicas generadas por los residuos de algunas cosechas pueden tenerse en cuenta en los programas de rotación de cultivos como una ayuda en el manejo integrado de las malezas. Muchas de estas sustancias tóxicas pueden proteger al cultivo al reducir la población de malezas que le puedan competir.

La utilización de coberturas muertas entre las calles de un cultivo utilizando ciertas partes de otras plantas, también ofrecen posibilidades de ayuda para proteger el cultivo de determinado tipo de plagas.

Dentro de la genética de la alelopatía se han adelantado algunos trabajos y en casos como el de la avena hay materiales con potencial para reprimir el crecimiento de algunas malezas, posiblemente mediante la liberación de sustancias tales como escopoletín. Similares efectos se han indicado en trabajos con el cultivo del pepino pepino (Lockerman and Putnam, 1978).

El efecto alelopático se produce no solamente durante el crecimiento del cultivo. También el desarrollo de cultivos precedentes puede afectar en un futuro la población de las malezas.

Las semillas de la maleza Striga asiática pueden ser inducidas a germinar en concentraciones de  $10^{-15}$  M de estrigol. Esta sustancia es producida mediante secreciones radiculares de algunas plantas hospedantes de la parásita. Las

inyecciones de etileno han sido eficientes para promover abundante germinación de la estriga antes de que el cultivo hospedante se siembre, en esta forma se facilita la destrucción de la maleza (Eplee, 1975).

La maleza parásita de raíces de varios cultivos, Orobanche spp. causa grandes pérdidas en numerosos cultivos, principalmente en las leguminosas en el sureste Europeo y algunas solanáceas en la India. Las semillas de esta maleza pueden permanecer por más de dos años en el suelo y generalmente germinan por el estímulo de ciertas sustancias liberadas por las raíces de algunos cultivos como el maíz, la pimienta y el trébol, los cuales no son hospedantes de la parásita. Por esta razón se usan para promover la germinación del Orobanche y reducir así su número en el suelo. Resultados similares se han logrado con cultivos de cowpea y soya los cuales promueven la germinación de las semillas de Striga, sin ser hospedantes de esta parásita (Rice, 1984).

Un buen ejemplo del empleo de la genética para buscar resistencias al ataque de las malezas se ve con las parásitas Orobanche spp. y Striga spp. En varios cultivos hospederos de estas malezas se han encontrado diferencias genéticas relacionadas con su susceptibilidad a ellas.

En el trópico además de las posibilidades de encontrar germoplasma nativo sin protección especial, existen otras condiciones muy propicias para el estudio y aplicación de la alelopatía. Entre estas, la existencia de muchos pequeños agricultores, la práctica tradicional de una agricultura de sistemas, la presencia de especies o cultivos perennes que crecen todo el año y la menor utilización de la tecnología agrícola moderna que busca simplificar al máximo los agrosistemas.

Algunas de las estrategias propuestas para el aprovechamiento de la alelopatía en el manejo de malezas incluyen: a) desarrollar cultivos que produzcan sustancias con acción herbicida; b) buscarle "buenos socios" a la planta cultivada, para que produzcan por ella las sustancias tóxicas; c) establecer programas especiales de rotación que propicien un ambiente hostil a las malezas mediante la generación de sustancias tóxicas.

En algunas regiones de Costa Rica los agricultores han utilizado por muchos años árboles de la familia de las leguminosas como "buenos socios" para sus cultivos y recientemente se está estudiando la participación de estos árboles como fuente de nutrimentos para el cultivo. Se han hecho algunas investigaciones sobre el efecto alelopático de los extractos de hojas y tallos del Gliricidia sepium, ("madero negro") sobre algunas malezas y cultivos. Esta especie es una de las que se están estudiando como fuente nutricional para algunos cultivos asociados. Sería conveniente entonces hacer estudios más detenidos sobre el posible efecto alelopático de Gliricidia sepium sobre los cultivos con los cuales se busca asociar y sobre las malezas, insectos y patógenos más frecuentes en estos cultivos. Los estudios seguramente darán buena información sobre el manejo adecuado del follaje de esta especie (Obando, 1987).

LITERATURA CITADA

- BELL, D.T.; KOEPPE, D.E. 1972. Noncompetitive effects of giant foxtail on the growth of corn. *Agron. J.* 64:321-325.
- EPLEE, R.E. 1975. Ethylene: A witch weed seed germination stimulant. *Weed Science.* 23:433-436.
- FRAENKEL, G. 1983. The "raison d'être" of secondary plant substances. *Science* 129:1466-1470.
- LOCKERMAN, R.H.; PUTMAN, A.R. 1979. Evaluation of Allelopathic Cucumbers (Cucumis sativus) as an aid to weed control. *Weed Science* 27(1)54-57.
- OBANDO GUERRERO, L. 1987. Potencial alelopático de Gliricidia sepium (Jacq.) Steud sobre los cultivos de maíz y las malezas predominantes. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica. UCR-CATIE, Departamento de Producción Vegetal. 115 p.
- PUTNAM, A.R.; DUKE, W.B. 1978. Allelopathy in agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16:431-451.
- QUINN, J.A. 1974. Convolvulus sepium in old field succession on the New Jersey Piedmont. *Bull. Torrey Bot. Club* 101:89-95.
- RICE, E.L. 1984. *Allelopathy* 2nd. New York, Academic Press. 422 p.
- SADHU, M.K.; DAS, T.M. 1971. Root exudates of plants I. Analysis of root exudates of barley and wheat in their initial phases of growth. *Plant Soil* 21:231-248.
- SEIGLER, D.; PRICE, P.W. 1976. Secondary compounds in plants: primary functions. *The American Naturalist* 11:101-104.
- WHITTAKER, R.H.; FEENY, P.P. 1971. Allelochemics. *Chemical Interactions Between Species.* *Science* 171:757-770.