

UNIVERSIDAD DE MATANZAS
"CAMILO CIENTFUEGOS"
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PASTOS Y FORRAJES
INDIO HATUEY

**Efecto alelopático de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench)
y canavalia (*Canavalia ensiformis* L) sobre la germinación
del marabú (*Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn).**

Autora: Ing. Zenia Ailec Torres Santos

Tutores: Dr.C. José Ramón Ayala Yera
M.Sc. Ernesto Nápoles Gallardo

**Tesis presentada en opción al título de
Master en Pastos y Forrajes**

**2011
"Año 53 de la Revolución"**

DEDICATORIA

A mis padres, mi familia, y en especial a mi querida chiquita Liuvis Yanet, inspiración para mi continua superación.

AGRADECIMIENTOS

Son pocas las palabras para expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que con esmero y dedicación me han ayudado y hecho posible la culminación de este trabajo.

Sería imposible dejar de mencionar la ayuda recibida por el constante apoyo de amigos y compañeros de trabajo en la confección de este trabajo.

Al Dr.C. José Ramón Ayala Yera y al M.Sc. Ernesto Nápoles Gallardo, tutores, quienes con su dedicación me orientaron en los momentos oportunos.

El más sincero agradecimiento a la dirección y los trabajadores Estación Experimental de Pastos y Forrajes de la provincia Las Tunas, especialmente, al querido amigo Moisés Santoya.

Llegue este reconocimiento al colectivo de profesores de “Indio Hatuey” por los conocimientos transmitidos en el nombre del Dr.C. Anesio Sardiñas y Dra.C. Marta Hernández, a la Universidad “Vladimir Ilich Lenin”, especialmente a la Facultad de Agronomía.

A todos,

Muchas gracias.....

“la naturaleza de algunas plantas a pesar de no ser exactamente mortal es nociva debido a sus mezclas de fragancias o a sus jugos...”

Plinio (1 A.D.)

RESUMEN

Dichrostachys cinerea (L.) Wight & Arn es actualmente una de las malezas de más difícil control en Cuba. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 3 réplicas para determinar la influencia alelopática de los extractos acuosos y residuos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) variedad UDG-10 y canavalia (*Canavalia ensiformis* L) sobre las semillas de marabú (*D. cinerea*), escarificadas y sin escarificar en condiciones semicontroladas. Para los extractos acuosos y residuos se utilizaron 80 g de plantas; con una proporción 1:10 peso volumen en los extractos acuosos. Los residuos se mezclaron con suelo esterilizado, ambos tratamientos se dejaron 24 horas antes de la siembra. Se midieron el porcentaje de germinación, la longitud del hipocótilo y de la radícula, la masa seca y el número de plantas anormales. El empleo de extracto acuoso y residuos de sorgo causaron el 18 y 10 por ciento, respectivamente, de reducción de la germinación en las semillas de marabú sin escarificar. Se afectó el crecimiento del hipocótilo y de la radícula. Con la canavalia, la germinación solo tendió a disminuir cuando no se escarificó la semilla, el crecimiento del hipocótilo se redujo pero no el de la radícula. En general, sorgo y canavalia mostraron un mayor potencial alelopático, expresado ante todo en la comparación con los testigos. Tanto los extractos acuosos como los residuos mostraron efectos similares. Las concentraciones en ambas fuentes, probablemente fueron insuficientes y la esterilización del suelo limitara la acción de los microorganismos para liberar las sustancias activas.

ABSTRACT

Dichrostachys cinerea (L) Wight & Arn is at present one of the most difficult to control weeds in Cuba. An experiment used a completely randomized design with three replicates was carried out to determine the allelopathic influence of aqueous extracts and residues of sorgho (*Sorghum bicolor* (L) Moench) variety UDG-10 and jack bean (*Canavalia ensiformis* L) on germination seeds of marabú (*D. cinerea*), scarified and without scarification in semi-controlled conditions. For the aqueous extracts and residues 80 g of plants, with a 1:10 ratio in volume weight aqueous extracts. The residues were mixed with sterilized soil. Both treatments were stopped 24 hours before sowing. The percentage of germination were measured, the length of hypocotyl and radicle dry weight and number of abnormal plants. The aqueous extract of sorghum and residues reduction seed germination to 18 and 10 percent, respectively, without scarification. Were affected the growth of hypocotyl and radicle. With canavalia, germination tended to decrease only when not scarified the seed, hypocotyl growth was reduced but not that of the radicle. In general, they showed greater effect sorgho and canavalia allelopathic potential, expressed as in comparison to controls. Concentrations in both sources were probably inadequate and soil sterilization for limited the action of microorganisms to release the active substances.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
1.1 Daños que ocasionan las malezas o arvenses.....	4
1.2 Alelopatía.....	4
1.2.1 Mecanismos de acción alelopáticos	6
1.2.2 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos	8
1.2.3 Modo de liberación de los agentes alelopáticos.....	9
1.2.3.1 Exudados radicales.....	9
1.2.3.2 Lixiviación	10
1.2.3.3 Descomposición de residuos vegetales	11
1.2.4 Investigaciones realizadas con especies de plantas con propiedades alelopatía.....	11
1.3 Posición sistemática de <i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench (Wikipedia, 2007).....	13
1.3.1 Características generales	13
1.3.2 Potencial alelopático de sorgo.....	13
1.4 Posición sistemática de <i>Canavalia ensiformis</i> L. (Instituto de Biología, UNAM, 2010).....	15
1.4.1 Características generales	15
1.4.2 Origen y distribución	16
1.4.3 Usos como cultivos de cobertura y abonos verdes	16
1.4.4 Características alelopáticas de Canavalia	17
1.5 Posición sistemática de <i>Dichrostachys cinerea</i> (L) Wight & Arn Bässler (1998)	18
1.5.1 Características del género <i>Dichrostachys</i> sp.	18
1.5.2 Distribución.....	19
1.5.3 Características morfológicas	19
1.5.4 Ecología	20
1.5.5 Importancia agrícola	20
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	25
2.1 Localización de los experimentos.....	25
2.2 Características del suelo.....	25
2.3 Procedimiento experimental	25
2.3.1 Tratamientos y diseños.....	26
2.4 Experimento para la evaluación de los indicadores del efecto del empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia, aplicados al suelo, en la germinación y desarrollo vegetativo del marabú	27
2.5 Experimento para determinar los síntomas tóxicos en las plantas de marabú como indicadores del efecto alelopático por el empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia aplicados al suelo	27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES.....	44
NOVEDAD CIENTÍFICA.....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

INTRODUCCIÓN

En la actualidad resulta de gran importancia investigar y encontrar las variantes que permitan el desarrollo de una agricultura rentable y no contaminante del medio ambiente. Por otra parte, el uso de productos químicos en la agricultura aumenta notablemente los rendimientos y la rentabilidad de los cultivos, pero la utilización constante de estos puede alterar el medio biológico y producir graves daños en los diversos ecosistemas. Es por eso que la utilización de prácticas sostenibles, como la reducción de productos químicos, rotaciones y asociaciones benéficas, entre otras, son las mejores variantes para garantizar una buena producción y mantener a salvo el futuro del planeta (Pazmiño, 1999).

En los esfuerzos que el hombre ha realizado para proveer los ambientes favorables para el crecimiento de los cultivos, encontró las malezas o plantas que se oponían a sus esfuerzos y en la obtención de estos objetivos agrícolas. El hombre, desde los primeros días de su existencia, ha tenido que enfrentarse continuamente con ciertas plantas indeseables. Las malezas, arvenses o plantas indeseables, son nombradas y descritas en diferentes términos: *Plantas fuera de lugar, no deseadas, no útiles, a menudo proliferantes y persistentes, competitivas, dañinas y/o venenosas*. Por ello, se podrían definir a las malezas como "aquella planta que está creciendo donde no se desea que lo haga" o "aquella planta que se encuentra fuera de lugar" (FAO, 2004).

Labrada y Parker (2005), plantean que son consideradas malezas aquellas plantas que interfieren con la actividad humana en áreas cultivables y no cultivables.

Las malezas son plantas indeseables que crecen como organismo macroscópico junto a las plantas cultivadas, las cuales interfieren su normal desarrollo. Son una de las principales causas de la disminución del rendimiento de diferentes cultivos, debido a que compiten por la luz solar, los nutrientes y el dióxido de carbono

(Rodríguez, 2000). Causan importantes impactos económicos, ambientales y sociales en un amplio rango de sistemas agrícolas, naturales y de uso urbano de la tierra (FAO, 2006).

El pasto constituye la fuente de alimentación más económica para el ganado vacuno, tanto para el consumo directo, en época lluviosa o en forma de ensilaje, para época seca, lo que hace que sea de vital importancia el máximo aprovechamiento del área destinada a pastoreo o cultivo (Oquendo, 2000).

En las áreas de pastos, al igual que en el resto de los cultivos, las malezas compiten por los elementos esenciales, originando así la disminución de los rendimientos, y por ende, menor cantidad de alimentos para el ganado y disminución de la producción de leche, carne, cueros, etc.

El empleo de productos químicos puede producir contaminación al medio ambiente, son dañinos al ser humano y a los animales. Una opción para estos problemas es el uso de la alelopatía para la sustentabilidad de la agricultura, la forestación y el mantenimiento del medio ambiente limpio para las futuras generaciones. La alelopatía se refiere a cualquier proceso donde haya metabolitos secundarios producidos por plantas, microorganismos, virus y hongos que influyen en el desarrollo de la agricultura y los sistemas biológicos (An *et al.*, 2000).

El conocimiento de los fenómenos alelopáticos es de gran importancia en los agrosistemas, pues permite la funcionalidad de numerosas interacciones entre organismos y asegura la supervivencia de muchas especies en su medio. El término alelopatía se define como los efectos beneficiosos o perjudiciales, resultado de la acción de compuestos químicos liberados por una planta (donadora), que ejercen su acción sobre otras plantas (receptoras), además hongos y otros microorganismos a través de exudados de sus órganos (Sampietro, 2005).

Por su parte, Duke *et al.* (2002), afirman que hay muchos materiales y compuestos que se pueden obtener de productos naturales, utilizados directamente o como base para el desarrollo de moléculas herbicidas y cuyo potencial para el manejo de malezas ha sido documentado. Cuando las plantas han muerto o los cultivos han terminado su ciclo de vida, algunas partes pueden liberar sustancias químicas durante el proceso de descomposición y luego ser lavados.

Según Zamorano (2006), una de las formas más sencillas de examinar las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos, en los que se cuantifica la germinación y/o emergencia de plántulas y se mide la radícula y/o hipocótilo.

Las plantas invasoras son las que se propagan naturalmente (sin asistencia humana), produciendo cambios importantes en la composición, la estructura o los procesos de los ecosistemas naturales o seminaturales, poniendo en peligro la diversidad biológica nativa (en especies, poblaciones y/o ecosistemas). Las plantas invasoras pueden ser autóctonas (nativas) o alóctonas (introducidas). A veces, por un proceso de sucesión natural de vegetaciones, puede hacer que una especie autóctona aparente comportarse como invasora. Sólo en ecosistemas desequilibrados por el hombre las especies autóctonas llegan a comportarse como invasora; sin embargo las especies invasoras alóctonas son mucho más peligrosas por su capacidad para enfrentar los ecosistemas naturales o seminaturales, especialmente cuando no tienen enemigos naturales que controlen su crecimiento poblacional (Oviedo, 2005).

La provincia de Las Tunas posee más del 55 % de las 220 000 ha dedicadas a la ganadería invadidas por el marabú (*Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn). Este se puede propagar por semillas, pedazos de tronco, tallos y raíces (González *et al.*, 2008), por lo que el empleo de plantas con propiedades

alelopáticas reconocidas, puede ser una estrategia para el manejo de esta especie invasora de los campos de nuestro país (Torres *et al.*, 2003).

Por otra parte se conoce que el marabú constituye la plaga más importante que afecta la producción de pastos. A nivel nacional esta situación se ha tornado alarmante, por estar invadidas más de un millón de hectáreas por esta leñosa, debido en lo fundamental a fallas en los métodos para su combate y los bajos insumos disponibles (Padrón, 2004). *Por lo que se hace necesario buscar métodos de inhibición de la germinación del marabú como estrategia para su control no químico en los pastizales.*

De ahí que se formulara la siguiente **hipótesis**:

Si el sorgo o la canavalia poseen actividad alelopática inhibitoria de la germinación del marabú, podrían incluirse como método en la estrategia para reducir su invasión en los pastizales.

Para dar respuesta a esta hipótesis, se planteó el objetivo siguiente:

Objetivo general

- Estudiar la influencia alelopática del sorgo y la canavalia en la germinación y el crecimiento inicial del marabú.

Como objetivos específicos:

1. Evaluar indicadores del efecto del empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia, aplicados al suelo, en la germinación y desarrollo vegetativo del marabú.
2. Determinar los síntomas tóxicos en las plántulas del marabú como indicadores del efecto alelopático por el empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia aplicados al suelo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

1.1 Daños que ocasionan las malezas o arvenses

En Cuba, las pérdidas directas de rendimientos que ocasionan las malezas en áreas enyerbadas en todo el ciclo de los cultivos pueden ascender a valores tan altos como 66 % en papa (*Solanum tuberosum*, Sw), 78 por ciento en tomate (*Lycopersicum esculentum*, Mill), 72 % en maíz (*Zea mays*, Lin) y más del 94 por ciento en ajo (*Allium sativum*, Lin) y cebolla (*Allium cepa*, Lin), por citar solo algunos ejemplos (Pérez *et al.*, 2000). Las malezas son plantas ajenas al cultivo donde se localizan, compiten por agua, nutrientes, luz e interfieren en la recogida de las cosechas, además pueden ser portadoras de enfermedades, nemátodos, ácaros y plagas de insectos que luego pueden pasar a los cultivos, causando a veces graves afectaciones.

Por las características antes mencionadas, estas pueden ser catalogadas como plantas de alta peligrosidad o de menos peligrosidad debido a su nivel de competencia con los cultivos y sus características reproductivas, su posibilidad o no de control con métodos tradicionales y la resistencia a determinados métodos de lucha por sus características morfológicas y plasticidad ecológica, así también pueden ser dominantes o predominantes en una asociación, criterio del que se parte en la mayoría de las ocasiones para definir los métodos de manejo (Paredes, 2005).

El marabú es considerado la especie invasora más peligrosa para Cuba en la actualidad (Padrón, 2004; Paredes, 2005; Muñoz *et al.*, 2007; Carmenate *et al.*, 2008), por lo que es necesario buscar estrategias para su manejo, especialmente no químicas, ya que es lo ideal para el desarrollo de la agricultura sostenible, es decir, no contaminante al medio ambiente.

Unas de las estrategias pudiera ser la alelopatía según Torres *et al.* (2003), estas apuntan a la reducción de la contaminación ambiental y a mantener un balance ecológico en la flora y la fauna, con la disminución en el uso de pesticidas (insecticidas, fungicidas, nemátocidas y herbicidas), estos compuestos se pueden sustituir por naturales, bien sean elaborados de plantas o de microorganismos.

Otro problema con el control químico en malezas es el desarrollo de especies altamente resistentes a herbicidas. Las plantas tienen sus propios mecanismos de defensa y los aleloquímicos pueden ser herbicidas naturales, sin embargo, la alelopatía incluye numerosos procesos complejos, donde diferentes químicos influyen en los efectos alelopáticos (Fierro *et al.*, 2009).

1.2 Alelopatía

Los organismos vegetales están expuestos a factores tanto bióticos como abióticos, con los que han evolucionado. Esto provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis a través de

las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios. Estos metabolitos juegan un papel vital en las interacciones entre organismos en los ecosistemas. Entre estos encontramos compuestos producidos por plantas que provocan diversos efectos sobre otros organismos. A estas sustancias se les conoce como aleloquímicos y el fenómeno se designa aleloquimia, o alelopatía cuando se establece entre individuos vegetales (Wikipedia, 2010).

Molish en 1937, según Gámez *et al.* (2007), definió a la alelopatía, como el proceso por el cual una planta desprende al medio ambiente, uno o varios compuestos químicos; estos inhiben el crecimiento de otra planta que vive en el mismo hábitat, o en un hábitat cercano. La Sociedad Internacional de Alelopatía la ha definido como “Cualquier proceso que incluye metabolitos secundarios (aleloquímicos) producidos por plantas, microorganismos (virus, algas y hongos) que influyen en el crecimiento y desarrollo de sistemas agrícolas y biológicos (excluyendo animales), tanto con efectos positivos como negativos (Torres *et al.*, 1996). Esta puede generarse y actuar por diferentes vías, exudación de compuestos provenientes de raíces vivas, hojas, frutas o por infiltración de compuestos químicos provenientes de la descomposición de los vegetales. A la vez constituye un excelente ejemplo de equilibrio químico - ecológico, en el cual los organismos tienden a responder favorablemente o regularmente entre sí, produciendo atractivos químicos que funcionan como estimuladores o inhibidores (Pazmiño, 1999).

La alelopatía es un importante componente de la capacidad de interferencia de las plantas en ecosistemas naturales (Whittaker y Feeny, 1971; Rice, 1984). Ya desde décadas pasadas se había formulado la hipótesis de que las características alelopáticas podían ser explotadas en el uso de prácticas agrícolas con diferentes propósitos (Putnan y Duke, 1978). Por otra parte, Azim *et al.* (2005), lo consideran como un proceso químico utilizado por las plantas para disminuir la competencia en su entorno, la que ofrece una herramienta natural y ambientalmente apropiada para el manejo de malezas.

Diversos estudios han explorado el potencial alelopático de especies vegetales de diferentes familias, varios de ellos enfocados en la búsqueda de compuestos químicos con actividad herbicida que se puedan aislar y sintetizar; otros se han centrado en los efectos alelopáticos que algunos cultivos podrían tener sobre malezas, sobre otros cultivos y sobre sí mismos y algunos, en los efectos alelopáticos de malezas sobre malezas (Stachon y Zimdahl, 1980; Tominaga y Watanabe, 1997, Chou, 1998; An, *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2002).

Duke *et al.* (2002), afirman que hay muchos materiales y compuestos que se pueden obtener de productos naturales utilizados directamente o como base para el desarrollo de herbicidas y cuyo potencial para el manejo de malezas ha sido documentado, cuando las plantas han muerto o los cultivos han terminado su ciclo, algunas partes pueden liberar químicos durante el proceso de descomposición y

luego ser arrastrados. Tukey (1966), realizó estudios sobre lixiviados obtenidos a partir de hojas, aunque anota también que otras partes de las plantas son susceptibles al lavado. Este es uno de los métodos más comunes que utiliza tejidos de tallos y raíces de las plantas de las que se sospecha tienen potencial alelopático. Las investigaciones para conocer el carácter alelopáticos de diferentes especies ofrecen posibilidades para el control directo de malezas y para el desarrollo de herbicidas nuevos.

Estudios realizados por Putnam y De Frank (1983), Jones *et al.* (2001), mostraron la efectividad de residuos que reducen la germinación y el crecimiento de especies de malezas.

Se ha reportado 129 especies con características alelopáticas sobre los cultivos, la mayoría con efecto perjudicial. Para demostrar que una planta ejerce una acción alelopática sobre otra, varias etapas son necesarias. La primera consiste en identificar y cuantificar los compuestos secretados por la planta productora (terpenos, esteroides, fenoles), y después estudiar sus cambios en el suelo. Estos aleloquímicos deben después ser absorbidos por la planta receptora, en la cual pueden provocar efectos fitotóxicos.

La naturaleza química de los agentes alelopáticos es muy variada, dentro de ellos pueden citarse los compuestos alifáticos que comprenden varios ácidos (por ejemplo: oxálico, fórmico, butírico, acético, láctico y succínico) y alcoholes. En el caso de los terpenoides solo unos pocos parecen estar involucrados en la alelopatía, y la literatura lo refiere como los más cuantiosos en la inhibición del crecimiento, identificados en la plantas superiores (Del Toro *et al.*, 2009).

1.2.1 Mecanismos de acción alelopáticos

La mayoría de las sustancias alelopáticas en plantas superiores, corresponden a metabolitos secundarios. Existen una gran diversidad de estos compuestos, que pueden ser sintetizados por las vías metabólicas, ya sea del ácido shikimico o del ácido acético, o por una combinación de estas dos rutas biosintéticas (Einhelling, 1995).

Los compuestos secundarios suelen ser agrupados según las sustancias químicas que les constituyen: compuestos fenólicos (taninos, fitoestrógenos y cumarinas); toxinas nitrogenadas (alcaloides, glicósidos cianogenéticos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas e inhibidores de las proteasas); terpenos (lactonas sesquiterpénicas, glicósidos cardíacos, saponinas); hidrocarburos poliacetilénicos y oxalatos (Ramos *et al.*, 1998).

Estos compuestos secundarios implicados en las interacciones bioquímicas entre plantas están reportados como agentes que intervienen en procesos o funciones de protección y defensa de dichas plantas (Zamorano, 2006).

El conocimiento del modos de acción de los agentes alelopáticos es clave para la explotación del uso de los mismos como herbicidas. Esto usualmente ofrece herramientas para combatir la evolución de resistencias a biocidas de malezas actualmente utilizados y alternativas para los cuales la resistencia ya existe (Sampietro, 2005).

Según Rizvi *et al.* (1992), existen dos modos de acción de compuestos alelopáticos: indirecto y directo. El indirecto incluye los efectos ocasionados por la alteración de propiedades del suelo, del estado nutricional y la actividad de poblaciones de organismos benéficos. En la toma de nutrientes hay una evidencia considerable, según Putnam (1988), sobre el efecto de compuestos alelopáticos en la toma de iones como el Potasio por parte de las plantas; sobre otras poblaciones. El efecto sobre la actividad de una población benéfica o perjudicial, como microorganismos, insectos o nemátodos, ha sido poco estudiado. Alborn *et al.* (1992), evaluaron el papel de los aleloquímicos en la selección bioquímica de variedades de sorgo resistentes a *Atherigona soccata* y *Chilo partellus*.

El modo de acción directo comprende los efectos sobre varios procesos del crecimiento y el metabolismo de las plantas. Lovett y Ryuntyu (1992), y los clasifican en primarios y secundarios.

Los efectos primarios, involucran procesos metabólicos como la inhibición de la división celular. Así, Gianfrancisco *et al.* (1998), estudiaron la disminución de la actividad mitótica de raíces de plantas por extracto clorofórmico obtenido de *Raphanus sativus* L (rábano).

La inhibición de la fotosíntesis en lo relacionado con la apertura de estomas y la síntesis de pigmentos clorofílicos fue estudiado por Rizvi *et al.* (1992). El efecto en la respiración, fue evaluado por Rice (1984), donde demostró la acción de la juglona sobre la fosforilación oxidativa e indicó que los aleloquímicos pueden estimular o inhibir la respiración.

Una gran variedad de enzimas es inhibida por la presencia de aleloquímicos. Rice (1984), reportó varios taninos que inhiben la actividad de *peroxidasas*, *catalasa*, *celulosa*, *poligalacturonasa*, *amilasa*. Romagni *et al.* (2000) también reportaron la inhibición en la asparagina sintetasa por parte de compuestos presentes en aceites esenciales de algunos vegetales.

Los efectos secundarios, incluyen la interferencia con la germinación, la que fue comprobada por Putnam (1983). Anteriormente, Putnam (1978), identificó un mecanismo por el cual se cree que las plantas enfrentan las enfermedades mediante la producción de inhibidores que evitan la acción de las enzimas exudadas por el organismo causal; también reporta la presencia de inhibidores de la germinación en frutos y semillas que incluyen compuestos fenólicos, flavonoides o sus glucósidos, así como taninos.

Un amplio rango de especies presenta potencial de utilización como herbicidas naturales por poseer grupos químicos alelopáticos que incluyen los flavonoides, poliacetilenos, quinonas y terpenos (mono y

sesquiterpenos) (Kaufman *et al.*, 1999; Putman, 1988). Entre estas especies se menciona *Sorghum bicolor* (L) Moench con amplio poder autotóxico y con capacidad de controlar varias arvenses como *Amaranthus retroflexus* L (Putnam *et al.*, 1983). Los extractos acuosos de exudados de raíces de *Cynodon dactylon* (L) Pers. (Pasto Bermuda) inhibieron significativamente la germinación y crecimiento del algodón y de las malezas *Lagongchium farctum*, *Sorghum halepense* L. Pers. (Pasto Jonson o Don carlos) y *Xanthium strumarium* L (Guisazo de caballo) (Abdul-Rahman y Al-Naib, 1986).

1.2.2 Alteraciones hormonales provocadas por agentes alelopáticos

En los tejidos vegetales hay ciertas sustancias que constituyen un sistema de defensa y que son llamados “Aleloquímicos alomónicos” los cuales son compuestos moleculares que actúan como señales o como mensajeros de disuasión, produciendo efectos repulsivos, antialimentarios, tóxicos, alteradores de la fisiología o del comportamiento sexual o poblacional de los insectos.

En las alteraciones hormonales provocadas por los agentes alelopáticos la literatura consultada informa a los compuestos fenólicos los que pueden reducir o incrementar la concentración de *Ácido Indol Acético* (AIA), una fitohormona del grupo de las auxinas. Monofenoles tales como los *ácidos p - hidroxibenzoico*, *vainílico*, *p - cumárico* y *siríngico* reducen la disponibilidad de AIA promoviendo su decarboxilación. En contraste, muchos difenoles y polifenoles (p. ej. los *ácidos clorogénico*, *caféico*, *ferúlico* y *protocatéuico*) sinergizan el crecimiento inducido por AIA suprimiendo la degradación de la hormona (Pazmiño, 1999).

La enzima *polifenoloxidas*, actúa sintetizando polifenoles a partir de fenoles simples. Su actividad regularía por tanto la destrucción y preservación de la auxina. Ciertos *glicósidos* de *flavonoides* como la *naringenina*, la *2', 4, 4' - trihidroxichalcona* y la *floridzina* estimulan fuertemente enzimas del tipo *AIA oxidasa*, involucradas en la degradación de auxinas. Los *ácidos hidroxámicos 6, 7 - dimetoxi - 2 - benzoxazolinona* (DIMBOA) y *6 - metoxi - 2 - benzoxazolinona* (MBOA) modifican la afinidad de unión de las auxinas a sitios receptores de unión de las mismas a membrana. Esta actividad guarda relación con la inhibición de crecimiento inducido por auxinas en secciones de coleóptilo de avena. Por ello se ha propuesto que la toxicidad de los *ácidos hidroxámicos* sería debida a la interferencia que provocan en la actividad normal de las auxinas (Sampietro, 2005).

En especies tanto cultivadas como silvestres del genero *Sorghum* se encuentra la *durrina* (*Glicósido cianogénico*). La hidrólisis de este compuesto da lugar no sólo *ácido cianhídrico* sino también *ácido hidroxibenzaldehído* que al oxidarse origina el *ácido p-hidroxibenzoico*, el cual posee por sí mismo actividad alelopática el que actúa como inhibidor de la germinación (Basaure, 2009).

1.2.3 Modo de liberación de los agentes alelopáticos

Una variedad de agentes alelopáticos son sintetizados y almacenados en diferentes células de la planta ya sea en forma libre o conjugada con otras moléculas y son liberados al entorno en respuesta a diferentes estreses bióticos y abióticos. Muy poco se sabe sobre la liberación de aleloquímicos de tejido vivo, el que incluye los modos de regulación o influencia ambiental sobre esos procesos. Existen sustancias exudadas por las raíces de ciertas plantas que no pueden aislarse de los tejidos radicales de éstas. En sorgo las *p-benzoquinonas*, conocidas como *sorgoleone*, son exudadas en forma abundante por la raíz. Sin embargo no han sido encontradas en los tejidos radicales. De todas maneras, se puede afirmar que el modo de liberación de un agente alelopático depende de su naturaleza química. Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies y a través de lixiviados de hojas y exudados de raíces. (Sampietro, 2005).

Eventualmente, los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición, los cuales incorpora a la matriz del suelo. Por tanto existen cuatro vías principales de liberación al entorno de los aleloquímicos (fig. 1). Todos estos mecanismos han demostrado ser importantes en el fenómeno de la alelopatía, los que produce efectos sobre la germinación y crecimiento de las plantas que viven en el mismo hábitat o en hábitat cercanos (Zamorano, 2006).

1.2.3.1 Exudados radicales

Los exudados radicales son todos aquellos compuestos orgánicos, liberados al medio por raíces de plantas sanas e intactas. Bajo condiciones no estériles de trabajo, se hace difícil establecer si los compuestos detectados son realmente excretados por las raíces, o son el resultado de la actividad de microorganismos presentes en el suelo o medio de cultivo. Pazmiño (1999), plantea que algunos de estos compuestos exudados por las raíces, ejercen un marcado efecto inhibitorio sobre la germinación y el crecimiento de otras especies.

Varios autores entre ellos, (Puente *et al.*, 2000; Yongoing, 2003; Blanco *et al.*, 2007; Paredes, 2010), han comprobado que un gran número de plantas exudan una variada gama de compuestos orgánicos bajo condiciones estériles de trabajo. Entre las especies cultivadas que presentan estas características, se pueden citar: *Lolium temulentum*, L (centeno), *Avena sativa* L (avena), *Hordeum vulgare* L (cebada), *Zea mays*, L (maíz), *Lycopersicum esculentum*, Mill (tomate) y *Cucumis sativus*, L (pepino). También son varias las especies no cultivadas y malezas; que producen exudados radicales inhibitorios para otras especies, entre las cuales se puede citar: *Setaria faberii*, Herm (pega-pega), *S.*

halepense, *Aristida* sp., (coiron), *Bromus* sp., (pasto del perro) y *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (pata de gallina). Además, se conoce la capacidad alelopática de *Ipomoea batata*, L Lam (boniato), los abonos verdes (*Crotalaria incana*, L (crotolaria), *Canavalia ensiformis*, L. (canavalia), *Stizolobium aterrimum*, (Wright) Piper (frijol de terciopelo), *Lablab purpureus*, (L) Sweet (dolichos), *Vigna unguiculata* (L.) Walp (caupi) y *Phaseolus aureus*, Roxb (frijol mungo), *Sorghum bicolor*, (L.) Moench (millo) y *Helianthus annuus*, Lin (girasol) entre otras plantas sobre malezas perennes y anuales de alta peligrosidad, lo que combinado con la capacidad competitiva de la planta cultivable, la convierten en un excelente medio de control de malezas.

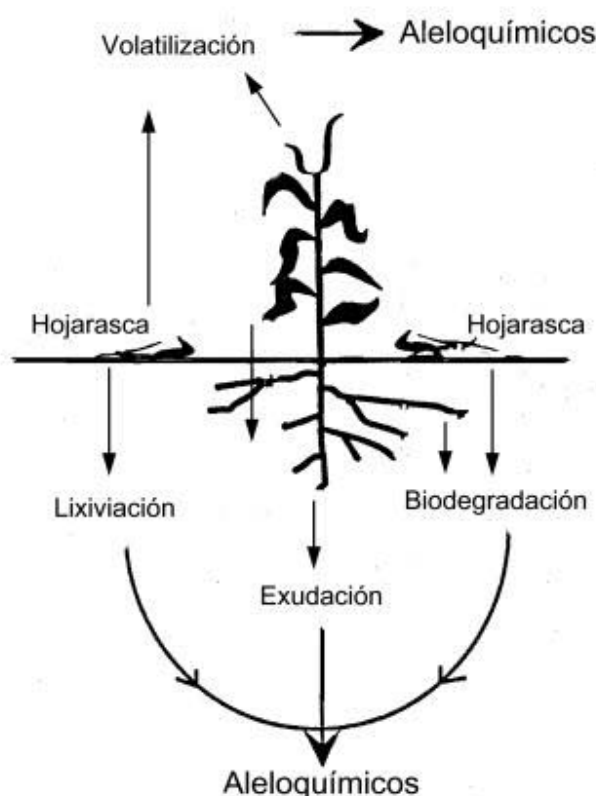


Fig. 1. Vías a través de las cuales se liberan los agentes alelopáticos al entorno (Sampietro, 2005).

Son varios los factores que pueden afectar las exudaciones radicales producidas por una especie determinada. Dentro de ellos los más importantes son la edad de la planta, temperatura, luz, nutrición, medio de cultivo y enfermedades radicales (Duke *et al.*, 2002).

1.2.3.2 Lixiviación

Pazmiño (1999), menciona a un grupo extenso de sustancias, tales como: *carbohidratos*, *aminoácidos orgánicos*, *fenoles*, *terpenos* y *alcaloides* los que pueden ser arrastrados por la acción del agua, desde las porciones aéreas de ciertas especies. Algunas de estas sustancias han demostrado ser

fitotóxicas al inhibir la germinación de semillas de otras especies y el crecimiento de las plántulas, en las cuales se ha detectado efectos inhibitorios debido a lixiviación de compuestos, tanto de porciones aéreas vivas, como muertas: *Encelia* sp., (incienso), *H. annuus*, *Salvia* sp., (salvia), *Camelina alyssum* (L.) (nabo francés), *Melilotus alba* Desr. (melilotus), *Rhus* sp. (encinas venenosas), *Juglans* sp., (nogal), *Brassica napus* L. (nabo), *Datura stramonium* L. (chamico) y otros.

En algunos casos, el compuesto lixiviado puede no ser fitotóxico como tal, sino solo después de sufrir ciertas transformaciones en el suelo. Así, el nogal libera a través de sus hojas y frutos un *glucósido de hidrojuglona*, sustancia que no es fitotóxica; pero luego de llegar al suelo es hidrolizada por acción de microorganismos, convirtiéndose en juglona (*5-hidroxinaftoquinona*). Este compuesto se ha comprobado que inhibe la germinación y crecimiento de varias especies, tanto herbáceas como leñosas (Basaure, 2009).

1.2.3.3 Descomposición de residuos vegetales

Grandes cantidades de sustancias con características inhibitorias son liberadas al medio como resultado de la descomposición microbiológica que sufren los residuos vegetales en el suelo. Una gran parte de los estudios concernientes al estudio de alelopatía, están relacionados con la descomposición de residuos de cultivos debido a la gran masa vegetal que queda sobre el terreno después de recolectarse sus frutos o semillas (Fernández, 1995).

La descomposición en el suelo de residuos de malezas anuales y perennes, ha formado compuestos orgánicos de marcada toxicidad, manifestada como una reducción en la germinación de semillas o crecimiento de otras especies al ser sembradas en esos suelos. Este hecho ha sido observado también bajo condiciones experimentales en las cuales se ha utilizado el agua de drenaje de recipientes que contenían residuos de malezas en descomposición (Pazmiño, 1999).

1.2.4 Investigaciones realizadas con especies de plantas con propiedades alelopatía

Los ensayos de germinación y los de crecimiento de plántulas son ampliamente utilizados debido a que son sencillos y permiten una evaluación rápida de la respuesta de una especie vegetal a un agente alelopático determinado. Como especie receptora se puede utilizar cualquier maleza o cultivo. Cuando se explora el posible uso de agentes alelopáticos como herbicidas, se señala que las malezas más comunes pertenecen a las familias *Compositae*, *Umbeliferae*, *Verbenaceae*, *Cruciferae*, *Solanaceae*, *Liliaceae* y *Poaceae* (Basaure, 2009).

Varias son las investigaciones que se han realizado para conocer la actividad alelopática de residuos, extractos de cultivo y malezas. Paneque *et al.* (2005), comprobaron la efectividad de extracto acuoso y

residuos de *Trianthema portulacastrum*, L (verdolaga blanca) en la germinación de *Z. mays*, *R. sativus*, *Cucurbita pepo*, L (calabaza), *L. esculentum* y *Capsicum frutescens*, L. (pimiento), los que disminuyeron la longitud del hipocótilo, radícula y hubo aumento de la cantidad de plantas anormales. Zamorano y Fuentes (2005), emplearon extractos y residuos de *Brassica campestris subsp.rapa* [L.] Hook. f (nabo silvestre) y *L. temulentum*, L (centeno) sobre la emergencia y crecimiento de las malezas *Chenopodium petiolare*, Kunth (cenizo), *Fuertesimalva limensis*, [L.] Fryxell (malva blanca) y *Amaranthus hybridus*, L. (bledo) donde observaron que la respuesta entre las especies de malezas fue diferente con relación a la actividad de los extractos y los residuos vegetales en suelo.

Estudios realizados por Labrada *et al.* (1986), demostraron el efecto alelopático de extractos etanólicos de partes subterráneas de las malezas perennes: *S. halepense*., *C. dactylon* y *Cyperus rotundus*, L (coquillo o cebolleta) en la germinación de semillas de tomate, *Phaseolus vulgaris*, Lin (frijol), *A. cepa*, *C. sativus*, *Brassica oleracea*, L (col) y *Cucumis melo*, Lin (melón de agua), los extractos de las malezas no afectaron el porcentaje de germinación de las plantas, mientras que los de *S. halepense*, inhibieron la elongación radical de la mayoría de las plantas; Cheema y Khaliq (2000); Acciaresi y Asenjo (2003), evaluaron el efecto alelopático de residuos de rizomas de *S. halepense* en el crecimiento inicial y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum*, (L) (trigo) donde les fue posible detectar efectos alelopáticos en plántulas y sobre la biomasa aérea y radical del trigo.

En experimentos ejecutados por Cruz *et al.* (2005), con las malezas: *H. annuus*, *C. rotundus*, *C. dactylon*, *Amaranthus palmeri* (quelite rojo) y *Sesbania macrocarpa* (fibra) incorporadas al suelo, sobre el crecimiento inicial del *Allium cepa*, L (cebollín), observaron que estadísticamente la germinación no se vio afectada en la mayoría de los tratamientos respecto al testigo empleado; los que mostraron mayor efecto alelopático y lo que presentaron los valores más bajos fueron los que se emplearon con las raíces de *C. rotundus* y de *A. palmeri*. Los demás tratamientos, no presentaron diferencias con respecto al testigo, se comportaron con una tendencia a disminuir en forma gradual el número de plántulas emergidas.

En pruebas de laboratorio García (1998), evaluó el comportamiento alelopático de los abonos verdes: *Stizolobium deeringianum* Bort (frijol de terciopelo), *C. ensiformis* y *Leucaena leucocephala*, (L) Benth (leucaena) y *I. batatas* por medio de extractos acuosos y la incorporación al suelo sobre las semillas de *Oryza sativa*, L (arroz), tomate, *Sorghum vulgare*, Pers (millo), *Lactuca sativa*, Lin (lechuga), *Dichrostachys cinerea*, (L) Wight & Arn (marabú) y bulbos de cebolleta, donde observaron que con el uso de los extractos acuosos del boniato fue afectada la germinación de las semillas del marabú y el desarrollo de bulbos de cebolleta.

1.3 Posición sistemática de *Sorghum bicolor* (L.) Moench (Wikipedia, 2007).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Andropogoneae

Género: *Sorghum* Moench

Especie: *S. bicolor*

1.3.1 Características generales

Esta es una planta que pertenece a la familia *Poacea*, presenta tallos similares al maíz, ligeramente acanaladas y ovales, aunque se diferencia rápidamente de ese cultivo porque las hojas tienen los bordes en forma de serrucho. Cada nuevo tallo surge de la corona madre, desarrolla su propio sistema radical y una serie de yemas, pero permanece unido a la yema madre. Las hojas son lisas y están cubiertas de una capa de cera, la inflorescencia es en forma de panículas y presentan un 95 % de autopolinización. Su ciclo de vida es de 120 a 130 días en dependencia de la variedad y época. Sus raíces son fibrosas y hojas alternas lanceoladas, flores hermafroditas y dispuestas en forma de panoja terminal.

El grano maduro contiene 12 % de almidón, 12,4 % de proteína, 3,2 % de grasa, 1,6 % de ceniza, 1,5 % de fibra y 9,3 % de agua. Es una especie fotoperiódica y se considera una planta de días cortos.

El sorgo es originario de África (Etiopía y Sudán). En la actualidad se cultivan en el mundo más de 43 millones de hectáreas y la producción mundial es superior a 569 millones de toneladas, es el quinto cereal más sembrado mundialmente (Funes *et al.*, 1998).

1.3.2 Potencial alelopático de sorgo

El potencial alelopático del sorgo (*S. bicolor*) abre un espacio fructífero de las investigaciones para explotar este fenómeno en el control de malezas y en la regulación del ciclo de nutrientes. Los estudios efectuados indican que la alelopatía del sorgo puede ser explotada en diferentes prácticas como cultivo de cobertura, ahogar los cultivos, asociación de cultivos, la mezcla de cultivos y sofocar los cultivos para controlar las malezas y la inhibición de la nitrificación. Además, la aplicación de extractos acuosos de sorgo a nivel de campo puede ser un método eficaz para reducir las malezas y mejorar la productividad de los cultivos de ensayo. Las propiedades herbicidas y alelopáticas de sorgoleone, un

compuesto aislado de exudados de la raíz del sorgo y otros aleloquímicos merecen un mayor trabajo para identificar las enzimas responsables de la biosíntesis de estos compuestos y los genes que ellos codifican. El otro paso necesario es el uso de la ingeniería genética para manipular los genes identificados en el sorgo o en otros cultivos para mejorar su capacidad para controlar las malezas. Esta reseña trata sobre la actividad de investigación acerca del papel del potencial alelopático en diferentes sistemas de cultivo y los métodos desarrollados en el manejo de malezas (Alsaadawi y Dayan, 2009).

El sorgo es una de muchas plantas con rasgos alelopáticos según Dattari (2005), el que nombra a Stephen Duke fisiólogo de plantas en la Unidad de Investigación de plantas naturales en Oxford, Mississippi. Duke y sus colegas plantean que las propiedades alelopáticas del sorgo son más fuertes que en la mayoría de las plantas. El arma principal del sorgo es sorgoleone, un compuesto que es más activo en combatir malezas que muchos otros compuestos alelopáticos en otras plantas. Las raíces de las plantas alelopáticas liberan toxinas al suelo que impiden el crecimiento de las plantas invasoras.

Al respecto Sampietro (2005), refiere que en condiciones de campo se ha observado que el sorgo, el girasol y otros cultivos reducen el uso de herbicidas durante el desarrollo de los mismos en las plantaciones siguientes. Por otra parte, los cultivos de cobertura y sus residuos, tales como centeno, avena, cebada, *Triticum aestivum* L (trigo), sorgo granífero y pasto Sudán son efectivos en la reducción del crecimiento de malezas. Además, se han examinado diferentes modos para su empleo en la supresión directa de la población de malezas cuando los cultivos con características alelopáticas son el cultivo principal, como cultivo de cobertura de suelo en huertos con subsecuente desecación utilizando herbicidas o por heladas, rotación de cultivos con siembra directa del cultivo sobre rastrojos dejados por la especie.

Blanco (2006), planteó que con la utilización del sorgo se puede controlar el desarrollo de las malezas y, por tanto, el uso de herbicidas, práctica que se está llevando a cabo en Cuba. Otra forma de controlar las malezas es con la inclusión del sorgo en rotaciones agrícolas; con esto se mejoran también las propiedades físicas, químicas y biológicas, debido al gran aporte de residuos (Esremi y Martínez, 2007).

Aunque la introducción del sorgo en la rotación de cultivos es a menudo perjudicial porque puede disminuir el rendimiento, la alelopatía del sorgo, no sólo impide las plantas "buenas" en los campos, también impide muchas malezas. Paradójicamente, si las malezas se inhiben por el efecto aleloquímico del sorgo, las plantas de la cosecha realmente pueden prosperar debido a la competencia reducida por estas. Los aleloquímicos del sorgo se utilizan realmente como un herbicida natural llamado sorgaab (un extracto de plantas del sorgo maduras, obtenido después de sumergirlo en el agua por 24 h) (Minorsky, 2002). Esto ha sido demostrado por Cheema y Khaliq (2000), quienes encontraron que en

aplicaciones del sorgaab se reducen las malezas de un 35 un 49 % y se puede aumentar el rendimiento del trigo de 10 a un 21 %.

Las propiedades alelopáticas del sorgo frecuentemente destruyen el trigo y al maní, estos cultivos son utilizados en la rotación con el sorgo. Muchas investigaciones recientes se han enfocado en técnicas de cultivos que puedan reducir los residuos alelopáticos dejados por los cultivos anteriores de sorgo. Roth *et al.* (2000), hallaron que los residuos de los tallos maduros del sorgo pueden retardar el desarrollo de la siguiente cosecha del trigo pero no afecta los rendimientos del grano, probablemente porque los compuestos alelopáticos se degradan en la tierra.

Sene *et al.* (2001), encontraron que el establecimiento de plantas de maní fue mejor entre las filas del anterior cultivo del sorgo, en la investigación también analizaron el contenido fenológico presentes en los suelos por fila y entre las filas pero no encontraron datos consistentes de año a año, lo que les sugirió que los compuestos fenólicos no son los principales compuestos alelopáticos del sorgo. La alelopatía del sorgo no solo obstaculiza solamente a las plantas de interés agrícola si no también a las perjudiciales. Sin embargo, si la erosión del suelo no preocupa la alelopatía puede ser reducida por la labranza rápida y otras prácticas que promuevan la rápida descomposición de los residuos del sorgo.

1.4 Posición sistemática de *Canavalia ensiformis* L. (Instituto de Biología, UNAM, 2010)

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales. Cronquist (1981)

Superorden: Fabiflorae, Dahlgren *et al.* (1985)

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Papilionoidae o Faboideae

Género: *Canavalia*

Especie: *C. ensiformis* L

1.4.1 Características generales

Es una planta herbácea de 1,3 m a 1,5 m de altura, densamente ramificada, tiende a ser trepadora. Hojas aovadas a aovadas lanceoladas de 8 cm de ancho por 18 cm de largo, claramente nervadas por el envés. Flores de color lila, forma papilionada. Semillas blancas de 1,8 cm de diámetro, en número de 8 a 10 en cada vaina. Vaina de 22 cm de largo, de color claro oscuro, coriácea, la característica de esta especie es la presencia de estrías (costilla) en la parte superior de la vaina (Oquendo, (2000).

Canavalia es resistente a la sequía, la especie ofrece una cobertura eficiente en el suelo, crece bien en suelos ácidos producen entre 1, 9 y 9, 3 t de MS/ha. Se puede usar como fuente de proteína (hojas, tallos y semillas) hasta 30 por ciento en rumiantes y 10 % en gallinas ponedoras. Se recomienda utilizar una dosis de siembra entre 16 y 30 kg/ha⁻¹, con una distancia entre surcos y distancia entre plantas de 0,5 m o 1 m. Su ciclo vegetativo es de 150 días, a los 120 días de edad la planta presenta el 50 % de floración (Navas *et al.*, 2002).

1.4.2 Origen y distribución

C. ensiformis es originaria de Meso América, crece en regiones secas de México y Arizona (Funes *et al.*, 1998). Se encuentra en las zonas tropicales de ambos hemisferios, generalmente silvestres y pocas especies cultivadas (Zea, 1992).

1.4.3 Usos como cultivos de cobertura y abonos verdes

Se plantea que los términos "cultivos de cobertura" y "abono verde" se han usado en el pasado como sinónimos; sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado (Hernández *et al.*, 2009).

El uso de cultivos de cobertura ha mostrado un papel preponderante en los sistemas de producción debido a su capacidad de mantener un balance de nitrógeno en el suelo, al incremento en los contenidos de materia orgánica y nutrientes del suelo, en el mejoramiento de las pasturas por su mayor disponibilidad de proteína y a las mejoras en las características físicas y biológicas del suelo (Acuña, 2002).

En el manejo de los cultivos el uso de coberturas ofrece la ventaja de favorecer el control de plagas y enfermedades, facilita el control de malezas debido a la cobertura del suelo o por efectos alelopáticos, donde se presenta una liberación lenta de elementos nutritivos para los cultivos. Dentro de las desventajas que tiene su uso se encuentra la competencia por nutrientes con el cultivo de interés; a veces se deben manejar grandes cantidades de biomasa producida por la cobertura; en algunos casos pueden hacer difícil las labores del cultivo (aplicaciones de agroquímicos, cosecha). Su efecto como aporte de nutrimentos no es inmediato, de ahí que el incremento en rendimientos en los cultivos se da a mediano plazo, además, de ser hospederos de insectos y patógenos (NRI, 2006).

Las leguminosas que mayormente se han utilizado como coberturas en plantaciones comerciales son aquellas que producen un excelente follaje o se emplean en pastoreo para la alimentación animal. Dentro de estas se incluyen algunas especies como *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens*,

Pueraria phaseoloides, *Arachis pintoi*, *Desmodium ovalifolium* y *Flemingia congesta*. Las más empleadas como abonos verdes son *Mucuna sp*, *Crotalaria sp* y *Canavalia*, que además de ser perennes, tienen un crecimiento muy rápido, lo que permite una cobertura total del suelo, impidiendo así la proliferación de malezas. Dentro de los cultivos donde se han utilizado las coberturas a nivel comercial se encuentran el café, cacao, hule, palma aceitera, cítricos, banano y palmito (Zea, 1992; Pound, 2007).

Los materiales vegetales vivos y muertos asociados al uso de cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas son particularmente adecuados para desarrollar sistemas ecológicos de manejo de malezas. Por lo general, un ambiente biológico y físico más diverso en la superficie de los suelos, tal como el que está asociado a los cultivos de cobertura, ofrece oportunidades para regular y minimizar las poblaciones de malezas. Un sistema integrado, incluyendo cultivos de cobertura en combinación con otras estrategias, podría mejorar el control de malezas comparado con la confiabilidad de cada estrategia individual (Hernández *et al.*, 2009).

Los barbechos mejorados con plantas leguminosas (Haggar *et al.*, 2000) recuperan más rápidamente la fertilidad de los suelos que los barbechos nativos, y con algunas leguminosas, por su vigoroso crecimiento y efectos alelopáticos sobre semillas de malezas en germinación, pueden contribuir a disminuir sus poblaciones. Pequeños agricultores en Centroamérica usan prácticas tradicionales de control de malezas, con las leguminosas *S. deeringianum* y *Canavalia spp.*, como cultivos de cobertura (Delgado, *et al.*, 2009).

1.4.4 Características alelopáticas de Canavalia

Las plantas de canavalia presentan propiedades herbicidas, determinándose un efecto inhibitorio en el crecimiento de otros cultivos herbáceos por efecto acumulativo en el suelo del aminoácido no proteínico *L-canavanina* el que tiene propiedades pesticidas, mutagénico, nemátocida, fungistático. En las semillas está presente *beta-aminopropionitrile*, *betonicina*, *canalina* (alelopático, pesticida), *canavanina* (alelopático, antibacterico, citotóxico, fungicida, herbicida, pesticida), *caneína*, *concanavalina A* (nemátocida, pesticida), *desaminocanavanina*, *kitogina*, *L-homoserina*, *ácido L-alpha-amino-delta-hydroxyvalerianico*, *trigonellina* (mutagénico, pesticida) (Gioanetto, 2002).

Otros autores encontraron que los extractos acuosos de canavalia, sasafrás (*Bursera graveolens* Triana & Planch), anamú (*Petiveria alliacea* L) y escoba amarga (*Parthenium hysterophorus*, L) redujeron la germinación del sorgo, algunas de las especies que fueron evaluadas hasta más del 50%, en comparación con un testigo en que solamente recibió agua (Ayala *et al.*, 1994).

En investigación desarrollada por Mendonça, (2008) con los extractos acuosos de canavalia para conocer la actividad herbicida de sus aleloquímicos sobre las especies de malezas *Ipomoea* sp y *Commelina* sp, y donde extrajo también los compuestos fenólicos con propiedades alelopáticas mediante cromatografía líquida. Encontró la presencia de *ácido clorogénico*, *ácido ferúlico*, *ácido p-anisic* y *genistein*, aleloquímicos con propiedades inhibitoras fuertes sobre la germinación.

Por su parte Gliessman (1983), indicó que *Vigna sinensis*, *C. ensiformis* y *Stizolobium deeringianum* tienen efecto alelopático en el control de las malezas cuando son sembradas en asociación con el maíz. También, Lima *et al.* (2009) observaron que los extractos acuosos de las partes aéreas de canavalia, crotolaria y sesamun disminuyeron la germinación y crecimiento inicial de *Biden pilosa*.

En dos granjas de la provincia Las Tunas, Cuba, de manera independiente por la distancia entre esas fincas, los productores observaron espontáneamente, que hay disminución de la producción del plátano cuando entre las hileras intercalan canavalia (Ayala, 2010). Esto podría estar influenciado por los compuestos aleloquímicos existentes en canavalia como la *canalina* y la *canavalina* compuestos con marcada acción alelopática,

1.5 Posición sistemática de *Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn Bässler (1998)

Reino: Plantae

División: Angiospermae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales.

Familia: Mimosaceae R. Br., Flinders

Género: *Dichrostachys* (DC.), Wight & Arn

Especie: *D. cinerea*

1.5.1 Características del género *Dichrostachys* sp.

Arbustos o árboles pequeños, con o sin espinas, sin aguijones. Hojas bipinnadas, raquis con glándulas; pinnas con algunas hasta numerosos pares de folíolos opuestos. Espigas solitarias o en glómerulos, axilares. Flores heteromorfas, las superiores hermafroditas, las cuales estériles y de otro color, cáliz cinco - dentados; pétalos cinco, concrecente en la base; estambres 10, libres; en las flores hermafroditas todos fértiles; antenas con glándulas; estaminodios de las flores estériles alargados, sin antenas; polen en póliades de cuatro, ocho, dieciséis o veinte cuatro granos o solitarios. Frutos en glóselos, comprimidos, lineales, curvados hasta circinados con o sin sinuosidades, dehiscentes o

abriendo irregularmente o indehiscentes, sin estípe. Semillas \pm aplanadas, sin arilo, con un pleurograma del 75 por ciento (Sauget y Liogier, 1951).

1.5.2 Distribución

Existen unas 12 especies en los trópicos del Viejo Mundo desde África hasta Australia, la mayoría de las especies provienen de Madagascar. *Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn. Sinonimia: *D. glomerata* (Forsk.) Chiov.; *D. caffra* Meissan. en Krauss; *D. nutans* (Pers.) Benth. en Hook.; *D. callistachys* Hassk; *Mimosa glomerata* Forsk.; *Acacia cinerea* Spreng.; *Cailliea glomerata* (Forsk.) Macbride; *Desmanthus trichostachyus* DC. Especie polimorfa. En Cuba sólo existe la subespecie *africana* variedad *Africana*, recibe los nombres comunes de marabú, aroma, aroma francesa, aroma blanca, espina del diablo y Weyler (Bryant *et al.*, 1991).

1.5.3 Características morfológicas

Arbusto o árbol pequeño de hasta cinco metros de altura; ramas jóvenes vellosas, más tarde glabras; ramas con braquiblastos de un cm - tres cm de largo, en pares, espinosos, en tamaño desigual y que tienen a menudo hojas e inflorescencia; estipulas tubuladas sólo en las ramas jóvenes, más tarde caducas. Las hojas con 8-12 pares de espinas; pecíolo de 0, 6-1,1 cm de largo; raquis 4-6 cm de largo, por el haz canaliculado y como el pecíolo vellosa, por lo general en la base de cada par de pinna una glándula pedunculada de 1-1,1 mm de largo, 0, 3 mm de ancho; pinna con 10-26 pares de folíolos; folíolos lineales hasta oblongos asimétricos, 3-5 mm de largo, 0,9-1,5 mm de ancho, ápice redondeado, haz algo nítido, glabros, vellosos en el margen, envés glabros o con pelos aislados y nervaduras algo prominentes. Las inflorescencias son en forma de espigas solitarias o en glomérulos axilares o en los braquiblastos espinosos, colgantes, amarillos arriba, blancuzcos hasta rosado claro en la parte de abajo que es más ancha. Las flores superiores son hermafroditas sentadas, amarillas; el cáliz pubescente de un mm de largo; los pétalos glabros de 2, 5 mm de largo, estambres 10, filamentos de cuatro mm - cinco mm de largo, cada antena con una glándula pedicelada, ovario vellosa; flores basales estériles, sentadas, blancuzcas o rosado claro; cáliz pubescente, 0, 7 mm de largo, sin anteras, ovario rudimentario; polen en póliades de ocho, 12 o 16 granos. Frutos en glomérulos, comprimidos, coriáceos, cuando jóvenes pubescente, más tarde glabros, indehiscente; valvas lineales, torcidas hasta enrolladas y retorcidas, onduladas de 8-13 mm de ancho, pardo oscuras. Semillas comprimidas, redondeadas hasta elípticas de 4-5 mm de largo y de 3,5-4 mm de ancho, con un pleurograma de 75%, lisas, pardas (Bässler, 1998).

1.5.4 Ecología

Es una especie muy heliófila. Crece desde 0 a 1 500 m de altitud sobre el nivel del mar (en Cuba sobrepasa los 800 msnm). Tiene un amplio rango ecológico en cuanto a precipitaciones, que pueden ser desde menores que 800 mm hasta mayores que 2 000 mm. Sin embargo no tolera terrenos inundados. Crece achaparrada en sitios secos formando matorrales densos. Los suelos pueden ser desde ligeros arenosos hasta arcillosos pesados, desde ácidos hasta calizos y ultra básicos (La O *et al.* 1987 b).

En Cuba florece en los meses de abril a septiembre. Los frutos maduran hasta el invierno en que secan, permaneciendo sin caer por algún tiempo (Muñoz *et al.*, 2007).

1.5.5 Importancia agrícola

El marabú es originaria de África del Sur (Bryant *et al.*, 1991), existe también en la India, Tailandia, Malasia. En América fue introducida en el sur de los Estados Unidos, Cuba, La Española y las Islas Francesas de Guadalupe, María Galante y Martinica. Se han descrito nueve subespecies y trece variedades.

En Cuba y otras islas antillanas es una plaga, especie indeseable (que afecta producciones económicas) e invasora (que perjudica ecosistemas naturales o seminaturales). Ampliamente distribuida en África, se ha convertido de una planta indeseable local a un peligro para la vegetación natural. Constituye la más significativa entre las plantas invasoras e indeseables en Cuba y en el trópico, la que se comporta como especie altamente invasora en lugares abiertos y soleados. Esto se debe a que no es afectada por plagas y enfermedades que frenan su desarrollo en sus lugares de origen, también a su tolerancia a suelos diversos y a la sequía; a sus abundantes espinas, a la dureza de sus tallos, dispersión de semillas por el ganado y su proliferación por retoños radicales formando tupidas espesuras (Padrón, 2004).

El marabú ha sido la maleza más importante para la agricultura cubana de todos los tiempos y ha enseñado la necesidad de tener métodos y técnicas para reconocer y caracterizar el riesgo ante estas plantas, predecirlos en los ecosistemas y desarrollar sistemas de vigilancia que puedan detectarlas tempranamente (Sauget y Liogier, 1951; Acuña, 1974; Valdés *et al.*, 2001; Padrón, 2002).

Se extiende rápidamente en áreas sometidas al laboreo (González *et al.*, 2008), no así en aquellos, que aún no se ha trabajado. La planta posee raíces muy fuertes que penetran en el suelo, cuando se chapea a muy baja altura puede brotar de 7-12 ramas del tallo. Crece a de tres metros a seis metros de altura, cuando están pequeñas pueden haber varias plantas por metro cuadrado.

Las semillas de marabú pueden permanecer en el suelo por muchos años sin perder la viabilidad y de sus raíces brotan hijos o retoños donde quiera que queden expuestos a la luz del sol o que se practique el corte más insignificante (Acuña, 1974).

Las cubiertas seminales de las leguminosas generalmente son duras y cutinizadas e impiden completamente la imbibición de agua y a veces el intercambio de gases, y sin estos dos últimos procesos la renovación del crecimiento del embrión y la germinación son imposibles (Allen y Meyer, 1998). El agua caliente elimina la dormancia física en las leguminosas mediante el incremento de la presión, lo cual consecuentemente causa la ruptura de la capa macrosclereide, o a través de la afectación del tapón strophilar. El método es más efectivo cuando las semillas son sumergidas en agua caliente, o sea, no calentadas junto al agua, y cuando la inmersión es rápida, ya que evita los daños por calor en el embrión (Kannan *et al.*, 1996). Además, es conocido que en los géneros *Caesalpinaceae* y *Mimosaceae* el strophile entra en erupción como respuesta a los cambios de temperatura súbito, y que a mayor temperatura más rápidamente ocurrirá el ritmo de ruptura citado por Navarro, (2002).

Por su parte, Muñoz *et al.* (2007), alertó que semilla de marabú, como la mayoría de las leguminosas, tiene una cubierta muy dura que sufre un lento proceso de escarificación, lo cual permite una germinación del tres por ciento, pero al ser ingerida por el ganado esta capa es dañada por los ácidos del tracto digestivo, lo que posibilita hasta un ciento por ciento de germinación.

El número de embriones en semillas de marabú varía entre uno y tres, semillas que pueden mostrar simples embriones, embriones gemelos y triples embriones. Esto puede explicar el rápido incremento de esta especie en terrenos descuidados para formar impenetrables matorrales. Estudios ejecutados por Carmenate *et al.* (2008), en evaluación de la reproducción del marabú por semilla en condiciones de laboratorio y campo encontraron que las semillas presentaron una germinación y poliembrionía superior al 70 y 30 %, respectivamente. En condiciones de laboratorio se observó poliembrionía doble, triple y cuádruple, con una energía germinativa igual a cinco días y en condiciones de campo obtuvieron los valores máximos de emergencia al sembrarse superficialmente y la mayor energía germinativa en época lluviosa sembradas a cinco centímetros de profundidad.

Las hojas y brotes tiernos de marabú son un excelente alimento para el ganado rústico que las pasta en rebrotes. Tienen un 15 % de proteína bruta, 21,6 % de fibra cruda asimilable, 1,53 % de calcio y un 0,18 % de fósforo, entre otros elementos. Durante el invierno pierden las hojas, acumulando un colchón considerable de materia orgánica que como tal, aumentan la fertilidad de los suelos que asienta al marabuzal. Sus raíces obran como potentes desmenuzadoras del terreno, aumentando la permeabilidad de los suelos arcillosos, por los que presenta cierta preferencia y participan en la fijación de nitrógeno

simbióticamente. El dosel del marabú y su sistema radical evita la erosión de los lomeríos de poca capa vegetal, suministrando madera dura y un carbón de primera calidad (Muñoz *et al.*, 2007).

En la revisión realizada no aparece ningún lugar en el mundo que esta amenaza haya alcanzado la magnitud de desastre ecológico y agrícola que llegó a alcanzar en Cuba (Holm *et al.*, 1979). En general ocupa áreas donde la diversidad biológica disminuye y no se ofrece oportunidad alguna para que la composición florística original sustentadora de la fauna se pueda restablecer (Padrón, comunicación personal).

En 150 años se ha convertido en la especie vegetal que más ha proliferado en Cuba. A principios del siglo XXI cerca de 1 141 550 ha se encontraban invadidas (10 % del territorio cubano, lo que es cerca de 18 % de las tierras agropecuarias), afectando al 56 % de las áreas ganaderas (Wikipedia, 2008). Muchos lugares naturales y semi naturales han sido ocupados abrumadoramente por el marabú y han perdido sus formaciones vegetales nativas. En la provincia Las Tunas ha invadido 98 175,2 ha, del área dedicada a la ganadería (MINAGRI, 2008).

Entre los años 1960 y 1990 con el empleo de herbicidas hormonales y una fuerte actividad de mecanización sobre estos suelos, la incidencia llegó a reducirse entre un 15-20%. A partir de aquí, Cuba sufrió un periodo de casi 10 años de fuerte sequía, principal factor de predisposición para esta invasora y con la desaparición de los principales mercados y fuentes de financiamiento, una carencia de medios para el enfrentamiento que hace que en 1994 hubiera alcanzado magnitudes de desastre sobre la industria ganadera del país (Padrón, comunicación personal).

En la lucha química contra esta maleza en los pastizales, se ha empleado con resultados satisfactorios el herbicida Biester DT-22, una mezcla de 2, 4 D (ácido 2 - 4 diclorofenoxiacético) y 2,4, 5- T (ácido 2, 4, 5 - T triclofenoxiacético) con un contenido de 238, 5 g de ácido equivalente cada uno. Este herbicida contiene trazas contaminantes de 2, 3, 7, 8 tetraclorodibenzo-p-dioxina, compuesto extraordinariamente tóxico en cantidades de 0,1 mg/kg que se produce en la síntesis del mismo, por lo que el empleo de este herbicida fue regulado y prohibido en muchos países, en Cuba esta proscrito (Padrón, 2004).

La O *et al.* (1987), aportaron un sistema de trabajo más racional y económico con las mezclas del 2, 4 D (isotílico + butílico) en partes iguales al 16 por ciento sobre tocones de hasta tres centímetros de altura.

El Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV) de Cuba recomendó en 1987 dar tres aplicaciones foliares a plantas de porte inferior al metro de altura con una mezcla a partes iguales de butapón + octapón a 2 LPC /ha (10^4 m^2) (500 L de agua, solución final) y 0,4 % de ingrediente activo en aplicaciones dirigidas, realizando la segunda y tercera aplicación cuando los rebrotes no sobrepasaran

los 20-30 cm de altura. Para el caso de aplicaciones dirigidas al tocón se recomendaron dos aplicaciones, mojándolo bien hasta el escurrimiento. Las efectividades que alcanzaron con este sistema fueron superiores al 90 %. También fue recomendado un segundo pase sobre algún tocón rebrotado, o sea un 20 % del total del área. Las aplicaciones foliares a toda el área son muy consumidoras de recursos pero llevan menos mano de obra. La cantidad de ingrediente activo a transportar con los hormonales es mínima, pero estos productos de importación resultan caros cuando no se aplican correctamente ni se sigue la disciplina tecnológica del programa (Padrón, 2004).

Actualmente está autorizado para su control el herbicida hormonal Potreron 212 (CNSV, 2007), es un concentrado soluble de la mezcla del 2,4-D al 34 % y 64 % y Picloram al 16 y 65 %, es un herbicidas de acción sistémica que actúa por vía foliar y radical. Es efectivo contra especies perennes y anuales de hojas anchas (dicotiledóneas) en activo crecimiento y desarrollo.

Picloram es un herbicida residual de larga permanencia en el suelo y puede lixiviarse a través de la capa arable del suelo. El mismo puede ser arrastrado por aguas superficiales y subterráneas. Existen evidencias experimentales que pueden permanecer en suelo durante un periodo de 12 meses en concentraciones de hasta 0,08 ppm y encontrarse en profundidades de hasta 24 pulgadas (52,8 cm.). El mismo puede ser arrastrado por aguas superficiales y detectarse en concentraciones de 0.003 ppm (Pérez *et al.*, 2008).

En el instructivo técnico para el empleo de Potreron - 212 se orienta no plantar cultivos de hojas anchas en los campos donde se haya realizado aplicaciones de picloram (Potreron -212), hasta tanto no se realicen los análisis de residuos por métodos biológicos o químicos que demuestren la no existencia de residuos fitotóxicos a las plantas de cultivo (CNSV, 2008).

En Cuba se ha avanzado mucho en la limpia de áreas invadidas por marabú con métodos tradicionales campesinos ante la escasez de insumos (González, 1997). Ejemplo de ello, Reyes *et al.* (2004), en la provincia Las Tunas obtuvieron buenos resultados cuando empelaron además de las medidas de control tradicionales, el pastoreo de ganado ovino y caprino rústico en las áreas más afectadas, especies mejor adaptadas a estas condiciones.

También se explorado en el control biológico. Roy (1965), señala la utilización de un hongo parásito para combatir biológicamente al marabú. En áreas de pastoreo de La Habana y en la Sierra del Rosario en Pinar del Río, esta última en áreas no disturbadas, un grupo de investigadores del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal hicieron prospecciones en busca de enemigos naturales de estas leñosas encontrando especies de *Bruchidae* destruyendo completamente semillas de aroma y marabú, en esta última especie fue detectado un micro lepidóptero afectando las partes jóvenes de la planta (La O *et al.*, 1996).

Gillon (1992), informó sobre legumbres de *D. cinerea* atacadas por tres especies de brúchidos en Costa de Marfil. Jayaraman (1988), menciona al ácaro *Eriophyes dichrostachia* el que produjo lesiones en las plantas.

La alelopatía, debido a esas situaciones, podría convertirse en una alternativa loable para frenar la irracionalidad de los plaguicidas, especialmente los herbicidas sintéticos. Con ello, los ecosistemas, ecoagrosistemas o los agrosistemas, serían beneficiados. Aún cuando Zamorano (2006), lamenta que las perspectivas del uso de la alelopatía en el manejo de arvenses tenga grandes vacíos en ciencias básicas y aplicadas, las cuales son necesarias para solucionar los problemas prácticos, no obstante, alerta que en la agricultura convencional, el uso de agroquímicos ha repercutido en más problemas con el manejo de plagas, enfermedades y malezas, por lo que la profundidad en el estudio de las nuevas estrategias basadas en fenómenos naturales, como los alelopáticos, es fuente de nuevas ideas de investigación relacionadas con los sistemas de producción agrícola.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización de los experimentos

La investigación se realizó desde diciembre de 2008 hasta junio de 2010, con tres repeticiones en el tiempo, en el umbráculo del Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Las Tunas (LPSV).

Las plantas de Sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) variedad UDG-10 y de Canavalia (*Canavalia ensiformis* L), y el suelo utilizados en los ensayos, fueron colectadas en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes (EEPF) de Las Tunas, institución perteneciente a la Red de Estaciones del Ministerio de Agricultura, ubicada en la carretera a Bayamo, a los 20°, 54' de latitud Norte y 76°, 55' de longitud Oeste.

2.2 Características del suelo

El suelo que se utilizó se extrajo de un área en estado de barbecho, y del tipo Fersialítico Pardo rojizo (VIII). Estos suelos presentan bajos contenidos de materia orgánica y fósforo. Son de poca a mediana profundidad, pueden tener o no presencia de carbonatos o ser completamente lavados, su coloración puede variar de pardo rojiza a rojiza, en época de sequía pueden llegar a compactarse. Poseen poca retención de humedad y mal drenaje interno, topografía ligeramente ondulada hasta ondulada, su textura varía desde arcillosa hasta ligera, pH ligeramente ácido, de cinco a ocho (Hernández *et al.*, 1999).

2.3 Procedimiento experimental

Las plantas de sorgo y canavalia utilizadas fueron seleccionadas en la fase de floración-fructificación con tres meses de edad.

Las semillas de marabú se colectaron de legumbres en áreas de la EEPF. Las semillas seleccionadas fueron desprovistas de sus vainas de forma manual, libres de impurezas y en buen estado físico, se almacenaron en recipientes cerrados y a temperatura ambiente.

Para la escarificación de las semillas de marabú, se sumergieron 50 semillas durante un minuto en recipientes con agua a 80°C (Paretas y López, 1973), con el objetivo de eliminar la cubierta cutinizadas de las semillas, característica común en muchas especies de la familia *Leguminosae*, y así facilitar la entrada de agua y de las sustancias alelopáticas.

Para la obtención de los extractos acuosos se utilizaron 80 g de plantas, las que fueron lavadas y fraccionadas en trozos de aproximadamente un centímetro y colocadas en frasco de color ámbar con un litro de agua destilada en proporción 1:10 peso volumen (PV) equivalente a 1 g de masa verde por cada 10 ml de agua y se dejaron reposar durante 24 horas en condiciones de oscuridad (Sampietro 2005;

Zamorano, 2006). Posteriormente, se filtró para eliminar las impurezas constituidas por los tejidos de la planta.

La preparación de los residuos de las plantas evaluadas mezclados con el suelo, se llevó a cabo según lo descrito por los autores antes mencionados, se utilizó 80 g de la planta fraccionada en pequeños trozos, en 2 031 g de suelo, la que se dejó 24 horas antes de efectuar la siembra de las semillas de marabú, en bandejas de aluminio con una superficie de 30 cm de ancho, 48 cm de largo, por seis cm de alto.

Para los ensayos de germinación se sembraron 50 semillas de marabú escarificadas y sin escarificar en las bandejas que contenían los extractos acuosos y los residuos. A partir de la fecha de germinación, las plantas se mantuvieron por siete días en las bandejas, luego se extrajeron para realizarles las mediciones de las radículas, hipocótilos y la masa seca del total de plantas por bandeja. Los experimentos se observaron por 60 días.

El suelo se esterilizó a temperatura de 140°C durante una hora en estufa marca Membert. Los pesajes de suelo y plantas se realizaron en una balanza mecánica, marca OHAUS, verificada por la Oficina Territorial de Normalización de Las Tunas.

Las mediciones de longitud de la radícula e hipocótilo se realizaron con auxilio de una regla milimetrada y el peso se determinó en una balanza analítica marca SARTORIUS después de mantener las plantas en estufa durante 60 horas a temperatura fija de 70°C.

2.3.1 Tratamientos y diseños

Para evaluar la influencia alelopática de plantas de sorgo y canavalia en la germinación y crecimiento inicial del marabú, se realizaron experimentos donde se emplearon los siguientes tratamientos.

- Siembra de semillas de marabú sin escarificar, en suelo con aplicaciones de extractos acuosos de plantas de sorgo.
- Siembra de semillas de marabú escarificadas, en suelo con aplicaciones de extractos acuosos de plantas de sorgo.
- Siembra de semillas de marabú sin escarificar en suelo mezclado con residuos de plantas de sorgo.
- Siembra de semillas de marabú escarificadas, en suelo mezclado con residuos de plantas de sorgo.
- Siembra de semillas de marabú sin escarificar, en suelo con aplicaciones de extractos acuosos de plantas de canavalia.
- Siembra de semillas de marabú escarificadas, en suelo con aplicaciones de extractos acuosos de plantas de canavalia.
- Siembra de semillas de marabú sin escarificar en suelo con residuos de plantas de canavalia.
- Siembra de semillas de marabú escarificadas en suelo con residuos de plantas de canavalia.

- Siembra de semillas de marabú sin escarificar en suelo sin extractos acuosos ni residuos (Testigo).
- Siembra de semillas de marabú escarificadas en suelo sin extractos acuosos ni residuos (Testigo).

2.4 Experimento para la evaluación de los indicadores del efecto del empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia, aplicados al suelo, en la germinación y desarrollo vegetativo del marabú

Para evaluar la influencia alelopática de los extractos acuosos de sorgo y canavalia en la germinación y el crecimiento inicial del marabú, se sembraron 50 semillas de marabú escarificadas (E) en cada bandeja, respectivamente. Al suelo se le aplicó una solución al 10 % PV del extracto de las plantas para su humedecimiento total. El mismo procedimiento se realizó con semillas de marabú sin escarificar (SE).

Las bandejas se taparon con nylon para reducir la evaporación del agua y se colocaron en el umbráculo del laboratorio.

Para evaluar la influencia alelopática de los residuos de sorgo y canavalia incorporados al suelo, se sembraron 50 semillas de marabú escarificadas (E) en cada bandeja, consistente en 80 g de la planta de sorgo o canavalia, fraccionada en trozos de un mm, con 2 031 g de suelo, durante 24 horas antes de efectuar la siembra. El mismo procedimiento se realizó con semillas de marabú sin escarificar (SE).

Como testigos se emplearon, semillas de marabú escarificadas y sin escarificar en suelo sin extractos acuosos ni residuos. En todos los casos se mantuvo la humedad del suelo con aplicaciones diarias de agua, según las reglas internacionales para ensayos de semillas (Ministerio de la Agricultura, España, 1976)

2.5 Experimento para determinar los síntomas tóxicos en las plantas de marabú como indicadores del efecto alelopático por el empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia aplicados al suelo

La determinación de los síntomas de toxicidad provocados por los tratamientos sobre las semillas de marabú se observaron a través del conteo de las plantas anormales germinadas con hipocótilo podrido, malformado y raíces ausentes, raquílicas o podridas.

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con 3 réplicas y 6 tratamientos. Todos los datos fueron procesados por análisis de varianza y las medias comparadas por la dócima de Duncan ($p < 0,05$). Se utilizó el programa estadístico Estadist, versión 2.0 (ICA, 1998).

En los experimentos se cuantificaron las plántulas anormales, las germinadas, se midieron las longitudes de los hipocótilos y las radículas y la masa seca de las plantas de marabú en cada tratamiento.

Los datos de porcentajes de germinación, se transformaron según $2 \arcsin \sqrt{p}$ y $\sqrt{X} + 0,5$ (Lerch, 1977).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La alelopatía es un medio de lucha bioquímica de las plantas para sobrevivir en su propio ambiente. Su efecto se basa en la interferencia que puede ejercer una especie sobre otra a partir de la planta viva o de sus residuos. Las toxinas alelopáticas pueden influir ejerciendo un efecto inhibitorio, estimulante e incluso autotóxico.

Se observaron influencias alelopáticas en los siguientes casos:

Experimento I. Evaluación de los indicadores del efecto alelopático en la germinación y desarrollo vegetativo del marabú con el empleo de extractos acuosos y residuos de plantas de sorgo y canavalia aplicados al suelo

- Efectos alelopáticos de extractos acuosos y residuos de sorgo

La influencia alelopática del sorgo sobre la germinación de las semillas de marabú fue diferencial según se trataran las semillas con extractos acuosos o con residuos y se escarificaran o no.

En la tabla 1 se observa el efecto alelopático de los tratamientos donde se aplicaron extractos acuosos y residuos de sorgo, al obtenerse, en todos los casos, menores porcentajes de semillas de marabú germinadas con respecto a los testigos.

El mayor efecto alelopático sobre la germinación de las semillas de marabú se consiguió en los tratamientos con la aplicación al suelo de extractos acuosos y residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar, con 18 % y 10 % de disminución de la germinación, respectivamente, con respecto a los testigos.

La germinación de las semillas de marabú sin escarificar y con aplicaciones de extractos acuosos de sorgo donde solo el 27 % de las semillas de marabú lograron la germinación, no presentó diferencias con el tratamiento a base de residuos de sorgo en semillas de marabú sin escarificar, y este a su vez, no mostró diferencias con el tratamiento con aplicación de extractos acuosos de sorgo en semillas marabú escarificadas y el tratamiento aplicaciones de residuos de sorgo con semillas escarificadas.

Los valores en por ciento de la germinación alcanzados en el tratamiento con la aplicación de extractos acuosos de sorgo a semillas escarificadas y el tratamiento con aplicaciones de residuos de sorgo a semillas escarificadas no difirieron con los valores de los testigos. No obstante, los porcentajes de germinación de los testigos fueron significativamente mayores que en los tratamientos con extractos acuosos o residuos de sorgo en semillas sin escarificar, los que mostraron valores menores, de lo que se

infiere, una mayor actividad alelopática sobre la germinación de las semillas de marabú en dichos tratamientos.

Tabla 1. Influencia de los extractos acuosos y residuos de sorgo y de la escarificación en la germinación de las semillas de marabú.

No.	Tratamientos	Germinación (%)	Datos transformados
1	Extractos acuosos de sorgo semillas de marabú escarificadas	33	1,23 ^{abc}
2	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	27	1,08 ^c
3	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	40	1,35 ^{ab}
4	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	31	1,16 ^{bc}
5	Semillas de marabú escarificadas	45	1,46 ^a
6	Semillas de marabú sin escarificar	45	1,46 ^a
CV (%) 10,18			
DS 0,13			

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

Valores originales (%)

La escarificación favorece la introducción del agua y el intercambio gaseoso necesarios para la germinación, no así en la no escarificación, donde la testa lignificada permanece sin alteraciones. Nótese que no existió diferencia alguna en los porcentajes de semillas de marabú germinadas, escarificadas o no, utilizadas como testigos, 45 %, mientras que solo existió diferencia significativa entre los tratamientos a base de extractos acuosos de sorgo en semillas sin escarificar y residuos de sorgo en semillas escarificadas, los que mostraron una diferencia de 13 %. La escarificación, además de facilitar el incremento de la germinación, enmascara el efecto de las sustancias aleloquímicas, las que entrarían más fácilmente pero con dilución.

De acuerdo con Hilhorst, citado por Navarro (2002) a menudo puede ocurrir una inducción hacia estados de dormancia secundaria, principalmente en las semillas que, luego de algún tratamiento

enfocado a la ruptura de la impermeabilidad de la cubierta permanecen viables y sin mostrar ningún cambio en su estructura, o sea, que no germinan.

Resultados similares obtuvieron Puente *et al.* (2000), con restos de sorgo sobre la germinación del maíz, donde se logró una inhibición próxima al 50 %. Carmenate *et al.* (2008) observaron que las semillas de marabú sin la aplicación de sustancias aleloquímicas y en condiciones de laboratorio, presentaron una germinación superior al 70 %. Lorenzo *et al.* (1998), informaron además, una reducción de hasta más del 50 % en la germinación de semillas de maíz con la aplicación de extractos acuosos de sorgo.

Estos resultados coinciden con los planteados por Jones *et al.* (2001), los que informaron que el empleo de extractos acuosos y residuos de algunas especies de plantas inhiben la germinación y el crecimiento inicial de otras. Además, estudios efectuados indican que la alelopatía del sorgo puede ser explotada en diferentes prácticas. La aplicación de extractos acuosos de sorgo a nivel de campo es un método eficaz para reducir las malezas y mejorar la productividad de los cultivos (Cheema y Khaliq 2000; Andhawa *et al.* 2002; Alsaadawi y Dayan, 2009).

En la figura 1 se observa el efecto alelopático del sorgo sobre la germinación de semillas de marabú escarificadas y sin escarificar.

Las mediciones progresivas de la radícula o hipocótilo constituyen una de las formas más sencillas de examinar las propiedades alelopáticas de una especie.

Las longitudes de los hipocótilos en los tratamientos a base de extractos acuosos y residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar no mostraron diferencias entre sí ni con los testigos, mientras que el extracto acuoso en semillas escarificadas provocó longitudes significativamente menores, pero sin diferir del tratamiento de residuos en semillas escarificadas (tabla 2).

Zamorano (2006), refiere que el fenómeno de la alelopatía, produce efectos sobre la germinación y crecimiento de las plantas que viven en el mismo hábitat o su cercanía, mientras que Aldérez (1996) y Ayala (2010) señalan que la expresión alelopática está condicionada por la cantidad de aleloquímicos presentes en el suelo y su carácter selectivo se manifiesta según el órgano o proceso.

La longitud de la radícula que alcanzaron las plantas en los testigos no difirieron entre sí (Tabla 3), pero el testigo con semillas de marabú escarificadas presentó radículas mayores, indicación de que el crecimiento no fue afectado como en los demás casos en que se emplearon extractos acuosos y residuos de sorgo, independientemente de la escarificación. En los tratamientos con el empleo de extractos acuosos en semillas de marabú escarificadas y sin escarificar fue donde se obtuvieron las menores longitudes de la radícula, aunque sin diferir de los tratamientos con residuos.

Resultados similares se obtuvieron por Acciaresi y Asenjo (2003), los que comprobaron que los extractos acuosos de los rizomas descompuestos de *S. sudanense* afectaron la longitud de la radícula y del coleóptilo del trigo. Esto además concuerda con resultados de Labrada *et al.*, (1986). Quien señala que los extractos acuosos d

el *S. halepense*, planta emparentada por su género con el agente empleado en esta investigación, inhiben la longitud de la radícula de los cultivos tomate, frijol, pepino, col y melón de agua. También ha encontrado que los extractos de *C. dactylon* mostraron efectos similares sobre pepino y tomate.



Fig. 1. Germinación de semillas de marabú *Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn sin escarificar con la aplicación de extractos acuosos de sorgo (*Sorghum bicolor*, (L) Moench)

El potencial alelopático de esta planta fue confirmado por Andhawa *et al.* (2002), quienes observaron que la longitud de la raíz de *T.* se redujo de forma significativa a concentraciones elevadas de extractos acuosos de sorgo.

La acumulación de masa seca expresada en el total de plantas en miligramos aparece en la tabla 4. El tratamiento con la aplicación de extractos acuosos y residuos de sorgo sobre las semillas de marabú sin escarificar alcanzaron resultados similares estadísticamente que los alcanzados por ambos testigos los que no difieren entre sí. Sin embargo, los tratamientos con extractos acuosos y residuos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas, adquirieron la mayor acumulación de masa seca, sin

diferencias significativas entre ambas y superaron significativamente al resto de los variantes experimentales incluyendo a los testigos con semillas de marabú escarificadas y sin escarificar.

Tabla 2. Longitud de los hipocótilos (cm) de plantas de marabú con el empleo de extractos acuosos y residuos de sorgo.

No.	Tratamientos	Long. hipocótilo (cm)
1	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	2,96 c
2	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	3,46 ab
3	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	3,00 bc
4	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	3,46 ab
5	Semillas de marabú escarificadas	3,86 a
6	Semillas de marabú sin escarificar	4,20 a

CV (%) 11,82

DS 0,42

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

Tabla 3. Longitud de la radícula (cm) de plantas de marabú con el empleo de extractos acuosos y residuos de sorgo.

No.	Tratamientos	Long. radícula (cm)
1	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	1,63 c
2	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	1,53 c
3	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	1,73 bc
4	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	1,70 bc
5	Semillas de marabú escarificadas	2,26 a
6	Semillas de marabú sin escarificar	2,10 ab

CV (%) 13,08

DS 0,239

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

Tabla 4. Efecto de extractos acuosos y residuos de sorgo en la masa seca de las plantas de marabú.

No.	Tratamientos	Masa seca (mg)
1	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	0,047 a
2	Extractos acuosos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	0,018 c
3	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú escarificadas	0,058 a
4	Residuos de sorgo sobre semillas de marabú sin escarificar	0,016 c
5	Semillas de marabú escarificadas	0,014 c
6	Semillas de marabú sin escarificar	0,010 c
CV (%): 19,75		
DS: 0,007		

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

Hay una especie de contradicción en las diferencias de respuesta que parecen indicar la existencia de un proceso de estímulo al crecimiento posterior a los efectos inhibitorios iniciales sobre el crecimiento de hipocótilo o radícula con los criterios de Rodríguez *et al.* (2002) quienes sostienen que las sustancias alelopáticas alteran el balance hídrico, lo que influye en el crecimiento y por ende en el contenido de masa seca. Con esto concuerdan Stephen y Burnside, (1982) en cuanto que los extractos líquido de hojas de *H. annuus* altera el balance hídrico e inhibe el crecimiento de *S. bicolor*. Tampoco estos resultados de la masa seca concuerda con los de Chema y Kalaiq (2000), los que al aplicar una solución de extractos acuosos de sorgo a diferentes concentraciones lograron reducir significativamente el peso de la materia seca de las malezas en el área del experimento y lograron aumento del rendimiento del trigo.

- Efectos alelopáticos de extractos acuosos y residuos de canavalia

En el ensayo con *C. ensiformes*, los efectos sobre la germinación fueron apreciados de manera temprana (tabla 5).

Los tratamientos donde se emplearon los extractos acuosos y residuos de canavalia con escarificación de las semillas de marabú o sin ella mostraron los menores porcentajes de germinación,

con diferencias altamente significativas ante los testigos con escarificación y sin escarificación de las semillas de marabú los que alcanzaron un 45 por ciento de germinación. Resultados que evidencian la posible acción de los compuestos alelopáticos de los extractos acuosos y residuos independientemente de la escarificación sobre este indicador.

Con la aplicación de los extractos acuosos de canavalia sobre las semillas de marabú sin escarificar se consiguió el mayor efecto alelopático con un 36 % de disminución de la germinación respecto a los testigos.

Los residuos de canavalia sobre las semillas de marabú escarificadas no mostró diferencias significativas con el tratamiento a base de residuos en semillas de sin escarificar. Tampoco mostró diferencias con el tratamiento en que hubo aplicación de extractos acuosos en semillas de marabú no escarificadas.

Tabla 5. Influencia de los extractos acuosos y residuos de canavalia y de la escarificación en la germinación de las semillas del marabú

No.	Tratamientos	Germinación (%)	Datos transformados
1	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	18	1,17 b
2	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	9,3	0,62 d
3	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	19	0,89 c
4	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	16	0,79 cd
5	Semillas de marabú escarificadas	45	1,46 a
6	Semillas de marabú sin escarificar	45	1,48 a

CV (%) 12,13

DS 0,12

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955) y valores originales (%)

Estos resultados coinciden con García (1998), el que evaluó el comportamiento alelopático de extractos acuosos de canavalia y boniato, donde encontró efectos deferenciales sobre diversos cultivos, entre ellos el boniato sobre semillas de marabú.

Por otra parte Zea (1992) indicó que *Vigna sinensis*, canavalia y *Stizolobium deeringianum* tienen un efecto alelopático en el control de las malezas cuando fueron sembradas en asociación con el maíz.

Ayala *et al.* (1994), encontraron que los extractos acuosos de canavalia, sasafrás, anamú y escoba amarga redujeron la germinación del sorgo, hasta más del 50 %, en comparación con un testigo en que solamente recibió agua.

Narwal (1999), afirma que los cultivos de cobertura no ejercen un 100 % de control pero pueden reducir las malezas a niveles que no causen daños económicos y así poder usar herbicidas sólo como complemento de manejo. Duke *et al.* (2002), reconoce que “plantas de cobertura alelopáticas pueden ser usadas en el campo para reducir el uso de herbicidas”. Teasdale (2005), resalta también la importancia y las opciones del uso de los cultivos de cobertura en los sistemas agrícolas para desarrollar sistemas ecológicos de manejo de malezas.

Todos los tratamientos en que se emplearon extractos acuosos o residuos de canavalia redujeron significativamente la longitud de los hipocótilos, especialmente el de residuos en semillas de marabú escarificadas, en comparación con los testigos, los cuales tuvieron los valores significativamente mayores (tabla 6).

El comportamiento de estos tratamientos respecto a los testigos, es razón para atribuirle la posible presencia del efecto alelopático y constituya una opción de control del marabú.

Esto ha sido evidente entre numerosas especies vegetales en condiciones de laboratorio y campo. Así, por ejemplo, los residuos de *Ambrosia artemisiifolia* L., *Abutilon theophrasti* Med y *Echinochloa crus-galli* L. Bear, inhibieron el crecimiento del maíz y la soya (Chou, 1998). Dentro de este mismo contexto, se observó que los extractos acuosos de exudados de raíces de *C. dactylon* inhibieron significativamente la germinación y crecimiento del algodón y de las malezas *L. farctum*, *S. halepense* y *X. strumarium* (Abdul-Rahman y Al-Naib, 1986).

No se presentaron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos empleados en la experiencia en la longitud de la radícula (tabla 7). Como en los anteriores indicadores se observaron efectos alelopáticos, al parecer este indicador no es afectado por los efectos alelopáticos de los extractos acuosos y residuos de canavalia. No obstante, aunque no se registraron diferencias estadísticas, hay diferencias numéricas que no deben descartarse totalmente por reflejar una tendencia similar a la del hipocótilo en que los testigos mostraron valores mayores a los encontrados en los tratamientos con extractos acuosos o residuos. Quizás una mayor concentración sí podría provocar esos efectos, como ha sido señalado por diferentes autores como Putnan (1988) y Sampietro (2005).

Tabla 6. Longitud de los hipocótilos (cm) de plantas de marabú con el empleo de extractos acuosos y residuos de canavalia

No.	Tratamientos	Long. hipocótilo (cm)
1	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	2,70 c
2	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	2,56 c
3	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	2,50 c
4	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	2,63 c
5	Semillas de marabú escarificadas	3,63 b
6	Semillas de marabú sin escarificar	3,60 b
CV (%) 12,57		
DS 0,36		

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

Tabla 7. Longitud de la radícula (cm) de plantas de marabú con el empleo de extractos acuosos y residuos de canavalia

No.	Tratamientos	Long. radícula (cm)
1	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	1,53
2	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	1,33
3	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	1,43
4	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	1,46
5	Semillas de marabú escarificadas	1,73
6	Semillas de marabú sin escarificar	1,73
CV 11,56 %		
DS 0,18		

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

La ausencia de efecto, especialmente en el caso del crecimiento de la radícula, puede significar que la concentración de las sustancias aleloquímicas no fue suficiente para un efecto más evidente. Por otro lado, algunas sustancias tienen efecto dual, pues en dependencia de su concentración pueden inhibir o estimular algunos procesos de la planta.

Resultados que coinciden con los alcanzados por Blanco *et al.* (2007) quienes no observaron afectación en este indicador, pero al evaluar la acción de los extractos acuosos de residuos descompuestos de maíz, girasol y frijol sobre la germinación y crecimiento inicial del frijol común.

Sin embargo, Kruse *et al.* (2000) plantean que cuando se exponen las plantas susceptibles a los aleloquímicos, se pueden afectar la germinación, crecimiento y desarrollo. El más informado y frecuente es que se pueden inhibir efectos morfológicos en las plantas o retardar la germinación, así como reducir el alargamiento del coleóptilo y radícula, retoño y desarrollo de la raíz. Los resultados aquí obtenidos no coinciden completamente con lo planteado por este autor pues en algunos casos las diferencias con los testigos no se observaron.

Al analizar la materia de la masa seca en los diferentes tratamientos (tabla 8) se puede observar que los residuos de canavalia en semillas de marabú escarificadas y sin escarificar alcanzaron la mayor masa seca respecto a los demás tratamientos pero sin diferencias significativas entre ésta con el tratamiento testigo con semillas de marabú escarificadas.

Los valores más bajos en la materia de la masa seca se presentaron en los tratamientos con extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas y sin escarificar los cuales no difirieron entre si y no superaron a los valores para este parámetro que alcanzó el testigo con semillas de marabú sin escarificar.

Otro elemento a considerar, en que se ve afectado la longitud del hipocótilo pero hay un estímulo en el incremento de masa seca cuando se emplea los residuos, efecto similar al observado con el empleo de los extractos acuosos y residuos de sorgo.

Putnam (1988), señala que algunos investigadores incluyen efectos estimulantes bajo condiciones alelopáticas, asemejándolo al caso de algunos herbicidas en bajas concentraciones, que activan el crecimiento por efectos hormonales, aún cuando continúan siendo clasificados como herbicidas.

El gráfico 1 muestra una comparación entre los efectos alelopáticos causados por sorgo y canavalia en la germinación del marabú. Como se puede observar, manifestó mayor efecto sobre la germinación los extractos acuosos y residuos de canavalia. Resultados que coinciden por los alcanzados por García, (1998).

Tabla 8. Efecto de extractos acuosos y residuos de canavalia en la masa seca de las plantas de marabú.

No.	Tratamientos	Masa seca (mg)
1	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	0,011 bc
2	Extractos acuosos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	0,012 bc
3	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú escarificadas	0,016 a
4	Residuos de canavalia sobre semillas de marabú sin escarificar	0,015 a
5	Semillas de marabú escarificadas	0,014 ab
6	Semillas de marabú sin escarificar	0,010 c
CV (%) 11,69		
DS 0,0015		

Medias representadas por letras iguales no difieren estadísticamente para $P \leq 0,05$ (Duncan, 1955)

En los tratamientos con los extractos acuosos de sorgo o de canavalia aplicados sobre semilla de marabú sin escarificar la germinación fue menor mientras que los valores más altos se presentaron cuando las semillas de marabú se escarificaron. Al parecer, la cubierta de las semillas fue un obstáculo para el intercambio con el medio y por lo tanto de la entrada del agua que permitiera la germinación. La incorporación del agua podría haber diluido la concentración de las sustancias aleloquímicas, ya de por sí probablemente en concentración insuficiente para afectarla. En todos los casos, independientemente del tipo de la fuente (extractos acuosos o residuos) o escarificación, la canavalia mostró un mayor efecto.



Gráfico 1. Comparación del efecto alelopático de los extractos acuosos y residuos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench y *Canavalia ensiformis* L sobre la germinación de *Dichrostachys cinerea* (L) Wight & Arn.

Experimento II. Determinación de los síntomas tóxicos en las plantas de marabú como indicadores del efecto alelopático por el empleo de extractos acuosos y de residuos de plantas de sorgo y canavalia aplicados al suelo

Aun cuando fue ligeramente menor la cantidad de plantas con síntomas de anormalidad (hipocótilo podrido, malformaciones y radícula raquítica o ausente) en los testigos, las diferencias con las tratadas con extractos acuosos o residuos no fueron significativas (Gráfico 2). En cambio, con sorgo, en los tratamientos con extractos acuosos en semillas de marabú sin escarificar o con residuos en las escarificadas y canavalia en los tratamientos de residuos en semillas sin escarificación, hubo más plantas anormales que en los testigos. Los demás tratamientos tuvieron valores intermedios, sin diferir de los valores extremos.

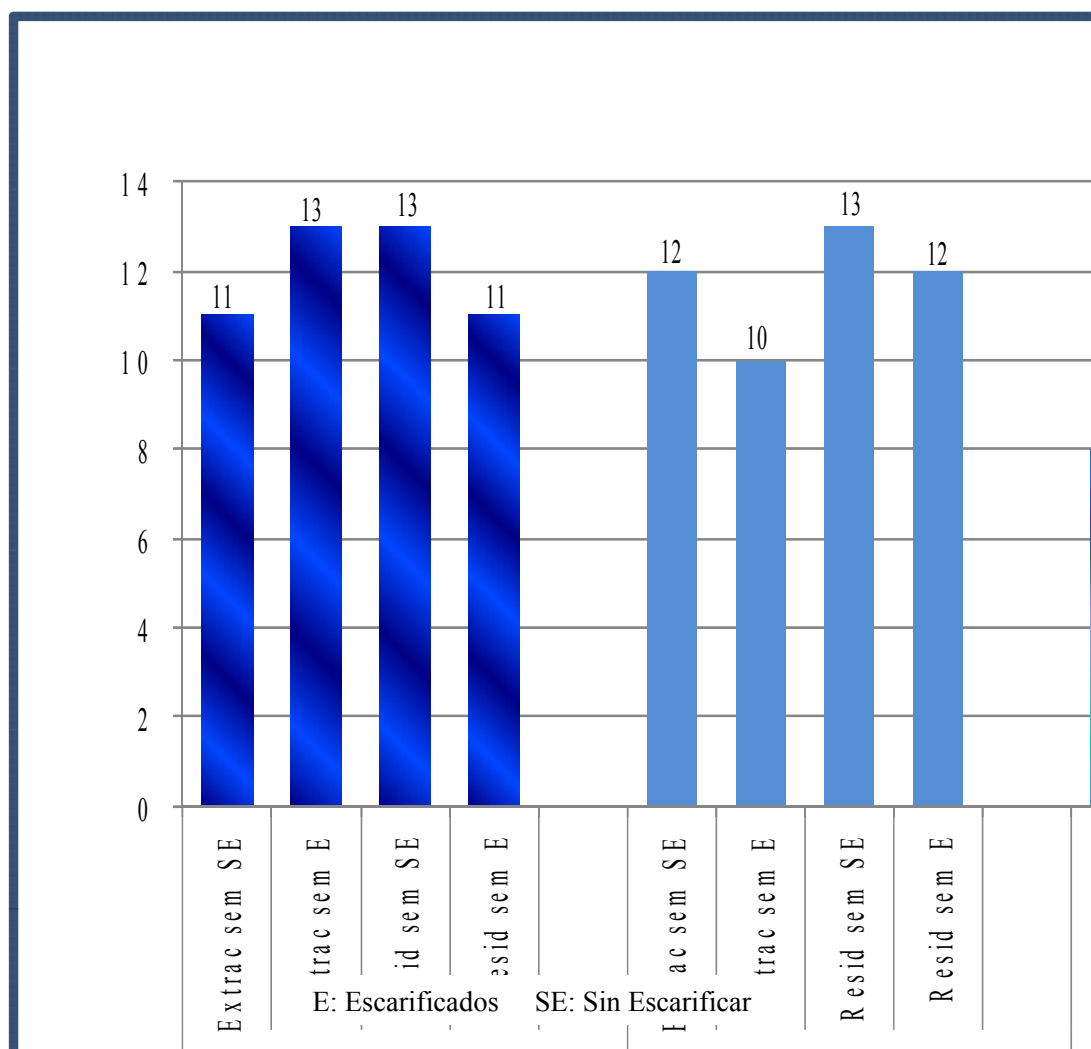


Gráfico 2. Comparación del efecto alelopático de los extractos acuosos y residuos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench y *Canavalia ensiformis* L en el número de plantas anormales de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn.

Rice (1984), planteó que existen muchos casos en los cuales los mecanismos alelopáticos son conocidos, pero en muchos de ellos no se conocen las toxinas involucradas.

Por otra parte, Massey (1925) referido por Sampietro (2005) observó que las plantas de alfalfa o tomate situadas en un radio de hasta 16 metros del nogal morían mientras las situadas más alejadas crecían sanas. Se comprobó que el daño era causado por la juglona, una *hidroxinaftoquinona*. En todas las partes verdes de la planta (hojas, frutos y ramas) se encuentra el 4-glucósido del 1, 4, 5-*trihidroxinaftaleno*, producto atóxico que luego de ser arrastrado al suelo por las lluvias es hidrolizado y oxidado a *juglona*. Como constató Larrea (2003) quien informa que la mayoría de los agentes alelopáticos, tales como los *ácidos felúrico y cumárico*, se encuentran en las hojas y actúan luego de la abscisión foliar incrementando sus concentraciones en el suelo e inhibiendo la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas.

En especies tanto cultivadas como silvestres del genero *Sorghum* se encuentra la *durrina* (*Glicósido cianogénico*), el cual posee por sí mismo actividad alelopática el que actúa como inhibidor de la germinación (Basaure, 2009).

El sorgoleone, una benzoquinona presente en los exudados radiculares de sorgo, a concentraciones similares a las empleadas con el herbicida atrazina, es capaz de desacoplar el transporte de electrones en el fotosistema II. (Sampietro, 2005).

También hay que tener presente que las plantas de canavalia presentan propiedades herbicidas (Gioanetto, 2002), determinándose un efecto inhibitorio en el crecimiento de otros cultivos herbáceos por efecto acumulativo en el suelo del aminoácido no proteínico *L-canavanina*, el que tiene propiedades mutagénicas. En las semillas está presente *beta-aminopropionitrile*, *betonicina*, *canalina*, *canavanina* con poder alelopático, y *desaminocanavanina*, *kitogina*, *L-homoserina*, *ácido L-alpha-amino-delta-hydroxyvalerianico*, *trigonellina* con propiedades mutagénicas.

Mendonça, (2008) en investigación desarrollada con los extractos acuosos de canavalia extrajo compuestos fenólicos con propiedades alelopáticas, donde encontró *ácido clorogénico*, *ácido ferúlico*, *ácido p-anisic* y *genistein*, aleloquímicos con propiedades inhibitorias fuertes sobre la germinación.

Las posibles sustancias actuantes en esta investigación no fueron determinadas y podrían ser diversas. No obstante, ensayos en que se trabajó con algunas leguminosas en hidroforrajes, se encontró quinonas, entre otras sustancias potencialmente alelopáticas (Ayala, comunicación personal).

Los efectos encontrados en todos los procesos, desde la germinación de las semillas, no siempre hubo tendencias claramente definidas, aunque existieran influencias. Al parecer, esas situaciones pueden estar influidas, además de por las concentraciones insuficientes de los aleloquímicos, por la utilización de un suelo esterilizado. La esterilización, al eliminar la población de microorganismos, afectaría la

acción de estos en la descomposición de los residuos y en la liberación de las sustancias activas responsables del efecto alelopático, lo que implica que sus concentraciones fueran menores hasta tanto se restableciera la población, por lo que el impacto sobre estos procesos fuera menos fuerte desde el inicio y se eludieran un tanto los efectos.

CONCLUSIONES

1. En los tratamientos con sorgo la escarificación de las semillas de marabú influyó de modo diferencial, no así en los testigos donde no ejerció ninguna acción, pero en los tratamientos cuando no se escarificaron las semillas la germinación disminuyó, independientemente de que se utilizaran los extractos acuosos o los residuos. También se afectó el crecimiento del hipocótilo y de la radícula.
2. Cuando el tratamiento alelopático se basó en canavalia, la germinación solo tendió a disminuir, se afectó el crecimiento de hipocótilo pero no el de la radícula y en todos los casos en los testigos los valores fueron mayores.
3. Las fuentes alelopáticas afectaron la germinación y el crecimiento inicial del marabú, cuyos valores fueron mayores en los tratamientos testigos, lo que puede indicar el efecto de los tratamientos de extractos acuosos y residuos.
4. Tanto los extractos acuosos como los residuos mostraron efectos similares, aunque en ambas fuentes probablemente las concentraciones fueron insuficientes.
5. En general, el sorgo y la canavalia como fuentes de sustancias alelopáticas, mostraron potencial alelopático ante todo en comparación con los testigos.

RECOMENDACIONES

- Determinar la influencia de diferentes dosis de extractos acuosos y residuos de sorgo y canavalia en marabú, con mayor tiempo de descomposición de los residuos.
- Validar en condiciones de campo con los ajustes necesarios los resultados alcanzados en esta investigación.
- Que los resultados alcanzados sirvan de fuente de conocimiento y material de estudio tanto a estudiantes de pregrado como a los de posgrados.

NOVEDAD CIENTÍFICA

Se amplían los conocimientos acerca del efecto alelopático y se utilizan por primera vez los extractos acuosos y residuos del sorgo y canavalia con el fin de inhibir o retardar la germinación y crecimiento del marabú.

Se valora la potencialidad de los extractos acuosos y residuos del sorgo y canavalia para incluirse como alternativa en el programa de manejo del marabú, con acciones sobre las semillas que persisten por largos períodos en el suelo y por ello es una amenaza a la repoblación de esta invasora.

Se informa el área ocupada por el marabú, datos que permiten valorar el estado de esta especie invasora en los ecosistemas ganaderos en la provincia Las Tunas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul-Rahman, A. S & Al-Naib, F. A. (1986). The effects of Bermuda grass *Cynodon dactylon* (L.) Pers. on the germination and seedling growth of cotton and three weed species. *J. Agr. Water Resource Res.* 5 (1):115-128.
- Acciaresi, H. A. & Asenjo, C. A. (2003). Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.). *Revista Ecología Austral.* 13:49-61.
- Acuña, J. (1974). Plantas indeseables de los cultivos cubanos. Inst. Inv. Tropicales. Ac. Ciencias, La Habana, p. 240.
- Acuña, N. O. (2002). El uso de coberturas y abonos verdes en la agricultura orgánica. En: Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica.
- Aldérez, O. (1996). Influencia de extractos acuosos de *Sorghum bicolor* (L) Moench, sobre el crecimiento de *Zea mays* L. Trabajo de diploma. Ingeniero Agrónomo. ISCHH
- Alborn, H; Stenhagen, G & Leuschner, K. (1992). Biochemical selection of sorghum crop varieties resistant to sorghum shoot fly (*Atherigona soccata*) and stem borer (*Chilo partellus*): Role of allelochemicals.
- Alsaadawi, I & Dayan, F. E. (2009). . *Alelopatía Oficial.* .
- An, M; Pratley, J & Haig, T. (2000). Allelopathy: from concept to reality. En: <http://me.csu.edu.au/agronomic/papers/314>.
- Ayala, J. R; Cruz, Ana María & Miranda, Zaida. (1994). Efecto del extracto acuoso de *Canavalia ensiformes*, *Busera gravilens*, *Petiveria alliacea* y *Partenium hysterophorus*, en la germinación del sorgo. Nota técnica. *Rev cub. Cienc. agríc.* 28:369-372.
- Ayala, J. R. (2010). Alelopatía: un fenómeno desconocido por los agricultores primarios. Parte I (Monografía, en prensa), Universidad del Pacífico, Colombia; Universidad Las Tunas, Cuba.
- Azim, K. M; Bahadar, M. K; Hassan, G & Hussain, Z. (2005). Bioherbicidal effects of tree extracts on seed germination and growth of crops and weeds. *Pak. J. Weed Sci. Res.* 11 (3-4):89-94.
- Basaure, P. (2009). Malezas alelopáticas. Fundamentos. <http://www.manualdelombricultura.com>. En línea enero de 2010.
- Bässler, M. (1998). Fascículo 2 *Mimosaceae*. Flora de la República de Cuba. Koeltz Scientific Books. Koenigstein/ Federal Republic of Germany. p. 60-63.

- Blanco, Yanelis. (2006). La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos Tropicales*. 27:5.
- Blanco, Yanelis; Hernández, Idalmis; Urra, I. & Leyva, A. (2007). Potencial alelopático de diferentes extractos de girasol (*Helianthus annuus*, L), maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) y boniato (*Ipomoea batata*, L) sobre el crecimiento y desarrollo inicial del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L). *Cultivos Tropicales*. 28 (3):5-9.
- Bryant, J. P; Heitkonig, P; Kurupat, P & Owen-Smith, N. (1991). Effects of severe defoliation on the long-term resistance to insect attack and on leaf chemistry i six woody species of the Southern African savanna. *American Naturalist*. 137 (1):50-63.
- Carmenate, G. H; Pérez, M; Paredes, E. R & Blanco; E. (2008). Biología reproductiva de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn. (Marabú). (I) Evaluación de reproducción por semillas. *Rev. Fitosanidad*. 12 (1):39-43.
- CNSV Centro Nacional de Sanidad Vegetal. (2007). Lista oficial de plaguicidas en Cuba. Registro de Plaguicidas. La Habana, Cuba. Edit. CNSV
- CNSV Centro Nacional de Sanidad Vegetal. (2008). Instructivo Técnico de Potrerón 212. MINAGRI, Cuba.
- Cheema, Z. A. & Khaliq, A. (2000). Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 79:105-112.
- Chou, C.M. (1998). The role of allelopathy in subtropical agroecosystem in Taiwan. *Rice Abstracts*. 10 (3):135.
- Cronquist, A. (1981). An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York. CLM
- Cruz, V. M; Medina, P. J; García, L. A; Medina, M. M; Ceceña, D. C & Murillo, U. J. (2005). Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. México.
- Dahlgren, R. M; Clifford, H. T & Yeo, P. F. (1985). The families of the Monocotyledons: structure, evolution and taxonomy. Springer-Verlag, Berlin. |A|CL|M
- Dattari, (2005). Investigando la capacidad del sorgo para combatir malezas;alelopatía.<http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/may05/sorghum0505.htm>. En línea febrero de 2008.
- Delgado, H; Navas, Gloria, E; Salamanca, Carmen, R & Chacón, D. A. (2009). Barbechos mejorados con leguminosas: una promisoría alternativa agroecológica para el manejo alelopático de

- malezas y mejoramiento del cultivo de arroz y maíz en los llanos de Colombia. *Agronomía Colombiana*. 27 (2):227-235.
- Del Toro, M. F; Quiñones, R. R; Rodríguez, R. R; Rodríguez, G & Corona, Mireya. P. (2009). Efectos alelopáticos de residuos de cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum* spp., híbrido) sobre cultivos y vegetación indeseable. Soporte digital, CD: Memorias de Agrocentro, 2009. Universidad "Marta Abreu". Villa Clara, Cuba.
- Duke, S.O; Dayan, F. E, Rimando, A. M; Schrader, K. K. Aliotta, Oliva. G & Romagni, J.G. (2002). Chemicals from nature for weed management. *Weed Sci*. 50:138-151.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple f test. *Biometrics*. 11:1.
- Einhellig, F.A. (1995). Allelopathy. Organisms, Processes and Applications. 1 - 24. (eds) Washington DC, American Chemical Society.
- Esremi, J. E. & Martínez, R. F. (2007). Desarrollo y determinación del rendimiento del sorgo uranífero ante cambios en la oferta de nitrógeno. INTA. [En línea]: <http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion-vegetal/sorgo/evaluacion-manejo/20221-051227-des.html>. [Consulta: 9/5/08]
- FAO, (2004). Manejo de malezas para países en desarrollo. Addendum 1. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Editor Ricardo Labrada. p. 1-299.
- FAO, (2006). Procedimiento para el manejo del riesgo de post entrada. Dirección de Producción y Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 34. FAO.
- Fernández, Sol. C. (1995). Estudio del efecto alelopático de residuos de centeno sobre malezas presentes en trigo. Memoria de título. Universidad de Chile.
- Fierro, Amarilis; Torres, S; Puente, Mayra; Fajardo, Clara, E & Rodríguez, Mireya, (2009). Respuesta de diferentes cultivos y malezas ante el efecto alelopático del extracto acuoso del Banano (*Musa* sp.). Agrocentro, 2009. CD. ISBN: 978-959-250-424-0.
- Funes, F; Yañez, S & Zambrana, T. (1998). Semillas de Pastos y Forrajes tropicales. Métodos prácticos para su producción sostenible. Editado Proyecto SECIPi España. p 138.
- Gámez, Hilda. G.; Moreno, L. S.; Zavala, G. F.; Ríos, R. A.; Campos, Jazmín G; García A. R. & Nava, Liliana. G. (2007). Potencial alelopático de extractos foliares de *Helietta parvifolia* L., *Karwinskia humboldtiana* L. y *Larrea tridentata* L. sobre germinación y crecimiento de tres genotipos de sorgo". Departamento de Botánica, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL.

- García, R. (1998). Efectos alelopáticos de algunos abonos verdes y cultivos de cobertura. *Rev. Fitosanidad*. 2 (1-2):57-60.
- Gianfrancisco, S; Pastoriza, A & Riscalá, E. (1998). Efecto alelopático de un extracto clorofórmico de *Raphanus sativus* L. sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de achicoria. *Revista Facultad de Agronomía (LUZ)*, 15:414-421.
- Gillon, Y. (1992). Use of legume seeds by brochid and anthribid beetles (Coleoptera) in a mosaic forest savana zone Cham to Ivory Coast. *Journal of Africa Zoology*. 106:421-443.
- Gioanetto, F. (2002). Plantas insecticidas y de usos alelopáticos, agro ecológicos y agronómicos de Michoacan, Jalisco, Colima y Nayarit. [Consultado 21 de junio de 2010]. <http://bioagricoop.mx.tripod.com/pinsect.html>
- Gliessman, S. R. (1983). Allelopathic interactions in crop-weed mixtures: applications from weed management. *Journal of Chemical Ecol.* 9 (8):991-999.
- González, A. (1997). Métodos tradicionales campesinos para el control del marabú. *Rev. ACPA*. (1):27-28.
- González, A; Castillo, A; Rivero, J; Polanco, R & Concepción, M. (2008). Control del Marabú. Métodos prácticos. Notas Técnicas. *Rev. ACPA*. (1):21-22.
- Hernández, Yerisel. S; Alfaro, A. E; Mederos, M. D & Rivas, F. E. (2009). Ensayos. Las coberturas vivas en sistemas de cultivos agrícolas. *Temas de Ciencia y Tecnología*. 13 (38):7-16.
- Hernández, A; Pérez, J. M; Bosch, D & Rivero, L. (1999). Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. *AGROINFOR*. 64 p.
- Holm, L. G; Plucknett, D. L; Pancho, J. V & Herberger, J. P. (1979). A geographical atlas of world weeds. New York, John Wiley and Sons. P. 391.
- ICA, Instituto de Ciencia Animal, Cuba (1998). Sistema automatizado para análisis estadístico. Software de Estadística. Versión 2.0.
- Instituto de Biología. (2010). "*Canavalia ensiformis* - IBUNAM: MEXU: Tuxargelia Díaz Rico ADR-20". UNIBIO: Colecciones Biológicas. 2006-06-15. Universidad Nacional Autónoma de México. [Consultada el 13 de enero de 2010]. <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:TUXArgelia Díaz Rico ADR-20>
- Jayaraman, P. (1988). Anatomical study on mite induced gall on *Dichrostachys cinerea*. *Journal of Indian Botanic Society*. 67 (1-2):145-148.
- Jones, E; Jessop, R. S; Sindel, B. M & Hoult, A. (2001). Utilising crop residues to control weeds. Investigation Report. CRC for Weed Management. University of New England, Armidale. p. 4.

- Kaufman, B. P; Cseke, L. J; Warber, S; Duke, J. A & Brielmann, H. L. (1999). Natural products from plants. Boca Raton, Florida: CRC Press. p. 343.
- Kruse, Marianne, S; & Strandberg, B. (2000). Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark. NERI Technical Report No. 315. p. 66.
- La O, F; Pérez, E & Zuaznabar, L. (1987). Concentración mínima de herbicidas hormonales para eliminar marabú y aroma en pastos. [Resumen]. Encuentro científico técnico de pastos y forrajes. ACPA. La Habana.
- La O, F; Pérez, E & Zuaznabar, L. (1987 b). Control de aroma y marabú. Encuentro Científico Pastos y Forrajes. Asoc. Cubana de Prod. Animal (ACPA). [Resumen].
- La O, F. (1996). Manejo agroecológico de marabú, aroma y otras leñosas en pastos. INISAV, Proyecto de Investigación.
- Labrada, R; Font, C; Pazos, R & Hernández, J. (1986). Alelopatía de malezas perennes sobre distintas plantas cultivables. I. Efecto sobre la germinación. Ciencia y Técnica en la Agricultura. *Protección de Plantas*. 9 (4):71-83.
- Labrada, R. & Parker, C. (2005). El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas. Cap. 1 Manejo de malezas para países en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Edit. Ricardo Labrada.
- Larrea-Alcazar, D. M. (2003). Alelopatía: ¿son las especies exóticas buenas predictoras de la respuesta de las especies nativas? *Ecología en Bolivia*. 38 (1):61-64.
- Lima, Catarina; Pereira, Luciana M. & Mapeli, Carla N. (2009). Potencial alelopático de crotalaria, (*Crotalaria juncea* L.), feijão-deporco (*Canavalia ensiformes* DC.) e gergelim (*Sesamum indicum* L.) na germinação e desenvolvimento inicial de picão-preto (*Bidens pilosa*). *Rev. Bras. de Agroecologia*. 2 (2):1175-1178.
- Lorenzo, Jany, R. & González, Martha. (1998). Efecto del tiempo de fermentación para la preparación de extractos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L), Moench) en la germinación y crecimiento inicial del maíz (*Zea mays* L). Tesis grado presentada en opción del título de Ingeniero Agrónomo. Centro Universitario, Las Tunas, Cuba. 110 p
- Lovett, J. & Ryuntyu, M. (1992). Allelopathy: Broadening the context. En: Rizvi, S. J. H. y Rizvi, V. (eds.) Allelopathy: Basic and applied aspects. CHAPMAN & HALL, London. p. 11-19.
- Mendonça, Raquel. L. (2008). Determinação de aleloquímicos por HPLC/UV-Vis em extratos aquosos de sementes de *Canavalia ensiformis* e estudo da atividade alelopática. Instituto de Química de São Carlos.

- MINAGRI, Ministerio de la Agricultura Cuba. Delegación Territorial de la Agricultura, Vicepresidencia de Distribución, (2008). *Informe de la situación actual del marabú*. Las Tunas.
- Minorsky, P. V. (2002). Allelopathy and grain crop production. American Society of Plant Biologists. *Plant Physiology*. 130:1745-1746.
- Muñoz, D; Cruz, Mayelin; Ponce, M. (2007). Marabú. Sugerencias para la batalla. Ministerio de la Agricultura. SOCUP. ACPA. EEPF Camagüey. Cuba. p 32.
- Natural Resource Institute (NRI). (2006). Cultivos de cobertura: ¿Qué son? Folleto. p. 10.
- Narwal, S.S. (1999). Allelopathy in weed management. En: Narwal S.S. (ed.). Allelopathy update. Basic and applied aspects. *Scientific Publishers. Enfield, NH*. 2:203-254.
- Navarro, Marlen. (2002). Evaluación del vigor de las semillas de *Albizia lebbbeck* (L.) Benth. durante la emergencia de plántulas. Tesis presentada en opción al grado académico de Máster en Pastos y Forrajes. p. 59.
- Navas, Gloria. R; Bernal, R. J & Caicedo, G. S. (2002). Uso de abonos verdes y coberturas en los sistemas de producción de arroz, maíz y soya. CORPOICA, Regional 8. Folleto de fomento Frijol Soya. Plegable divulgativo No.29.
- Oquendo, G. L. (2000). Tecnologías para el Fomento y Explotación de Pastos y Forrajes. Manual en formato PDF. p. 1-160
- Oviedo, Ramona. P. (2005). Especies invasoras en Cuba. Consideraciones básicas. [En línea]: Cuba. ISBN 959-250-156-4. <http://www.dama.gov.co>. [Consultada: julio de 2009].
- Padrón, J. (2002). Valoraciones y regulaciones para impedir la entrada de malezas exóticas a Cuba. Consulta de expertos realizada por la FAO en mayo Madrid - España.
- Padrón, J. (2004). Introducción de *Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn (marabú) en Cuba; anatomía de un desastre. Mem Cient. 1er Taller Nacional Bioseguridad y Especies Exóticas. CNSB sep 20-22. p. 42-47.
- Paneque, A. A & Torres, Zenia. S. (2005). Efecto alelopático de residuos descompuestos de plantas de *Trianthema portulacastrum* L. en suelo, sobre cultivos agrícolas. Memorias del XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Maleza, Varadero, Cuba. CD
- Paredes, E. (2005). Metodología para el manejo de malezas. Programa Nacional de lucha biológica. Tercer Curso –Taller, Santiago de Cuba, 24 al 29 de enero 2005. CD-R.
- Paredes, E. (2010). Manejo de Malezas en finca de la agricultura suburbana conferencia en el Curso-taller Nacional “Manejo agroecológico de plagas en la agricultura suburbana”. Programa de Agricultura Urbana y Suburbana. Ministerio de la Agricultura. INISAV-CNSV., 22-26 de marzo de 2010.

- Paretas, J.J. & López, Mirta. (1973). Serie Técnico-Científica A-2. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- Pazmiño, A. (1999). Fisiología Vegetal. Universidad de Chile. Escuela de agronomía.
- Pérez, E; Paredes, E & García, R. (2000). Manejo integrado de malezas Curso CISAV. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, 26 al 30 de junio del 2000: p. 19.
- Pérez, E., Paredes, E; Almaguel, Lérica; Vázquez, M. L; Veitia, Marlenis; Bota, E; González, Marlenis. G; Pérez, Yamilka. B; Hernández, R; García, R & Matamoras, T. M. (2008). Metodologías de pruebas biológicas para la determinación de organismos nocivos y residuos fitotóxicos en suelo, sustratos y materia orgánica. INISAV-MINAGRI. Proyecto No. MP/CUB/04/133. La Habana, Cuba.
- Pound, B. (2007). Cultivos de Cobertura para la Agricultura Sostenible en América Natural Resources Institute, Chatham, Kent ME4 4TB, UK Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" <http://www.fao.org/ag/aga>. En línea enero 2010
- Puente, Mayra. I; Danta, Carmen, I; García, R. H. (2000). Estudio de los efectos alelopáticos de residuos de maíz y sorgo en diferentes estados fisiológicos sobre cultivos de importancia económica y registro de la entomofauna presente en el cultivo del girasol (*Helianthus annuus* L.). *Centro Agrícola*. 27 (4).
- Puente, Mayra. I; Espinosa, R. R & Morales, A. M. (2005). Potencial Alelopático de la *Wedelia trilobata* (L.) Hitchc en el manejo de las malezas. Grupo de Investigaciones de Alelopatía (GIA). Facultad Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas. Cuba CD-Rom
- Putnam, A. R & Duke, W. B. (1978). Allelopathy in Agroecosystems. *Ann. Rev. Phytopathol.* 16:431-451.
- Putnam, A. & De Frank, Y. (1983). Use of phytotoxic plant residues for selective weed control. *Crop Protection*. 2:173.
- Putnam, A. (1988). Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Techn.* 2 (4):510-518.
- Ramos, G; Frutos, P; Giradles, F. J & Mantecón, A. R. (1998). Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. Estación Agrícola Experimental. CSIC. León. España. *Arch. Zootecnia*. 47:597-620.
- Rice, E. L. (1984). *Allelopathy*. Second edition. Academic Press. Nueva York. p. 422.
- Rizvi, S. H. & Rizvi, V. (1992). Allelopathy Basic and Applied Aspects. Department of Botany and Plant Physiology. University India. Chapman & Hall. p 240.

- Reyes, J. C; Góngora, G. E; Ribero, M. J & Rodríguez, L. (2004). Sistema de manejo y explotación de áreas afectadas por marabú. III Congreso Nacional de la Sociedad Cubana de Malezas.
- Rodríguez, E. T. (2000). Sección 2: Combate y Control de malezas. Capítulo 6: Protección y Sanidad vegetal, capítulo del libro Maíz en Venezuela. Edit: Humberto Fontana N. y Carlos González ISBN 980-379-004-8.
- Rodríguez, H. G; Mederos, D. M & Hechevarría, Isabel. S. (2002). Efectos alelopáticos de restos de diferentes plantas medicinales sobre la albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de laboratorio. *Rev cub. Plant. Med.* 7 (2):67-72.
- Roig, J. T. (1965). Diccionario Botánico de nombres vulgares cubanos. Tomos I-II, 1142 p. Editado Consejo Nacional de Universidades.
- Romagni, J. G; Duke, S. O & Dayan, F. E. (2000). Inhibition of plant asparagine synthetase by monoterpene cineole. *Plant Physiology*. 123:725-732.
- Roth, C. M; Shroyer, J.P & Paulsen, G.M. (2000). Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agron. J.* 92:855-860.
- Sampietro, A. (2005). ALELOPATÍA: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Cátedra de Fitoquímica. Instituto de Estudios Vegetales "Dr. Antonio R. Sampietro" Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán Ayacucho 461.CP 4000. San Miguel de Tucumán. Argentina.
- Sauget, J. S. & Liogier, E. E. (1951). Flora de Cuba. Dicotiledóneas: Casuarináceas a Meliáceas. Vol. II. pág. 250. Edit. Imp. P. Fernández y Cía., La Habana, Cuba.
- Sene, Maniével; Thierry, Dore & Gallet, Christiane. (2001). Relationships between biomass and phenolic production in grain sorghum grown under different conditions: Allelopathy in Natural and Managed Ecosystems. World Congress on Allelopathy. No° 2, Thunder Bay, Canadá. vol. 93 (1). p. 49-54.
- Stachon, W. J. & Zimdahl, R. L. (1980). Allelopathic activity of Canada thistle (*Cirsium arvense*) in Colorado. *Weed Sci.* 28 (1):83-86.
- Stephen, M. I; Burnside, O. C. (1982). Competitive and allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annus* L). *J Weed Sci.* 30 (4):372-377.
- Teasdale, J. (2005). Principios y prácticas para el uso de cultivos de cobertura en el manejo de sistemas de malezas. En: Labrada, R., J.C. Caseley y C. Parker (eds.). Manejo de malezas para países en desarrollo. FAO; ONU.
- Tominaga, T. & Watanabe, O. (1997). Weed growth supression by Cogongrass.

- Torres, A; Oliva, R. M, Castellano, D & Cross, P. I. (1996). Introduction Proceedings of the First World Congress on Allelopathy - A Science for the Future. p. 7.
- Torres, G. S; Puente, Mayra, I. De Cupere, F; Puerto, A; Gabriel, M & Rodríguez, Mireya. G. (2003). Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola*. 30 (1) Bot. Club 93:385-401.
- Tukey, H.B. Jr. (1966). Leaching of metabolites from above ground plant part and its implications. *Bul. Torrey Bot. Club* 93, p. 385-401.
- Valdés, M. A. & Vilamijo, Daysi. (2001). La diversidad biológica cubana. Conservación y uso sostenible. *Rev. Ciencia Innovación y Desarrollo* (Insto. Ecol. Sistemática-CITMA). 6 (1):38-44.
- Vázquez, B. L. (1943). El marabú. Proposición de Ley presentada a la consideración de la Cámara. La Habana, Imprenta Fernández. Folleto. p. 12.
- Wikipedia. (2007). La enciclopedia libre. Esbozo de botánica. [En línea]: <http://es.wikipedia.org/wiki/Categoría:Wikipedia:Esbozo-botánica>. [Consulta: el 5/3/08].
- Wikipedia. (2008). La enciclopedia libre. *Dichrostachys cinerea*, [En línea]: http://es.wikipedia.org/wiki/Dichrostachys_cinerea. [Consulta: el 10/1/08].
- Wikipedia. (2010). La enciclopedia libre. Diccionario de términos en español. Wikipedia en Castellano. [En línea]: [http://es.wikipedia.org/wiki/Categoría: Wikipedia link: Aleopatía](http://es.wikipedia.org/wiki/Categoría:Wikipedia link: Aleopatía). [Consulta: el 5/3/011].
- Yongqing, Ma. (2003). Allelopathy research in mainland China. *Allelopathy Journal*. 12 (2):163-178.
- Zamorano, Carolina. M. & Fuentes, Cilia, L. (2005). Potencial alelopático de *Brassica campestris* subsp. *rapa* y *Lolium temulentum* sobre tres especies de malezas de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*. 23 (2):261-268.
- Zamorano, Carolina. M. (2006). Aleopatía: Un nuevo reto en la Ciencia de las arvenses en el trópico. *Agronomía Colombiana*. 14 (1):7-15.
- Zea J. L. (1992). Efecto de intercalar leguminosas, con diferentes dosis de fósforo sobre el rendimiento de maíz, *Zea mays* L. en Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana*. 3:16-22.